UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

CAMPUS D'**ALCOI**

XI Congreso I+D+i

Campus d'Alcoi

Creando Sinergias



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

XI CONGRESO I+D+i CAMPUS D'ALCOY
CREANDO SINERGIAS

LIBRO DE ACTAS

Escuela Politécnica Superior de Alcoy

Alcoy, 3 y 4 de julio de 2024

Edita: Compobell, S.L.

ISBN: 978-84-129130-7-1

IMPRESIÓN: Compobell, S.L.

Nota editorial: Este libro de resúmenes se ha realizado con las contribuciones de cada autor. Las modificaciones realizadas no han supuesto ningún cambio del contenido científico de las aportaciones.

Presidente comité organizador

Jorge Jordán Núñez

Comité organizador

Luis Jesús Quiles Carillo

Daniel García García

David Juárez Varón

Carlos Micó Reche

Iván Domínguez Candela

Lucía Agud Albesa

Juan Seguí Moreno

Hugo Blanes Giner

Presidente comité científico

Daniel López Rodríguez

Comité científico

David Peidro Payá

Amparo Jordá Vilaplana

Bàrbara Micó Vicent

Neus Garrido Sáez

Ana Mengual Recuerda

José Vicente Tomás Miquel

Juan Ivorra Martinez

Elena Pérez Bernabeu

Óscar Trull Domínguez

Sandra Oltra Crespo

Sergi Montava Jordá

Francisco Salas Molina

Rosario Isabel Vilaplana Cerda

PRÓLOGO

Este libro pretende ser un acercamiento de los diferentes grupos de investigación presentes en la Escuela Politécnica Superior de Alcoi para la creación de sinergias entre ellos, con el principal objetivo de aumentar y mejorar los resultados de investigación que se realizan.

Se reúnen las contribuciones orales y posters que se presentaron relacionadas con las investigaciones que se llevan a cabo por los diferentes grupos de investigación participantes en el XI Congreso de I+D+i Campus d'Alcoi celebrado en la Escuela Politécnica Superior de Alcoy (3 y 4 de julio de 2024).

ÍNDICE

CONFERENCIA PLENARIA

CP1. Algoritmos Inteligentes para Problemas de Optimización Combinatoria
Martín, Xabier A., Panadero, Javier, Juan, Ángel ……3

COMUNICACIONES ORALES

CO1. Uso de las redes neuronales como ayuda para la identificación de materiales a partir de las imágenes de microscopia.
Llorca-Alcón, Manuel, Garcia-Sanoguera, David, Linares-Pellicer, Jordi, Fenollar-Gimeno, Octavio……11

CO2. Uso de las matrices circulantes como matrices combinadas
Lerma-Canto, Cantó, Begoña, Cantó, Rafael, Urbano, Ana M……17

CO3. Vidrios de Alto Módulo y sus Fibras: Propiedades Térmicas y Mecánicas
Dafir, Muawia, Groß, Martin, Kilo, Martin, Cebulla, Holger.……23

CO4. **Propiedades acústicas del residuo de la poda de la vid con adhesivos naturales**
Pérez Ponce, Laura, Juliá Sanchis, Ernesto, Montava Belda, Isaac,
Segura Alcaraz, Jorge, Gadea Borrell, José María.……29

CO5. Digitalización y Virtualización en la Formación Profesional para Mayores de 45 años: Un Proyecto Erasmus+ Innovador
Fito Alonso, María, Pardo Llopis, Honorato, Trull Domínguez, Oscar, Cabrero Hernández,J.Antonio, Torres Orts, Guadalupe..……35

CO6. Smart Tracking: Extendiendo las capacidades de seguimiento de Meta Quest.
Banquiero, Mariano, Juan, M. Carmen..……41

CO7. Importancia de captar las temperaturas de los circuitos de refrigeración de los moldes
Gámez Martinez, Juan Luis-……..……..47

CO8. Análisis de la percepción de sabores en productos procesados. Influencia de la descripción y de la marca.
Juárez-Varón, David, Danielov Panovski, Ivo, Juárez-Varón, Manuel Ángel, Mengual-Recuerda, Ana..……53

CO9. Análisis del impacto emocional de la creatividad basada en inteligencia artificial generativa versus creatividad humana. Un estudio de neuromarketing.
Juárez-Varón, David, Sisternas-Montoya, Héctor, Serna-Zuluaga, Juan Camilo, Mengual-Recuerda, Ana..……59

CO10. Análisis de las emociones registradas en la toma de decisiones de emprendedores. Un estudio de neuroemprendimiento.
Serna-Zuluaga, Juan Camilo, Juárez-Varón, David, Mengual-Recuerda, Ana, Juárez-Varón, Manuel Ángel.……65

CO11. Un método gráfico para la evaluación multicriterio
Salas-Molina, Francisco.……71

CO12. Films de PLA reforzados con partículas de celulosa microbiana obtenidas de kombucha fermentada en té de romero. Salas-Molina, Francisco, Pla-Santamaria, Cerdá, Raúl, Ángel Agüero, Fenollar, Octavio, Arrieta, Marina Patricia……75

CO13. Desarrollo de películas multicapa recicladas y reciclables basadas en PLA/caseinato/PLA reforzadas con celulosa bacteriana de fermentación de Kombucha
Faba, Simón, Dos Santos, Laura, Agüero, Ángel, Arrieta, Marina P.……81

CO14. Asistentes de voz en tiempo real impulsados por inteligencia artificial para el aprendizaje interactivo
Aliaga-Torro, Carlos, Linares-Pellicer, Jordi, Ferri-Molla, Isabel, Izquierdo-Domenech, Juan-……87

CO15. Tratamiento y análisis de series temporales de índices espectrales para detectar cambios en la cobertura vegetal.
Pachacama-Vallejo, Kenneth, Balaguer-Beser, Ángel..……93

CO16. Estimación de coeficientes de transferencia de materia en un sistema de evaporación natural asistida en aguas salobres
López Borrell, Alexis, Lora García, Jaime, Domínguez Candela, Iván, López Pérez, María Fernanda, Cardona Navarrete, Salvador Cayetano, Fombuena Borrás, Vicent ……99

CO17. Fabricación y caracterización de membranas de polisulfona y acetato de celulosa mediante el método de inversión de fases
Reig-Valor, Miguel-Jorge, Carmona-Garaviño, Wilmer, Martínez-Serrano, Nerea, Padilla-Reyes, Jose-Francisco. , Sabá-Allende, Jose-Elías……105

CO18. Nanocatalizadores magnéticos recuperables basados en la inmovilización de TEMPO para la conversión oxidativa de alcohol cinámico.
Lloret-Mateo, Francisco José , Quijada Tomás, César, C. Cardona, Salvador , Berenguer Betrián, Raúl..……...……....111

CO19. Tintura de algodón con residuo de cáscara de almendra
María Lopez-Ricart , Ignacio Montava , Pablo Díaz-García, Raquel Belda-Anaya..……117

CO20. Inmovilización de la enzima glucosa oxidasa en tejidos de algodón
Sánchez-Martínez, Ainhoa, Belda-Anaya, Raquel, Montava, Ignacio, Gisbert-Payá, Jaime……123

CO21. Modelando el entorno dinámico para el problema de reubicación de ambulancias
Karpova, Yulia, Villa, Fulgencia, Vallada, Eva.…….....129

CO22. Sistema de evaporación natural empleando un tejido natural de bambú para el tratamiento de aguas salobres
Vosse Moreno, Yojan, López Borrell, Alexis, López Pérez, María Fernanda, Cardona Navarrete, Salvador Cayetano, Fombuena Borràs, Vicent……..…….135

CO23. Diferentes aproximaciones a la optimización de un problema Multi-Objetivo
Agud Albesa, Lucía, Garrido Saez, Neus, Llorens Payá, Almudena, Oltra Crespo, Sandra.…….……141

CO24. Evaluación de la Efectividad del Aprendizaje Basado en Proyectos en la Asignatura de Máquinas Térmicas del Grado en Ingeniería Mecánica
Piqueras, Pedro , de la Morena, Joaquín, Micó, Carlos, Sanchis, Enrique Jose..…….....…….....147

CO25. ODS-15 en la creación artística. Caso: SAUVAGE. los desprovistos
Sempere Ripoll, Silvia.…….....……153

CO26. El problema de optimización de asignación de la población a los centros sanitarios: aplicación a un caso real.
Pérez, Damián, Sánchez, Víctor, Villa, Fulgencia, Karpova, Yulia..……159

CO27. Modelización de la Demanda de Vehículos de Emergencia Sanitaria en la Provincia de Valencia utilizando Análisis de Procesos Puntuales
Ródenas, Esther, Villa, Fulgencia, Sánchez, Víctor, Karpova, Yulia...…….……165

CO28. Realidad Mixta para decoración de interiores utilizando Meta Quest 2
Paniagua, Nathalie, Juan, M.Carmen, Banquiero, Mariano...……..…171

CO29. El concepto de capital intelectual verde: revisión de la literatura y definición de líneas futuras de investigación.
García-Cifuentes, Noemí, Hervás-Marín, David, Tomás-Miquel, José-Vicente..……177

CO30. Retos de la I4.0 en América Latina: Un análisis del caso mexicano
Maldonado-Gómez, Gabriel, Tomás-Miquel, José Vicente, Capó i Vicedo, Jordi ……..……183

CO31. Passthrough a Color Simulado en Meta Quest 2
Banquiero, Mariano, Juan, M. Carmen..…….……....189

CO32. Impresión 3D de tejidos con propiedades terapéuticas y antimicrobianas
Francés Falip, Aitana, Francés Vilaplana, Javier, García Rodríguez, Nerea.……...195

CO33. Modelado de arquitecturas orientadas a microservicios
Esparza-Peidro, Javier, Muñoz-Escoí, Francesc, Bernabéu-Aubán, José..……..201

CO34. Análisis de causas del absentismo en alumnos universitarios. Caso: Diseño Básico y Creatividad
Sempere Ripoll, Silvia, Morante Bonet, Miriam, Parreño Sempere, Fran……207

CO35. Métodos remotos no invasivos. Otras posibilidades de evaluación emocional en los videojuegos.
Blanes Giner, Hugo..…….213

CO36. Coste no asegurado de la siniestralidad laboral
Puigdengolas Rosas, Salvador..……..219

CO37. Evolución costes asegurados de siniestralidad laboral
Puigdengolas Rosas, Salvador..……225

CO38. Mejora de la adhesión entre capas de piezas impresas en 3D en ABS mediante tratamiento con acetona
Calle Salas, Alejandro De La, Domingo Arlandis, Víctor, García Carrasco, Sergio, Parres García, Fracisco José, Peydró Rasero, Miguel Ángel.....231

CO39. Mejora de las propiedades dúctiles del ácido poliláctico con citrato de trietilo para su uso en fabricación aditiva
Lazaro-Hernandez, C., Quiles-Carrillo, L., Ivorra-Martinez, J., Boronat, T.…….237

CO40. ¿Conseguimos lo que se pretende en docencia? Comprobémoslo desde ambos puntos de vista
Jordán-Núñez, Jorge, Lo Iacono-Ferreira, Vanesa Gladys, Micó-Vicent, Bàrbara, López-Rodríguez, Daniel..……243

CO41. Mantenimiento predictivo de máquinas de soldar basado en conjuntos de datos multimodales en arquitecturas en la nube
Fleischmann, Josef , Trull Dominguez, Oscar, Sánchez Galdón, A. Isabel, Göhringer, Jürgen Isabel..……249

CO42. Algoritmos y modelos inteligentes de optimización para la planificación de la producción y el reaprovisionamiento
Mengual-Recuerda, Ana, Andrés, Beatriz, Juárez-Varón, David, Poler, Raul.....……255

CO43. Evolución del diseño de máquinas con la fabricación aditiva
Montava-Jordà, Sergi, Domingo Arlandis, Víctor, García Carrasco, Sergio, Calle Salas, Alejandro De La, Eixerés Tomás, Beatriz…….....……261

CO44. Análisis bibliométrico sobre Tribología usando técnicas de Machine Learning
Perez-Bernabeu, Elena, Sellés, M.A..…….267

CO45. Celdas de diamantes en el estudio de los materiales
Vilaplana Cerdá, Rosario Isabel l, Peña Álvarez ,Mirian,Errandonea , Daniel Vie Giner, David……*273*

CO46. Etiquetas ecológicas de la UE: Caracterización de los consumidores que demandan más en los servicios de alojamiento
Ortiz-Masiá, Genoveva, Trull Domínguez, Óscar , Peiró-Signes, Ángel, Segarra Oña, María del Val…… 279

CO47. Colorantes híbridos nanoestructurados con aplicación en textiles vegetales y biomateriales alternativos al cuero
Micó-Vicent, Bàrbara, López-Rodríguez, Daniel, Rodríguez, Alicia, Jordán-Núñez, Jorge, Belda-Antolí, Antonio.....…….285

CO48. Análisis inicial de la relación de facilitadores de la innovación con características empresariales segmentado por sector de actividad económica
Gómez Palacios, César, Peiró-Signes, Ángel, Trull Domínguez, Óscar…….291

CO49. Ensayo para la caracterización micromecánica de muestras fabricadas por FDM
García Carrasco, Sergio, Sánchez-Caballero, Samuel, Sellés Cantó, Miguel Ángel, Calle Salas, Alejandro De La, Domingo Arlandis, Víctor…….297

COMUNICACIONES EN PÓSTER

P1. Diseño de una actividad de aprendizaje basado en retos para gestión logística
Peiro-Signes, Ángel, Trull-Domínguez, Oscar, Segarra-Oña, Marival, Gómez-Palacios, César..……305

P2. Cultivando la Innovación en el Aula: El Papel de la Creatividad Divergente
López-Rodríguez, Daniel, Jordán-Núñez , Jorge, Micó-Vicent, Bàrbara, Belda-Antolí, Antonio…….....311

P3. Regeneración de membranas procedentes de la industria textil
López-Pérez, María-Fernanda, Peña Guillem, Javier, Cardona Navarrete, Salvador C., Lora García, Jaime, López Borrell, Alexis.……317

P4. Influencia de la Temperatura de Fusión en el Poder Refrigerante de Chalecos con PCM's
Martínez-Albert, Miriam, Bou-Belda, Eva, Díaz-García, Pablo, Montava-Seguí, Ignacio.……323

P5. Actividad experiencial para el aprendizaje de técnicas estadísticas: MBOT en línea de montaje
Trull Dominguez, Oscar, Peiró-Signes, Angel,García-Díaz, J.Carlos , Gómez-Palacios, César……329

P6. TEXPLAST - Investigación del proceso de valorización de residuos textiles en la industria del plástico.
Burgada Vilaplana, Francisco.……..335

P7. APRONATEX2 – Aplicación de Jugo de Caqui como Colorante Natural sobre Sustratos de Algodón
Sirvent Segura, Elia Ana, Herráez Aparicio, Víctor, Blanes Company, María, Bou Belda, Eva…..…….....341

P8. LIFE ANHIDRA – Valoración del Residuo Fibroso por Transformación en un Pigmento
Herráez, Víctor, Calvo, Óscar, Albert, Vicente Puchol, Victoria, Pizarro, Manuel..……...….....….……347

P9. Modificación de la superficie de Acrilonitrilo (ABS) mediante la incorporación de un TermoPlástico Elástico (TPE).
Parres García, Francisco José, Montava-Jordà, Sergi, Sánchez-Caballero, Samuel, Peydro Rasero, Miguel Ángel, Crespo Amorós, José Enrique.……353

P10. Principales Impulsores de la Cooperación para la Innovación Empresarial: Una revisión de literatura
Labarcés-Ballestas, Carlos, Peiró-Signes, Ángel…….……359

P11. Desarrollo de acabados textiles libres de PFAS mediante alternativas biobasadas
Calvo, Óscar, Blanes, María, Sirvent, Elia Ana, Pastor, Beatriz, Verbič, An-ja, Stres, Blaž, Golja, Barbara, Novak, Uroš, Likozar, Blaž……365

P12. Estudio espectral de luminarias para ambientes sosegados
Santonja, Carmina, Satorre, Miguel Ánge…….……371

P13. Modificación de biopolímeros mediante la incorporación de nanopartículas obtenidas de cascarilla de cacao
Sempere Torregrosa, Jaume, De la Rosa Ramírez, Harrison, Martínez Serrano, Nerea, Samper Madrigal, Mª Dolores..……..……377

P14. Soluciones inteligentes para la gestión sostenible de edificios
Andres, Beatriz, Mengual-Recuerda, Ana, Poler, Raul, Sanchis, Raquel.……..……...383

P15. Integral-Cuid: una herramienta de clasificación de pacientes según necesidades de cuidados enfermeros
Jiménez García, Segundo, Miró Martínez, Pau, Gras-Nieto, Elvira, Román Linares Martínez, Oltra Crespo, Sandra...……..……..……...……389

P16. Incorporación de fibras de aramida reciclada en matrices termoestables para la fabricación de planchas de altas prestaciones
Marco, Joaquín, Fenollar, Octavio, Gómez-Caturla, Jaume, Burgada, Francisco.……..395

P17. Aprendiendo el concepto de capacidad estadística a través de una actividad de aprendizaje experiencial
Trull Dominguez, Oscar, Peiró-Signes, Angel,García-Díaz, J.Carlos, Gómez-Palacios, César.……401

CONFERENCIA PLENARIA

Algoritmos Inteligentes para Problemas de Optimización Combinatoria

Martín, Xabier A.[(1)], Panadero, Javier[(2)], Juan, Ángel A.[(1)]
(1) Centro de Investigación en Gestión e Ingeniería de la Producción, Universitat Politècnica de València, Plaza Ferrandiz-Salvador, 03801 Alcoy, España, xamarsol@upv.es, ajuanp@upv.es
(2) Departamento de Arquitectura de Computadores y Sistemas Operativos, Universitat Autònoma de Barcelona, Carrer de les Sitges, 08193 Bellaterra, España, javier.panadero@uab.cat

RESUMEN

Los problemas de optimización combinatoria presentes en diversas industrias como transporte, logística, producción o gestión de proyectos implican decisiones complejas con múltiples variables y restricciones. Este trabajo desarrolla algoritmos inteligentes para resolver de manera eficiente cuatro problemas de optimización bajo diferentes grados de incertidumbre. Para el Resource-Constrained Project Scheduling Problem (RCPSP), se utiliza una novedosa heurística combinada con un operador de búsqueda local, logrando soluciones casi óptimas. En el Uncapacitated Facility Location Problem (UFLP), se aplica una simheurística que mezcla una componente metaheurística con simulación de Monte Carlo, obteniendo soluciones robustas tanto en contextos deterministas como estocásticos. El Permutation Flow Shop Problem (PFSP) se aborda mediante una simheurística que incorpora conjuntos difusos a la simulación de Monte Carlo, proporcionando soluciones robustas en condiciones inciertas. Finalmente, el Team Orienteering Problem (TOP) se resuelve con una sim-learnheurística que integra optimización, simulación y modelos de aprendizaje automático, adaptándose eficazmente a entornos dinámicos. Los resultados muestran que estos algoritmos ofrecen mejoras significativas en costes, incrementando la productividad y la eficiencia en diversas industrias. Esto refuerza la importancia de considerar algoritmos inteligentes como herramientas esenciales para resolver diferentes problemas de optimización.

Palabras clave: algoritmos inteligentes, optimización, simulación, incertidumbre.

INTRODUCCIÓN

Los problemas de optimización combinatoria surgen de la necesidad de tomar decisiones en situaciones complejas donde se deben considerar múltiples variables y restricciones. Además, estos problemas poseen una gran aplicabilidad en una amplia gama de industrias, como el transporte, la logística, la producción o la gestión de proyectos. La motivación consiste en encontrar la solución óptima entre un vasto conjunto de combinaciones, lo que puede ser extremadamente desafiante debido a la explosión combinatoria del número de posibles soluciones. Sin embargo, resolver estos problemas de manera eficiente puede llevar a mejoras significativas en términos de costes, lo que tiene un impacto directo en la productividad y la eficiencia de diversas industrias.

OBJETIVOS

El objetivo principal de este trabajo es desarrollar y evaluar algoritmos inteligentes que aborden problemas de optimización combinatoria en distintos contextos. En particular, se presentarán cuatro problemas específicos aplicables a diferentes industrias y con diferentes grados de incertidumbre. Estos son el Resource-Constrained Project Scheduling Problem (RCPSP), el Uncapacitated Facility Location Problem (UFLP) con costes de servicio estocásticos, el Permutation Flow Shop Problem (PFSP) con tiempos de procesamiento estocásticos y difusos, y el Team Orienteering Problem (TOP) con tiempos de viaje estocásticos y dinámicos. Cada problema será abordado utilizando metodologías avanzadas que combinan optimización, simulación, conjuntos difusos y técnicas de aprendizaje automático. Con estas metodologías se propone resolver estos problemas de manera rápida y eficiente para obtener resultados competitivos que puedan suponer reducción de costes y aumento de la productividad y eficiencia en las diferentes industrias anteriormente mencionadas.

RESULTADOS

Un Algoritmo Ágil y Adaptativo para el RCPSP

El RCPSP es un problema de gestión de proyectos donde varias tareas deben programarse, cada una con una duración predefinida y recursos específicos necesarios para su finalización. Además, ciertas tareas solo pueden comenzar una vez que otras hayan sido completadas, lo que implica la aparición de relaciones de precedencia entre las tareas. Para completar una tarea, se deben adquirir algunos recursos de un conjunto global de recursos limitados, como la mano de obra, equipamiento u otros recursos. El objetivo es minimizar la duración total del proyecto, respetando las relaciones de precedencia y sin exceder los límites de recursos.

Para resolver este problema, se combina una novedosa Discrete-Event Heuristic (DEH) con un operador de búsqueda local Forward-Backward Improvemnt (FBI). El DEH permite la generación de soluciones de alta calidad en tiempos computacionales cortos. Esto es posible dado que los algoritmos DEH han demostrado ser altamente efectivos en aplicaciones prácticas que involucran problemas con dependencias y restricciones basadas en el tiempo. Asimismo, el operador de búsqueda local FBI mejora la solución mediante un proceso iterativo donde planifica el proyecto desde el principio y el final hasta que no ocurra una mejora de la solución. La efectividad del operador FBI ha sido probada en diversos algoritmos para el RCPSP, considerándose un operador efectivo que mejora una solución factible en un tiempo computacional reducido [1].

El rendimiento del algoritmo se ha evaluado utilizando la biblioteca de instancias PSPLIB. Los resultados muestran que el algoritmo proporciona soluciones casi óptimas para problemas con un menor número de tareas y soluciones de alta calidad para problemas con un mayor número de tareas (Figura 1). Además, estos resultados se han obtenido en tan solo varios segundos de ejecución, lo que refuerza la agilidad y la eficiencia del algoritmo propuesto.

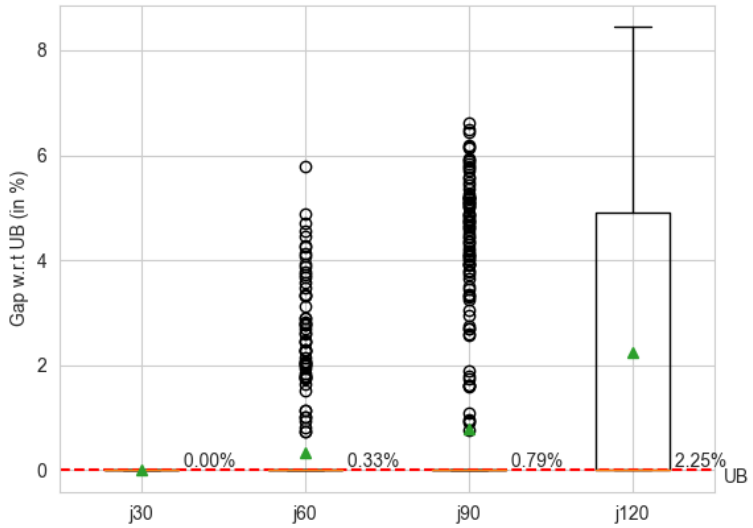


Figura 1. Resultados computacionales obtenidos para los cuatro conjuntos de tareas.

Resolución del UFLP bajo Incertidumbre: Un Enfoque Simheurístico

El UFLP considera un conjunto de clientes a servir y un conjunto de posibles ubicaciones para las instalaciones (Figura 2). La apertura de cada instalación tiene costes asociados, así como el servicio a cada cliente desde cada posible instalación. En este caso, el coste de servicio es incierto, siendo esta una componente estocástica. Asimismo, suponemos que la capacidad de cada instalación es virtualmente ilimitada o, al menos, muy superior a la demanda esperada de los clientes. El objetivo es determinar un conjunto de ubicaciones para instalaciones que minimice la suma del coste de apertura de las instalaciones y el coste de servicio a los clientes desde las instalaciones abiertas.

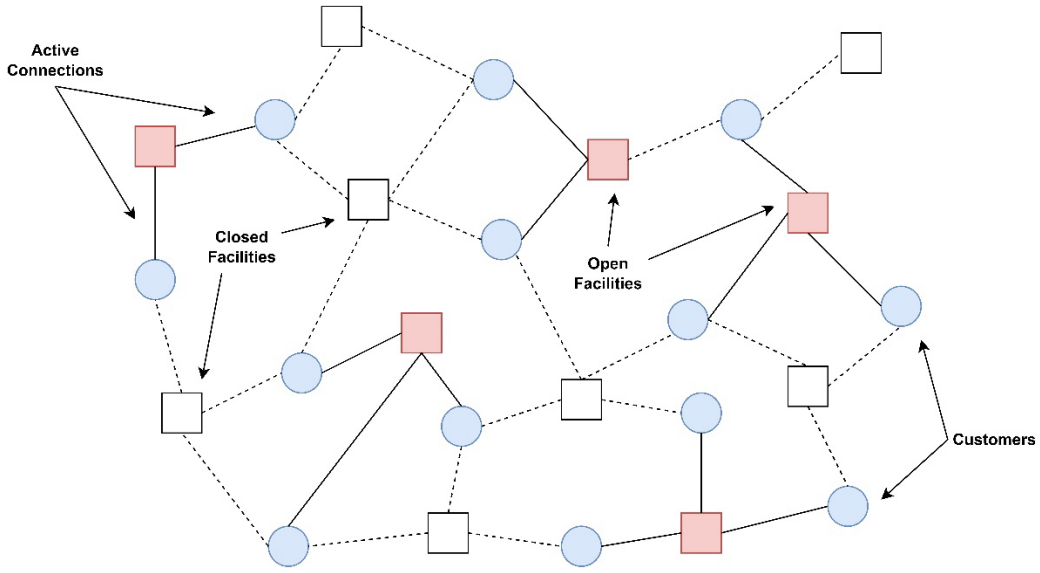


Figura 2. Ejemplo ilustrativo de una posible solución a una instancia de UFLP.

Para abordar la incertidumbre en problemas de optimización, frecuentemente se emplean métodos de simulación, ya que permiten analizar varios escenarios para apoyar los procesos de toma de decisiones. Sin embargo, la simulación por sí sola no es una herramienta de optimización. Por ello, se han propuesto metodologías híbridas de simulación-optimización para tratar problemas de optimización bajo incertidumbre. Un ejemplo de tales métodos es la simheurística. La eficiencia de la simheurística para resolver diferentes problemas de optimización combinatoria con elementos estocásticos ha sido demostrada en varios estudios. De este modo, el método simheurístico propuesto combina una metaheurística Tabu Search más Path Relinking con simulación de Monte Carlo para resolver el UFLP con costes de servicio estocásticos.

El rendimiento del algoritmo se ha evaluado utilizando instancias clásicas p-median, modificadas para incluir costes de servicio estocásticos. Los resultados muestran que el algoritmo simheurístico proporciona soluciones altamente competitivas tanto para la versión determinista como estocástica del problema. Asimismo, las soluciones obtenidas con la simheurística superan claramente las soluciones deterministas cuando se simulan bajo incertidumbre. En otras palabras, las mejores soluciones encontradas para la versión determinista del problema son subóptimas cuando se considera incertidumbre en el problema. Por lo tanto, es importante integrar métodos de simulación en la búsqueda de soluciones optimas.

Una Simheurística para el PFSP bajo Incertidumbre Estocástica y Difusa

El PFSP busca encontrar la permutación de trabajos que minimice el tiempo total esperado de procesado en varias máquinas, considerando un escenario en el cual algunos tiempos de procesamiento serán estocásticos, mientras que otros no pueden ser modelados mediante variables aleatorias y necesitan ser modelados utilizando reglas difusas proporcionadas por expertos. El PFSP es un problema que ha atraído a muchos investigadores debido a su alta aplicabilidad a problemas industriales reales.

La simheurística difusa empleada en este trabajo extiende el enfoque simheurístico con el uso de conjuntos difusos. El algoritmo desarrollado combina una metaheurística Iterated Local Search con simulación de Monte Carlo. En primer lugar, se emplea la heurística NEH para generar una solución base. En segundo lugar, la solución base se destruye parcialmente y se construye de nuevo mediante dos operadores de perturbación y búsqueda local. Durante cada iteración, se simulan los tiempos de procesamiento estocásticos y difusos para estimar el tiempo de procesado esperado de una solución dada. Estas evaluaciones precisas bajo condiciones de incertidumbre mejoran significativamente la calidad de las soluciones obtenidas por el algoritmo [2].

El rendimiento del algoritmo se evaluó utilizando el conjunto clásico de instancias PFSP, modificadas para incluir tiempos de procesamiento estocásticos y difusos. Los resultados muestran que el algoritmo simheurístico difuso supera a las soluciones deterministas obtenidas cuando se evalúan en un escenario con incertidumbre. Asimismo, observamos que la duración prevista aumenta debido a la incertidumbre de los tiempos de procesamiento y, en consecuencia, aumenta el tiempo de finalización de los trabajos procesados por las máquinas (Figura 3). Esto determina la importancia de integrar métodos de simulación en la búsqueda de soluciones óptimas para problemas con incertidumbre.

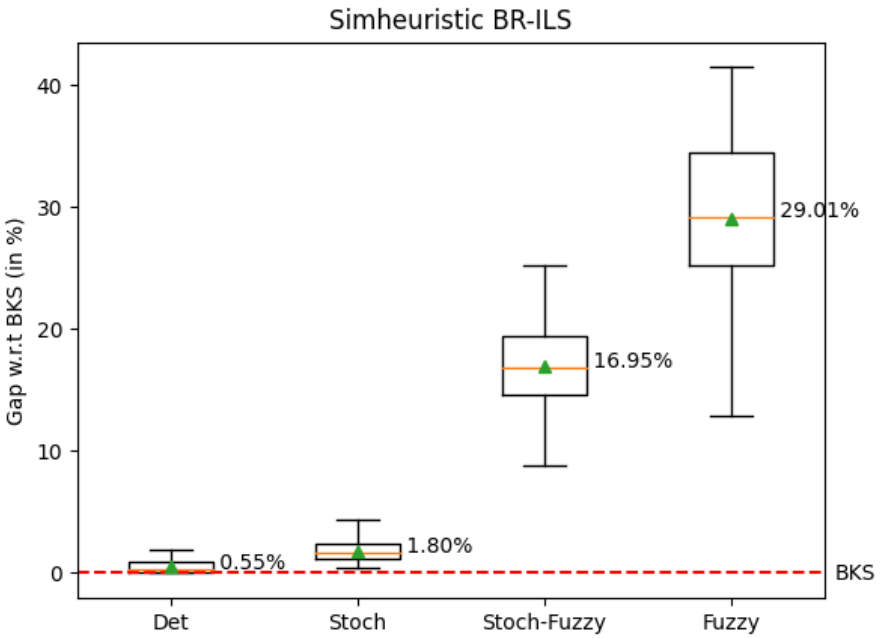


Figura 3. Resultados computacionales obtenidos para los cuatro conjuntos de tareas.

Una Sim-Learnheurística para el TOP: Aplicaciones a UAVs

El TOP implica planear un conjunto de rutas para un equipo de vehículos, con el objetivo de recolectar la mayor recompensa posible de los clientes visitados antes de un límite de tiempo definido. La versión de este problema incluye tiempos de viaje inciertos debido a factores dinámicos como condiciones meteorológicas y congestión de tráfico (Figura 4). Este problema es crucial en sectores como búsqueda y rescate, vigilancia y logística. Por ejemplo, en una misión de búsqueda y rescate, un equipo de vehículos aéreos no tripulados (UAVs) debe navegar a través de un área afectada para localizar sobrevivientes y entregar suministros.

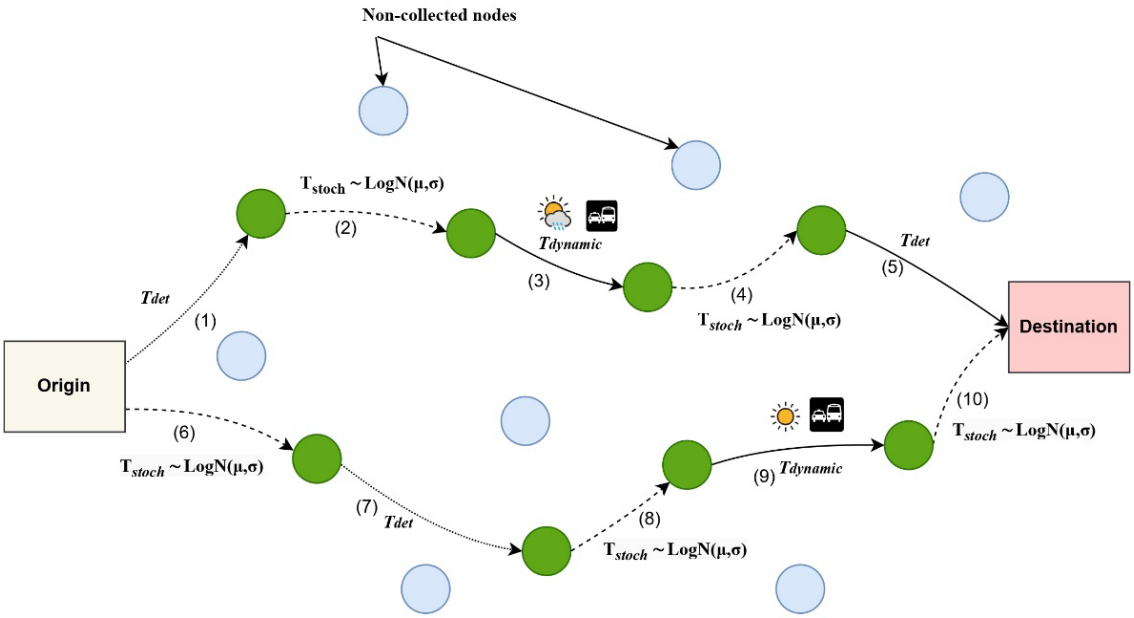


Figura 4. Ejemplo ilustrativo de una posible solución a una instancia del TOP.

Para resolver el problema proponemos una metodología sim-learnheurística que integra tres componentes distintos. Inicialmente, el componente metaheurístico se encarga de los aspectos deterministas del problema. Sin embargo, en escenarios del mundo real, frecuentemente existen incertidumbres. Para abordar esta variabilidad, el componente de simulación incorpora la naturaleza estocástica del entorno. Además, las condiciones del mundo real son dinámicas, por lo que se emplea un algoritmo de aprendizaje automático para predecir y adaptarse a estos cambios [3].

El rendimiento del algoritmo ha sido evaluado utilizando instancias de referencia en la literatura, modificadas para incluir tiempos de viaje estocásticos y dinámicos. Los resultados muestran que el método sim-learnheurístico es capaz encontrar soluciones de alta calidad en escenarios de incertidumbre al incorporar componentes estocásticos y dinámicos en la búsqueda de soluciones que maximicen las recompensas recolectadas de los clientes visitados. La integración de estos componentes permite abordar y resolver eficazmente problemas dinámicos

CONCLUSIONES

Los algoritmos presentados han demostrado un rendimiento competitivo al resolver diversos problemas de optimización bajo incertidumbre. Estos algoritmos combinan eficazmente técnicas como metaheurísticas, simulación, sistemas difusos y aprendizaje automático para ofrecer soluciones casi óptimas en tiempos de computación reducidos. Esto se traduce en mejoras significativas en costes para las empresas, mejorando así la productividad y eficiencia en diversas industrias.

Como líneas de investigación futura proponemos desarrollar nuevos algoritmos inteligentes para resolver una gama más diversa de problemas de optimización bajo incertidumbre, abordando así situaciones más complejas del mundo real. Segundo, introducir el aprendizaje por refuerzo en el proceso de optimización de los algoritmos, para aprender patrones y mejorar la adaptabilidad de los algoritmos a diferentes contextos. Finalmente, la integración de conceptos de computación de alto rendimiento para ejecutar estos algoritmos en tiempos de computación significativamente menores, aprovechando las arquitecturas de las CPUs actuales.

REFERENCIAS

[1] Martin, Xabier. A.; Herrero, Rosa; Juan, Angel. A.; and Panadero, Javier. (2024). “An Agile Adaptive Biased-Randomized Discrete-Event Heuristic for the Resource-Constrained Project Scheduling Problem.” *Mathematics*, v.12, n.12, p.p.1873. https://doi.org/10.3390/math12121873

[2] Castaneda, Juliana; Martin, Xabier. A.; Ammouriova, Majsa; Panadero, Javier. and Juan, Angel A. (2022). “A fuzzy simheuristic for the permutation flow shop problem under stochastic and fuzzy uncertainty” *Mathematics,* v.10, n. 10, p.p.1760. https://doi.org/10.3390/math10101760

[3] Peyman, Mohammad; Martin, Xabier A; Panadero, Javier and Juan, Angel A. (2024). “A Sim-Learnheuristic for the Team Orienteering Problem: Applications to Unmanned Aerial Vehicles.” *Algorithms,* v.17, n. 5, p.p. 200. https://doi.org/10.3390/a17050200

COMUNICACIONES ORALES

Uso de las redes neuronales como ayuda para la identificación de materiales a partir de las imágenes de microscopia

Llorca-Alcón, Manuel[(1)], Garcia-Sanoguera, David[(2)], Linares-Pellicer, Jordi[(3)] Fenollar-Gimeno, Octavio[(2)],

(1) Departamento de Informática de Sistemas y Computadores; Universitat Politècnica de València (UPV), Plaza Ferrándiz y Carbonell, 1. Email: mllorca@disca.upv.es

(2) Instituto Universitario de Tecnología de materiales; Universitat Politècnica de València (UPV), Plaza Ferrándiz y Carbonell, 1. Email: dagarsa@dimm.uvp.es, ocfegi@upv.es

(3) Valencian Research Institute for Artificial Intelligence (VRAIN); Universitat Politècnica de València (UPV), Plaza Ferrándiz y Carbonell, 1. Email: jorlipel@upv.es

RESUMEN

Este estudio se centra en la utilización de BioHDPE (polietileno de alta densidad biodegradable) con diferentes rellenos naturales como fibra de cáñamo, polvo de almendra, polvo de argán y nanotubos de halloysita (HNT) para mejorar la sostenibilidad y reducir la dependencia de recursos fósiles. Se analizaron más de 6.000 imágenes de microscopía electrónica de barrido para predecir el porcentaje de fibra de cáñamo mediante redes neuronales convolucionales (CNN). Las CNN demostraron ser efectivas en la detección de patrones sutiles, mejorando la precisión en la clasificación y caracterización de los materiales. Esto resalta la integración de la inteligencia artificial en la ciencia de materiales para desarrollar materiales sostenibles.

Palabras clave: FESEM, CNN, fibra de cáñamo, microscopia, BioHDPE

INTRODUCCIÓN

El uso de imágenes de microscopia FESEM ofrece numerosas ventajas que contribuyen a la comprensión y caracterización de los materiales formados a partir de mezclas de diferentes componentes. Normalmente, en la mayoría de los artículos sobre el análisis de propiedades de la ciencia de los materiales, las imágenes se utilizaban para validar o ratificar un valor/característica determinada con las pruebas analíticas. [1]

En este trabajo se quieren utilizar el estudio de las imágenes para determinar una característica. En particular, el porcentaje de fibra de cáñamo que contiene el material analizado. Para ello, se han entrenado diversas redes neuronales convolucionales y se ha determinado la probabilidad de acierto de cada una de ellas. [2]

Se ha trabajado con la matriz polimérica compuesta por BioHDPE (Polietileno de alta densidad biodegradable), producido por Braskem, cuya referencia es SHA7260, y se han utilizado cargas seleccionadas de fibra de cáñamo (en porcentajes de 5%, 10%, 15% y 20%), de polvo de almendra (en porcentajes de 2,5% y 5%), de polvo de argán (en porcentajes de 2,5% y 5%) y de micro arcillas - HNT (en porcentajes de 2,5% y 5%). Se han fabricado un total de 625 probetas, de las que se han obtenido sus propiedades mecánicas y térmicas, agrupándolas en 59 combinaciones.

Para dicho estudio, se realizaron 6.084 imágenes aleatorias de las probetas ensayadas, utilizando el microscopio electrónico de Barrido de emisión de campo con EDS FESEM ZEISS ULTRA 55 de Oxford Instruments. Todas las imágenes son 1K aumentos y una tensión de 2KV.

Para poder determinar las propiedades se van a utilizar redes neuronales convoluciones (CNN), los cuales ofrecen una herramienta poderosa y flexible para la identificación,

proporcionando ventajas significativas en términos de extracción automática de características.[3]

OBJETIVOS

El objetivo es determinar la probabilidad de acierto del porcentaje de fibra de cáñamo a partir del análisis de las imágenes mediante el entrenamiento de diversas arquitecturas de redes neuronales convoluciones (CNN) [2,3].

Las redes neuronales convolucionales son particularmente útiles para el reconocimiento de imágenes debido a su capacidad para detectar patrones sutiles y variaciones en la imagen, lo que puede conducir a una mayor precisión en la clasificación y etiquetado de los objetos y escenas.

Las imágenes se han generado, mediante movimientos aleatorios, utilizando 5 probetas de cada una de las 59 combinaciones, consiguiendo un número al azar de muestras, que van desde 74 imágenes en el caso peor hasta 146 imágenes en el caso mejor, siendo 92 imágenes el número medio por cada una de las 59 combinaciones.

El formato de las imágenes es de 1024x768 píxeles, en formato .tiff. En dichas fotografías, en la parte inferior, aparece el nombre identificativo de la imagen y muestra las características indicadas de tensión, aumentos, etc. Para eliminar dicha información, las imágenes se han recortado eliminando los 70 píxeles inferiores.

El criterio de identificación utilizado para determinar el nombre de cada imagen se ha basado en lo siguiente: “porcentaje del BIOHDPE más porcentaje de fibra de cáñamo seguido de una C más porcentaje de polvo de almendra seguido de un Al más porcentaje del polvo de argán seguido de un Ar más porcentaje de HNT seguido de una H: Como ejemplo, una muestra con 70 % de BioHDPE, con una carga de 15 % de fibra de cáñamo más un 5 % de polvo de almendra más un 5 % de polvo de argán y un 5% de HNT, se nombraría como 70+15C+5Al+5Ar+5H.

RESULTADOS

Para poder analizar la capacidad de dichas redes neuronales, necesitamos establecer el umbral de acierto de las personas (expertos o no expertos) en el análisis de las imágenes. Para ello, se creó un entorno web, cuya URL es https.//biopolietileno.webs.upv.es, en formato responsive (adaptable a cualquier dispositivo) donde se seleccionaban al azar una fotografía de microscopia de las 6.084 guardadas, en una resolución de 1024x698 pixeles en formato jpg (se convirtieron del formato original debido a que este formato se adapta mejor a dicho entorno web).

La web está preparada para realizar varias preguntas, aunque en este trabajo nos vamos a centrar en la pregunta identificada como número 2, que corresponde a “Adivina el porcentaje de Fibra de cáñamo”. En la Figura 2 se ha diseñado el diagrama de flujo, donde se representa como personas expertas o no expertas (hay un campo que lo indica) contestan al test con 4 posibles respuestas, con un único acierto, que corresponde al porcentaje de fibra de cáñamo. La respuesta correcta se obtiene directamente del nombre de la imagen, y los otros 3 valores se obtienen al azar de entre los 5 posibles porcentajes descartando el correcto (20 %, 15%,10 %, 5 % y 0 %)

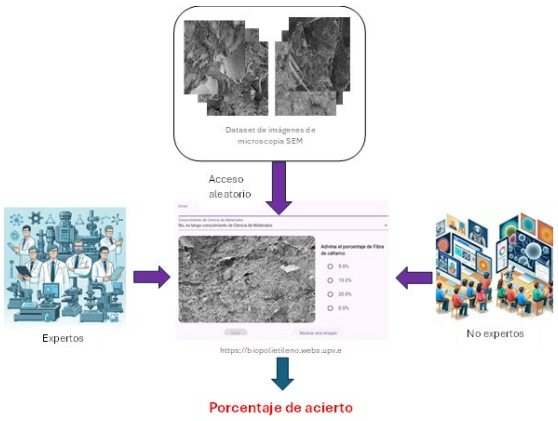


Figura 2. Diagrama de flujo de la utilización del entorno web para analizar el porcentaje de acierto de los usuarios.

En total han participado 6 expertos en Ciencias de los Materiales y 9 usuarios no expertos, y se han visualizado un total de 978 imágenes con la pregunta indicada.

En la Tabla 1 se pueden visualizar el porcentaje de acierto total, y el particular de cada porcentaje de fibra de cáñamo

Tabla 1. Porcentaje de acierto de expertos y no expertos.

Número de imágenes mostradas en la página web	Número de imágenes mostradas a expertos	Número de imágenes mostradas a NO expertos	Número de aciertos / porcentaje total	Número de aciertos de los expertos	Número de aciertos de los NO expertos
136	54	82	54 (39,71%)	14 (25,93%)	40 (48,78%)
204	88	116	80 (39,22%)	26 (29,55%)	54 (46,55%)
182	74	108	76 (41,76%)	32 (43,24%)	44 (40,74%)
200	80	120	40 (20,00%)	16 (20,00%)	24 (20,00%)
256	118	138	154 (60,16%)	64 (54,24%)	90 (65,22%)
978	414	564	404 (41,31%)	152 (36,71%)	252 (44,68%)

Como se puede observar los resultados entre el porcentaje de acierto de los usuarios expertos y no expertos no resulta significativo, y que hay porcentajes de aciertos bastante distintos dependiendo del porcentaje de fibra de cáñamo que tenga el material. Con estos resultados, consideraremos que la predicción de las arquitecturas de las redes neuronales convolucionales utilizadas supere la barrera de un 50 % de probabilidad de acierto.

Centrándose en el mundo de las redes neuronales hay dos tipos principales de sistemas de aprendizaje profundo, con arquitecturas diferentes: redes neuronales convolucionales (CNN) y redes neuronales recurrentes (RNN). De ambas, las CNN son las que mejor resultado se obtienen para el análisis de imágenes.

En la Figura 3 observamos el diagrama de flujo utilizado para el análisis de las imágenes, utilizando el dataset de imágenes creado donde se entrenan redes convolucionales diseñadas expresamente para el trabajo y diversas arquitecturas de redes neuronales pre-entrenadas con otras imágenes.

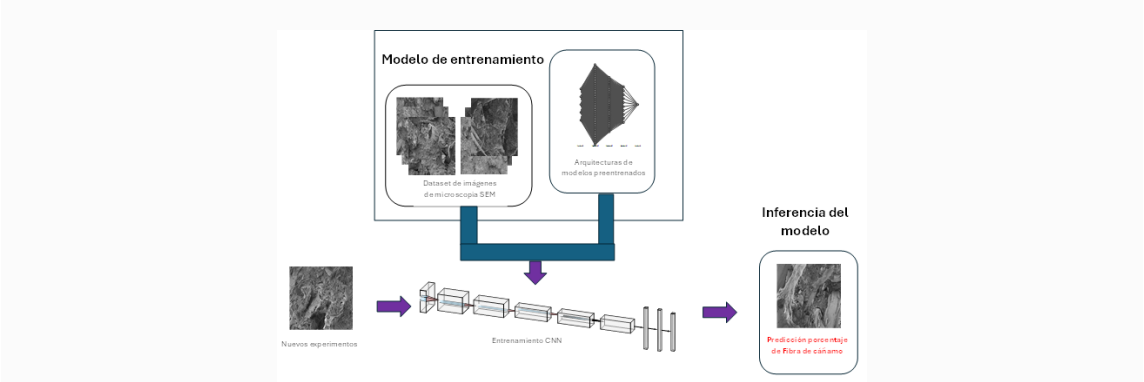


Figura 3. Diagrama de flujo del entrenamiento de las redes convolucionales analizadas para obtener la probabilidad de predicción.

En la mayoría de las arquitecturas de redes neuronales pre-entrenadas se utilizan tamaños de imágenes predefinidos que suelen corresponde a 224x224 píxeles con 3 canales de color. Por ello, se han recortado las imágenes de nuestro dataset utilizando el mismo tamaño, y aunque las imágenes son en blanco y negro, se han tratado como si tuvieran 3 canales (RGB).

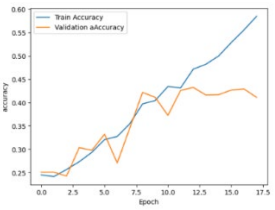
A parte de diseñar redes convolucionales adhoc para el estudio, en la Tabla 2 se describen las arquitecturas de rede-s pre-entrenadas utilizadas:

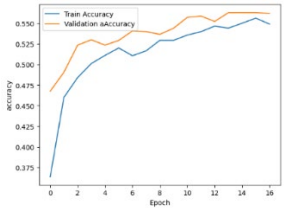
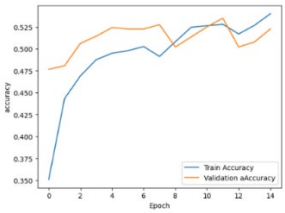
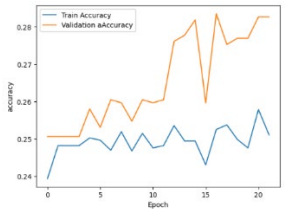
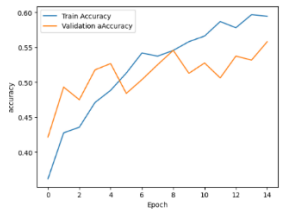
Tabla 2. Arquitecturas utilizadas en el trabajo.

Arquitectura	Descripción
Diseño propio	Se diseño una arquitectura con varias capas convolucionales y varias capas totalmente conectadas, con elementos de dropout.
Mobilnet	Es una arquitectura bastante simple, que utiliza operaciones de convolución separables para reducir el número de parámetros y la cantidad de cálculo
VGG (Visual Geometry Group)	Ha sido muy influyente en el campo y tiene variantes que se diferencian por el número de capas convolucionales.
ResNet (Residual Network)	Es una arquitectura basada en el modelo VGG, mejorando la capacidad del modelo para retener la transformación de identidad, de modo que el entrenamiento sea más fácil.
Densenet (Densely Connected Convolutional Network)	Es una arquitectura basada en ResNet donde cada capa está conectada directamente a todas las capas subsiguientes, por lo que se fomenta un flujo de información y ayuda a mitigar el problema de desvanecimiento del gradiente.

En la Tabla 3, se puede observar los resultados obtenidos en el entrenamiento de las diversas arquitecturas, utilizando un dropout de un 50% entre las capas totalmente conectadas.

Tabla 3. Indicadores por porcentaje de cáñamo utilizando el dataset de 6.084 imágenes.

Arquitectura	Porcentaje de fibra de cáñamo	Precision	Recall	F1-score	Accuracy
Diseño propio	0%	0,45	0,83	0,59	
	5%	0,35	0,41	0,38	
	10%	0,36	0,30	0,33	
	15%	0,38	0,02	0,06	
	20%	0,50	0,48	0,49	
	Accuracy			0,41	

Mobilnet	0%	0,78	0,77	0,78	
	5%	0,63	0,48	0,55	
	10%	0,41	0,61	0,49	
	15%	1,00	0,02	0,04	
	20%	0,61	0,78	0,68	
	Accuracy			0,56	
VGG (Visual Geometry Group)	0%	0,80	0,71	0,75	
	5%	0,62	0,45	0,52	
	10%	0,37	0,63	0,46	
	15%	1,00	0,01	0,03	
	20%	0,57	0,67	0,62	
	Accuracy			0,52	
ResNet (Residual Network)	0%	0,00	0,00	0,00	
	5%	0,27	1,00	0,42	
	10%	0,00	0,00	0,00	
	15%	0,76	0,11	0,19	
	20%	0,17	0,00	0,01	
	Accuracy			0,28	
Densenet (Densely Connected Convolutional Network)	0%	0,71	0,71	0,71	
	5%	0,58	0,59	0,58	
	10%	0,42	0,55	0,49	
	15%	0,50	0,01	0,01	
	20%	0,61	0,75	0,67	
	Accuracy			0,56	

De la tabla se puede observar que la arquitectura ResNet da un resultado muy desigual, y no se comporta correctamente, por lo que será rechazado en las siguientes pruebas.

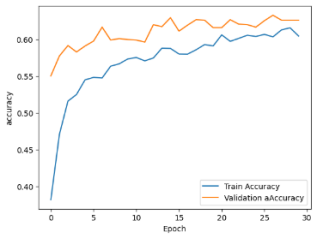
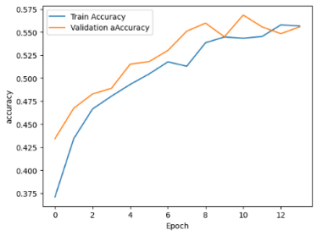
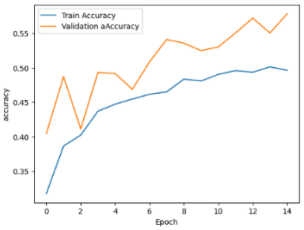
También se observa que en el diseño propio se produce mucho overfitting (sobreajuste), es decir, la red aprende demasiado de las imágenes de entrenamiento, y cuando tiene que validar con las imágenes de test, el acierto es más bajo, por lo que también se descarta este modelo.

El estudio se seguirá con las arquitecturas MobilNet, VGG y DenseNet, donde se han apreciado resultados esperanzadores, con medias de Accuracy superiores al 0,5, mientras que los resultados parciales de cada grupo de clasificación (porcentaje de cáñamo), en algunos casos, presenta datos superiores a 0,7, aunque se observa en la clase del 15 %, el acierto es bajo.

En la tabla 4, se puede observar los resultados obtenidos en el entrenamiento de las arquitecturas seleccionadas, pero equilibrando el número de imágenes por clase (porcentaje de cáñamo). Para poder aumentar el número de nuevas imágenes se han utilizado técnicas de Data augmentation, generando nuevas imágenes a partir de procesos de rotación, traslación y volteo. Las clases 0% y 15 % de porcentaje de fibra de cáñamo se incrementaron en 596 y 722 Imágenes respectivamente.

Tabla 4. Indicadores por porcentaje de cáñamo utilizando el Dataset de 7.402 imágenes.

Arquitectura	Porcentaje de fibra de cáñamo	Precision	Recall	F1-score	Accuracy
Mobilnet	0%	0,88	0,83	0,86	

	5%	0,55	0,43	0,50	
	10%	0,41	0,33	0,47	
	15%	0,81	0,48	0,60	
	20%	0,62	0,79	0,70	
	Accuracy			0,63	
VGG (Visual Geometry Group)	0%	0,86	0,83	0,85	
	5%	0,53	0,43	0,47	
	10%	0,38	0,27	0,32	
	15%	0,48	0,43	0,46	
	20%	0,49	0,79	0,61	
	Accuracy			0,56	
Densenet (Densely Connected Convolutional Network)	0%	0,86	0,82	0,84	
	5%	0,52	0,47	0,49	
	10%	0,38	0,38	0,38	
	15%	0,53	0,49	0,51	
	20%	0,60	0,72	0,66	
	Accuracy			0,58	

En este nuevo entrenamiento se observa que el porcentaje mejora y que se equilibran el porcentaje de acierto en cada una de las clases.

CONCLUSIONES

El trabajo demuestra que el uso de arquitecturas pre-entrenadas de redes neuronales convolucionales es un método bueno para identificar características, en este caso porcentaje de fibra de cáñamo, mejorando la probabilidad de acierto respecto al porcentaje de acierto de los usuarios (expertos o no expertos).

También se puede concluir que el incremento en el número de imágenes total y el equilibrio entre las clases (porcentaje de fibra de cáñamo) incrementa la probabilidad de acierto.

Para aumentar el porcentaje de acierto, hay que incrementar el número de imágenes por lo que sería necesario continuar analizando los indicadores aumentando significativamente el número de imágenes.

REFERENCIAS

[1] Sun, Z.; Shi, J.; Wang, J.; Jiang, M.; Wang, Z.; Bai, X.; Wang, X., A deep learning-based framework for automatic analysis of the nanoparticle morphology in SEM/TEM images. Nanoscale 2022, 14 (30), 10761-10772. https://doi.org/10.1039/d2nr01029a

[2] Lee, B.; Yoon, S.; Lee, J. W.; Kim, Y.; Chang, J.; Yun, J.; Ro, J. C.; Lee, J.-S.; Lee, J. H., Statistical Characterization of the Morphologies of Nanoparticles through Machine Learning Based Electron Microscopy Image Analysis. ACS Nano 2020. https://dx.doi.org/10.1021/acsnano.0c06809

[3] Ge, M.; Su, F.; Zhao, Z.; Su, D., Deep learning analysis on microscopic imaging in materials science. Materials Today Nano 2020., 11, 100087. https://doi.org/10.1016/j.mtnano.2020.100087

Uso de las matrices circulantes como matrices combinadas

Cantó, Begoña(1), Cantó, Rafael(1), Urbano, Ana M.(1)
(1) Departamento de Matemática Aplicada, Universitat Politècnica de València, Camí de Vera s/n, València, (España); {bcanto, rcanto, amurbano}@mat.upv.es

RESUMEN

Este trabajo versa sobre las matrices circulantes. Estas matrices tienen aplicación en diversas áreas tales como la informática y el control de procesos, por lo que es muy interesante conocer sus propiedades. Por otra parte, las matrices combinadas se utilizan en teoría de control, como forma de conocer el comportamiento y la estabilidad del sistema, ya que estas matrices se forman a partir de las matrices de transferencia. Uniendo los conceptos de matrices circulantes y matrices combinadas, en este trabajo obtenemos condiciones para que exista una matriz invertible cuya matriz combinada sea una matriz circulante.

Palabras clave: matriz circulante, matriz combinada, matriz doblemente estocástica.

INTRODUCCIÓN

Las matrices circulantes son una clase especial de matrices en la que cada fila es un desplazamiento circular de la fila anterior. Estas matrices han demostrado ser una herramienta poderosa y tiene aplicaciones en una gran variedad de campos debido a sus ventajas computacionales. Algunas de estas ventajas son las siguientes: requieren menos espacio de almacenamiento, en comparación con las matrices llenas; tienen mejor eficiencia en la multiplicación de matriz-vector, lo que reduce la complejidad computacional; son invariantes ante desplazamientos circulares, propiedad muy útil para el procesamiento de señales y convolución lineal; la matriz inversa de estas matrices se puede obtener fácilmente; finalmente, su estructura regular y su simetría puede ser explotada para desarrollar métodos de optimización específicos.

Todas las ventajas descritas anteriormente, hacen que las matrices circulantes puedan usarse en procesamiento de señales, ya que pueden realizar transformaciones lineales de manera eficiente en señales, lo que las hace útiles en tareas como procesamiento de imágenes, procesamiento de audio y comunicaciones digitales, [1]. Además, estas matrices tienen aplicaciones en análisis numérico, especialmente en la resolución de sistemas lineales de ecuaciones, donde el sistema subyacente exhibe patrones periódicos o cíclicos y el uso de matrices circulantes puede conducir a algoritmos más rápidos para resolver dichos sistemas en comparación con métodos tradicionales, [2].

Por otra parte, las matrices circulantes están relacionadas con los grafos circulantes, que tienen aplicaciones en análisis de redes y teoría de grafos, ya que estas matrices representan a las matrices de adyacencia de dichos grafos, facilitando el estudio de propiedades y dinámicas de redes en diversas aplicaciones como redes sociales, redes de transporte y redes biológicas, [3]. También aparecen en modelos estadísticos y probabilísticos, especialmente en el análisis de series temporales y procesos estocásticos, ya que pueden representar matrices de covarianza en procesos estacionarios, facilitando los cálculos en análisis multivariados y análisis espectral de datos de series temporales, [4]. Además, se utilizan en problemas de optimización,

especialmente en el contexto de optimización estructurada y optimización convexa, ya que su estructura especial permite el desarrollo de algoritmos especializados y técnicas de optimización que logran una mayor eficiencia computacional en la resolución de problemas de optimización a gran escala, [5].

Por último, se pueden usar las matrices circulantes como matrices combinadas de otra matriz. Recordemos que una matriz combinada, se define como el producto elemento a elemento de una matriz por su inversa transpuesta. Esta matriz se utiliza en diversas áreas como, por ejemplo, en el estudio de procesos químicos, en problemas de control y en aplicaciones del álgebra lineal, [6].

En el campo de las matemáticas se han obtenido propiedades sobre las matrices combinadas, muy útiles a la hora de aplicarlas en la teoría de control. Por ejemplo, en [7] se ha resuelto el problema de caracterizar tres números reales para que sean las entradas de la diagonal de una matriz combinada.

Por otra parte, sabemos que una matriz es doblemente estocástica si es no negativa y la suma de las entradas de cada fila y columna es igual a 1. Estas matrices pueden usarse en economía y algunos autores han estudiado formas de construir este tipo de matrices. Por ejemplo, en [8].

El objetivo de este trabajo es encontrar matrices reales de orden 3, tales que su matriz combinada sea una matriz circulante doblemente estocástica. Para ello, en la siguiente sección se proporcionan todos los conceptos teóricos necesarios para conseguir el objetivo. En la tercera sección se aplica lo visto en un ejemplo de una matriz invertible de orden 3. Por último, en la cuarta sección se exponen las conclusiones.

RESULTADOS

Dados h_1, h_2, y h_3, mayores o iguales que 0, la matriz circulante de orden 3, viene definida por la forma

$$H = circ(h_1, h_2, h_3) = \begin{pmatrix} h_1 & h_2 & h_3 \\ h_3 & h_1 & h_2 \\ h_2 & h_3 & h_1 \end{pmatrix}.$$

Notar que H está definida mediante los parámetros, h_1, h_2, y h_3, que son las entradas de la primera fila y cada una de las filas restantes es una permutación cíclica hacia la derecha de la fila anterior. Es fácil comprobar que la suma de matrices circulantes es una matriz circulante y lo mismo ocurre cuando se multiplica por un escalar.

A continuación, damos la definición de una matriz doblemente estocástica.

Definición. Una matriz real $U=(u_{ij})$ de orden n, se llama doblemente estocástica si

(a) $0 \leq u_{ij} \leq 1, \forall\, i,j = 1,2,\ldots,n.$

(b) $\sum_{i=1}^{n} u_{ij} = 1, \forall\, j = 1, 2,\ldots,n$ y $\sum_{j=1}^{n} u_{ij} = 1, \forall\, i = 1,2,\ldots,n.$

Como en una matriz circulante H la suma de las entradas de sus filas y columnas es la misma, podemos construir una matriz circulante doblemente estocástica multiplicando la matriz H por el inverso de la suma de sus filas. Es decir, si $d= h_1+h_2+h_3$, la matriz $U=H/d$ es una matriz circulante doblemente estocástica.

$$U = \begin{pmatrix} \frac{h_1}{d} & \frac{h_2}{d} & \frac{h_3}{d} \\ \frac{h_3}{d} & \frac{h_1}{d} & \frac{h_2}{d} \\ \frac{h_2}{d} & \frac{h_3}{d} & \frac{h_1}{d} \end{pmatrix}, d = h_1 + h_2 + h_3. \quad (1)$$

Tal y como se ha comentado en la introducción, dada una matriz invertible $A=(a_{ij})$ se define la matriz combinada de A como la matriz $C(A)=A \circ A^{-T}$ donde $\circ$ representa el producto de Hadamard y A^{-T} la traspuesta de la inversa de la matriz A. En nuestro caso, vamos a considerar que la matriz C(A) es una matriz doblemente estocástica, ya que sus elementos van a ser mayores o iguales que 0. Sus propiedades se citan a continuación.

Lema. La matriz combinada $C(A)=(c_{ij})$, de una matriz invertible $A=(a_{ij})$ satisface

(a) Si D_1 y D_2 son matrices diagonales invertibles, entonces $C(A)=(D_1AD_2)$.

(b) Si P y Q son dos matrices de permutación y G es cualquier matriz triangular, entonces

1. $C(PAQ)=PC(A)Q$.
2. $C(PGQ)=PC(G)Q=PQ$.
3. $C(PQP^T)=I$.

(c) Si $c_{ij} \neq 0$, entonces $a_{ij} \neq 0$, $\forall$ i,j.

(d) La suma de las entradas de cualquier fila o columna de C(A) es 1.

(e) $C(A^{-T}) = C(A)$.

El problema propuesto en este trabajo es el siguiente:

Dada una matriz circulante, doblemente estocástica de orden 3, ¿existe una matriz invertible A tal que su matriz combinada sea U?

Antes de resolver el problema vamos a demostrar que la existencia o no de solución para dichos problemas es independiente de la distribución de los parámetros en la primera fila de la matriz circulante.

Supongamos que tenemos la matriz circulante, doblemente estocástica $U=\text{circ}(h_1/d, h_2/d, h_3/d)$. Mediante matrices de permutación podemos obtener nuevas matrices circulantes con los mismos parámetros, pero dispuestos en orden distinto en la primera fila de la nueva matriz. Por ejemplo, $\text{circ}(h_2/d, h_1/d, h_3/d) = P_{321}\,\text{circ}(h_1/d, h_2/d, h_3/d)\,P_{132}$:

$$\begin{pmatrix} \frac{h_2}{d} & \frac{h_1}{d} & \frac{h_3}{d} \\ \frac{h_3}{d} & \frac{h_2}{d} & \frac{h_1}{d} \\ \frac{h_1}{d} & \frac{h_3}{d} & \frac{h_2}{d} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \frac{h_1}{d} & \frac{h_2}{d} & \frac{h_3}{d} \\ \frac{h_3}{d} & \frac{h_1}{d} & \frac{h_2}{d} \\ \frac{h_2}{d} & \frac{h_3}{d} & \frac{h_1}{d} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}.$$

Como para las matrices combinadas se verifica la propiedad (b.1) del Lema anterior, podemos afirmar que, si existe solución para una de las matrices circulante y doblemente estocástica, cuyos parámetros son h_1/d, h_2/d, h_3/d, distribuidos en un cierto orden en la primera fila, también existe solución para todo el resto de matrices circulantes obtenidas a partir de la matriz inicial. Por tanto, a partir de este momento vamos a trabajar, sin pérdida de generalidad, con la matriz circulante doblemente estocástica $U=circ(h_1/d, h_2/d,h_3/d)$ dada en (1).

Ahora ya podemos contestar a la pregunta de nuestro problema. Vamos a estudiar el problema en función del número de parámetros nulos que tiene la matriz circulante. Notar que los parámetros h_1, h_2, y h_3 no pueden ser nulos los tres a la vez, por ser U una matriz doblemente estocástica. Así pues, estudiamos el resto de casos.

- El primer caso corresponde a una matriz circulante doblemente estocástica U que tiene dos parámetros nulos. En este caso suponemos que $h_2=h_3=0$ y esto implica que $h_1=1$. Por tanto, U es la matriz identidad I_{3x3}. En [9] se muestra que cualquier matriz A invertible, triangular superior o inferior verifica que su matriz combinada es la identidad. Por tanto, en este caso el problema planteado tiene solución.
- El segundo caso se refiere a una matriz circulante doblemente estocástica U que tiene un parámetro nulo. En este caso suponemos, sin pérdida de generalidad, que $h_1=0$, por lo que $h_2/d+h_3/d=1$. Aplicando [9], sabemos que podemos construir matrices A tales que C(A)=U y en dicho artículo se muestra la estructura que tiene A. Por tanto, en este caso el problema planteado también tiene solución.

El último caso corresponde a una matriz circulante doblemente estocástica U sin parámetros nulos. En este caso $U=circ(h_1/d, h_2/d,h_3/d)$ y $h_1/d+h_2/d+h_3/d=1$. Usando [9] podemos obtener el siguiente resultado.

Proposición. Sea $U=circ(h_1/d,h_2/d,h_3/d)$, con $d=h_1+h_2+h_3$, una matriz circulante doblemente estocástica de orden 3 con $u_i \neq 0$, i=1,2,3. Entonces, existe una matriz invertible A tal que su matriz combinada es, si y solamente si el polinomio

$$P(x) = \frac{h_1}{d}x^2 + \left(\frac{h_1}{d} - \frac{h_2h_3}{d^2} - \frac{h_1^2}{d^2}\right)x + \frac{h_1h_2h_3}{d^3} \tag{2}$$

tiene al menos una raíz real distinta $-\frac{h_2h_3}{(h_2+h_3)d}$.

Nota. Si queremos calcular la matriz A tal que C(A)=U, siendo U una matriz circulante doblemente estocástica, procederemos del modo descrito en [9]. Para ello obtendremos las raíces del polinomio característico dado en (2), que les llamamos s_{33} y obtendremos las matrices S usando

$$S = \begin{pmatrix} u_{11} & u_{21} & u_{31} \\ u_{12} & u_{13} - u_{21} + s_{33} & -u_{31} - s_{33} \\ u_{13} & -u_{13} - s_{33} & s_{33} \end{pmatrix}, \tag{3}$$

y las correspondientes matrices T, tales que $T^oS=U$. Posteriormente, usando dos matrices diagonales D_1 y D_2, podemos obtener las matrices $A=D_1TD_2$.

El siguiente ejemplo clarifica los resultados vistos en este trabajo.

Ejemplo.

(a) Sea U=circ(1/6,1/3,1/2) una matriz circulante doblemente estocástica. El correspondiente polinomio de segundo grado que obtenemos es

$$P(x) = \frac{1}{6}x^2 - \frac{1}{36}x + \frac{1}{36}$$

cuyo discriminante es Δ=-0.018<0. Por tanto, U no tiene raíces reales y no existe una matriz A tal que su combinada sea U.

(b) Sea U=circ(2/7,9/14,1/14) una matriz circulante doblemente estocástica. El correspondiente polinomio de segundo grado que obtenemos es

$$P(x) = 0.2857x^2 + 0.1582x + 0.0131$$

cuyo discriminante es Δ=0.0101>0. Por tanto, U tiene raíces reales y existe una matriz A tal que su combinada sea U. Las raíces son x_1=-0.4524 y x_2=-0.1014.

Para $s_{33}=x_1$=-0.4524, construimos las matrices S dada en (3) y $T=S^{-1}$:

$$S = \begin{pmatrix} 0.2857 & 0.0714 & 0.6429 \\ 0.6429 & -0.4524 & -0.1905 \\ 0.0714 & 0.3810 & -0.4524 \end{pmatrix}, T = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -0.6319 & 1.6870 \\ 1 & -0.3742 & -0.6319 \end{pmatrix}.$$

Para $s_{33}=x_2$=-0.1014, procedemos como el caso anterior y construimos:

U

$$S = \begin{pmatrix} 0.2857 & 0.0714 & 0.6429 \\ 0.6429 & -0.1014 & -0.5415 \\ 0.0714 & 0.0300 & -0.1014 \end{pmatrix}, T = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -2.8249 & 21.4245 \\ 1 & -0.1306 & -2.8249 \end{pmatrix}.$$

Se puede comprobar en ambos casos que $T^oS=U$ y usando dos matrices diagonales cualesquiera D_1 y D_2, podemos obtener las matrices $A=D_1TD_2$.

.

CONCLUSIONES

Sobre el problema propuesto en este trabajo podemos concluir que, si consideramos una matriz circulante doblemente estocástica U, con dos parámetros nulos o con un parámetro nulo, siempre podremos obtener una matriz invertible A, cuya matriz combinada sea U. Es decir, C(A)=U.

En el caso en que la matriz circulante doblemente estocástica U, sin parámetros nulos, para que exista la matriz A debe darse la condición de que el polinomio dado por (2),

tenga al menos una raíz real distinta a $-\frac{h_2 h_3}{(h_2+h_3)d}$, con d= h_1+h_2+h_3 y h_1, h_2, h_3 mayores que cero. En este caso, U=circ(h_1/d, h_2/d,h_3/d).

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por la Consellería de Innovación, Universidades, Ciencia y Sociedad Digital de la Generalitat Valenciana mediante el proyecto CIAICO/2021/162

REFERENCIAS

[1] Dong, S.; Zhao, P.; Lin, X.; Kaeli, D. (2020). "Exploring GPU acceleration of Deep Neural Networks using Block Circulant Matrices". Parallel Computing, 100, 12p. https://doi.org/10.1016/j.parco.2020.102701

[2] Wu, S.L.; Liu J.n (2020). “A Parallel-In-Time Block-Circulant Preconditioner for Optimal Control of Wave Equations”. SIAM Journal on Scientific Computing, 42, 3, 1510-1540. https://doi.org/10.1137/19M1289613

[3] Jagannathan, M; Vivin.J, V.; Vivik, V. (2022). “The Equitable Chromatic Bounds on Splitting of BlockCirculant Graphs”. Mathematical Problems in Engineering, 2022, 17p. https://doi.org/10.1155/2022/7603023

[4] Chen, Z.; Qi, L. (2016). “Circulant tensors with applications to spectral hypergraph theory and stochastic process”. Journal of Industrial and Management Optimization, 12, 4, 1227-1247. https://doi.org/10.3934/jimo.2016.12.1227

[5] Souravlias, D.; Parsopoulos, K.; Kotsireas,I.S. (2015). “Circulant Weighing Matrices: a Demanding Challenge for Parallel Optimization Metaheuristics”. Optimization Letters, 10, 6, 1303-1314. https://doi.org/10.1007/s11590-015-0927-y

[6] Khaki-Sedigh, A.; Moaveni, B. (2009). "Control Configuration Selection for Multivariable Plants". Lecture Notes in Control and Information Sciences. Springer: Tehran. ISBN: 978 3 642 03192 2

[7] Fiedler, M.; Markham, T.L. (2011). “Combined matrices in special classes of matrices”. Linear Algebra and its Applications, 435, 8, 1945-1955. https://doi.org/10.1016/j.laa.2011.03.054

[8] Fuster, R.; Gassó, M.T.; Giménez, I. (2019) “CMMSE algorithms for constructing doubly stochastic matrices with the relative gain array (combined matrix)”. Journal of Mathematical Chemistry, 57, 1700-1709. https://doi.org:10.1007/s10910-019-01032-1

[9] Cantó, B.; Cantó, R.; Gassó, M.T.; Urbano A.M. (2024). “Doubly stochastic and combined matrices”. Linear and Multilinear Algebra, 2024, 16p. https://doi.org/10.1080/03081087.2023.2260073

Vidrios de Alto Módulo y sus Fibras: Propiedades Térmicas y Mecánicas

Dafir, Muawia[(1)], Groß, Martin[(1)], Kilo, Martin[(2)], Cebulla, Holger[(3)]
(1) Instituto de Ciencia y Tecnología del Vidrio, TU Freiberg, Alemania
(2) Instituto Fraunhofer de Investigación sobre Silicatos ISC, Würzburg, Alemania
(3) Instituto de Estructuras Ligeras, TU Chemnitz, Alemania

RESUMEN

Este trabajo presenta una parte la investigación de vidrios de alto módulo (HMG) y su hilabilidad en fibras de vidrio textiles (GF), basados en silicato de aluminio y magnesio (MAS) con un módulo de elasticidad (E) mayor a 100 GPa, con parámetros de fusión razonables. Se muestran las propiedades mecánicas de estas fibras en comparación con las fibras de E-vidrio comerciales disponibles. Las propiedades físicas y mecánicas textiles de estas GF demostraron que la T9-GF, con un 14 % en peso de Y_2O_3, ofrecía aproximadamente un 31.2 % más de resistencia a la tracción y un 25 % más de módulo E, así como un aumento del 17.6 % en el E-módulo específico, obteniendo los mejores resultados en comparación con la fibra de E-vidrio.

Palabras clave: fibras de vidrio, propiedades del vidrio, silicatos de magnesio-aluminio, fibra de vidrio de alto módulo, módulo de elasticidad, resistencia a la tracción.

INTRODUCCIÓN

Las fibras de vidrio (GF) siguen siendo uno de los tipos de fibra más utilizados, representando más del 95 % de todas las fibras empleadas en la producción. Les siguen las fibras de aramida, carbono y basalto, así como las GF especiales para requisitos específicos [1]. En comparación con otros materiales de alto rendimiento, las fibras de vidrio tienen propiedades mecánicas ventajosas, además de una gran estabilidad térmica y química. Al mismo tiempo, son un material rentable para reforzar plásticos [2,3]. Además, son respetuosas con el medio ambiente y tienen un elevado potencial de reciclado [4,5]. En la Tabla 1 se presentan los materiales de alto rendimiento más importantes y sus propiedades mecánicas.

Tabla 1. GF comparado con los materiales de alto rendimiento más conocidos [6].

Material	Resistencia [MPa]	Módulo de Elasticidad [GPa]	Densidad [g/cm³]
Al-2024	200-470	73	2,78
HT-CF	2700-3750	200-250	1.74-1.8
E-GF	3400-3700	72-77	2.5-2,7
S-GF	4300-4900	75-88	2.4-2.5
P-Aramid	2760-3000	58-80	1.39-1.4

Las GF se utilizan cada vez más en la construcción ligera, especialmente en la industria del automóvil y aeronáutica, en forma de plásticos reforzados [6,7], desempeñando un papel destacado en la creciente demanda de energía limpia en las sociedades industrializadas. Solo en 2022, la energía eólica cubrió casi el 7.6 % de la demanda mundial de electricidad [8] y, a largo plazo, seguirá representando una parte cada vez mayor del suministro mundial de energía climáticamente neutra [9]. A pesar de las críticas sobre el impacto negativo en los hábitats de algunas especies de aves [10], los

aerogeneradores actuales ofrecen realmente una solución sostenible desde el punto de vista ambiental y en términos de su ciclo de vida [11–13], aunque aún no se ha establecido una cadena completa de reciclaje para los aerogeneradores usados. Solo en 2022, el valor del mercado mundial de la GF alcanzó aproximadamente los 27.700 millones de dólares. Debido a que las GF son un producto intermedio industrial que se convierte en una amplia gama de productos finales de alta calidad, su importancia económica real es considerablemente mayor. Se espera que este mercado continúe creciendo a un ritmo anual de alrededor del 7.3 % hasta 2028 [14]. La Figura 1 muestra el aumento de las aplicaciones del GFRP en los últimos años.

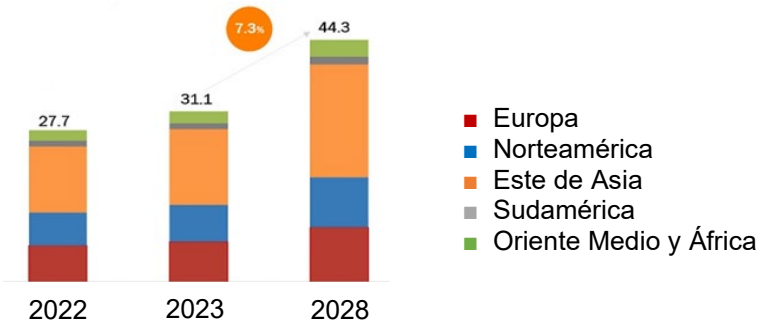


Figura 1. GFRP-Mercado [en MM $] y su crecimiento [21].

Este trabajo aborda la optimización de las propiedades de las fibras, específicamente el aumento del módulo específico de elasticidad en vidrios de MAS para la producción de GF altamente moduladas. Esto se logra mediante la adición de óxido de itrio, óxido de cerio (IV) y/o óxido de zinc como modificadores del módulo de elasticidad. Se está investigando la hilabilidad de estos vidrios en forma de GF continuo y las propiedades de este último como material de refuerzo.

EXPERIMENTAL

Se seleccionaron dos composiciones básicas del sistema de vidrio mencionado. La primera composición es la del S-vidrio y la segunda representa el eutéctico de fusión más profunda. El Y_2O_3 y el ZnO están destinados a actuar como moduladores de la elasticidad. El CeO_2 está destinado a favorecer el refinado y el comportamiento de fusión. Para minimizar optimizar los ensayos, se utilizó el diseño estadístico de experimentos (DoE). La Figura 2 muestra las dos composiciones básicas en el diagrama de fases MAS (izquierda) y el esquema de DoE como mezcla ternaria CeO_2+ZnO+Y_2O_3=14% en peso (derecha).

Todos los vidrios se prepararon en el laboratorio utilizando ingredientes disponibles en el mercado con una pureza superior al 99%, incluyendo SiO_2, MgO y Al_2O_3 como elementos básicos del sistema MAS. Para modificar el E-módulo, se utilizaron óxidos como CeO_2, ZnO y Y_2O_3. Cada lote, de tamaño 150 g, se homogeneizó y luego se fundió en un crisol de platino/rodio utilizando un horno de fusión calentado con $MoSi_2$ a 1575 °C durante 1 hora. Posteriormente, las masas fundidas se agitaron para eliminar los gases arrastrados y aumentar la homogeneidad, y se mantuvieron en el horno durante 10 minutos adicionales. El vidrio fundido se vertió luego en un molde metálico para formar un bloque de vidrio, que se recoció en otro horno hasta alcanzar la temperatura ambiente. Dos superficies opuestas de cada bloque se rectificaron para lograr un paralelismo plano. El módulo de elasticidad ($E_{\text{meas.}}$) se midió utilizando el probador ultrasónico BP-700 Series (Ultratest) con un intervalo de 1 segundo. La densidad real

($\rho_{\mathrm{meas.}}$) se determinó según el principio de Arquímedes utilizando el kit de determinación de densidad YDK01 (Sartorius) en etanol. La temperatura de transición vítrea (T_g), la temperatura de liquidus (T_L) y la viscosidad se determinaron utilizando, respectivamente, un dilatómetro (DIL 402 CN; Netzsch), un horno de gradiente con cuatro zonas de calentamiento y un viscosímetro rotacional.

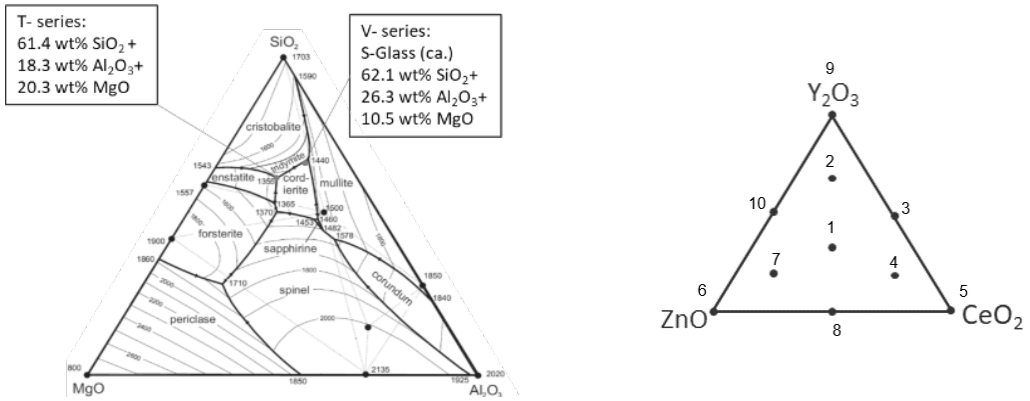


Figura 2. Composiciones básicas (izquierda); y el DoE (derecha).

Para determinar la resistencia a la tracción de una sola fibra, se produjeron las fibras utilizando un crisol 10Rh/90Pt con ocho puntas a una temperatura de trefilado de aproximadamente 1310 °C. El diámetro de la fibra se mantuvo en 17±1 µm ajustando la velocidad de la bobinadora en consecuencia. Se midieron la tenacidad (σ_f) y el módulo de elasticidad (E_f) de las fibras sin dimensionar, cada una de longitud 50 mm, utilizando un equipo Favimat+ (Textechno) a una velocidad de ensayo de 25 mm/min con una precarga de 1 cN/tex. Además, se fabricaron fibras dimensionadas como capas unidireccionales y luego se incorporaron en una matriz epoxídica adecuada para caracterizar su rendimiento mecánico mediante ensayos de tracción.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Las 22 formulaciones fundidas resultaron en vidrios transparentes con diferentes tonos de color, dependiendo del contenido de CeO_2. El tono varió desde amarillento claro hasta ámbar oscuro, en concordancia con el estudio [15], oscureciendo proporcionalmente a la cantidad de CeO_2. Los vidrios sin contenido de CeO_2 eran transparentes o carecían de color. Todos los vidrios fueron fáciles de fundir y mostraron una buena capacidad de tracción durante las primeras pruebas de embutición, además de ser fáciles de moldear en bloques de vidrio. Durante el proceso de fusión, los vidrios con contenido de CeO_2 presentaron la formación de espuma en la superficie de la masa fundida, incrementando el tiempo de fusión y el tiempo requerido para obtener el lote sin burbujas ni grietas.

El módulo específico de elasticidad (sp.E)

El sp. E ($sp.E = {E_{meas.}}/{\rho_{meas.}}$) se calculó a partir de los valores reales de densidad y módulo de elasticidad medidos. La densidad y el módulo E de todos los vidrios son superiores a los del vidrio de referencia. Los vidrios T9, T10, V9 y V10 mostraron los mejores resultados para el sp.E. Para las aplicaciones en la construcción ligera, es crucial considerar simultáneamente ambas propiedades. Por esta razón, la influencia de los óxidos metálicos añadidos sobre el módulo E específico del vidrio producido se muestra en la **Figura *3*** mediante diagramas ternarios. Los números (1 a 10) en los

diagramas corresponden a las composiciones vítreas nominales de los vidrios analizados. Tanto en la serie V como en la serie T, se observa que el módulo específico de elasticidad (sp. E) aumenta con el incremento de las proporciones de Y_2O_3 y ZnO, siendo más notable en la serie T respecto la serie V, siendo concordante con las observaciones de Wallenberger *et al.* [16] sobre el efecto del ZnO en el módulo de elasticidad, así como con los estudios de otras fuentes [17] que reportaron el efecto del Y_2O_3.

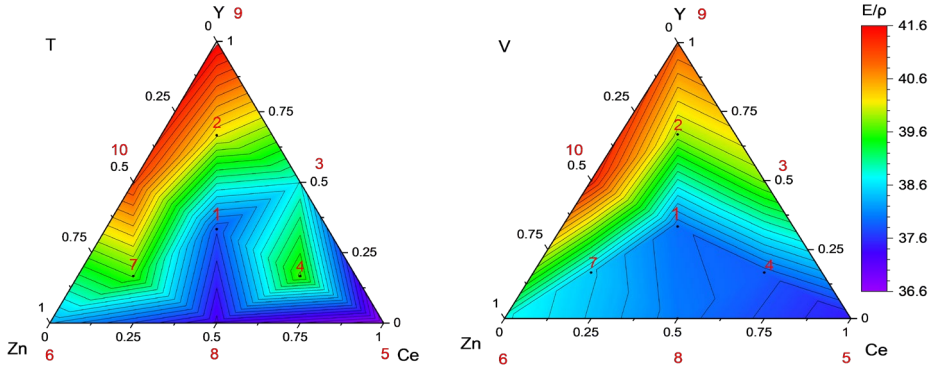


Figura 3. Representación del sp. E en diagramas ternarios de las series V y T [18].

Propiedades térmicas

Los mejores candidatos de vidrio (T9, T10; V9, V10) se analizaron en cuanto a T_g, T_L y viscosidad mediante curvas según el modelo de VFT, (Figura 4). Los rectángulos de colores indican la viscosidad y la temperatura a las que se moldean las GF.

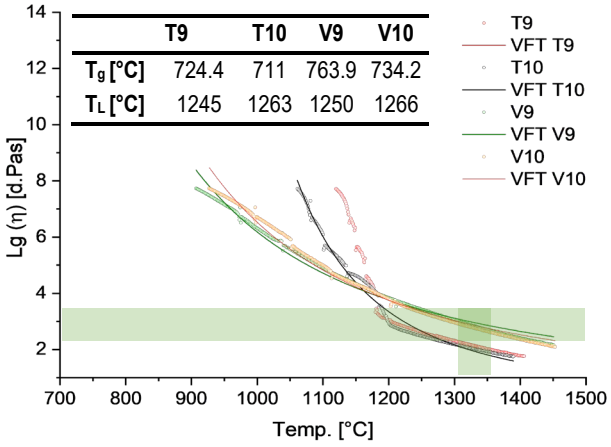


Figura 4. Resultados del análisis térmico de los vidrios T9, T10, V9 y V10 [18].

Producción y caracterización de la fibra de vidrio

Se ensayaron diferentes temperaturas entre 1310 °C y 1370 °C dentro del rango de estirado de los vidrios (Log(η) [dPa·s]=2.3-3.3), donde $T_f > T_L$. La Figura 4 muestra el intervalo de estirado seleccionado para las fibras de vidrio. Se estableció que el proceso de estirado es estable si no se produce rotura alguna de fibras de vidrio durante 30 minutos. Se caracterizaron y produjeron fibras de vidrio a partir de los cuatro tipos mencionados. La caracterización incluyó la medición de la resistencia a la tracción individual de las fibras de vidrio. Los resultados se pueden ver en comparación con las fibras de E-vidrio en la siguiente sección, **Figura *5*** (izquierda).

El análisis de fiabilidad se muestra en la Figura 5 (derecha) utilizando una distribución de Weibull que incluye las líneas de tendencia y el coeficiente de determinación. Los

bajos valores de la resistencia característica a la tracción y del módulo de Weibull se deben a la presencia de cristales en el GF. Estos cristales actúan como puntos de rotura preexistentes en la red de GF, ya que la tensión se concentra en los límites de grano de los cristales y no se transfiere a la matriz vítrea. En el GF, los cristalitos pueden constituir una parte considerable de la sección transversal de la fibra y, por tanto, pueden reducir la resistencia mucho más que los cristales correspondientes en otros cuerpos de vidrio a escala macroscópica, como el vidrio plano o los bloques de vidrio.

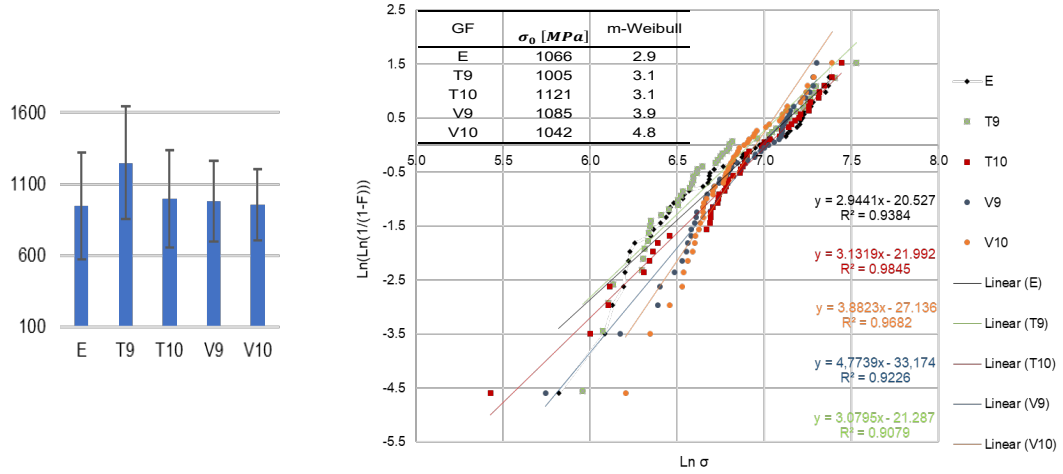


Figura 5. Resultados del EFZ: resistencia a la tracción (izquierda) y Análisis de fiabilidad de la resistencia a la tracción y los valores de la resistencia a la tracción característica y el módulo de Weibull (tabla) (derecha) [18].

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo financiero de la Heinrich Böll Stiftung, así como al personal del Instituto Leibniz de Investigación de Polímeros de Dresde (IPF) y a los compañeros del Instituto de Mineralogía de la TU Bergakademie Freiberg.

REFERENCIAS

[1] Wallenberger,F. T.; Bingham, A (2010). "Commercial and Experimental Glass Fibers". *Fiberglass and Glass Technology*. Boston, MA: Springer US. pp.3-90 ISBN: 978 1 4419 0735 6

[2] Freudenberg,Ch. (2011). “Textile Faserstoffe” *Textile Werkstoffe für den Leichtbau.* Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, pp. 39–109. ISBN: 978 3 030 72199 2

[3] Teschner,R. (2013). Glasfasern. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. ISBN: 978 3 642 38328 1

[4] Yang, L.; Sáez, E. R.; Nagel, U.; Thomason, J. L. (2015). “Can thermally degraded glass fibre be regenerated for closed-loop recycling of thermosetting composites?” *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*. vol. 72 .pp. 167–174. https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2015.01.030

[5] Mäder, E. (2017). “Glass Fibers: Quo Vadis?” *Fibers*. vol. 5, no. 1, p.p. 10. https://doi.org/10.3390/fib5010010

[6] Schade, M.; Cherif, C. (2011) Textile Werkstoffe für den Leichtbau. Z Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. pp. 367-379. ISBN: 978 3 642 17991 4

[7] Lässig, R. *Serienproduktion von hochfesten Faserverbundbauteilen*. https://shorturl.at/Fnr8w

[8] Wiatros-Motyka, M. *Global Electricity Review 2023*. https://shorturl.at/7EkT5

[9] Quaschning, V. *Weltweit installierte Windkraftleistung*. https://www.volker-quaschning.de/datserv/windinst/index.php

[10] Steinborn, H.; Reichenbach, M.; Timmermann, H. (2011). "Windkraft-Vögel-Lebensräume Ergebnisse einer siebenjährigen Studie zum Einfluss von Windkraftanlagen und Habitatparametern auf Wiesenvögel, 1". pp. 344. ISBN: 978 3842382558

[11] Sakellariou, N. (2016). "The Sustainability of Wind Energy Systems: The Composite Blades Loophole". *J. Sustain. Energy Eng.* vol. 4, no. 2. pp. 89–107. https://doi.org/10.7569/jsee.2016.629514

[12] Gkantou, M.; Charalampos C. (2021). "*Life Cycle Analysis of Onshore Wind Turbine Towers*". https://shorturl.at/p18AC

[13] Chan, D.; Mo, J. (2017). "Life Cycle Reliability and Maintenance Analyses of Wind Turbines." *Energy Procedia*. vol. 110. pp. 328–333. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.148.

[14] *Fiberglass Market by Glass type, Product type, Applocation, and region-Global Forcasts to 2028.* https://shorturl.at/bCbeF

[15] Zdaniewski, W. (1975). "DTA and X-Ray Analysis Study of Nucleation and Crystallization of MgO-Al2O3-SiO2 Glasses Containing ZrO2, TiO2, and CeO2." J. *Am. Ceram. Soc*. vol. 58, no. 5–6, pp. 163–169. https://doi.org/10.1111/j.1151-2916.1975.tb11435.x

[16] Wallenberger, F. T.; Brown, S. D.; Onoda, G. Y. (1993). "ZnO-modified high modulus glass fibers." *J. Non. Cryst. Solids*. vol. 152, no. 2–3, pp. 279–283. https://doi.org/10.1016/0022-3093(93)90263-W

[17] Inaba, S.; Fujino, S.; Morinaga, K. (1999). "Young's modulus and compositional parameters of oxide glasses." *J. Am. Ceram. Soc*. vol. 82, no. 12. pp. 3501–3507. https://doi.org/10.1111/j.1151-2916.1999.tb02272.x

[18] Dafir, M. (2024). *Entwicklung und Charakterisierung von ziehfähigen Hochmodulgläsern im Magnesium-Alumosilikat-Glassystem unter Zugabe von Y2O3, ZnO und CeO2 für die Textilglasfaserherstellung.* https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:ch1-qucosa2-90443

Propiedades acústicas del residuo de la poda de la vid con adhesivos naturales

Pérez Ponce, Laura(1), Juliá Sanchis, Ernesto(1), Montava Belda, Isaac(1), Segura Alcaraz, Jorge(1), Gadea Borrell, José María(1)

(1) Dpto. Mecánica Medios Continuos y Teoría de Estructuras, Universitat Politècnica de València, Pl. Ferrándiz y Carbonell, s/n – 03801 (Alcoy) (laupepon@epsa.upv.es; erjusan@mes.upv.es; ismonbel@mcm.upv.es; jsegura@mcm.upv.es; jmgadea@mes.upv.es)

RESUMEN

La creciente conciencia ambiental y la necesidad de reducir la dependencia de recursos fósiles están motivando a la comunidad científica a desarrollar un crecimiento sostenible basado en el uso de recursos naturales. Es por eso por lo que en este trabajo se pretende conocer las propiedades acústicas de diferentes muestras de materiales fabricados a partir de residuos provenientes de la poda de la vid como elemento principal en una matriz de adhesivo de procedencia natural o biodegradable.

El principal objetivo del trabajo consiste en conseguir la valorización de un material natural abundante en la zona del este peninsular y convertirlo en una alternativa sostenible entre los materiales empleados para reducir la contaminación acústica dentro del sector de la construcción. La poda que genera la vid es un residuo abundante que normalmente acaba siendo quemado con la problemática medioambiental que esto conlleva.

Palabras clave: caracterización acústica, poda, vid, adhesivo natural.

INTRODUCCIÓN

La gestión ineficiente o poco generalizada de la eliminación, utilización y manejo de los residuos agrícolas ha provocado un problema creciente, lo que ha dado lugar a diversos estudios para la reutilización y reciclaje de residuos naturales [1, 2].

La acumulación de residuos puede conducir a impactos negativos, como son la emisión de gases de efecto invernadero o la contaminación del terreno [3].

Como el uso de materiales sostenibles en el sector industrial aumenta, se pretende utilizar estos residuos para crear biopolímeros usando adhesivos naturales y fibras de diferentes plantas [4].

En el caso de este estudio, se utilizará el residuo de la poda de vid con un aglutinante natural, que en este caso será la lignina. Actualmente, la poda de la vid es el residuo del viñedo más generado. Suele ser quemado, lo que puede llegar a causar una gran contaminación ambiental. Por este motivo, teniendo en cuenta su composición química, su gran disponibilidad y su bajo coste, se está evaluando su reutilización en diferentes ámbitos [5].

En cuanto al adhesivo, la lignina está compuesta por una estructura fenólica, que presenta diversas propiedades beneficiosas para la formulación de adhesivos de madera, como su notable hidrofobicidad y baja polidispersidad [6, 7].

MATERIALES Y MÉTODOS

Residuo de Vid

Teniendo en cuenta la sobreproducción del residuo de poda de vid y su bajo coste, ha aumentado el interés en reorientar su aprovechamiento. Es por este motivo por lo que el material matriz de este trabajo será el residuo de viñedo.

Aglutinante

Al ser un aglutinante no probado anteriormente en estos materiales, se han fabricado varias muestras con diferentes adhesivos para evaluar su reacción. Teniendo en cuenta las pruebas hechas, la lignina ha sido la que mejores propiedades y mejores resultados proporciona.

Preparación de las muestras

Las muestras fueron preparadas con un molde cilíndrico de 100 mm de diámetro, medida necesaria para los ensayos acústicos en el tubo de impedancia.

En el estudio se han fabricado cinco probetas variando el espesor en cada una de ellas, siendo las proporciones de la mezcla y el peso iguales. Esta variación lleva al análisis de cómo afecta el espesor y la densidad de la muestra a la absorción del sonido. Para ello y mediante una prensa hidráulica con cilindro móvil, WPP 50 E, Figura 1, se han fabricado las muestras con espesores de 2, 3, 4, 5 y 6 cm en cada molde.



Figura 1. Fabricación de las probetas cilíndricas en la prensa hidráulica.

La Tabla 1 muestra la serie de muestras fabricadas y su relación de espesores.

Tabla 1. Muestras y espesores.

MUESTRAS	ESPESORES
Muestra 1	20 mm
Muestra 2	30 mm
Muestra 3	40 mm
Muestra 4	50 mm
Muestra 5	60 mm

Caracterización acústica

Coeficiente de absorción acústica

Para la determinación del coeficiente de absorción acústica se utiliza el método basado en la normativa UNE-EN ISO 10534-2 [8] mediante un tubo de impedancia acústica con dos micrófonos y un sistema de adquisición de datos NI 9234 para captar las señales y la toolbox DAQ de MATLAB para analizarlas. En la Figura 2 se muestra el esquema del montaje para los ensayos.

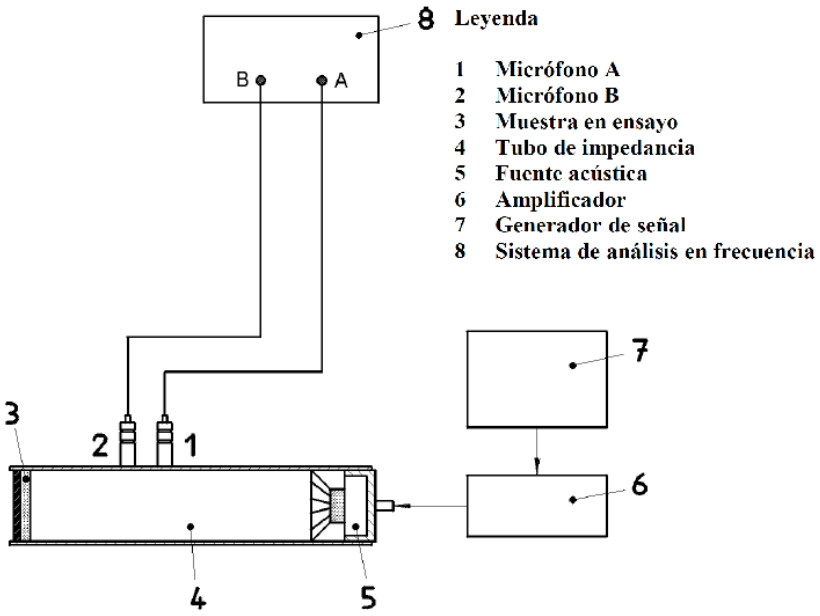


Figura 2. Esquema del método para la determinación del coeficiente de absorción acústica según la normativa UNE-EN ISO 10534-2.

Factor de pérdidas por transmisión

Para la determinación del factor de pérdidas por transmisión a incidencia normal (STL, Sound Transmission Loss) se utiliza el método basado en la normativa ASTM E2611-09 [9], que describe el uso de un tubo de impedancia acústica, cuatro micrófonos y un sistema de análisis en frecuencia. La Figura 3 muestra el esquema para este ensayo.

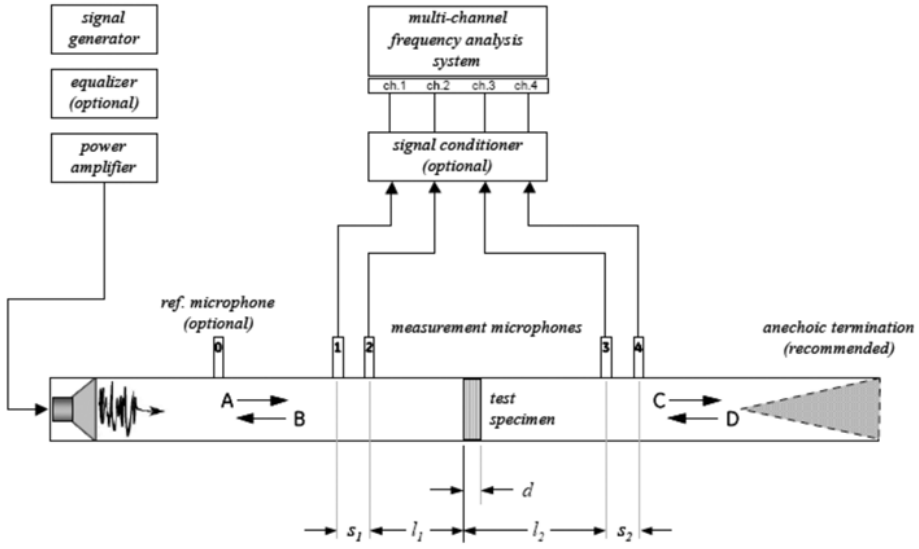


Figura 3. Esquema para la determinación del STL según la normativa ASTM E2611-09.

RESULTADOS

Coeficiente de absorción acústica

A continuación, se muestra la figura en la que se recogen los resultados del coeficiente de absorción acústica de cada una de las muestras en función de su espesor (Figura 4).

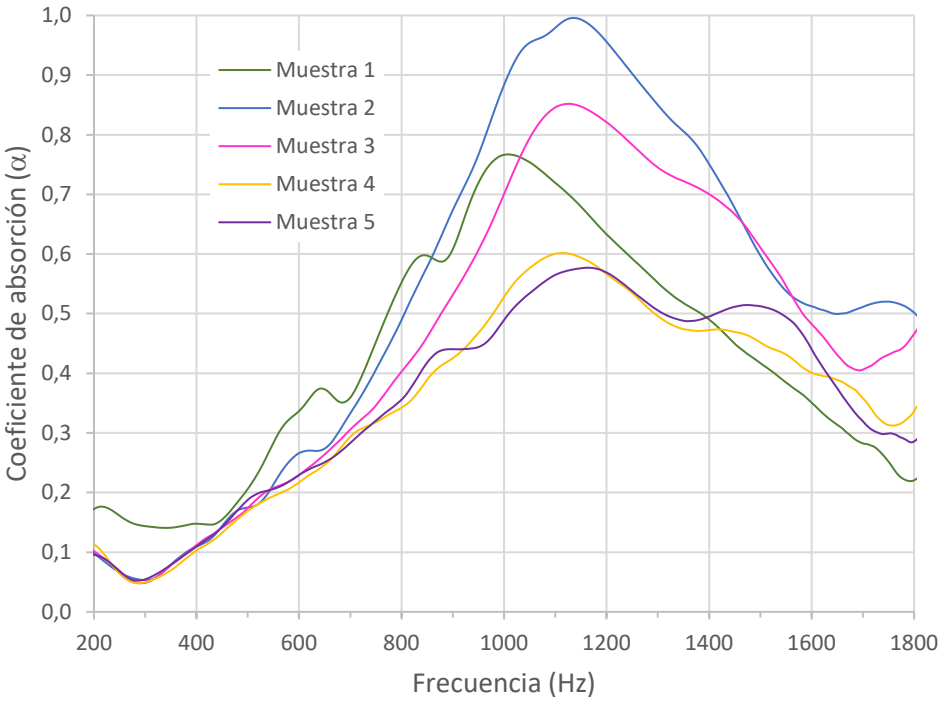


Figura 4. Coeficientes de absorción acústica en las muestras.

Factor de pérdidas por transmisión

En la Figura 5 se pueden observar los resultados del STL (Sound Transmission Loss) en las diferentes muestras.

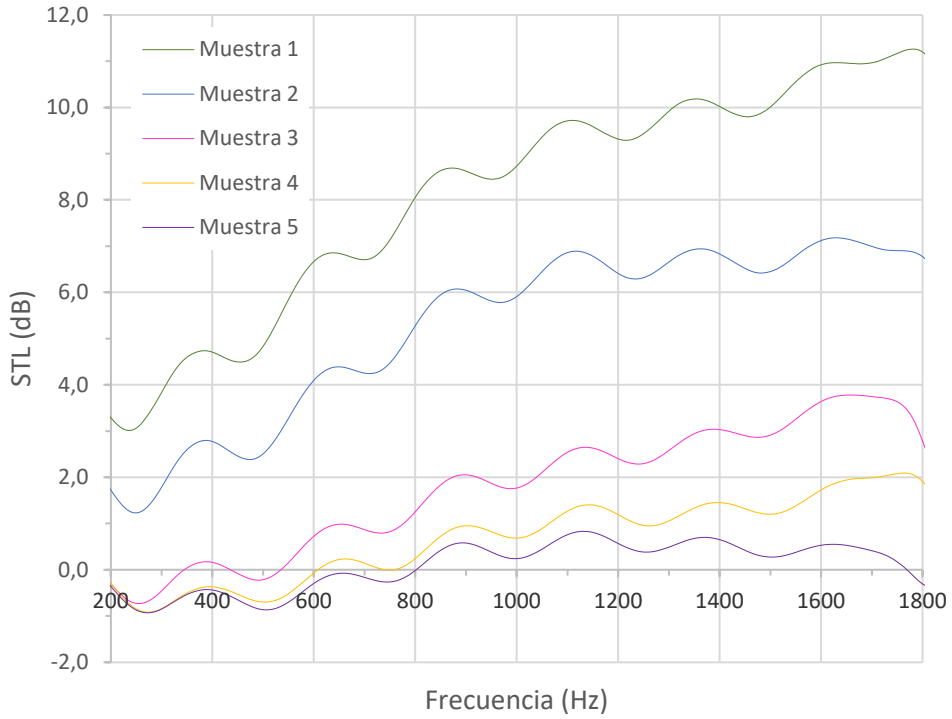


Figura 5. Comparativa del STL en las muestras ensayadas.

CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en los dos ensayos de caracterización acústica, se pueden destacar varios aspectos.

En primer lugar, en cuanto al coeficiente de absorción acústica, se aprecia que a menor espesor mayor es el coeficiente de absorción, exceptuando la primera muestra (de 2 cm de espesor). Esto puede deberse a que la densidad es mayor en los espesores más bajos, por haberse fabricado aplicando mayor presión, formándose menos huecos por los que se disipa la energía, ya que al tratarse de un material poroso la energía acústica se transforma en energía calorífica por rozamiento al pasar por el interior de los poros. El porcentaje de poros hace que hasta cierto punto se absorba mejor la energía acústica.

Además, cabe destacar que el rango donde mayor absorción se produce en todas las muestras es entre 1000 Hz y 1200 Hz; para frecuencias inferiores y superiores el coeficiente de absorción va disminuyendo.

En cuanto al factor de pérdidas por transmisión del sonido (STL), se observa una variación significativa en los resultados hasta 1800 Hz. A mayor frecuencia, mayor es el valor del aislamiento. Además, cabe decir que la muestra que mayor STL presenta es la de 2 cm de espesor.

Analizados los resultados se puede afirmar que este material podría tener aplicaciones acústicas, sustituyendo a otros materiales tradicionalmente utilizados, en forma de paneles acústicos que absorban el sonido en determinados rangos de frecuencia.

REFERENCIAS

[1] Tripathi N.; C. Hills D.; Singh R. B.; Atkinson C (2019). “Biomass waste utilisation in low-carbon products: harnessing a major potential resource”. *Npj Climate and Atmospheric Science,* v. 2, n. 35. https://doi.org/10.1038/s41612-019-0093-5.

[2] Florindo T.; Ferraz A. I.; Rodrigues A.; Nunes L. J. R (2022). “Residual Biomass Recovery in the Wine Sector: Creation of Value Chains for Vine Pruning”. *Agriculture,* v. 12, n. 5, 670. https://doi.org/10.3390/agriculture12050670.

[3] Zanetti M.; Brandelet B.; Marini D.; Sgarbossa A.; Giorio C.; Badocco D.; Tapparo A.; Grigolato S.; Rogaume C.; Rogaume Y.; Cavalli R (2017). “Vineyard pruning residues pellets for use in domestic appliances: a quality assessment according to the EN ISO 17225”. *Journal Of Agricultural Engineering,* v. 48, n. 2, p.p. 99-108 (2017). https://doi.org/10.4081/jae.2017.612.

[4] Jesus M. S.; Romaní A.; Mata F.; Domingues L. (2022). “Current Options in the Valorisation of Vine Pruning Residue for the Production of Biofuels, Biopolymers, Antioxidants, and Bio-Composites following the Concept of Biorefinery: A Review”. *Polymers*, v. 14 n. 9, p.p. 21. https://doi.org/10.3390/polym14091640.

[5] Marín N.; Carvajal R.; Chung A.; Perez A. G.; Solís J. (2021). “Fabricación y caracterización de conductividad térmica de materiales aislantes a base de fibras naturales”. *Revista de Iniciación Científica,* v. 7 n. 1. https://doi.org/10.33412/rev-ric.v7.1.3062.

[6] Ghaffar S. H.; Fan M. (2014). “Lignin in straw and its applications as an adhesive”. *International Journal of Adhesion And Adhesives,* v. 48, p.p. 92-101. https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2013.09.001.

[7] Chen X.; Xi X.; Pizzi A.; Fredon E.; Du G.; Gérardin C.; Amirou S. (2021) “Oxidized demethylated lignin as a bio-based adhesive for wood bonding”. *Journal Of Adhesion* v. 97 n. 9, p.p. 873-890. https://doi.org/10.1080/00218464.2019.1710830.

[8] International Organization for Standardization. (2001). ISO 10534-2, Acoustics-Determination of Sound Absorption Coefficient and Impedance in Impedance Tubes. *International Standard*.

[9] ASTM International. (2017). ASTM E2611-17: Standard Test Method for Normal Incidence Determination of Porous Material Acoustical Properties Based on the Transfer Matrix Method. *ASTM International*.

Digitalización y Virtualización en la Formación Profesional para Mayores de 45 años: Un Proyecto Erasmus+ Innovador

Fito Alonso, María[(1)], Pardo Llopis, Honorato[(2)], Trull Domínguez, Oscar[(2)], Cabrero Hernández, J.Antonio[(2)], Torres Orts, Guadalupe[(3)]

[(1)] *Dpto. de Formación y orientación laboral del IES Gonzalo Anaya, C. Les Palmeres,1, Xirivella, Valencia m.fitoalonso@edu.gva.es*

[(2)] *Dpto. de Instalación y Mantenimiento del IES Gonzalo Anaya, C. Les Palmeres,1, Xirivella Valencia* h.pardollopis@edu.gva.es; o.trulldominguez@edu.gva.es; ja.cabrerohernandez@edu.gva.es

[(3)] *Dpto. de Fabricación Mecánica del IES Gonzalo Anaya, C. Les Palmeres 1, Xirivella, Valencia,* g.torresorts@edu.gva.es;

RESUMEN

El proyecto Erasmus+ KA220 liderado por el IES Gonzalo Anaya se centra en la digitalización y virtualización en la Formación Profesional (FP) para personas mayores de 45 años. Con socios en Zaragoza, Oporto, Matera, Catania y Tesalónica, el proyecto busca mejorar la inclusión digital y la empleabilidad de este grupo demográfico. Este artículo presenta la experiencia llevada a cabo por el equipo de desarrollo en Xirivella desde la adquisición del proyecto hasta la consecución y finalización prevista del manual, para capacitar a profesores en la enseñanza de la digitalización y virtualización a estas personas. Este proyecto inclusivo está orientado a la formación en Industria 4.0 de futuros formadores. 2023-1-ES01-KA220-VET-000156671

Palabras clave: FP, industria 4.0, ERASMUS+, digitalización, inclusión, virtualización.

INTRODUCCIÓN

En el IES Gonzalo Anaya, incorporamos para el curso 2022-2023 un curso de especialización en fabricación inteligente, especialmente diseñado para la industria 4.0. Cuando realizamos la difusión del curso, nos dimos cuenta de que el 100% del alumnado que se había matriculado era mayor de 30 años, incluso tuvimos alrededor del 33% de estudiantes que superaban los 45 años.

Como buenos docentes, antes de comenzar con los contenidos de los módulos que forman parte del curso, realizamos un tanteo para conocer cuáles son los conocimientos básicos que poseen y saber desde qué punto podemos comenzar. En el tanteo, nos dimos cuenta de que, los más mayores, son aquellos que desean mejorar sus conocimientos en la innovación tecnológica pero, al mismo tiempo quienes menos conocimientos básicos poseen de digitalización de datos o de virtualización. Por eso, comenzamos a pensar como equipo docente, de qué manera podíamos aplicar metodologías de aprendizaje que fueran motivadoras para este grupo de personas, en concreto, a aquellas que deben de esforzarse un poco más.

En este contexto, exploramos cómo abordar esta brecha y motivar a las personas a adentrarse en el mundo digital para mejorar sus conocimientos y oportunidades en la industria. Concluimos que podíamos solicitar un proyecto K220 con empresas del sector, que nos apoyara para aprender a enseñar a mayores de 45 años en digitalizar datos, para que pudieran aspirar a ocupar puestos en la industria 4.0.

Iniciamos el proceso con la definición de objetivos claros y la selección estratégica de socios para colaborar en el proyecto. Se estableció como fecha límite para la entrega del proyecto marzo de 2023, con la implementación prevista para el año académico 2023-2024. A pesar de los desafíos temporales, trabajamos diligentemente para desarrollar la propuesta del proyecto en colaboración con entidades asociadas de Italia, Portugal, Grecia y España y, procedimos a su presentación oficial.

Tras un proceso de evaluación competitivo, nuestra propuesta fue seleccionada para recibir financiación. Se nos otorgó una subvención de 250.000€ destinada a un proyecto de dos años de duración, enfocado en la digitalización de la formación profesional. Número de proyecto: 2023-1-ES01-KA220-VET-000156671. La culminación y entrega final del proyecto está programada para el 30 de agosto de 2025, marcando un hito significativo en nuestro compromiso con la innovación educativa y la adaptación al entorno digital.

OBJETIVOS DEL PROYECTO

El objetivo principal de este ambicioso proyecto es la mejora sustancial de la Formación Profesional (FP), con un enfoque especial en permitir la reinserción laboral de aquellas personas que se encuentran desempleadas y que presentan deficiencias en competencias digitales. Se busca equipar a estos individuos con las herramientas y conocimientos necesarios para navegar con éxito en el entorno de la Industria 4.0, un mercado laboral cada vez más tecnificado y automatizado.

Para alcanzar esta meta, se han establecido varios objetivos secundarios que son fundamentales para el éxito del proyecto:

- **Mejorar las Competencias Digitales de Formadores**: Uno de los pilares del proyecto es elevar el nivel de competencias digitales y de virtualización de los formadores y profesores de FP. Esto se logrará a través de programas de capacitación intensivos que no solo actualizarán sus habilidades técnicas, sino que también les proporcionarán estrategias didácticas innovadoras para transmitir estos conocimientos de manera efectiva.
- **Desarrollo de Metodologías Pedagógicas Inclusivas:** Se desarrollarán y pondrán en práctica nuevas metodologías pedagógicas, específicamente diseñadas para adultos desempleados mayores de 45 años. Estas metodologías estarán adaptadas a las necesidades y ritmos de aprendizaje de este grupo demográfico, con el fin de maximizar su comprensión y retención de las competencias digitales críticas.
- **Actualización de Habilidades y Competencias:** El proyecto se compromete a dotar a los participantes de habilidades y competencias digitales actualizadas y pertinentes. Esto incluye el conocimiento de software especializado, comprensión de la ciberseguridad, manejo de datos y análisis, así como la capacidad de trabajar con tecnologías emergentes como la inteligencia artificial y el Internet de las Cosas (IoT).
- Además, se contempla la creación **de recursos educativos abiertos y plataformas de aprendizaje en línea** que faciliten el acceso continuo a materiales de estudio y práctica. También se fomentará la interacción y el trabajo en red entre los participantes para construir una comunidad de aprendizaje colaborativa y de apoyo mutuo.

Con este proyecto, no solo buscamos la reinserción laboral a corto plazo, sino que también aspiramos a preparar a los trabajadores para los cambios futuros en el mercado laboral, asegurando que la formación profesional se mantenga a la vanguardia de la educación técnica y tecnológica.

Para lograr el objetivo principal y los objetivos secundarios del proyecto K220, es esencial establecer una serie de actividades bien definidas y estructuradas que permitan una implementación efectiva y eficiente.

Estas actividades se han diseñado para abordar de manera integral los desafíos de la digitalización y la virtualización en la Formación Profesional (FP). A continuación, se detalla un plan ampliado de las actividades propuestas:

- **Desarrollo de un Manual Integral para Profesores:** Crear un manual exhaustivo que sirva como guía para los profesores de FP en temas de digitalización y virtualización. Este manual incluirá no solo teoría y práctica, sino también estudios de caso, ejemplos de la vida real y ejercicios interactivos para facilitar una comprensión profunda de los conceptos.
- **Curso de Formación Especializado para Profesores/Formadores:** Implementar un curso de formación robusto que proporcione a los profesores y formadores de FP las habilidades necesarias para enseñar en un entorno digitalizado. Este curso abarcará desde fundamentos básicos hasta técnicas avanzadas, asegurando que los formadores estén preparados para guiar a los estudiantes en la era de la Industria 4.0.
- **Desarrollo de Contenidos Avanzados para un Curso MOOC:** Elaborar contenidos detallados y actualizados para un curso MOOC que se centrará en habilidades digitales y virtualización, esenciales para la empleabilidad. Los contenidos serán diseñados para ser accesibles y atractivos, con el objetivo de maximizar la participación y el aprendizaje de los estudiantes.
- **Programación y Pruebas Exhaustivas del MOOC:** Realizar una programación meticulosa del MOOC, seguida de una fase de pruebas rigurosas para garantizar que la plataforma sea intuitiva, estable y segura. Se buscará la retroalimentación de los usuarios para realizar ajustes y mejoras continuas.
- **Desarrollo y Pruebas de una Aplicación de Tutoría Virtual:** Desarrollar una aplicación avanzada para la tutoría de estudiantes que utilice tecnologías de vanguardia para proporcionar una experiencia de aprendizaje personalizada. La aplicación pasará por varias rondas de pruebas para asegurar su funcionalidad y eficacia en la tutorización de estudiantes en su formación.
- **Eventos de Difusión Internacional:** Organizar eventos en cada país participante para compartir los resultados y aprendizajes del proyecto. Estos eventos serán plataformas para la colaboración internacional, el intercambio de mejores prácticas y la creación de redes entre profesionales de la educación.
- **Evaluación Continua y Mejora del Proyecto:** Establecer un sistema de evaluación continua que permita monitorear el progreso y la efectividad de las actividades. Se utilizarán los datos recopilados para informar decisiones estratégicas y realizar mejoras iterativas en el proyecto.
- **Integración de Nuevas Tecnologías**: Mantener una actitud proactiva hacia la integración de nuevas tecnologías emergentes que puedan mejorar la experiencia de aprendizaje y la eficacia de la formación. Esto incluirá la

exploración de herramientas como la realidad aumentada, la realidad virtual y la inteligencia artificial.

Con este enfoque multifacético y estas actividades bien planificadas, el proyecto K220 está bien posicionado para alcanzar sus objetivos y establecer un nuevo estándar en la formación profesional adaptada a las demandas de la Industria 4.0.

En la Figura 1, podemos visualizar el cronograma temporal propuesto para el proyecto, incorporando las actividades indicadas:

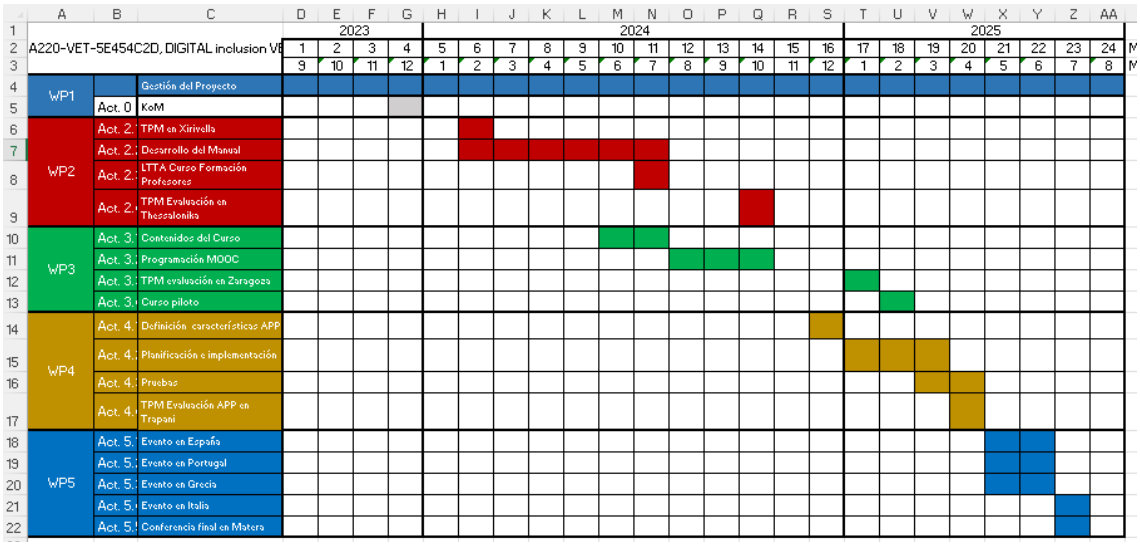


Figura 1. Gantt 2023-1-ES01-KA220-VET-000156671.
• Digital Inclusion VET

La figura proporciona un gráfico tipo Gantt en el que se observa el comienzo y fin previsto del proyecto, así como la división en paquetes, o en WorkPackages a lo largo del periodo de 24 meses establecidos como máxima duración del proyecto.

A su vez, los paquetes de trabajo están distribuidos u organizados en pasos más específicos y, detallados, que se deben de completar antes de comenzar con las subtareas.

Se destaca la reciente actividad ACT.2 dentro del WP2, LTTA en Porto, se trata de una formación entre formadores, donde hemos puesto en común las metodologías que consideramos óptimas para el objetivo principal del proyecto. Pero previo a este paso, se han realizado varias sesiones online de debate sobre la guía del HandBook, para separar el desarrollo del libro digital.

RESULTADOS DEL PROYECTO K220

En el contexto actual del desarrollo del proyecto, es pertinente destacar que el Paquete de Trabajo 1 (WP1) ha sido completado en su totalidad.

Respecto al Paquete de Trabajo 2 (WP2), nos encontramos en la fase final de las actividades correspondientes a junio y las pendientes de julio, las cuales serán evaluadas en nuestro próximo destino, Tesalónica. Se prevé que el manual esté concluido para el 30 de julio y que su traducción a los idiomas español, griego, italiano y portugués, además del inglés, que es el idioma de referencia del proyecto, esté

finalizada a más tardar el 20 de octubre. La evaluación de este componente se llevará a cabo entre los días 22 y 25 de octubre de 2024.

Paralelamente, se da inicio al Paquete de Trabajo 3 (WP3), cuya primera actividad incluye el desarrollo de un curso MOOC enfocado en la formación de habilidades digitales y virtualización para la empleabilidad. Durante estos meses de junio y julio de 2024, se están diseñando las propuestas para los módulos que integrarán el MOOC, los cuales incorporarán enlaces, juegos, videos y cuestionarios finales destinados a evaluar el aprendizaje de los participantes. Al término del curso, se realizará una evaluación final y se otorgarán certificaciones correspondientes.

En las etapas subsiguientes, se anticipa que la implementación de la aplicación Virtual Tutor representará un avance significativo, proporcionando un recurso de apoyo esencial para los estudiantes adultos en su proceso de adquisición de competencias digitales.

CONCLUSIONES

En conclusión, el proyecto ha demostrado ser un éxito rotundo en la integración de la digitalización y la virtualización en la formación profesional. Los pasos meticulosamente planificados y la colaboración estrecha con socios de confianza han resultado en la creación de un Manual innovador para profesores, la capacitación de 18 formadores especializados, y el desarrollo de un curso MOOC que aborda habilidades digitales cruciales para la empleabilidad en el mercado actual.

Es evidente que el esfuerzo conjunto ha culminado en un programa que no solo enseña a los formadores, sino que también prepara a los estudiantes para enfrentar los desafíos de un mundo cada vez más digitalizado. Este proyecto no solo ha alcanzado sus objetivos, sino que ha sentado las bases para futuras iniciativas educativas en el ámbito digital. Además, pretendemos que la difusión y el intercambio de conocimientos y experiencias, ampliando el impacto del proyecto.

Para asegurar que el proyecto continúe evolucionando y manteniéndose al día con las últimas tendencias en digitalización y virtualización, se propone un Plan de reciclaje o renovación que incluiría las siguientes mejoras:

- Actualización Continua del Manual
- Expansión del MOOC: Enriquecimiento del curso MOOC existente con módulos adicionales que cubran nuevas habilidades digitales emergentes y casos de estudio actualizados.
- Mejoras en la Aplicación Virtual Tutor: Desarrollo de funcionalidades avanzadas en la aplicación, como inteligencia artificial para personalizar la tutoría y análisis de datos para mejorar la experiencia de aprendizaje.
- Talleres Interactivos: Organización de talleres más interactivos y prácticos, utilizando realidad aumentada y virtual para simular entornos de trabajo reales.
- Red de Colaboración: Creación de una red de colaboración entre instituciones educativas para compartir recursos y experiencias, fomentando una comunidad de aprendizaje más amplia.

Con estas mejoras, el proyecto no solo se mantendrá relevante, sino que también ampliará su alcance y eficacia, preparando a una mayor cantidad de profesionales para los desafíos del futuro digital.

REFERENCIAS

[1] Boulton-Lewis, G. M. (2010, Feb 08). Taylor & Francis Online. Education and Learning for the Elderly: Why, How, What. Educational Gerontology, 36(3), 213-228. Retrieved from: https://doi.org/10.1080/03601270903182877

[2] Tam, M., & Chui, E. (2015, Aug 26). Ageing and learning: What do they mean to elders themselves? Studies in Continuing Education, 195-212. doi: https://doi.org/10.1080/0158037X.2015.1061492

[3] Bourke, J., & Bourke, D. OLDER WORKERS AND TECHNOLOGY: LEARNING OPPORTUNITY OR LEARNING BARRIER. (2010) ICERI2010 Proceedings (pp. 4095-4101). IATED.

[4] M. Bakaev, V. P. (2008). E-learning and elder people: Barriers and benefits. IEEE Region 8 International Conference on Computational Technologies in Electrical and Electronics Engineering (pp. 110-113). Novosibirsk, Russia: IEEE Xplore. doi:10.1109/SIBIRCON.2008.4602586

[5] Marquie, J., Jourdan-Boddaert, L., & Huet., N. (2002). Do Older Adults Underestimate Their Actual Computer Knowledge. Behaviour and Information Technology, 21, 273–280.

Smart Tracking: Extendiendo las capacidades de seguimiento de Meta Quest

Banquiero, Mariano[(1)], Juan, M. Carmen[(1)]
(1) Instituto Universitario de Automática e Informática Industrial, Universitat Politècnica de València, 46022 Valencia, España.

RESUMEN

En este estudio evaluamos la eficacia de dos métodos de seguimiento de manos en una aplicación de realidad mixta diseñada para la enseñanza del piano. El objetivo es determinar si estas tecnologías de seguimiento pueden mejorar la experiencia de aprendizaje al proporcionar una retroalimentación precisa sobre la ejecución del usuario. Comparamos el método de seguimiento nativo, proporcionado por la API del dispositivo, que denominamos *Raw Tracking*, con nuestro método, llamado *Smart Tracking*, que integra información de las partituras para mejorar el seguimiento. Para ello, diseñamos un experimento con la participación de cinco músicos de variados niveles, quienes interpretaron distintas secuencias de notas utilizando un teclado MIDI conectado a un ordenador, el cual, a su vez, estaba conectado mediante TCP/IP a la aplicación en las gafas de realidad mixta. El programa en el ordenador determina la precisión de cada método de seguimiento comparándolos con la información de referencia obtenida del MIDI. Al comparar los resultados de precisión de ambos métodos, los análisis mostraron diferencias estadísticamente significativas en favor de nuestro método *Smart Tracking*, respaldando la hipótesis de que la integración de información adicional proveniente de la partitura mejora la precisión del seguimiento.

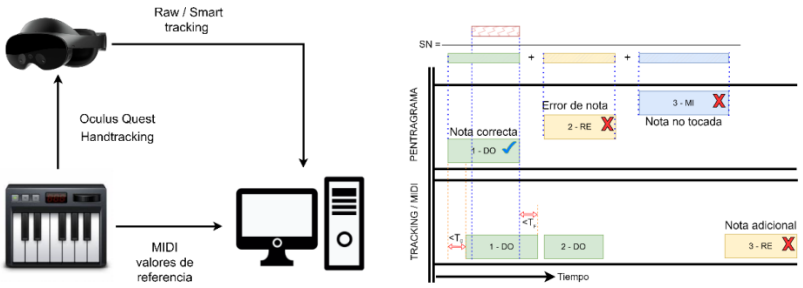
Palabras clave: Realidad Mixta, Realidad Virtual, API de Passthrough, Hand Tracking, Meta Quest, Enseñanza del Piano.

INTRODUCCIÓN

La realidad virtual (RV) y la realidad mixta (RM) han emergido como herramientas prometedoras para la enseñanza del piano. Aplicaciones como Synthesia [1] han popularizado la visualización de notas musicales que caen sobre un teclado virtual, facilitando el aprendizaje autónomo del instrumento. Este enfoque visual se ha trasladado a distintos entornos de RM. Banquiero et al. [2] desarrollaron una aplicación de RM que utiliza la nueva API Passthrough de Meta Quest, para superponer la información virtual directamente sobre el piano real. En su estudio evalúan la eficacia de este método para el aprendizaje del piano y comparan distintos modos de visualización de los elementos aumentados. También existen distintas aplicaciones para los visores de Meta con conceptos similares, como Piano VR [3] y Piano Visión [4]. En este contexto, el *hand tracking* juega un papel fundamental, ya que este tipo de aplicaciones hacen un uso intensivo de esta tecnología para proporcionar retroalimentación en tiempo real al usuario. Esto permite evaluar si el estudiante está presionando las teclas correctas y ofrecer correcciones instantáneas.

OBJETIVOS

En este artículo se pretende evaluar la eficacia del sistema de seguimiento de Meta Quest en comparación con un valor de referencia proporcionado por un teclado MIDI. Con ello, buscamos comprender mejor la aplicabilidad y eficacia de esta tecnología en el ámbito de la enseñanza de piano. Compararemos dos métodos de seguimiento: uno que utiliza *hand tracking* nativo procesando datos brutos (método *Raw tracking*) y otro que integra información adicional derivada de la partitura (método *Smart tracking*). La hipótesis de trabajo es que la incorporación de información adicional proveniente de las partituras contribuirá significativamente a mejorar la eficacia del *hand tracking*. La figura 1a muestra un diagrama del experimento.



(a) (b)

Figura 1: (a) Diseño del Experimento; (b) Cálculo de las medidas.

El estudio se llevará a cabo utilizando nuestra aplicación de RM, desarrollada específicamente para este propósito. Esta plataforma nos permite no solo medir la precisión del seguimiento de manos en un entorno controlado, sino también ajustar y optimizar los algoritmos según sea necesario. Los métodos y conclusiones obtenidos serán relevantes y potencialmente aplicables a otras aplicaciones de RM y RV que buscan mejorar la interacción con el usuario en contextos similares.

METODOLOGÍA

Usaremos un teclado MIDI conectado a un ordenador para registrar las teclas que se presionan. Esta información actuará como conjunto de datos de referencia. Evaluaremos la eficacia de ambos métodos de seguimiento, *Raw tracking* y *Smart tracking*, comparándolos con este conjunto de datos. Para facilitar la comunicación entre dispositivos, estableceremos una conexión TCP/IP entre el ordenador y las gafas Meta Quest. Cuando se toque una tecla, la aplicación de RM en las gafas identificará el evento usando uno de los dos métodos de seguimiento y enviará esta información al ordenador. Paralelamente, el teclado MIDI transmitirá un mensaje al ordenador indicando el momento exacto en que se presiona o se libera una tecla. Se reclutaron cinco participantes con distintos niveles de habilidad musical, quienes ya están familiarizados con la aplicación de RM. Durante las sesiones de prueba, interpretarán 20 secuencias de notas, que incluyen escalas y piezas musicales de niveles básico e intermedio. Se alternarán y equilibrarán las dificultades de las secuencias y se probarán ambos métodos de seguimiento.

MEDIDAS

Datos MIDI: Guarda el registro de cada tecla presionada y liberada, incluyendo el timestamp.

Datos de hand tracking: Guarda el registro de cada tecla virtual que la aplicación de RM estima que el participante presionó y liberó (usando alguno de los dos métodos de seguimiento), también con el *timestamp*.

Nota Correcta (NC): Es una nota que el participante tocó correctamente, tanto en tiempo (dentro de cierto margen de tolerancia) como en tono, respecto al pentagrama.

Error de Nota (EN): Es una nota que el participante tocó en el tiempo correcto (de acuerdo con el pentagrama y dentro de cierto margen de tolerancia), pero tocó la nota equivocada.

Nota No Tocada (NNT): Es una nota que figura en el pentagrama pero que el participante omitió al tocar o bien no se encuentra dentro de los límites de tolerancia de tiempo.

Nota Adicional (NA): Es una nota que el participante tocó pero que no figura en el pentagrama.

La figura 1b muestra un ejemplo de cálculo de estas variables. En el ejemplo, el pentagrama consta de 3 notas. La primera nota coincide dentro de la tolerancia establecida y cuenta como una nota correcta. La segunda, si bien coincide en el tiempo, no coincide en el tono, el pianista toco una nota DO cuando tenía que ser un RE. Esa nota cuenta como un error de nota. La tercera nota del pentagrama, un MI no es tocada por el pianista. Y por último hay una nota que toca el pianista que no figura en pentagrama. Con estas variables además definimos:

$$Exactitud\ (Acc) = \frac{\mathrm{NC}}{\mathrm{NC} + \mathrm{EN} + \mathrm{NNT} + \mathrm{NA}}$$

$$Sincronización\ de\ Notas\ (SN) = \frac{\sum \cap \text{ tiempos de notas apareadas en tono}}{\sum \text{Duración total de notas en el pentagrama}}$$

SN es una métrica continua que mide la superposición temporal entre las notas ejecutadas por el pianista y las notas del pentagrama. Para las notas que se aparean correctamente en tono, se calcula la intersección del tiempo durante el cual ambas notas (la del pentagrama y la del pianista) son sostenidas.

Discrepancia de Exactitud (DAcc): Esta medida refleja la desviación entre la exactitud (Acc) registrada por el sistema de seguimiento (ya sea *Raw* o *Smart*) y la real indicada por el valor de referencia obtenido del MIDI. Se calcula tomando el valor absoluto de la diferencia entre ambos valores. Esta medida refleja el error en la estimación de la exactitud del sistema de seguimiento, independientemente de si la desviación fue por exceso o por defecto.

Discrepancia de Sincronización de Notas (DSN): equivalente al anterior, pero con la variable sincronización de notas (SN).

Es esencial aclarar que no estamos evaluando directamente la habilidad del pianista en términos de exactitud o ritmo. Nuestro foco está en medir el error o discrepancia en la estimación de dicha habilidad al emplear diferentes métodos de seguimiento, en comparación con el valor de referencia proporcionado por el MIDI.

PROTOCOLO

1. Asignación del Método de Seguimiento Inicial:

Los participantes son asignados a un método de seguimiento basado en un criterio par-impar:

- Participantes con números pares inician con el método *Raw*.
- Participantes con números impares inician con el método *Smart*.

2. Ejecución de la Secuencia:

El participante interpreta una secuencia utilizando el método de seguimiento asignado. El sistema en el ordenador registra simultáneamente:

- Las teclas presionadas en el teclado MIDI.
- Las teclas detectadas por el método de seguimiento seleccionado.
- El sonido se produce en función al sistema de seguimiento.

3. Cambio de Método y Procedimiento Repetitivo:

Una vez finalizada la secuencia, el participante cambia al método opuesto de seguimiento para la siguiente secuencia. Este proceso se repite hasta que se hayan completado todas las secuencias.

4. Detalles de las Secuencias:

Cada participante interpretará un total de 20 secuencias. Un total de 10 secuencias serán ejecutadas con el método *Raw* y 10 con el método *Smart*. Las secuencias tienen una duración que varía entre 30 y 180 segundos. Se ha cuidado que las secuencias estén equilibradas tanto en dificultad como en duración para ambos métodos de seguimiento.

RESULTADOS

Una vez recopilados todos los datos, iniciamos un proceso de emparajamiento con el objetivo de alinear las notas obtenidas de las interpretaciones registradas, ya sea mediante el teclado MIDI o a través de los métodos de seguimiento (*Raw* o *Smart*), con las notas que figuran en el pentagrama. Este proceso permite determinar las NC, EN, NNT y NA que se toman como base para el cálculo del resto de las variables. Luego se calculan las variables de discrepancia DAcc y DSN asociadas a cada uno de los métodos de seguimiento (*Raw* o *Smart*). Se realizó una prueba de Shapiro-Wilk para verificar la normalidad de los datos. Dado que los resultados no fueron concluyentes ($p = 0.049$) y, basándonos en la inspección visual del histograma, optamos por utilizar pruebas no paramétricas. Utilizamos la prueba de Wilcoxon para datos pareados para evaluar si existen diferencias significativas para la variable Acc entre el método *Raw* y el valor de referencia proporcionado por el teclado MIDI. Los resultados se muestran en la tabla 1 (primera fila). Similarmente, aplicamos la prueba de Wilcoxon para datos pareados para determinar si hay diferencias significativas para la variable Acc entre el

método *Smart* y el valor de referencia. Los resultados se muestran en la tabla 1 (segunda fila).

Tabla 1: Test de Wilcoxon para la exactitud obtenida utilizando MIDI (Acc Real) y el seguimiento (Acc Estimada).

	Acc Real Mediana;IQR	**Acc Estimada** Mediana;IQR	***W***	***Z***	***p***	***r***
Raw Tracking	65.3;30.5	47.9;27.0	733	3.139	**<0.0001**	0.479
Smart Tracking	65.6;29.0	73.5;31.0	37	4.341	**0.0003**	0.756

Estos análisis indican que existen diferencias estadísticamente significativas en los resultados obtenidos con ambos métodos de seguimiento en comparación con el valor de referencia. Sin embargo, como se puede observar en la Figura 2, el método *Raw* presenta un rango de discrepancia (límites de acuerdo) mucho mayor.

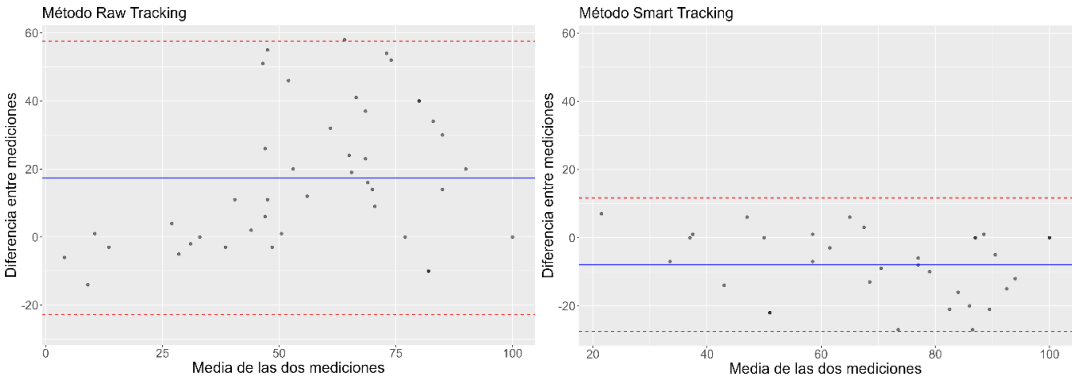


Figura 2: Gráficos de Bland-Altman para los dos métodos de seguimiento comparados con el valor de referencia MIDI.

Para determinar si el método de seguimiento *Smart* presenta una menor discrepancia en comparación con el método *Raw*, aplicamos la prueba Mann-Whitney U comparando las variables DAcc de ambos métodos. Los detalles de los resultados se presentan en la Tabla 2 (primera fila).

Tabla 2: Prueba de Mann-Whitney U.

	Raw Tracking mediana;IQR	**Smart Tracking** mediana;IQR	***U***	***Z***	***p***	***r***
DAcc	14;33	7;14	1422.5	7.472	**0.007**	0.857
DSN	9;13.5	10;9	1758.0	10.988	0.284	1.260

Los análisis indican que hubo una diferencia estadísticamente significativa en la DAcc obtenida en favor al método de Smart Tracking. Se llevó a cabo una comparación de la variable DSN usando una prueba de Mann-Whitney U de dos colas, cuyos resultados se pueden observar en la segunda fila de la Tabla 2. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre ambos métodos de seguimiento. Es importante destacar que *Smart Tracking* ajusta automáticamente los inicios y finales de las notas para alinearlos con la partitura, en caso de que estime que el error sea más probablemente originado por el seguimiento. Esto provoca que tenga una sensibilidad

limitada para capturar la sincronización real, tendiendo a sobrestimarla en las notas correctas. Esto sugiere que, incluso con la sobrestimación por parte del *Smart Tracking*, su desempeño no difiere notablemente del método *Raw*.

CONCLUSIONES

Se evaluó la eficacia de dos métodos de seguimiento: *Raw* y *Smart*, en relación con un valor de referencia proporcionado por el teclado MIDI. Ambos métodos mostraron diferencias significativas respecto al valor de referencia, lo cual está en línea con los resultados de Abdlkarim et al. [5], quienes reportaron para las Meta Quest 2 un error promedio de seguimiento en la posición de 1.1 cm (similar al tamaño de una tecla de teclado MIDI). Sin embargo, el método *Smart* presentó consistentemente un error menor en comparación con el método *Raw* al evaluar la exactitud en la interpretación. No se observaron diferencias significativas entre ambos métodos al evaluar la sincronización. Estos resultados respaldan la hipótesis que la incorporación de información adicional de la partitura en el método *Smart* potencia su capacidad de seguimiento en comparación con el enfoque *Raw*.

REFERENCIAS

[1] Synthesia. <https://synthesiagame.com> [Consulta: 7 de junio de 2024]

[2] Banquiero, Mariano; Valdeolivas, Gracia; Trincado, Sergio; García, Natasha; Juan, M.-Carmen (2023). "Passthrough Mixed Reality With Oculus Quest 2: A Case Study on Learning Piano". *IEEE MultiMedia*, vol. 30, No.2, pp. 60-69. Doi: 10.1109/MMUL.2022.3232892

[3] Piano VR. <https://www.meta.com/es-es/experiences/piano-vr/3907485762605933> [Consulta: 7 de junio de 2024]

[4] Piano Vision.<https://www.pianovision.com> [Consulta: 7 de junio de 2024]

[5] Abdlkarim, Diar; Di Luca, Massimiliano; Aves, Poppy; Maaroufi, Mohamed; Yeo, Sang-Hoon; Miall, R. Chris; Holland, Peter; Galea, Joeseph M. (2024). "A methodological framework to assess the accuracy of virtual reality hand-tracking systems: A case study with the Meta Quest 2". *Behavior Research Methods*, vol. 56, pp.1052-1063. Doi: 10.3758/s13428-022-02051-8

Importancia de captar las temperaturas de los circuitos de refrigeración de los moldes

Gámez Martinez, Juan Luis(1)
(1) Departamento de ingeniería gráfica, Universidad politécnica de Valencia, jgamez@dig.upv.es

RESUMEN

El proceso de inyección de termoplásticos es el proceso de transformación de plásticos más empleado en la actualidad debido a la gran cantidad de formas que es posible modelar con repetitividad y precisión. El proceso de inyección es caprichoso y depende de numerosas variables, y la evolución tecnológica de las máquinas es constante y prácticamente se controlan gran cantidad de estas variables del proceso, no obstante, no se puede decir lo mismo de los moldes de inyección donde solo un 0,3 % de los moldes llevan integrado un sistema de captación de temperaturas de molde.

Con este trabajo queremos despertar la necesidad de la captación de los datos de temperatura que nos ofrece los circuitos de refrigeración a la salida del molde así como la temperatura en zonas críticas del molde y plantear posibles usos que se le pueden dar a estos datos ya que bien tratados, pueden suponer una fuente de información que nos ayude a predecir futuras piezas defectuosas o averías de los moldes.

Palabras clave: Inyección de plásticos, temperatura del molde, averías de molde, temperatura del material del material. Control de la temperatura del molde.

INTRODUCCIÓN

La refrigeración en los moldes de inyección se realiza a través de la absorción por parte de los líquidos refrigerantes (habitualmente es agua) del calor generado por el propio proceso, estos líquidos refrigerantes pasan a través de unos circuitos realizados en el interior del propio molde de inyección. En la imagen inferior [1] se puede observar el mecanismo de la transferencia de calor que se da en un molde de inyección, en el cual existen diversos factores que pueden modificar la temperatura en el interior del molde, uno de estos factores es precisamente la temperatura de los líquidos de refrigeración que pasan a través del molde. En la imagen [2] se puede ver parte de un molde de inyección con las mangueras que canalizan el agua al interior del molde.

Hay que señalar que hay dos variables del proceso de inyección que tienen una influencia sustancial en el comportamiento del polímero, una es la temperatura del fundido y la otra la temperatura del molde [3].

Concretamente la temperatura de los núcleos y cavidades del molde está relacionada con la temperatura del fluido que pasa a través de los canales de refrigeración mecanizados en el interior del molde.

Por ejemplo, en polímeros amorfos como el ABS y policarbonato, temperaturas más altas del molde producen niveles más bajos de tensión moldeada y, en consecuencia, mejor resistencia al impacto, resistencia a las grietas por tensión y

rendimiento ante la fatiga, la temperatura del molde influye directamente sobre el grado de cristalinidad del plástico al enfriar.

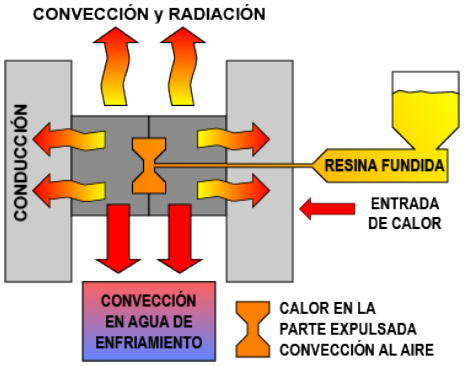


Figura 1. Comportamiento térmico en el molde de inyección [1].

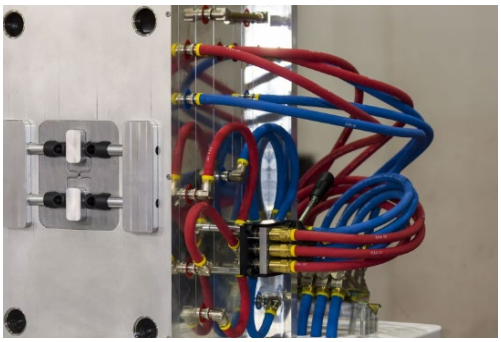


Figura 2. Parte de un molde con las mangueras de suministro de agua a los circuitos internos [2].

Es interesante el estudio efectuado por Patrick Zendaya [4] sobre los cambios dados en la cristalinidad de unos engranajes inyectados con HDPE que se producen al modificar la temperatura del molde, en este estudio se observó que el desgaste y las fallas de los dientes de los engranajes dependían de la temperatura del molde empleada durante el proceso de fabricación. Los engranajes producidos a 65 °C mostraron una mejor resistencia al desgaste de la superficie del diente con cargas más bajas (0,5 Nm y 1 Nm) en comparación con los producidos a 22 °C, mientras que los engranajes producidos a temperaturas de molde más bajas mostraron una mejor resistencia al desgaste para cargas más altas.

En otro estudio realizado por Kuo, Chil-Chyuan [5] donde estudian las ventajas de utilizar canales de refrigeración conformados con respecto a los canales habituales rectos, es necesario captar la temperatura de la refrigeración de los moldes para poner de manifiesto las diferencias de temperatura entre los circuitos del núcleo y los circuitos de la cavidad, garantizando así la calidad de las piezas en cuanto al alabeo.

En los estudios realizados por Rashid O. [6] donde controlando la temperatura de la refrigeración del molde reducen los tiempos de ciclo y consecuentemente el consumo energético en el proceso de inyección, así como reducción de emisiones de CO2, también se observa de nuevo la necesidad de capturar las temperaturas de la refrigeración de los moldes.

OBJETIVO

El objetivo del siguiente trabajo es en primer lugar mostrar las posibilidades que ofrece una captura en tiempo real de las temperaturas de la refrigeración del molde de inyección mostrando señales de eventos relacionados con el transporte del líquido refrigerante y que se pueden predecir una avería del molde de inyección o la aparición de piezas defectuosas. En un segundo lugar también queremos mostrar la relación que existe entre la temperatura del molde y las averías del propio molde de inyección, partiendo del principio básico de que muchas de las averías se dan por fricciones entre los elementos del molde y esto a su vez supone un aumento de la temperatura en las

superficies en contacto y que por la transferencia de calor este calor se transmite a superficies adyacentes.

En numerosos artículos a parte de los comentados anteriormente relacionan la calidad de la pieza y la temperatura del molde y esta temperatura del molde es el resultado del balance térmico entre el calor que aporta la masa fundida al entra al molde y el sistema de refrigeración este balance térmico viene dado por la expresión:

$$C_p \cdot m\ (T_i - T_e) = \theta \cdot t_c \cdot \varphi_r \cdot C_r(T_{out} - T_{in})$$

Donde:

C_p: Calor especifico del plástico

m: es la masa

$T_i - T_e$: Diferencia de temperatura entre la temperatura del fundido y la temperatura de expulsión.

θ: Caudal del refrigerante

t_c:Tiempo del ciclo de inyección asociado a la estancia del plástico del molde.

φ_r: Densidad del refrigerante

C_r: Calor específico del refrigerante.

$T_{out} - T_{in}$: Diferencia de temperatura entre la temperatura de salida y entrad del refrigerante.

Queda clara pues la necesidad de capturar las temperaturas en el sistema de refrigeración para asegurar una estabilidad en las producciones de piezas plásticas inyectadas, habitualmente las temperaturas en el sistema de refrigeración se pueden visualizar a través de los caudalímetros que hay en las máquinas de inyección los cuales disponen de un termómetro que ofrece la temperatura del agua, pero esta temperatura es inexacta y se desvía de la realidad dependiendo de la situación del entorno donde se encuentre la manguera que suministra el agua al molde, por otro lado no se dispone de una toma de datos la cual nos ayude a entender el proceso mejor.

En el caso que nos lleva se ha empleado un dispositivo que capta la temperatura del líquido refrigerante nada más salir del molde por lo que la temperatura del entorno prácticamente no afecta al resultado de la lectura. Este dispositivo es de la firma Gmold [7] y ofrece la posibilidad de captar la temperatura de ocho zonas distintas y posteriormente disponer de los datos obtenidos a través de una página web incluso recibir avisos al móvil de desviaciones de la temperatura para asegurar un proceso estable, emite los datos vía wifi lo cual nos permite tener un control en tiempo real de las temperaturas en el molde, y estudiar la estabilidad del proceso a través de un SCP (control estadístico del proceso).



Figura 3. Caudalímetro convencional para máquina de inyección wittmann serie 301.



Figura 4. Gmold counter contador inteligente, y captura datos de las temperaturas y los envía vía wifi [7].

RESULTADOS

En este apartado se van a mostrar un caso real donde gracias a la toma de datos en tiempo real de las temperaturas se ha detectado la avería de un molde que se podría haber evitado previamente de haber dispuesto de algún sistema de aviso.

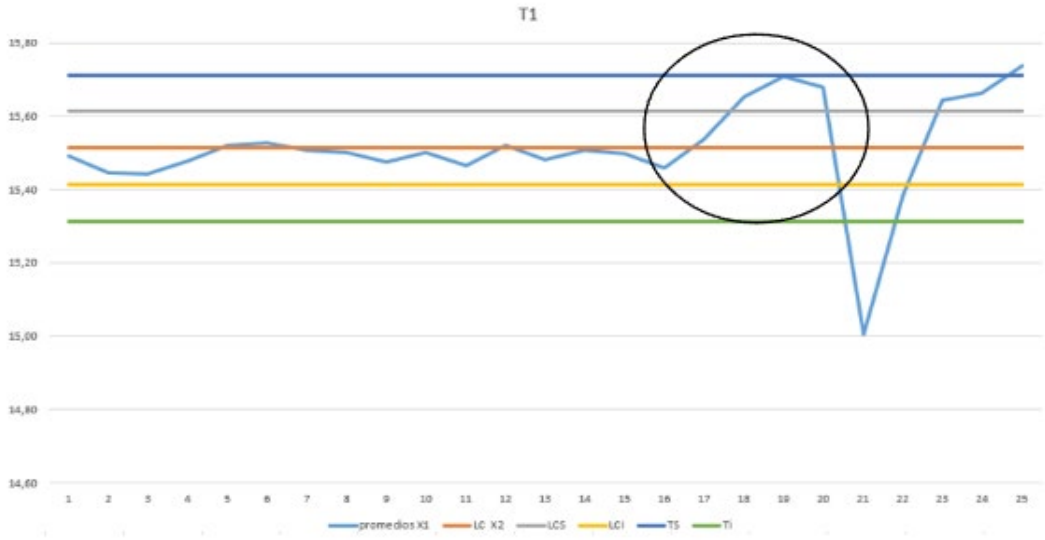
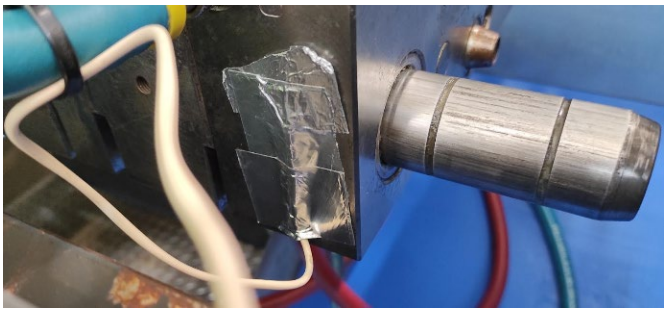


Figura 5. Gráfico de control de temperatura de molde.

En esta figura SCP del proceso donde se captan las temperaturas superficiales justo en la esquina del molde próximo a una columna guía de la parte móvil, donde tras un periodo largo de estabilidad, se puede ver un ligero aumento de 0,2 grados y acto seguido, se gripa la *columna guía* cercana al termopar, después hay un descenso de temperatura inmediato al dejar de trabajar el molde por la avería.

La imagen siguiente corresponde a la posición del termopar y guía del molde con muestras de la avería.



A través de la información que se ha capturado de diversos moldes en diversas empresas se han podido detectar las siguientes anomalías que son bastantes recurrentes en el proceso de inyección:

- Rotura de los equipos generales de refrigeración.
- Al operario se lo olvidó conectar el atemperador.
- Rotura de una boquilla de conexión del sistema de refrigeración
- Pérdida de agua de un circuito de refrigeración.
- Avería del molde por gripado de un elemento.

Cabe destacar que a través de la información de que se dispone, en ninguno de los casos estudiados existe una relación directa entre la temperatura ambiente alrededor del molde y la propia temperatura del circuito de refrigeración.

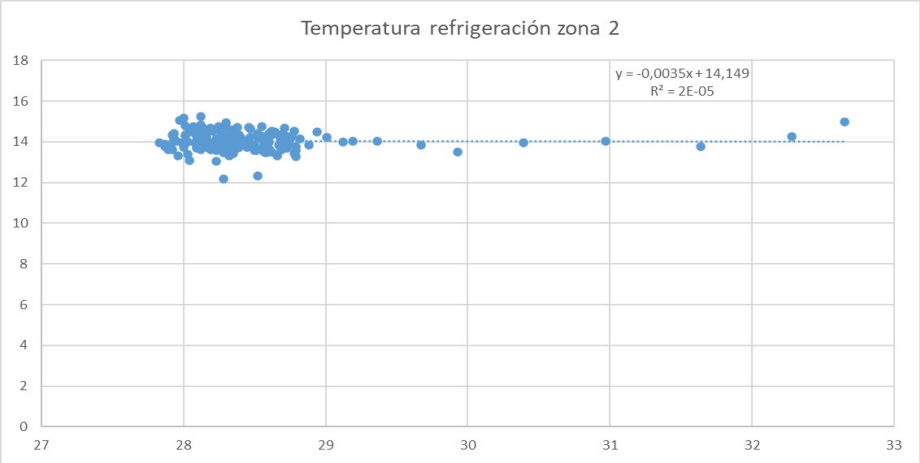


Figura 6. Relación entre la temperatura de refrigeración y temperatura ambiente alrededor del molde. Los datos se han obtenido de un molde de la empresa Plasticos Riber, El eje vertical corresponde a la temperatura del agua de refrigeración mientras que el eje horizontal muestra los datos de la temperatura ambiente alrededor del molde.

En otra empresa donde se han tomado las temperaturas a otro molde los resultados son muy similares, pero en este caso la temperatura de planta sí que estaba controlada.

CONCLUSIONES

A la vista está que las condiciones del proceso de inyección de termoplásticos influyen directamente sobre la calidad de la pieza, pero a parte de la calidad de la pieza, hay otras situaciones nada deseables en el sector de la inyección, por el bien del molde, por la reducción de piezas defectuosas, por la reducción de tiempos de máquina parada, estas situaciones hay que detectarlas con antelación para evitarlas.

La monitorización en tiempo real de la temperatura de los circuitos de refrigeración del molde, así como la temperatura en zonas críticas del molde, nos ayuda a detectar estas situaciones indeseables para el inyectador ayudando a reducir tiempos de máquina parada, averías de molde, piezas defectuosas, fugas de agua, detección de mal funcionamiento de equipos de refrigeración, etc.

Hay una relación la cual aún no tenemos del todo conseguida y es la relación que existe entre la temperatura de la refrigeración y la superficie de la pieza, se está investigando al respecto y esta será la forma definitiva de poder obtener de forma indirecta de la temperatura real de las superficies del molde tanto la cavidad como el núcleo.

REFERENCIAS

[1] SmartFlow, El enfriamiento del molde de inyección puede ser del 70% al 80% del tiempo de ciclo [online] https://www.smartflow-usa.com

[2] bestployov.best. Cooling Lines in Injection Molding Cooling Injection Molds Fictiv [online] https://bestployov.best/product_details/11548704.html.

[3] Speke, M. The importance of melt and mold temperature [online] Plastics Technology (Accessed 17 February 2019) https://www.ptonline.com

[4] Zengeya, Patrick; Mao, Ken (2023). "The effects of cooling rate (mould temperature) on HDPE gears produced through injection moulding". Wear, Volume 530-531, Article number 205000,12. http://dx.doi.org/10.1016/j.wear.2023.205000

[5] Kuo, Chil-Chyuan; Xu, Yu-Xin (2022). "A simple method of improving warpage and cooling time of injection molded parts simultaneously". International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Volume 122, Issue 2, Pages 619 - 637 http://dx.doi.org/10.1007/s00170-022-09925-3

[6] Rashid O., Low K.W.Q. (2020). "Mold cooling in thermoplastics injection molding: Effectiveness and energy efficiency ". Journal of Cleaner Production, Volume 264, 10 August 2020, Article number 121375. http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121375

[7] Gmold, Relación de la temperatura del molde con el tamaño de la pieza [online] https://www.mantenimientomoldeinyeccion.com/

Análisis de la percepción de sabores en productos procesados. Influencia de la descripción y de la marca

Juárez-Varón, David[(1)], Danielov Panovski, Ivo[(2)], Juárez-Varón, Manuel Ángel[(3)], Mengual-Recuerda, Ana[(4)]

(1) Departamento de Ingeniería Mecánica y Materiales. Universitat Politècnica de València. djuarez@upv.es

(2) Grado en Ingeniería Química. Neurodesign Generación Espontánea. Universitat Politècnica de València. idpanovs@epsa.upv.es

(3) MaCom Research Lab. Universitat Politècnica de València. manuel@macom.upv.es

(4) Dpto. de Organización de Empresas. Universitat Politècnica de València. anmenre1@upv.es

RESUMEN

Este trabajo trata de analizar las percepciones de sabor, por parte de los usuarios, para productos de alimentación y bebidas. El primer trabajo, basado en alimentación, analiza las percepciones de sabor de los usuarios cuando prueban productos procesados equivalentes de marca líder y blanca, cuando no saben las marcas y cuando conocen las marcas. Para ello, se ha llevado a cabo una cata a ciegas de producto y después una cata con conocimiento del producto e incluso de la marca (3 fases). En el segundo trabajo, basado en bebidas procesadas, se analiza las percepciones de sabor de bebidas sin gas, a temperatura ambiente y frías, cuando no conocen qué van a probar. Los resultados ofrecen información interesante acerca de la influencia de la información en la percepción del sabor de alimentos y bebidas.

Palabras clave: alimentación, bebida, percepción, sabor, marca, cata a ciegas

INTRODUCCIÓN

Las percepciones de sabor son fundamentales para la experiencia alimentaria y están determinadas por una combinación de factores sensoriales y psicológicos [1]. Esta introducción explora las investigaciones actuales sobre cómo se perciben y comprenden los sabores en los alimentos. Los elementos que influyen en la percepción del sabor en los alimentos y las bebidas están basados en factores fisiológicos, el aroma, la textura, la influencia cultural y la propia genética y preferencia del sabor [2].

Los factores fisiológicos se centran en la composición química (estudia cómo diferentes compuestos, como azúcares, ácidos, sales y aminoácidos, contribuyen a los sabores básicos: dulce, salado, ácido, amargo y umami) y en los receptores del gusto (variedades específicas de receptores que responden a estos compuestos, influenciando la percepción de sabor). El papel del aroma se apoya en 2 aspectos clave: por un lado, el olfato retronasal, destacando la importancia del aroma en la percepción del sabor, con estudios que muestran cómo los aromas percibidos internamente durante la masticación influyen en la experiencia sensorial; y la interacción aroma-sabor,

centrado en la sinergia entre el gusto y el aroma, pues se ha demostrado crucial para la percepción completa del sabor [3]. Respecto a los efectos de la textura, la investigación ha mostrado que la textura puede alterar la percepción de intensidad y aceptación del sabor, con estudios que analizan la viscosidad, la crocancia y la cremosidad. Por otro lado, la textura también interactúa con el gusto, afectando la liberación de compuestos y la percepción temporal del sabor [4].
Existen influencias basadas en variaciones culturales, donde las preferencias de sabor varían ampliamente entre culturas, influidas por hábitos alimentarios, prácticas culinarias y tradiciones; e influencias basadas en el entorno de consumo, donde las investigaciones han mostrado cómo el entorno físico y social donde se consume el alimento puede modificar las percepciones de sabor [5]. La genética también influye en la preferencia de sabor, pues estudios genéticos han identificado variaciones en la sensibilidad al gusto, como el amargor, que afectan las preferencias alimentarias a nivel individual, pero también hay predisposición genética para una interacción con la experiencia y el aprendizaje en la formación de las preferencias de sabor [6]. Por ello, la percepción del sabor es una experiencia compleja influenciada por múltiples factores interrelacionados y los avances en la comprensión de los componentes químicos, el papel del aroma, la textura, las influencias culturales y la genética están ampliando nuestra comprensión del sabor y su impacto en la elección de alimentos [7].

A continuación, se expone los objetivos y los resultados previstos con esta iniciativa. Posteriormente, se ofrece un resumen junto con las conclusiones del proyecto.

OBJETIVOS

El objetivo general de este trabajo es analizar las percepciones de sabor, por parte de los usuarios, cuando prueban productos equivalentes de marca líder y blanca, para productos de alimentación y bebidas, cuando no saben las marcas y cuando conocen las marcas.

De esta forma, se persiguen los siguientes objetivos específicos (OE):

OE1. Analizar las percepciones de sabor de los usuarios cuando prueban productos equivalentes de marca líder y blanca, cuando no saben las marcas y cuando conocen las marcas.

La idea principal es exponer a un conjunto de 20 usuarios ante una cata a ciegas de 2 productos equivalentes (marca líder y marca blanca), para que traten de identificar sabores y preferencias. A continuación, se les ofrece otros 2 alimentos equivalentes, indicando los sabores, y han de tratar de identificar el alimento que lo contiene. Finalmente, a un tercer se les ofrece 2 alimentos equivalentes, se les indica las marcas, pero no a cuál pertenecen y se les pide tratar de identificar sabores, asociar marca y elegir predilección.

OE2. Analizar las percepciones de sabor de los usuarios cuando prueban bebidas artificiales sin gas, cuando no conocen el sabor, ni la marca.

La idea principal es exponer a un conjunto de 20 usuarios ante una cata a ciegas de 4 bebidas artificiales, sin gas, de una marca blanca, para que traten de identificar sabores y preferencias. En una primera fase, tratarán de identificar el sabor a partir del olor (sin ver la bebida). En una segunda fase, podrán ver la bebida y probarla a temperatura

ambiente. En una tercera fase, podrán probar la bebida fría. En las 3 fases se les pregunta por la percepción de sabor.

RESULTADOS

Percepciones de sabor en alimentos procesados

Este primer trabajo está centrado en bombones de la marca Nestlé, referencia Caja Roja 200 gramos y bombones de la marca Mercadona, referencia La Boutique del Praliné. Para la elección de productos equivalentes, se han elegido bombones de formas y sabores similares, siendo las referencias escogidas las que se indican en la tabla 1:

Tabla 1. Referencias seleccionadas para los alimentos de marca líder y marca blanca.

FORMA	MARCA	DESCRIPCIÓN
RECTÁNGULO	Nestlé	Chocolate con leche relleno de trocitos de cereal
	Mercadona	Chocolate con leche relleno de trufa
CORAZÓN	Nestlé	Chocolate con leche relleno de praliné de avellana
	Mercadona	Chocolate con leche relleno de gianduja y avellana
CONO	Nestlé	Chocolate negro relleno de trufa y trozos de barquillo
	Mercadona	Chocolate negro relleno de trozos de barquillo

En la fase 1 se ha llevado a cabo una cata a ciegas, en la que los usuarios no sabían qué alimento probaban, ni la marca. Se les pregunta la percepción de sabor. Las respuestas más habituales se indican en la tabla 1:

Tabla 2. Cata a ciegas**.** Respuestas de los usuarios sobre la percepción de sabor.

FORMA	MARCA	PERCEPCIÓN DE SABOR
RECTÁNGULO	Nestlé	Chocolate con leche relleno de tropezones
		Chocolate con leche relleno de arroz inflado
	Mercadona	Chocolate con leche relleno de tiramisú
		Chocolate con leche relleno de fondant

Respecto a la predilección de sabor, el grupo se decanta por el bombón marca Mercadona, referencia La Boutique del Praliné.

En la fase 2 se ha llevado a cabo una cata a ciegas, en la que los usuarios sabían qué sabores probaban, pero no sabían cuál era cada uno de ellos, ni la marca. Se les pide que traten de identificar cada sabor descrito a qué alimento corresponde. Las respuestas más habituales se indican en la tabla 3:

Tabla 3. Cata a ciegas conociendo los sabores**.** Respuestas de los usuarios sobre la percepción de sabor.

FORMA	MARCA	PERCEPCIÓN DE SABOR
CORAZÓN	Nestlé	No saben identificar el sabor
	Mercadona	No saben identificar el sabor
		Menos empalagoso. Mejor textura

Respecto a la predilección de sabor, el grupo se decanta por el bombón marca Mercadona, referencia La Boutique del Praliné.

En la fase 3 se ha llevado a cabo una cata a ciegas, en la que los usuarios sabían qué sabores probaban, pero no sabían cuál era cada uno de ellos, ni la marca. Se les pide que traten de identificar cada sabor descrito a qué alimento corresponde. Las respuestas más habituales se indican en la tabla 4:

Tabla 4. Cata a ciegas conociendo las marcas**.** Respuestas de los usuarios sobre la percepción de sabor.

FORMA	MARCA	PERCEPCIÓN DE SABOR
CONO	Nestlé	Chocolate intenso con naranja
		Chocolate puro negro 70% con barquillo o cereales
		Asociado a Nestlé (50%) y a Boutique (50%)
	Mercadona	Chocolate negro con trocitos de barquillo
		Chocolate puro con trocitos de cereales
		Asociado a Nestlé (50%) y a Boutique (50%)

Respecto a la predilección de sabor, el 100% de los usuarios se decanta por el bombón marca Nestlé, referencia Caja Roja 200 gramos.

Percepciones de sabor en bebidas procesadas

Este segundo trabajo está centrado en bebidas artificiales sin gas de la marca Hacendado (Mercadona), referencias Piña y Coco (color verde), Sandía (color rojo), Fusión de Frutas (color azul) y Caribe (color naranja). El objetivo es determinar la influencia del olor en la proyección de sabor, así como la influencia de la temperatura y del color.

En la fase 1 se ha llevado a cabo una cata de olores, a ciegas, en la que los usuarios no veían la bebida y sólo olían el producto. Se les pregunta la proyección de sabor. Las respuestas más habituales se indican en la tabla 5:

Tabla 5. Cata de olor a ciegas**.** Respuestas de los usuarios sobre la proyección de sabor.

Piña y Coco	Sandía	Fusión de Frutas	Caribe
Piña, mango y uva	Sandía	Arándanos, frambuesa y fresa	Naranja y mango
Piña	Fresa y Sandía	Frutos dulces	Naranja y melocotón
	Chicle Sandía	Frutos del bosque	Mango
	Chicle Sandía y Fresa	Arándano y Kiwi	
	Melón y Sandía	Frutos silvestres	

En la fase 2 se ha llevado a cabo una cata de sabores, a ciegas, en la que los usuarios no veían la bebida y probaban el producto, que estaba a temperatura ambiente. Se les pregunta la percepción de sabor. Las respuestas más habituales se indican en la tabla 6:

Tabla 6. Cata de sabor a ciegas a temperatura ambiente**.** Respuestas de los usuarios sobre la percepción de sabor.

Piña y Coco	Sandía	Fusión de Frutas	Caribe
Piña, mango y uva	Sandía	Arándanos, frambuesa y fresa	Naranja y mango
Piña dulce	Sandía dulce	Arándanos dulces	Naranja dulce
Piña tipo bifrutas	Gatorade Sandía	Frutos del bosque	Mango
Piña y coco	Sandía y fresa	Arándanos y kiwi	
	Sandía ácida	Grosella y kiwi	

En la fase 3 se ha llevado a cabo una cata de sabores, vista, en la que los usuarios probaban el producto, que estaba frío. Se les pregunta la percepción de sabor. Las respuestas más habituales se indican en la tabla 7:

Tabla 7. Cata de sabor vista a temperatura fría**.** Respuestas de los usuarios sobre la percepción de sabor.

Piña y Coco	Sandía	Fusión de Frutas	Caribe
Piña, mango y uva	Sandía	Arándanos, frambuesa y fresa	Naranja y mango
Piña	Fresa dulce	Arándanos	Naranja
Piña y coco	Gatorade de sandía dulce	Gatorade normal	Naranja, mango, tropical dulce
	Piruleta de sandía	Arándanos, kiwi y frutos rojos	
	Sanía dulce	Limonada, grosella, kiwi y frutos rojos	

CONCLUSIONES

Las percepciones de sabor son fundamentales para la experiencia alimentaria y están determinadas por una combinación de factores sensoriales y psicológicos. En la percepción de sabores de los alimentos procesados, el usuario tiene problemas de identificar los sabores, si no le dicen previamente qué composición tiene. Al conocer la marca, el cambio en la percepción del producto se altera, vinculando una percepción de mejor sabor a la marca líder.

Respecto a la percepción de sabor en bebidas procesadas, el olfato ha generado expectativas de sabor muy dispares, pero la mayoría tenían parcialmente algún vínculo con el sabor diseñado. Cuando han probado el producto a temperatura ambiente y a temperatura fría, parte de las percepciones se han cumplido y los sabores percibidos han sido modificados ligeramente.

Los elementos que influyen en la percepción del sabor en los alimentos y las bebidas están basados en factores fisiológicos, el aroma, la textura, la influencia cultural y la propia genética y preferencia del sabor. En futuras Investigaciones, el desarrollo de nuevas tecnologías para analizar y modificar sabores, así como la interacción multisensorial permitirán mayor exploración de cómo otros sentidos, como la vista y el oído, afectan la percepción del sabor. La investigación del sabor tiene una naturaleza interdisciplinaria, con implicaciones para la industria alimentaria, la salud pública y la gastronomía.

REFERENCIAS

[1] Green, B.G. FLAVOR PERCEPTION IN COLD FOODS. in Penn State Ice Cream Centennial Conference. 1992. University Park, Pa.

[2] Chen, Y., Y. Liu, and X. Feng, Food Perception: Taste, Smell and Flavour. Foods, 2023. 12(19).

[3] Guichard, E., et al., Flavour: from food to perception. Flavour: from food to perception, ed. E. Guichard, et al. 2017. xvii + 400 pp.-xvii + 400 pp.

[4] Jensen, M., et al., Seasoned food product, e.g. seasoned ready to eat popcorn product, for flavor delivery, contains food product having first perceived taste impact, and portion of seasoning for flavoring food product. 2019, Jensen M; Smith G; Fear S; Schilmoeller L; Johnson C.

[5] Nguyen, P., M. Morrin, and M.G. Bublitz, Flavor halos andconsumer perceptions offood healthfulness. European Journal of Marketing, 2019. 53(4): p. 685-707.

[6] Blake, A.A., Flavour perception and the learning of food preferences. Flavor perception, ed. A.J. Taylor and D.D. Roberts. 2004. 172-202.

[7] Spence, C., Multisensory flavour perception. Flavour: From Food to Perception, ed. E. Guichard, et al. 2017. 373-394.

Análisis del impacto emocional de la creatividad basada en inteligencia artificial generativa versus creatividad humana. Un estudio de neuromarketing

Juárez-Varón, David[(1)], Sisternas-Montoya, Héctor[(2)], Serna-Zuluaga, Juan Camilo[(3)], Mengual-Recuerda, Ana[(4)]

(1) Departamento de Ingeniería Mecánica y Materiales. Universitat Politècnica de València. djuarez@upv.es

(2) Doctorando. Universitat Politècnica de València. hecsismo@alumni.upv.es

(3) Doctorando. Universitat Politècnica de València. jcserzu2@upv.es

(4) Dpto. de Organización de Empresas. Universitat Politècnica de València. Anmenre1@upv.es

RESUMEN

Este trabajo analiza el impacto emocional registrado por usuarios que han visualizado piezas publicitarias generadas mediante creatividad humana (originales) y sus equivalentes generados mediante inteligencia artificial generativa, empleando herramientas de neuromarketing como seguimiento ocular (eye tracking) y reconocimiento facial (facial coding). Las piezas publicitarias generadas mediante inteligencia artificial han sido llevadas a cabo mediante la aplicación Midjourney. Los usuarios han sido expuestos a piezas publicitarias proyectadas al azar y se ha registrado sus niveles emocionales empleando facial coding a través de webcam y eye tracking de sobremesa. Los resultados indican que la inteligencia artificial generativa puede llegar a alcanzar, y superar a nivel emocional, las creatividades generadas mediante herramientas digitales tradicionales, en base al nivel de detalle destinado en el desarrollo del prompt o descripción indicada a la inteligencia artificial.

Palabras clave: creatividad, inteligencia artificial, neuromarketing, eye tracking, seguimiento ocular

INTRODUCCIÓN

La inteligencia artificial generativa es un área de la inteligencia artificial que se enfoca en crear contenido nuevo y original, empleando modelos de aprendizaje profundo, como las redes neuronales, para generar texto, imágenes o música [1]. Estos modelos aprenden patrones y estructuras a partir de grandes cantidades de datos y, luego, pueden producir resultados creativos que se asemejan a los datos de entrenamiento. Las principales características de la inteligencia artificial son el aprendizaje profundo (emplea redes neuronales profundas para entender y generar datos complejos), la versatilidad (puede aplicarse en diversas áreas, desde la generación de arte hasta la creación de contenido textual) y la interactividad (permite a los usuarios interactuar con la tecnología para co-crear contenido) [2]. Actualmente, las aplicaciones más frecuentes [3] son el arte y diseño (creación de obras de arte únicas y diseño gráfico) el texto y la escritura (generación de artículos, historias y diálogos) y la música (composición de melodías y ritmos originales). La IA generativa tiene el potencial de transformar muchas

industrias, pero también plantea desafíos éticos y creativos sobre la originalidad y la autoría.

Las herramientas neurocientíficas compensan muchas de las debilidades que presentan las herramientas tradicionales de investigación, como la dependencia del lenguaje y la memoria, la imprecisión temporal y la interrupción del proceso experimental [4]. Mientras que las métricas de la publicidad digital nos dicen qué está funcionando mejor, las herramientas de neurociencia, aplicadas al análisis de la eficacia publicitaria, nos arrojan luz con respecto al "por qué", lo que supone el complemento idóneo en nuestra investigación, respondiendo al objetivo de explorar los comportamientos atencionales para determinar las percepciones cognitivas de los participantes y comprender por qué llevan a cabo su comportamiento de hacer clic en un anuncio. A pesar de que la medición neurológica, en cuanto a probar la eficacia de spots, es relativamente nueva, han demostrado un potencial significativo a largo plazo y están brindando información muy útil y valiosa. El neuromarketing nos proporciona indicadores complementarios de las respuestas emocionales y subconscientes a los anuncios, ampliando la medición de la eficacia publicitaria [5].

Una de las herramientas más utilizadas para medir la eficacia publicitaria es el seguimiento ocular (o eye Tracking), que es un conjunto de técnicas que estudia el procesamiento cognitivo del cerebro humano a través de sus movimientos oculares [6], midiendo qué elementos del estímulo han captado más la atención del espectador, mediante los procesos de atención visual selectiva. Pero a pesar de las ventajas que presentan estas herramientas, las medidas neurológicas que devuelven son difíciles de interpretar, sobre todo cuando analizamos estímulos complejos del mundo real como los anuncios televisivos [7]. Por este motivo, lo más habitual, y la práctica recomendada por los autores, es combinar métodos tradicionales de investigación con métodos neurocientíficos, realizando una triangulación que permita obtener una información lo más completa y precisa posible, gracias a la información distinta y complementaria que todas ellas aportan.

OBJETIVOS

El objetivo de este estudio es analizar el impacto emocional de piezas publicitarias generadas por inteligencia artificial frente a las originales creadas por equipos creativos humanos. Como objetivos específicos, cabe resaltar:
OE1: Seleccionar creatividades publicitarias originales de marcas conocidas, para diferentes sectores.
OE2: Definir el prompt necesario para generar la creatividad equivalente con inteligencia artificial (máximo 3 intentos).
OE3: Realizar un estudio de neuromarketing, empleando eye tracking y facial coding, para registrar la atención visual y las emociones de un total de 20 usuarios, cuando son expuestos de manera aleatoria a los diferentes estímulos, desconociendo el origen de la creatividad.
OE4: Analizar resultados emocionales y determinar, en base a la valencia emocional, cuál de las creatividades tiene mejor resultado.

RESULTADOS

A continuación, se muestran los resultados generados por inteligencia artificial, frente a los generados por la creatividad humana.
El primer proyecto es una creatividad vinculada a una marca que anuncia cerveza. Se muestra en la figura 1.



Figura 1. Piezas publicitarias para producto cerveza.

El prompt empleado para la inteligencia artificial ha sido el siguiente: “A table in a Paris restaurant at sunset with plates of different varieties of cheese, cold cuts, olives, guacamole, nachos, potatoes, Serrano ham, bread and hands holding glasses with the printed logo of the Belgian beer Stella Artois, which has a red background, with a brown ornamentation on the sides, and the name "Stella Artois" in the center and in white. On top of the background, a brown horn is lying down --v 6.0”.

A continuación, en la figura 2, se muestra el resultado de análisis de atención visual (mapa de calor) mediante eye tracking (seguimiento ocular):



Figura 2. Mapa de calor de las piezas publicitarias para producto cerveza.

Finalmente, se muestran los registros emocionales obtenidos al proyectar ambas creatividades a los participantes. La tabla 1 muestra los registros emocionales de ambas creatividades:

Tabla 1. Registro emocional de las creatividades de anuncio de cerveza.

	Valencia	Ira	Desprecio	Asco	Miedo	Tristeza	Sorpresa	Alegría
Creatividad humana	0,4	1,2	1,7	0,5	0,3	10,2	0,1	11,0
Inteligencia Artificial	-2,8	0,6	0,4	0,0	0,3	11,9	0,1	7,6

En el primer proyecto, los valores emocionales son más positivos en el caso de la creatividad humana. La valencia (entendida como la suma de emociones positivas y negativas) tiene valor positivo en la creatividad humana (0,4) frente a la creatividad realizada con inteligencia artificial, cuyo valor es negativo (-2,8).

El segundo proyecto es una creatividad vinculada a una marca de videojuegos. Se muestra en la figura 3.

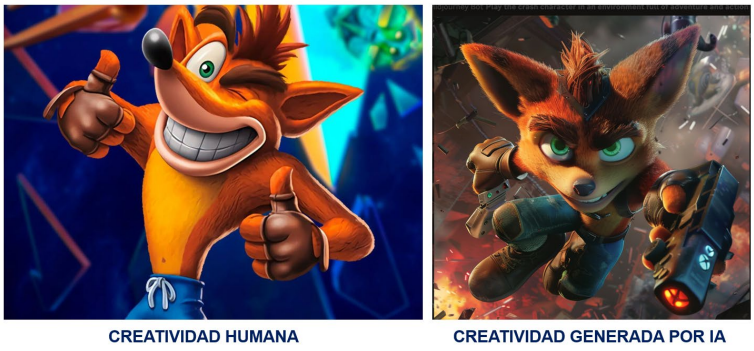


Figura 3. Piezas publicitarias para producto videojuegos.

El prompt empleado para la inteligencia artificial ha sido el siguiente: “Play the crash character in an environment full of adventure and action with almost total XBOX equipment, if possible, with the console controller of as if it were a special accessory”.

A continuación, en la figura 4, se muestra el resultado de análisis de atención visual (mapa de calor) mediante eye tracking (seguimiento ocular):

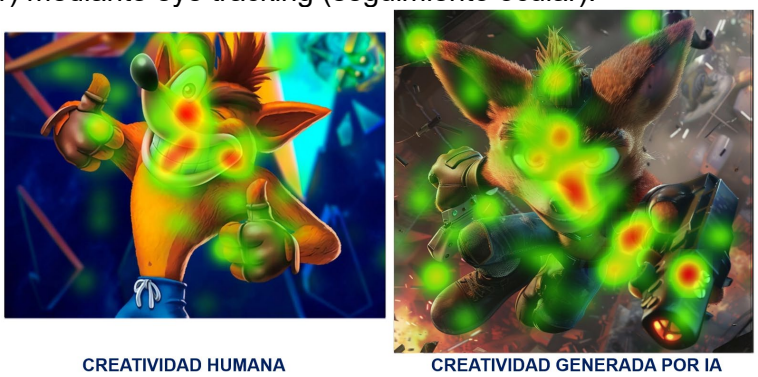


Figura 4. Mapa de calor de las piezas publicitarias para producto videojuegos.

Finalmente, se muestran los registros emocionales obtenidos al proyectar ambas creatividades a los participantes. La tabla 2 muestra los registros emocionales de ambas creatividades:

Tabla 2. Registro emocional de las creatividades de anuncio de videojuegos.

	Valencia	Ira	Desprecio	Asco	Miedo	Tristeza	Sorpresa	Alegría
Creatividad humana	-2,5	1,5	5,7	0,2	0,4	7,9	0,1	5,1
Inteligencia Artificial	0,9	6,8	3,4	1,5	0,5	7,0	0,2	10,3

En el segundo proyecto, los valores emocionales son más positivos en el caso de la creatividad de la inteligencia artificial. La valencia tiene valor negativo en la creatividad humana (-2,5) frente a la creatividad realizada con inteligencia artificial, cuyo valor es positivo (0,9).

El tercer proyecto es una creatividad vinculada a una marca de ropa deportiva. Se muestra en la figura 5.



Figura 5. Piezas publicitarias para producto ropa deportiva.

El prompt empleado para la inteligencia artificial ha sido el siguiente: “I want a ship with containers including ads of the arrival of messi to miami, with a helicopter on top and the skyline of the city. I want a man in top of the container looking at the city with a pink t-shirt. I want the image to be more realistic. I want it even more realistic and a logo of adidas in the helicopter. Show me the ship--v 6.0”.

A continuación, en la figura 6, se muestra el resultado de análisis de atención visual (mapa de calor) mediante eye tracking (seguimiento ocular):

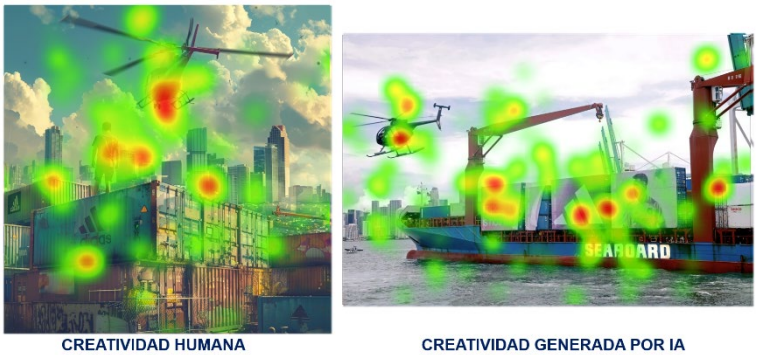


Figura 6. Mapa de calor de las piezas publicitarias para producto ropa deportiva.

Finalmente, se muestran los registros emocionales obtenidos al proyectar ambas creatividades a los participantes. La tabla 3 muestra los registros emocionales de ambas creatividades:

Tabla 3. Registro emocional de las creatividades de anuncio de ropa deportiva.

	Valencia	Ira	Desprecio	Asco	Miedo	Tristeza	Sorpresa	Alegría
Creatividad humana	-3,8	2,3	5,8	0,2	0,7	8,3	5,9	0,3
Inteligencia Artificial	0,0	1,2	2,8	0,2	0,3	12,2	11,8	0,1

En el segundo proyecto, los valores emocionales son más positivos en el caso de la creatividad de la inteligencia artificial. La valencia tiene valor negativo en la creatividad humana (-3,8) frente a la creatividad realizada con inteligencia artificial, cuyo valor es 0 (equilibrado en emociones positivas y negativas).

CONCLUSIONES

La inteligencia artificial generativa permite crear contenido a partir de una descripción otorgada por el creativo. Si la descripción o prompt es correcta, el resultado puede ser equivalente a la generada mediante aplicaciones digitales tradicionales de manera manual. Una manera objetiva de medir el resultado es exponer al usuario a creatividades generadas por métodos tradicionales y por inteligencia artificial y emplear herramientas de neuromarketing para validar el impacto visual y emocional. El resultado medido en este trabajo otorga valores muy similares e incluso, en ocasiones, mejor para la creatividad generada mediante inteligencia artificial. Consecuentemente, el correcto trabajo en la preparación del prompt puede dar lugar a un ahorro considerable de tiempo para generar creatividades para marcas.

REFERENCIAS

[1] Feuerriegel, S., et al., Generative AI. Business & Information Systems Engineering, 2024. 66(1): p. 111-126.

[2] Alvarez, A., et al., Science communication with generative AI. Nature Human Behaviour, 2024.

[3] Vigeant, L., Generative AI and Argument Creativity. Informal Logic, 2024. 44(1): p. 44-64.

[4] Serna-Zuluaga, J.C., et al., Analysis of the influence of emotions on the decision-making of entrepreneurs using neurotechnologies. International Entrepreneurship and Management Journal, 2024.

[5] Juarez-Varon, D. and Juarez-Varon, M.A., SEO vs. UX in Web Design: Are Companies' Digital Marketing Strategies Correct? A Neurotechnological Study. International Journal of Software Science and Computational Intelligence-Ijssci, 2024. 16(1).

[6] Juarez-Varon, D., et al., Neurotechnologies Applied to Society's Perception of Cyber-Physical Systems (CPS) in Smart Cities. International Journal on Semantic Web and Information Systems, 2024. 20(1).

[7] Mengual-Recuerda, A., V. Tur-Vines, and D. Juarez-Varon, Neuromarketing in Haute Cuisine Gastronomic Experiences. Frontiers in Psychology, 2020. 11.

Análisis de las emociones registradas en la toma de decisiones de emprendedores. Un estudio de neuroemprendimiento

Serna-Zuluaga, Juan Camilo[(1)], Juárez-Varón, David[(2)], Mengual-Recuerda, Ana[(3)], Juárez-Varón, Manuel Ángel[(4)]

(1) Doctorando. Universitat Politècnica de València. jcserzu2@upv.es

(2) Departamento de Ingeniería Mecánica y Materiales. Universitat Politècnica de València. djuarez@upv.es

(3) Dpto. de Organización de Empresas. Universitat Politècnica de València. anmenre1@upv.es

(4) MaCom Research Lab. Universitat Politècnica de València. manuel@macom.upv.es

RESUMEN

Este trabajo examina la influencia de los factores emocionales en la toma de decisiones empresariales, centrándose específicamente en emprendedores en etapas iniciales y aquellos con más años de experiencia en el proceso emprendedor. Se busca comprender cómo la intensidad emocional afecta las decisiones empresariales en distintas fases del emprendimiento. Se llevaron a cabo entrevistas neurocualitativas mediante entrevistas semiestructuradas. La tecnología de respuesta galvánica de la piel (GSR) se empleó para medir simultáneamente los niveles emocionales de los participantes durante las entrevistas. Los resultados revelaron diferencias significativas en los niveles emocionales entre emprendedores novatos y experimentados en relación con los factores emocionales analizados. Los emprendedores novatos exhibieron mayores niveles de ansiedad y miedo, especialmente en preguntas no anticipadas previamente, mientras que los emprendedores experimentados mostraron confianza y una perspectiva más optimista, especialmente en temas relacionados con la consolidación a largo plazo y la previsión de ingresos. Estos hallazgos contribuyen a la comprensión más profunda de la complejidad emocional en la toma de decisiones empresariales y resaltan la necesidad de considerar estos aspectos en estrategias de apoyo al emprendimiento.

Palabras clave: Emprendimiento, toma de decisiones, evolución temporal, emociones, neurocualitativo, neuroemprendimiento

INTRODUCCIÓN

Las emociones juegan un papel crucial en la toma de decisiones humanas. Aunque tradicionalmente se ha pensado que las decisiones deben basarse exclusivamente en la lógica y la razón, se ha demostrado que las emociones desempeñan un papel significativo en este proceso [1]. Algunas razones que justifican la importancia de las emociones en la toma de decisiones son: la influencia de éstas en la percepción de la información, las emociones como motor del accionamiento de la motivación, o como desencadenante de respuestas intuitivas (resultado de experiencias pasadas), emociones que influyen en la evaluación de riesgos y recompensas asociadas a una decisión, o emociones vinculadas al proceso de aprendizaje [2]. La toma de decisiones desempeña un papel crucial en el contexto del emprendimiento, donde los

emprendedores se enfrentan a una amplia gama de decisiones en la identificación de oportunidades, el desarrollo de estrategias y la gestión de sus negocios [3]. La teoría de la toma de decisiones en emprendedores ha explorado diversos enfoques y factores que influyen en este proceso, destacando la teoría de la alerta emprendedora, que se centra en cómo los emprendedores identifican y evalúan oportunidades [4].

Los empresarios, basándose en modelos no racionales de la teoría de la decisión conductual, son más propensos a utilizar sesgos y heurísticas en la toma de decisiones que los gerentes [5]. En entornos de incertidumbre y complejidad, estos sesgos y heurísticas sirven como guías eficaces y eficientes, asociándose incluso con la innovación. Esta diferencia crucial en el grado de manifestación de sesgos y heurísticas entre empresarios y gerentes resalta la complejidad de la toma de decisiones en el ámbito emprendedor. En el contexto emocional, la investigación de Marulanda Valencia revela que las emociones desempeñan un papel importante en las decisiones de los emprendedores [6]. El miedo puede llevar a evitar riesgos, mientras que la anticipación impulsa a asumir oportunidades. La influencia del entorno y las redes sociales en las decisiones de los emprendedores se destaca en una investigación sobre los factores determinantes de la consolidación empresarial. Las interacciones con otros actores, como emprendedores, inversores y mentores, así como el acceso a redes sociales y ecosistemas emprendedores, proporcionan información, apoyo y recursos que influyen en las decisiones estratégicas [7]. Esta interconexión refleja la importancia de considerar el contexto social en la toma de decisiones empresariales [8]. Al comprender estas dinámicas, se revela la complejidad inherente a las elecciones empresariales y se proporciona una base sólida para el desarrollo de enfoques efectivos destinados a mejorar la toma de decisiones y, por ende, el rendimiento global de los emprendedores en un escenario empresarial en constante evolución [9].

Este estudio se centra en el análisis de la influencia de las emociones en la toma de decisiones de emprendedores, diferenciando entre novatos y experimentados. El emprendimiento impulsa la economía y la innovación. Comprender cómo los emprendedores toman decisiones en diferentes situaciones puede mejorar la calidad de sus decisiones y, por lo tanto, su éxito [10]. En el emprendimiento, donde hay riesgos y desafíos constantes, comprender cómo las emociones afectan las decisiones es esencial. Las decisiones evolucionan con la experiencia [11]. El proceso de toma de decisiones en el emprendimiento es un fenómeno complejo y crucial que influye directamente en el éxito y la supervivencia de los emprendedores y sus empresas [12]. Aunque se han realizado investigaciones sobre la toma de decisiones en el contexto del emprendimiento y sobre el papel de las emociones en este proceso, aún existe una necesidad de examinar más a fondo cómo las emociones específicamente impactan en las decisiones de los emprendedores Además, la distinción entre emprendedores novatos y experimentados agrega una capa adicional de complejidad, ya que su experiencia podría influir en cómo manejan y responden emocionalmente a las situaciones de toma de decisiones.

OBJETIVOS

Este estudio propone llenar esta brecha investigando cómo las emociones, tanto positivas como negativas, afectan las decisiones tomadas por emprendedores novatos y experimentados. Mediante la utilización de entrevistas cualitativas y la medición de respuestas emocionales a través de la respuesta galvánica de la piel (GSR), desarrollamos una técnica de investigación de mercados denominada neuro cualitativo,

donde se busca explorar cómo estas emociones influyen en la evaluación de oportunidades, la percepción de riesgos y la elección de estrategias en diferentes momentos del proceso emprendedor.

METODOLOGÍA

La medición de la GSR durante las entrevistas neuro cualitativas proporciona datos adicionales y objetivos sobre los patrones de respuesta emocional de los participantes. Este estudio se realizó en dos etapas, abordando a dos grupos de emprendedores con diferentes niveles de experiencia. La primera etapa se llevó a cabo con 20 emprendedores novatos, identificados en el ecosistema empresarial de la Universitat Politècnica de València, denominado Ideas UPV, quienes estaban en las primeras etapas de consolidar sus ideas y aún no habían establecido empresas consolidadas. La segunda etapa se centró en 20 emprendedores experimentados y se realizó en el programa de aceleración de startups Lanzadera, ubicado en la ciudad de Valencia (España), donde se encontraron startups en fases avanzadas con más de 2 años de gestación. Se empleó la tecnología de respuesta galvánica de la piel (GSR) en entrevistas en profundidad para medir las respuestas emocionales de los participantes. Durante las entrevistas, se exploraron los factores que afectan sus emociones al tomar decisiones empresariales. Los datos recopilados se analizaron en busca de patrones y correlaciones entre las emociones y los factores considerados. Se compararon las respuestas emocionales de los dos grupos para identificar posibles diferencias. Se aseguró la confidencialidad y el consentimiento informado de los participantes.

Equipo empleado

Se empleó un equipo de Respuesta Galvánica de la Piel de la marca Shimmer para medir las respuestas emocionales de los emprendedores durante las entrevistas. El software empleado para el registro de la actividad galvánica de la piel fue Consensys v1.6.0 Pro.

RESULTADOS

Entrevistas en profundidad

Los patrones de respuesta encontrados en los emprendedores novatos se muestran en la tabla 1:

Tabla 1. Patrones de respuesta emprendedores novatos.

Pregunta	Respuestas más frecuentes
¿Cuáles fueron tus mayores miedos a la hora de emprender?	En general el miedo a que la idea no funcione, que no encuentren los clientes adecuados, o no encontrar el equipo ideal de trabajo son los miedos más comunes entre los emprendedores novatos.
¿Qué factores crees que son claves para emprender con éxito?	Paciencia, determinación, planificación, suerte, equipo.
¿Consideras a tu competencia actual como una amenaza?	En general no ven como una amenaza a su competencia, ya que tienen la certeza de tener una idea original que carece de competencia y esto les genera un nivel de confianza alto.

¿Tienes confianza en la consolidación a largo plazo de tu emprendimiento?	En este punto las respuestas son divididas, hay algunos emprendedores que tienen confianza al 100% de que su emprendimiento se consolidara, pero también hay otros que no lo ven tan seguro, y dudan mucho de su consolidación.
¿Cuál es tu previsión de ingresos para los siguientes dos años?	En este punto de ingresos, las respuestas son muy dispares, pero se percibe muchas dudas a la hora de contestar, mostrando que es un tema del cual no se ha pensado demasiado y que no se tiene muy claro.
¿Cuál es tu idea de contratación de personal para los siguientes dos años?	La mayoría de los emprendedores novatos no tienen pensado contratar nuevo personal, hasta que su idea no se haya consolidado en primera medida.

Los patrones de respuesta encontrados en los emprendedores experimentados se muestran en la tabla 2:

Tabla 2. Patrones de respuesta emprendedores experimentados.

Pregunta	Respuestas más frecuentes
¿Cuáles fueron tus mayores miedos a la hora de emprender?	En general los miedos más frecuentes de los emprendedores experimentados fueron la pérdida del tiempo dedicado, perdida de dinero, miedo al fracaso, y a dejar el trabajo en el que estaban antes de emprender.
¿Qué factores crees que son claves para emprender con éxito?	Perseverancia, planificación, constancia, trabajo en equipo, y confianza.
¿Consideras a tu competencia actual como una amenaza?	Para la mayoría de los emprendedores experimentados ven a la competencia actual como una amenaza, ya que después de haber estado en el mercado se dan cuenta cuál es su competencia real y la tienen mucho más presente.
¿Tienes confianza en la consolidación a largo plazo de tu emprendimiento?	Todos los emprendedores experimentados tienen una confianza absoluta en la consolidación de su emprendimiento a largo plazo, sin mostrar duda alguna.
¿Cuál es tu previsión de ingresos para los siguientes dos años?	En este punto de ingresos, las respuestas son muy dispares, pero en los emprendedores experimentados se ve una respuesta clara de sus números ya que lo tienen trabajado del día a día.
¿Cuál es tu idea de contratación de personal para los siguientes dos años?	La mayoría de los emprendedores experimentados tienen muy clara su contratación tanto si la necesitan como si no, tienen un plan muy claro.

Respuesta emocional durante el estudio cualitativo: neurocualitativo

Para analizar los resultados biométricos de la respuesta galvánica de la piel realizamos un promedio de los datos arrojados por cada grupo de participantes en cada una de las preguntas. Podemos ver que al ser un grupo de emprendedores más experimentados

sentían más confianza, y su intensidad emocional fue disminuyendo a medida que la entrevista se iba alargando. En la figura 1 vemos que la intensidad emocional de los emprendedores novatos va aumentando a medida que nos vamos acercando a preguntas más específicas, como la de previsión de ingresos y previsión de contratación, también podemos ver que hay un incremento lineal en la intensidad emocional muy frecuente en este tipo de estudios cuando existe una conexión emocional con el tema del que se está hablando y vemos que en la segunda pregunta hay un promedio emocional más alto del esperado en un incremento lineal, por lo que se puede inferir que la segunda pregunta fue un poco más difícil de contestar que las otras.

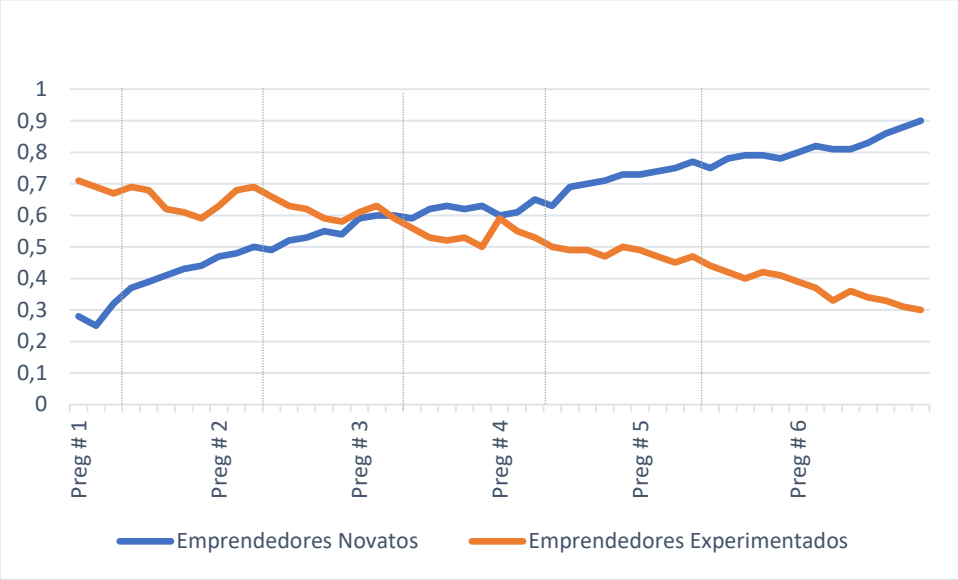


Figura 1. Intensidad emocional a lo largo del tiempo.

CONCLUSIONES

Se ha observado que los emprendedores novatos presentan una intensidad emocional notablemente mayor cuando se enfrentan a cuestionamientos sobre temas en los que no han tenido la oportunidad de reflexionar previamente. A su vez, las preguntas que giran en torno a temáticas intrincadas como los miedos al emprender o la viabilidad a largo plazo de su iniciativa empresarial, son abordadas con mayor seguridad y claridad en sus respuestas. Este patrón podría indicar que los emprendedores novatos poseen una valentía inherente y una habilidad para gestionar sus emociones al aventurarse en lo desconocido, como es el caso de sus emprendimientos emergentes. En contraste, los emprendedores experimentados revelan respuestas emocionales diferentes, evidenciando una intensidad emocional significativa al enfrentar interrogantes relacionadas con los miedos al emprender y los factores cruciales para el éxito empresarial. En resumen, los resultados señalan que los emprendedores novatos tienden a enfocarse en la innovación y la diferenciación frente a la competencia, mientras que los emprendedores experimentados mantienen un panorama más amplio y una estabilidad emocional al abordar cuestiones relacionadas con sus propios emprendimientos. Esta investigación proporciona una comprensión más rica de cómo las respuestas emocionales evolucionan a lo largo del tiempo y contribuye al entendimiento de cómo los emprendedores enfrentan los desafíos y oportunidades

inherentes a la toma de decisiones en el ámbito empresarial. Estas conclusiones presentan de manera más estructurada y refinada tus hallazgos y conclusiones, resaltando cómo los emprendedores novatos y experimentados experimentan y gestionan sus emociones en distintas fases de sus emprendimientos.

Consideraciones Éticas

Se obtuvo el consentimiento informado de cada participante antes de su participación en el estudio. Además, se aseguró la confidencialidad y el anonimato de los datos recopilados.

REFERENCIAS

[1] Acharya, K. and G.R. Berry, Characteristics, traits, and attitudes in entrepreneurial decision-making: current research and future directions. International Entrepreneurship and Management Journal, 2023.
[2] Juárez-Varón, D., et al., Footwear consumer behavior: The influence of stimuli on emotions and decision making. Journal of Business Research, 2023. 164.
[3] Mar, N.I.G.M.C.N.F.M.d., Global Entrepreneurship Monitor. Informe GEM España. 2020.
[4] Gamero, H.O., Jhony Gamero, Harold Ostos, Jhony, Revisión sistemática de literatura sobre factores clave en la identificación de oportunidades de negocio. 2020, Universidad Politécnica Salesiana. p. 307-327.
[5] Cardon, M.K., CP Entrepreneurial passion as mediator of the self–efficacy to persistence relationship. Entrepreneurship Theory and Practice, 2013. 39: p. 1027-1050.
[6] Marulanda Valencia, F.A.M.R., I.A. Vélez Restrepo, J.M., Teorías motivacionales en el estudio del emprendimiento. 2014, Fundación Universidad del Norte - Barranquilla, Colombia. p. 206-238.
[7] Autio, E.N., S. Thomas, Llewellyn D.W. Wright, M., Digital affordances, spatial affordances, and the genesis of entrepreneurial ecosystems. Strategic Entrepreneurship Journal, 2018. 12: p. 72-95.
[8] Bierwerth, M.S., C. Isidor, R. Kabst, R., Corporate entrepreneurship and performance: A meta-analysis. Small Business Economics, 2015. 45: p. 255-278.
[9] Ooms, F., et al., Advancing (Neuro)Entrepreneurship Cognition Research Through Resting-State fMRI: A Methodological Brief. Entrepreneurship Theory and Practice, 2023.
[10] Grichnik, D.S., A. Welpe, Isabell, The importance of being emotional: How do emotions affect entrepreneurial opportunity evaluation and exploitation? 2010, North-Holland. p. 15-29.
[11] Foo, M.D., Emotions and Entrepreneurial Opportunity Evaluation. 2011. p. 375-393.
[12] Engel, Y.v.W., R. Keizer, A., How novice and experienced entrepreneurs name new ventures. Journal of Small Business Management, 2022. 60: p. 828-858.

Un método gráfico para la evaluación multicriterio

Salas-Molina, Francisco[(1)]

(1) Departamento de Economía y Ciencias Sociales, Universitat Politècnica de València, Ferrándiz y Carbonell, s/n, 03801, Alcoi, frasamo@upv.es

RESUMEN

Este trabajo describe un método gráfico de evaluación de alternativas desde una perspectiva multicriterio en el que la valoración es directamente proporcional al área que encierra el polígono formado por el grado de consecución de cada criterio en un gráfico polar. Tras la necesaria alineación y normalización de las funciones objetivo, el método utiliza el algoritmo del área de Gauss para calcular el área del polígono de evaluación que permitirá la comparación de alternativas. Por sus características, este método gráfico está especialmente indicado para la evaluación de alternativas cuando se utilizan para ello tres o más criterios.

Palabras clave: gráfico polar, multicriterio, área de Gauss.

INTRODUCCIÓN

La teoría de la decisión multicriterio [1] es una disciplina que se centra en la toma de decisiones en contextos donde múltiples criterios o atributos deben ser considerados simultáneamente. A diferencia de los modelos tradicionales de decisión que optimizan un solo criterio, las técnicas multicriterio reconocen la naturaleza multidimensional de muchos problemas reales, donde los objetivos pueden ser conflictivos y no comparables directamente. Este enfoque es crucial en situaciones donde se deben equilibrar diversas prioridades, como en la gestión de proyectos, la planificación urbana, la selección de inversiones, y la evaluación de políticas públicas.

La teoría de la decisión multicriterio emplea una variedad de métodos y herramientas para evaluar, comparar y seleccionar alternativas. Una de las técnicas más utilizadas que se encuentra es la Programación Compromiso propuesta por Zeleny [3] donde la evaluación de alternativas se realiza siguiendo el axioma de selección de Zeleny que indica que las mejores alternativas son aquellas que están más próximas al punto ideal, normalmente no factible, donde el grado de consecución es máximo para cada criterio tomado de manera independiente y que sirve de referencia.

Este método de las distancias en Programación Compromiso presenta dos limitaciones. La primera, fácilmente solucionable, es que requiere la definición de una función de distancia. En este sentido, se puede recurrir a la distancia euclídea o a la distancia Manhattan sin mayores problemas. La segunda limitación es la imposibilidad de representación gráfica para más de tres criterios. Para tratar de solucionar este problema, los investigadores suelen recurrir a los gráficos polares, o de tipo radar, en el que cada eje del gráfico representa una variable diferente. Los ejes radiales se extienden desde el centro del gráfico hacia afuera y todas las variables se miden en la misma escala. Esta construcción permite incluir múltiples polígonos en el mismo gráfico para comparar alternativas.

En este tipo de gráficas, la noción de distancia al punto ideal carece de sentido porque cada alternativa no está representada por un punto sino por un polígono. Por tanto, se hace necesario encontrar otro método que nos permita evaluar cada alternativa tanto desde un punto de vista gráfico (facilitando la comparación visual de dos alternativas) como cuantitativo (estableciendo un ranking de alternativas). En este trabajo se propone un método gráfico de evaluación multicriterio para gráficos polares basado en el cálculo del área comprendida en el polígono formado. Tras la necesaria normalización y alineación de objetivos para plantear un análisis de maximización de todos los objetivos, se propone la utilización del algoritmo de Gauss para calcular el área de cualquier polígono inscrito en un gráfico polar.

OBJETIVOS

El objetivo principal de este trabajo es presentar un método gráfico que permita evaluar un conjunto de alternativas desde un punto multicriterio. Las características deseables que el método debe reunir son las siguientes:

1. Generalidad. El método debe ser susceptible de ser utilizado para la evaluación cuando se utilizan tres o más criterios.
2. Referencia. Debe existir un elemento gráfico que sirva de referencia para la evaluación de la misma manera que existe un punto ideal en Programación Compromiso.
3. Axiomatización. El método debe establecer un axioma de selección de alternativas.
4. Evaluación. El método debe asociar mediante una función cada alternativa a un valor cuantitativo que permita establecer comparaciones precisas entre ellas.

Como objetivo secundario, se pretende también estudiar las propiedades matemáticas del método propuesto.

RESULTADOS

El método para la evaluación multicriterio (tres o más objetivos) de conjunto de alternativas consta de los siguientes pasos:

1. Alineación de objetivos de manera que se busque la maximización de todos ellos. Esto puede conseguirse transformando la minimización de $f(x)$ a la maximización de $M - f(x)$.
2. Normalización del grado de consecución de objetivos de manera que se trabaje con una escala común siendo la más habitual la escala porcentual o $[0,1]$.
3. Construcción de un gráfico polar de alternativas. Este gráfico presentará tantos ejes como objetivos se quieran maximizar, cuyo centro será el origen de coordenada. Las coordenadas en cada eje representan el grado de consecución de cada alternativa para cada objetivo. Por tanto, cada alternativa es representada por un polígono de tantos lados como objetivos considerados.
4. Determinación de la referencia ideal y anti-ideal. Los puntos de consecución máxima de los objetivos son aquellos que pertenezcan a la circunferencia de radio máximo, normalmente, la unidad tras la normalización. Por tanto, la referencia ideal será el polígono regular de tantos lados como objetivos

considerados y que está inscrito en la circunferencia de radio máximo del gráfico polar (los vértices del polígono pertenecen a la circunferencia máxima). La referencia anti-ideal será el origen de coordenadas con grado de consecución mínimo o nulo.

5. Evaluación cuantitativa de las alternativas. Como cada alternativa se representa por un polígono cuya área siempre será menor o igual que el polígono de referencia máxima, él área del polígono de la alternativa representa una buena aproximación de su evaluación global. El área A de un polígono simple se puede calcular mediante el método del área de Gauss [2]. Para un polígono con n vértices cuyas coordenadas son $(x_1y_1), (x_2y_2), \ldots, (x_ny_n)$ la fórmula del área A es:

$$A = \frac{1}{2}\left|\sum_{i=1}^{n-1}(x_iy_{i+1} - y_ix_{i+1}) + (x_ny_1 - y_nx_1)\right|$$

6. Axioma de selección de alternativas. Una alternativa será globalmente mejor que otra cuando el área del polígono que la representa sea mayor que la de la otra.

Por ejemplo, en un problema de maximización de tres objetivos como puede ser la selección de carteras de inversión donde el objetivo es maximizar el retorno, minimizar el riesgo (o maximizar la seguridad) y maximizar la liquidez, la representación gráfica polar de tres alternativas se muestra en la Figura 1.

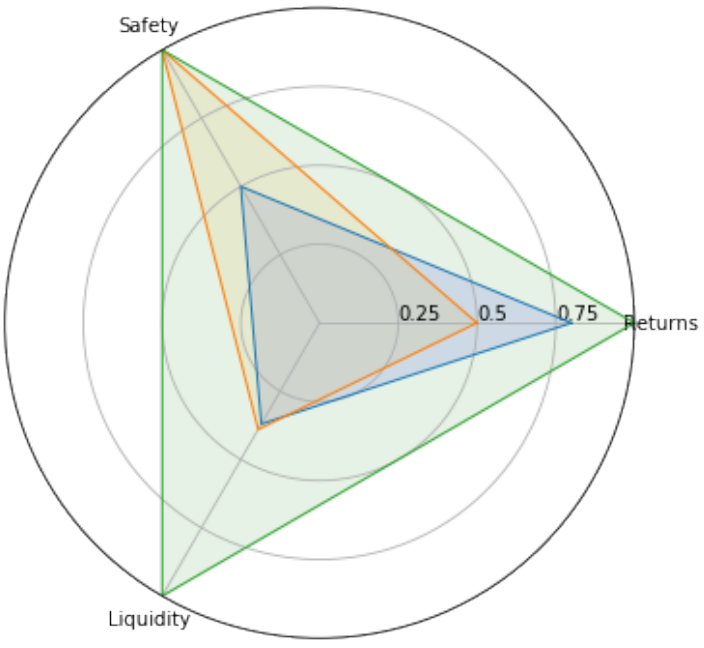


Figura 1. Gráfico polar de dos alternativas (azul y naranja) y la referencia ideal (verde) en un problema con tres objetivos.

El cálculo de áreas por el método de Gauss produce unos resultados de 1.30 para la alternativa ideal (verde), de 0.38 para la alternativa azul y de 0.47 para la alternativa naranja. Estos valores representan un 29% y un 36% para las alternativa azul y naranja respectivamente. Por lo tanto, globalmente la alternativa naranja es mejor que la alternativa azul.

Una de las ventajas de la utilización de gráficos polares y el método del área de Gauss es la posibilidad de transformar el cálculo del área a coordenadas polares. Así, cada punto (x_i, y_i) se puede representar como $\left(r_i cos(\theta_i), r_i sin(\theta_i)\right)$. Por definición, cada alternativa se puede expresar como un porcentaje p_i del ideal con radio unidad:

$$(x_i, y_i) = \left(p_i cos(\theta_i), p_i sin(\theta_i)\right).$$

Dado que $\cos\,\theta_i \sin\theta_{i+1} - \sin\theta_i \cos\theta_{i+1} = \sin(\theta_{i+1} - \theta_i))$, es posible expresar la fórmula de Gauss en coordenadas polares:

$$A = \frac{1}{2}\left|\sum_{i=1}^{n} r_i r_{i+1} \sin(\theta_{i+1} - \theta_i)\right|$$

donde se asume que $r_{n+1} = r_1$ *y* $\theta_{n+1} = \theta_1$. Y haciendo uso de las coordenadas polares, se llega con facilidad a las siguientes propiedades que comparan el área de la referencia ideal A_I y cualquier alternativa A_j

$$A_j \leq A_I$$

$$A_j = p_j^2 A_I \quad \text{si} \quad p_{ij} = p_j \; \forall i \in [1, n].$$

CONCLUSIONES

El método gráfico de evaluación descrito en este trabajo es lo suficientemente general como para poder ser utilizado para la evaluación de alternativas cuando se utilizan tres o más criterios. Para ello, se define el polígono inscrito de área máxima como el elemento gráfico que sirva de referencia para la evaluación de la misma manera que existe un punto ideal en Programación Compromiso. A partir de esta referencia, se propone el axioma de selección de alternativas por proximidad cuantitativa al área de la referencia ideal. En este sentido, establecer una función de proximidad no solamente cuantitativa sino cualitativa en relación con objetivos parciales representa una interesante línea de investigación futura.

REFERENCIAS

[1] Ballestero, Enrique; Romero, Carlos (1998). "Multiple Criteria Decision Making and its Applications to Economic Problems". Kluwer Academic Publishers.

[2] Rade, L., & Westergren, B. (1999). “Mathematics handbook for science and engineering”. Springer.

[3] Zeleny, Milan (1973). "Compromise programming". En: *Multiple Criteria Decision Making, University of South Carolina Press*, p.p. 262-301

Films de PLA reforzados con partículas de celulosa microbiana obtenidas de kombucha fermentada en té de romero.

Cerdá, Raúl[1], Ángel Agüero[1,2], Fenollar, Octavio[1], Arrieta, Marina Patricia[2][3]

(1) Instituto de Tecnología de Materiales, Universitat Politècnica de València, Plaza Ferrándiz y Carbonell 1, 03801, Alcoy, Alicante raucerg1@epsa.upv.es

(2) Departamento de Ingeniería Química Industrial y del Medio Ambiente, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Madrid (ETSII-UPM), C/ José Gutiérrez Abascal 2, 28006 Madrid, Spain

(3) Grupo de Investigación: Polímeros, Caracterización y Aplicaciones (POLCA),

RESUMEN

En el presente estudio, se ha utilizado té de romero para producir una bebida de kombucha. La celulosa microbiana resultante de este proceso como subproducto, se ha empleado para reforzar una matriz de poli(ácido láctico) (PLA). Se han añadido diferentes proporciones de kombucha de té de romero (KR), específicamente 1%, 3% y 5% en peso, a la matriz de PLA. Estas mezclas se procesaron en un microextrusor de doble husillo cónico para la fabricación de films. Los films biodegradables fabricados fueron analizados mediante una caracterización morfológica, mecánica, térmica y su capacidad de barrera contra el vapor de agua. Los estudios han revelado que estos films presentan propiedades prometedoras, destacando su potencial como materiales antioxidantes. Estas características lo convierten en un candidato ideal para su uso en envases de alimentos, sugiriendo que pueden contribuir significativamente a la conservación de los productos alimenticios. Estos resultados abren la puerta a futuras aplicaciones industriales de los materiales desarrollados, aprovechando las partículas de kombucha para la creación de soluciones de envasado sostenible y eficaz.

Palabras clave: Kombucha, PLA, envase activo, té de romero

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, marcada por una creciente conciencia ecológica, la reinvención de los modelos de producción y consumo hacia prácticas más sostenibles se ha convertido en una prioridad global. Este cambio es esencial para adaptar nuestras economías a métodos que no solo sean eficientes en el uso de recursos, sino que también minimicen los impactos negativos sobre el medio ambiente. Una gestión efectiva de las materias primas y de los residuos es fundamental en este proceso. Una solución prometedora es el empleo de materias primas que sean renovables y cuyo procesamiento sea respetuoso con el entorno [1]. Otra opción valiosa es la reutilización de residuos como materias primas secundarias. En este contexto, materiales como los polímeros biobasados y/o biodegradables, como el poli(ácido láctico) (PLA), el almidón termoplástico (TPS) y los polihidroxialcanoatos (PHAs), entre otros, se han integrado con éxito en la industria. Estos materiales, junto con los compuestos y aditivos utilizados en la fabricación, están siendo adaptados para cumplir con los requisitos de sostenibilidad. Así, innovaciones como las fibras vegetales, los aceites esenciales y los nanocristales de celulosa están emergiendo como componentes clave en el ámbito de la ingeniería de materiales [2].

La kombucha es una bebida fermentada originaria en China, en la última década ha generado gran popularidad a nivel global. La producción de la kombucha comienza con una infusión de té verde o negro azucarado, a la que se añade un cultivo de bacterias y levaduras llamado SCOBY de sus siglas en inglés *Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast*, proveniente de un lote anterior. Este proceso se realiza a temperatura ambiente, con la fermentación durando entre 7 y 60 días, variando según factores como el tipo de té y las condiciones del cultivo inicial. Es crucial monitorear el pH para detener la fermentación al alcanzar un nivel de 4.2 y evitar exceso de ácido acético [3]. Finalmente, aunque los SCOBY se pueden reutilizar, eventualmente pierden eficacia y son descartados sin uso adicional [4].

Este estudio aborda el uso de un material celulósico, proveniente de una industria en expansión donde se revaloriza el residuo de celulosa bacteriana incorporado a la matriz polimérica como refuerzo. En este caso, se ha integrado la celulosa bacteriana fermentado en infusión de té de romero en la matriz del PLA en varias proporciones. Para investigar su aplicación, se realiza una caracterización mecánica, térmica y su capacidad de barrera contra el vapor del agua de los films obtenidos mediante cast-film.

OBJETIVOS

El objetivo principal es la elaboración films de PLA reforzados con partículas de celulosa microbiana obtenidas de kombucha fermentada en té de romero. Para alcanzar este objetivo general se establecen los siguientes objetivos específicos:

- Desarrollo de la funcionalidad activa mediante el proceso de fermentación de la kombucha y el procesado de los films mediante cast-film.
- Caracterización mecánica, térmica y su capacidad de barrera contra el vapor del agua de films de PLA con la incorporación de la kombucha fermentada con té de romero.

EXPERIMENTAL

Obtención de la celulosa bacteriana

Se utiliza un cultivo madre de kombucha para iniciar una nueva fermentación en un recipiente de vidrio que contiene un litro de té verde (7 g/l) y sacarosa (150 g/l). Este cultivo se mantiene en condiciones estáticas a 25 ± 2˚C y se incuba durante un periodo de 25-28 días, durante ese tiempo el SCOBY ha crecido y ha formado múltiples capas. Tras este proceso, se extraen varias capas del SCOBY y 250 mL del cultivo para transferirlos a una nueva infusión preparada con té de romero. Para esta segunda infusión, se añade 15 g de té de romero por litro de agua, la cual se mantiene a 80˚C durante 15 minutos. Después de filtrar los residuos de té, se añade 1 L de agua con 300 g de sacarosa disuelta. El cultivo de kombucha se lleva a cabo en recipientes de vidrio de 25 cm de diámetro, que se cubren con un paño y se almacenan en una incubadora a una temperatura controlada de 25 ± 2˚C y 50% de humedad relativa durante 30 días.

Extracción de la celulosa bacteriana

Una vez concluida el tiempo de incubación, se extraen los discos de SCOBY producidos en la infusión de té de romero, denominado kombucha de romero (KR). Estos discos se limpian 3 veces con agua desmineralizada para retirar cualquier resto de azúcar u otras impurezas. A posteriori, son sometidos a la esterilización en una autoclave a una temperatura de 121˚C y 100 kPa de presión durante 15 minutos. A continuación, se homogenizan, cortando las muestras y se sumergen en agua desmineralizada en una proporción de 1:2, usando el equipo Ultra-turax 45/2 (IKA-Werke, Alemania) en cuatro intervalos de 30 segundos a 30.000 r.p.m. Seguidamente, la mezcla s sometida a una homogenización mediante ultrasonidos con un sonicator Q125 (Fisher Scientific, EEUU) empleando una sonda CL-18 a 80 W durante 3 intervalos de 5 minutos. Por último, las muestras se filtran para eliminar el exceso de líquido y son sometidos a un secado durante 24 horas a 60 ˚C, se muelen y se almacena en condiciones de vacío a 40ºC durante 2 días para eliminar cualquier traza de humedad.

Fabricación de films

Antes de iniciar el proceso de extrusión de los films, tanto el PLA como la celulosa obtenida de la kombucha (KR) son secados usando un deshumidificador a 60˚C durante 24 horas, utilizando el modelo MDEO (Industrial Marsé, España). Se prepara una mezcla de KR con PLA en distintas concentraciones: 1%, 3% y 5% en peso con respecto a la matriz polimérica, tal como se muestra en la tabla correspondiente.

Tabla 1. Formulación de los films en diferentes proporciones de KR.

Nomenclatura	PLA (% p/p)	KR (% p/p)
PLA	100	0
PLA – 1%KR	99	1
PLA – 3%KR	97	3
PLA – 5%KR	95	5

Para la producción de los films se utiliza una microextrusora de doble husillo cónico, modelo DSM Xplorer 5&15 (Xplorer Instruments BV, Países Bajos), que está equipada con una línea de cast-films. Se establece un perfil de temperaturas de 195, 190 y 190 ˚C en las tres zonas de la extrusora y una velocidad de rotación del husillo de 25 r.p.m. Todas las mezclas se procesan durante 3 minutos bajo estas condiciones específicas. En la línea de cast-film, la boquilla se ajusta a una temperatura de 180 ˚C y una velocidad de tracción del film de 1200 mm/min. Los films resultantes tienen un grosor que varía entre 100 y 200 µm.

RESULTADOS

Caracterización mecánica.

Mediante el ensayo de tracción se obtiene las propiedades mecánicas de resistencia máxima, alargamiento y módulo elástico. En la Tabla 2 se puede apreciar la evolución de estas propiedades para cada formulación de PLA y PLA-KR.

Tabla 2. Variación de las propiedades mecánica.

Muestras	Resistencia máxima, σb (MPa)	Módulo elástico, Et (MPa)	Alargamiento, %εb (%)
PLA	1979 ± 253	21,6 ± 5,9	5,9 ± 3,1
PLA – 1% KR	2340 ± 314	43,6 ± 6,2	4,2 ± 0,9
PLA – 3% KR	1883 ± 307	10,8 ± 3,8	1,3 ± 0,6
PLA – 5% KR	1812 ± 143	30,4 ± 4,3	2,2 ± 0,4

Como se puede observar en la tabla anterior, al incorporar 1% de KR aumenta el módulo elástico y la resistencia máxima. Sin embargo, el alargamiento se reduce. En cuanto al 3% empeoran todos los valores, tanto el módulo elástico como el alargamiento. No obstante, al 5%KR incorporado se reduce notablemente el módulo de Young, supera en la resistencia máxima la del PLA y el alargamiento mejora respecto al del 3%KR.

Caracterización térmica.

Mediante la técnica de DSC se obtiene la temperatura de fusión (T_m), la temperatura de cristalización (T_{cc}) y la transición vítrea (T_g) y el porcentaje de cristalización del material. En la tabla 3 se muestra los resultados.

Tabla 3. Variación de las propiedades térmicas mediante la técnica del DSC.

Muestras	T_g (ºC)	T_{cc} (ºC)	T_m (ºC)	χ_c (%)
PLA	59,8 ± 0,8	120,5 ± 1,3	151,2 ± 0,9	4,2 ± 0,1
PLA – 1% KR	58,1 ± 1,4	114,0 ± 0,9	153,6 ± 1,1	9,2 ± 0,2
PLA – 3% KR	59,1 ± 1,2	113,9 ± 1,1	147,8 ± 0,8	8,9 ± 0,2
PLA – 5% KR	57,7 ± 1,1	108,5 ± 1,1	153,4 ± 1,2	17,6 ± 0,7

Como indica la tabla anterior, a medida que se incrementa el porcentaje de KR añadido, se observa una disminución en la temperatura de cristalización, mientras que la temperatura de fusión aumenta ligeramente. Además, la cristalinidad tiende a incrementarse con el aumento del porcentaje de KR incorporado.

En cuanto a la técnica de termogravimetría se examina el comportamiento de descomposición de los materiales, lo que implica la pérdida de masa con el incremento de la temperatura.

Tabla 3. Variación de las propiedades térmicas mediante la técnica de TGA.

Film	$T_{5\%}$ (ºC)	$T_{deg\ max}$ (ºC)	Ress. Mass (%)
Kombucha Romero	135,0	244,9	1,51
PLA	310,4	362,1	0,46
PLA – 1% KR	308,8	355,2	2,07
PLA – 3% KR	304,7	356,4	2,18
PLA – 5% KR	295,3	349,0	2,30

El proceso degradación de la kombucha se observa 4 etapas de degradación: hasta 100ºC viene dado una reducción de peso debido a la evaporación del agua, entre 130ºC y 290ºC periodo en el que ocurre la degradación de compuestos fenólicos y a más de 390ºC se relaciona con la descomposición de las cadenas poliméricas de celulosa. Por otro lado, se observa que a medida que aumenta el contenido de KR en la matriz de PLA hay menor estabilidad térmica y mayor masa residual.

Capacidad de barrera contra el vapor del agua (WVTR)

La capacidad de los materiales para actuar como barreras contra los gases es esencial en el sector del envase alimentario, donde la humedad es uno de los elementos más críticos. La adición de Kombucha ha resultado en un incremento en los valores normalizados de WVTR, observándose que, a mayor porcentaje de contenido, mayor es la tasa de transmisión de vapor de agua. Este fenómeno se debe a la presencia de grupos hidroxilo en estos materiales celulósicos [5]. En la tabla 4, se puede observar la tendencia.

Tabla 4. WVTR obtenido para los films de PLA con KR.

Film	WVTR norm (g cm-2 day-1)
PLA	23,34 ± 2,8
PLA – 1% KR	23,42 ± 1,4
PLA – 3% KR	53,91 ± 7,9
PLA – 5% KR	64,89 ± 6,5

CONCLUSIONES

La adición de KR al PLA resulta en una disminución del rendimiento mecánico, que no es muy significativa cuando se agrega sólo un 1% p/p. La integración de KR, dada su baja compatibilidad con el PLA, conlleva a una leve reducción en la temperatura de transición vítrea (T_g) debido a la formación de pequeñas brechas entre las fases, mientras que las partículas de KR actúan como agentes nucleantes que adelantan la temperatura de cristalización (T_{cc}). Además, la presencia de KR afecta negativamente la estabilidad térmica del material y las partículas de KR, al absorber humedad fácilmente, aumentan la tasa de transmisión de vapor de agua (WVTR) conforme se incrementa su contenido en la matriz polimérica.

En cuanto a los cambios específicos por porcentajes, con un 1% p/p de KR, no se observan modificaciones notables en las propiedades del material. Sin embargo, al incorporar un 3%, se evidencia una mala compatibilidad o distribución no homogénea de las partículas. Al aumentar al 5% p/p de KR, podría haber formación de conglomerados de kombucha que potencialmente incrementarían la resistencia y cristalinidad del material.

REFERENCIAS

[1] Agüero,Angel; Diego Lascano; Juan Ivorra-Martinez; Jaume Gómez-Caturla; Marina P. Arrieta; and Rafael Balart; (2023).“Use of bacterial cellulose obtained from kombucha fermentation in spent coffee grounds for active composites based on PLA and maleinized linseed oil.”*Ind. Crops Prod.*vol. 202, no. June, doi: 10.1016/j.indcrop.2023.116971.

[2] Ashrafi,Azam; Maryam Jokar; and Abdorreza Mohammadi Nafchi; (2018).“Preparation and characterization of biocomposite film based on chitosan and kombucha tea as active food packaging.”*Int. J. Biol. Macromol.*vol. 108.pp. 444–454, doi: 10.1016/j.ijbiomac.2017.12.028.

[3] Coelho,Raquel Macedo Dantas; Aryelle Leite de Almeida; Rafael Queiroz Gurgel do Amaral; Robson Nascimento da Mota; and Paulo Henrique M. d. Sousa; (2020).“Kombucha: Review.”*Int. J. Gastron. Food Sci.*vol. 22, no. July.p. 100272, doi: 10.1016/j.ijgfs.2020.100272.

[4] Ramírez Tapias,Yuly A.; M. Victoria Di Monte; Mercedes A. Peltzer; and Andrés G. Salvay;

(2022).“Bacterial cellulose films production by Kombucha symbiotic community cultured on different herbal infusions.”*Food Chem.*vol. 372, no. June 2021, doi: 10.1016/j.foodchem.2021.131346.

[5] Agüero,Ángel; *et al.*; (2023).“Plasticized Mechanical Recycled PLA Films Reinforced with Microbial Cellulose Particles Obtained from Kombucha Fermented in Yerba Mate Waste.”*Polymers (Basel).*vol. 15, no. 2, doi: 10.3390/polym15020285.

Desarrollo de películas multicapa recicladas y reciclables basadas en PLA/caseinato/PLA reforzadas con celulosa bacteriana de fermentación de Kombucha

Faba, Simón[(1)], Dos Santos, Laura[(1),(2)], Agüero, Ángel[(1),(3)], Arrieta, Marina P[(1),(4)]

(1) Departamento de Ingeniería Química Industrial y del Medio Ambiente, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Madrid, ETSII-UPM, 28006, Madrid, España.
simon.faba@alumnos.upm.es, m.arrieta@upm.es

(2) Département de Chimie, Sorbonne Université, 75005, Paris, Francia.
laura.dos_santos@etu.sorbonne-universite.fr

(3) Instituto Universitario de Tecnología de Materiales, Universitat Politècnica de València, IUTM-UPV, 03801, Alcoy, España. anagrod@upv.es

(4) Grupo de Investigación: Polímeros, Caracterización y Aplicaciones (POLCA), 28006 Madrid, España.

RESUMEN

En este trabajo se desarrollaron películas de tres capas basadas en films de caseinato sódico (SC) plastificado como capa intermedia, para mejorar la compatibilidad entre dos capas exteriores de poli(ácido láctico) reciclado mecánicamente (rPLA). Además, la capa interior a base de rPLA se cargó con 0,5% y 1 % en peso de celulosa bacteriana de kombucha fermentada en residuos de café (KC) para obtener formulaciones de envasado activo de alimentos con capacidad antioxidante. Las formulaciones obtenidas se caracterizaron en términos de sus propiedades térmicas, mecánicas y de barrera. Los films tricapa mostraron un mejoramiento de las propiedades térmicas por la incorporación de KC, una mejora en las propiedades mecánicas y una disminución de la permeabilidad al vapor de agua, respecto a los films de monocapa SC-G. El sistema tricapa compuesto por nanocomposite cargado con KC (PLA-rPLA/SC/PLA-rPLA-KC) mostró su interés como sistema sostenible para aplicaciones de envasado de alimentos activos biodegradables, en el marco de una bioeconomía circular.

Palabras clave: PLA reciclado, celulosa bacteriana, kombucha, envasado de alimentos.

INTRODUCCIÓN

El elevado uso de plásticos tradicionales, derivados de la petroquímica, ha provocado una gran acumulación de residuos, especialmente en aplicaciones de corta duración como el envasado de alimentos [1]. Esto ha impulsado el desarrollo de materiales más sostenibles basados en materiales reciclados, biobasados y/o compostables [2].

Por otra parte, la valorización de los residuos agroalimentarios ha suscitado un gran interés en la industria de transformación de plásticos para desarrollar formulaciones más sostenibles, que se ajusten al concepto de bioeconomía circular. Es por esto que, en los últimos años, se ha estudiado la celulosa bacteriana derivada de la fermentación de Kombucha, que al ser fermentada con sustancias bioactivas naturales preserva importantes propiedades fisicoquímicas a la matriz, como capacidad antioxidante [3].

Es por esto que, en el presente trabajo, se ha propuesto desarrollar sistemas tricapa basados en un film intermedio de caseinato sódico (SC-G), y dos capas externas de poli(ácido láctico) (PLA) y PLA reprocesado (rPLA). Además, las capas internas (en contacto con el alimento) se han cargado con celulosa bacteriana obtenida de la

fermentación de Kombucha (KC), la que fue fermentada en una infusión de posos de café para revalorizar este residuo, y con la finalidad de obtener materiales con capacidad antioxidante con potencial aplicación en envasado activo de alimentos.

METODOLOGÍA

Obtención de Celulosa Bacteriana de Kombucha fermentada

La celulosa bacteriana se obtuvo a partir de la fermentación de Kombucha. Inicialmente se fermentó un *SCOBY* (de sus siglas en Inglés, *Symbiotic Community Of Bacteria and Yeast*) en una infusión inicial a base de residuos de posos de café obtenidos de la cafetería de la ETSII-UPM, con la finalidad de obtener formulaciones de envasado activo antioxidantes, ya que la celulosa bacteriana absorbe polifenoles de la infusión durante la fermentación [4]. Para preparar estas infusiones se añadieron 7 g de posos de café a 1 L de agua destilada y se infusionaron a 40ºC durante 30 min. Posteriormente, tras la separación de los posos de café del líquido por filtrado, se mezcló con 1 L de agua azucarada en la que se disolvieron 300 g de sacarosa. El *SCOBY* de Kombucha en su propio cultivo nativo (500 mL), se colocó en un recipiente de vidrio con un litro de infusión inicial a base de café (7 $g \cdot L^{-1}$) y sacarosa (100 $g \cdot L^{-1}$). Este caldo se cultivó y se mantuvo en condiciones estáticas a 25 ± 2 ºC por 30 días. Tras el tiempo de incubación, la colonia inicial creció y formó varias capas de nuevo *SCOBY*, conocido como *SCOBY* hijo. Posteriormente, se recogieron los *SCOBY* hijos flotando en la superficie y se denominaron Kombucha de café (KC). Estos discos se enjuagaron tres veces con agua desionizada y se esterilizaron en una autoclave de vapor a 121 ºC y 105 kPa durante 15 minutos.

A continuación, los discos de celulosa de Kombucha se cortaron en trozos pequeños y se dispersaron en agua desionizada, luego se homogeneizaron en 4 ciclos de 30 s a 30.000 rpm mediante Ultra-turrax 45/2 (IKA-Werke, Alemania). Luego, se filtró el exceso de líquido a vacío utilizando un embudo Buchner con papel filtro (Ref. 440) y el material obtenido se depositó en placas de Petri y se secó en horno a 40 ºC durante 48 h. Por último, la celulosa bacteriana obtenida se trituró en un molino IKA A10 (Staufen, Alemania), se tamizó (<45 μm) y se almacenó en un desecador.

Reprocesado de PLA

El PLA se reprocesó por extrusión (rPLA), para simular la revalorización de residuos generados durante la elaboración de filamento de impresión 3D, utilizando una extrusora monohusillo (Maker compost 3Devo, Países Bajos) con un perfil de temperaturas de 170 a 190 ºC a una velocidad de tornillo de 4,5 rpm.

Preparación de los films monocapa y multicapa

Para el desarrollo de los sistemas multicapa se elaboraron en primera instancia los films monocapa de cada formulación. Para ello, los pellets de PLA virgen, los pellets de rPLA y la celulosa producida de Kombucha (CK) se secaron a 80 ºC durante 24 h. El PLA se mezcló con un 30%p/p de rPLA. El plastificante, acetil tributil citrato (ATBC), se añadió al 15 %p/p respecto a la matriz polimérica. El polvo de CK se adicionó en dos proporciones diferentes, 0,5 %p/p y 1%p/p. Además, también se fabricaron films de PLA puro y r-PLA plastificado sin KC como control. Los materiales se prepararon en la Extrusora de filamento con un perfil de temperaturas de 170 a 190 ºC a una velocidad de tornillo de 4.5 rpm. Los films se obtuvieron mediante moldeo por compresión a 200 °C en una prensa de placas calientes Mr. Hide Extracts (Tarragona, España) durante 2 min sin presión, luego 1 min a 31 kg_f/cm^2, 2 min a 102 kg_f/cm^2 y se enfriaron a

temperatura ambiente por 10 min. Por su parte, los films de caseinato sódico plastificados con glicerol al 35% en peso (SC-G), se elaboraron siguiendo la metodología de *solvent-casting* previamente desarrollada [5].

Finalmente, se desarrollaron films de tres capas basadas en una película de caseinato sódico plastificado (SC-G) como capa intermedia y dos capas exteriores de PLA y 30 %p/p de rPLA . Los films tricapa se ensamblaron en la prensa de placas calientes a 130 °C durante 2 min sin presión y luego 2 min a 102 kg_f/cm^2. Se utilizaron tres formulaciones de films tricapa etiquetadas como: PLA-rPLA-ATBC/SC-G/ PLA-rPLA-ATBC, PLA-rPLA-ATBC/SC-G/ PLA-rPLA-ATBC-0.5%KC y PLA-rPLA-ATBC/SC-G/ PLA-rPLA-ATBC-1.0%KC.

Ensayos de caracterización de films desarrollados

Las formulaciones obtenidas se caracterizaron en términos de sus propiedades térmicas, mecánicas y de barrera al vapor de agua.

Las propiedades mecánicas se analizaron mediante un ensayo de tracción utilizando una máquina de tracción Shimadzu AGS-X 100 N (Shimadzu Corporation, Japón), empleando una celda de carga de 100 N y una velocidad de 10 mm min^{-1}. Los ensayos se realizaron con al menos cinco muestras de tamaño 5 × 50 mm^2 y una longitud inicial de 30 mm.

Las propiedades térmicas se estudiaron mediante análisis termogravimétrico (TGA), para evaluar la estabilidad térmica de las diferentes formulaciones estudiadas, utilizando una termobalanza TGA2050 (TA Instrument, EE.UU.). La temperatura de inicio de la degradación ($T_{d5\%}$) se calculó al 5% de la pérdida de masa y la temperatura de máxima velocidad de degradación (T_{max}) se determinó a partir del pico de la primera derivada de las curvas termogravimétricas (DTGA).

Las mediciones de la tasa de transmisión de vapor de agua (WVTR) de los films se determinaron por gravimetría, de acuerdo con la norma ISO 2528. Se llenaron copas de permeabilidad con 2 g de gel de sílice seco (agente desecante), se sellaron con cada formulación de film, exponiendo un área de 10 cm^2 y, finalmente, se pesaron. Las copas de permeabilidad se expusieron a una atmósfera de 90% ± 10 % HR (generada por una solución saturada de KNO_3) en un desecador a 23 ± 1 °C. A continuación, las copas de permeabilidad se volvieron a pesar cada hora durante 6 h, y la WVTR ($g/cm^2 \cdot 24h$), se calculó a partir de la siguiente ecuación:

$$\mathrm{WVTR} = \frac{240 \cdot (m_t - m_0)}{A \cdot t}$$

donde m_t es la masa del vaso en un tiempo t, m_0 es la masa inicial del vaso y A es el área expuesta de los films [5].

RESULTADOS

Se obtuvieron con éxito películas transparentes y homogéneas a base de PLA-rPLA-ATBC y SC-G, además de films de PLA-rPLA-ATBC cargados con 0,5%p/p y 1,0%p/p de KC. Estos presentaron buena adhesión entre las capas de PLA y SC, atribuida a las interacciones de enlace de hidrógeno [2].

En la Tabla 1 se presentan los parámetros termogravimétricos obtenidos de las curvas TGA y su primera derivada DTGA (Figura 1). Los films tricapa demostraron que la degradación térmica difiere considerablemente con respecto al análisis individual de los films monocapa. El film de SC-G presentó una menor resistencia térmica con una $T_{d5\%}$

de 130,7 ºC. Así mismo, las temperaturas de inicio de degradación para los films tricapa resultaron ligeramente menores que los films de PLA y PLA-rPLA-ATBC (reducción de 48ºC aproximadamente).

Por otra parte, KC presentó una resistencia térmica mayor que los films de PLA-rPLA-ATBC. Así, al añadir este refuerzo, los films tricapa (0.5 %KC y 1%KC) presentaron una temperatura de degradación máxima similar a las obtenidas de los monocapa. Esto demuestra que la adición de partículas de KC mejora la resistencia del PLA, protegiéndolo de la degradación térmica durante el procesamiento, y en los sistemas tricapa desarrollados permitió aumentar la resistencia térmica de la monocapa de SC. Aunque los films tricapa disminuyeron ligeramente el inicio de la degradación térmica, todos los films resultaron térmicamente estables a la temperatura de procesado y a la temperatura de uso previsto.

Tabla 1. Temperatura inicial de degradación al 5% de pérdida de masa ($T_{d5\%}$) y de máxima velocidad de degradación ($T_{máx}$) de KC, films monocapa y multicapa obtenidos.

Muestra	$T_{d5\%}$ (ºC)	$T_{máx}$ (ºC)
KC	234,3	327,7
SC-G	130,7	310,7
PLA-rPLA-ATBC	242,4	353,5
PLA-rPLA-ATBC-0.5%KC	224,4	353,3
PLA-rPLA-ATBC-1.0%KC	211,9	353,1
PLA-rPLA-ATBC/SC-G/PLA-rPLA-ATBC	198,4	288,9
PLA-rPLA-ATBC/SC-G/PLA-rPLA-ATBC-0.5%KC	167,3	317,8
PLA-rPLA-ATBC/SC-G/PLA-rPLA-ATBC-1.0%KC	194,3	353,1

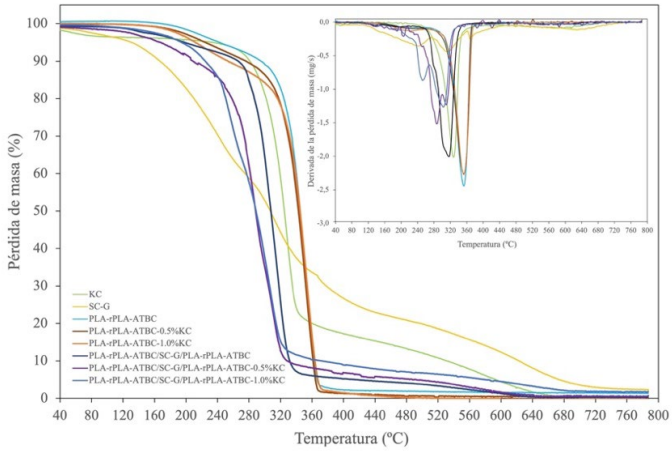


Figura 1. Curvas termogravimétricas (TGA) y primera derivada DTGA (inserto) de KC, films monocapa y films multicapa obtenidos.

En la Figura 2 se presentan los valores de módulo de Young (A), resistencia a la tracción (B) y Alargamiento a la rotura (C). Se observó que el comportamiento a la tracción del SC-G es dúctil en comparación a las otras formulaciones en base a PLA. Mientras que los films a base de PLA-rPLA plastificado presentaron mayor fragilidad, con una baja deformación y un mayor módulo de Young en comparación con SC-G. Asimismo, se observó que la adición del KC disminuye el módulo de Young y la resistencia a la tracción de los films monocapa. Sin embargo, los films tricapa mostraron un comportamiento mecánico similar al de los films monocapa cargados con KC, mejorando las propiedades de los films monocapa SC-G.

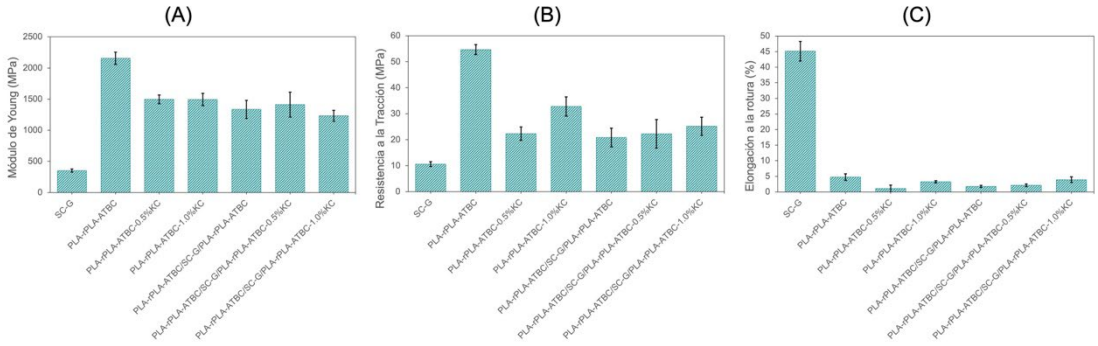


Figura 2. Propiedades mecánicas de films monocapa y tricapa desarrollados: (A) Módulo de Young; (B) Resistencia máxima; (C) Alargamiento a la rotura.

Las propiedades de barrera del material frente a los gases desempeñan un papel fundamental en las aplicaciones de envasado de alimentos, siendo la humedad uno de los factores más comunes en este campo, debido a la presencia de humedad tanto en el alimento como en el ambiente [2,4]. En la Figura 3, se presentan los valores de WVTR (normalizados al espesor del film) de las diferentes formulaciones de films (monocapa y tricapa). Por un lado, la muestra de SC-G presentó el mayor valor de WVTR de los films, debido al carácter hidrofílico de las moléculas de caseinato [2]. Sin embargo, los films que contenían SC-G en su capa intermedia, presentaron valores similares a los obtenidos por los films monocapa en base a PLA-rPLA. Se observó un ligero aumento en el valor de WVTR de las muestras de PLA-rPLA-ATBC, con respecto al PLA-rPLA control. Este aumento en la permeabilidad, podría estar relacionado con el mecanismo de plastificación ejercido por el ATBC en la matriz de PLA. Este plastificante aumenta la movilidad de las cadenas poliméricas, aumentando el volumen libre y en consecuencia favorece la difusión del vapor de agua [4]. Al proteger la capa interna de caseinato sódico del agua, los valores de WVTR fueron similares que los del PLA-rPLA, pero considerablemente mejores que los de la película de caseinato sódico puro.

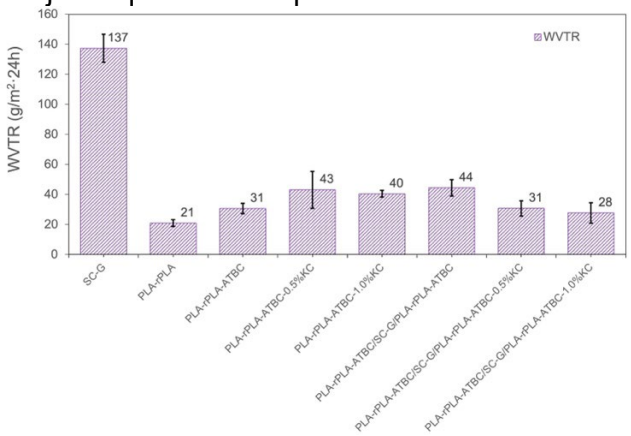


Figura 3. Tasa de transmisión de vapor de agua (WVTR) de los films monocapa y multicapa obtenidos.

CONCLUSIONES

Se obtuvieron con éxito films transparentes y homogéneos a base de PLA-rPLA y SC, plastificados con ABTC y glicerol, respectivamente. Se demostró que KC mejora la estabilidad térmica del PLA. Aunque las películas multicapa disminuyeron ligeramente el inicio de la degradación térmica, todas las películas fueron térmicamente estables a la temperatura procesamiento y al uso previsto. Las propiedades mecánicas mostraron

que los films de SC tienen mayor ductilidad, mientras que el PLA/r-PLA plastificado muestra una mayor fragilidad con baja deformación y mayor módulo. Los sistemas tricapa mostraron comportamientos mecánicos similares al del PLA-rPLA control. El buen comportamiento de estas propiedades se atribuyó a la buena adhesión entre las capas de PLA y SC-G, atribuida a las interacciones de enlace de hidrógeno. Se demostró que, al proteger la capa interna de caseinato del agua, los valores de permeabilidad al vapor de agua fueron similares que los del PLA-rPLA-ATBC, pero considerablemente mejores que los de la película de SC-G.

Finalmente, el sistema tricapa compuesto por composites cargados con KC (PLA-rPLA-ATBC/SC-G/ PLA-rPLA-ATBC-KC) mostró su interés como sistema sostenible de envasado antioxidante de alimentos, lo que pone de manifiesto la idoneidad de estas estructuras poliméricas tricapa, para aplicaciones de envasado de alimentos activos biodegradables, hacia una bioeconomía circular.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por los proyectos de I+D+i PID2021-123753NA-C32 por MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y por “FEDER Una manera de hacer Europa” y TED2021-129920A-C43 y CNS2022-136064 por MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y por la “Unión Europea NextGenerationEU/PRTR”. Ángel Agüero Rodríguez agradece su contrato postdoctoral Margarita Salas con la Universitat Politècnica de València, financiado, a través del Ministerio de Universidades, por la Unión Europea-Next generation EU. Simón Faba agradece a la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID-Chile) por la Beca Postoctoral en el Extranjero (Folio 74230053).

REFERENCIAS

[1] Singh, Narendra; Ogunseitan, Oladele A.; Wong, Ming Hung; Tang, Yuanyuan (2022). “Sustainable materials alternative to petrochemical plastics pollution: A review analysis”. *Sustainable Horizons*, v. 2, p. 100016. https://doi.org/10.1016/j.horiz.2022.100016

[2] Arrieta, Marina P.; Beltrán, Freddys; Abarca, Sara; Gaspar, Gerald; Sánchez, Rafael; Ulagares, María; Martínez, Joaquín (2022). “Development of tri-layer antioxidant packaging systems based on recycled PLA/sodium caseinate/recycled PLA reinforced with lignocellulosic nanoparticles extracted from yerba mate waste”. *Express Polymer Letters*, v. 16, n. 8, p.p. 881–900. https://doi.org/10.3144/expresspolymlett.2022.64

[3] Ramírez Tapias, Yuly A.; Di Monte, M. Victoria; Peltzer, Mercedes A.; Salvay, Andrés G. (2022). “Bacterial cellulose films production by Kombucha symbiotic community cultured on different herbal infusions”. *Food Chemistry*, v. 372, p. 131346 https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131346

[4] Agüero, Á.; Lascano, D.; Ivorra-Martínez, J.; Gómez-Caturla, J.; Arrieta M.P.; Balart R. (2023). “Use of bacterial cellulose obtained from kombucha fermentation in spent coffee grounds for active composites based on PLA and maleinized linseed oil”. *Industrial Crops & Products*, v. 202, p.p.116971. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.116971

[5] Arrieta, Marina P.; Peltzer, Mercedes A.; López, Juan; Garrigós, María del C.; Valente, Artur J. M.; Jiménez, Alfonso (2014). “Functional properties of sodium and calcium caseinate antimicrobial active films containing carvacrol”. *Journal of Food Engineering*, v. 121, p.p. 94–101. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.08.015

Asistentes de voz en tiempo real impulsados por inteligencia artificial para el aprendizaje interactivo

Aliaga-Torro, Carlos[(1)], Linares-Pellicer, Jordi[(1)], Ferri-Molla, Isabel[(1)], Izquierdo-Domenech, Juan[(1)]

(1) Valencian Research Institute for Artificial Intelligence (VRAIN). Universitat Politècnica de València. (calitor@upv.es, jorlipel@upv.es, isfermol@upv.es, juaizdom@upv.es)

RESUMEN

El trabajo presentado en este estudio muestra el desarrollo de un asistente de voz impulsado por IA que busca revolucionar las interacciones educativas adaptando a la edad y el contexto del estudiante, proporcionando una experiencia de aprendizaje personalizada y atractiva. El asistente adapta su enfoque de enseñanza al incorporar documentos pertinentes, asegurando que la información sea relevante para las necesidades del usuario. El sistema presentado mejora la participación del usuario y la eficacia educativa al ofrecer varias personalidades del asistente y al acomodar diferentes escenarios de aprendizaje. Facilita la comunicación fluida mediante el uso de tecnología de voz a texto para transcripción en tiempo real y de texto a voz para respuestas conversacionales naturales. Además, un “large language model” (LLM) genera interacciones contextualmente apropiadas y significativas, teniendo en cuenta el perfil del usuario. La integración del “Retrieval-Augmented Generation” (RAG) refina aún más la relevancia y precisión de la información al combinar capacidades generativas con un sistema de recuperación de documentos exhaustivo. Por lo tanto, asegurar una baja latencia en las respuestas es crucial para mantener un flujo conversacional sin interrupciones y sostener el interés y la satisfacción del usuario. Este estudio formal destaca el potencial de las tecnologías avanzadas de IA para crear un asistente de voz educativo, personalizado y altamente eficaz.

Palabras clave: procesamiento de lenguaje natural, educación personalizada, tiempo real, inteligencia artificial, modelos de lenguaje

INTRODUCCIÓN

La integración de la Inteligencia Artificial (IA) en la educación está dejando de ser una simple tendencia para convertirse en un verdadero motor de cambio, transformando la manera en que aprendemos. Herramientas innovadoras, como los asistentes de voz, están revolucionando la experiencia educativa al actuar como tutores personalizados, adaptando la enseñanza a cada estudiante y brindando retroalimentación instantánea para mejorar el aprendizaje [1].

Estos asistentes no son solo dispositivos tecnológicos; se convierten en compañeros de estudio capaces de mantener conversaciones naturales, responder preguntas complejas y adaptarse a las necesidades únicas de cada persona. De esta forma, los estudiantes no solo reciben información, sino que se sienten acompañados en su proceso, como si tuvieran a un tutor disponible siempre para ellos. Sin embargo, aunque asistentes como Siri o Alexa son útiles en la vida diaria, su falta de enfoque educativo especializado muestra la urgencia de desarrollar IA dirigida específicamente al ámbito educativo [2, 3].

Más allá de los asistentes de voz, la IA tiene aplicaciones muy diversas dentro del campo de la educación. Automatiza tareas administrativas como la calificación y la planificación de clases, permitiendo que los docentes dediquen más tiempo a lo realmente importante: interactuar directamente con los estudiantes y personalizar sus enseñanzas. Además, herramientas basadas en IA pueden crear contenido inteligente, desde libros de texto digitales interactivos hasta simulaciones virtuales, haciendo que temas complicados se vuelvan más claros y atractivos para los estudiantes [4].

Pero el impacto de la IA va más allá de mejorar el rendimiento académico. Esta tecnología tiene el potencial de hacer la educación más inclusiva. Se están desarrollando plataformas que adaptan los contenidos según el progreso y las necesidades de cada estudiante, lo que permite identificar y solucionar las dificultades de aprendizaje en tiempo real. Esto asegura que cada estudiante reciba el apoyo necesario para avanzar a su propio ritmo y lograr mejores resultados [5]. Además, la IA también puede ser una gran aliada para aquellos con discapacidades, ofreciendo servicios como la transcripción en tiempo real o la traducción de idiomas, como ya ocurre con aplicaciones como Khanmigo o Duolingo [6, 7].

Por último, la IA también ha dado lugar a libros de texto digitales que pueden adaptarse a diferentes estilos de aprendizaje, incluyendo videos en lengua de señas, interactividad o conversión de texto a voz. Los tutores y mentores virtuales impulsados por IA no solo ofrecen apoyo en el aprendizaje, sino que también ayudan a los estudiantes a prepararse para futuros desafíos, brindándoles confianza y herramientas para enfrentar lo que venga [8].

OBJETIVOS

Este estudio propone el desarrollo de un asistente de voz impulsado por IA, que funcione como un profesor personalizado, adaptándose a la edad y al contexto del estudiante. Lo que distingue a este asistente es su capacidad para procesar y priorizar documentos, enfocándose en la información más relevante, ajustada a las necesidades del usuario. Además, ofrece una variedad de personalidades de asistente para adaptarse a diferentes situaciones, mejorando así la participación y la efectividad.

Los seres humanos se comunican de manera natural a través de la conversación, lo que genera una sensación de familiaridad y comodidad para el usuario. De manera similar, el asistente utiliza la comunicación por voz para lograr este objetivo, aprovechando dos tecnologías clave que aseguran una interacción fluida y eficaz. El primer módulo, la tecnología de voz a texto, produce transcripciones de la voz del usuario, convirtiendo el lenguaje hablado en texto escrito en tiempo real. Esto permite que el asistente entienda y procese la entrada de manera precisa, a la vez que ofrece al usuario la posibilidad de revisar e interactuar con el material a su propio ritmo. El segundo módulo, la tecnología de texto a voz, convierte el texto escrito de nuevo en lenguaje hablado, lo que permite que el asistente responda de manera natural y conversacional utilizando voces sintéticas que pueden expresar diferentes tonos y emociones, adaptando su estilo de comunicación para ser más atractivo y adecuado a diversos contextos.

El asistente incorpora un potente LLM crucial para generar respuestas adaptadas a la edad, la cultura y la sociedad educativa. Esta característica asegura que el asistente pueda proporcionar respuestas contextualmente apropiadas y significativas, mejorando la experiencia conversacional y haciéndola más relevante para los antecedentes y necesidades del usuario. El LLM incluye mecanismos de solicitud que permiten

incorporar diferentes "personalidades" para el asistente, lo que mejora la participación y la efectividad [9].

Para obtener una mayor adaptación, el asistente utiliza la técnica RAG para mejorar la relevancia y precisión de la información proporcionada [10]. RAG combina las capacidades generativas del LLM con un sistema de recuperación que extrae información de una vasta base de datos de documentos proporcionados por el docente. Este enfoque asegura que las respuestas sean contextualmente apropiadas, fácticamente precisas y actualizadas, lo que incrementa la fiabilidad y utilidad del asistente. La Figura 1 ilustra el flujo de trabajo de este asistente educativo basado en voz y cómo interactúan los distintos elementos.

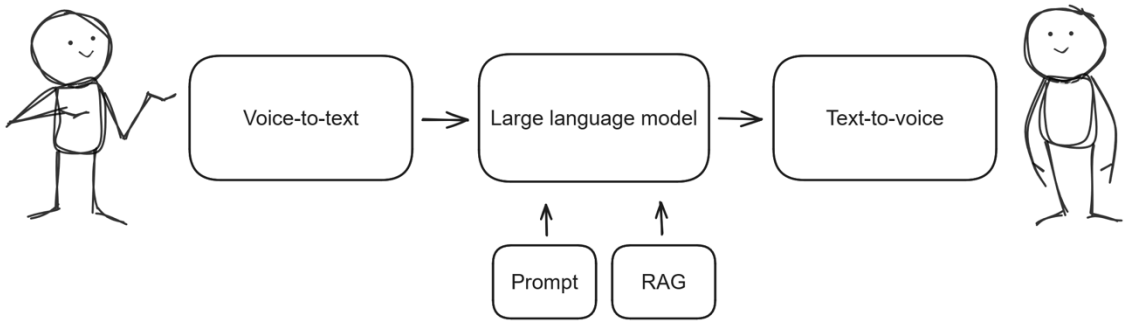


Figura 1. Flujo de trabajo del asistente.

Además, lograr una baja latencia en las respuestas del asistente es crucial para mantener una conversación fluida. Una baja latencia asegura que las interacciones se sientan inmediatas e intuitivas, evitando interrupciones en el ritmo natural del diálogo. Al minimizar los retrasos, el asistente de voz puede responder instantáneamente, creando una experiencia conversacional fluida y atractiva que mejora la satisfacción del usuario y la efectividad.

RESULTADOS

Durante la fase de implementación, probamos y evaluamos rigurosamente diversas tecnologías disponibles. Para evaluar su efectividad, seleccionamos meticulosamente un conjunto de métricas que indican el rango de confort en los tiempos de respuesta, crucial para mantener conversaciones fluidas en un entorno educativo. La Tabla 1 muestra estos rangos de tiempo, proporcionando una guía clara sobre los objetivos temporales que buscamos alcanzar [11].

Tabla 1. Rangos de tiempo de respuesta y sus características en una conversación.

Rango de tiempo (ms)	Situación	Sensación de la respuesta
Menos de 150 ms	Demasiado rápido	Acelerado y poco natural
150 - 200 ms	Respuesta rápida	Inmediato, pero aún parece apresurado
200 – 500 ms	Conversaciones generales	Equilibrado y natural

500 ms – 1 segundo	Explicación detallada	Temas complejos, ideal para discusiones educativas
1 - 2 segundos	Respuestas reflexivas	Explicación detallada o pensamiento reflexivo, interrumpe si es excesivo
Más de 2 segundos	Retrasos disruptivos	Rompe la conversación, puede dificultar el diálogo interactivo

Analizamos comparativos diversas tecnologías para cada componente necesario para alcanzar la latencia deseada, garantizando respuestas de alta calidad. Para el segmento de voz a texto, evaluamos Deepgram y OpenAI Whisper. En la categoría de modelos de lenguaje extenso (LLM), evaluamos Llama3, desplegado por Groq, y GPT-4o. Finalmente, para el componente final, probamos tanto Deepgram como el motor de voz de OpenAI. Estas tecnologías fueron seleccionadas por su rendimiento líder en el mercado, asegurando confianza en sus capacidades. Una vez seleccionadas, se realizó una comparación detallada de sus latencias de sistema.

Nuestros experimentos revelaron que Whisper de OpenAI carece de capacidades de transmisión en tiempo real, transcribiendo a una tasa de 0.25 segundos por segundo de audio. En contraste, Deepgram admite transmisión y ofrece respuestas en tiempo real con una latencia de solo 300 milisegundos. En cuanto a los modelos de lenguaje extenso, GPT-4o procesa un promedio de 70 tokens por segundo, mientras que el modelo de Groq procesa hasta 900 tokens por segundo. Un problema similar se encontró con el componente final, ya que Deepgram admite transmisión de audio, a diferencia de OpenAI, lo que conduce a tiempos de respuesta significativamente más rápidos. Sin embargo, la principal limitación de Deepgram es que solo soporta el procesamiento para el inglés, lo que presenta un desafío al procesar otros idiomas, como el español. Bajo condiciones óptimas, el tiempo promedio desde que el usuario habla hasta que el asistente responde es de aproximadamente 1230 milisegundos.

La implementación de un sistema RAG simple mejora significativamente la capacidad del LLM para responder a contenido desconocido, mejorando así la precisión contextual. Langchain se utilizó como componente central junto con Faiss, una eficiente búsqueda de similitud para los documentos generados a partir de la división de PDFs que se quieren considerar en la respuesta [12, 13]. El elemento más crítico en la generación de respuestas es el prompt, que está diseñado para permitir que el LLM funcione como un asistente conversacional utilizando un lenguaje claro, simple y natural. Este prompt asegura que las respuestas sean breves, concisas y relevantes, a menos que se solicite explícitamente más profundidad. Fomenta hacer preguntas aclaratorias cuando sea necesario, conectar ideas de manera fluida y evitar suposiciones. Además, el prompt enfatiza mantener un tono de apoyo y empatía, especialmente al abordar preocupaciones personales, y evitar consejos específicos en áreas delicadas. La adaptación al usuario se potencia aún más estableciendo parámetros como la edad y el país en el prompt.

CONCLUSIONES

En conclusión, este desarrollo demostró con éxito las capacidades de los asistentes de voz en tiempo real, impulsados por modelos de lenguaje extenso (LLMs), para funcionar como herramientas educativas eficaces. El proceso comenzó explorando y evaluando de manera independiente las tecnologías necesarias para seleccionar las mejores opciones en calidad y baja latencia. La implementación de la generación aumentada por recuperación mejoró aún más la capacidad del modelo para proporcionar respuestas

específicas. No obstante, fue el esfuerzo significativo dedicado a perfeccionar los prompts del modelo lo que verdaderamente aseguró que el modelo de lenguaje extenso se adaptara sin problemas al contexto específico de las conversaciones educativas, subrayando la importancia de este trabajo en la configuración del comportamiento del modelo.

Los resultados indicaron que, con las tecnologías actuales empleadas, se logró desarrollar un asistente educativo basado en voz con una latencia de 1200 ± 100 milisegundos bajo condiciones normales. También se destacó la importancia del prompt en la configuración del comportamiento del modelo, permitiendo al asistente participar en conversaciones similares a las humanas y adaptar sus respuestas a las características individuales de cada usuario. Este proyecto resalta el potencial de los modelos avanzados de lenguaje extenso para revolucionar las interacciones educativas, proporcionando un apoyo personalizado y receptivo a los estudiantes.

REFERENCIAS

[1] Zaid Al Mamari, Rihab; Manar Ahmed Al Mamair; Nouf Mohammed Al Balushi; and DrFaizal Hajamohideen; (2023).“University Intelligent Voice Assistance: AI Based Digital Academic Assistance For Supporting Students.”J. IoT Intell. Solut. | .vol. 1, no. 1.pp. 10–19, Accessed: Jun. 25, 2024. [Online]. Available: https://jiotis.com/index.php/en/article/view/2

[2] “Siri - Apple” https://www.apple.com/siri/ (accessed Jun. 27, 2024)

[3] “Amazon Alexa Voice AI | Alexa Developer Official Site” https://developer.amazon.com/en-US/alexa (accessed Jun. 27, 2024)

[4] Chiu, Thomas K. F.; Qi Xia; Xinyan Zhou; Ching Sing Chai; and Miaoting Cheng; (2023).“Systematic literature review on opportunities, challenges, and future research recommendations of artificial intelligence in education.”Comput. Educ. Artif. Intell.vol. 4.p. 100118, http://dx.doi.org/10.1016/J.CAEAI.2022.100118

[5] Rane, Nitin Liladhar; (2024).“Education 4.0 and 5.0: integrating Artificial Intelligence (AI) for personalized and adaptive learning.”J. Artif. Intell. Robot., http://dx.doi.org/10.61577/jaiar.2024.100006

[6] “Duolingo Max Uses OpenAI’s GPT-4 For New Learning Features.” https://blog.duolingo.com/duolingo-max/ (accessed Jun. 26, 2024)

[7] “Meet Khanmigo: Khan Academy’s AI-powered teaching assistant & tutor.” https://www.khanmigo.ai/ (accessed Jun. 26, 2024)

[8] Bhatti, Iftikhar; Syed Farooq Mohi-U-din; Yawar Hayat; and Mehtab Tariq; (2024).“Artificial Intelligence Applications for Students with Learning Disabilities: A Systematic Review.”Eur. J. Sci. Innov. Technol.vol. 4, no. 2.pp. 40–56, [Online]. Available: https://ejsit-journal.com/index.php/ejsit/article/view/397

[9] Cain, William; (2024).“Prompting Change: Exploring Prompt Engineering in Large Language Model AI and Its Potential to Transform Education.”TechTrends.vol. 68, no. 1.pp. 47–57, http://dx.doi.org/10.1007/S11528-023-00896-0

[10] Lewis, Patrick; et al.; (2020).“Retrieval-Augmented Generation for Knowledge-Intensive NLP Tasks.”Adv. Neural Inf. Process. Syst.vol. 2020–December, Accessed: Jun. 25, 2024. [Online]. Available: https://arxiv.org/abs/2005.11401v4

[11] Levinson, Stephen C.; and Francisco Torreira; (2015).“Timing in turn-taking and its implications for processing models of language.”Front. Psychol.vol. 6, no. JUN.p. 136034, http://dx.doi.org/10.3389/FPSYG.2015.00731

[12] Douze, Matthijs; et al.; (2024).“The Faiss library”, Accessed: Jun. 26, 2024. [Online]. Available: https://arxiv.org/abs/2401.08281v1

[13] “LangChain.” https://www.langchain.com/ (accessed Jun. 26, 2024)

Tratamiento y análisis de series temporales de índices espectrales para detectar cambios en la cobertura vegetal

Pachacama-Vallejo, Kenneth[(1)], Balaguer-Beser, Ángel[(1)]
(1) Grupo de cartografía Geo-Ambiental y teledetección (CGAT-UPV), Universitat Politècnica de València, Camí de Vera, s/n, 46022 València, España; kpachac@doctor.upv.es; abalague@mat.upv.es

RESUMEN

Los índices espectrales son ampliamente utilizados para el estudio de la cobertura vegetal y de toda la superficie terrestre. Estos utilizan porciones del espectro electromagnético, principalmente las longitudes de onda del rojo e infrarrojo cercano para caracterizar el comportamiento biofísico de las plantas. En este trabajo se han usado imágenes satelitales de Sentinel-2 almacenadas en los repositorios de Google Earth Engine para crear series temporales de diferentes índices espectrales para analizar el comportamiento de la cobertura vegetal en parcelas, previamente seleccionadas, dentro de la Comunitat Valenciana. Estas series fueron tratadas a través de una metodología que usa distintos indicadores: umbrales del NDVI, coeficiente de variación en un buffer circular, mediana cada 3 fechas y finalmente la interpolación de Savitzky-Golay, para eliminar las anomalías que pueden provenir de diferentes fuentes, entre ellas la presencia de nubes, y por tanto no permiten discriminar de forma fiable un comportamiento acorde a la realidad biofísica del terreno. La metodología implementada produjo una visible reducción del ruido y puntos anómalos en las series temporales y fue aplicada para analizar el escenario antes y después del incendio ocurrido en el municipio de Bejís el 15 de agosto del 2022. El resultado permitió discriminar, en una serie temporal limpia, el marcado decrecimiento de las curvas de índices espectrales en la fecha del siniestro y su leve pero constante incremento en el paso del tiempo, que es consistente con una regeneración natural de la cobertura vegetal post incendio.

Palabras clave: índice espectral; serie temporal; Savitzky-Golay.

INTRODUCCION

La aplicación de series temporales para el análisis de imágenes satelitales permite analizar información sobre la fenología de la vegetación [1]. La vegetación activa absorbe prácticamente toda la porción de energía del espectro electromagnético correspondiente al rojo a la vez que refleja de forma bastante eficiente la longitud de onda del infrarrojo cercano debido a la estructura de la planta, actividad fotosintética o función clorofílica [2]. Esta característica permite la construcción de índices espectrales que respondan específicamente al comportamiento de la vegetación como el conocido índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI por sus siglas en inglés). Los índices espectrales y de vegetación son el producto del análisis de imágenes satelitales y han servido como variables predictoras para la estimación de parámetros en varios ecosistemas de España [3]. También han sido usados para otros estudios como; la agricultura de precisión o análisis hidrológicos [4]. Con la ayuda de estos índices se han logrado ajustar modelos empíricos, basados en datos de campo, para predecir el contenido de humedad de combustible vivo (HCV) en lugares como al oeste de Italia o al sur de Francia [2]. Además del NDVI, otros índices espectrales se han utilizado para

estimar la HCV, como el índice de vegetación verde (Vgreen) y el índice de resistencia atmosférica visible (VARI) [5]. El objetivo del presente trabajo es extraer series temporales de diferentes índices espectrales en un área de estudio y realizar una depuración de valores anómalos originados por diferentes causas, como la presencia de nubes, para poder detectar cambios en la cobertura vegetal del territorio.

METODOLOGÍA

Zona de estudio y obtención de datos

La zona de estudio se encuentra ubicada en la Comunitat Valenciana situada al sureste de la Península Ibérica, en el litoral del mar Mediterráneo. Según el Plan Nacional Territorial Forestal (PATFOR), para determinar que una extensión de suelo es forestal, se propone como criterio inequívoco que la fracción de cabida cubierta de especies forestales arbóreas sea superior al 30% medido como máximo a nivel de subparcela catastral. Para este estudio se usó la geolocalización de puntos de muestreo en algunas parcelas forestales de la Comunidad Valenciana. Obtenida la posición del centro de cada punto de muestreo, se realizó un *buffer* de 30 metros alrededor de cada centro precautelando que cada polígono cubra áreas homogéneas de la vegetación de la zona y no entre en conflicto con estructuras artificiales como podrían ser caminos o edificios.

El tratamiento de imágenes para la creación de índices espectrales se realizó a través de la plataforma *Google Earth Engine* (GEE) donde a través de programación JavaScript se accedió a las imágenes Sentinel-2 Nivel-2A para las fechas comprendidas entre junio del 2019 a octubre del 2021 y se extrajeron las bandas necesarias para la creación de los índices espectrales. Obtenidas las imágenes de índices espectrales para cada escena del periodo de estudio, se calculó la media y desviación estándar de los pixeles que caen dentro de cada buffer de 30 metros correspondiente a las parcelas de muestreo. Para esto, se aplicó el método "*ReduceRegions*" de GEE.

Criterio NDVI y filtro de la mediana

Obtenida la base de datos que contiene todos los índices espectrales, se realizó un análisis del comportamiento de estos índices en las fechas establecidas y su tratamiento, como se muestra en la Figura 1. Para analizar si la respuesta espectral corresponde a vegetación o cualquier otro tipo de estructura sobre el terreno, varios autores han determinado que valores de NDVI<0,2 no corresponden a la detección de un cuerpo vegetal [6] y por eso se han eliminado los datos con NDVI por debajo de 0,2.

En las fechas de cada parcela con NDVI≥0,2, se analizó el coeficiente de variación del NDVI ($NDVI_{CV}$=Desviación típica/media aritmética), que permite determinar el grado de homogeneidad de los pixeles que están dentro del buffer circular de 30 metros. Esto ayuda a determinar que el área analizada contenga una cobertura vegetal similar. Si el coeficiente $NDVI_{CV}$ está próximo al 0, significa que existe poca variabilidad en los datos y es una muestra muy homogénea. En este trabajo se han considerado que valores de $NDVI_{CV}$ entre 0 y 0,2 son indicativos de una homogeneidad dentro de dicho buffer y las fechas de cada parcela que no cumplen dicho criterio han sido eliminadas.

Ya que la serie temporal de un índice espectral en una parcela todavía puede presentar picos que podrían no representar un cambio en la vegetación, se ha aplicado a la serie temporal de cada índice el filtro de la mediana, en el cual, se calcula si la desviación del valor del índice espectral en una fecha respecto a la mediana, calculada en una ventana de tres días, es mayor que la desviación típica de toda la serie temporal del índice espectral. El comparar con la desviación típica de toda la serie evita cambios abruptos poco realistas en el índice espectral dentro de fechas de muestreo consecutivas [7].

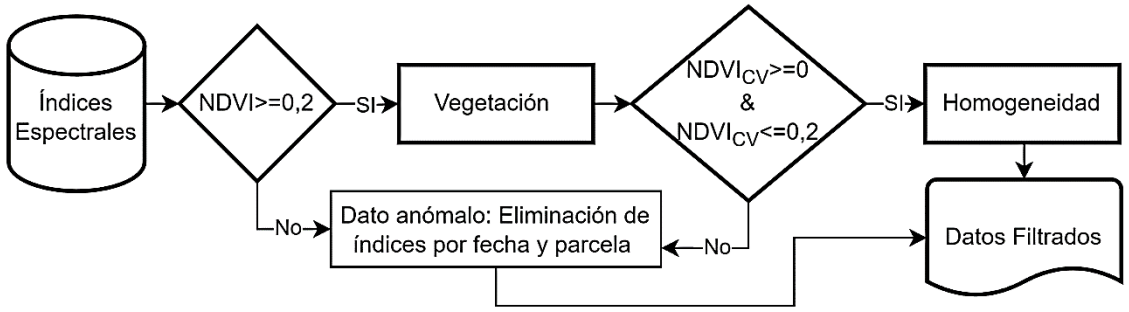


Figura 1. Diagrama de flujo del criterio NDVI y filtro de la mediana para la eliminación de datos anómalos en series temporales de índices espectrales.

De esta forma, para cada $Índice_i$, que representa el valor del índice espectral en determinada fecha y parcela, se calcula μ como la mediana de dicho índice espectral usando una ventana de 3 fechas: la fecha del $Índice_i$, junto a una fecha adelante y una atrás. Considerando que σ corresponde a la desviación típica del índice espectral a lo largo de toda la serie temporal de la parcela que se está estudiando, en caso en que $\left|Índice_i - \mu\right| > \sigma$, se eliminará dicha fecha de la serie temporal del índice en esa parcela.

Interpolación Savitsky-Golay para sustituir los datos eliminados

Para reemplazar los espacios vacíos que han generado el criterio NDVI y el filtro de la Mediana descritos en el apartado anterior se ha aplicado una interpolación usando el método Savitzky-Golay [8], el cual utiliza funciones polinómicas locales para suavizar los datos de la serie temporal y suprimir las perturbaciones, sustituyendo cada uno de los datos por una combinación lineal de valores vecinos, dentro de una ventana definida por el usuario. Este método permite ajustar bien pequeñas fluctuaciones en los datos, siendo también sensible al ruido. La aplicación de este método se ha realizado considerando una ventana de 5 fechas para todos los índices y un polinomio de grado 2. Esta interpolación se ha aplicado a la serie temporal de cada índice en cada parcela.

RESULTADOS

La metodología se ha aplicado a series temporales de diferentes índices espectrales obtenidas en 88 parcelas forestales de la Comunitat Valenciana, con especies de vegetación homogéneas en un buffer circular de 30 m de radio. En la Figura 2 se observa el cálculo del índice espectral NDVI en la parcela número 62 para la serie temporal comprendida entre junio del 2019 y octubre del 2021. La serie temporal presenta varios picos que se deben a la presencia de valores de NDVI muy bajos teniendo una mínima de -0,029 en la fecha julio del 2021. Estos valores por debajo de 0,2 podrían corresponder a la presencia de nubes y se considera al dato como una anomalía dado que se conoce que la parcela está situada en terreno forestal. Además, en el caso en que $NDVI_{CV}$ está fuera del intervalo que va de 0 a 0,2 se considera poca homogeneidad en esa fecha y en esa parcela. En este caso los valores de todos índices espectrales correspondientes a esa fecha y en esa parcela 62 que no cumplen ambas condiciones del criterio de NDVI fueron descartados para el análisis al considerarse una anomalía.

Al aplicar el filtro de la mediana desaparecieron los picos que anteriormente se presentaban en octubre del 2019 y octubre del 2021, dando como resultado una serie temporal más homogénea, tras eliminar aquellos casos donde se presentaban valores que no podrían corresponder a un cambio biofísico real de la vegetación.

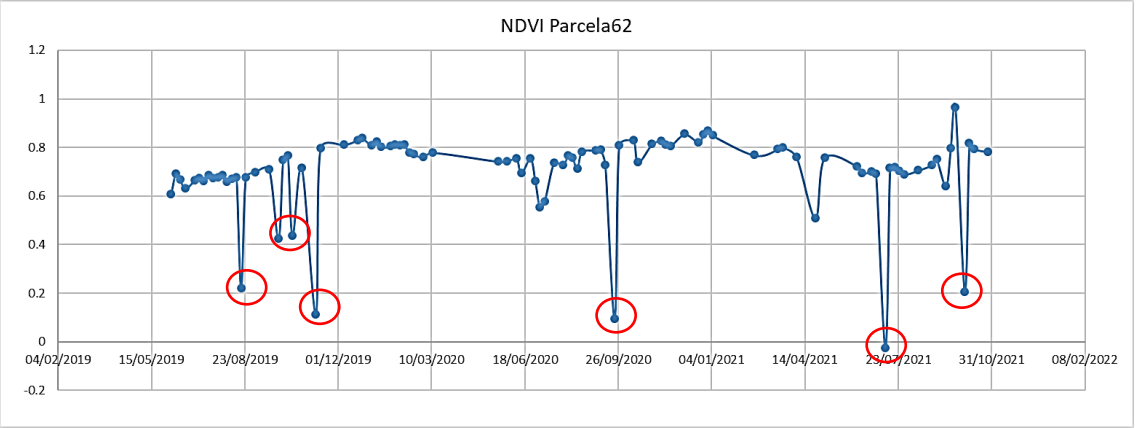


Figura 2. Puntos anómalos, según el criterio NDVI, presentes en la serie temporal del índice espectral NDVI en la parcela número 62.

Una vez eliminados aquellos valores que mostraban un comportamiento anómalo en la serie temporal, se generaron huecos en la misma que corresponden a fechas con datos vacíos, por lo cual fue necesario realizar una interpolación para completar la serie temporal. Para esto se aplicó la interpolación de Savitzky-Golay, usando una ventana de 5 fechas para todos los índices y un polinomio de grado 2. Una vez calculada la interpolación sus valores sirvieron para reemplazar los espacios vacíos generados por el Criterio NDVI y el filtro de la Mediana. Como se observa en la Figura 3, en la serie temporal para el NDVI en la parcela 62 se eliminaron los valores que corresponderían al comportamiento anómalo del índice espectral y, como resultado, se obtuvo una serie temporal mucho más homogénea reemplazando los datos eliminados.

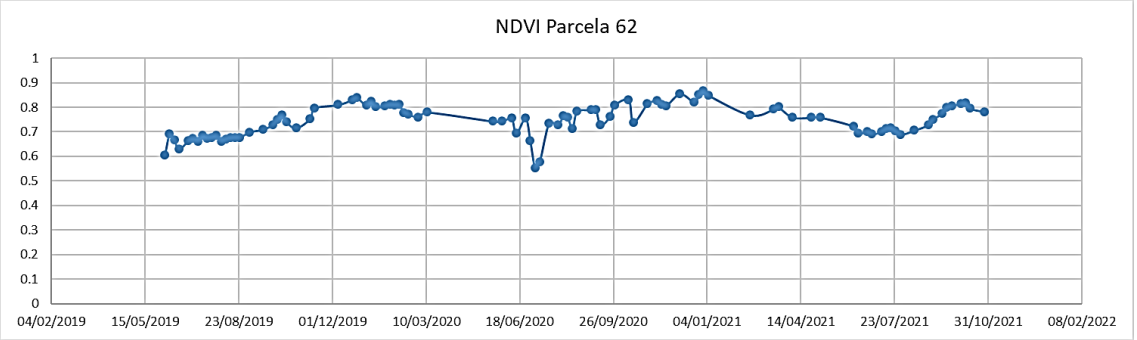


Figura 3. Serie temporal depurada del índice espectral NDVI en la parcela número 62.

En la Figura 4 se aprecia la serie temporal original de varios índices espectrales usados en [9], descargados y sin tratar. También observa la misma serie temporal corregida, donde los datos ya han sido tratados. En la serie temporal original existe mucha presencia de ruido, haciendo que las curvas muestren altos picos, que no explican un comportamiento biofísico real de la vegetación en la parcela. Por otro lado, en la serie temporal corregida se aprecia que el ruido ha desaparecido y que las líneas de tendencia son mucho más homogéneas a lo largo del tiempo, haciendo que los índices representen de manera más homogénea la realidad de la vegetación.

La aplicación de esta técnica no evita que cada serie temporal siga mostrando oscilaciones debidas a cambios en las condiciones en las que se encuentra la vegetación. El comportamiento de la serie temporal del NDVI ha permitido eliminar datos anómalos en todos los índices espectrales tanto por parcela como por fecha.

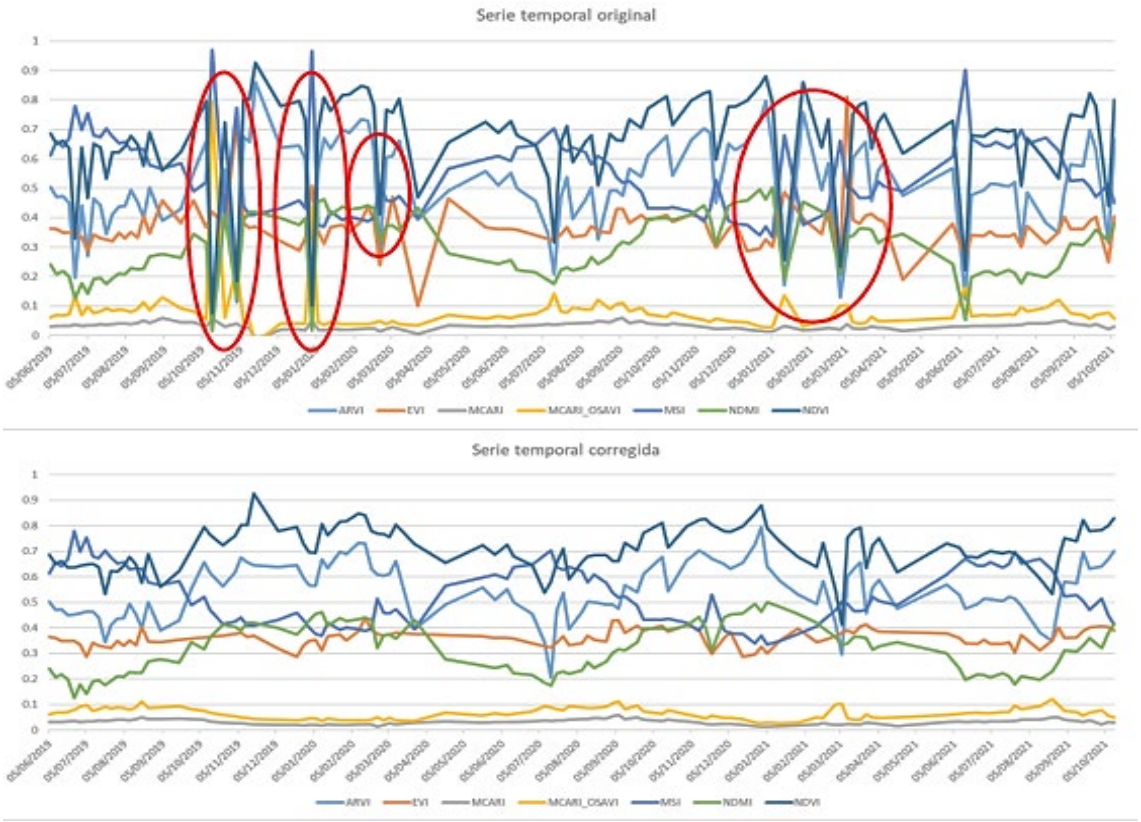


Figura 4. Serie temporal original sin tratar de varios índices espectrales (superior), serie temporal corregida de varios índices espectrales (inferior).

Este proceso de filtrado sirvió para analizar los cambios de vegetación existentes tras ocurrir un incendio forestal, en donde amplias zonas de cobertura vegetal fueron consumidas por las llamas. La Figura 5 muestra la serie temporal de varios índices espectrales en una parcela quemada por un incendio ocurrido en agosto del 2022 en el municipio de Bejís (Castellón). Las series temporales depuradas que aparecen en la Figura 5 permiten ver claramente como la curva de los índices espectrales cambia abruptamente en la fecha del incendio y mantiene la tendencia en los meses posteriores.

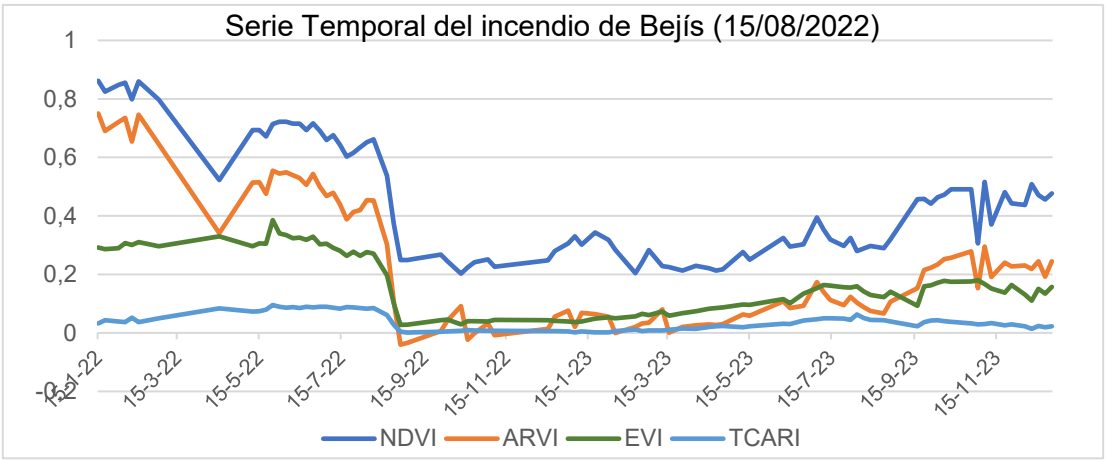


Figura 5. Serie temporal depurada en una parcela con un incendio forestal en agosto de 2022.

CONCLUSIONES

La metodología planteada para depurar series temporales de índices espectrales extraídos de Sentinel-2 ha permitido eliminar ruido que interfiere al momento de intentar discriminar el comportamiento de las curvas. En la primera instancia el criterio del NDVI discriminó todo aquello que no se caracteriza como vegetación y por tanto puede marcar anomalías como puntos extremos máximos o mínimos. De igual forma, el análisis del coeficiente de variación del NDVI permitió trabajar con áreas homogéneas de vegetación. En segunda instancia la aplicación del filtro de la mediana eliminó valores que pueden alejarse de la desviación típica de toda la serie temporal. Para dar continuidad a las series temporales y completar los datos eliminados por pasos previos se usó la interpolación de Savitzky-Golay puesto que toma en cuenta el comportamiento de la curva haciendo uso de una ventana. La depuración de las series temporales permitió detectar de mejor manera cambios en la cobertura vegetal. Para ello, se analizó una parcela donde ocurrió el incendio forestal de Bejís en agosto de 2022, mostrando un salto bastante pronunciado en diferentes índices vegetales en la fecha del incendio. El proceso de depuración mejoró la identificación de cambios al eliminar ruido que pueda interferir con la interpretación de curvas y que puede provenir de diversos factores.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Empresa Pública VAERSA el apoyo en el trabajo de campo para la selección y geolocalización del centro de los puntos de muestreo.

REFERENCIAS

[1] Steven MD, Clark JA (1990) Applications of remote sensing in agriculture. Applications of remote sensing in agriculture. https://doi.org/10.2478/gein-2014-0007

[2] Yebra M, Dennison PE, Chuvieco E, et al (2013) A global review of remote sensing of live fuel moisture content for fire danger assessment: Moving towards operational products. Remote Sens Environ 136

[3] Chuvieco E, Cocero D, Riaño D, et al (2004) Combining NDVI and surface temperature for the estimation of live fuel moisture content in forest fire danger rating. In: Remote Sensing of Environment

[4] Moreno JL, Navarro C, De Las Heras J (2006) Propuesta de un índice de vegetation acuática (IVAM) para la evaluación del estado trófico de los ríos de Castilla-La Mancha: Comparación con otros índices bióticos. Limnetica 25:821–838. https://doi.org/10.23818/limn.25.57

[5] Peterson SH, Roberts DA, Dennison PE (2008) Mapping live fuel moisture with MODIS data: A multiple regression approach. Remote Sens Environ 112:. https://doi.org/10.1016/j.rse.2008.07.012

[6] Yang Y, Luo J, Huang Q, et al (2019) Weighted double-logistic function fitting method for reconstructing the high-quality Sentinel-2 NDVI time series data set. Remote Sens (Basel) 11:. https://doi.org/10.3390/rs11202342

[7] Yebra M, Quan X, Riaño D, et al (2018) A fuel moisture content and flammability monitoring methodology for continental Australia based on optical remote sensing. Remote Sens Environ 212:260–272. https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.04.053

[8] De Castro AI, Plant RE, Six J, Peña JM (2014) Mapas de calendario de cultivo y variables fenológicas mediante el análisis de imágenes MODIS y ASTER basado en objetos. Revista de Teledeteccion. https://doi.org/10.4995/raet.2014.2307

[9] Costa-Saura JM, Balaguer-Beser Á, Ruiz LA, et al (2021) Empirical models for spatio-temporal live fuel moisture content estimation in mixed mediterranean vegetation areas using sentinel-2 indices and meteorological data. Remote Sens (Basel) 13:. https://doi.org/10.3390/rs13183726

Estimación de coeficientes de transferencia de materia en un sistema de evaporación natural asistida en aguas salobres

López Borrell, Alexis[(1)], Lora García, Jaime[(1)], Domínguez Candela, Iván[(1)], López Pérez, María Fernanda[(1)], Cardona Navarrete, Salvador Cayetano[(1)], Fombuena Borrás, Vicent[(2)]

(1) Instituto de Seguridad Industrial, Radiofísica y Medioambiental (ISIRYM), Departamento de Ingeniería Química y Nuclear, Universitat Politècnica de València, Plaza Ferrándiz y Carbonell s/n, Alcoi, (Alicante) e-mail: allobor1@epsa.upv.es

(2) Instituto de Tecnología de Materiales (ITM), Universitat Politècnica de València, Plaza Ferrándiz y Carbonell s/n, Alcoi, (Alicante)

RESUMEN

En el siguiente trabajo se ha estudiado la evaporación natural asistida empleando un tejido natural con el fin de reducir el volumen de residuos generados procedentes de aguas salobres. Lo que se pretende es minimizar el vertido de residuos procedentes de las actividades industriales que generen estas aguas empleando como medio de evaporación un material absorbente de bajo coste, limitando de esta manera el uso de recursos y energía para su fin.

Para realizar este estudio se ha empleado un tejido no tejido de wet-laid hecho a partir de restos de poda de palmera y tratado térmicamente para tener mayores propiedades mecánicas. En los diferentes ensayos realizados se ha tratado un agua salobre en múltiples ciclos de evaporación para concentrar la solución hasta un 43.53 % respecto la concentración inicial. Pese a concentrar la solución de aguas salobres y determinar los coeficientes de transferencia de materia no se observó una variación significativa pese a verse incrementada la presión de vapor de la solución. De esta manera se pudieron determinar exitosamente los coeficientes de transferencia de materia para el tratamiento de aguas salobres en condiciones de temperatura, humedad relativa y velocidad de viento estables.

Palabras clave: evaporación, coeficiente de transferencia de materia, agua salobre, tejido wet-laid.

INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso esencial en nuestro planeta, que se requiere en grandes cantidades para uso doméstico e industrial y en el que se agravará debido al crecimiento progresivo de la población mundial que demandará todavía más este recurso. Entre los diversos sectores se destaca el consumo en 2022 en las zonas municipales, donde se vio incrementado el consumo un 3 % respecto al período comprendido de 2010 a 2018. Por otra parte, el sector agrícola representa el 72 % del consumo global en los sectores industriales, situándose el primero y con un incremento del 5 %. En términos generales, la producción de agua mundial se estimó en 2018 con un volumen de 4000 km^3 y se prevé un aumento anual del 1 % hasta el año 2050 [1].

Algunos de los tratamientos convencionales mayormente empleados son las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR's) en el caso del tratamiento de aguas procedentes de residuos urbanos o también a pequeña escala empleadas dentro de las

propias industrias para el tratamiento de sus propias aguas residuales. Estas plantas se basan en procesos biológicos aerobios y anaerobios para el tratamiento de grandes volúmenes de aguas residuales [2,3].

Otra tecnología que se ha usado en los últimos años, que tiene cada vez más notoriedad y está en múltiples líneas de investigación y desarrollo es la tecnología de separación por membranas. La separación por membranas ofrece un amplio rango de separación, ya que las membranas de microfiltración (MF) pueden separar partículas en suspensión o moléculas orgánicas de gran tamaño, las membranas de ultrafiltración (UF) son capaces de separar moléculas orgánicas de un tamaño molecular considerable, como son las proteínas [4]. Por último, la región más fina de separación se centra en la nanofiltración (NF), que es capaz de rechazar sales bivalentes y la ósmosis inversa (OI) capaz de rechazar sales monovalentes, siendo estas dos regiones de separación las más empleadas en el ámbito de la desalación y la producción de agua potable [5].

Una forma de trabajo alternativo a estos métodos convencionales es el trabajo bajo la filosofía de descarga mínima de líquidos (MLD) o descarga cero de líquidos (ZLD). Esta forma de trabajo se basa en reducir al mínimo el volumen de residuos generados con una descarga mínima o en el caso de ZLD con un residuo sólido final. Los procesos mayormente empleados en este concepto de estudio son los procesos evaporativos, aunque el principal inconveniente suele ser el consumo energético de esta tecnología. Una variante que trata de emplear el mínimo consumo energético es la técnica conocida como evaporación natural asistida por aire o conocida por sus siglas en inglés como WAIV [6]. Esta técnica se basa en el uso de materiales absorbentes, que retendrán el agua problema a tratar y que mediante una corriente de aire forzada se incrementa la tasa de evaporación, favoreciendo la evaporación del agua y quedando el residuo sólido finalmente. La ventaja reside en el bajo consumo energético y el principal inconveniente es que el agua no se recupera, ya que queda transferida al ambiente.

El objetivo de este trabajo reside en el tratamiento de un agua salobre sintética empleando un tejido de wet-laid hecho a partir de residuos de poda de palmera como medio de evaporación con el fin de poder determinar los coeficientes de transferencia de materia del líquido al aire. Para conseguir este objetivo se pretende realizar una serie de ensayos experimentales en condiciones climáticas controladas, donde se controlarán las condiciones de evaporación de la temperatura del aire, la humedad relativa y la velocidad del aire para concentrar por ciclos de evaporación la solución sintética de aguas salobres. De esta manera se aprovecha un residuo de poda de palmera dentro del entorno de la economía circular y desarrollando una vía de tratamiento alternativa para este tipo de aguas residuales con un menor consumo energético y siendo un proceso menos agresivo al comparado con los otros procesos evaporativos convencionales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para los ensayos de evaporación realizados en el laboratorio se ha empleado un tejido de wet-laid con una composición en masa del 70 % de restos de poda de palmera, con un 20 % de ácido poliláctico (PLA) y un 10 % de lyocell, aplicando un tratamiento térmico (WL-T) para compatibilizar las fibras con el polímero de PLA se consigue dar una cohesión mecánica al tejido. Este tejido natural se cortó en dimensiones de 50 x 75 mm^2 para realizar los ensayos de evaporación con una superficie disponible de evaporación controlada de 50 x 60 mm^2.

Para realizar los ensayos de evaporación en condiciones climáticas controladas se ha empleado una cámara climática ICH 260L de Memmert GmbH + Co. KG (Alemania, Schwabach). Esta cámara climática permitirá realizar los ensayos en condiciones controladas de operación a una temperatura de 20 ºC con una humedad relativa del 40 %. Por otra parte, para la medida de la velocidad del viento se ha empleado un anemómetro de hilo caliente en las proximidades donde se situará el tejido en la zona de ensayos modelo PCE-HWA 30 de PCE Ibérica S.L. (España, Albacete). Por otra parte, para tomar medidas en tiempo real de la temperatura del aire y la humedad relativa se ha empleado un termohigrómetro Testo 635-2 de Testo S.A. (España, Barcelona). El último equipo empleado es una balanza analítica que registra la pérdida de agua por evaporación en el tejido, el modelo empleado es XPR303SN de Mettler-Toledo S.A.E (España, Barcelona).

El procedimiento experimental seguido para los ensayos de evaporación consistió en el mojado del tejido de WL-T en la disolución sintética de aguas salobres siguiendo la norma UNE-EN ISO 9073-6 Textiles. Métodos de ensayo para los no tejidos. Parte 6: Absorción. El tejido es sumergido en la disolución durante un tiempo de (60 ± 1) s, posteriormente se deja caer el líquido excedente durante un tiempo de (120 ± 3) s. Una vez finalizado este tiempo se registra la masa inicial de agua contenida en el tejido y se inserta en la cámara climática sobre el soporte situado en la balanza analítica, quedando suspendido el tejido en el aire apra la libre circulación de aire y la evaporación libre del tejido sin restricciones. Una vez el tejido esta situado en el interior de la cámara climática se registran todas las variables de temperatura, humedad relativa, velocidad del ciento y pérdida de masa de agua que serán necesarias para determinar las tasas de evaporación y determinar los coeficientes de transferencia de materia líquido-aire.

La ecuación empleada para el ajuste del coeficiente de transferencia de materia se basa en una transferencia líquido-aire, donde la fuerza impulsora se basa en una diferencia de presiones de vapor. La Ecuación 1 muestra las variables principales para este ajuste:

$$E = \mathrm{k} \cdot \mathrm{v} \cdot \left[P_v(T_{BH}) - P_{v,sat}(T_a) \cdot \left(\frac{\mathrm{HR}}{100} \right) \right] \qquad Ec.1$$

donde E es la tasa de evaporación en $kg \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$, k es el coeficiente de transferencia de materia en $s^2 \cdot m^{-2}$, v es la velocidad del viento en $m \cdot s^{-1}$, $P_v\,(T_{BH})$ es la presión de vapor de la disolución de aguas salobres evaluada a la temperatura de bulbo húmedo en Pa, $P_{v,sat}\,(T_a)$ es la presión de vapor de saturación evaluada a la temperatura del aire en Pa y HR es la humedad relativa del aire en %.

El parámetro k será ajustado mediante el uso del programa Matlab 2021a, mientras que $P_{v,sat}\,(T_a)$ se obtendrá a partir de una ecuación basada en las hojas de datos IAPWS que minimiza los errores de ajuste [7], se puede observar en la Ecuación 2.

$$P_{v,sat} = \frac{\exp\left(34.494 - \frac{4924.99}{T_a + 237.1}\right)}{(T_a + 105)^{1.57}} \qquad Ec.2$$

donde T_a es la temperatura del aire medida experimentalmente y expresada en ºC. Notar que esta ecuación es válida para temperaturas superiores a los 0 ºC.

$P_v\,(T_{BH})$ se obtendrá mediante el uso del termohigrómetro Testo 635-2 y teniendo en cuenta la concentración molal de la solución [8], esto puede verse en la Ecuación 3.

$$\log(P_v) = A(m) + \frac{B(m)}{T_{BH}} + \frac{C(m)}{T_{BH}^2} \qquad Ec.3$$

donde T_{BH} es la temperatura de bulbo húmedo evaluada a la superficie del tejido y expresada en K. Por otra parte, *A*, *B* y *C* son parámetros de ajuste que dependen de la molalidad de la solución de aguas salobres y obedecen una ecuación polinómica como se puede ver en la Ecuación 4 para el parámetro *A*, en la Ecuación 5 para el parámetro *B* y en la Ecuación 6 para el parámetro *C*.

$$A(m) = A_0 + A_1 \cdot m + A_2 \cdot m^2 + A_3 \cdot m^3 \qquad Ec.4$$

$$B(m) = B_0 + B_1 \cdot m + B_2 \cdot m^2 + B_3 \cdot m^3 \qquad Ec.5$$

$$C(m) = C_0 + C_1 \cdot m + C_2 \cdot m^2 + C_3 \cdot m^3 \qquad Ec.6$$

donde *m* es la molalidad de la disolución expresada en mol·kg^{-1} y los parámetros A_i, B_i y C_i son coeficientes de ajuste de las ecuaciones polinómicas.

RESULTADOS

Primeramente, se determinó la velocidad del viento en el interior de la cámara climática empleando el anemómetro PCE-HWA 30 en las inmediaciones de la zona de ensayos del tejido de WL-T, determinando una velocidad promedio de 0.22 ± 0.04 m·s^{-1}. Por otra parte, la temperatura real en el interior de la cámara climática para los diferentes ensayos realizados se determinó en un valor de 20 ± 0.2 ºC y la humedad relativa con un valor del 40 ± 4 %.

En los ensayos realizados empleando el tejido de WL-T para el tratamiento de aguas salobres en ciclos de evaporación para concentrar la disolución se observó que tras 25 ciclos de trabajo y llegar a una concentración del 43.53 % respecto a la concentración inicial no hubo una variación significativa en la tasa de evaporación. Los resultados de las diferentes tasas de evaporación obtenidas en los múltiples ciclos de evaporación pueden observarse en la Figura 1, donde se muestra el primer ciclo de trabajo y luego los ciclos 5, 10, 15, 20 y 25.

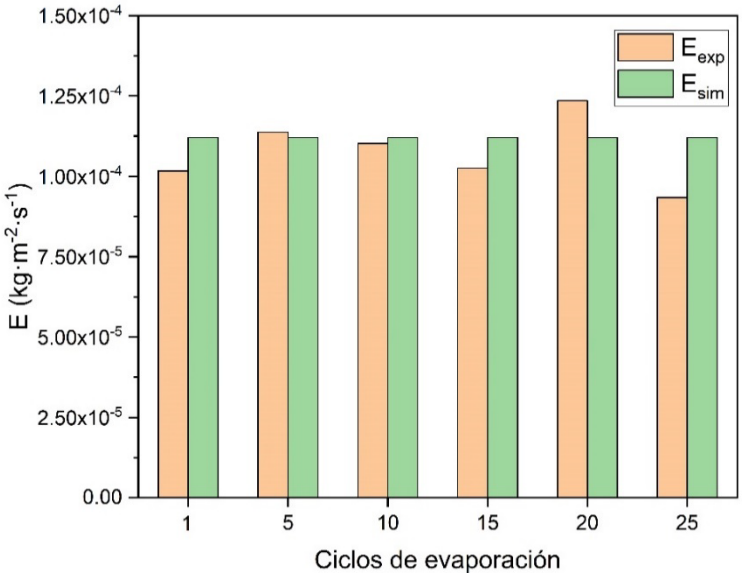


Figura 1. Tasas de evaporación experimentales y tasas de evaporación simuladas de la disolución sintética de aguas salobres empleando tejido de WL-T. ■ Tasa de evaporación experimental; ■ Tasa de evaporación simulada.

En la Figura 1 puede observarse el resumen de resultados obtenido de los 25 ciclos de evaporación realizados, donde solo se muestran algunos de ellos. De los 25 ensayos realizados se ha obtenido un ajuste del coeficiente de transferencia de materia con un valor de $1.255 \cdot 10^{-6} \pm 0.004 \cdot 10^{-6}$ $s^2 \cdot m^{-2}$ que ha permitido obtener los valores simulados de la tasa de evaporación teórica obtenida (E_{sim}) y comparando esta con los valores obtenidos de la tasa de evaporación experimental (E_{exp}) se puede observar que la diferencia no es significativa. Los errores entre las tasas de evaporación experimentales y las simuladas pueden observarse en la Tabla 1.

Como se puede observar en los resultados obtenidos al predecir las tasas de evaporación con el modelo descrito en la Ecuación 1 el máximo error se ha dado en el último ciclo de evaporación con un error del 16.60 %, esto probablemente sea debido a que en estos últimos ciclos de trabajo el tejido absorbió algo menos de agua y por tanto la tasa de evaporación se vio afectada ligeramente. Por otra parte, en el caso contrario el error con una predicción inferior a la esperada se presenta en el ciclo 20 con un error inferior del 10.29 %.

Tabla 1. Errores entre las tasas de evaporación experimentales y la simulada a partir del coeficiente de transferencia de materia obtenido.

Nº Ciclo	E_{exp} $(kg \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}) \cdot 10^{-4}$	E_{sim} $(kg \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}) \cdot 10^{-4}$	Error (%)
1	1.017	1.120	9.26
5	1.137	1.120	-1.52
10	1.102	1.120	1.66
15	1.025	1.120	8.46
20	1.235	1.120	-10.29
25	0.934	1.120	16.60

Pese a tener unos errores de predicción máximos del 16.60 % en este tipo de estudios los valores típicos admitidos suelen rondar el 20 % debido a la aleatoriedad de las variables de operación que afectan en el proceso. Por otra parte, el echo de incrementar la concentración de la disolución no ha afectado significativamente a la evaporación de las aguas sobre el tejido, indicando de esta manera que el ajuste realizado apra un coeficiente de transferencia de materia promedio para todos los ensayos realizados ha resultado en una buena predicción del modelo de evaporación.

CONCLUSIONES

A la vista de los resultados obtenidos se ha observado que el tejido natural de WL-T hecho a base de residuos lignocelulósicos de poda de palmera puede actuar como material absorbente de bajo coste para la implementación de un proceso WAIV en el tratamiento de aguas salobres en procesos de concentración hasta un tratamiento en MLD o ZLD.

De los diferentes ensayos realizados se ha observado que el hecho de incrementar la concnetración de la disolución de aguas salobres mediante ciclos reiterativos de evaporación empleando el tejido de WL-T en una cámara climática a una velocidad de aire constante y en unas condiciones ambientales de temperatura y humedad relativa controladas no ha afectado a la tasa de evaporción obtenida incluso llegando a concentrar la solución inicialun 43.53 %.

Todos los ensayos de laboratorio realizados han permitido ajustar el coeficiente de transferencia de materia a partir del modelo matemático de transferencia descrito y obteniendo un valor promedio para todos los ciclos de $1.255 \cdot 10^{-6}$ $s^2 \cdot m^{-2}$. Este valor ha

permitido simular los valores que se obtendrían de la tasa de evaporación y se han comparado con los experimentales, obserbando de esta manera que el error máximo obtenido de predicción ronda el 16.60 %.

REFERENCIAS

[1] Koncagül, E., & Connor, R. (2023). The United Nations World Water Development Report 2023: partnerships and cooperation for water; facts, figures and action examples.

[2] Wagner, M., Loy, A., Nogueira, R., Purkhold, U., Lee, N., & Daims, H. (2002). Microbial community composition and function in wastewater treatment plants. Antonie Van Leeuwenhoek, 81, 665-680.

[3] Zhang, Q., Yang, W., Ngo, H., Guo, W., Jin, P., Dzakpasu, M., Ao, D. (2016). Current status of urban wastewater treatment plants in China. Environment international, 92, 11-22.

[4] Hube, S., Eskafi, M., Hrafnkelsdóttir, K. F., Bjarnadóttir, B., Bjarnadóttir, M. Á., Axelsdóttir, S., & Wu, B. (2020). Direct membrane filtration for wastewater treatment and resource recovery: A review. Science of the total environment, 710, 136375.

[5] Bera, S. P., Godhaniya, M., & Kothari, C. (2022). Emerging and advanced membrane technology for wastewater treatment: A review. Journal of Basic Microbiology, 62(3-4), 245-259.

[6] Gilron, J., Ramon, E., Assaf, N., & Kedem, O. (2019). Wind-aided intensified evaporation (WAIV): An environmentally sustainable method for brine management. In Current Trends and Future Developments on (Bio-) Membranes (pp. 215-241): Elsevier.

[7] Huang, J., A simple accurate formula for calculating saturation vapor pressure of water and ice. Journal of Applied Meteorology and Climatology, 2018. 57(6): p. 1265-1272.

[8] Patil, K.R., et al., Thermodynamic properties of aqueous electrolyte solutions. 2. Vapor pressure of aqueous solutions of sodium bromide, sodium iodide, potassium chloride, potassium bromide, potassium iodide, rubidium chloride, cesium chloride, cesium bromide, cesium iodide, magnesium chloride, calcium chloride, calcium bromide, calcium iodide, strontium chloride, strontium bromide, strontium iodide, barium chloride, and barium bromide. Journal of chemical and engineering data, 1991. 36(2): p. 225-230.

Fabricación y caracterización de membranas de polisulfona y acetato de celulosa mediante el método de inversión de fases

Reig-Valor, Miguel-Jorge(1), Carmona-Garaviño, Wilmer(1), Martínez-Serrano, Nerea(1), Padilla-Reyes, Jose-Francisco(1), Sabá-Allende, Jose-Elías(1)

(1) Máster Universitario en Ingeniería, Procesado y Caracterización de Materiales, Universidad Politècnica de Valencia Plaza Ferrándiz y Carbonell s/n, Alcoi, Alicante
e-mail: mjreival@epsa.upv.es

RESUMEN

En la actualidad, la tecnología de membranas se ha propuesto como un potencial conjunto de procesos destinado al tratamiento de aguas residuales o en la separación de compuestos y purificación de efluentes de industrias como la alimentaria o la farmacéutica, ofreciendo una alternativa más sostenible al no requerir de productos químicos para su tratamiento y su fácil implementación en procesos industriales ya existentes. Esta tecnología emplea membranas para dicha función, elementos de gran delgadez capaz de separar partículas en función de su tamaño molecular empleando una fuerza impulsora, como un gradiente de presión, para ello. Éstas pueden ser elaboradas a partir de diferentes materiales, tanto orgánicos como inorgánicos, mediante la aplicación de técnicas de elaboración como la inversión de fases o la policondensación interfacial. Con este trabajo, se busca estudiar la técnica de elaboración de membranas por inversión de fases, empleando polisulfona (PSul) y acetato de celulosa (AC) a diferentes concentraciones como material para su fabricación. Asimismo, se caracterizan las membranas confeccionadas atendiendo a su permeabilidad, índice de rechazo al polietilenglicol (PEG) 35 kDa y tensión superficial. Por último, se observa la formación de los canales o *fingers* de la membrana empleando agua fría y caliente en un microscopio.

Palabras clave: tecnología de membranas, caracterización, polisulfona, acetato de celulosa, inversión de fase.

INTRODUCCIÓN

Una membrana es barrera física semipermeable que separa dos fases y funciona como un filtro selectivo que regula el transporte de materia. El desarrollo de la ciencia de las membranas contempla la realización de procedimientos de separación y concentración de mezclas líquidas o gaseosas. No obstante, las membranas tienen otras aplicaciones también como biomateriales, catalizadores, almacenamiento de energías, entre otras. El presente trabajo discute la experimentación con membranas poliméricas, a través de su caracterización por diferentes metodologías [1].

Las membranas poliméricas encabezan el mercado de la tecnología de separación de membranas por ser muy competitivas en funcionamiento y precio. Existe gran variedad de polímeros, pero su elección para la membrana no es una tarea trivial. Un polímero debe tener características apropiadas para la aplicación prevista. Además, que debe ser compatible con la tecnología de fabricación de la membrana elegida [2]. Específicamente, se trabajará con polisulfona (PSul) y acetato de celulosa (AC) a diferentes concentraciones.

Las membranas de AC son de naturaleza hidrofílica, presentando una excelente estabilidad térmica y un bajo nivel de adsorción. Por otro lado, la PSul, de origen sintético, tiene carácter hidrofóbico y un alto nivel de adsorción, lo que le da un carácter retentivo, a veces ideal para una membrana filtrante [3]. Por medio de las características que presentan los materiales base de las membranas, es presumible pensar que las membranas con base de PSul tendrá una acción filtrante mucho más fuerte que las de AC [4]. Sin embargo, quizás el carácter hidrofílico del AC permita un mayor flujo optimizando el tiempo en el que se da tal filtración, a diferencia de las membranas de PSul que se presume tardarán más tiempo en ello.

OBJETIVOS

El objetivo principal de este trabajo es elaborar membranas de PSul y AC de composición variable mediante la técnica de inversión de fase y caracterizarlas para comparar su comportamiento.

Por otro lado, se plantean como objetivos secundarios determinar la permeabilidad de éstas, junto a su índice de rechazo a una disolución al 2% de polietilenglicol 35 kDa (PEG) y el cálculo de la tensión superficial mediante la lectura del ángulo de contacto de diferentes disolventes con el método de Owens-Wendt. Además, se propone estudiar la formación de las estructuras porosas de la membrana mediante el método de Frommer.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para la preparación de las membranas, se elaboraron 5 colodiones distintos. Con PSul, se toman concentraciones del 14, 17 y 20%; mientras que con AC, concentraciones del 14 y 17%, tomando como disolvente dimetilacetamida de una riqueza al 99.5% y densidad de 0,937 g/mL. Para la fabricación de las membranas se toma una fibra de soporte Viledon® FO-2401 de poliéster, junto con galgas de espesor 40 µm, cinta americana, una placa de vidrio y un recipiente con agua destilada. Con los colodiones preparados, se vertió una cierta cantidad sobre la fibra adherida a la placa de vidrio con la cinta y, con la ayuda de la galga extensiométrica, se distribuyó de forma homogénea a una velocidad y presión constante sobre ella. Posteriormente, se sumergió el conjunto en el recipiente con agua, consiguiendo así la precipitación de los polímeros.

En la determinación de la permeabilidad hidráulica de las membranas se realizaron ensayos filtrando agua destilada a 20°C a una presión variable de 1, 2, 2.5 y 3 bar, recolectando el permeado resultante en una probeta y anotando el volumen tomado a determinados intervalos de tiempo para calcular el flux. Posteriormente, se realiza un ajuste lineal con estos datos para identificar el coeficiente de la permeabilidad.

En cuanto al estudio del índice de rechazo de las membranas a una disolución del 2% de PEG 35 kDa, primeramente se elaboró una recta de calibrado de disoluciones del compuesto a concentraciones del 0.25, 0.50, 1.00, 1.50 y 2.00% haciendo uso de un refractómetro *Abbe Refractometer* Zuzi Model NO. 315. Posteriormente, se filtró la disolución al 2% de PEG 35 kDa y se midió el índice de refracción de las muestras filtradas para comprobar cuánto soluto ha atravesado la membrana.

La estimación de la tensión superficial de las membranas se realizó utilizando un goniómetro óptico KRUSS EASYDROP STANDARD FM140. Se emplearon 4 disolventes: agua destilada, glicerol, diyodometano y formamida, midiendo su ángulo de

contacto empleando el software “Drop Shape Analysis SW21”. Se tomaron sus medias y se empleó el método de Owens-Wendt para calcular la tensión superficial total.

Finalmente, la observación de la formación de *fingers* se realiza mediante el método de Frommer, empleando un microscopio a 40 y 100 aumentos y tomando agua fría para la precipitación del polímero.

RESULTADOS

Caracterización de la permeabilidad de las membranas

En primer lugar, se presentan los resultados de la permeabilidad de cada membrana en la Figura 1 para evidenciar los efectos de la concentración y del polímero utilizado.

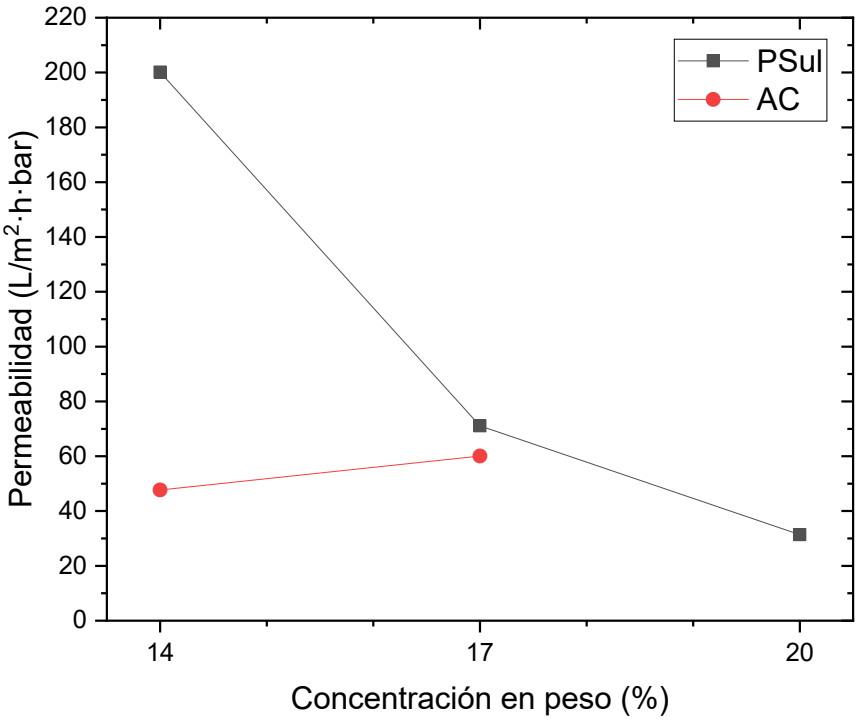


Figura 1. Representación de la permeabilidad frente a la concentración de las membranas.

Como se puede observar, existe una relación inversa entre la permeabilidad y la concentración para las membranas de PSul, y directa cuando se usa AC. Para éstas, los valores máximos de permeabilidad son 200.1 L/m^2·h·bar y 60.1 L/m^2·h·bar, respectivamente. Además, la curva obtenida para la PSul sugiere una disminución en la tasa de cambio de la permeabilidad al aumentar la concentración en masa a partir del 17%. A esta misma concentración, las membranas de AC y PSul presentan permeabilidades cercanas. Sin embargo, es necesario ensayar membranas con más concentraciones para establecer una relación significativa con la permeabilidad.

Índice de rechazo de las membranas al PEG 35 KDa

Como se mencionó en el apartado anterior, las membranas se fabricaron manualmente, por lo que se esperan resultados de selectividad para procesos de micro o ultrafiltración.

En este contexto, para definir el efecto de la concentración en el índice de rechazo de las membranas y contrastar la diferencia de estas, se presenta la Figura 2.

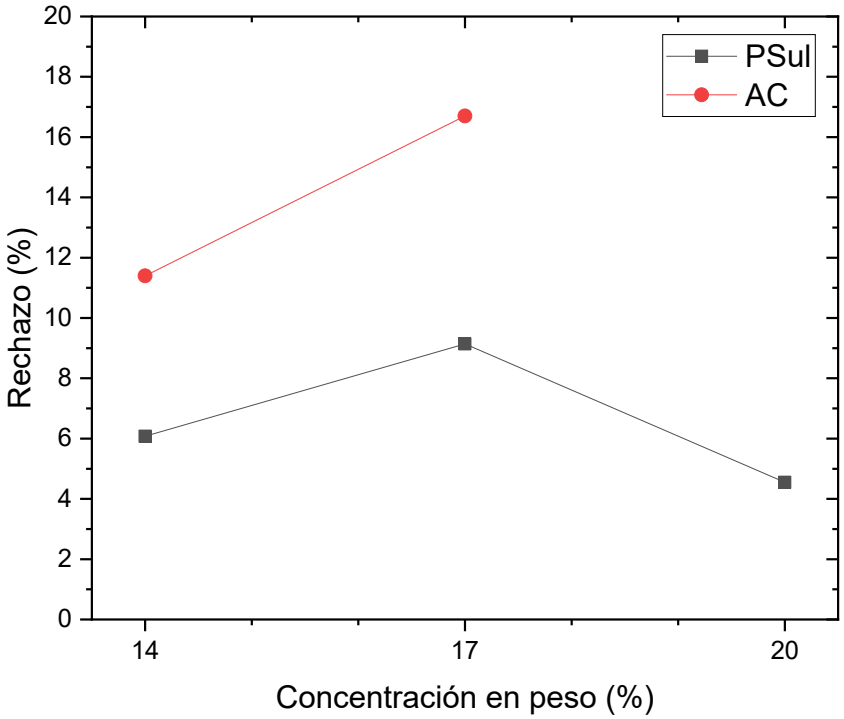


Figura 2. Representación del rechazo frente a la concentración de las membranas.

El rechazo es mayor para las membranas de AC con valores de 11.40% y 16.70% para las concentraciones de 14% y 17%, sugiriendo una relación directa con la concentración. Igualmente, el mayor rechazo con PSul (9.14%), se obtiene a una concentración de 17%. Sin embargo, es necesario fabricar membranas con diferentes concentraciones de PSul y AC en el rango que permita la precipitación del polímero y correcta homogenización del colodión para establecer una relación entre dichos parámetros.

Determinación de la tensión superficial de las membranas

Por último, para conocer la hidrofilidad de las diferentes membranas obtenidas se calcula la energía superficial mediante el ángulo de contacto. La energía superficial total está compuesta por una componente polar, que hace referencia a la afinidad de la muestra por disolventes polares; y una componente dispersiva, que hace referencia a la afinidad por disolventes apolares. La descomposición de la energía superficial total de las muestras se observa en la Figura 3.

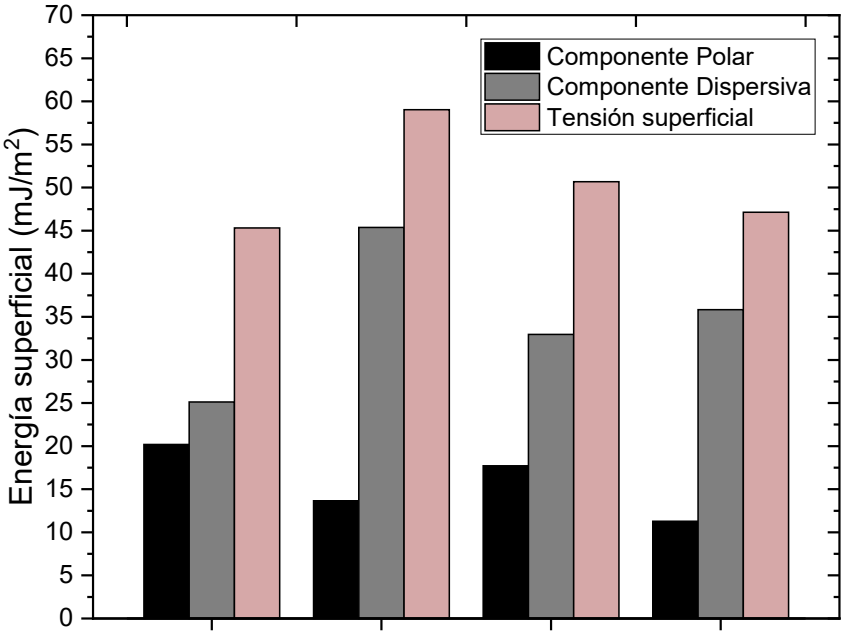


Figura 3: Energía superficial total de las membranas fabricadas.

Se puede apreciar que, a mayor concentración de PSul, menor es la energía superficial. Esto indica que se trata de la membrana menos hidrófila al ser la que mayor ángulo de contacto tiene, ya que los fluidos se absorben en menor medida. Por otro lado, la membrana de AC a la misma concentración presenta un valor inferior.

Asimismo, es evidente que, en todos los casos de las diferentes membranas elaboradas, la componente dispersiva es mayoritaria en todos los casos. Respecto a las membranas de PSul, la componente dispersiva es significativamente mayor que la polar debido a que se trata de una molécula altamente apolar, de manera que es coherente que la capa polumérica formada presente una elevada componente dispersiva. Por otro lado, el AC se trata de una molécula polar que, conforme se formen cadenas más largas de éste, menos carácter polar presenta. Esto justificaría su reducida componente polar y también dispersiva.

Análisis de la estructura de las membranas

En este apartado se describen las estructuras formadas tras la inversión de fases, apreciando los *fingers* formados en la Figura 4.

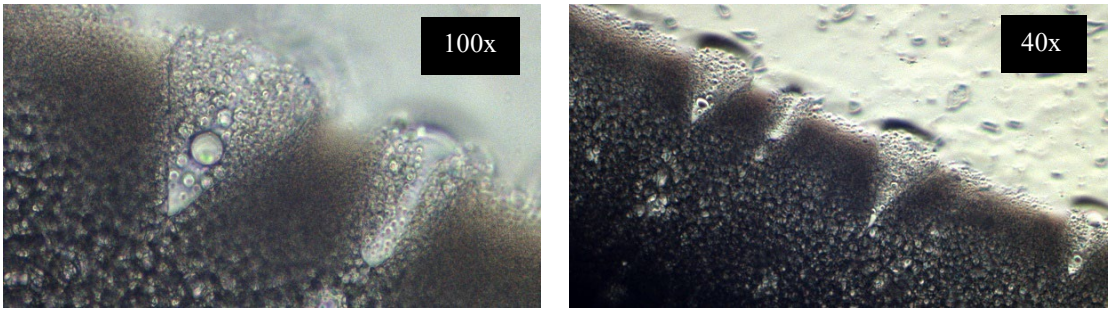


Figura 4: Observación de la formación de *fingers* bajo microscopio

Tal y como se aprecia en las imágenes, una vez se añade el agua se crean unos canales que se encuentran embebidos de burbujas, debido al desplazamiento del disolvente a través de ellos. Por otro lado, en ambas imágenes se observa una fase oscura y otra blanca. La primera se corresponde a la capa polimérica formándose, mientras que la segunda se trata de la gota de colodión.

CONCLUSIONES

Gracias al presente estudio, se han fabricado membranas de PSul y AC de una manera sencilla y económica, mediante la inversión de fase. La membrana de mejores resultados es la de AC al 17%, ya que presenta un índice de rechazo del 16.70%, superior a las restantes y una permeabilidad de 60.1 L/ m^2·h·bar. Su energía superficial indica que se trata de una membrana parcialmente hidrófila, pues no repele los fluidos polares pero estos tampoco penetran en gran cantidad en ella. Al comparar las membranas de PSul, se determina que el contenido óptimo en PSul está al 17%, pues presenta mayor índice de rechazo, 9.14%; y una afinidad similar a la membrana de AC al 17% por los disolventes polares, con una permeabilidad de 71.1 L/ m^2·h·bar. Además, se concluye que las membranas fabricadas se adecúan a procesos de UF o MF.

REFERENCIAS

[1] Maldonado López, Eduardo L.; Escobar Barrios San Luis Potosí, Alonso V. (2017). “Obtención y caracterización de membranas poliméricas para desalinización de agua”. https://repositorio.ipicyt.edu.mx///handle/11627/3095

[2] Lara Benito, S. (2016). “Preparación y caracterización de membranas híbridas de polisulfona con nanohilos de TiO2 para su aplicación en pilas de combustible poliméricas”. https://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/26765

[3] *EL MATERIAL: ACETATO DE CELULOSA* - Briston - Site officiel. (n.d.). Consulta Enero 19, 2024 [Online]. https://www.briston-watches.com/es/el-material-acetato-de-celulosa/

[4] Jin, L. M.; Yu, S. L.; Shi, W. X.; Yi, X. S.; Sun, N.; Ge, Y. L.; & Ma, C. (2012). “Synthesis of a novel composite nanofiltration membrane incorporated SiO2 nanoparticles for oily wastewater desalination“. *Polymer*, 53(23), 5295–5303. https://doi.org/10.1016/J.POLYMER.2012.09.014

Nanocatalizadores magnéticos recuperables basados en la inmovilización de TEMPO para la conversión oxidativa de alcohol cinámico.

Lloret-Mateo, Francisco José[(1)], Quijada Tomás, César[(1)], C. Cardona, Salvador[(2)], Berenguer Betrián, Raúl[(3)]

(1) Departamento de Ingeniería Textil y Papelera, Universitat Politècnica de València, Plaza Ferrándiz y Carbonell s/n, Alcoi, (Alicante) email: cquijada@txp.upv.es

(2) Instituto de Seguridad Industrial, Radiofísica y Medioambiental (ISIRYM), Universitat Politècnica de València, Plaza Ferrándiz y Carbonell s/n, Alcoi, (Alicante) email: scardona@iqn.upv.es

(3) Instituto Universitario de Materiales y Departamento Química Física, Universidad de Alicante (UA), Apartado 99, 03080, Alicante, Spain.

RESUMEN

El uso de nanopartículas de óxido ferroso-férrico (magnetita) como soporte para catalizadores permite combinar una elevada relación superficie/volumen con la facilidad de separación, gracias a sus propiedades paramagnéticas. Las nanopartículas se sintetizaron por coprecipitación química y se encapsularon con sílice funcionalizada mediante co-condensación sol-gel, utilizando ortosilicato de tetraetilo (TEOS) y (3-aminopropil)trietoxisilano (APTES). Se obtuvieron partículas de entre 10-40 nm, que forman agregados polidispersos con un diámetro hidrodinámico promedio de 245 nm.

El catalizador radicalario 4-amino-2,2,6,6-tetrametilpiperidina-1-oxil (4-amino-TEMPO) se inmovilizó covalentemente por reacción entre los grupos amino y glutaraldehído como agente conector. A 35 ºC, la oxidación heterogénea del alcohol cinámico alcanzó una conversión del 90% en 73 minutos, tan solo 3 más que en el proceso homogéneo.

Palabras clave: Nanopartículas magnéticas, co-condensación, catálisis heterogénea, MNP, TEOS, APTES, TEMPO, sol-gel, SiO_2.

INTRODUCCIÓN

El alcohol cinámico es un compuesto orgánico fenilpropanoide presente en el aceite esencial del árbol de la canela o *Cinnamomum verum*. Junto a otros derivados como el cinamaldehído o el ácido cinámico, es un compuesto de gran valor con importantes aplicaciones en farmacología y como aditivo o conservante alimentario, debido a sus propiedades antibacterianas y antioxidantes o su capacidad gastroprotectora [1]. Además, se usa en la fabricación de perfumes y productos cosméticos [2].

Este compuesto y sus derivados son habitualmente extraídos a partir de aceites esenciales mediante procesos de destilación o extracción líquida utilizando solventes orgánicos, pero, se pueden encontrar estructuras similares en toda la biomasa lignocelulósica, ya que la lignina es un polímero amorfo formada por monolignoles, compuestos fenilpropanoides derivados del alcohol cinámico. De este modo, las corrientes de desecho generadas durante los procesos de deslignificación en la industria papelera son una fuente renovable prometedora para la obtención de monómeros derivados del alcohol cinámico mediante procesos de degradación catalítica oxidativa.

Una de las familias de catalizadores más prometedoras para estos procesos oxidativos se basa en el grupo radical nitroxilo, como el presente en el 4-amino-TEMPO. El radical TEMPO ha sido ampliamente utilizado para procesos de oxidación selectiva de alcoholes tanto en medio acuoso como en medio orgánico (muy utilizados en síntesis orgánica) y en procesos de hidrólisis de polímeros naturales como la lignina o celulosa [3]. El estudio de la conversión oxidativa del alcohol cinámico como compuesto modelo es un primer paso en la evaluación del uso potencial de nanocatalizadores recuperables para la valorización sostenible de residuos lignocelulósicos.

OBJETIVOS

El objetivo del trabajo es desarrollar nanocatalizadores inmovilizados sobre partículas magnéticas para la oxidación selectiva de alcoholes primarios.

EXPERIMENTAL

Reactivos utilizados

Cloruro de hierro (III) hexahidratado, sulfato de amonio y hierro (II) hexahidratado, amoníaco al 30% (PanReac AppliChem), etanol absoluto, ácido acético glacial (EMSURE), acetato de sodio (ACS reagent ≥99.0%), glutaraldehído 25% (Merck Life Science), hipoclorito de sodio (EMPLURA, 6-14 % cloro activo), bromuro de potasio 99% (Probus), tetraetoxisilano 98%, (3-Aminopropil)trietoxisilano 99%, 4-amino-2,2,6,6-tetrametilpiperidina-1-oxil 97%, alcohol trans-cinámico 98%, trans-cinamaldehído 99% y ácido trans-cinámico >99% (Thermo Scientific Chemicals). Los reactivos se usaron sin ninguna purificación adicional.

Síntesis de nanopartículas magnéticas

La síntesis de nanopartículas se basa en un proceso de coprecipitación, en el que se mezclan las sales de Fe(II) y Fe(III) en concentración 0.05 y 0.1M, respectivamente. La mezcla de reacción se mantiene en agitación mecánica a 65ºC durante 30 minutos. Seguidamente, se adiciona amoníaco con un caudal de 0.53 $mL \cdot min^{-1}$ durante 147 minutos. Al finalizar, las partículas se lavan tres veces con agua destilada y tres con etanol, dispersándolas mediante ultrasonidos y separándolas de nuevo mediante el uso de imanes. A continuación, se secan a vacío a 60ºC y se guardan tras el correspondiente pesaje y molienda.

Encapsulado de nanopartículas por co-condensación

Las nanopartículas se encapsularon con una capa de SiO2 funcionalizada con grupos amino, mediante una co-condensación sol-gel basada en el proceso de Stöber. Se parte de 500 mg de MNP en 155 mL de etanol en agitación y a 40ºC. Se añaden 1.1 mL de TEOS y 0.36 mL de APTES junto con 8.62 mL de amoníaco que actúa como catalizador en el proceso. Tras mantener en agitación 3 horas, las partículas se someten al mismo proceso de lavado, secado y molienda comentado anteriormente.

Inmovilización del catalizador

Para realizar el proceso de inmovilización se pone en contacto 200 mg de MNP encapsuladas en 10 mL de disolución de glutaraldehído al 15%wt en un buffer de ácido acético/acetato sódico (0.1 M, pH 4.5) y se mantiene en agitación a 30ºC durante 12 horas.

Tras esto, se lavan las MNP con agua destilada y se suspenden en buffer junto a una cantidad de TEMPO igual a los moles de aminas utilizados en la etapa anterior. Trascurridas 24 horas, se puede detener la reacción separándolas magnéticamente y lavándolas con agua destilada para su posterior secado a vacío a 40ºC durante 3 horas.

Caracterización de nanocatalizadores

Las nanopartículas modificadas se caracterizaron mediante espectroscopía FTIR (Nicolet Magna 850), EDX (Bruker XFlash 3001), TEM (JEOL, JEM-1400 Plus) y DLS (Malvern Zetasizer Nano ZS). La eficiencia en la inmovilización de TEMPO se analizó mediante espectroscopía UV-vis (Thermo Scientific AquaMate Plus).

Determinación de la actividad catalítica

Para determinar la actividad del catalizador,se disuelven 148 mg de alcohol cinámico en 370 mL de agua destilada y se calienta a 35 ºC bajo agitación. Tras esto, se introducen de forma simultánea 156 mg de nanopartículas junto a 1.26 mL de hipoclorito de sodio y 12.8 mg de bromuro de potasio. Si es necesario, el pH se mantiene por encima de 10 mediante adición de NaOH 0.5 M.

La cinética de reacción se estudia mediante espectroscopía UV-vis de muestras de 0.1 mL extraídas a diferentes tiempos y diluidas en agua en razón 1:40.

RESULTADOS

Caracterización de las nanopartículas

El espectro FTIR de las MNP modificadas con SiO_2 funcionalizada (**Figura 1**) revela la presencia de óxido de hierro (estiramiento Fe-O, 592 y 633 cm^{-1} y flexión de enlace Fe-OH, 897 cm^{-1}) y de un recubrimiento de SiO_2, con bandas características a 457 y 1066 cm^{-1}, asociadas a los modos de flexión y tensión asimétrica del enlace Si-O-Si [4], junto con picos a 796 y 958 cm^{-1}, relacionados con el estiramiento Si-O en grupos silanol libres.

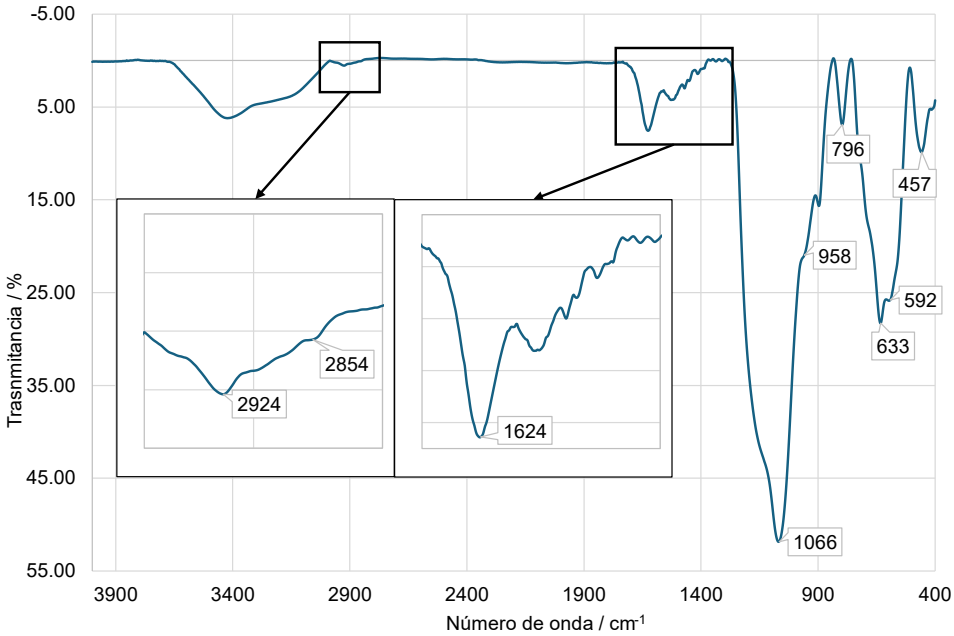


Figura 1. Espectro de MNP encapsuladas mediante el proceso de co-condensación.

También destaca la presencia de un pico agudo a 1624 cm^{-1}, que podría corresponder a vibraciones de deformación N-H o de OH de agua adsorbida. Los modos de tensión N-H se encuentran enmascarados por la absorción ancha de tensión OH a 3400 cm^{-1}, típica de grupos silanol hidratados. Por tanto, las funcionalidades aminopropilo se identifican a partir de las vibraciones de tensión CH_2 (2924 y 2854 cm^{-1}) y de las vibraciones wagging CH_2 presentes en el rango 1500-1300 cm^{-1}.

El análisis de las nanopartículas Fe_3O_4 mediante EDX proporciona una relación atómica Fe:O de 0.68, que se desvía ligeramente de la relación de 0.75 propia de la magnetita y confirma la presencia de impurezas. Además, se ha observado una relación Fe:Si de 3.78, lo que implica que la capa de sílice no tiene un grosor excesivo debido al bajo tiempo de reacción utilizado.

Las imágenes TEM, mostradas en las **Figura 2** y **Figura 3**, revelan como las MNP tienen forma esférica con un tamaño de partícula de 10-40 nm. Además, tras la encapsulación se observa una fuerte agregación con agrupaciones que pueden alcanzar tamaños del orden de 1 micra. En consonancia con los datos EDX, se aprecia que las capas de sílice son de pequeño espesor, en comparación con el diámetro de las MNP. Por otro lado, también se observa la existencia de nanopartículas de sílice unidas a los aglomerados.

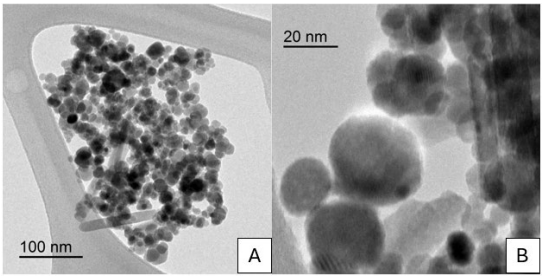


Figura 2. Imágenes TEM de MNP.

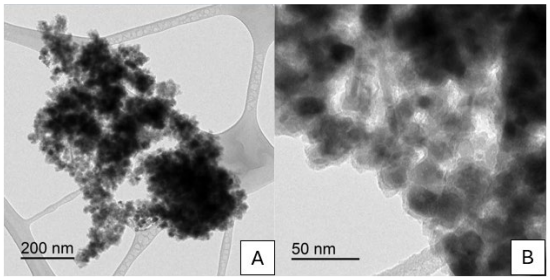


Figura 3. Imágenes TEM de MNP encapsuladas.

De forma complementaria al TEM, la técnica DLS permite determinar la distribución de tamaños hidrodinámicos de partícula. Las MNP sintetizadas tienen un tamaño promedio de 190 nm mientras que las MNP encapsuladas muestran un tamaño promedio de 245 nm (**Figura 4** y **Figura 5**). En ambos casos la distribución de tamaños es muy ancha, lo que sugiere que la población de agregados es polidispersa.

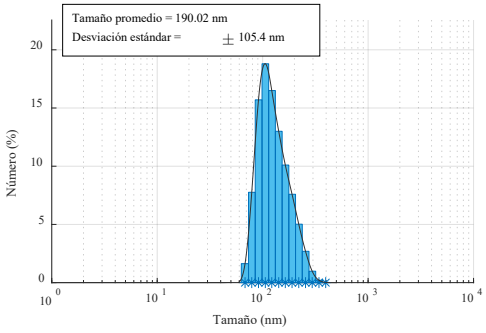


Figura 4. Distribución por tamaño de las MNP.

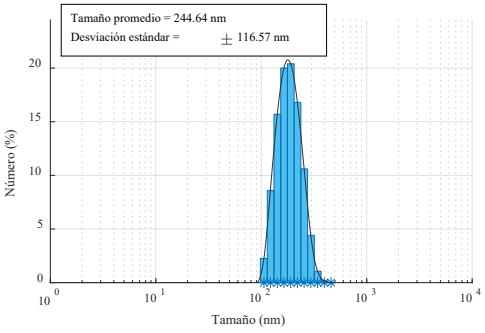


Figura 5. Distribución por tamaño de las MNP encapsuladas.

Finalmente, se midió por espectroscopía UV-vis la cantidad de 4-amino-TEMPO remanente en el reactor tras el proceso de inmovilización, lo que permitió calcular un rendimiento de inmovilización de 0.27 $\mu mol \cdot mg^{-1}$ MNP. Esto implica una conversión próxima al 10%, que está dentro de los rangos publicados por otros autores [4].

Estudio de oxidación de alcohol cinámico

Para determinar la actividad del catalizador en la oxidación de alcohol cinámico se ha estudiado el proceso de catálisis heterogéneo y homogéneo. Para ello, en cada caso se ha determinado la evolución de la concentración del alcohol cinámico en función del tiempo.

En base a los datos experimentales obtenidos, se ha realizado el ajuste para una cinética de pseudo-primer orden, propia del proceso de oxidación homogéneo utilizando TEMPO [5], y se ha determinado su constante por integración y por derivación.

Tabla 1. Grado de conversión y valor de las constantes cinéticas obtenidas.

Catálisis	Conversión (160 min)	Tiempo para 90% de conversión / min	Método de cálculo	Constante cinética / $min^{-1} \cdot M^{-1}$	ARE
Homogénea	98.4%	69.6	Integración	0.0257	0.84
			Derivación	0.0397	0.38
			Valor promedio	0.0327	0.28
Heterogénea	92.7%	72.6	Integración	0.0231	0.44
			Derivación	0.0360	0.44
			Valor promedio	0.0296	0.31

En estas representaciones se puede observar cómo para la catálisis homogénea **Figura 7** los datos teóricos parecen representativos de los datos experimentales teniendo en cuenta los bajos valores obtenidos para la media del error relativo (ARE) de las constantes determinadas tanto por derivación como utilizando el valor promedio. Por otro lado, para el proceso de catálisis heterogéneo, **Figura 6**, se observa un ajuste ligeramente peor, lo cual, puede atribuirse al efecto de otros fenómenos asociados, como la difusión del reactivo o procesos de adsorción.

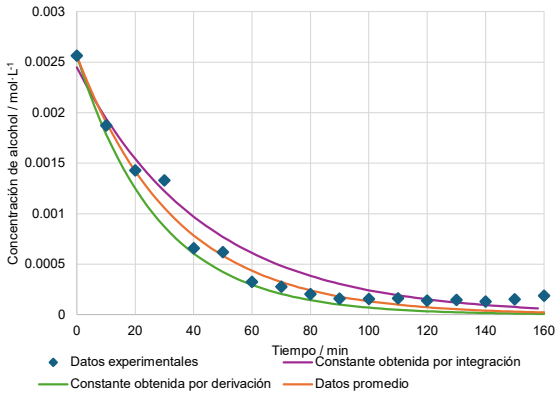


Figura 6. Comparación de los modelos para el proceso de catálisis heterogéneo.

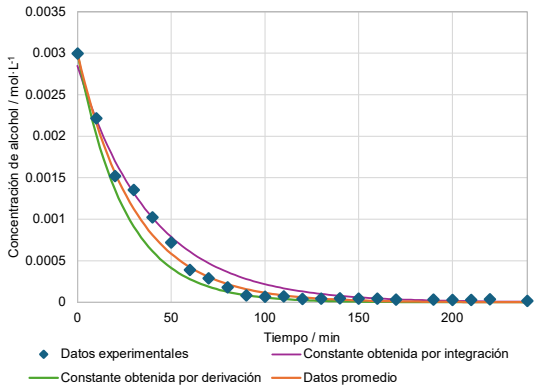


Figura 7. Comparación de los modelos para el proceso de catálisis homogéneo.

Además, se ha calculado la conversión del alcohol para 160 minutos y el tiempo necesario para alcanzar una conversión del 90% como parámetros de análisis. Se puede observar como la conversión lograda para un proceso de catálisis homogénea es superior, aunque sólo se necesitan 3 minutos más para alcanzar una conversión del 90% mediante el proceso heterogéneo.

CONCLUSIONES

En este trabajo se ha conseguido desarrollar con éxito un proceso de inmovilización del catalizador radicalario TEMPO en nanopartículas magnéticas encapsuladas en una capa de sílice. Durante el proceso se desarrollaron partículas encapsuladas con un diámetro de 10-40 nm, que forman suspensiones polidispersas de agregados con un diámetro hidrodinámico promedio de 245 nm, aunque pueden alcanzar tamaño del orden de las micras. Por otro lado, se logró una inmovilización efectiva el catalizador, en consonancia con otros datos experimentales consultados en bibliografía.

Finalmente, el proceso de catálisis heterogénea de la oxidación de alcohol cinámico es totalmente viable, con una conversión del 90% del reactivo inicial próxima a 73 minutos, lo cual implica una constante cinética de pseudo-primer orden de 0.0296 $min^{-1} \cdot M^{-1}$.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen los fondos para este trabajo a la Generalitat Valenciana (proyecto GVA-THINKINAZUL/2021/015) y el MCIN (proyecto TED2021-131028B-I00, financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y por la Unión Europea NextGenerationEU/PRTR). F.J Lloret-Mateo agradece al MEFP la concesión de una beca de colaboración 2023-24.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Singh, Neetu; Singh Rao, Amrender; Nandal, Abhishek; Kumar, Sanjiw; Singh Yadav, Surender; Ahmad Ganaie, Showkat; Narasimhan, Balasubramanian (2021). “Phytochemical and pharmacological review of Cinnamomum verum J. Presl-a versatile spice used in food and nutrition”. *Food Chem*, v. 338, p.p. 127773. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127773

[2] Kumar, Mohit; Devi, Arpna; Sharma, Maninder; Kaur, Palakdeep; Kumar, Uttam (2021). “Review on perfume and present status of its associated allergens”. *Journal of Cosmetic Dermatology*, v. 20, n. 2, p.p. 391-399. 10.1111/jocd.13507

[3] Prakash, Nishitha; Rajeev, Rijo; John, Anjali; Vijayan, Ajesh; George, Louis; Varghese, Anitha (2021). “2,2,6,6-Tetramethylpiperidinyloxyl (TEMPO) Radical Mediated Electro-Oxidation Reactions: A Review”. *ChemistrySelect, v. 5, n. 30, p.p. 7691-7710. 10.1002/slct.202102346*

[4] Ciriminna, Rosaria; Blum, Jochanan; Avnir, David; Pagliaro, Mario (2000). “Sol–gel entrapped TEMPO for the selective oxidation of methyl α-d-glucopyranoside”. *Chemical communications, n.15, p.p. 1441-1442. 10.1039/B003096L*

[5] de Nooy, Arjan E.J.; Besemer, Arie C; van Bekkum, Herman (1995). “Selective oxidation of primary alcohols mediated by nitroxyl radical in aqueous solution. Kinetics and mechanism”. *Tetrahedron*, v. 51, n. 29, p.p. 8023-8032. https://doi.org/10.1016/0040-4020(95)00417-

Tintura de algodón con residuo de cáscara de almendra

Lopez-Ricart, María[(1)], Montava, Ignacio[(1)], Díaz-García, Pablo[(1)], Belda-Anaya, Raquel[(1)].

(1) Departamento de Ingeniería Textil y Papelera, Escuela Politécnica Superior de Alcoy, Universitat Politècnica de València, Plaza Ferrándiz y Carbonell s/n, 03801 Alcoy (Alicante), mlopric@epsa.upv.es

RESUMEN

La problemática medioambiental generada por los colorantes sintéticos en aguas residuales y los microplásticos liberados por los textiles sintéticos ha reimpulsado el uso de colorantes y tejidos naturales. Estos colorantes naturales no solo proporcionan su color característico, sino que también ofrecen propiedades adicionales a los tejidos. En este estudio se procede a tintar tejidos de algodón crudo mediante agotamiento con extracto de residuos de cáscara de almendra con diferentes relaciones de baño, aplicando un premordentado de quitosano mediante impregnación con el fin de obtener una tintura uniforme y duradera la cual ha sido evaluada mediante medición del color. Además, se realizarán ensayos de lavado para evaluar la solidez de color y ensayos de protección frente a la radiación para evaluar la capacidad fotoprotectora del tejido.

Palabras clave: quitosano, UPF, tejido

INTRODUCCIÓN

La preocupación por la contaminación ambiental generada por los colorantes sintéticos y el desprendimiento de microfibras durante el lavado de tejidos sintéticos [1], ha llevado a una creciente investigación sobre el uso de colorantes naturales en el proceso de tintura de tejidos naturales. A lo largo de los años, se han evaluado las propiedades que ciertas sustancias naturales pueden conferir a los textiles, además de ofrecer su color característico [2]. Sin embargo, los colorantes naturales se enfrentan a desafíos significativos, ya que a menudo producen tonalidades más suaves y presentan una menor solidez al frote, a la luz y al lavado en comparación con los colorantes sintéticos [3]. Para superar estas limitaciones, es común el uso de mordientes en los tejidos, lo que ayuda a lograr una tintura más efectiva y duradera [2].

En este contexto, la búsqueda de alternativas sostenibles y eficientes ha llevado a explorar los compuestos polifenólicos presentes en ciertos subproductos generados durante el procesamiento de almendras para uso alimentario. Subproductos como las aguas de escaldado y las pieles retiradas [3,4] contienen polifenoles que pueden ser utilizados para conferir nuevas propiedades a textiles naturales convencionales, como el algodón (Co), mediante procesos de tintura. Diversas investigaciones han confirmado la capacidad de los polifenoles presentes en las almendras para tintar fibras de origen natural [5], además de poseer propiedades adicionales valiosas. Estos polifenoles no solo ofrecen una opción de tintura más sostenible, sino que también han demostrado un alto potencial como agentes fotoprotectores [6]. Esto sugiere que los tejidos de algodón tintados con estos compuestos podrían proporcionar una protección eficaz contra la radiación ultravioleta (UPF).

Por lo tanto, en este estudio, se evaluará tanto la capacidad tintórea como la solidez del color y la eficacia fotoprotectora de los tejidos de algodón tratados con polifenoles extraídos de subproductos de almendra, buscando además de aportar soluciones ecológicas a la industria textil, mejorar la funcionalidad de los tejidos naturales.

OBJETIVOS

En el siguiente artículo se pretende determinar la capacidad de coloración de los polifenoles presentes en las aguas de escaldado de almendra sobre un tejido de Co, determinar si el tejido tintado presenta propiedades fotoprotectoras y determinar si la utilización de un premordentado sobre el tejido previo a la tintura favorece una mejor solidez del color al lavado de las muestras.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

Se ha utilizado como sustrato textil un tejido con una composición 100% algodón crudo obtenido mediante calada con un ligamento tafetán, el cual posee una densidad de 30 hilos/cm y 14 pasadas/cm con un gramaje 200 g/m^2. Para la tintura del tejido se ha empleado una disolución de agua de escaldado obtenida a partir de cáscara de almendra proporcionada por una empresa especializada externa. El quitosano de peso molecular medio Poly(D-glucosamine), deacetylated chitin, con fórmula $C_{12}H_{24}N_2O9$ éste pertenece a la marca Sigma-Aldrich y fue suministrado por Merck Life Science S.L (Madrid, España). Para disolver el quitosano en medio ácido, se emplearon 5 mL/L deácido acético (Acid Ac.) al 80% para análisis de PanReac AppliChem.

Para el ensayo de solidez del color al lavado doméstico se hace uso del equipo linitest fong's en base a la norma UNE-EN ISO 105-C06:2010 utilizando un tejido de algodón normalizado como testigo en cada una de las muestras. Las propiedades fotoprotectoras se han evaluado según la norma AATCC TM183:2014 utilizando el equipo Photo/Radiometer HD 2102.2. Las coordenadas cromáticas y las valoraciones de carga y descarga de color de las muestras obtenidas se determinaron con el espectrofotómetro de reflexión Spectro 700 de datacolor.

Métodos

Antes de proceder a la tintura, se han impregnado algunas de las muestras (indicadas en la Tabla 1) con una solución de 10 g/L quitosano sumergidas en un volumen de 200 mL durante 10 minutos a temperatura ambiente (~24ºC) con el fin de aplicar un premordentado y mejorar la tintura. Una vez trascurrido este tiempo, se pasaron por un foulard de pequeña escala para eliminar el exceso de humedad, se pesaron antes y después del proceso para calcular el pick-up, se secaron en la estufa a 90 °C y se termofijaron a 150 °C durante 3 minutos. La estufa empleada para los tratamientos térmicos es el modelo TCF 120 de ARGOLAB.

Tabla 1. Muestras obtenidas.

Muestra	Referencia	Mordentado	Peso (g)	R/b
1	Co 1/30	No	5	1/30
2	Co 1/30 M	Sí	5	1/30
3	Co 1/50 M	Sí	3	1/50

La tintura se realiza con una relación de baño (R/b) 1/50 sobre el tejido sin mordentar, y sobre las muestras restantes R/b 1/50 y 1/30 con la finalidad de optimizar el proceso para obtener la mayor intensidad del color en cada una de las muestras. La curva de tintura es de 60 min con gradiente 2 partiendo de una temperatura de 20 °C hasta los 90 °C. El proceso de tintura se realizó utilizando el equipo Testerm 90S de tacaLtex. Estas muestras han sido secadas a temperatura ambiente.

Para evaluar los resultados obtenidos, se realiza el ensayo de lavado doméstico en el equipo linitest fong's en base a la norma UNE-EN ISO 105-C06:2010, con condiciones de ensayo A1S: muestra cortada a 40x100 mm, 150 ml de baño, 40°C, 30 min, con 4 g/L de detergente normalizado sin blanqueante óptico tipo 3 y 10 bolas de acero. Además, se añade un testigo de algodón normalizado cosido a uno de los extremos de la probeta. Las coordenadas cromáticas y las valoraciones de carga y descarga de color de las muestras obtenidas se determinaron realizando al menos 4 mediciones con el espectrofotómetro de reflexión Spectro 700 de datacolor, los parámetros de medición fueron iluminante D65 y observador a 10°.

Finalmente, con el fin de evaluar las propiedades fotoprotectoras de las muestras obtenidas, se hace uso del equipo Photo/Radiometer HD 2102.2 en la que se realizan 10 mediciones sobre cada una de las muestras cada 5 segundos con cada una de las lámparas, UVA y UVB.

RESULTADOS

Los resultados de la tintura, presentados en la Figura 1, muestran la variación en las tonalidades obtenidas al aplicar o no un tratamiento previo con quitosano sobre el tejido, además de las diferentes relaciones de baño empleadas. Esta figura también incluye las muestras sometidas a ensayos de lavado para evaluando visualmente la variación de estos colores. En primer lugar, la muestra 1, presenta una mala homogeneización del colorante sobre la superficie del tejido, mientras que en la muestra 2 y 3 si se observa una buena homogeneización del color sobre el tejido de Co.

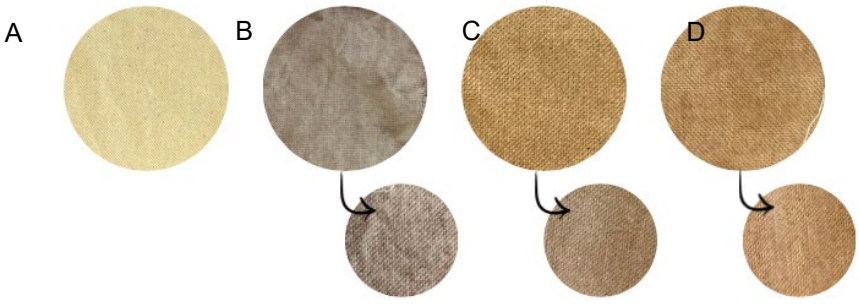


Figura 6. Muestras tras la tintura y el lavado: A. Co Crudo, B. Co 1/30 SM, C.Co 1/30 M, D. Co 1/50 M.

Las coordenadas cromáticas del tejido de algodón inicial, así como de las diferentes muestras obtenidas y sus respectivos lavados, se presentan en la Tabla 2. De forma general, las muestras tintadas han obtenido una menor luminosidad (L*), mayor tonalidad rojiza (+a*) y amarillenta (+b*) frente a la muestra inicial sin tintar de Co crudo (muestra 0). La luminosidad varía significativamente con la aplicación del tratamiento de mordentado, observándose una mayor oscuridad en la muestra 3. Esta oscuridad se intensifica tras el lavado de los tejidos, mostrando un cambio de tonalidad más pronunciado en el tejido que no ha recibido el tratamiento de mordentado. Por otra parte, se muestra una mayor tonalidad rojiza en la tintura con la aplicación del mordentado destacando la muestra 3 con una R/b 1/50. Este resultado es coherente puesto que la concentración de colorante se mantiene constante y la relación de baño es más alta, lo cual deriva en que se deposite mayor cantidad de colorante sobre la fibra. Referente a la coordenada b* ocurre lo mismo que en el caso anterior, las muestras con valores más elevados, una tonalidad más amarillenta, son a las que se les ha realizado el premordentado. Al comparar la muestra de algodón crudo con la muestra con un premordentado de quitosano, se observa una variación de la coordenada b* mostrando tonalidades más amarillentas. Por lo que este aumento en la coordenada b*, pueden mostrarse influenciadas por este mordentado previo.

Las muestras que han dado mejor resultado de diferencia de color tras el lavado (dE menor) son a las que se les ha aplicado un premordentado (muestra 2 y 3). Dentro de estos, la mayor diferencia se encuentra en el que posee una relación de baño más alta (muestra 3). Con respecto al índice de degradación de las muestras tras el lavado doméstico, como cabía esperar, las muestras con un premordetado poseen una mayor solidez frente al tejido de Co al cual no se le ha realizado este pretratamiento.

Tabla 2. Coordenadas cromáticas de las muestras e índices de degradación y descarga.

Muestra	Referencia	Pick-up (%)	L*	a*	b*	dE	Índice de degradación	Índice de descarga
0	Co crudo		85,07	2,46	12,32			
0.1	Co Crudo M	83,96	84,65	2,36	11,85	1,82		
1	Co 1/30		68,21	7,66	11,35		3	4
1.1	Co 1/30 Lavado		70,42	7,33	11,31	3,03		
2	Co 1/30 M	76,78	62,9	10,53	18,68		3-4	4-5
2.1	Co 1/30 M Lavado		63,31	11,72	16,84	2,22		
3	Co 1/50 M	88,37	60,73	11,17	18,6		3-4	4-5
3.1	Co 1/50 M Lavado		60,25	11,83	15,9	2,82		

En cuanto a la descarga sobre el testigo de Co normalizado (Tabla 2), tras analizar las diferencias de color dE de los testigos de cada una de las muestras frente al testigo de Co normalizado sin lavar, se observa que la muestra que más ha variado en su tonalidad es el testigo de tejido sin mordentar. Mientras que los tejidos mordentados presentan unos testigos con un índice de descarga similar en ambos casos, 4-5. Con lo que los tejidos mordentados poseen una mayor fijación del colorante en la materia textil tras el lavado doméstico.

Este resultado también se puede observar en la Figura 2, la cual muestra las aguas residuales de estos lavados domésticos aplicados a cada uno de los tejidos. Las aguas

tras el lavado de la muestra sin mordentar presentan una mayor cantidad de colorante en el baño frente a las muestras las cuales han sido mordentadas, donde la fijación de este sobre el tejido parece ser similar en ambos casos, reduciendo el desprendimiento de este colorante durante el lavado.

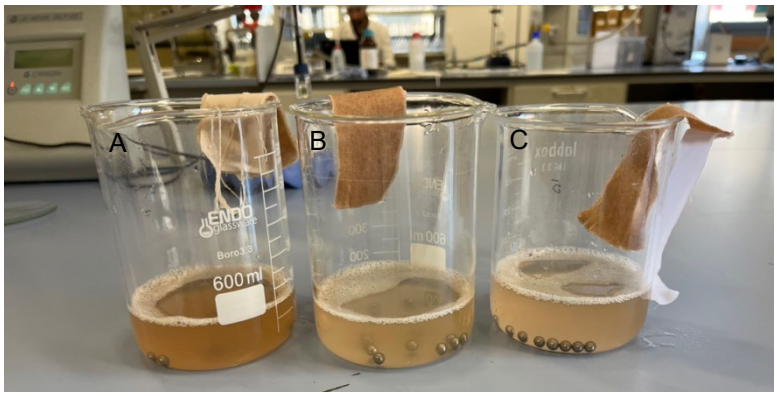


Figura 2. Aguas residuales tras el ensayo de lavado doméstico: A. Co 1/30 SM, B.Co 1/30 M, C. Co 1/50 M.

Finalmente, la Tabla 3 muestra los resultados obtenidos sobre la capacidad UPF que presentan cada uno de los tejidos inicialmente y tras su lavado. Analizando los resultados se puede concluir que, a mayor cantidad de colorante sobre la fibra, la capacidad fotoprotectora es mayor. Esto puede ser debido a la mayor cantidad de agentes polifenólicos que puede poseer el tejido. Por otra parte, a pesar de que la solidez del color frente al lavado en las muestras mordentadas es elevada, la capacidad fotoportectora disminuye con los lavados de los tejidos. También se comprueba que el quitosano no influye en la capacidad fotoprotectora del tejido, puesto que la muestra de Co crudo Quitosano no ofrece una mayor protección, de hecho este valor disminuye un poco, esto puede ser debido a que en el proceso de impregnación en medio ácido las fibras se han visto ligeramente degradadas.

Teniendo en cuenta la clasificación de la escala UPF comúnmente empleada, se consigue que el factor de protección pase de considerarse bajo (<15) a buena protección (15-24) con la adición del extracto de cáscara de almendra.

Tabla 3. UPF de los tejidos inicialmente y tras su lavado.

Muestra	Referencia	UPF	UPF Lavado
0	Co Crudo	3,54	
0.1	Co Crudo M	3,02	
1	Co 1/30	16,41	15,39
2	Co 1/30 M	21,00	15,94
3	Co 1/50 M	22,78	17,83

CONCLUSIONES

Tras analizar los resultados, se ha logrado realizar una tintura efectiva en un tejido de algodón utilizando residuos de agua de almendra a diferentes relaciones de baño. En

general, las muestras premordentadas exhiben una mayor homogeneidad y solidez del color frente al lavado doméstico. Además, estas muestras muestran una mayor fijación del colorante en el tejido, reduciendo el desprendimiento del mismo en las aguas residuales generadas durante el lavado. Cabe destacar que la muestra que ha presentado los mejores resultados es la muestra 2 (Co 1/30 Mordentado). Esta muestra no solo utiliza una relación de baño menor, promoviendo un proceso más sostenible, sino que también mantiene buena solidez del color al igual que utilizando relaciones de baño mayores. Además con esta investigación, se ha confirmado la presencia de agentes polifenólicos en los extractos de almendras, por lo que al usarlos como colorante natural, también están presentes en los tejidos tintados. Las muestras premordentadas muestran una buena protección UPF dentro de la clasificación de la escala UPF, sin embargo, estos valores se ven afectados tras los lavados.

REFERENCIAS

[1] Cai, Y., Mitrano, D. M., Heuberger, M., Hufenus, R., & Nowack, B. (2020). The origin of microplastic fiber in polyester textiles: The textile production process matters. Journal of Cleaner Production, 267, 12197

[2] Gómez-Moreno, H., Duran-Serra, A., Prieto-Fuentes, R., Álvarez del Castillo, M. D., Macanás, J., & Carrillo-Navarrete, F. (2023). Almond skin, a bio-waste for green dyeing of wool fibres. Textile Research Journal, 93(5-6), 1030-1042

[3] Milbury, P. E., Chen, C. Y., Dolnikowski, G. G., & Blumberg, J. B. (2006). Determination of flavonoids and phenolics and their distribution in almonds. Journal of agricultural and food chemistry, 54(14), 5027-5033.

[4] Garrido, I., Monagas, M., Gómez-Cordovés, C., & Bartolomé, B. (2008). Polyphenols and antioxidant properties of almond skins: influence of industrial processing. Journal of Food Science, 73(2), C106-C115.

[5] Gómez-Moreno, H., Duran-Serra, A., Prieto-Fuentes, R., Álvarez del Castillo, M. D., Macanás, J., & Carrillo-Navarrete, F. (2022). Almond skin, a bio-waste for green dyeing of wool fibres. Textile Research Journal, 00405175221127705.

[6] Mandalari, G., Arcoraci, T., Martorana, M., Bisignano, C., Rizza, L., Bonina, F. P., ... & Tomaino, A. (2013). Antioxidant and photoprotective effects of blanch water, a byproduct of the almond processing industry. Molecules, 18(10), 12426-12440.

Inmovilización de la enzima glucosa oxidasa en tejidos de algodón

Sánchez-Martínez, Ainhoa[(1)*], Belda-Anaya, Raquel[(1)], Montava, Ignacio[(1)], Gisbert-Payá, Jaime[(1)]

(1) Departamento de Ingeniería Textil y Papelera, Universitat Politècnica de València, Plaza Ferrándiz y Carbonell n1, 03801 Alcoy, España.

(*) aisanma1@epsa.upv.es

RESUMEN

En la biotecnología aplicada a la industria textil, el uso de enzimas destaca por hacer los procesos más eficientes, sostenibles y menos agresivos químicamente. La glucosa oxidasa (GOx) es una enzima que se utiliza en el proceso de blanqueo de fibras celulósicas, pero que también se podría utilizar para funcionalizar el tejido, sobre todo para el ámbito de la salud y medicina, si se realiza la inmovilización enzimática.

Por lo que se pretende estudiar la inmovilización de la enzima GOx en tejido de algodón, así como, evaluar la influencia de factores como el pH y la concentración enzimática. Para ello, se realizó una inmovilización mediante la técnica de adsorción física y se midió la actividad de la enzima en términos de aptitud de interacción de la GOx con glucosa en un tiempo determinado para producir peróxido de hidrógeno mediante un ensayo colorimétrico.

Los resultados obtenidos concluyen que la inmovilización es válida, obteniendo mejores resultados a pH cercano al neutro y concentraciones más elevadas, siendo la configuración óptima de pH 6,5 y concentración 1000 U/L, obteniendo un 50% de enzima inmovilizada en el tejido.

Palabras clave: GOx, adsorción, tejido de punto, fibra celulósica.

INTRODUCCIÓN

El empleo de enzimas en la industria textil está en auge debido a su capacidad para reemplazar los productos químicos agresivos convencionales. Se utilizan para realizar diversas funciones, como el desencolado, el blanqueo, el descrudado y el lavado [1]. Las enzimas son biocatalizadores con actividad selectiva y específica, que aceleran distintas reacciones y permanecen inalteradas tras la reacción. Todas las enzimas están formadas por proteínas y trabajan en unas condiciones de temperatura y pH determinados. Hoy en día, las enzimas se producen mediante procesos biotecnológicos en grandes cantidades y de calidad constante, con lo que son aplicables a procesos a gran escala [2].

La forma convencional de catalizar el proceso específico utilizando enzimas es simplemente agregarlas al proceso. Una vez finalizado el proceso, se inactiva y finalmente se drena en el efluente. Esta forma de aplicación de enzimas no es económica y, además, para las aplicaciones de procesamiento textil, las enzimas deben ser estables frente a parámetros severos como temperatura alta, pH y sales, álcalis, tensioactivos, etc., normalmente empleados en el procesamiento textil.[3]

Como las enzimas son biocatalizadores, no se consumen en las reacciones; por lo tanto, su reutilización puede ser la mejor solución desde el punto de vista económico. Por lo tanto, una forma alternativa de utilizar enzimas puede ser la inmovilización. La inmovilización es fijar las enzimas en un material portador/soporte adecuado que permite una operación simple, una fácil separación y la posibilidad de reutilizar las enzimas [3].

Hasta la fecha se han revelado muchos métodos de inmovilización, como puede ser la unión a un soporte mediante técnicas de adsorción física, enlace covalente y unión iónica, la encapsulación o entrampamiento y el entrecruzamiento [3].

De entre todas las enzimas utilizadas en el sector textil, son de objeto de gran atención en la biotecnología las glucosas oxidasas debido a su gran versatilidad. Estas se utilizan en la industria textil para la generación del peróxido de hidrógeno necesario para el blanqueo de las fibras de celulosa a partir de glucosa. El blanqueo con glucosa oxidasa representa un potencial económico y ecológico en comparación con el proceso convencional [2].

Sin embargo, lo que destaca de esta enzima es que también es antimicrobiana [4] y si se inmoviliza sobre un tejido de algodón este puede adquirir varias aplicaciones interesantes y útiles, particularmente en el ámbito de la salud y la biotecnología.

Algunas de estas aplicaciones, basándose en estudios recientes sobre otros materiales y aplicaciones, podrían ser: como **apósito para heridas** [5], ya que la glucosa oxidasa puede actuar como un agente antimicrobiano y ayudar en el proceso de curación de heridas mediante la generación de peróxido de hidrógeno, que es un desinfectante; como **sensor de glucosa biológico no invasivo** [6], detectando la glucosa en el sudor, lo que sería útil para monitorear los niveles de glucosa en pacientes diabéticos sin necesidad de extracciones de sangre; o como **control de infecciones** [4], el tejido de algodón funcionalizado con glucosa oxidasa podría liberar lentamente cantidades pequeñas de peróxido de hidrógeno en presencia de glucosa y oxígeno, esto podría utilizarse en entornos clínicos para ayudar a reducir la carga microbiana y prevenir infecciones en hospitales.

Esta integración de la biotecnología en textiles es un área de rápido desarrollo que abre nuevas vías para productos innovadores en medicina, cuidado personal y otras industrias.

OBJETIVO

Es por ello, que el objetivo principal de este trabajo es estudiar la inmovilización mediante adsorción física de la enzima glucosa oxidasa en un tejido de algodón 100% para su funcionalización. Por lo que se pretende estudiar la influencia del pH y la concentración de la enzima para obtener una inmovilización eficiente.

EXPERIMENTAL

Materiales

Tejido de punto de 100% de algodón de 120 g/m^2, kit de actividad de la glucosa oxidasa de Megazyme, fosfato de potasio monobásico de Sigma-Aldrich e hidróxido de potasio de Emsure.

Métodos

Determinación de la actividad enzimática GOx

La actividad de la enzima glucosa oxidasa se estudia mediante ensayo colorimétrico utilizando kits de ensayo de glucosa oxidasa suministrado por Megazyme como explica Kahoush, M. *et al* [7].

Para conocer la actividad de la enzima se establece la curva estándar de la misma. Para ello, se debe saber qué reacción se produce. La glucosa oxidasa cataliza la oxidación de β-D-glucosa a D-glucono-δ-lactona con la liberación de peróxido de hidrógeno (1). En presencia de la enzima secundaria peroxidasa (POD), este peróxido de hidrógeno (H_2O_2) entra en una segunda reacción en la que intervienen el ácido p-hidroxibenzoico y la 4-aminoantipirina con la formación cuantitativa de un complejo colorante de quinoneimina que se mide a 510 nm (2).

Las reacciones son:

$$(1)\ \beta\text{-D-glucosa} + O_2 + H_2O \xrightarrow{(GOx)} \text{D-glucono-}\delta\text{-lactona} + H_2O_2$$

$$(2)\ 2H_2O_2 + \text{ácido p-hidroxibenzoico} + \text{4-aminoantipirina} \xrightarrow{(POD)} \text{quinoneimina} + 4H_2O$$

Teniendo en cuenta la reacción química que se va a medir, se preparan todas las disoluciones indicadas y contenidas en el kit de ensayo de la glucosa oxidasa tal y como se describe en este. Entre las disoluciones a preparar se encuentra la disolución POD a pH 7, la disolución de D-glucosa como sustrato y la disolución enzimática de glucosa oxidasa GOx de la que se hacen diferentes diluciones en serie.

Una vez preparadas las disoluciones, se realiza el análisis de la actividad enzimática en un espectrofotómetro UV-Vis a 510nm a 25ºC. Para el ensayo, se registra la intensidad de absorbancia a los 20 minutos de cuando se añadieron 2 mL de la mezcla de POD a 0,5 mL de D-glucosa y, a continuación, 0,5 mL de solución de enzima a la mezcla. Se traza así una curva de calibración que permite cuantificar la cantidad de enzima (µg) por 0,5 mL de solución enzimática.

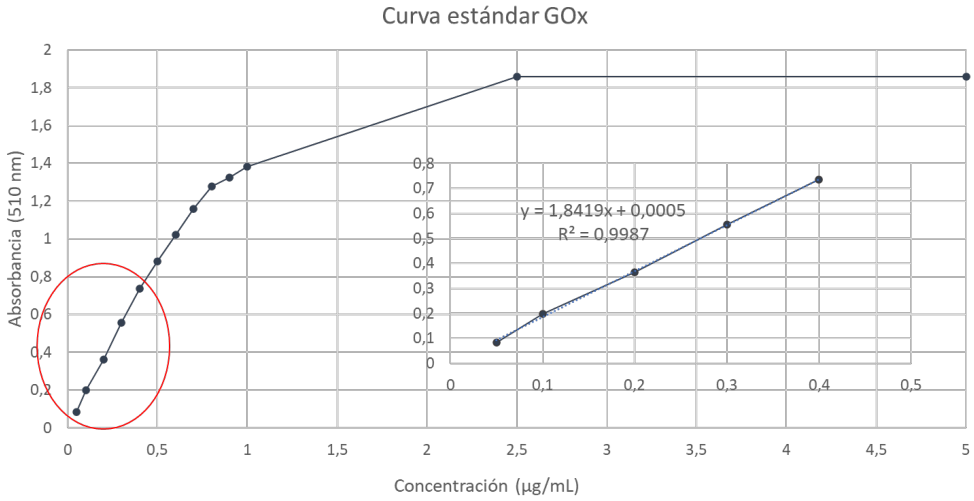


Figura 1. Curva estándar GOx en concentración de enzima en µg/mL.

Utilizando los recursos de conversión aportados por el kit de ensayo se convierten los µg/mL a U/L.

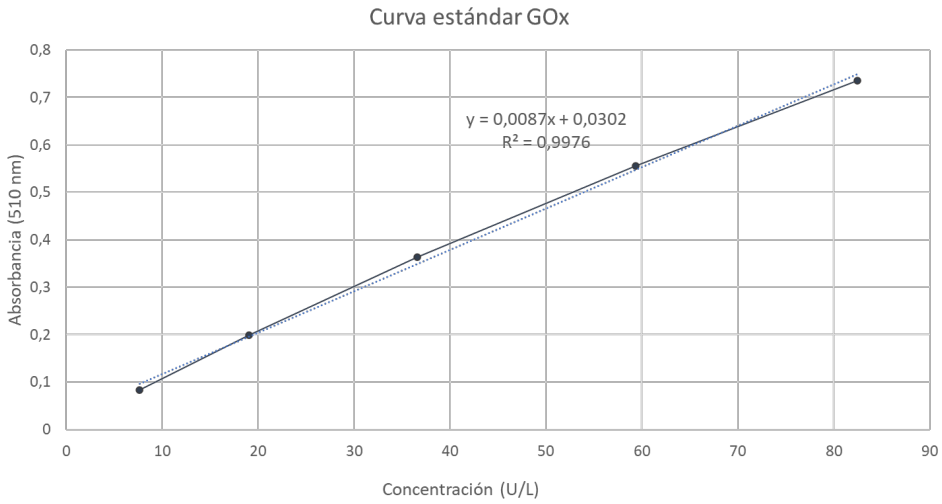


Figura 2. Curva estándar GOx en concentración en U/L.

Inmovilización de la enzima glucosa oxidasa en el tejido de algodón

Para inmovilizar la enzima glucosa oxidasa en el tejido de algodón se utiliza el método de adsorción física. Método donde el tejido se introduce en la disolución enzimática durante un tiempo determinado y las enzimas se adhieren a la superficie del soporte mediante interacciones físicas como fuerzas de Van der Waals, enlaces de hidrógeno y fuerzas hidrofóbicas.

La disolución enzimática se prepara añadiendo una cantidad determinada de enzima en tampón fosfato potásico (PPM) 0,01M a pH 5,5, que es el pH óptimo de actividad de la enzima. Sin embargo, en este trabajo se estudiará como influye trabajar en pH más neutro, por lo que también se preparará el tampón a pH 6,5. Es por ello, que se preparan 6 botes de disolución enzimática a diferente pH y diferente concentración. Se estudian las concentraciones de 0 U/L, 500 U/L y 1000 U/L a pH de 5,5 y 6,5. La relación de baño utilizada es 1/50.

Una vez preparadas las diferentes disoluciones se procede a colocar 2g de tejido en cada baño. A continuación, se guardan los diferentes recipientes en el frigorífico durante 4 horas a 4ºC y se agita cada 30 minutos. Finalmente, se extraen los tejidos y se secan a temperatura ambiente.

Determinación de la actividad enzimática GOx en el tejido

Para determinar la actividad enzimática GOx en el tejido tras el proceso de inmovilización se realizará un ensayo colorimétrico de actividad de la enzima. Sin embargo, en este caso, en vez de medir la actividad de la disolución enzimática se medirá de 1 cm^2 del tejido aprestado. Para ello, se registra la intensidad de absorbancia en un espectrofotómetro UV-Vis a 510nm a los 20 minutos de cuando se añaden 2 mL de POD a 0,5 mL de D-glucosa y a 0,5 mL de tampón PPM y 1 cm^2 de tejido aprestado.

Sabiendo el valor de absorbancia y utilizando la curva estándar se puede determinar la actividad en U/L del tejido aprestado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tras realizar la inmovilización enzimática a diferentes pH y concentración en tejido de algodón y tras medir la actividad enzimática en esos tejidos, se puede observar en la figura 3, los resultados en U/L de actividad enzimática de los tejidos. Es destacable que se obtienen valores de actividad mayores cuando se utilizan los baños con mayor concentración enzimática, es decir, de 1000 U/L. Siendo la actividad detectada superior cuando se utiliza un pH de 6,5, obteniendo una actividad de 500 U/mL Además, es notable que el pH 6,5 obtiene, independientemente de la concentración de la enzima, resultados de actividad mayor que el pH 5,5. Esto se puede deber a que aunque el pH 5,5 sea el óptimo de la enzima, el pH 6,5 es más óptimo para el proceso de inmovilización, es decir, que la capacidad de adsorción del algodón mejor a pH más neutro en este caso.

Además, es destacable en la figura 4, que cuando los resultados se traducen a % de enzima inmovilizada en el tejido, el tejido que ha sido tratado con un baño de 1000 U/L a pH 6,5 obtiene un porcentaje de inmovilización del 50%, mientras que el resto no tienen una diferencia muy significativa entre ellos, estando sobre el 10-20%.

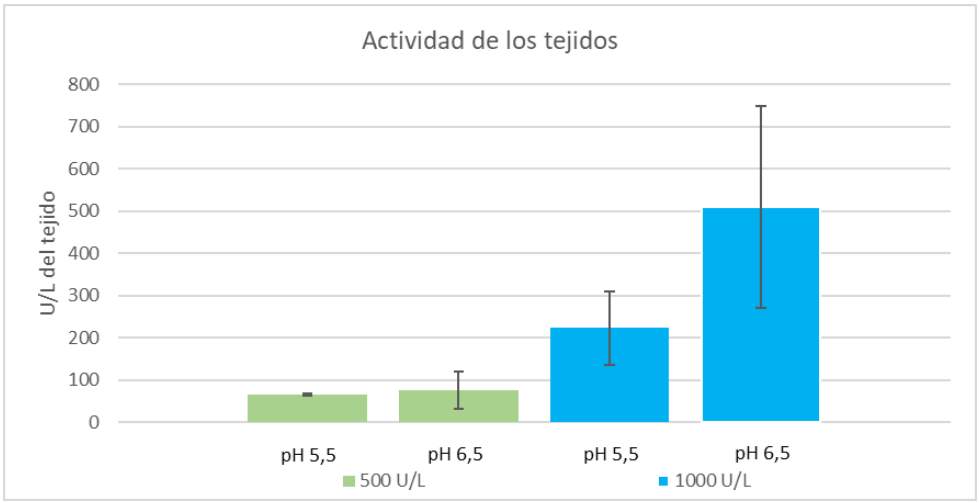


Figura 3. Resultados de la actividad enzimática de 2g de tejido en U/L.

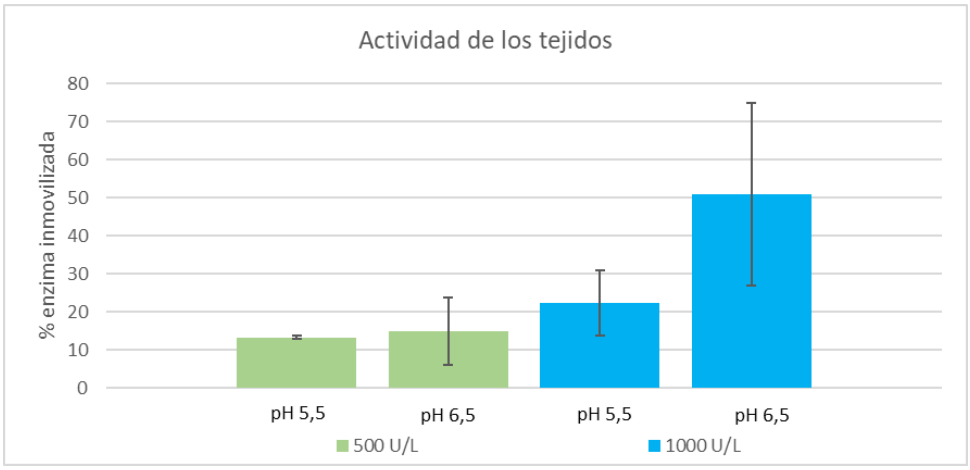


Figura 4. Resultados de la actividad enzimática de 2g de tejido en % de enzima inmovilizada.

CONCLUSIONES

En este trabajo se pretendía estudiar la inmovilización de la enzima glucosa oxidasa en tejido de algodón 100% mediante la técnica de adsorción física, evaluando la influencia de diferentes variables, como es el pH y la concentración enzimática.

Tras los resultados obtenidos se puede concluir que es posible inmovilizar la enzima glucosa oxidasa en tejido de algodón utilizando el método de adsorción enzimática, siendo el pH y la concentración factores clave en el proceso. Ya que a pH más neutro y concentración más elevada se obtienen resultados más óptimos, siendo la combinación de pH 6,5 y concentración enzimática de 1000 U/L la más eficiente, proporcionando un porcentaje de inmovilización del 50%.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su gratitud por el apoyo financiero a la beca predoctoral otorgada a Ainhoa Sánchez Martínez por el Ministerio de Universidades, dentro del programa "Formación de Profesorado Universitario", con la referencia FPU22/04172.

REFERENCIAS

[1] Sen, A., Kapila, R., Chaudhary, S., & Nigam, A. (2021). Biotechnological applications of microbial enzymes to replace chemicals in the textile industry-a review. Textile Association, 82(2), 68-73.

[2] Mojsov, K., Janevski, A., Andronikov, D., Jordeva, S., Golomeova, S., Gaber, S., & Ignjatov, I. (2021). Production and application of glucose oxidase enzyme in textile technology. Tekstilna industrija, 69(1), 21-27.

[3] Madhu, A., & Chakraborty, J. N. (2017). Developments in application of enzymes for textile processing. *Journal of cleaner production*, *145*, 114-133.

[4] Vartiainen, J., Rättö, M., & Paulussen, S. (2005). Antimicrobial activity of glucose oxidase-immobilized plasma-activated polypropylene films. *Packaging Technology and Science: An International Journal*, *18*(5), 243-251.

[5] Santos, JCC, Mansur, AA, Ciminelli, VS, y Mansur, HS (2014). Nanocompuestos de poli(alcohol vinílico)/nanotubos de carbono multipared funcionalizados conjugados con glucosa oxidasa para su posible aplicación como andamios en la cicatrización de heridas de la piel. *Revista internacional de materiales poliméricos y biomateriales poliméricos* , *63* (4), 185-196.

[6] Fabregat, G., Lanzalaco, S., Saïd, J. A., Munoz-Pascual, X., Llorca, J., & Alemán, C. (2021). Immobilization of glucose oxidase on plasma-treated polyethylene for non-invasive glucose detection. *Journal of Electroanalytical Chemistry*, *895*, 115509.

[7] Kahoush, M., Behary, N., Cayla, A., Mutel, B., Guan, J., & Nierstrasz, V. (2019). Surface modification of carbon felt by cold remote plasma for glucose oxidase enzyme immobilization. Applied Surface Science, 476, 1016-1024.

Modelando el entorno dinámico para el problema de reubicación de ambulancias

Karpova, Yulia[(1)], Villa, Fulgencia[(1)], Vallada, Eva[(1,2)]
(1) Grupo de Sistemas de Optimización Aplicada, Instituto Tecnológico de Informática, Ciudad Politécnica de la Innovación, edifico 8G, Acc. B.
Universitat Politècnica de València, Camino de Vera s/n, 46021, Valencia, España
yukarkry@posgrado.upv.es, mfuvilju@eio.upv.es, evallada@eio.upv.es
(2) Senior Research Fellow at ValgrAI

RESUMEN

La ubicación de ambulancias es uno de los factores más importantes para proporcionar un nivel de servicio adecuado en la atención sanitaria prehospitalaria. Sin embargo, esta ubicación inicial de los vehículos cambia en cuanto las ambulancias empiezan a moverse. Para evitar que algunas zonas se queden sin cobertura, la comunidad científica ha propuesto diferentes estrategias de reubicación de ambulancias. Todas ellas tienen que ser evaluadas en un entorno simulado antes de su implementación en un servicio sanitario real. La evaluación requiere identificar la información relevante para modelar el entorno dinámico del proceso de respuesta a las emergencias. Los artículos de revisión no suelen profundizar en los aspectos del modelado del proceso de atención a las emergencias sanitarias. Este trabajo tiene como objetivo sintetizar la información sobre diferentes formas de determinar varios aspectos del modelado en el extenso campo de estudio de la reubicación de ambulancias.

Palabras clave: Ambulancias, reubicación, simulación, emergencias, entorno dinámico.

INTRODUCCIÓN

Entre la amplia gama de servicios médicos la atención sanitaria prehospitalaria es uno de los más relevantes, dado que suele implicar una situación de emergencia. Como se indica en [1], el interés científico al problema de ubicación de ambulancias ha crecido en los últimos años.

Mientras que la ubicación de las ambulancias a menudo determina el número y las posiciones de las ambulancias a niveles estratégico y táctico, la reubicación de los vehículos sanitarios corresponde a las decisiones del nivel operativo. El prefijo *re-* de la palabra *reubicación* indica repetición de una acción, es decir, se trata de un movimiento en el que a la ambulancia se le asigna otro lugar de espera.

Los más de veinte años de estudio del problema de reubicación de ambulancias han generado una cantidad importante de estrategias de reubicación basadas en diferentes enfoques. Dado el carácter dinámico del proceso de atención a las emergencias, la evaluación de las estrategias a menudo se lleva a cabo en un entorno simulado. Modelar este entorno dinámico requiere especificar múltiples aspectos, tales como: la distribución temporal y espacial de las emergencias, el tiempo de triaje, el tiempo de viaje, el tiempo de traspaso del paciente al equipo médico, etc. Sin embargo, no existe consenso a la hora de definir estos aspectos, a pesar de la existencia de patrones comunes para diferentes Servicios de Emergencias Sanitarias. Los artículos de revisión del problema de reubicación de ambulancias [2,3] no suelen tratar estos aspectos, sino que se centran en la clasificación de las estrategias propuestas.

OBJETIVO

El objetivo principal de este trabajo es sistematizar la información sobre las formas de determinar dos de los principales aspectos del modelado del proceso de atención a las emergencias sanitarias: distribución temporal y distribución espacial de las llamadas en el amplio campo de estudio de la reubicación de ambulancias. Se revisan un total de 42 artículos publicados desde 1994. Este trabajo se basa en el artículo [4], donde se puede encontrar información sobre la determinación de diversas características de simulación, pero se necesita una ampliación y actualización de la información.

RESULTADOS

El proceso de atención a una emergencia sanitaria, cuyo esquema se muestra en la parte central de la Figura 1, es una combinación de pasos consecutivos, que comienza con la llegada de una llamada al sistema y requiere la realización de ciertas acciones, como clasificación de esta llamada (triaje), asignación de un vehículo, atención médica en el lugar del incidente, asignación del hospital en caso de ser necesario, traspaso del paciente al equipo hospitalario y asignación de una base de regreso. Los puntos azules en la Figura 1 representan estas acciones.

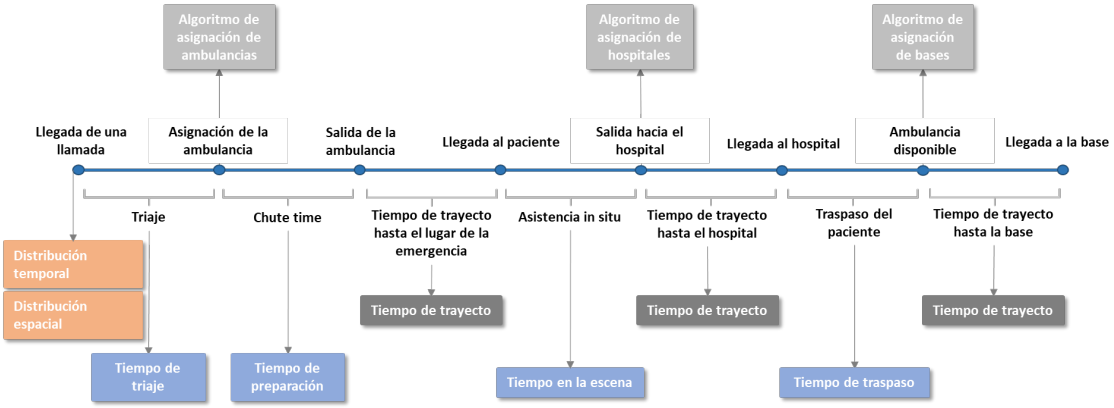


Figura 1. Modelando el proceso de atención a una emergencia sanitaria.

Las decisiones principales que habitualmente se toman a la hora de modelar el entorno dinámico se muestran también en la Figura **1**. Todos estos aspectos se pueden dividir en dos grupos:

- El primer grupo (la parte superior de la figura) son algoritmos operativos: el algoritmo de asignación de ambulancias, el algoritmo de asignación de hospitales y el algoritmo de asignación de bases de regreso. Estos tres algoritmos se consideran básicos porque aparecen en todos los trabajos de la literatura. En la mayoría de los casos, para emergencias sanitarias se asigna la ambulancia más cercana y el hospital más cercano y, cuando no hay reubicación, la ambulancia suele regresar a su base de origen.
- En el segundo grupo hay nueve aspectos (parte inferior de la Figura 1), todos ellos relacionados con los datos e información que se deben incorporar. Este conjunto de aspectos incluye la distribución temporal y espacial de las llamadas de emergencias (sombreadas en naranja), los tiempos independientes de los movimientos de los vehículos: tiempo de triaje, tiempo de preparación del equipo

(chute time), tiempo de la asistencia en la escena y tiempo de traspaso del paciente en el hospital (sombreados en azul) y, por último, tiempos dependientes de los movimientos de los vehículos: tiempo de viaje al lugar del incidente, al hospital y a la base de regreso (sombreados en gris).

A continuación se detalla cómo los artículos revisados abordan los dos aspectos de la generación de llamadas de emergencias: su distribución temporal y su distribución espacial.

Generación de llamadas de emergencias: distribución temporal

El primer aspecto, la distribución temporal de las llamadas, habitualmente se resuelve de una de las siguientes formas: reproduciendo los datos históricos o en base a las distribuciones estadísticas. Algunos autores [5, 6] tienen acceso a los datos históricos con los momentos exactos de las llamadas y los reproducen directamente (*trace-driven simulation*). Otros estudios [7, 8] utilizan una distribución de probabilidad para generar las llamadas, donde la de Poisson es la más usada. La tasa de llamadas (λ) en estos casos puede ser de diferente tipo. Según el espacio, puede haber una tasa *genérica* para toda el área de servicio o una tasa que depende de la zona (*sub-zonal*). Dependiendo de la variación de la tasa en el tiempo, se puede hablar de una tasa *homogénea* (la misma para diferentes períodos) o *no-homogénea* (puede cambiar de un período a otro).

Especialmente en los trabajos que utilizan una tasa de llamadas no-homogénea, los autores tienen que decidir en qué momentos se produce su variación, en otras palabras, hay que determinar los períodos en los que la tasa permanece constante. Respecto a la duración de un período, no hay consenso. Podemos encontrar casos con la tasa de llamadas definida para cada hora (lo más habitual), cada 2, 3 o 6 horas. Los autores de [9] generan escenarios para diferentes duraciones (1, 3, 6, 12 y 24 horas). En [10] el día se divide en tres períodos: día (7.30-17.00), tarde (17.00-00.00) y noche (00.00-7.30), pero no se considera la tarde a la hora de hacer los experimentos. Cabe mencionar que hay dos tipos de reubicación: reubicación multi-período, relacionada con los movimientos de la población a lo largo del día y reubicación dinámica, motivada por el cambio en el número de vehículos disponibles, que disminuye cuando las ambulancias se asignan a las emergencias y aumenta cuando las ambulancias se quedan libres. Algunos trabajos dedicados a la reubicación dinámica también tienen en cuenta los cambios de la demanda en diferentes períodos, aunque estos cambios no son un motivo explícito para reubicar las ambulancias.

Por último, hay que comentar que hay pocos estudios sobre cómo el modo de generar las llamadas de emergencias afecta al rendimiento de las estrategias de reubicación. Algunos trabajos [8, 11, 12] varían los valores medios de la tasa de llamadas, sin embargo, el tipo de tasa utilizada (genérica vs. sub-zonal, homogénea vs. no-homogénea) no cambia.

Generación de llamadas de emergencias: distribución espacial

El segundo aspecto del problema de generación de las llamadas de emergencias es su distribución espacial. Para su resolución se suele emplear una de las siguientes formas: distribución aleatoria en el área, reproduciendo directamente los datos históricos o asignando la probabilidad en función del volumen de demanda o según la densidad poblacional. Uno de los trabajos que asignan una probabilidad de aparición de las llamadas en diferentes zonas de modo aleatorio es [13]. Los trabajos que reproducen directamente las llamadas históricas son, por ejemplo, [14, 15].

La generación de las llamadas en base a la demanda de los servicios de emergencias sanitarias considera la distribución no uniforme de los requerimientos en un área de servicio y, además, permite considerar su carácter dinámico, debido a los desplazamientos de la gente de unas zonas a otras en diferentes períodos. Pero no siempre es posible estimar la demanda. Aunque los puntos de demanda de servicios de emergencias sanitarias no siempre se encuentran en las zonas más pobladas (un claro ejemplo son accidentes en las carreteras), hay una fuerte correlación positiva entre la demanda y la población. Los trabajos que utilizan la población como un indicador de la demanda son, por ejemplo, [16, 17].

Un aspecto importante a la hora de ubicar las llamadas de emergencias es la unidad territorial utilizada. Dado que habitualmente las emergencias no se distribuyen uniformemente en un área de servicio, se utiliza la división del territorio en zonas en base a: códigos postales, distritos administrativos (municipios, barrios), distritos censales, cuadrículas, unidades básicas (estadísticas, sanitarias) o clústeres.

Mientras que la simulación permite ubicar las llamadas en cualquier punto de una zona (en el espacio continuo), muchos trabajos, especialmente los que proponen modelos matemáticos, suelen discretizar el espacio de los posibles lugares de emergencias utilizando el concepto de demanda agregada. Esto se debe a la complejidad combinatoria a la hora de hacer los cálculos computacionales. En estos casos se consideran los centroides de las unidades territoriales como posibles puntos de demanda, de esta forma cada zona está representada por un punto de demanda. La mayoría de los trabajos que agregan la demanda lo indican claramente, pero en algunos casos no es tan obvio. Por ejemplo en [10] se utilizan las llamadas reales para la simulación y, por lo tanto, se dispone de la información del tiempo y lugar de la llamada. Sin embargo, para los tiempos de trayectos hay una matriz de tamaño predeterminado (93 x 93), y justo hay 93 zonas, determinadas según los códigos postales, es decir, hay una agregación de la demanda. Por el contrario, un trabajo sin la agregación de la demanda es, por ejemplo, el de [17], donde cada municipio tiene su probabilidad de aparición de las llamadas, pero en un espacio continuo. Para mayor precisión, no se trabaja con la superficie de los municipios entera, sino se selecciona aquella que se clasifica como tejido urbano continuo, tejido urbano discontinuo, zonas industriales y/o comerciales, instalaciones deportivas y recreativas, zonas verdes urbanas y carreteras.

CONCLUSIONES

Este trabajo ha sido motivado por la necesidad de ampliar y actualizar la información existente sobre los aspectos del entorno dinámico del proceso de atención a las emergencias sanitarias, debido a un elevado número de publicaciones en los años posteriores a la última revisión realizada por [4]. Se ha realizado la revisión de los 42 trabajos que modelan un entorno dinámico para la evaluación de sus estrategias de reubicación de ambulancias.

En base a la revisión realizada se puede concluir lo siguiente:

- Las fases del proceso de respuesta a emergencias sanitarias suelen ser las mismas en diferentes áreas de servicio, por lo que sería importante considerar la secuencia completa de estas fases.
- No hay una única forma para generar los momentos de aparición de las llamadas. En algunos trabajos se reproducen directamente las llamadas históricas, mientras que en otros se utilizan distribuciones de probabilidad para generar las llamadas. La distribución de Poisson es la más utilizada.

- Para determinar los lugares de aparición de las emergencias, se utilizan tanto la distribución aleatoria, como la reproducción de las llamadas históricas o la distribución en función de la demanda/población.
- No hay consenso a la hora de determinar la unidad territorial de los servicios. Se suelen emplear tanto las unidades ya existentes (barrios, distritos), como las generadas específicamente para los casos de estudio (cuadrículas).
- La generación de llamadas en un espacio continuo es más realista y evitaría los problemas relacionados con la agregación de la demanda.

AGRADECIMIENTOS

Los autores cuentan con el apoyo de la Agència Valenciana de la Innovació (AVI) (proyecto ‘‘ireves (innovación en vehículos de emergencia sanitaria): una herramienta inteligente de decisión’’ No. INNACC/2021/26) y del Ministerio de Ciencia e Innovación de España (proyecto ‘‘OPRES-Optimización Realista en Problemas de Salud Pública’’ No. PID2021-124975OB-I00, parcialmente financiado con fondos FEDER). Yulia Karpova cuenta con el apoyo del proyecto ''Programa de Ayudas de Investigación y Desarrollo (PAID-01-21) de la Universitat Politècnica de València''.

REFERENCIAS

[1] Neira-Rodado, Dionicio; Escobar-Velasquez, John W.; McClean, Sally; (2022). “Ambulances deployment problems: categorization, evolution and dynamic problems review”. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, v. 11, n. 2, p.p. 109. https://doi.org/10.3390/ijgi11020109

[2] Bélanger, Valérie; Ruiz, Angel; Soriano, Patrick; (2015). “Recent advances in emergency medical services management”. *CIRRELT*, v. 28. https://www.cirrelt.ca/documentstravail/cirrelt-2015-28.pdf

[3] Bélanger, Valérie; Ruiz, Angel; Soriano, Patrick; (2019). “Recent optimization models and trends in location, relocation, and dispatching of emergency medical vehicles”. *European Journal of Operational Research*, v. 272, n. 1, p.p. 1-23. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.02.055

[4] Aboueljinane, Lina; Sahin, Evren; Jemai, Zied; (2013). “A review on simulation models applied to emergency medical service operations”. *Computers & Industrial Engineering*, v. 66, n. 4, p.p. 734-750. https://doi.org/10.1016/j.cie.2013.09.017

[5] Rajagopalan, Hari K.; Saydam, Cem; Xiao, Jing; (2008). “A multiperiod set covering location model for dynamic redeployment of ambulances”. *Computers & Operations Research*, v. 35, n. 3, p.p. 814-826. https://doi.org/10.1016/j.cor.2006.04.003

[6] Enayati, Shakiba, et al.; (2018). “Real-time ambulance redeployment approach to improve service coverage with fair and restricted workload for EMS providers”. *Omega,* v. 79, p.p. 67-80. https://doi.org/10.1016/j.omega.2017.08.001

[7] Ni, Eric C., et al.; (2012). “Exploring bounds on ambulance deployment policy performance”. *Proceedings of the 2012 Winter Simulation Conference (WSC). IEEE*, p.p. 1-12. https://doi.org/10.1109/WSC.2012.6465198

[8] Sudtachat, Kanchala, et al.; (2020). “Joint relocation and districting using a nested compliance model for EMS systems”. *Computers & Industrial Engineering*, v. 142, p.p. 106327. https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106327

[9] Repede, John F.; Bernardo, John J.; (1994). “Developing and validating a decision support system for locating emergency medical vehicles in Louisville, Kentucky”. *European journal*

of operational research, v. 75, n. 3, p.p. 567-581. https://doi.org/10.1016/0377-2217(94)90297-6

[10] Van Barneveld, Thije C.; Bhulai, Sandjai; van der Mei. Robert D.; (2016). "The effect of ambulance relocations on the performance of ambulance service providers". *European Journal of Operational Research,* v. 252, n. 1, p.p. 257-269. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.12.022

[11] Maxwell, Matthew S., et al.; (2010). "Approximate dynamic programming for ambulance redeployment". *INFORMS Journal on Computing*, v. 22, n. 2, p.p. 266-281. https://doi.org/10.1287/ijoc.1090.0345

[12] Carvalho, Adriano S., Captivo, María E.; Marques, Inês; (2020). "Integrating the ambulance dispatching and relocation problems to maximize system's preparedness". *European Journal of Operational Research,* v. 283, n. 3, p.p. 1064-1080. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2019.11.056

[13] Zhang, Lei; (2010). "Optimisation of small-scale ambulance move-up". *Proceedings of the 45th Annual Conference of the ORSNZ,* p.p. 150-159. https://orsnz.org.nz/conf45/program/ProceedingsORSNZ10.pdf

[14] Hajiali, Mahdi, et al.; (2022). "An interactive decision support system for real-time ambulance relocation with priority guidelines". *Decision Support Systems*, v. 155, p.p. 113712. https://doi.org/10.1016/j.dss.2021.113712

[15] Billhardt, Holger, et al.; (2014). "Dynamic coordination of ambulances for emergency medical assistance services". *Knowledge-Based Systems*, v. 70, p.p. 268-280. https://doi.org/10.1016/j.knosys.2014.07.006

[16] Jagtenberg, Caroline J.; Bhulai, Sandjai; van der Mei, Robert D.; (2015). "An efficient heuristic for real-time ambulance redeployment". *Operations Research for Health Care*, v. 4, p.p. 27-35. https://doi.org/10.1016/j.orhc.2015.01.001

[17] Karpova, Yulia; Villa Fulgencia, Valada, Eva, Vecina, Miguel Á.; (2023). "Heuristic algorithms based on the isochron analysis for dynamic relocation of medical emergency vehicles". *Expert Systems with Applications*, v. 212, p.p. 118773. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.118773

Sistema de evaporación natural empleando un tejido natural de bambú para el tratamiento de aguas salobres

Vosse Moreno, Yojan[(1)], López Borrell, Alexis[(2)], López Pérez, María Fernanda[(2)], Cardona Navarrete, Salvador Cayetano[(2)], Fombuena Borràs, Vicent[(2)]

(1) Departamento de Ingeniería Química y Nuclear, Universitat Politècnica de València (UPV), Plaza Ferrándiz y Carbonell, s/n, 03801 Alcoy, España; yvosmor@epsa.upv.com.
(2) Instituto de Seguridad Industrial, Radiofísica y Medioambiental (ISIRYM), Departamento de Ingeniería Química y Nuclear, Universitat Politècnica de València, Plaza Ferrándiz y Carbonell s/n, Alcoi, (Alicante).

RESUMEN

El agua es uno de los recursos más importantes de la humanidad, para cuidarlo es necesario una buena gestión de este. Para ello desde el sector industrial se desarrollan diversos tratamientos para mantener el agua limpia de diversos patógenos, contaminantes o residuos.

Se está desarrollando un trabajo de fin de grado entorno a un sistema de evaporación natural empleando un tejido natural de bambú. Las variables de evaporación que se tienen en cuenta son la temperatura, humedad relativa y velocidad del viento. Con el uso de una cámara climática se generan las condiciones necesarias y se realizan los ensayos.

El sistema de evaporación con el que se trabaja deja de lado la acción de la radiación solar en la evaporación y se centra en la acción de una corriente de aire. Esta forma de trabajar se basa en el concepto de *Wind-Aided Intensified Evaporation* (WAIV) que es una tecnología de evaporación que aumenta la tasa evaporación del agua.

Los tejidos naturales son una de las mejores opciones para reducir el impacto medioambiental del proceso. Además, presenta condiciones de absorción idóneas para la evaporación de aguas salobres, siendo capaz de distribuir el líquido de forma que maximice su superficie y evaporación.

Palabras clave: *Wind-Aided Intensified Evaporation,* evaporación natural, tejido de bambú, sostenibilidad.

INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso vital para la existencia misma de la vida en nuestro planeta y ha sido, desde tiempos inmemoriales, un símbolo de pureza, renovación y abundancia. A pesar de su aparente abundancia, enfrentamos desafíos significativos en relación con su disponibilidad y calidad. La contaminación, la sobreexplotación de acuíferos, la ganadería intensiva, el cambio climático y la creciente población son algunas de las problemáticas que a nivel global hacen del agua un recurso tan deseado. En este contexto, las empresas tienen un papel crucial en la adopción de prácticas sostenibles y tecnologías limpias que minimicen su impacto en los recursos hídricos y reduzcan sus emisiones contaminantes, contribuyendo así a una mejor gestión del agua [1].

En el desarrollo de este proyecto no se pierde de vista que se cumpla con los objetivos de desarrollo y la mínima emisión de gases de efecto invernadero para no aumentar la huella de carbono.

Agua salobre

Las aguas salobres son un tipo de agua salada, en términos de salinidad se sitúa entre agua de mar y agua dulce. Otra manera de definirla es aquella que contiene sólidos disueltos totales (TDS) en el rango de 1-25 g/L. Esta agua puede provenir de diversas fuentes, como acuíferos subterráneos, descargas industriales y áreas agrícolas.

Se clasifica en tres categorías según su salinidad: baja (1-5 g/L de TDS), media (5-10 g/L de TDS) y alta (más de 10 g/L de TDS). Esta clasificación se usa para determinar los diversos usos y el tipo de tratamiento necesario para su aprovechamiento. Las características específicas del agua salobre, como su concentración de sales y otros minerales, hacen que su tratamiento y manejo sean más complejos en comparación con el agua dulce, requiriendo tecnologías especializadas para su desalación [2].

Tratamiento de aguas salobres

Tratar las aguas salobres para eliminar los residuos y que estas sean aptas para el uso de la población, industrias o agricultura. En el ámbito industrial destacan una serie de tratamientos, cada uno con sus características, ventajas y desventajas.

Cabe destacar que los tratamientos de aguas salobres dan lugar a dos caudales, uno con agua salada y otro de dulce. Cada tratamiento brinda diferentes resultados en la separación de estos caudales, por lo que las industrias tienden a combinar los diferentes tratamientos para lograr mejores resultados.

Ahora bien, los tratamientos más frecuentes en la industria son los biológicos, de membranas y de evaporación. Existen otros muchos, pero se encuentran en desarrollo o presentan grandes problemas en eficiencia y costes.

Evaporación

El tratamiento de aguas salobres es esencial debido a su potencial de descontaminación de suelos, ecosistemas de agua dulce y vida silvestre. La evaporación natural ofrece la oportunidad de tratar estos desechos con un menor consumo de energía, puesto es un tratamiento que se basa en el aprovechamiento de los factores naturales.

La evaporación natural es un proceso por el cual el agua se evapora de superficies abiertas, los factores que hacen esto posible son la energía, la temperatura, la humedad y la velocidad del aire. En los tratamientos por evaporación se pretende fomentar estos aspectos al máximo, potenciando todos los motivos por los que se produce la evaporación. Este proceso es continuo y busca aumentar la tasa de evaporación, para ello se desarrollan diversos sistemas para fomentar el impacto de alguno de los factores que dan lugar a la evaporación natural. Este trabajo se enfoca en la idea de un sistema de evaporación natural utilizando tejido de bambú como medio de evaporación [3].

Evaporación Intensificada Asistida por Viento (WAIV)

El concepto detrás de este proyecto es la Evaporación Intensificada Asistida por Viento (por sus siglas en inglés WAIV), una tecnología de evaporación forzada por aire que aumenta la tasa de evaporación del agua.

Principalmente se centra en el poder del viento para acelerar los procesos de evaporación de la salmuera, reduciendo así el volumen de desechos concentrados y facilitando su manejo. Para ello generalmente se usan superficies verticales dispuestas con ángulo donde se recirculan las salmueras, así el aire hace el resto del trabajo. Al

maximizar la exposición de la salmuera al aire en movimiento, la tecnología WAIV promueve una mayor tasa de evaporación, lo que resulta en una reducción efectiva del volumen de residuos concentrados [4].

Bambú

En este proyecto se seleccionó al bambú como material natural a usar por sus excelentes propiedades mecánicas y térmicas. También es interesante que su producción representa un bajo costo y fácil disponibilidad. La fibra de bambú tiene capacidad de absorción de agua idónea para ciclos cortos, lo que acelera el proceso de evaporación.

Es un material respetuoso con el medio ambiente, capaz de competir con fibras sintéticas en aplicaciones industriales que van desde la fabricación de piezas de automóviles hasta la construcción y el embalaje [5].

OBJETIVOS

El objetivo principal de este trabajo estudiar la evaporación natural empleando un tejido natural de bambú. Se plantean como objetivos secundarios a desarrollar:

- Caracterización de las aguas salobres.
- Encontrar las condiciones climáticas óptimas para trabajar en el sistema de evaporación natural.
- Entender el funcionamiento de la cámara climática para realizar ensayos
- Hallar las tasas de evaporación de los ensayos realizados.
- Demostrar la viabilidad del bambú como tejido para la evaporación.

METODOLOGÍA

En la metodología se describen los pasos a seguir para lograr los objetivos descritos, los pasos a seguir se dividen en caracterización de aguas, obtención de datos climáticos y ensayos en cámara climática.

Caracterización de aguas salobres

Se toman medidas de pH, conductividad y demanda química de oxígeno del agua salobre para conocer sus características.

Datos climáticos

Se utilizó la página web *Nasa Power* donde mediante coordenadas puedes obtener datos de temperatura, humedad relativa y velocidad del viento. Estos datos se agruparon en los meses con las condiciones más relevantes

Ensayos en cámara

Para estos ensayos se usó una cámara climática donde se dieron las condiciones de temperatura, humedad relativa y velocidad del viento, estos datos provienen de las medias de los meses más relevantes anteriormente mencionadas. Una vez alcanzada la consigna se hidrató el tejido de bambú y se introdujo en la cámara en un soporte sobre una balanza de precisión, dentro de la cámara también se encuentra un termohigrómetro para las medidas de temperatura y humedad relativa, con todo esto se puede dar lugar al inicio del ensayo. Durante el ensayo la báscula interna de alta

precisión registro todos los datos de peso del tejido y el termohigrómetro los datos de temperatura y humedad relativa.

Se realizan escalones en los puntos de consigna para no provocar cambios bruscos en las condiciones de operación y evitar que condense agua en el interior de la cámara.

RESULTADOS

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en el procedimiento anteriormente detallado.

Caracterización de aguas salobres

En la Tabla1 se muestra la caracterización de las aguas salobres.

Tabla 1. Aguas salobres.

Propiedad	Medida
Conductividad (mS/cm)	3,90
pH	9,34
DQO (mg/L)	152

Datos climáticos

Se tomaron datos desde 2016 hasta 2023 de Cocentaina y se calcularon las medias de los meses. Estas medias se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Datos climáticos.

Mes	HR (%)	T (ºC)	V (m/s)
Enero	73,32	7,64	4,50
Febrero	71,05	9,37	4,50
Marzo	67,53	11,39	5,15
Abril	65,31	11,65	4,40
Mayo	59,17	12,27	3,79
Junio	52,36	23,45	2,96
Julio	50,06	26,83	2,95
Agosto	53,25	26,45	2,83
Septiembre	63,68	22,02	3,00
Octubre	67,73	17,66	3,10
Noviembre	71,32	11,79	4,33
Diciembre	74,77	9,56	4,36

Ensayos en cámara

Se tuvieron en cuenta los datos de la Tabla 2 para desarrollar los ensayos. Los meses ensayados consisten en meses con condiciones características de verano e invierno. Por un lado, los meses de verano se asignaron los de Julio, Septiembre y Octubre siendo esos los meses que presentan altos grados de temperatura y humedad relativa, a excepción de Octubre que presenta unos datos más similares a la media del año. Por otro lado, los meses de invierno se asignaron los de Noviembre y Marzo, ya que la cámara presenta dificultades para trabajar con altas humedades relativas y bajas temperaturas, suelen generarse condensaciones en las paredes de la cámara al abrirla y cerrarla.

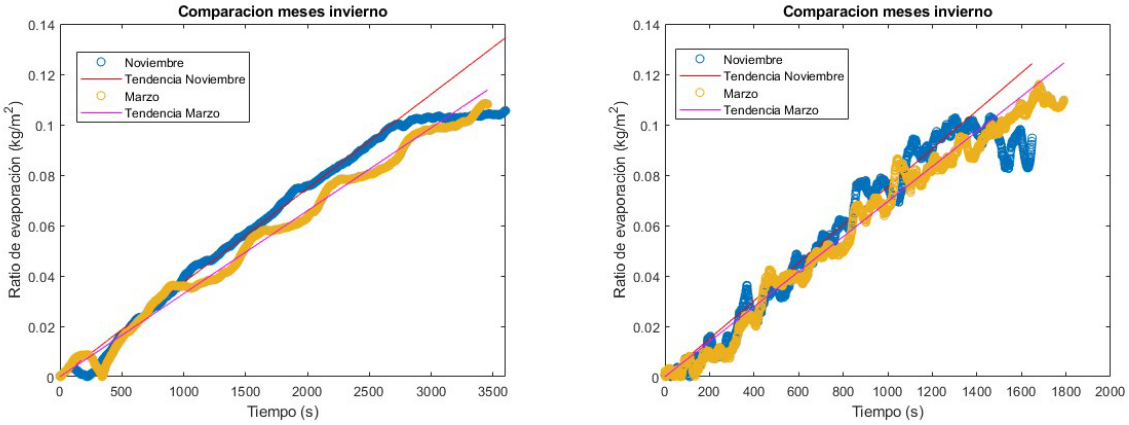


Figura 1. Comparación de tasas de evaporación para diferentes velocidades de viento para los meses de Noviembre (azul) y Marzo (amarillo).

En la Figura 1 se muestran dos gráficas a diferentes velocidades de viento, en cada una de las gráficas se muestran los diversos meses de invierno con un ajuste de la tendencia de evaporación de estos ensayos. Por un lado, en la primera imagen se usa la mínima potencia del ventilador, siendo esta de 0,1 m/s, donde la tasa de evaporación de Noviembre es de $3{,}75 \cdot 10^{-5}$ Kg/m^{2}s y la de Marzo es de $3{,}29 \cdot 10^{-5}$ Kg/m^{2}s. Por otro lado, en la segunda se usa la máxima potencia del ventilador del equipo, siendo esta de 1 m/s, debido a esto se observa una mayor dispersión en los datos y los ensayos duran menos tiempo, donde la tasa de evaporación de Noviembre es de $7{,}54 \cdot 10^{-5}$ Kg/m^{2}s y la de Marzo es de $6{,}95 \cdot 10^{-5}$ Kg/m^{2}s. Se puede observar que la diferencia en la velocidad del viento ocasiona que el ensayo de menor potencia necesite aproximadamente el doble de tiempo para evaporar completamente el líquido presente.

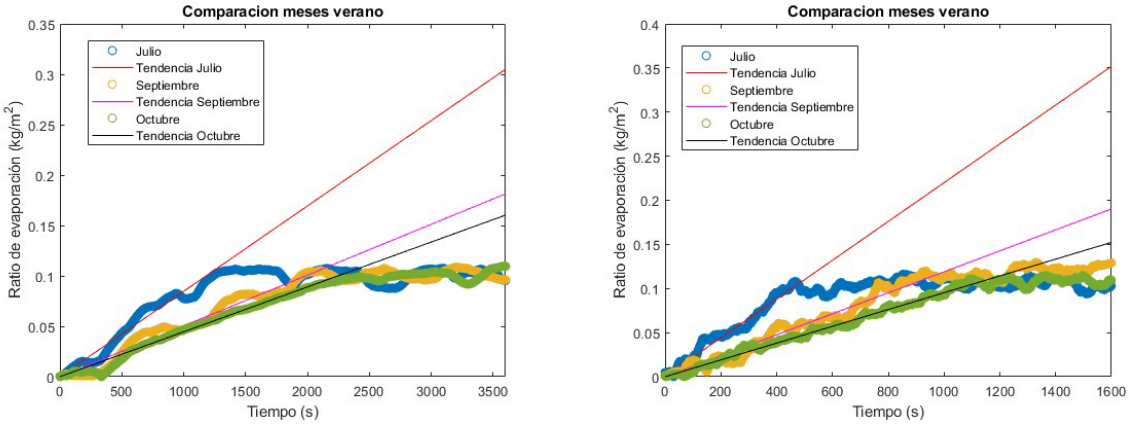


Figura 2. Comparación de tasas de evaporación para diferentes velocidades de viento para los meses de Julio (azul), Septiembre (amarillo) y Octubre (verde).

En la Figura 2 se pueden observar dos gráficas donde se comparan diferentes velocidades de viento, en cada una de las gráficas se muestran los diversos meses de verano con un ajuste de la tendencia de evaporación de estos ensayos. Por un lado, en la primera imagen se usa la mínima potencia del ventilador, siendo esta de 0,1 m/s, donde la tasa de evaporación de Julio es de $8{,}47 \cdot 10^{-5}$ Kg/m^{2}s, la de Septiembre es de $5{,}10 \cdot 10^{-5}$ y la de Octubre es de $4{,}45 \cdot 10^{-5}$ Kg/m^{2}s. Por otro lado, en la segunda se usa la máxima potencia del ventilador del equipo, siendo esta de 1 m/s, debido a esto se observa una mayor dispersión e irregularidades en los datos, además de que los

ensayos duran menos tiempo, donde la tasa de evaporación de Julio es de $2{,}20 \cdot 10^{-4}$ Kg/m^2s, la de Septiembre es de $1{,}19 \cdot 10^{-4}$ y la de Octubre es de $9{,}52 \cdot 10^{-5}$ Kg/m^2s. Se puede observar que la diferencia en la velocidad del viento ocasiona que el ensayo de menor potencia necesite aproximadamente el doble de tiempo para evaporar completamente el líquido presente.

CONCLUSIONES

Una vez analizados los resultados obtenidos en cuanto a retención de agua en los tejidos de bambú rondan los 0,33 gramos por cada 30 cm^2. Por otro lado, la adición de una corriente de viento mayor llega a duplicar las tasas de evaporación dependiendo de las condiciones. Además de que las condiciones de temperatura y humedad relativa pueden afectar llegando casi a triplicar la tasa de evaporación como pasa al comparar el mes de Julio con los meses de invierno.

Con toda esta información podemos concluir que en los tratamientos de aguas salobres basados en sistemas de evaporación son óptimos para zonas de altas temperaturas y con fuertes corrientes de aire. También que la adición de tejidos mejora la superficie en contacto del líquido, generando mejores tasas de evaporación, además de que el bambú es una opción viable y con una fácil gestión, puesto que es un material reutilizable.

REFERENCIAS

[1] Subramani, A., & Jacangelo, J. G. (2015). Emerging desalination technologies for water treatment: A critical review. *Water Research*, *75*, 164–187. https://doi.org/10.1016/J.WATRES.2015.02.032

[2] Honarparvar, S., Zhang, X., Chen, T., Alborzi, A., Afroz, K., & Reible, D. (2021). Frontiers of membrane desalination processes for brackish water treatment: A review. In *Membranes* (Vol. 11, Issue 4). MDPI AG. https://doi.org/10.3390/membranes11040246

[3] Xu, D., Lee, L. Y., Lim, F. Y., Lyu, Z., Zhu, H., Ong, S. L., & Hu, J. (2020). Water treatment residual: A critical review of its applications on pollutant removal from stormwater runoff and future perspectives. In *Journal of Environmental Management* (Vol. 259). Academic Press. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109649

[4] Macedonio, F., Katzir, L., Geisma, N., Simone, S., Drioli, E., & Gilron, J. (2011). Wind-Aided Intensified eVaporation (WAIV) and Membrane Crystallizer (MCr) integrated brackish water desalination process: *Advantages and drawbacks*. https://doi.org/10.1016/j.desal.2010.12.002

[5] Abdul Khalil, H. P. S., Bhat, I. U. H., Jawaid, M., Zaidon, A., Hermawan, D., & Hadi, Y. S. (2012). Bamboo fibre reinforced biocomposites: *A review. In Materials and Design* (Vol. 42, pp. 353–368). https://doi.org/10.1016/j.matdes.2012.06.015

.

.

Diferentes aproximaciones a la optimización de un problema Multi-Objetivo

Agud Albesa, Lucía[(1)], Garrido Saez, Neus[(2)], Llorens Payá, Almudena[(3)], Oltra Crespo, Sandra[(4)]

(1) Departamento de Matemática Aplicada, Universitat Politècnica de València, lagudal@mat.upv.es

(2) Instituto de Matemática Multidisciplinar, Universitat Politècnica de València, neugarsa@mat.upv.es

(3) Escuela de Doctorado, Universitat Politècnica de València, alllopa@mat.upv.es

(4) Institut Tecnològic d'Informàtica, Universitat Politècnica de València, soltra@mat.upv.es

RESUMEN

El Problema de Orientación por Equipos implica la planificación de rutas para una flota fija de vehículos (como drones o vehículos autónomos) que parten de un depósito inicial y acumulan recompensas asociadas a cada cliente visitado hasta llegar al destino. En este estudio, introducimos la característica adicional de priorizar ciertos clientes, a pesar de que el problema no requiere visitar a todos los clientes. El objetivo principal es identificar soluciones de alta calidad que maximicen tanto las recompensas obtenidas como las visitas a clientes prioritarios.

Proponemos un enfoque híbrido que combina métodos heurísticos de sesgo aleatorio con el método de *Weighted Average* y la simulación para maximizar ambos objetivos. Asimismo, se propone una pequeña variación en la función bi-objetivo para lograr magnitudes comparables en los dos valores objetivo, utilizando como propuesta una ponderación sobre una de las magnitudes en el método *Ponderate Weighted Average*. Además, el problema se aborda desde dos perspectivas: considerando el tiempo como un valor constante y adoptando un enfoque más realista con valores de tiempo dinámicos y estocásticos.

Para validar la efectividad de los algoritmos propuestos, se ejecutan diversos ejemplos y se representan gráficamente los resultados. Se utilizan las fronteras de Pareto para facilitar la toma de decisiones.

Palabras clave: Optimización Multi-Objetivo, TOP, *Weighted Average*, *Ponderate Weighted Average*, Epsilon Modificado, Algoritmos de Aleatorización Sesgada.

INTRODUCCIÓN

El *Team Orienteering Problem* (TOP) es un problema clásico de optimización introducido por [1]. Tiene aplicaciones en diversos ámbitos como ciudades inteligentes, logística humanitaria y militar, entre otros, y se presenta como una extensión del *Orienteering Problem* (OP) [2]. En el TOP, a diferencia del *Vehicle Routing Problem* (VRP), no es necesario visitar a todos los clientes debido a limitaciones de tiempo o distancia de viaje y el objetivo es maximizar la recompensa total obtenida. Este trabajo explora una variante del TOP introduciendo dos tipos de nodos: nodos prioritarios y no prioritarios. Es importante señalar que cada nodo solo puede ser visitado a lo sumo una vez. El objetivo de este problema es maximizar tanto las recompensas como el número de nodos prioritarios visitados, lo que lleva a definir un TOP Multi-Objetivo (MO-TOP). Cabe

recalcar que aun siendo nodos prioritarios no tienen por qué ser visitados de forma obligatoria, como ya ocurre en el TOP clásico.

Aunque generalmente los tiempos de viaje se consideran determinísticos en escenarios reales es más apropiado considerarlos como variables aleatorias o dinámicas, debido a factores como el tráfico y el clima que evidentemente influyen en el tiempo de la ruta. Esto es crucial en algunas aplicaciones como, por ejemplo, al utilizar vehículos aéreos no tripulados. Para resolver este problema se han desarrollado algoritmos simheurísticos que combinan métodos metaheurísticos con simulaciones de Monte Carlo [6,7]. En este trabajo, se obtienen soluciones de dos formas: versión determinística, con tiempos de viaje constantes estimados por la distancia euclidiana, y versión estocástica, en la que algunos tiempos de viaje son estocásticos, mientras que otros están sujetos a factores dinámicos como las condiciones meteorológicas y la congestión del tráfico [8]. En ambos casos se sigue un esquema que combina una simheurística con un algoritmo sesgado-aleatorizado [3,4]. Se propone resolver el problema utilizando el método *Weighted Average* (WAM) y se comparan las soluciones con las obtenidas con *POnderate Weighted Average* (POWAM).

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS

Las características del problema matemático cuyo objetivo es encontrar rutas óptimas que maximicen simultáneamente las recompensas obtenidas de cada nodo visitado y el número total de nodos prioritarios, está esquematizado en la Figura 1, donde se denota con cuadrados o círculos los nodos prioritarios o no, respectivamente. El número de rutas factibles depende de los vehículos disponibles, representado en la Figura 1 con dos drones de colores distintos.

El modelo representa la red como un grafo dirigido $G = (N', E)$ donde N' es el conjunto de nodos y E' es el conjunto de aristas. N' incluye el depósito de origen, el depósito de destino y los nodos intermedios $N = \{1,2,\ldots,n\}$. El conjunto E reúne aristas entre nodos, definidas como $E = \{(i,j)/\ i,j \in N', i \neq j\}$. El conjunto D consiste en *d* vehículos homogéneos. Cada vehículo parte del depósito de origen, visita algunos nodos intermedios y acaba en el depósito de destino.

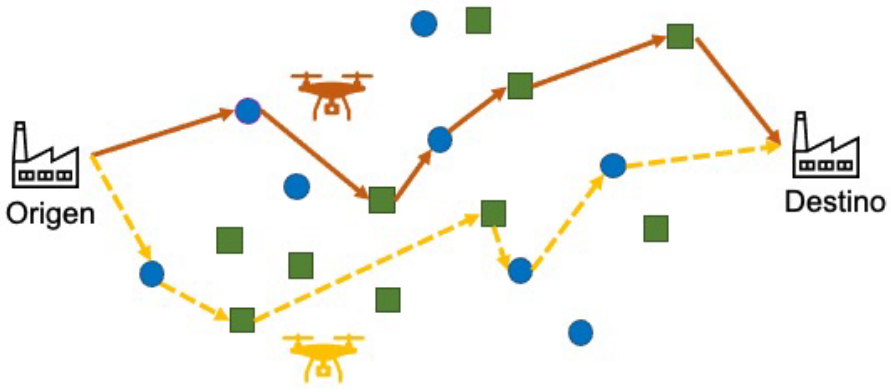


Figura 1. Esquema del TOP Multi-Objetivo.

En el MO-TOP determinista, se considera la distancia euclídea como el tiempo de viaje entre dos nodos, denotado como $t_{ij} = t_{ji} > 0$. Dado que estos valores pueden variar en situaciones reales, se consideran tres métodos diferentes para asignar valores a los ejes en el MO-TOP estocástico: el coste estándar con la distancia euclídea, un coste aleatorio generado a partir de una distribución log-normal, y un coste dinámico basado en un modelo de regresión múltiple. Este modelo de regresión ajusta el coste según las condiciones ambientales, como el clima y el tráfico [8].

Los vehículos tienen una restricción de tiempo máximo de viaje que se denota como t_{max}, y deben llegar al depósito de destino antes de agotarlo. Las recompensas de los nodos intermedios se denotan como $u_i \geq 0$, excluyendo los depósitos de origen y destino. Finalmente, las variables binarias x_{ij}^d indican si el vehículo *d* recorre la arista (i,j); y_i^d denota la posición del nodo *i* en la ruta realizada por el vehículo *d*. La variable binaria z_i indica si el nodo es prioritario o no. El modelo matemático se describe como sigue

$$max \sum_{d \in D} \sum_{(i,j) \in A} \lambda \mu u_j x_{ij}^d + (1-\mu) z_j x_{ij}^d, \qquad \mu \epsilon [0,1], \lambda \epsilon \mathbb{R}$$

sujeto a las restricciones que garantizan la adecuada construcción de las rutas y las soluciones factibles al problema según el esquema clásico del TOP. Es fácil observar que los casos en los que $\mu = 0$ y $\mu = 1$ el problema se simplifica y se obtiene, en ambos casos, una función a maximizar con un solo objetivo. Al considerar el peso $\lambda = 1$ el problema propuesto se resuelve utilizando el WAM mientras que para pesos diferentes se utiliza el POWAM. El objetivo de tener en cuenta el peso es normalizar las recompensas en la función bi-objetivo para garantizar que ambas magnitudes tienen una escala comparable.

Para resolver el problema se considera como punto de partida el concepto de lista de eficiencia utilizado en el algoritmo de Panadero y Juan (algoritmo PJs) para el TOP con un solo objetivo a maximizar [7]. En este trabajo generalizamos ese concepto y presentamos una lista de aristas potenciales para realizar uniones entre ellas, ordenadas de forma descendente según la bi-eficiencia, definida como

$$b_{ij} = \gamma e_{ij} + (1-\gamma)(z_i + z_j), \qquad \gamma \epsilon [0,1].$$

con e_{ij} denotando la eficiencia, definida mediante una combinación lineal convexa del coste y las recompensas asociadas a la arista (i,j) referida en [7] y z_i la variable binaria que indica si el nodo es prioritario o no. La diferencia al utilizar POWAM es simplemente tomar las recompensas ponderadas.

Es fácil observar que la definición de la bi-eficiencia cuando $\gamma = 1$ es exactamente la eficiencia definida en [7]. Además, el modelo matemático cuando $\lambda = \mu = 1$ se transforma en el TOP original. En cambio, si $\mu = 0$ el problema se simplifica a otra función de un solo objetivo a maximizar, en este caso los nodos prioritarios visitados.

En cualquier caso, los valores óptimos de γ y de α (coeficiente que interviene en la definición de eficiencia con un papel similar al de γ) se determinan experimentalmente. Se realizan múltiples iteraciones para valores de γ y de α entre $[0,1]$ con incrementos de 0.05. Entre estas soluciones, se elige la que genera el mayor valor de la función bi-objetivo para cada μ de la misma manera que $\gamma \, y \, \alpha$. Por otro lado, los valores de μ considerados varían a su vez en el intervalo [0,1] considerando de nuevo incrementos de 0.05. Es decir, se obtienen 21 soluciones posibles que incluyen tanto las rutas que tiene que realizar cada vehículo como las recompensas obtenidas por cada nodo visitado, así como el número total de nodos prioritarios visitados en esas rutas.

EXPERIMENTOS Y RESULTADOS

En esta sección se discutirán brevemente los resultados obtenidos al ejecutar ambos métodos (WAM y POWAM) para resolver una instancia con 98 nodos, aparte de los depósitos, de los cuales 33 son prioritarios. Aunque se muestra el resultado para un solo ejemplo se han realizado múltiples experimentos con distintos números de nodos, recompensas asociadas y tiempo máximo de viaje e incluso con diferentes números de vehículos. Los ejemplos considerados se toman del conjunto de datos de referencia introducido por Chao en [1]. En ellos se ha incorporado una nueva variable para clasificar cada nodo como prioritario o no. Aproximadamente el 30% de los nodos de cada instancia se asignan como prioritarios, lo que puede representar a clientes prioritarios o sitios que convenga visitar dependiendo del tipo de problema al que se aplique este MO-TOP. El conjunto de nodos prioritarios se ha elegido uniformemente considerando uno de cada tres en los conjuntos de datos. En el ejemplo aquí mostrado el tamaño de la flota es de tres vehículos y el tiempo computacional máximo para resolver cada instancia se limita a 200 segundos.

Como se puede apreciar en la Figura 2, de cada instancia se obtienen dos conjuntos diferentes de soluciones. El primero es el MO-TOP determinista, asumiendo que el tiempo de viaje es la distancia euclídea. El segundo es el MO-TOP estocástico, con la asignación más realista, es decir, considerando el tiempo de ruta dinámico o con componentes aleatorias. Las soluciones logradas con el WAM se representan en azul y las obtenidas con el POWAM en verde. Como se ha indicado anteriormente ambos métodos se ejecutan para 21 valores de $\mu \in [0,1]$ y se considera el peso $\lambda = 0.1$ para POWAM. La recompensa total recolectada y el número de clientes prioritarios visitados se representan en los ejes de abscisas y ordenadas, respectivamente. Además, la frontera de Pareto, representada en rojo, constituye una buena herramienta para observar el conjunto de las mejores soluciones posibles para cada instancia, tanto en las versiones determinista como estocástica. En ambos casos se puede observar cómo hay una relación entre las recompensas totales y el número de nodos prioritarios visitados. En la medida que buscamos mejores valores de recompensa el número de nodos prioritarios visitados disminuye y viceversa. Por este motivo es importante el uso de la frontera de Pareto [5], es una herramienta muy visual para poder tomar decisiones dependiendo del interés del cliente o usuario en cada momento.

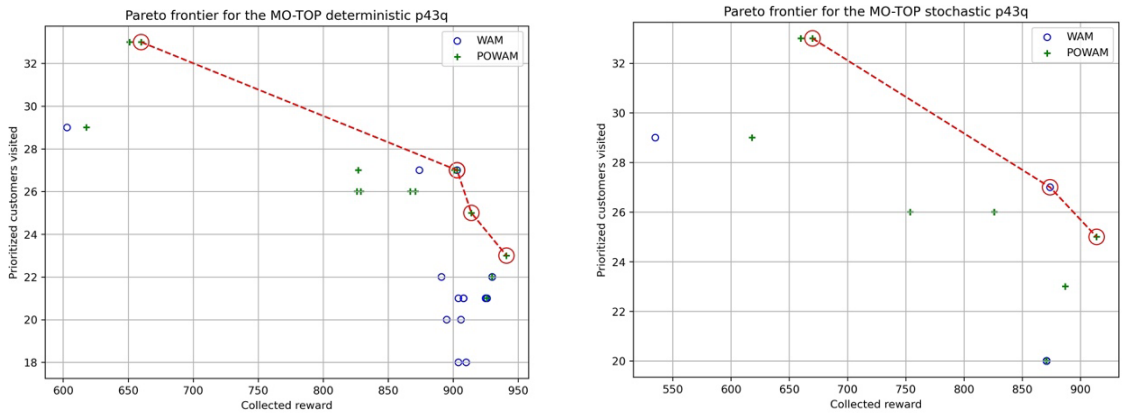


Figura 2. Fronteras de Pareto para el ejemplo p4.3.q.

Si las fronteras de Pareto ayudan en la toma de decisiones del usuario, una vez elegido qué le interesa, y con qué método se alcanza ese punto de la frontera, se ejecuta para

encontrar las rutas que conforman la solución buscada. En las Figuras 3 y Figura 4 puede observarse el detalle de dichas rutas para la solución determinística para dos valores diferentes del coeficiente de la función objetivo.

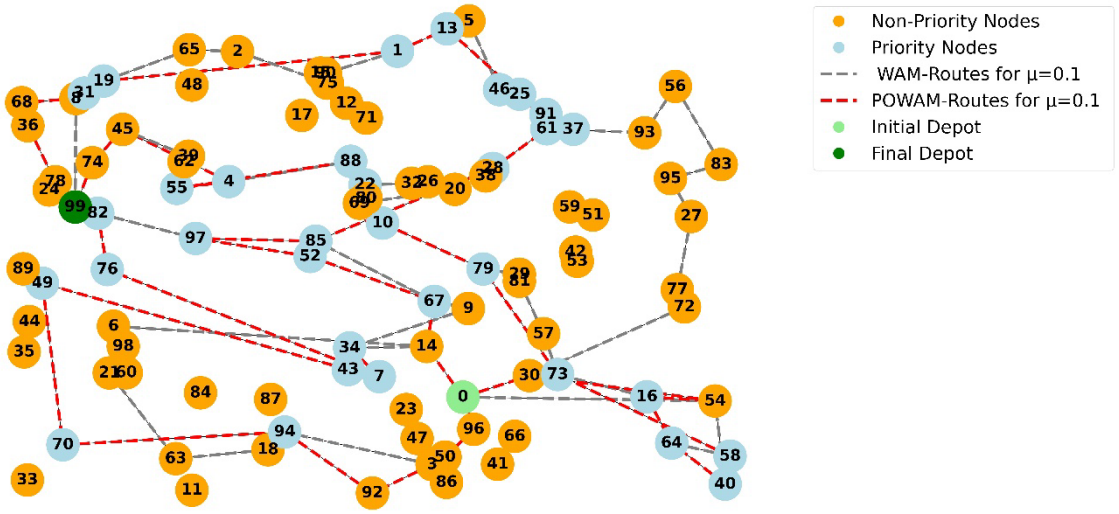


Figura 3. Grafo con las rutas obtenidas de la solución del p4.3.q para el valor de $\mu = 0.1$ para los métodos de WAM y POWAM.

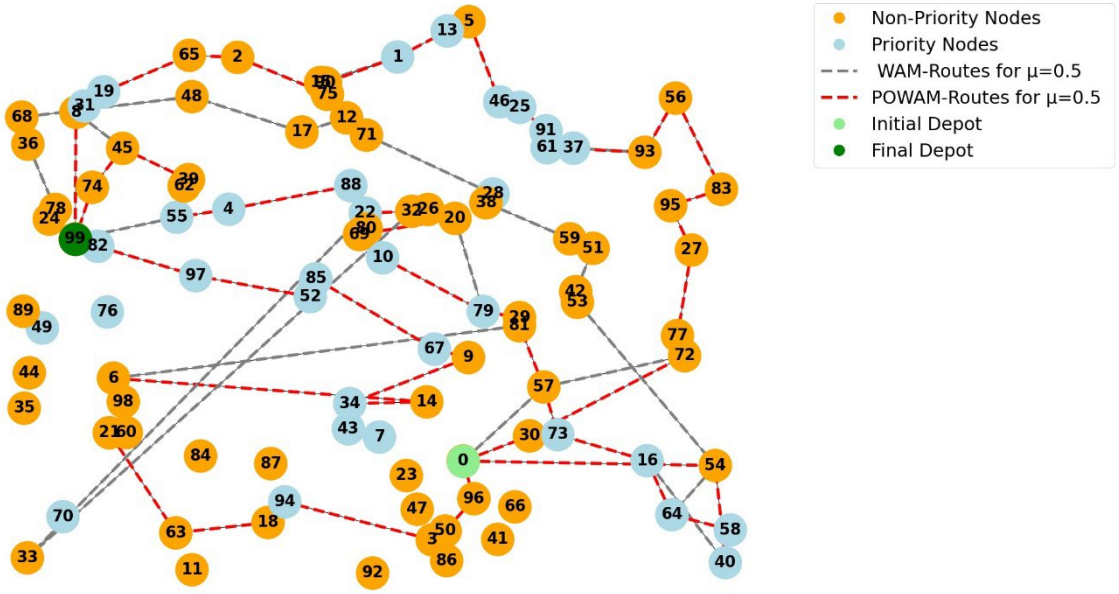


Figura 4. Grafo con las rutas obtenidas de la solución del p4.3.q para el valor de $\mu = 0.5$ para los métodos de WAM y POWAM.

CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

Es importante destacar que las recompensas máximas obtenidas y el número máximo de nodos prioritarios visitados cambia dependiendo del método elegido para su resolución. Así, puede comprobarse en las Figura 3 y Figura 4 que para el valor de μ=0.1 WAM proporciona una recompensa de 903 con 27 nodos prioritarios visitados, mientras que POWAM se queda con un valor de 683 en la recompensa, pero sin embargo alcanza los 33 nodos prioritarios visitados. Para el valor de μ=0.5, WAM da solución factible con

925 de recompensa con 21 nodos prioritarios visitados; y POWAM obtiene 903 de recompensa con 27 nodos prioritarios visitados.

Otro detalle que se observa de las gráficas de las fronteras de Pareto es que aunque WAM proporciona un mayor número de puntos por ejemplo en el modelo determinístico, Figura 2. Fronteras de Pareto para el ejemplo p4.3.q y sobre todo acumulados en los valores del eje de abscisas (recompensas) mayores, su aportación a la frontera de Pareto no es más relevante que la del POWAM. Este resultado es lógico, ya que POWAM equipara ambas magnitudes, y por lo tanto las recompensas en cierta forma se ven disminuidas a favor de una mayor obtención de nodos prioritarios visitados, el otro objetivo a maximizar en el MO-TOP. Debido a todo esto, no es labor del investigador concluir si un método es mejor que otro, pues en todo momento queda a elección del usuario decidir qué prefiere priorizar, y de ahí la importancia de mostrar los resultados mediante la frontera de Pareto.

Una futura línea de trabajo es seguir investigando en otros métodos para resolver el MO-TOP y realizar comparaciones entre los resultados obtenidos en las diferentes aproximaciones. También es interesante ajustar el valor del peso λ , de cara a que la ponderación se ajuste más dependiendo de los valores de recompensas que intervengan en los ejemplos. Además, se podría ampliar el problema añadiendo un tercer tipo de nodos de modo que su visita fuera obligatoria.

REFERENCIAS

[1] Chao, I., Golden, B. L., Wasil, E. A. (1996). “The team orienteering problem”. *European Journal of Operational* Research, v. 3, n. 88, p.p. 464-474.

[2] Golden, B. L., Levi, L. Vhora, R. (1987). “The orienteering problem”. *Naval Research Logistics, v. 3, n. 34, p.p. 307-318.*

[3] Grasas, A., Juan, A. A., Faulin, J., De Armas, J., & Ramalhinho, H. (2017). “Biased randomization of heuristics using skewed probability distributions: A survey and some applications”. *Computers & Industrial Engineering*, v. 110, p.p. 216-228.

[4] Juan, A. A., Freixes, A., Panadero, J., Serrat, C., & Estrada-Moreno, A. (2020). “Routing drones in smart cities: A biased-randomized algorithm for solving the team orienteering problem in real time”. *Transportation Research Procedia*, v. 47, p.p. 243-250.

[5] Ke, L., Zhai, L., Li, J., & Chan, F. T. (2016). “Pareto mimic algorithm: An approach to the team orienteering problem”. *Omega,* v. 61, p.p. 155-166.

[6] Panadero, J., Juan, A. A., Bayliss, C., & Currie, C. (2020). “Maximising reward from a team of surveillance drones: A simheuristic approach to the stochastic team orienteering problem*”. European Journal of Industrial Engineering*, 14(4), 485-516.

[7] Panadero, J., De Armas, J., Currie, Christine S. M, Juan, Angel A. (2017). “A simheuristic approach for the stochastic team orienteering problem”. *Winter Simulation Conference,* p.p. 3208-3217.

[8] Peyman, M., Martin, X. A., Panadero, J., Juan, Angel A. (2024). “A Sim-Learnheuristic for the Team Orienteering Problem: Applications to Unmanned Aerial Vehicles”. *Algorithms,* v. 17, n. 200, p.p. 1-19.

Evaluación de la Efectividad del Aprendizaje Basado en Proyectos en la Asignatura de Máquinas Térmicas del Grado en Ingeniería Mecánica

Piqueras, Pedro[(1)], de la Morena, Joaquín[(1)], Micó, Carlos[(1)], Sanchis, Enrique Jose[(1)]

(1) CMT-Clean Mobilty & Thermofluids, Universitat Politècnica de València

RESUMEN

Este estudio describe la experiencia sobre el empleo del Aprendizaje Basado en Proyectos (PBL) en la asignatura de Máquinas Térmicas del Grado en Ingeniería Mecánica, con un enfoque en el desarrollo de la competencia transversal de compromiso social y medioambiental. Los estudiantes diseñaron proyectos de investigación enfocados en la sostenibilidad medioambiental de los motores térmicos. Organizados en equipos, formularon propuestas, elaboraron cronogramas y planes de trabajo, y presentaron informes parciales y finales. La metodología promovió la búsqueda de información bibliográfica, el uso de herramientas digitales, la realización de encuestas y otros métodos de recopilación de datos relacionados con la ciencia ciudadana, fomentando el trabajo autónomo y la responsabilidad, así como la capacidad de toma de decisiones.

Los resultados del curso con PBL se compararon con los de cursos anteriores sin PBL mediante indicadores académicos como exámenes parciales y prácticas de laboratorio. Asimismo, se realizaron encuestas de opinión para evaluar la percepción de los estudiantes sobre el interés del trabajo, la motivación y la satisfacción con el equipo. Los hallazgos indican que la integración del PBL y la ciencia ciudadana produce mejoras significativas en los resultados de aprendizaje de los futuros ingenieros, evidenciadas en la mejora de los resultados académicos, a la vez que facilita la adquisición de competencias transversales.

Palabras clave: Aprendizaje Basado en Proyectos (PBL), Máquinas Térmicas, Sostenibilidad medioambiental, Ciencia ciudadana, Competencias transversales.

INTRODUCCIÓN

El Aprendizaje Basado en Proyectos (PBL) se ha consolidado como una metodología educativa innovadora que promueve el aprendizaje activo y la aplicación práctica del conocimiento. Este enfoque se fundamenta en la teoría constructivista, que sostiene que los estudiantes aprenden mejor cuando participan activamente en la construcción de su conocimiento a través de experiencias significativas [1].

En el ámbito de la educación superior, particularmente en disciplinas como la ingeniería, el PBL se ha revelado como una metodología eficaz para alcanzar los objetivos pedagógicos establecidos [2]. La implementación del PBL en diversos contextos educativos ha producido una mejora en la calidad del aprendizaje, además de mejorar la preparación de los estudiantes para enfrentar desafíos complejos. En el campo de la ingeniería, diversos estudios han corroborado que el PBL no solo potencia las habilidades técnicas de los estudiantes, sino que también promueve el desarrollo de competencias transversales esenciales [3].

Asimismo, la incorporación de metodologías complementarias, como la ciencia ciudadana, en el ámbito educativo ha adquirido una relevancia creciente como estrategia para involucrar a los estudiantes en la investigación científica y en la resolución de problemas sociales y medioambientales [4].

La ciencia ciudadana implica la participación del público en actividades científicas, facilitando la colaboración entre ciudadanos y científicos para abordar cuestiones de interés común. En el contexto de la educación superior, esta participación puede enriquecer el proceso educativo al proporcionar experiencias prácticas para el aprendizaje. Entre estas experiencias se incluyen la recopilación y análisis de datos, la realización de muestreos o el desarrollo de experimentos participativos [5]. Estas actividades no solo potencian las habilidades científicas de los estudiantes, sino que también fomentan una mayor capacidad analítica y pensamiento crítico.

Este trabajo describe la implementación del PBL en la asignatura de Máquinas Térmicas del Grado en Ingeniería Mecánica, enfocado en el desarrollo de competencias de compromiso social y medioambiental, por medio del desarrollo de un proyecto de investigación inspirado en los principios de la ciencia ciudadana. Los estudiantes trabajaron en equipos para diseñar y ejecutar proyectos sobre la sostenibilidad de motores térmicos. Los resultados del curso con PBL se compararon con cursos anteriores sin PBL mediante indicadores académicos y encuestas de opinión, mostrando mejoras significativas en los resultados de aprendizaje y en la adquisición de competencias transversales.

Contexto pedagógico

La asignatura de Máquinas Térmicas, correspondiente al tercer curso del grado en Ingeniería Mecánica en el año 2024, cuenta con 112 alumnos distribuidos en dos grupos para las sesiones teóricas y prácticas de aula, tres grupos para las prácticas informáticas y cuatro grupos para las prácticas de laboratorio. Esta asignatura proporciona conocimientos sobre máquinas térmicas que convierten la energía térmica en mecánica, abordando disciplinas como termodinámica y mecánica de fluidos. Se divide en dos bloques: uno sobre máquinas y motores térmicos de desplazamiento positivo, como compresores y motores de combustión interna; y otro sobre turbomáquinas térmicas, incluyendo turbinas de vapor y gas, y ciclos combinados.

Además de los resultados de aprendizaje indicados, la asignatura fomenta competencias transversales esenciales para la formación integral del ingeniero mecánico, tales como el compromiso social y medioambiental (1) y la responsabilidad y toma de decisiones (5). Estas competencias se evalúan mediante el trabajo académico de la asignatura, que se describe en la siguiente subsección y constituye el objeto principal de este trabajo.

La evaluación de la asignatura consta de tres elementos: Pruebas escritas, que consisten en dos exámenes parciales con una parte de respuesta objetiva y otra de respuesta abierta. Observación y prueba práctica de laboratorio, que incluye el seguimiento de las sesiones prácticas de laboratorio y un cuestionario sobre su contenido, y el trabajo académico.

Descripción de la actividad

El trabajo académico de la asignatura se ha modificado en este curso por dos motivos principales: el cambio de competencias transversales de la asignatura y la baja motivación percibida en el curso anterior. Por este último motivo, se decidió proponer un trabajo más alineado con los resultados de aprendizaje, incentivando a los estudiantes

a investigar y comprender las tecnologías relacionadas con las máquinas térmicas, destacando la optimización de la eficiencia energética y la reducción del impacto ambiental, con el fin de promover la competencia de compromiso social y medioambiental (1). Para aumentar la motivación y facilitar la adquisición de la competencia de responsabilidad y toma de decisiones (5), se optó por simular la realización de un proyecto de investigación, enmarcando la actividad dentro del PBL e inspirado por los principios de la ciencia ciudadana que busca acercar la investigación científica a colectivos que tradicionalmente no participan en ella. Los alumnos formaron equipos de investigación de cinco a seis miembros, integrando diversas habilidades y conocimientos técnicos, lo que enriqueció el proceso de investigación y fomentó la creatividad y la innovación.

A los equipos se les proporcionó un documento que simulaba una convocatoria oficial para proyectos de investigación, con instrucciones detalladas sobre la elaboración de la propuesta, la importancia del cumplimiento de los plazos y rúbricas de corrección. Se indicó que los proyectos debían incluir un análisis exhaustivo de información bibliográfica relevante y el uso de software técnico especializado para facilitar la obtención y análisis de datos. El documento definía las tres partes del trabajo académico: elaboración de la propuesta del proyecto, desarrollo de las tareas del proyecto y elaboración de los entregables, y elaboración de la memoria final, que constituyen el esquema del trabajo, según se muestra en la Figura 1.



Figura 1. Esquema de las partes del trabajo académico.

La primera parte del trabajo consistió en la presentación de una propuesta de proyecto (25% de la nota), definiendo el título y tema dentro del marco de la optimización de la eficiencia energética y la reducción del impacto ambiental de las máquinas térmicas. La propuesta debía incluir un contexto teórico, objetivos y un plan de trabajo con tareas y entregas distribuidas a lo largo del semestre.

Una vez corregida la propuesta, se inició la fase de desarrollo del proyecto (25% de la nota). Cada tarea definida en el plan de trabajo tenía un miembro del grupo como responsable, siendo el encargado de contactar con el profesor si era necesario y de asegurar que la entrega se realizara puntualmente. Se permitía solicitar prórrogas justificadas con un plazo máximo de una semana antes de la fecha de entrega fijada por el grupo en la propuesta. Este enfoque buscaba responsabilizar al alumnado de los compromisos adquiridos y garantizar el trabajo continuo a lo largo del semestre.

La fase final del trabajo consistió en la elaboración de una memoria (50% de la nota), que recogía los resultados y conclusiones de la investigación, presentada el día del examen final. La evaluación de esta parte consideraba la coherencia de la memoria con la propuesta y las entregas realizadas, así como la profundidad y rigor del análisis, valorándose especialmente la capacidad de correlación entre los resultados obtenidos y los objetivos iniciales, además de la innovación y contribución al desarrollo sostenible.

RESULTADOS

En esta sección se presentan los resultados de la implementación del trabajo en relación con los resultados de la asignatura y a la percepción del alumnado. Para llevar a cabo este análisis se utilizan, por un lado, los resultados de los elementos de calificación descritos en la Sección 2, con el objetivo de identificar si la implementación del trabajo ha tenido un impacto positivo en los resultados de aprendizaje de la asignatura. Por otro lado, se evalúa el impacto del trabajo en la adquisición de competencias transversales mediante un breve análisis de metadatos de los trabajos y la opinión de los estudiantes recogida a través de una encuesta.

Resultados de aprendizaje de la asignatura

En esta sección se presentan los resultados de la implementación del trabajo en la asignatura. Para establecer un marco de comparación válido, se analizan tanto los resultados del curso 2023/2024, en el que se implementó el trabajo, como los del curso 2022/2023, previo a dicha implementación. En la Figura 2(a) se muestra la nota media, de los elementos de evaluación y de la calificación final de la asignatura para el curso 2023/2024 (identificado como 2024) y 2022/2023 (identificado como 2023), mientras que en la Figura 2(b) se presenta la desviación estandar para estos mismos curso, como indicador de la dispersión de los resultados.

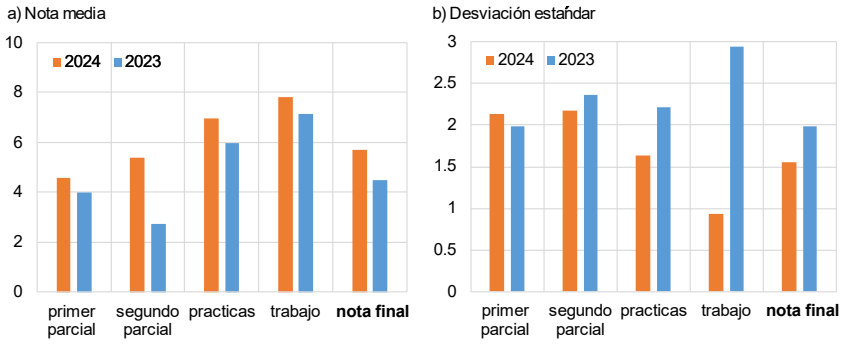


Figura 2. Resultados obtenidos en los elementos de calificación: (a) nota media y (b) desviación estándar.

Analizando la nota media de los diferentes elementos de evaluación mostrados en la Figura 2(a), en el año 2024, se observa una mejora generalizada en las notas de los estudiantes en comparación con el año 2023. Destaca particularmente el segundo parcial, cuya nota media ascendió de 2.75 en 2023 a 5.39 en 2024, observándose además que la nota del segundo parcial es mayor que en el primero, al contrario de lo que ocurría en 2023. Este notable aumento sugiere que la implementación del trabajo ha contribuido a mantener la motivación de los estudiantes a lo largo del curso. Además, las prácticas también mostraron una mejora en la nota media, incrementándose de 5.98 a 6.97, y la evaluación del trabajo presentó una mejora de 7.12 a 7.82 en la nota media, siendo esta mejora la menor de entre todos los elementos de calificación. Finalmente, la nota media final del curso ascendió de 4.48 en 2023 a 5.71 en 2024 fruto de la mejora global de todos los elementos de evaluación.

Por otro lado, al analizar la Figura 2(b), no se observa un impacto significativo en la desviación estándar de las calificaciones, salvo para el propio trabajo que disminuyó de 2.95 a 0.93, lo que indica que existe una menor desconexión de parte del (caracterizada por calificaciones extremadamente baja) con el trabajo propuesto en el curso 2023/2024.

Finalmente, la nota final del curso redujo su desviación de 1.98 a 1.55, principalmente por la menor desviación del trabajo.

La comparación de los resultados académicos entre los años 2023 y 2024 sugiere que la implementación del trabajo ha tenido un impacto positivo en los estudiantes, facilitando la comprensión del material y promoviendo un desempeño más consistente a lo largo del curso.

Competencias transversales y percepcion del alumnado

A continuación, se analiza el impacto de la implementación del nuevo trabajo en la adquisición de competencias transversales y en la satisfacción del alumnado. Para ello, se emplean dos instrumentos: en primer lugar, se consideran los resultados de una encuesta de satisfacción, en la cual se recopilan datos sobre la percepción de los estudiantes respecto a su desempeño, la colaboración en equipo, y la relevancia y aplicación práctica del trabajo realizado. La Tabla 1 contiene un resumen de las preguntas realizadas y los resultados obtenidos.

Tabla 1. Preguntas incluidas en la encuesta y resultados obtenidos.

Pregunta	**MS***	**BS***	**PS***	**NS***
1. Desempeño dentro del Equipo de Trabajo	31%	56%	12%	0%
2. Satisfacción General con el Trabajo Realizado	27%	47%	27%	0%
3. Fomento del Análisis Crítico	27%	47%	27%	0%
4. Relevancia en el Campo de Estudio	50%	29%	21%	0%
5. Logro de los Resultados de Aprendizaje	36%	29%	29%	7%
6. Desarrollo de Habilidades de Trabajo en Equipo	36%	50%	0%	14%
7.Motivación para Profundizar en el Tema	29%	43%	21%	7%

*MS-muy satisfecho, BS-Bastante satisfecho, PS-Poco satisfecho, NS- Nada satisfecho

En segundo lugar, se ha analizado los trabajos presentados para evaluar el desarrollo de competencias transversales. Se ha realizado un análisis cualitativo para identificar expresiones relacionadas con el compromiso social y medioambiental. Además, se ha cuantificado la responsabilidad y toma de decisiones mediante el registro de retrasos en las entregas, incidencias y desviaciones respecto a las indicaciones proporcionadas.

El análisis cualitativo de los trabajos revela un alto nivel de incidencia de términos relacionados con la sostenibilidad medioambiental. El 85% de los trabajos incluían menciones a "eficiencia energética", el 78% a "reducción de emisiones", el 65% a "energías renovables" y el 90% a "impacto ambiental". Este alto nivel de incidencia sugiere que los estudiantes están integrando de manera significativa consideraciones medioambientales en sus análisis y propuestas. Esta competencia se evalúa indirectamente en la encuesta a través de la pregunta: ¿Consideras que el trabajo realizado tiene una aplicación práctica y relevante en tu campo de estudio o trabajo? (Sí, mucho: 50%, Sí, moderadamente: 29%), ya que la relevancia práctica en el campo de estudio incluye la consideración del impacto económico y medioambiental.

Con respecto a la competencia responsabilidad y toma de decisiones, los resultados muestran un bajo porcentaje de entregas fuera de plazo (8%) y entregas con desviaciones de las instrucciones (12%), sugiriendo que los estudiantes han desarrollado adecuadamente esta competencia. Por otro lado, las preguntas 1,3 y 7 de la encuesta están relacionadas con esta competencia y muestran un elevado nivel de satisfacción con el impacto del trabajo sobre las mismas.

Finalmente, los resultados de la encuesta indican que los estudiantes están generalmente satisfechos con el trabajo realizado y con las competencias adquiridas. Un 87% de los estudiantes se siente "muy satisfecho" o "bastante satisfecho" con el desempeño y la colaboración dentro del equipo de trabajo, y un 65% considera que el trabajo ha contribuido fomentar la capacidad de análisis crítico. Además, un 79% de los estudiantes percibe el trabajo realizado como relevante y ha contribuido a profundizar en el tema de forma autónoma.

CONCLUSIONES

La implementación del PBL en la asignatura de Máquinas Térmicas del Grado en Ingeniería Mecánica ha tenido un impacto positivo significativo en los resultados de aprendizaje y en la adquisición de competencias transversales. La integración del PBL generó una mejora general en las calificaciones, con un notable aumento en la nota media del segundo parcial, lo que sugiere una mayor motivación estudiantil. Además, el PBL facilitó el desarrollo de competencias como el compromiso social y medioambiental, y la responsabilidad y toma de decisiones, reflejado en un análisis cualitativo de los trabajos que mostró una alta incidencia de términos relacionados con la sostenibilidad. Las encuestas de satisfacción indicaron que los estudiantes valoraron positivamente el trabajo en equipo, la relevancia del proyecto y la oportunidad de profundizar en temas importantes. En resumen, la implementación del PBL ha sido efectiva en mejorar tanto los resultados de aprendizaje como las competencias transversales y ha promovido un mayor nivel de satisfacción en el alumnado.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte del proyecto CC-2024-7 - AYUDA PAID-06-23_SANCHIS PACHECO, financiado por la Universitat Politècnica de Valencia.

REFERENCIAS

[1] Zajda, J. (2021). “Constructivist Learning Theory and Creating Effective Learning Environments”. *Globalisation and Education Reforms. Globalisation, Comparative Education and Policy Research, vol 25*. Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-71575-5_3.

[2] Deep, S.; Ahmed, A.; Suleman, N.; Abbas, M. Z.; Nazar, U.; Razzaq, H. S. A. (2020). “The problem-based learning approach towards developing soft skills: A systematic review”. *The Qualitative Report*, 25(11), 4029-4054. https://doi.org/10.46743/2160-3715/2020.4114 .

[3] Rajabzadeh, A.R.; Mehrtash, M.; Srinivasan, S. (2021). “Multidisciplinary Problem-Based Learning (MPBL) approach in undergraduate programs”. *Interactive Mobile Communication, Technologies and Learning*. Cham: Springer International Publishing, pp. 454-463. https://doi.org/10.1007/978-3-030-96296-8_41.

[4] Wagenknecht, K.; Woods, T.; Sanz, F.G.; Gold, M.; Bowser, A.; Rüfenacht, S.; Ceccaroni, L.; Piera, J. (2021). “EU-Citizen. Science: A platform for mainstreaming citizen science and open science in Europe”. *Data Intelligence*, 3(1), 136-149. https://doi.org/10.1162/dint_a_00085.

[5] Fraisl, D.; Hager, G.; Bedessem, B.; Gold, M.; Hsing, P.Y.; Danielsen, F.; Hitchcock, C.B.; Hulbert, J.M.; Piera, J.; Spiers, H.; Thiel, M.; Haklay, M. (2022). “Citizen science in environmental and ecological sciences”. *Nature Reviews Methods Primers*, 2, 64. https://doi.org/10.1038/s43586-022-00144-4

ODS-15 en la creación artística. Caso: SAUVAGE. los desprovistos

Sempere Ripoll, Silvia[(1)]

(1) Departamento de Dibujo, Universitat Politècnica de València Universidad. Plaza Ferrándiz y Carbonell s/n, ssempere@dib.upv.es

RESUMEN

La emergencia climática es uno de los ejes trascendentales que atraviesa la realidad de nuestro tiempo. La Asamblea General de Naciones Unidas, acordó en 2015 adoptar un plan de acción a escala global, concretado en la Agenda 2030 y los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible ODS, que interpelan a las sociedades para que asuman compromisos firmes e integren el desarrollo de acciones específicas.

El arte, y especialmente la creación contemporánea, promueve en muchas ocasiones procesos de aprendizaje en torno a la emergencia climática. Tiene la oportunidad de convertirse en un espacio de experimentación desde donde contribuir al diseño de un nuevo sistema de valores.

El Museo de la Universidad de Alicante MUA, comprometido con la generación y transmisión de conocimientos, presenta proyectos capaces de vertebrar voluntades y agitar conciencias. En particular, la propuesta artística multidisciplinar *SAUVAGE. Los desprovistos*, sintoniza con el Objetivo15 empeñado en la conservación de la vida de ecosistemas terrestres.

Este es un ejemplo claro de representación artística acerca del impacto que la conducta humana tiene sobre el entorno y las especies animales. Desde la poética, trata de cartografiar la compleja y poliédrica realidad que nos envuelve en materia de preservación animal.

Palabras clave: ODS Objetivos de Desarrollo Sostenible; creación artística; emergencia climática; dibujo; escultura; instalación artística

INTRODUCCIÓN

La estética de la naturaleza, la disciplina que estudia cómo apreciamos la belleza de un paisaje, un animal, una planta o incluso el firmamento, fue expulsada de la filosofía académica a principios del siglo XIX por Hegel, quien consideró que la estética debía limitarse a estudiar el arte que, al ser una creación humana, era superior a la belleza natural. La belleza natural en el arte se convirtió en algo redundante y empobrecido, cuya experiencia resultaba nimia o utilitaria. Así, se produce un tratamiento del mundo natural bajo la creencia de que la belleza natural sólo representaba un problema técnico de representación objetivada en datos (escalas, tamaños, cantidades, temporalidades), a resolver siguiendo patrones y formas prefijadas para representar paisajes y jardines o con la mera reproducción de imágenes documentales. La adopción generalizada de estos conceptos provoca la expansión de una cultura consumista que aún estereotipa las experiencias de la naturaleza haciéndolas comercializables como elementos socialmente aprobados y adquiridos para el goce.

En los años 60 y 70 del siglo XX y con el surgimiento de la conciencia ecologista, reapareció la sensibilidad por esta disciplina, que fue introducida de nuevo en la academia de la mano de Theodor W. Adorno [1] y Ronald Hepburn con la publicación del artículo "Contemporary Aesthetics and the Neglect of Natural Beauty" en 1966. Aunque, Mirabent [2] ya habla del sentimiento estético que surge en la confluencia entre arte y naturaleza, teniendo en cuenta que existe una vinculación con la moral, puesto que en la belleza natural y en la belleza artística existe una íntima vinculación con la moral, por lo que concluye que la belleza y el deber tienen cualidades afines.

Esta apreciación estética de la naturaleza aborda la crítica de la racionalización de la belleza natural, y plantea la experiencia estética de la naturaleza como una cuestión que tiene incidencia moral-práctica. Este enfoque de la "estética de la naturaleza" defiende que una mayor conciencia de la belleza del mundo natural nos dará motivos para protegerlo.

La realidad medioambiental junto con este pensamiento se ha ido cristalizando en la sociedad cambiando la percepción sobre el entorno natural. Es así como, a partir de 1972 la Asamblea General de las Naciones Unidas AGNU, viene insistiendo a los gobiernos y organizaciones la importancia de llevar a cabo actividades que refuercen la preocupación por la preservación y mejora del medio ambiente, en las que se involucren las administraciones públicas a través de la divulgación ambiental para favorecer la toma de conciencia de la ciudadanía y una actitud crítica y transformadora de las personas.

En este sentido, se han venido realizando esfuerzos promocionando la asimilación de los valores nacionales de la biodiversidad y la consideración del "capital natural", pero los avances en la gestión forestal sostenible y ampliación de las áreas protegidas (ZCB) se han estancado desde 2015, con un crecimiento desigual entre regiones. Por lo que, la Organización de las Naciones Unidas ONU (2015) acordó adoptar un plan de acción a escala global para abordar los grandes desafíos de la Humanidad concretándose en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, a través de 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Con este marco, se promueve una nueva mirada acerca del valor de los ecosistemas terrestres que, aunque contribuyen en más de la mitad del PIB mundial, no sólo tienen valía por su contribución a la calidad de la vida humana, también incluyen múltiples valores culturales, espirituales y económicos, por lo que son vitales para el sostenimiento de la vida humana.

En este sentido, se señala el OBS- *Objetivo 15. Vida de ecosistemas terrestres* (protege, restablece y promueve el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, lucha contra la desertificación y la pérdida de biodiversidad), que se han visto reforzado en el *Marco Mundial Kunming-Montreal de la Diversidad Biológica* de 2022 [3]. Desde una perspectiva ecocéntrica mantiene la Visión 2050, promoviendo acciones enfocadas a "Vivir en armonía con la naturaleza" para evitar cualquier extinción de especies amenazadas debido a causas humanas y planificar territorios favorables para la biodiversidad mediante soluciones basadas en la propia naturaleza. Se destaca la Meta 19.f que recoge las acciones centradas en garantizar la no mercantilización de las funciones ambientales de la Madre Tierra y favorecer la continuidad de los seres vivos.

Sin embargo, el reciente Informe de los Objetivos de Desarrollo sostenible. Edición Especial 2023 [4] recoge los datos analizados en la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), y nos advierte de que la extinción de la flora y la fauna se ha venido acelerando desde 1993, lo que en la actualidad se calcula en un millón de especies de todo el mundo amenazadas de muerte.

Estos planes y objetivos constituyen el marco que propicia un contexto en el que la cultura tiene la oportunidad de convertirse en un espacio de experimentación desde donde contribuir al diseño de ese nuevo sistema de valores, porque las sociedades deben asumir un compromiso firme al respecto e integrar el desarrollo de acciones específicas, también en el ámbito cultural.

De hecho, el arte y especialmente la creación contemporánea, no se muestran ajenos a estas problemáticas, promoviendo procesos de aprendizaje en torno a la emergencia climática, con proyectos capaces de vertebrar voluntades y agitar conciencias. Los museos se fundamentan en la generación y transmisión de conocimientos y valores, por lo que muchas sus acciones culturales sintonizan con estas cuestiones medioambientales. El Museo de la Universidad de Alicante alberga un proyecto que cartografía la compleja realidad que nos envuelve en materia de preservación animal.

El proyecto artístico aquí analizado se desarrolla bajo la creencia del valor inherente de toda la naturaleza y sintoniza con las reflexiones que entienden la experiencia estética de la naturaleza como una cuestión que tiene incidencia moral-práctica, con poder para influir directamente en nuestro modo de interactuar con el medio. El trabajo *SAUVAGE* es un ejemplo claro de representación artística acerca del impacto que la conducta humana tiene sobre el entorno y las especies animales.

OBJETIVOS

A partir del marco de referencia, se pretende remover conciencias frente a la pérdida de la "condición salvaje" de muchas de las especies animales de este planeta. Identificando esta pérdida como uno de los factores que la conducen a la extinción.

No se crea una imagen exótica de "Lo salvaje". Se hace referencia a los aspectos dramáticos de la relación con la historia de extracción y explotación del territorio y sus especies.

Se abordarla belleza natural mediante la representación naturalista de diferentes animales con la esperanza de promover una mayor conciencia de la belleza del mundo natural nos dará motivos para protegerlo.

Se provoca la contemplación de lo bello natural y de lo feo de la relación con el ser humano, agregando factores reflexivos con la intención de provocar un sentimiento que nos empuje a querer comprender. A realizar una nueva valoración superior a la belleza o la fealdad, desde la nueva perspectiva kantiana de Zecchi [5] que entiende lo bello como una intensificación de la vida, mientras que lo sublime es crítica de la existencia lo que permite al espectador proyectarse más allá de lo dado y del presente.

Se recurre a distintos lenguajes como el dibujo, la escultura, la instalación y el vídeo, que propongan lecturas dinámicas, de manera poética, acerca de la incapacidad humana de percibirse como parte de la sistémica de la vida en el planeta Tierra. que se manifiesta en la vulneración de la capacidad de defensa específica de muchos animales a causa del prolongado proceso de exterminio según la nomenclatura de la UICN; la cosificación general de sus cuerpos desmembrados, fragmentados o transformados como consecuencia de los enfoques mercantilistas que someten los recursos naturales.

RESULTADO

El proyecto *SAUVAGE* alberga un conjunto de investigaciones vinculadas a la idea principal: la pérdida de la "condición salvaje" necesaria para la supervivencia de muchas de las especies animales de este planeta. Las obras se distribuyen en tres instalaciones con universos temáticos fluidos que llevan por nombre *La reserva* 2022, *Los desprovistos* 2024 y *Requiem* 2025 (en proceso de realización).

En primer proyecto, *SAUVAGE. La reserva* [6] se centra en la paradoja que presenta el propio concepto de reserva que, aunque lleve aparejada una perspectiva de futuro, en la práctica, implica a todo aquello que es vulnerable, debe confinarse, custodiarse o está en peligro de extinción. Se materializa en las series *Denatured* y *Interdit*.



Figura 1. *Trituradora de Paisajes-10 años en 15 segundos*. Vídeo 8, 36.´´

El segundo proyecto, *SAUVAGE. Los desprovistos* [7] es una propuesta de carácter multidisciplinar en la que se vuelve a poner de manifiesto el quebranto del espacio vital primigenio y esencial que preserva el "estado salvaje", visibilizando y sensibilizándonos acerca de las consecuencias de la explotación y cosificación de muchas de las especies animales de la Tierra. Así, "lo salvaje cosificado" se convierte en otra de las causas de la extinción de muchas de las especies de este planeta.

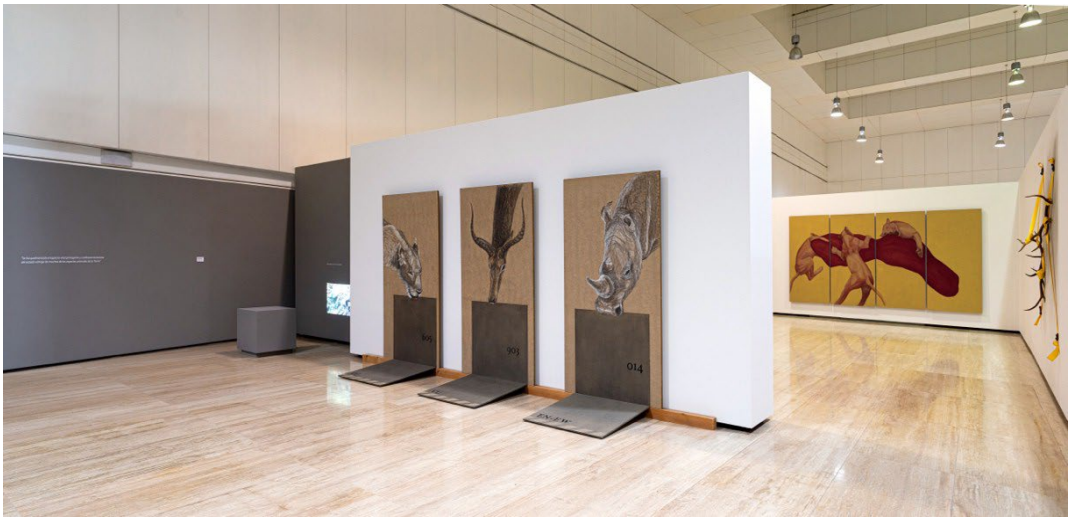


Figura 2. *Orla de Vulnerables* (Instalación de dibujos de gran formato sobre aglomerado) *Rojo Salvaje* (Políptico, técnica mixta sobre aglomerado, 183 x 400 cm).

En la *Orla de Vulnerables* se realiza un ejercicio de confrontación que se plasma mediante una performance íntima con cada uno de los ejemplares retratados, exaltando su belleza, pero a la vez informando del estado de vulnerabilidad o extinción de cada una de las especies, de acuerdo con el sistema de categorías contempladas en la Red List evaluadas por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza UICN. Enuncia con claridad un mensaje en el que se equilibran el ejercicio estético y la denuncia, que nos conduce al desarrollo del relato expositivo propuesto.

La pérdida sin retorno se evoca representado por tres felinas alimentándose sobre fondo dorado, situando la escena en un lugar inalcanzable. *Rojo Salvaje* es un políptico que ensalza eso sagrado de la naturaleza, mientras los animales devoran una masa roja ajenos a nuestra mirada, en el ejercicio de su naturaleza.

Los desposeídos se desarrollan para abordar sus vulnerabilidades, desposeídos de su hábitat, de sus atributos esenciales y de su estatus vital, no se presentan como trofeos. Para ello, se ha realizado un conjunto de esculturas de pequeño formato, a partir de madera contrachapada, trozos de palets y polietileno blanco.



Figura 3. *Los desposeídos* (esculturas de pequeño formato)
Los descabezados (dibujo sobre aglomerado, 183 x 182 cm).

En ellas se evidencia cómo la cosificación general de sus cuerpos para la explotación económica elimina cualquier vestigio de alteridad. Eso resume la historia de la humanidad, capaz de normalizar el saqueo realizado en el pasado, sin dejarnos olvidar las numerosas formas de esta que subsisten en el presente.

Las figuras de polietileno son reproducciones en miniaturas de animales africanos con los que todavía se construye el imaginario colectivo acerca de lo salvaje. Por otro lado, la naturaleza no se representa como un decorado ornamental, sino a través de una materia desnaturalizada como el contrachapado y el aglomerado de madera.

La cosificación general de sus cuerpos desmembrados o coleccionados aparecen en *Amenaza Amarilla*, incluso como base para compuestos y productos milagrosos o supuestamente curativos como en *Omnia vanitas*.

En *La distancia mínima* un grupo de cérvidos nos recuerda la desoída lección sobre la convivencia y el compartir el territorio con otras especies.

CONCLUSIONES

La pérdida de la biodiversidad y el peligro de extinción de la flora y la fauna son uno de los ejes trascendentales que atraviesa la realidad de nuestro tiempo, el futuro se decide de acuerdo con nuestra implicación en la lucha contra el cambio climático. En buena medida en el trasfondo del asunto se encuentra la idea de la consecución de la felicidad individual mediante la representación del éxito y la exhibición de trofeos, en equivalencia al poder económico alcanzado.

Las instalaciones artísticas que componen esta exhibición perturban por la crudeza del mensaje, a pesar de estar tratadas con una gran carga poética que nos interpela en lo más profundo. Remueve conciencias y confronta las consecuencias de los enfoques relacionados con el mercado de los recursos naturales que se presenta en contra de la conservación de la diversidad biológica y que interrumpen la continuidad de muchos de los seres vivos de este planeta.

Reflexiona en torno a las principales causas de las crisis interconectadas e insta al reconocimiento de “lo salvaje” como un valor intrínseco y fundamental de la naturaleza

REFERENCIAS

[1] Tafalla, Marta (2011) “Rehabilitating the Aesthetics of Nature: Hepburn and Adorno” (op.cit. “Naturschöne” de su libro Ästhetische Theorie (1970). Environmental Ethics, The University of North Texas, vol. 33, pp. 45-56
[2] Estrada Herrero, D. (1957) Estética. (Op cit. Mirabent p.30), Erder Editorial. Barcelona.
[3] ISBN 978 84 254 1629 3
[4] ONU programa sobre el medio ambiente. Convenio sobre la diversidad Biológica. “Marco Mundial de Biodiversidad de Kunming-Montreal” Conferencia de las Partes 15ª reunión – Parte II. 2022 Montreal (Canadá).
[5] https://www.miteco.gob.es/gl/biodiversidad/temas/conservacion-de-la biodiversidad/conservacion-de-la-biodiversidad-en-el-mundo/cb_mundo_kumming_montreal.html
[6] Informe de los Objetivo de Desarrollo Sostenible. Edición especial 2023. “Objetivo 15. Vida de ecosistemas terrestres” p.p. 42-43. Publica Naciones Unidas, Departamento de Asuntos Económicos y Sociales (DAES), p.p 75, ISBN (pdf) 978 92 1 002493 8,
[7] ISSN (v.d.) 2521 6902
[8] https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/recursos/materiales/informe-ods-naciones-unidas.html
[9] Zecchi, Stefano (1994) La belleza. México, DF, Editorial Tecnos S.A. (ed. española)
[10] ISBN 978 84 30 92452 3
[11] Sempere Ripoll, Silvia (2022) SAUVAGE. La reserva. Col.lecció d´Art Contemporani Centre de Cultura el Campello nº 1. Edita Centro Cultural el Campello. Alicante, ISBN 987 84 09 32253 4
[12] Sempere Ripoll, Silvia (2024) SAUVAGE. Los desprovistos. MUA Museu de la Universitat d´Alacant. Ed. Universidad de Alicante. ISBN 987 84 126694 8 0

El problema de optimización de asignación de la población a los centros sanitarios: aplicación a un caso real

Pérez, Damián[(1)], Sánchez, Víctor[(1)], Villa, Fulgencia[(1)], Karpova, Yulia[(1)]
(1) Grupo de Sistemas de Optimización Aplicada, Instituto Tecnológico de Informática, Ciudad Politécnica de la Innovación, edificio 8G, Acc. B.
Universitat Politècnica de València, Camino de Vera s/n, 46021, Valencia, España
dapeas@teleco.upv.es, vsanchez@eio.upv.es, mfuvilju@eio.upv.es, yukarkry@posgrado.upv.es

RESUMEN

La sanidad es una parte destacada de los servicios del estado del bienestar y, por tanto, de las políticas públicas. Teniendo en cuenta la jerarquía, son los departamentos de salud los encargados de la organización y planificación de los recursos sanitarios, ofreciendo atención a quienes se encuentran en su interior a través de los centros sanitarios. Pese a los cambios que se producen socialmente, las delimitaciones de los departamentos de salud se han mantenido idénticas a lo largo de los años, haciendo que la asignación y organización haya quedado obsoleta con el tiempo. En este trabajo se plantea una nueva asignación de la población a los departamentos, redefiniendo estos y utilizando métodos de optimización (modelos matemáticos y heurísticas). De esta manera se podría equilibrar la carga asistencial entre los centros sanitarios ya construidos haciendo un uso más eficiente de los recursos actuales.

Palabras clave: Optimización, heurísticas, modelos matemáticos, programación lineal entera, investigación operativa, salud.

INTRODUCCIÓN

La sanidad es un componente crucial en los servicios del estado del bienestar y, por tanto, de las políticas públicas. Esto queda reflejado en la cantidad de dinero que se destina anualmente a este sector desde los presupuestos del Estado. Sin embargo, esta cantidad no parece ser suficiente para paliar la gran carga asistencial que sufren los centros de salud.

Un exceso de carga asistencial en determinados momentos del año suele ser habitual debido a diversas enfermedades que se propagan con mayor velocidad cuando se dan ciertas características atmosféricas (e.g., gripe, COVID). No obstante, si este problema se prolonga en el tiempo, cabe estudiar si la población asignada a un centro es mayor que su capacidad.

Siendo conscientes de que la presión sobre los centros de especialidades (recursos sanitarios donde se concentran la mayoría de las consultas de las diferentes especialidades médicas [1]) se va agravando con el transcurso de los años y de que los cambios demográficos en la Comunidad Valenciana son innegables, la reversión de este problema se puede afrontar de diversas maneras: invirtiendo una mayor cantidad en recursos sanitarios, optimizando los recursos ya existentes o realizando una combinación de las dos anteriores. Este trabajo se centra en la optimización de los recursos que se tienen en la actualidad, donde la solución que se propone supone una distribución balanceada de la población a centros de especialidades partiendo de una situación en la que cada habitante acude a su centro más cercano. De esta manera, se

estaría aumentando ligeramente la distancia que hay que recorrer para alcanzar el centro a cambio de una atención más temprana, modificando las fronteras de los departamentos de salud. Aunque la nueva asignación perjudique a una parte de los pacientes, parece evidente que es más importante una asistencia rápida antes que un trayecto más corto.

Pese a los cambios que se producen socialmente, tanto en el lugar de residencia (movimiento migratorio hacia las grandes ciudades) como en la edad de los pacientes (envejecimiento de la población), las delimitaciones de los departamentos de salud se han mantenido idénticas a lo largo de los años desde su creación. La determinación de unos nuevos límites para los departamentos (distritación) supondría una gran modificación administrativa que debería de mantenerse en el tiempo. Es por ello, por lo que esta herramienta pretende ser de utilidad a la toma de decisiones, facilitando un mejor empleo de los recursos escasos y permitiendo el estudio previo de todas las posibles combinaciones.

OBJETIVOS

El objetivo principal de este trabajo es la creación de una herramienta que apoye el proceso de toma de decisiones al posibilitar una asignación eficiente y rápida a los centros de salud de la provincia de Valencia, o en cualquier otra región si se desea extrapolar la solución. El reparto se condiciona a la localización actual de los centros de especialidades y de los centros sanitarios integrados.

Se aborda así un problema real de optimización que busca utilizar de manera efectiva los recursos disponibles para lograr una distribución equitativa de la carga asistencial. Además, como punto de partida para llevar a cabo la reasignación se persigue que cada persona quede asignada al centro sanitario más cercano de su lugar de residencia. La combinación de ambos propósitos posibilita mejorar la calidad del servicio recibida por el ciudadano.

RESULTADOS

Aunque cada problema de distritación es diferente con unas características particulares, hay unos criterios o características que son comunes: compacidad territorial, asignación única, equilibrio territorial, contigüidad y similitud con el plan existente [2].

La resolución del problema explicado previamente, en el que se pretende asignar la población a un centro sanitario para la posterior formación de los departamentos de salud (distritos), se ha llevado a cabo en primer lugar a través de un modelo matemático de tipo *minimax (*minimizar la diferencia máxima entre la demanda y la capacidad de cada uno de los departamentos*)*. Sin embargo, su complejidad ha potenciado la creación de una heurística, que es la que se detalla a continuación.

La heurística que se propone queda diferenciada entre un método constructivo, que va a permitir obtener una solución factible para el problema, y un método de búsqueda local, cuya función va a ser mejorar la solución obtenida. Puesto que se pretende que en cada iteración se seleccione la mejor elección, se emplea el algoritmo voraz. Cabe destacar que para su elaboración se ha empleado el lenguaje de programación Python [3].

Como entradas al algoritmo se tiene el grafo con la distribución de las particiones (todo el territorio se divide en pequeñas cuadrículas) y la localización de los centros sanitarios,

la población de cada una de las particiones, la capacidad de los centros, las especialidades de los centros, la matriz de particiones vecinas y la matriz de distancias.

El método constructivo busca que la población de cada una de las particiones quede asignada a su centro más cercano. En primer lugar, la población de las particiones que contienen centros sanitarios se agina directamente a estos. Lo mismo sucede con los habitantes de las particiones adyacentes, a excepción de que sea contigua a dos centros. Si esto sucediera, los ciudadanos de dicha partición quedarían asignados al centro que se encuentre más próximo. En cuanto al resto de particiones que todavía no han sido asignadas, se calcula el camino más corto y la distancia mínima hasta los centros empleando el algoritmo Dijkstra [4]. Estas particiones se asignarán al centro cuya distancia mínima sea la de menor valor.

El último paso que se realiza en el constructivo es la creación de los departamentos. Se distinguen entre centros completos, que cuentas con todas las especialidades consideradas como esenciales, y centros incompletos, que no pueden formar departamentos por sí solos debido a la falta de especialidades necesarias para una atención completa. Por lo tanto, es necesario reasignar la población asociada a estos centros incompletos a un centro completo cercano.

Para ello, se utiliza nuevamente el algoritmo Dijkstra para calcular la distancia mínima desde cada partición asignada a un centro incompleto hasta cada uno de los centros completos. Entre las distancias mínimas obtenidas para cada centro completo se selecciona la mayor. Este proceso se repite para todos los centros completos, y al final, se comparan todas las distancias máximas seleccionando la más pequeña de ellas. Todas las particiones del centro incompleto se asignan al centro completo seleccionado. Esta estrategia se realiza para cada centro incompleto con el fin de reducir el trayecto que tienen que recorrer los habitantes que viven en la partición más lejana para acudir a su centro de especialidades.

En el método constructivo, a medida que se asignan particiones a los centros, se actualizan las capacidades de estos al reducir la población correspondiente a cada partición asignada. Estos valores serán de utilidad en la búsqueda local.

Partiendo de una solución de distancias mínimas, se realiza la reasignación de algunas particiones para alcanzar el equilibrio en el reparto. Esta tarea se lleva a cabo por el método de búsqueda local. Se trata de un proceso iterativo en el cual, en cada paso, se realiza un cambio de una solución a otra con un mejor valor.

En el contexto del problema, se estaría priorizando la mejora del equilibrio de la carga asistencial entre los distintos departamentos, incluso si esto implica un ligero aumento en la distancia que tienen que recorrer los pacientes. Además, se utiliza la técnica de *First Improvement*, lo que significa que una vez se logra reducir la diferencia máxima entre la capacidad y la población asignada, se realizará el cambio.

El primer paso es la selección de aquel departamento de salud que posee la mínima capacidad actual. Un valor negativo indica que la capacidad del departamento es inferior a la población asignada. Seguidamente se seleccionan las particiones pertenecientes a dicho departamento que son fronterizas con otro departamento. Entre estas particiones se escoge una al azar.

Se calcula cómo cambiaría la capacidad del departamento si la partición seleccionada se reasignara, sumando la población de esta partición al departamento vecino y restándosela al original. Si después de estos cambios la capacidad mínima del departamento resulta ser mayor, se reasigna la partición al departamento vecino y se actualizan las capacidades de ambos departamentos. Si no hay mejora, se prueba con

otros departamentos vecinos. Bien si se produce una mejora o bien si se acaban los posibles departamentos vecinos, la partición ya no puede ser seleccionada de nuevo.

Si se ha producido una reasignación de una partición, se pasa a la siguiente iteración. Por otra parte, si no se ha conseguido mejorar el equilibrio de la carga asistencial, se prueba con los vecinos del resto de las particiones. Si se retiran todas las particiones sin producirse una reasignación, se pasaría a la siguiente iteración. Este proceso se repetiría tantas veces como el número de iteraciones.

En consecuencia, lo que se pretende es asignar particiones a otros departamentos tratando de liberar carga a los centros que se encuentran saturados.

Una vez comprobado el buen funcionamiento de la heurística propuesta a través de distintos casos de estudio sintéticos, se quiere implementar en un caso real. Se trata del territorio de la provincia Valencia y de los centros de especialidades y centros sanitarios integrados ubicados en esta superficie. La provincia de Valencia está cubierta por 11 departamentos y por un total de 27 centros sanitarios, como se muestra en la Figura 20.

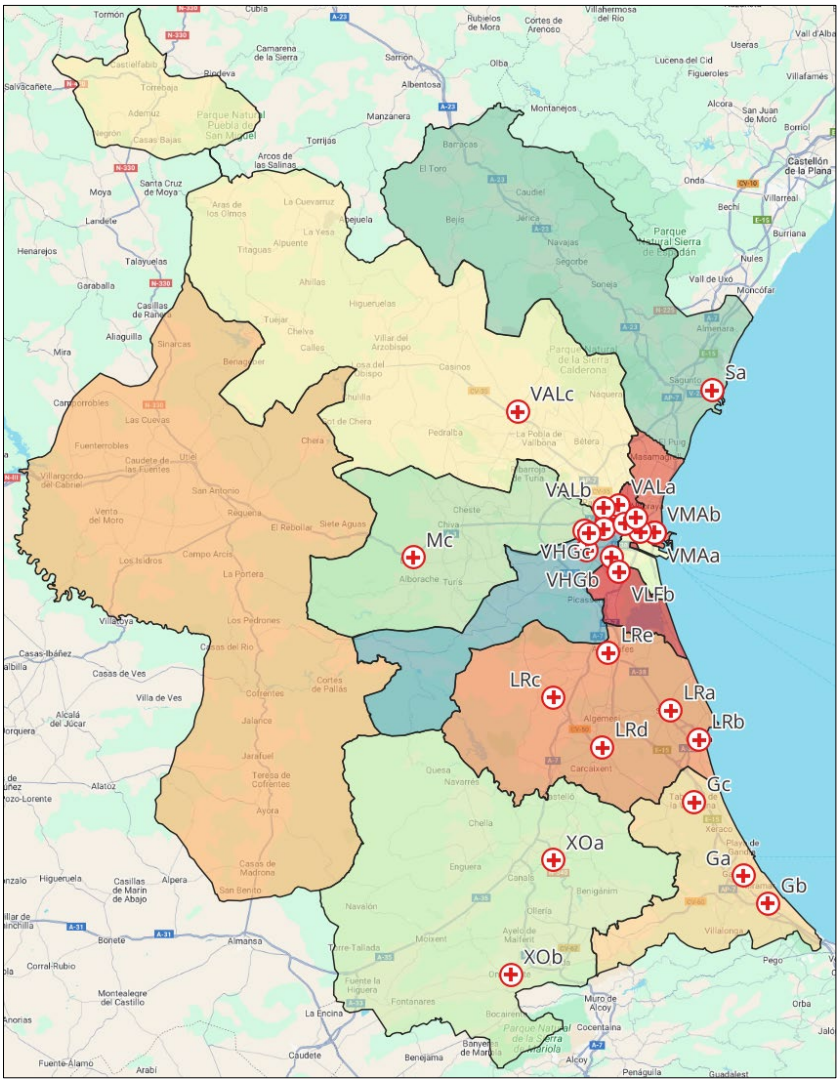


Figura 7. Departamentos de la provincia de Valencia.

Respecto a la capacidad de los centros de especialidades y a la cantidad de especialidades que poseen, se han realizado las aproximaciones oportunas para poder aplicar la heurística en un entorno real.

En cuanto a la aplicación de la heurística en el caso real, el software QGIS [5] ha tomado un papel relevante, ya que ha facilitado todos los cálculos relacionados con las distancias y ha permitido visualizar los resultados obtenidos sobre el mapa de la provincia de Valencia.

El territorio de la provincia se ha dividido en cuadrados del mismo tamaño para facilitar el manejo de las particiones. Para la creación de la matriz de distancias se ha empleado el centroide de cada una de estas particiones. De esta forma, a través de la herramienta de análisis que posee QGIS se ha podido calcular las distancias.

A continuación, se ha ejecutado la heurística y se ha obtenido el resultado de la Figura 21 tras la formación de los departamentos.

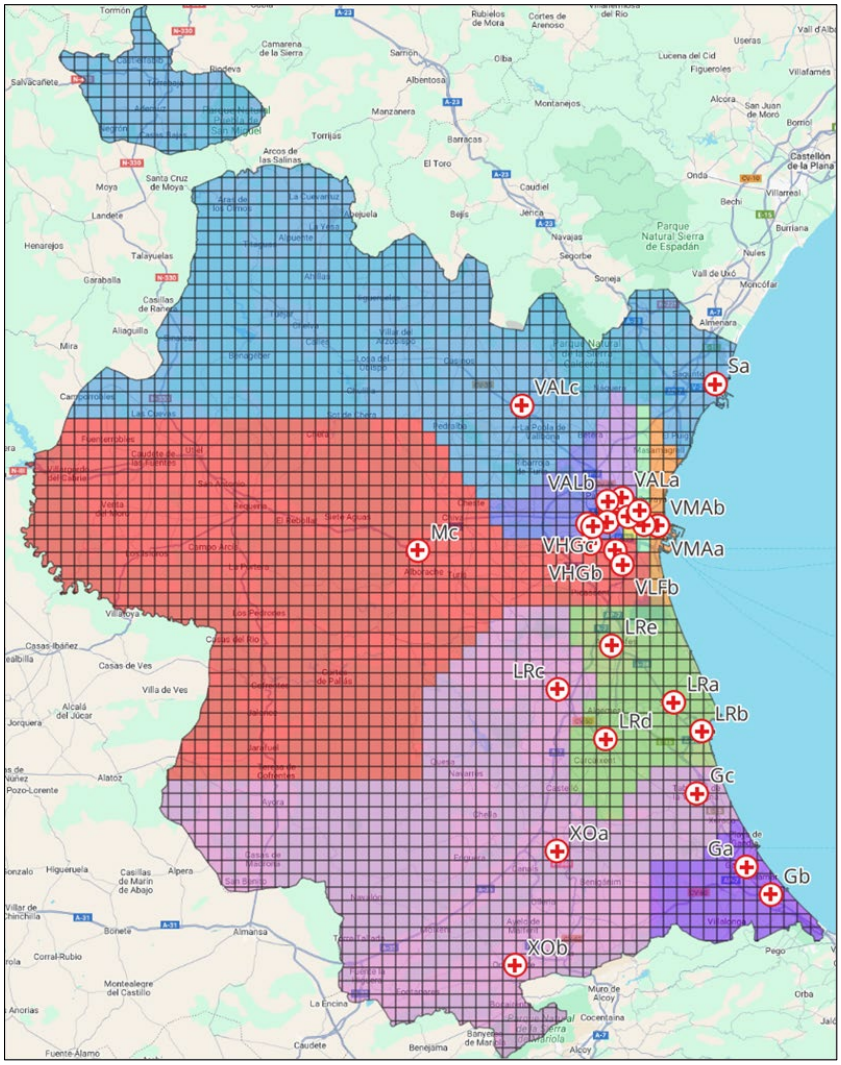


Figura 8. Particiones coloreadas tras la formación de los departamentos.

A través de la desviación estándar se ha comprobado que tras la aplicación del método de búsqueda local se consigue un mayor equilibrio de la carga asistencial que el obtenido cuando las particiones se asignan al centro más cercano.

Se ha apreciado un correcto funcionamiento en un entorno real, por lo que podría ser utilizada en cualquier escenario similar.

CONCLUSIONES

El estudio exhaustivo de la literatura correspondiente ha mostrado que este campo de trabajo está poco explorado, pudiendo apreciar una falta de bases conceptuales comunes. Cada investigador puede interpretar las variables desde un punto de vista diferente, dificultando la comparación entre los distintos métodos.

En este trabajo se propone un modelo matemático y una heurística para la asignación de las particiones a los centros de especialidades considerando como objetivo el reparto equilibrado de la carga asistencial entre los distintos centros.

En cuanto a la heurística, el constructivo genera los departamentos teniendo en cuenta el acceso de las particiones al centro sanitario más cercano. Por lo tanto, partiendo de una solución de distancias mínimas, se emplea la búsqueda local que permite una reasignación de las particiones con la finalidad de alcanzar el equilibrio en el reparto de la carga asistencial.

AGRADECIMIENTOS

En especial, quiero agradecer a mis tutores, ya que gracias a su oportunidad ha sido posible la elaboración de este trabajo. También me gustaría expresar mi gratitud a la fundación ValgrAI por su apoyo financiero y la promoción del conocimiento en la Inteligencia Artificial.

REFERENCIAS

[1] Servicio de Salud de Castilla-La Mancha, Red Hospitalaria y Centros de Especialidades, Diagnóstico y Tratamiento. https://sanidad.castillalamancha.es/ciudadanos/servicios-sanitarios/red-hospitalaria-y-centros-de-especialidades-diagnostico-y

[2] Ríos-Mercado, Roger (2020). “Research Trends in Optimization of Districting Systems”, Optimal districting and territory design. Lugar de publicación: Nuevo León, México. Editado por: Roger Z. Ríos-Mercado, p.p. 3-8. ISBN: 978 3 030 34311 8

[3] The Python Tutorial. https://docs.python.org/3/tutorial/

[4] Sánchez, M. Gloria; Lozano, Víctor M (2001). “Algoritmo de Dijkstra. Un Tutorial Interactivo”, En: VII Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática, p.p. 254-258.

[5] QGIS – El SIG líder de código abierto para escritorio. https://qgis.org/es/site/about/index.html

Modelización de la Demanda de Vehículos de Emergencia Sanitaria en la Provincia de Valencia utilizando Análisis de Procesos Puntuales

Ródenas, Esther[(1)], Villa, Fulgencia[(1)], Sánchez, Víctor[(1)], Karpova, Yulia[(1)]
(1) Grupo de Sistemas de Optimización Aplicada, Instituto Tecnológico de Informática, Ciudad Politécnica de la Innovación, edificio 8G, Acc. B.
Universitat Politècnica de València, Camino de Vera s/n, 46021, Valencia, España
esromo@ade.upv.es, mfuvilju@eio.upv.es, vsanchez@eio.upv.es, yukarkry@posgrado.upv.es

RESUMEN

Asegurar un tiempo de respuesta a llamadas de emergencia adecuado es clave para mejorar el desenlace de las situaciones donde es necesario el despliegue de un vehículo de emergencia sanitaria (VES). Para ello, es crucial que exista un organismo que gestione los recursos limitados de forma inteligente tomando decisiones que no son nada triviales. Una de estas decisiones es la ubicación/reubicación de los VES dentro del área de servicio. La información relativa a las emergencias ya ocurridas puede ser de gran ayuda en este problema. Este trabajo busca analizar la demanda de VES en la provincia de Valencia durante el año 2019, utilizando las coordenadas de más de 98.000 llamadas de emergencia aplicando técnicas del análisis de procesos puntuales para estudiar la componente espacial del problema. Se estudia la intensidad de los puntos y su naturaleza utilizando diferentes estadísticos. Además, se proponen diferentes modelos para predecir la demanda utilizando el software R.

Palabras clave: VES, ambulancias, procesos puntuales, intensidad, inhomogeneidad.

INTRODUCCIÓN

Responder de forma rápida y eficaz ante emergencias que requieren el despliegue de VES es clave para aumentar la supervivencia del paciente y conseguir mejores resultados clínicos. Los organismos responsables de la gestión de respuesta a las emergencias utilizan diferentes indicadores para asegurar un servicio de calidad a la población. Uno de estos indicadores es el tiempo de respuesta, que consiste en medir el tiempo que tarda en llegar el VES al lugar del suceso una vez recibida la llamada solicitando ayuda. Idealmente, los servicios de gestión dispondrían de recursos ilimitados para asegurar tiempos de respuesta cortos en todo el territorio en cualquier momento del día. No obstante, la realidad es diferente y los organismos públicos disponen de recursos muy limitados para hacer frente a los requerimientos de millones de personas repartidas de forma desigual en un territorio considerable. Gracias a la investigación operativa, los organismos decisores tienen herramientas que les pueden ayudar a tomar las decisiones pertinentes para proporcionar un servicio que asegure unos estándares de calidad mínimos.

El organismo responsable de la gestión de VES en la provincia de Valencia es el Servicio de Emergencias Sanitarias de la Comunidad Valenciana (SESCV) y, más concretamente, el Centro de Información y Coordinación de Urgencias (CICU). Para ayudar a la toma de decisiones de organismos como el CICU, la comunidad científica busca crear herramientas inteligentes que ayuden a resolver el problema de relocalización de VES utilizando algoritmos heurísticos entre otras cosas [1]. Actualmente, estos algoritmos tienen como objetivo cubrir la mayor población posible ya

que existe una correlación muy elevada entre la población y el número de llamadas de emergencia. Con este trabajo se busca mejorar la calidad de las soluciones de estos algoritmos proporcionándoles información de mayor calidad, es decir, en lugar de cubrir simplemente la población, analizar la demanda de VES e identificar qué zonas tienen mayor probabilidad de requerimiento de una ambulancia.

A lo largo de los años, se han propuesto diferentes modelos para simular las operaciones de VES [2], ya que existe un interés en analizar qué variables afectan a la demanda y cómo se podría predecir. Pero la mayoría de los trabajos se centran en la componente temporal del problema y descartan el uso de las localizaciones de las llamadas de emergencias debido a los altos costes computacionales que conlleva el análisis espacial [2].

Este trabajo busca analizar esa componente espacial, utilizando el análisis de procesos puntuales, y proponer posibles modelos para localizar *hotspots,* que son puntos con mayor probabilidad de desplegar un VES debido a una llamada de emergencia. Se dispone de una base de datos que ha sido proporcionada por el SESCV que contiene todas las llamadas de emergencia donde ha sido necesario el despliegue de un VES en la provincia de Valencia para el año 2019 y las coordenadas, latitud y longitud, donde han ocurrido estas llamadas, entre otras variables.

OBJETIVOS

La finalidad de este trabajo es colaborar con la creación de herramientas inteligentes para la gestión de VES en la provincia de Valencia estudiando la componente espacial de la demanda de llamadas de emergencia que requieren un VES. Esto se traduce en dos objetivos principales:

- En primer lugar, analizar la base de datos disponible y comprobar si los datos siguen un proceso de Poisson inhomogéneo, es decir, no hay aleatoriedad espacial completa y existe un patrón puntual subyacente.
- En segundo lugar, modelar en la medida de lo posible la demanda de VES e identificar *hotspots* o puntos calientes en la provincia de Valencia.

RESULTADOS

En la base de datos para el caso de estudio real de la provincia de Valencia se dispone de 98.594 llamadas de emergencias desde el 1 de enero hasta el 31 de diciembre durante el año 2019. Para cada evento hay recopilados datos de 19 variables entre las que se encuentran la latitud y la longitud de la localización del evento, variables en las que se va a centrar el estudio. El resto serán utilizadas en futuros análisis. La representación de los datos en la ventana de estudio *W* aparece en la Figura 1, donde se observa que la mayoría de los puntos se concentran cerca de núcleos urbanos y de la costa.

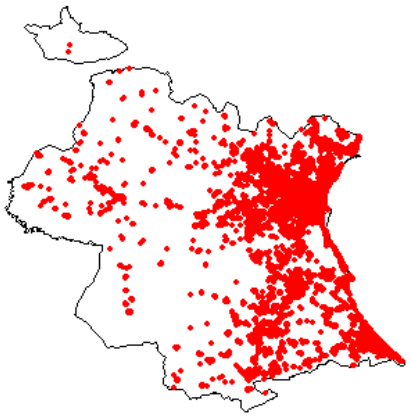


Figura 1. Llamadas de emergencia en la provincia de Valencia durante el año 2019.

Consideraciones iniciales

Antes de aplicar el análisis de procesos puntuales a cualquier conjunto de datos, es necesario comprobar que se cumple una serie de consideraciones que son esenciales para la veracidad de los resultados [3]:

- El contexto del problema y el tipo de datos de los que se disponen concuerdan con el análisis.
- Las coordenadas de los puntos son exactas.
- No existen dos puntos con las mismas coordenadas.
- El estudio de la ventana W ha sido exhaustivo.
- Los puntos pueden aparecer en cualquier localización de la región de estudio.

En el caso de estudio presente se cumplen todas las consideraciones, exceptuando la de las localizaciones compartidas (existen puntos con las mismas coordenadas). Dado que, si se eliminaban los puntos compartidos, desaparecía más del 50% de los eventos, se ha decidido introducir un pequeño ruido que altere ligeramente la coordenada de los eventos.

Análisis exploratorio

En este apartado se van a analizar dos características del proceso puntual: la intensidad (λ), que es el número de eventos por unidad de área, y la dependencia interpuntual, es decir, si existe algún patrón subyacente.

En primer lugar, se investiga si la intensidad viene definida por un proceso homogéneo de Poisson, también denominado aleatoriedad espacial completa (CSR), o si por el contrario existen patrones subyacentes en los datos y la intensidad tiene dependencia espacial. En el caso de estudio de la provincia de Valencia se ha podido demostrar con un análisis de cuadrantes realizado en R con la instrucción *quadrat.test* de la librería *spatstat* [4] que la intensidad no viene dada por un CSR y por lo tanto es de tipo inhomogénea. Cabe destacar que, para asegurar la potencia del test χ^2, se ha dividido la ventana W en un número de cuadrantes suficiente para que la mayoría tuviera más de 5 puntos en su interior. Una vez realizado el test, se ha rechazado la hipótesis nula de CSR con un p-valor de 2,2e-16.

Una vez determinado que la intensidad no es homogénea, se puede intentar modelar su función $\lambda(u)$ de diversas formas. En primer lugar, se puede realizar una visualización de la intensidad de forma no paramétrica con un estimador *kernel*. El resultado se puede observar en la Figura 2, donde se ha utilizado la función *density.ppp* [4] y un ancho de banda óptimo para realizar la estimación. Se identifica que los puntos de calor están cercanos a ciudades y, más concretamente, a la ciudad de Valencia. Pero dado que se desea obtener más información sobre la función de intensidad, se propone determinar la $\lambda(u)$ con un modelo de procesos puntuales que se verá en el apartado *Inferencia*.

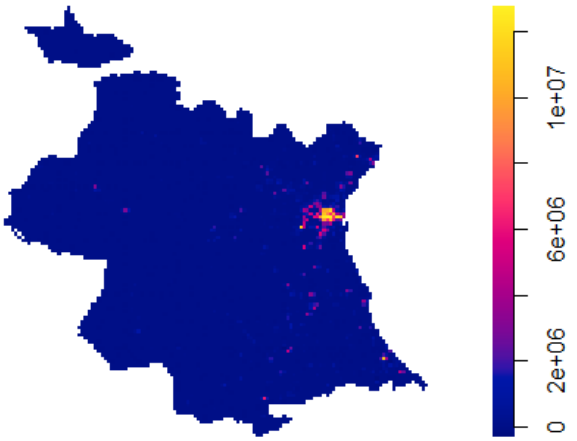


Figura 2. Estimación de la intensidad no paramétrica con estimador *kernel* óptimo.

En términos de dependencia interpuntual se puede analizar la covarianza del conjunto de datos. Una covarianza positiva implica que los puntos aparecen más cerca que lo esperado en comparación con un proceso CSR, a este fenómeno se le denomina *clustering*. Por el contrario, si estos puntos aparecen más lejanos de lo esperado, se considera que hay *regularidad*. La función K de Ripley permite analizar la correlación espacial en patrones puntuales teniendo en cuenta la inhomogeneidad de la intensidad. Para realizar este análisis se ha utilizado la función *Kinhom* [4], obteniendo la representación de la Figura 3, donde la curva observada (negra) está por encima de la esperada si se tuviera un proceso CSR (roja discontinua), es decir, hay más puntos de lo esperado a una cierta distancia unos de otros y existe *clustering*.

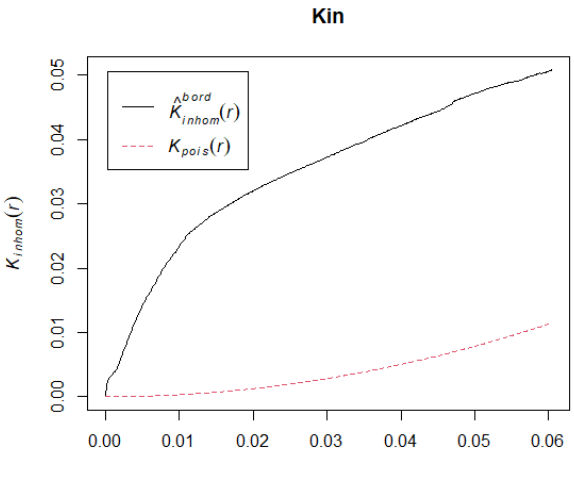


Figura 3. Función K de Ripley inhomogénea.

Inferencia

Para la realización de este apartado no ha sido posible utilizar los 98.594 puntos disponibles inicialmente en la base de datos ya que el ordenador de trabajo no disponía de suficiente memoria para la computación de los modelos. Por esta razón, en el ejemplo que se expone a continuación, se han utilizado únicamente los 8.295 puntos que corresponden al mes de enero.

Se han propuesto tres modelos de procesos puntuales que buscan estudiar qué componentes o covariables afectan a la intensidad de llamadas de emergencia en la provincia de Valencia:

- El modelo 1 (M1) busca evaluar el efecto de la latitud (x) y la longitud (y) y de la interacción entre ambas.

$$\log(\lambda) = \beta_0 + \beta_1 * x + \beta_2 * y + \beta_3 * x * y$$

- En el modelo 2 (M2) se busca evaluar el efecto de la covariable densidad de población, ya que se ha demostrado que tiene una correlación muy elevada con la demanda de llamadas de emergencia [1]. Para ello se ha obtenido un ráster de densidad de población [5] y se ha introducido en el modelo como imagen pixelada.

$$\log(\lambda) = \beta_0 + \beta_1 * densidad$$

- El modelo 3 (M3) combina los dos modelos anteriores.

$$\log(\lambda) = \beta_0 + \beta_1 * x + \beta_2 * y + \beta_3 * x * y + \beta_4 * densidad$$

Al generar los modelos propuestos en R gracias a la instrucción *ppm* [4], se ha obtenido que todos los parámetros eran significativos, por lo que no se descarta ninguno.

Como se puede observar en la Tabla 1, donde aparecen diferentes estadísticos para comparar los modelos, el valor pseudo-R2, que mide la variabilidad de los datos explicada por el modelo [4], aumenta conforme se incluyen más variables explicativas. En términos del área bajo la curva (AUC), que evalúa la capacidad del modelo a la hora de separar la región W en áreas de alta y baja densidad de puntos, los modelos 2 y 3 son mejores. Finalmente, comparando el valor del criterio de información de Akaike (AIC), un estimador que permite comparar la calidad de los modelos acorde a la bondad de ajuste y la complejidad, el modelo 3 es ligeramente mejor que los modelos 1 y 2.

Tabla 1. Valores de AUC y AIC obtenidos para los tres modelos propuestos.

Indicador	M1 (P)	M2 (P)	M3 (P)
Pseudo-R2	0,32	0,47	0,63
AUC	0,86	0,97	0,97
AIC	-1,46e5	-1,53e5	-1,6e5

Para evaluar realmente si los modelos son significativamente mejores que una distribución de Poisson homogénea, se realizan tres pruebas ANOVA comparando cada uno de los modelos con el de intensidad homogénea. Utilizando la instrucción *anova.ppm* [4] con el test de razón de verosimilitud (LRT) [3] se obtienen p-valores de 2,2e-16, por lo tanto, se puede decir que los modelos planteados son significativamente mejores a la hora de estimar la función de intensidad que un modelo basado en una distribución de Poisson homogénea.

CONCLUSIONES

Para el caso real de estudio que se ha propuesto en este trabajo, donde se ha evaluado la demanda de VES en la provincia de Valencia en el año 2019, se ha podido demostrar que el patrón de puntos subyacente no sigue una distribución de Poisson homogénea y es de tipo *clustering*. Aunque se ha podido estimar la intensidad $\lambda(u)$ con modelos basados en la distribución de Poisson y se ha visto que eran significativamente mejores a la hora de estimar la función de intensidad que un modelo basado en un proceso de Poisson homogéneo, esta metodología de análisis no es la más eficiente, ya que las limitaciones de *hardware* impiden estudiar la base de datos para el año completo. Dado que se desea en el futuro estudiar conjuntamente la componente temporal y la posible estacionalidad en los datos no es factible continuar con este tipo de análisis. Se continuará con el estudio aplicando otras metodologías, como proponer modelos basados en procesos Log-Cox Gaussianos que han sido efectivos en otros casos de estudio [6], entre otros.

AGRADECIMIENTOS

Los autores cuentan con el apoyo de la Agència Valenciana de la Innovació (AVI) (proyecto ‘‘ireves (innovación en vehículos de emergencia sanitaria): una herramienta inteligente de decisión’’ No. INNACC/2021/26) y del Ministerio de Ciencia e Innovación de España (proyecto ‘‘OPRES-Optimización Realista en Problemas de Salud Pública’’ No. PID2021-124975OB-I00, parcialmente financiado con fondos FEDER). Yulia Karpova cuenta con el apoyo del proyecto "Programa de Ayudas de Investigación y Desarrollo (PAID-01-21) de la Universitat Politècnica de València".

REFERENCIAS

[1] Karpova, Yulia; Villa, Fulgencia; Vallada, Eva; Vecina, Miguel Ángel (2023).“Heuristic algorithms based on the isochron analysis for dynamic relocation of medical emergency vehicles”. *Expert Systems with Applications*, v. 212, p.p. 118773. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.118773

[2] Aboueljinane, Lina; Sahin, Evren; Jemai, Zied (2013). “A review on simulation models applied to emergency medical service operations”. *Computers & Industrial Engineering*, v. 66, n. 4, p.p 734-750. https://doi.org/10.1016/j.cie.2013.09.017

[3] Baddeley, Adrian; Rubak, Ege; Turner, Rolf (2015). “Point Process Methods” *Spatial Point Patterns Methodology and Applications with R*. Lugar de publicación: Londres Editado por: Chapman and Hall/CRC Press, p.p. 143-147. ISBN: 9781482210200

[4] Baddeley, Adrian; Turner, Rolf (2005). “Spatstat: An R Package for Analyzing Spatial Point Patterns” *Journal of Statistical Software*, v. 12, n. 6, p.p. 1-42. https://doi.org/10.18637/jss.v012.i06

[5] Copernicus. *GHSL - Global Human Settlement Layer* https://human-settlement.emergency.copernicus.eu/download.php?ds=pop

[6] Bayisa, Fekadu; Adahl, Markus; Rydén, Patrick; Cronie, Ottmar (2020). “Large-scale modelling and forecasting of ambulance calls in northern Sweden using spatio-temporal log-Gaussian Cox processes” *Spatial Statistics*, v. 39, p.p. 100471 https://doi.org/10.1016/j.spasta.2020.100471

Realidad Mixta para decoración de interiores utilizando Meta Quest 2

Paniagua, Nathalie[(1)], Juan, M.Carmen[(1)], Banquiero, Mariano[(1)]

(1) Instituto Universitario de Automática e Informática Industrial, Universitat Politècnica de València, Camino de Vera, s/n 46022 Valencia España.

RESUMEN

En este trabajo se explora el potencial de la Realidad Mixta (RM) en un dispositivo de Realidad Virtual (RV) autónomo para la decoración de interiores y utilizando el Passthrough en escala de grises y a color simulado. La aplicación desarrollada permite decorar un espacio real escogiendo diferentes elementos virtuales que representan objetos decorativos de mobiliario e interactuar con ellos y utiliza dos modos de visualización, en escala de grises y color simulado. El estudio ha involucrado a 40 participantes. Los resultados del estudio comparan ambas modalidades utilizando el visor Meta Quest 2. Podemos destacar: 1) Los modos de visualización no presentaron diferencias significativas en los tiempos de familiarización y uso en la tarea principal. 2) De los efectos adversos evaluados, la variable Desorientación en la que el modo en escala de grises indujo más efectos adversos de este tipo. 3) La satisfacción de los usuarios con la experiencia y su preferencia por la visualización a color simulado del entorno real.

Palabras clave: Realidad Mixta, Meta Quest 2, Passthrough, Conversión de Grises a RGB, Decoración de Interiores.

INTRODUCCIÓN

La RM ha abierto un abanico de nuevas oportunidades al fusionar el mundo físico y el mundo digital, y permitir la interacción entre elementos reales y virtuales en tiempo real. La RM ha transformado la forma en que los usuarios pueden interactuar con su entorno.

Entre los dispositivos para RM está el visor Meta Quest 2. Con el lanzamiento del API Experimental Passthrough, se establece un precedente que permite desarrollar aplicaciones con RM, capturando el mundo real utilizando las cámaras en escalas de grises del dispositivo. El Passthrough en escala de grises ya se ha utilizado en aplicaciones de RM, por ejemplo, para aprender a tocar el piano [1].

En este trabajo se utilizan estos dos aspectos, el dispositivo y API de Passthrough para evaluar el potencial para el diseño de interiores. La aplicación permite a los usuarios interactuar con el espacio real y colocar elementos virtuales de decoración en este, permitiendo mover, rotar y eliminar cada elemento. Se comparan dos modalidades de visualización: en escala de grises y a color simulado (que cambia la forma en como el usuario percibe su entorno). La hipótesis principal es que la valoración de los usuarios respecto a la aplicación, en sus dos modalidades (escala de grises y color simulado), será positiva.

DESARROLLO

Hardware

Para proporcionar una experiencia de RM se ha escogido el visor Meta Quest 2 porque permite combinar el entorno físico y digital mediante el uso del API Passthrough. Además, otorga al usuario autonomía al tener libertad de movimiento que permite para este caso, moverse en el espacio que se desea decorar. Meta Quest 2 (anteriormente Oculus Quest 2) cuenta con 1832 x 1920 píxeles por ojo, controladores para utilizarlos como manos virtuales o seguimiento de las manos del usuario. Asimismo, cuenta con 6 GB de memoria RAM y un procesador Qualcomm Snapdragon XR2, Bluetooh y WIFI. Además cuenta con audio posicional 3D integrado, cuatro cámaras en escala de grises en la parte frontal. Dichas cámaras tienen como función principal el seguimiento de la posición del usuario para controlar el espacio físico delimitado para jugar o zona de juego.

Software

La aplicación se ha desarrollado con el motor de videojuegos multiplataforma Unity. Dicho motor permite el desarrollo de aplicaciones de Realidad Virtual mediante la configuración de complementos que admiten el despliegue de aplicaciones con Android para los visores Meta Quest.

Además del uso del API Passthrough que permite crear aplicaciones de RM mediante la combinación de capas de transferencia con las capas de RV, estableciendo una capa especial del entorno físico. La aplicación no puede acceder a las imágenes o videos del entorno físico de un usuario [2]. Desde una perspectiva aplicada, el Passthrough opera del siguiente modo: un servicio especializado en una capa independiente, denominada capa de Passthrough, renderiza la imagen del entorno real. Al mismo tiempo, la aplicación crea la imagen virtual en el búfer de renderizado, utilizando para ello primitivas gráficas. Finalmente, un componente interno del dispositivo, conocido como XR-compositor, integra ambas imágenes [3].

Modos de visualización

La aplicación consta de dos modalidades de visualización:

1. Modo de visualización en escala de grises: es el modo de visualización por defecto del visor Meta Quest 2. Para obtenerlo utiliza las cámaras frontales del dispositivo. Se muestran imágenes de este modo de visualización en la Figura 1 en el lado izquierdo.
2. Modo de visualización a color simulado: se consigue mediante la personalización del estilo visual utilizando la opción Escala de grises a RGBA, que convierte las imágenes infrarrojas a escala de grises, como se visualiza en la Figura 1 en el lado derecho. Luego se ajusta el brillo y contraste. Por último, se da color a la imagen usando una tabla de conversión de escala de grises a RGB. Se utiliza una aplicación externa que recibe como entrada una o varias fotografías del ambiente de trabajo y calcula una serie de datos estadísticos como: histogramas de intensidad, media, moda, entre otros; que se utilizan como parámetros para

el modelo a color simulado. El modo a color simulado es un modelo estadístico que intenta predecir el color más probable dado un valor en escala de grises.

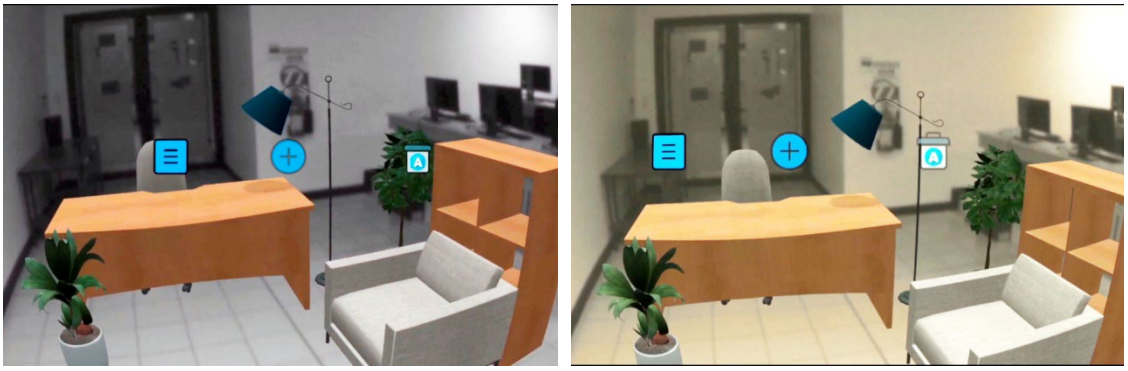


Figura 1: Ejemplos de los modos de visualización: escala de grises (izquierda) y color simulado (derecha).

Estudio

El estudio involucró a 40 participantes con edades entre los 18 y 58 años, de los cuales 20 son mujeres y 20 son hombres. Durante el estudio cada participante siguió cada uno de los siguientes pasos:

1. Inicio: Al iniciar el estudio, a cada participante se le explica cómo utilizar los controladores, cómo acceder a las opciones del menú, manipular los objetos de decoración con las acciones de añadir, mover y eliminar. Tras esta fase de familiarización, se le indica la tarea que debe realizar.
2. Tarea: La tarea principal consiste en crear un entorno que emule una oficina con al menos 7 elementos diferentes, utilizando para ello el espacio que está definido en la sala de pruebas.
   Para comparar los dos modos de visualización del mundo real, se dividió la muestra en dos grupos:
   - Grupo A (modo escala de grises): participantes que realizan la tarea inicial empleando el modo escala de grises, el entorno se visualiza en escala de grises.
   - Grupo B (modo color simulado): participantes que realizan la tarea inicial utilizando el modo color simulado, el entorno se visualiza a color simulado.
3. Primer Cuestionario: Después de terminar la tarea principal, deben llenar un primer cuestionario compuesto por:
   - El modo de visualización que utilizaron: escala de grises o color simulado.
   - Datos personales, que definen las características demográficas (edad, sexo, entre otros).
   - Evaluación del malestar producido por el uso de la aplicación y el dispositivo, utilizando para ello el Cuestionario SSQ [4].
   - Evaluación del grado de presencia experimentado [5].
   - Evaluación de la experiencia del usuario utilizando el Cuestionario UEQ [6].
   - Evaluación de la estimación de la carga mental de trabajo de la tarea asignada.

4. Cambiar de modo de visualización: Una vez rellenado el Cuestionario 1, nuevamente utilizan la aplicación y se les solicita cambiar al modo que no han utilizado y realizar cambios de al menos uno de los elementos de su decoración anterior.
5. Segundo Cuestionario: Después del segundo uso, los participantes deben rellenar el Cuestionario 2, que pregunta por las preferencias del usuario en referencia a los dos modos de visualización utilizados.

RESULTADOS

Efectos adversos por el uso de RV y presencia

Se aplicó el test de Mann-Whitney U para comprobar si el modo de visualización afectaba alguna de las cuatro variables del Cuestionario SSQ (Náuseas, Oculomotor, Desorientación y TotalSSQ) y a la puntuación de presencia (PRES). Los resultados se muestran en la Tabla 1. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas para ninguna de las cinco variables, excepto para la variable Desorientación del cuestionario SSQ a favor de la visualización en color simulado, indicando que los participantes que utilizaron el modo de visualización en escala de grises sintieron más síntomas adversos de este tipo.

Tabla 1. Test de Mann-Whitney U para las variables de SSQ utilizadas en el estudio.

Variables	GA	GB	*U*	*Z*	*p*	*r*
Náuseas	0.00;0.00	0.0;9.54	177.5	-0.833	0.415	0.132
Oculomotor	7.58;15.16	0;7.58	242	1.251	0.216	0.198
Desorientación	13.92;27.84	0;13.92	271	2.075	**0.039**	0.328
TotalSSQ	7.48;15.90	0.00;12.16	252	1.468	0.146	0.232
PRES	5.42;1.04	5.67;0.67	179.5	-0.558	0.586	0.088

Nota: Los valores en las columnas GA (Grupo de visualización en escala de grises) y GB (Grupo de visualización color simulado), representan la mediana y el rango intercuartílico, respectivamente. Los números en negrita indican diferencias significativas.

Para comprobar si el modo de visualización afectaba alguna de las seis variables se utiliza el test de Mann-Whitney U. Los resultados se muestran en la Tabla 2. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas para ninguna de las seis variables, excepto para la variable Atractivo a favor de la Visualización en color simulado.

Tabla 2. Test de Mann-Whitney U para las variables del Cuestionario UEQ.

Variables	GA	GB	*U*	*Z*	*p*	*r*
Atractivo	2.83;0.58	3.00;0.17	99.50	-2.08	**0.039**	0.347
Claridad	2.75;0.75	2.75;0.25	137.00	-0.813	0.426	0.136
Eficiencia	3.00;0.33	3.00;0.00	143.50	-0.751	0.465	0.125
Confianza	2,00;0.75	2.00;1.25	154.00	-0.240	0.823	0.040

Variables	GA	GB	*U*	*Z*	*p*	*r*
Motivante	3.00;0.375	3.00;0.00	139.5	-0.883	0.388	0.147
Novedad	2.5;1.375	1.75;1.50	193.5	1.042	0.305	0.174

Nota: Los valores en las columnas GA (Grupo de visualización en escala de grises) y GB (Grupo de visualización color simulado), representan la mediana y el rango intercuartílico, respectivamente. Los números en negrita indican diferencias significativas.

Experiencia del usuario

Los resultados de la experiencia del usuario corroboran la hipótesis principal con respecto a la valoración positiva de la aplicación desarrollada. Los resultados indican que la aplicación en sus dos modos de visualización (en escala de grises y color simulado), como se muestra en las Figuras 2 y 3, es excelente en comparación con el *Benchmark*, y se encuentra en el rango del 10% de los mejores resultados en sus seis escalas.

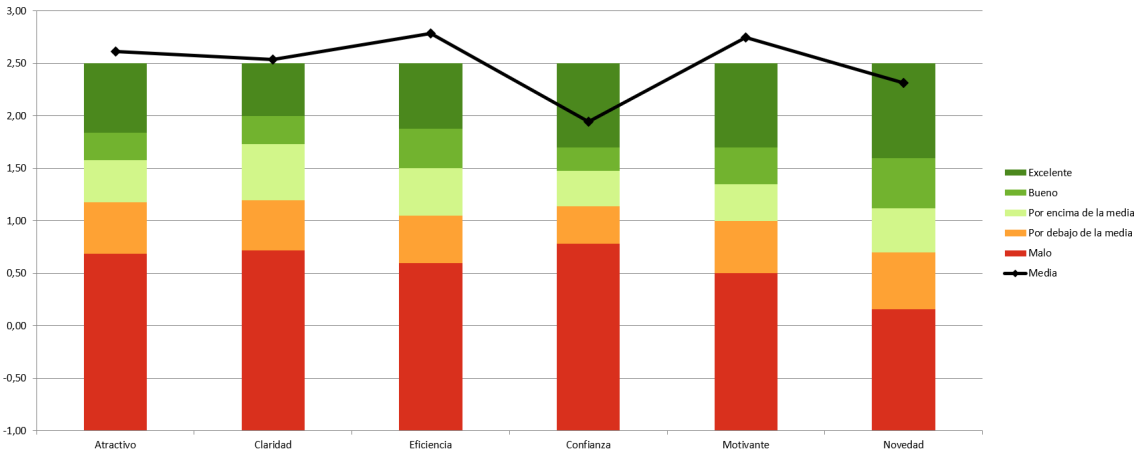


Figura 2. Cuestionario UEQ. Comparación con el Benchmark. Visualización en escala de grises.

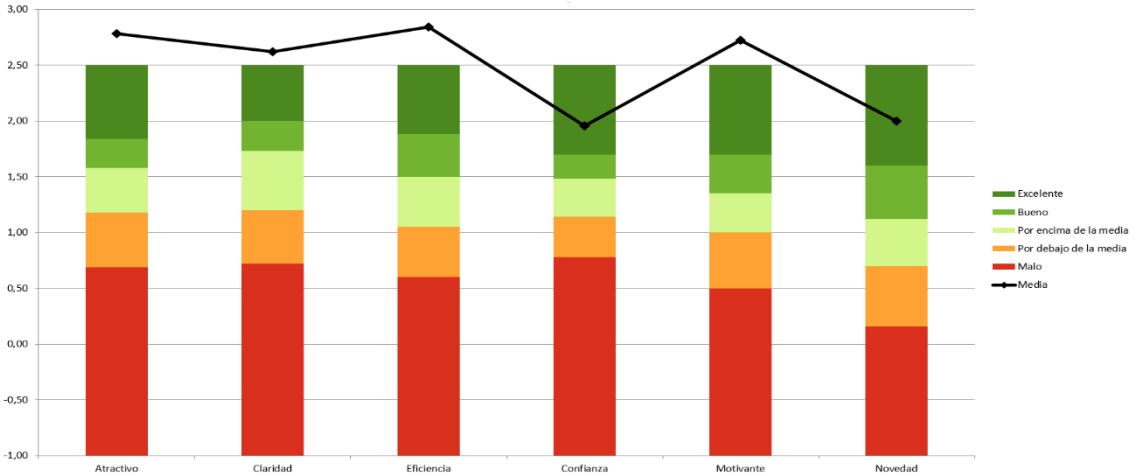


Figura 3. Cuestionario UEQ. Comparación con el Benchmark. Visualización en color simulado.

En cuanto a las preferencias de los usuarios es importante mencionar que un 57,5% manifiestan que les gusta más el modo de la visualización en color simulado y lo consideran más fácil de utilizar en un 60%.

CONCLUSIONES

La utilización de la aplicación y el visor Meta Quest 2 no presentaron efectos adversos en la mayoría de las variables estudiadas (Cuestionario SSQ), con excepción de la variable Desorientación, que en la visualización con escala de grises sí presentó efectos adversos significativos respecto a la visualización en color simulado. Nuestro argumento para este resultado es que la visualización del mundo real con color simulado permite al usuario una percepción más natural del entorno.

En conclusión, Meta Quest 2 con su API Passthrough tienen potencial para desarrollar aplicaciones de Realidad Mixta, en concreto, para decoración de interiores, como se ha demostrado en este trabajo, y en general para cualquier otro tipo de aplicaciones de RM en interiores. Además, hay que enfatizar el potencial que ofrece la visualización en color del entorno real utilizando un dispositivo con las características de Meta Quest 2 o superior.

REFERENCIAS

[1] Banquiero, M., Valdeolivas, G., Trincado, S., García, N., Juan, M. C. (2023). "Passthrough Mixed Reality With Oculus Quest 2: A Case Study on Learning Piano". *IEEE MultiMedia*, 30 (2), 60-69. doi: 10.1109/MMUL.2022.3232892

[2] Oculus developer.<https://developer.oculus.com/documentation/unity/unity-passthrough/> [Consulta: 17 de junio de 2024]

[3] Oculus developer. <https://developer.oculus.com/documentation/unity/unity-ovroverlay/> [Consulta: 17 de junio de 2024]

[4] Kennedy, R. S., Lane, N. E., Berbaum, K. S., & Lilienthal, M. G. (1993). Simulator sickness questionnaire: An enhanced method for quantifying simulator sickness. The international journal of aviation psychology, 3 (3), 203-220. doi: 10.1207/s15327108ijap0303_3

[5] Regenbrecht, H., & Schubert. (2002). Measuring presence in augmented reality environments: design and a first test of a questionnaire. In Proc. 5th Annu. Int. Workshop Presence, 1-7. doi: 10.48550/arXiv.2103.02831

[6] Laugwitz, B., Held, T., & Schrepp, M. (2008). Construction and evaluation of a user experience questionnaire. In Symposium of the Austrian HCI and usability engineering groug, 63-76. doi: 10.1007/978-3-540-89350-9_6

El concepto de capital intelectual verde: revisión de la literatura y definición de líneas futuras de investigación

García-Cifuentes, Noemí[(1)], Hervás-Marín, David[(2)], Tomás-Miquel, José-Vicente[(3)]

(1) Departamento de Estadística e investigación Operativa, Universitat Politècnica de València Plaza Ferrándiz y Carbonell, s/n, 03801 Alcoy, Alicante, noegarci@eio.upv.es
(2) Departamento de Estadística e investigación Operativa, Universitat Politècnica de València Plaza Ferrándiz y Carbonell, s/n, 03801 Alcoy, Alicante, daherma@eio.upv.es
(3) Departamento de Organización de Empresas, Universitat Politècnica de València Plaza Ferrándiz y Carbonell, s/n, 03801 Alcoy, Alicante, jotomi@doe.upv.es

RESUMEN

En la actualidad se está viviendo un compromiso social relacionado con el uso de energías renovables, reducción o eliminación de residuos acompañada de una producción sostenible. En medio de este clima, las empresas se ven forzadas a realizar inversiones económicas que contribuyan a la obtención de estos objetivos. Partiendo de esta situación, el estudio capital intelectual verde se muestra como una estrategia clave en el ámbito de estos procesos. El Capital Intelectual Verde (CIV) contempla conocimientos, habilidades, innovaciones y prácticas que sirven a la sostenibilidad ambiental. Por esta razón, el CIV es objeto de análisis desde diferentes perspectivas y ha demostrado su eficacia en distintos sectores de la economía, tanto a nivel nacional como internacional al igual que en empresas públicas y privadas.La literatura sobre CIV ha tenido un importante desarrollo en los últimos años. Por esta razón se ha considerado relevante en esta etapa realizar un estudio bibliométrico con el objeto de identificar corrientes de investigación incipientes y lagunas bibliográficas y recomendar vías de investigación futura.

Palabras clave: análisis bibliométrico, capital intelectual verde, capital social verde, capital relacional verde, capital humano verde, capital organizacional verde.

INTRODUCCIÓN

El concepto de Capital intelectual verde (CIV) [1] se encuentra definido a través de varios autores. López-Gamero et al. [2] define el CIV como “la suma de todos los conocimientos que una organización es capaz de aprovechar en el proceso de llevar a cabo la gestión medioambiental para obtener una ventaja competitiva”. Por otra parte, para Huang y Kung [3] “el CIV representa los activos intangibles de una empresa incluidos los conocimientos, la sabiduría, las capacidades, la experiencia y la innovación en el ámbito de la protección del medio ambiente”.

En definitiva, el concepto de CIV consiste en todos los elementos intangibles que posee la empresa para la gestión medioambiental de la misma. A su vez, este concepto se puede dividir en tres subconceptos [4]:

- Capital Humano Verde: consiste en los conocimientos y habilidades en el área de sostenibilidad que poseen los trabajadores y la capacidad que estos tienen para generarlos.

- Capital Organizacional o Estructural Verde: es el conocimiento de sostenibilidad que ha adquirido la empresa a lo largo de su trayectoria y la forma en la que ha mostrado y guardado esa información.
- Capital Social Verde: hace referencia a aquellos conocimientos de sostenibilidad o habilidades que se han aprendido a través de las relaciones entre los clientes, proveedores, competencia, etc., a lo largo de los años.

El capital intelectual verde, puede ser considerado en la elaboración de un análisis econométrico como variable predictora, variable respuesta, variable mediadora o variable moderadora, mostrando finalmente diferentes tipos de relaciones y diferentes niveles de significado. También se encuentra esta variable aplicada en multitud de sectores económicos y países que pueden utilizarla de forma diferente, en función de lo que deseen estudiar.

OBJETIVOS

El objetivo principal de este estudio es realizar un análisis donde se pueda mostrar los diferentes clústeres de conocimiento desarrollados en la literatura a partir de la aplicación de una metodología de distancias, para de esta manera poder tener el máximo de artículos interrelacionados y así poder alcanzar los siguientes objetivos:

a) Identificar los estudios desarrollados hasta la fecha.
b) Conocer los sectores económicos y países donde se han llevado a cabo, e identificar cuales han recibido mayor atención y estudio.
c) Proporcionar una base sólida para futuros investigadores de la materia.
d) Verificar los resultados obtenidos y herramientas utilizadas, entre otros.
e) Compartir las conclusiones y definir nuevas líneas de investigación.
f) Diferenciar los diferentes clústeres para poder agrupar la literatura actual en grupos de similar ámbito de estudio.

METODOLOGÍA

El propósito de este trabajo es llevar a cabo un análisis de la literatura utilizando técnicas de agrupamiento basadas en *text mining*. *E*l objetivo ha sido identificar publicaciones que son similares entre si respecto a sus temáticas y agruparlas. En concreto, el agrupamiento se ha realizado mediante la técnica de clustering jerárquico [5] utilizando el algoritmo de Ward junto con la distancia euclídea [6].

Previamente a todo este procedimiento con fecha 24 de marzo de 2024, se realiza una consulta en Web of Science, indicando las palabras claves: capital intelectual verde, capital social verde, capital relacional verde, capital humano verde, capital organizacional verde, de esta consulta se extraen un total de 150 artículos relacionados.

La Figura 1 detalla el proceso de selección de los artículos de investigación obtenidos a partir de la base de datos científica del Web of Science (WoS) Core Collection.

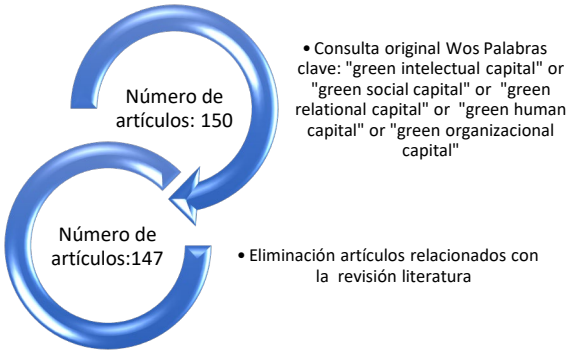


Figura 1. Detalle del proceso de selección de los artículos de la investigación.

Tras el proceso anterior se obtuvieron un total de 147 artículos, los cuales pasaron a conformar el cuerpo de la literatura a analizar. Tras recoger las palabras claves de cada artículo y realizar una limpieza y estandarización de las mismas quitando posibles *stopwords, signos de puntuación, letras mayúsculas, etc.*, a continuación, se realiza una matriz de distancias basada en la ocurrencia de cada palabra. A partir de esa matriz de distancias el algoritmo de clústering jerárquico establecerá las distintas particiones en los datos que determinarán los distintos clusters. Dado el elevado número de palabras obtenidas, con el objetivo de poder caracterizar mejor los clusters de publicaciones obtenidos, posteriormente se utilizó un modelo de regresión penalizado [7] para obtener las palabras clave que permiten definir de forma más clara cada uno de los grupos obtenidos.

RESULTADOS

Nuestra consulta en Web of Science obtuvo 150 artículos. A continuación, se presenta un diagrama de barras con las frecuencias de artículos entre los años 2008-2024. Se puede observar un aumento muy pronunciado del número de artículos que se publican a partir de 2021 (Figura 2).



Figura 2. Evolución temporal de los artículos del cuerpo de la literatura analizada.

El análisis clúster arrojó un total de seis agrupaciones principales (Figura 3). Los seis clústeres finalmente seleccionados pueden vincularse a seis corrientes bibliográficas que constituyen el dominio del área del Capital Intelectual Verde (Figura 3). El estudio del contenido de los artículos nos permite comprender las particularidades de cada corriente bibliográfica e identificar los siguientes clústeres: Clúster 1 “Innovación” (15

artículos); Clúster 2 “Sostenibilidad” (15 artículos); Clúster 3 “Desempeño” (55 artículos); clúster 4 “Responsabilidad Social” (28 artículos); Clúster 5 “Recursos Humanos” (23 artículos); y clúster 6 “Capital Relacional y Estructural” (13 artículos).

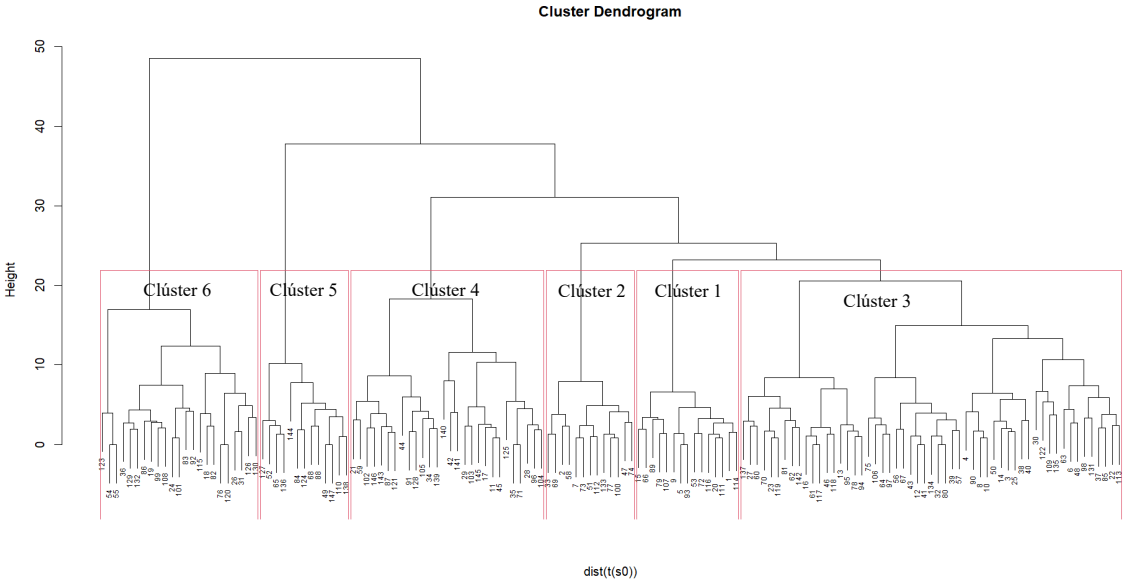


Figura 3. Resultados del estudio basado en *Clustering Jerárquico* en R-studio.

De los seis clústeres que nos ha mostrado el programa R-Studio utilizando las palabras claves de Web of Science, se han podido comprobar de forma eficiente su agrupamiento en los clústeres 1, 3 y 5, verificando un total de 91 artículos, y han quedado limitado el estudio los clústeres 2, 4 y 6. A continuación, se muestra el resultado obtenido.

CLÚSTERS VALIDADOS Y CORRECTAMENTE AGRUPADOS

Clúster 1: Innovación

Este clúster está formado por un total de quince artículos en los cuales aparece la palabra innovación como palabra clave. Una vez se han analizado estos quince artículos se ha comprobado que la palabra innovación es utilizada como variable predictora en un artículo, es utilizada como variable respuesta en 10 artículos, es utilizada como variable mediadora en tres artículos y finalmente es utilizada una única vez como variable mediadora.

Clúster 3: Desempeño

En este clúster la palabra que limita estos 55 artículos es desempeño. En la revisión de la literatura de estos encontramos dos artículos que utilizan la variable desempeño como variable predictora, 22 artículos que la utilizan como variable respuesta, un artículo que utiliza el desempeño como variable moderadora. A través de la revisión de los resúmenes de los artículos se puede comprobar que los artículos tratan del desempeño Ambiental y empresarial como pilar fundamental del artículo para mostrar su compromiso con el medio ambiente.

Clúster 5: Recursos Humanos

Esta palabra limita un total de 23 artículos donde en todos ellos se está utilizando el concepto de recursos humanos y más concretamente el de gestión verde de recursos humanos, como herramienta fundamental de todos los artículos. Se ha comprobado que

esta variable ha sido utilizada en siete ocasiones como variable predictora, en dos ocasiones como variable resolutoria y una única vez como variable mediadora.

CLÚSTERS LIMITADOS POR EL USO DE UNA PALABRA CLAVE GENÉRICA

Clúster 4: Responsabilidad Social

Este clúster ha agrupado un total de 28 artículos. Durante la revisión de los mismos se ha comprobado que la variable responsabilidad social es utilizada en tres ocasiones como variable predictora, en dos ocasiones como variable respuesta, en una ocasión como variable mediadora y finalmente en dos ocasiones como variable moderadora. No obstante, a la hora de revisar los resúmenes de los artículos no se ha visto claramente que la palabra responsabilidad social agrupe a todos los artículos. Es por esa razón que no se puede considerar por el momento como un agrupamiento eficiente.

Clúster 6: Capital relacional y estructural

Este clúster está formado por un total de 13 artículos, cuyas palabras clave principales son capital relacional y capital estructural. De acuerdo con la definición del CIV, se puede ver que ambas palabras forman parte del mismo concepto y que no está aportando ninguna información sustancial a este grupo. Es más, estas palabras solo se encuentran como variables predictoras en seis artículos, por lo tanto, nos encontramos ante otro agrupamiento genérico.

Clúster 2: Sostenibilidad

Al igual que los otros dos clústeres, la palabra sostenibilidad es muy ambigua y puede ser definida desde tres perspectivas diferentes. Por un lado, como el rendimiento económico que obtiene una empresa. Por otro lado, también se puede entender como el impacto que tienen las empresas en el medioambiente. Finalmente, se puede analizar como el bienestar de los recursos humanos. Esta acepción de conceptos se contempla en la expresión “Triple Botton line” [8]. Revisados los artículos del cluster, se ha verificado que la palabra clave sostenibilidad se ha usado como variable predictora en una ocasión, como variable respuesta en tres y como variable mediadora una sola vez.

Líneas futuras de investigación en el área del capital intelectual verde:

Debido a la limitación que surge al utilizar palabras clave como elemento para la creación de diferentes clústeres, ya que muchas palabras se usan de forma ambigua, y considerando que la selección de estas palabras clave es muy subjetiva, ya que un mismo autor puede tratar un concepto en particular y luego no incorporarlo a ese conjunto de palabras, las líneas futuras de este proyecto serían las siguientes:

1- Eliminar de la base de datos de Palabras Clave, aquellas que pueden resultar genéricas para el modelo y recalcular con el programa R-Studio.

2- Unificar sinónimos con el objeto de mejorar el modelo, y conseguir un agrupamiento mejor definido.

3- Proponer otra base de datos para la realización de los clústeres en función del abstract, previamente eliminando del modelo aquellas palabras que puedan ocasionar problemas como los comprobados anteriormente.

4- Realizar un estudio en profundidad de los clústeres y comprobar la relación entre los diferentes artículos

5- Buscar nuevas líneas de investigación, que no se encuentren cubiertas con la actual bibliografía.

6- Continuación de las líneas futuras de investigación de aquellos artículos más relevantes y que propongan otro modelo para verificar los resultados.

CONCLUSIONES

El concepto de CIV ha sido una variable estudiada por varios autores a lo largo del tiempo. El CIV se divide en tres subconceptos, capital humano verde, capital relacional verde y capital estructural verde. En el presente estudio ha tenido como objetivo fundamental realizar un análisis bibliográfico para identificar los diferentes clusters. Se ha realizado una consulta en Web of Science donde se ha decidido utilizar un total de 147 artículos. Para realizar la agrupación se han utilizado las palabras claves definidas por los autores y la técnica de clustering jerárquico. Después de aplicar esta técnica, se han obtenido seis clusters principales: Innovación, Desempeño, Recursos Humanos, Responsabilidad Social, Capital Relacional y Estructural, y Sostenibilidad.

Debido a la limitación por el uso de palabras claves, no se ha encontrado relación entre los diferentes artículos de tres de los clusters obtenidos. Se proponen nuevas ideas de mejora, entre ellas, la eliminación de las palabras clave que puedan tener varios significados o significados muy generales o la unificación de conceptos, entre otras. Otra posible solución es la utilización de los resúmenes de los artículos como fuente para definir los clusters de la literatura sobre CIV.

En conclusión, este trabajo ha buscado iniciar una base sólida para el estudio de la literatura sobre CIV. La superación de estas limitaciones permitirá mejorar el resultado obtenido y plantear sólidas líneas de investigación futura en esta área de investigación.

REFERENCIAS

[1] Chen, Y.-S. (2008). The positive effect of green intellectual capital on competitive advantages of firms. JOURNAL OF BUSINESS ETHICS, 77(3), 271-286. https://doi.org/10.1007/s10551-006-9349-1

[2] Lopez-Gamero, M. D., Zaragoza-Saez, P., Claver-Cortes, E., & Molina-Azorin, J. F. (2011). Sustainable Development and Intangibles: Building Sustainable Intellectual Capital. BUSINESS STRATEGY AND THE ENVIRONMENT, 20(1), 18-37. https://doi.org/10.1002/bse.666

[3] Huang, C.-L., & Kung, F.-H. (2011). Environmental consciousness and intellectual capital management Evidence from Taiwan's manufacturing industry. MANAGEMENT DECISION, 49(9-10), 1405-1425. https://doi.org/10.1108/00251741111173916

[4] Bontis, N. (1999). Managing organizational knowledge by diagnosing intellectual capital: Framing and advancing the state of the field. INTERNATIONAL JOURNAL OF TECHNOLOGY MANAGEMENT, 18(5-8), 433-462. https://doi.org/10.1504/IJTM.1999.002780

[5] Murtagh, Fionn and Legendre, Pierre (2014). Ward's hierarchical agglomerative clustering method: which algorithms implement Ward's criterion? *Journal of Classification*, **31**, 274–295. doi:10.1007/s00357-014-9161-z.

[6] Legendre, P. and L. Legendre (2012). Numerical Ecology, 3rd English ed. Amsterdam: Elsevier Science BV

[7] Simon, Noah, Jerome Friedman, and Trevor Hastie. 2013. "A Blockwise Descent Algorithm for Group-Penalized Multiresponse and Multinomial Regression."

[8] Vilanova, M.E.M.,& Bazanni, R. (2023). A sustainable indicators model proposal for the Brazilian beef production chain; Combating greenwashing practices. REUNIR-REVISA DE ADMININSTRACAO CONTABILIDADE E SUSTENTABILIDADE, 13(4), 176-186

Retos de la I4.0 en América Latina: Un análisis del caso mexicano

Maldonado-Gómez, Gabriel[(1)], Tomás-Miquel, José Vicente[(2)], Capó i Vicedo, Jordi[(3)]

(1) P.E. de la Licenciatura en Administración, TecNM- Campus Instituto Tecnológico Superior del Oriente del Estado de Hidalgo, Carr. Apan-Tepeapulco Km. 0.5, Col. Las Peñitas, 43900 Apan, Hidalgo, México, gmaldonado@itesa.edu.mx

(2) Departamento de Organización de Empresas, Universitat Politécnica de Valencia Plaza Ferrándiz y Carbonell, s/n, 03801 Alcoy, Alicante, jotomi@doe.upv.es

(3) Departamento de Economía y Ciencias Sociales, Universitat Politécnica de Valencia Plaza Ferrándiz y Carbonell, s/n, 03801 Alcoy, Alicante, jorcavi0@esp.upv.es

RESUMEN

La transformación digital y la adopción de la Industria 4.0 (I4.0) son vitales para el desarrollo global, pero en México enfrentan desafíos únicos socioeconómicos y culturales. Este estudio aborda las barreras internas y externas para la I4.0 en México, empleando la metodología Fuzzy DEMATEL-ISM-MICMAC para analizar sus interrelaciones y dinámicas causa-efecto. Los objetivos incluyen comprender la complejidad e interdependencia de estas barreras, utilizando técnicas de toma de decisiones multicriterio para identificar relaciones causales, jerarquizar barreras y evaluar su influencia y dependencia. Los resultados muestran percepciones de expertos sobre interacciones entre barreras. Se crearon matrices de influencia para cuantificar el impacto de cada barrera y se visualizaron en diagramas causa-efecto. ISM profundiza en influencias directas e indirectas y MICMAC clasifica barreras según su influencia y dependencia. Las conclusiones destacan barreras profundas (incentivos gubernamentales, crédito, cultura organizacional), intermedias (financieras, infraestructura, estándares, inseguridad) y directas (compromiso de la dirección, visión estratégica, cambios organizacionales, formación, retención de talentos, inversiones, robo de información).

Palabras clave: se incluirá una lista corta, como máximo diez palabras clave.

INTRODUCCIÓN

La transformación digital y la adopción de la Industria 4.0 (I4.0) son esenciales para el desarrollo económico y tecnológico global. Sin embargo, en Latinoamérica, y específicamente en México, este proceso enfrenta desafíos únicos debido a particularidades socioeconómicas y culturales. Aunque la I4.0 tiene el potencial de impulsar la innovación y la competitividad, existen barreras significativas que limitan su implementación efectiva.

Hasta ahora, la discusión sobre las barreras de la I4.0 en Latinoamérica se ha centrado en identificar retos tecnológicos, la necesidad de formación, limitaciones económicas y financieras, y factores normativos y de mercado. Estudios indican que estas barreras dificultan la adopción de tecnologías I4.0, afectando la competitividad y capacidad de innovación de las empresas [4,7,11,14]. No obstante, estos estudios no analizan la relación entre las diferentes barreras ni se enfocan en el caso concreto de México.

Esta investigación aborda los vacíos de conocimiento sobre las barreras para la I4.0 en México, analizando obstáculos internos y externos y las dinámicas causa-efecto entre ellos. Se propone una visión más amplia que resalta la influencia de agentes externos en la adopción de tecnologías avanzadas. Este enfoque busca contribuir a un entendimiento más integral del proceso de adopción de la I4.0 en economías en desarrollo, sentando las bases para diseñar estrategias contextualizadas que faciliten una implementación exitosa y sostenible de la I4.0.

Para cubrir estos vacíos, se desarolló la metodología Fuzzy DEMATEL-ISM-MICMAC, destacando la interrelación entre las barreras y proporcionando un marco para entender su influencia relativa y las dinámicas causa-efecto en la adopción de la I4.0. Este análisis busca ofrecer insights valiosos para la toma de decisiones en la industria y el gobierno, promoviendo estrategias para superar estos obstáculos y avanzar hacia una integración efectiva de la I4.0 en México.

El documento se estructura en varias secciones que desarrollan sistemáticamente el tema de las barreras para la implementación de la I4.0 en México. Tras la introducción, la revisión de la literatura examina trabajos previos y establece el marco teórico de la investigación, enfatizando la relevancia de la I4.0 en Latinoamérica. La sección de metodología detalla el uso del método Fuzzy-DEMATEL para analizar la interacción de las barreras identificadas.

OBJETIVOS

Para evaluar las barreras existentes en la adopción de la I4.0, es fundamental comprender su complejidad, interconexión e interdependencia. La incertidumbre y la imprecisión en las evaluaciones de expertos complican este análisis, haciendo que los modelos tradicionales sean insuficientes. Las técnicas de toma de decisiones multicriterio (MCDM), como DEMATEL, ISM y MICMAC, se han demostrado eficaces para abordar esta complejidad. Estos métodos ayudan a entender las relaciones causales y la red de interdependencias entre las barreras. El método DEMATEL es crucial para comprender las relaciones causales entre las barreras, identificando y cuantificando su influencia mutua [6]. No obstante, este modelo solo no puede abordar la ambigüedad en las evaluaciones de los expertos. Por ello, se integra con la teoría de conjuntos difusos, creando la metodología fuzzy-DEMATEL, que permite una representación más detallada de las complejidades.

La técnica ISM, basada en fuzzy-DEMATEL, organiza jerárquicamente las barreras, detallando sus conexiones directas e indirectas [18]. ISM convierte las relaciones complejas en un modelo ordenado. El análisis MICMAC complementa este enfoque evaluando la influencia y dependencia de los obstáculos, identificando cuáles requieren atención prioritaria [3].

La combinación Fuzzy DEMATEL-ISM-MICMAC, utilizada en múltiples estudios [2,5,13], ofrece un análisis riguroso de las interacciones causales entre barreras, englobando complejidad, conexiones e incertidumbre, facilitando la toma de decisiones estratégicas y la formulación de soluciones. Este enfoque ha demostrado su eficacia en contextos complejos, validado y adaptado en varios estudios [16,17,2].

RESULTADOS

En primera instancia se recopilaron las percepciones de los expertos sobre las interacciones entre las diversas barreras, utilizando una matriz inicial como guía. Cada experto evaluó las relaciones entre barreras de manera numérica, proporcionando datos que se transforman en valores difusos para un análisis más detallado. Esto resulta en una matriz normalizada que refleja la relación directa entre las barreras identificadas.

Posteriormente, se procedió a desfuzificar esta matriz, lo que conduce a la creación de una matriz de influencia comprensiva que cuantifica el impacto de cada barrera sobre las demás en términos nítidos. Esta matriz es esencial para entender cómo cada barrera afecta a las otras y es utilizada para calcular indicadores adicionales como los valores 'D' (salida), 'R' (llegada), 'D+R' (suma de salida y llegada) y 'D-R' (diferencia entre salida y llegada), que son fundamentales para el modelo de causa y efecto. Este modelo ayuda a visualizar las conexiones causales entre las barreras mediante un diagrama causa-efecto.

El análisis se profundiza con el uso del procedimiento ISM, que interpreta estas interacciones a través de una matriz de influencia holística. Esta matriz examina tanto influencias directas como indirectas, lo que permite una comprensión más matizada de cómo cada barrera influye en el proceso de adopción de las tecnologías de la Industria 4.0. Con base en un valor de umbral específico, se genera una matriz de alcanzabilidad que destaca cuales barreras tienen el mayor impacto y alcance dentro del sistema estudiado (Figura 1).

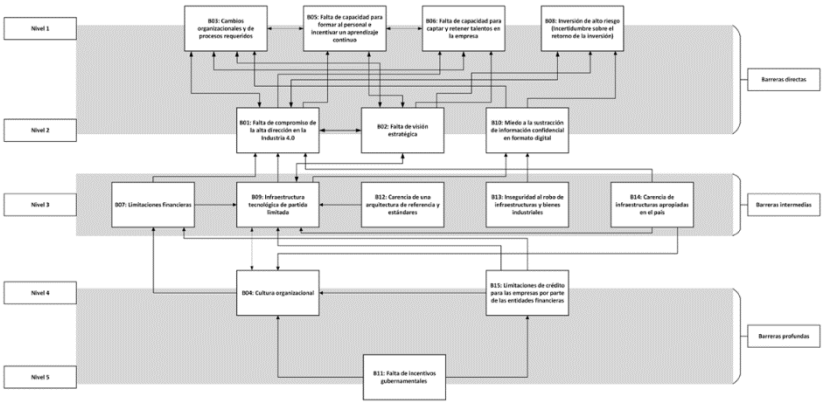


Figura 1. Jerarquización e interrelación de las barreras.

El procedimiento se finaliza con la estructuración de las barreras en una jerarquía definida que alinea cada barrera según su nivel de influencia y dependencia, facilitando así un enfoque estratégico para abordarlas. Además, el análisis MICMAC utiliza los datos para clasificar las barreras según el grado de dependencia e influencia relativa dentro del sistema, proporcionando una representación gráfica de las agrupaciones y su significado en el contexto de la implementación de la Industria 4.0 (Figura 2).

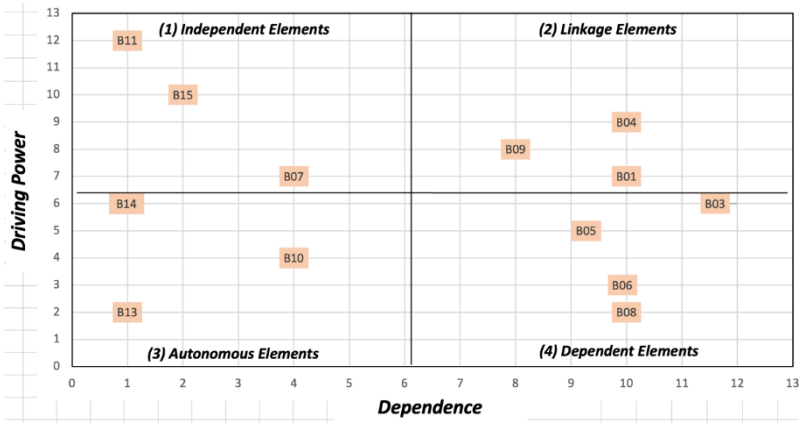


Figura 2. Agrupaciones de variables MICMAC.

CONCLUSIONES

La transición hacia la Industria 4.0 (I4.0) enfrenta diversas barreras clasificadas en tres niveles: profundas, intermedias y directas. Estas barreras están interconectadas y afectan significativamente la adopción de la I4.0.

Las barreras profundas incluyen la falta de incentivos gubernamentales (B11), limitaciones de crédito (B15), y la cultura organizacional (B04). La ausencia de políticas gubernamentales desincentiva la inversión en nuevas tecnologías [12], afectando la capacidad de financiamiento (B15) y limitando la cultura organizacional hacia la innovación.

Las barreras intermedias actúan como puente entre las barreras profundas y directas, influenciadas por las primeras y afectando a las segundas. Estas incluyen limitaciones financieras (B07), infraestructura tecnológica limitada (B09), falta de estándares (B12), inseguridad al robo de bienes industriales (B13), y carencia de infraestructuras adecuadas (B14). La falta de crédito (B15) restringe la inversión en tecnología [1], agravando las limitaciones en infraestructura tecnológica (B09) y dificultando los cambios organizacionales necesarios [9].

Las barreras directas impactan inmediatamente la adopción de la I4.0. Incluyen la falta de compromiso de la alta dirección (B01), falta de visión estratégica (B02), cambios organizacionales y de procesos (B03), falta de formación continua del personal (B05), dificultad para captar y retener talentos (B06), inversiones de alto riesgo (B08), y miedo al robo de información (B10). Sin el apoyo de la alta dirección, las iniciativas de I4.0 tienen pocas probabilidades de éxito [8]. La falta de una visión clara impide una planificación adecuada [10], y la resistencia al cambio organizacional es un obstáculo significativo [15].

REFERENCIAS

[1] Agostini, L., & Nosella, A. (2020). The adoption of Industry 4.0 technologies in SMEs: results of an international study. *Management Decision*, *58*(4), 625–643. https://doi.org/10.1108/MD-09-2018-0973

[2] Alqershy, M. T., & Shi, Q. (2023). Barriers to Social Responsibility Implementation in Belt and Road Mega Infrastructure Projects: A Hybrid Fuzzy DEMATEL-ISM-MICMAC

Approach. *Buildings*, *13*(6), 1561. https://doi.org/10.3390/buildings13061561

[3] Duperrin, J. C., & Godet, M. (1973). Méthode de hiérarchisation des éléments d'un système: essai de prospective du système de l'énergie nucléaire dans son contexte sociétal. *Rapport Economique du CEA*, 45-51.

[4] De Lucas Ancillo, A., Gavrila Gavrila, S., Fernández del Castillo Díez, J. R., & Corro Beseler, J. (2022). LATAM and Spanish SME barriers to Industry 4.0. *Academia Revista Latinoamericana de Administracion*, *35*(2), 204–222. https://doi.org/10.1108/ARLA-07-2021-0137

[5] Feng, J., Zhang, H., Li, X., & Liu, Q. (2023). Factors affecting the green behavior of employees: A hybrid fuzzy DEMATEL-ISM-MICMAC approach. *Buildings*. https://doi.org/10.3390/buildings13020134

[6] Gabus, A., & Fontela, E. (1972). World problems, an invitation to further thought within the framework of DEMATEL. *Battelle Geneva Research Centre*.

[7] Ghobakhloo, M. (2020). Determinants of information and digital technology implementation for smart manufacturing. *International Journal of Production Research*, *58*(8), 2384–2405. https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1630775

[8] Horváth, D., & Szabó, R. Z. (2019). Driving forces and barriers of Industry 4.0: Do multinational and small and medium-sized companies have equal opportunities? *Technological Forecasting and Social Change*, *146*, 119–132. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.05.021

[9] Hou, C. K. (2020). The effects of IT infrastructure integration and flexibility on supply chain capabilities and organizational performance: An empirical study of the electronics industry in Taiwan. *Information Development*, *36*(4), 576–602. https://doi.org/10.1177/0266666919884352

[10] Khanzode, A. G., Sarma, P. R. S., Mangla, S. K., & Yuan, H. (2021). Modeling the Industry 4.0 adoption for sustainable production in Micro, Small & Medium Enterprises. *Journal of Cleaner Production*, *279*. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123489

[11] Laskurain-Iturbe, I., Arana-Landin, G., Landeta-Manzano, B., & Jimenez-Redal, R. (2023). Assessing the uptake of Industry 4.0 technologies: barriers to their adoption and impact on quality management aspects. *International Journal of Quality and Reliability Management*, *40*(10), 2420–2442. https://doi.org/10.1108/IJQRM-10-2022-0292

[12] Luthra, S., Kumar, A., Zavadskas, E. K., Mangla, S. K., & Garza-Reyes, J. A. (2020). Industry 4.0 as an enabler of sustainability diffusion in supply chain: an analysis of influential strength of drivers in an emerging economy. *International Journal of Production Research*, *58*(5), 1505–1521. https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1660828

[13] Makki, A. A., & Al-Filali, I. Y. (2024). Modeling the Strategic Enablers of Financial Sustainability in Saudi Higher Education Institutions Using an Integrated Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory–Interpretive Structural Modeling Approach. *Sustainability (Switzerland)*, *16*(2). https://doi.org/10.3390/su16020685

[14] Matt, D. T., Modrák, V., & Zsifkovits, H. (2020). Industry 4.0 for smes: Challenges, opportunities and requirements. In *Industry 4.0 for SMEs: Challenges, Opportunities and Requirements*. Palgrave Macmillan. https://doi.org/10.1007/978-3-030-25425-4

[15] Orzes, G., Poklemba, R., & Towner, W. T. (2020). Implementing industry 4.0 in smes: A focus group study on organizational requirements. In *Industry 4.0 for SMEs: Challenges, Opportunities and Requirements* (pp. 251–277). Palgrave Macmillan. https://doi.org/10.1007/978-3-030-25425-4_9

[16] Shanker, S., & Barve, A. (2021). Analysing sustainable concerns in diamond supply chain: A fuzzy ISM-MICMAC and DEMATEL approach. *International Journal of Sustainable Engineering, 14*(5), 1269-1285. https://doi.org/10.1080/19397038.2020.1862351

[17] Vishwakarma, A., Dangayach, G. S., Meena, M. L., & Gupta, S. (2022). Analysing barriers

of sustainable supply chain in apparel & textile sector: A hybrid ISM-MICMAC and DEMATEL approach. *Cleaner Logistics and Supply Chain*, *5*. https://doi.org/10.1016/j.clscn.2022.100073

[18] Warfield, J. N. (1974). Structuring complex systems. Battelle Memorial Institute, Columbus, Ohio.

Passthrough a Color Simulado en Meta Quest 2

Banquiero, Mariano[(1)], Juan, M. Carmen[(1)]
(1) Instituto Universitario de Automática e Informática Industrial, Universitat Politècnica de València, 46022 Valencia, España.

RESUMEN

La realidad mixta en dispositivos autónomos como Oculus/Meta Quest 2 ofrece la capacidad de fusionar elementos virtuales y reales sin hardware adicional, gracias a la API experimental llamada Passthrough. Esta tecnología utiliza las cámaras frontales infrarrojas, originalmente diseñadas para rastrear la posición de los controladores, permitiendo que los usuarios visualicen su entorno real en 3D directamente desde su visor de realidad virtual. Sin embargo, debido a que estas cámaras son infrarrojas, la imagen del mundo real se muestra únicamente en escala de grises, lo cual limita la calidad y estabilidad visual. Nuestro trabajo propone una solución innovadora que simula una visualización a color utilizando una tabla de conversión que transforma las intensidades de grises en colores RGB. En nuestro trabajo, estudiamos distintas formas de definir dicha tabla de conversión, buscando minimizar el error en la reconstrucción de la imagen a color. Además, llevamos a cabo pruebas con usuarios reales, comparando nuestro Passthrough a color con la versión en escala de grises. Los resultados del estudio indican que existe una preferencia significativa por parte de los usuarios hacia el Passthrough a color. Esta solución ofrece una alternativa viable para usuarios que no cuentan con dispositivos más avanzados como las Quest Pro o las recientes Quest 3 equipadas con Passthrough a color.

Palabras clave: Realidad Mixta, Realidad Virtual, API de Passthrough, Conversión de Grises a RGB, Color Passthrough, Procesamiento de Imágenes, Meta Quest 2.

INTRODUCCIÓN

La API Passthrough [1] de Meta proporciona al usuario una percepción del mundo real en 3D y en tiempo real gracias a la captura de las cámaras y sensores frontales del dispositivo Meta Quest 2. Fue diseñada originalmente para su uso por la aplicación Guardian, que se ejecuta al iniciar el dispositivo y permite definir un área de uso seguro, por ejemplo, para evitar colisiones con obstáculos en el área de juego.

En los visores Meta Quest 2 se utiliza el algoritmo Passthrough+ [2] para realizar la reconstrucción del entorno a partir de la imagen capturada mediante los sensores infrarrojos. El algoritmo combina conceptos de reconstrucción estereoscópica en 3D y renderización basada en imágenes (IBR). Sin embargo, es importante destacar que los sensores infrarrojos fueron originalmente diseñados para el seguimiento de los controladores y no para la reconstrucción de imágenes, lo que resulta en una calidad de imagen reducida y en escala de grises.

Desde el punto de vista de la aplicación, el Passthrough funciona de la siguiente manera: la imagen del mundo real es renderizada por un servicio especial en una capa separada, llamada capa de Passthrough. Paralelamente la aplicación genera la imagen virtual en el *render buffer* como es habitual, usando primitivas gráficas. Finalmente, un componente interno del dispositivo, llamado *XR-compositor*, se encarga de fusionar ambas imágenes, combinando la representación del mundo real con los gráficos generados por la aplicación [3].

La aplicación no tiene acceso directo a la información de la imagen, como los canales de color RGB, la profundidad (Z-buffer) ni a cualquier otra información capturada por los sensores. En otras palabras, la aplicación tiene un control muy limitado sobre cómo interactuar con el Passthrough. La API admite ciertos tipos de composición predefinidos con la capa de Passthrough, tales como la detección automática de bordes y el *color keying* [4]. Este último es particularmente útil, ya que permite representar el Passthrough en escala de grises de las Quest 2 con un número limitado de colores. En nuestro trabajo, aprovechamos esta funcionalidad para implementar una metodología que simula un Passthrough en colores. Para ello, establecemos una tabla de conversión que transforma las intensidades de grises capturadas por los sensores infrarrojos en una paleta de colores RGB. Nuestra propuesta se centra en optimizar esta tabla de conversión para que la simulación de colores sea lo más precisa posible y visualmente agradable para el usuario final.

DESARROLLO

A pesar de la capacidad de emulación de color, es esencial enfatizar nuevamente que la aplicación no tiene acceso directo a los datos del Passthrough. Esto impide la implementación de técnicas estándar para el coloreado de imágenes en escala de grises que han demostrado ser exitosas, tales como las basadas en visión por ordenador o redes neuronales. Dichas técnicas requieren acceso integral a los datos de la imagen. Por lo tanto, la personalización del Passthrough en Meta Quest 2 se limita a la mencionada tabla de conversión, sin la posibilidad de aplicar métodos avanzados de procesamiento de imágenes. A pesar de que la aplicación no puede usar técnicas convencionales para colorear, si contamos con imágenes previas del ambiente, estas pueden servir para ajustar la tabla de conversión basándonos en su distribución de colores. La Figura 1 muestra la arquitectura de la aplicación. A continuación, explicaremos las distintas técnicas usadas para determinar los valores concretos de la tabla de conversión.

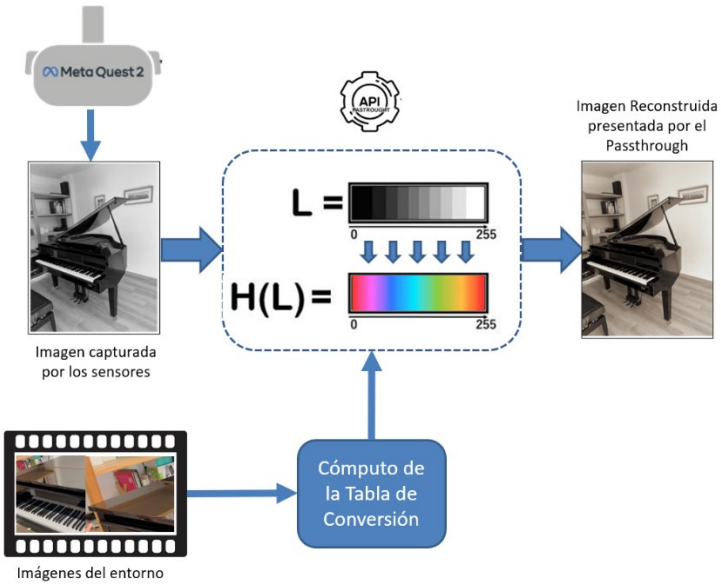


Figura 1. Arquitectura de la Aplicación.

Definimos un color como $\boldsymbol{c} = (\boldsymbol{c_r}, \boldsymbol{c_g}, \boldsymbol{c_b})$, donde $\boldsymbol{c_r}, \boldsymbol{c_g}$ y $\boldsymbol{c_b}$ representan las intensidades de los canales rojo, verde y azul en el espacio de colores lineales (sin corrección gamma). La imagen de entrada del Passthrough consiste en valores $\boldsymbol{\ell}$ que representan la intensidad, también llamado luminancia, y que usualmente se transforman en escala de grises. Todas las variables escalares son enteros entre 0 y 255. La tabla de conversión se define como

$$H(\ell) = (c_r, c_g, c_b) : \ell, c_r, c_g, c_b \in [0{,}255] \subset Z$$

Por ejemplo, si $\boldsymbol{H(0) = (0, 0, 255)}$ indica que los pixeles con intensidad cero (totalmente oscuros) serán reemplazados por el color azul. Para transformar a escala de grises, un color $\boldsymbol{c} = (\boldsymbol{c_r}, \boldsymbol{c_g}, \boldsymbol{c_b})$ en el espacio lineal RGB se suele usar esta función que tiene en cuenta las características de la visión humana:

$$L(c) = 0.299c_r + 0.587c_g + 0.114c_b$$

Entonces nuestro objetivo es buscar la función inversa de *L*, es decir *H* tal que $\boldsymbol{H(L(c)) = c}$. Como $\boldsymbol{L}$ no es inyectiva vamos a utilizar la información adicional de las imágenes para definir $\boldsymbol{H}$. Definimos los colores de la muestra proveniente de las imágenes de referencia[1] como el multiconjunto $\boldsymbol{C = \{c_1, c_2, \ldots c_n\}}$. Nos va a resultar útil hacer una partición de $\boldsymbol{C}$ para agrupar en un mismo subconjunto todos los colores con la misma luminancia. Así definimos $\boldsymbol{C_\ell = \{L^{-1}(\ell)\}}$. Que representa el conjunto de los colores de la muestra cuya luminancia es $\boldsymbol{\ell}$.

1-Estimación por valor medio:

$$H_m(\ell) = \mu(C_\ell) = \frac{1}{|C_\ell|} \sum_{c \in C_\ell} c$$

$\boldsymbol{H_m(\ell)}$ representa la media de todos los valores en la muestra que se mapean al valor $\boldsymbol{\ell}$ por la función *L*. Se puede demostrar usando propiedades de la media, que $\boldsymbol{H_m}$ minimiza el error cuadrático de reconstrucción definido como:

$$E = \sum_{i=1}^{n} \big(H\big(L(c_i)\big) - c_i\big)^2$$

2-Estimación de H por valor modal:

$$H_p(\ell) = arg \max_{c \in C_\ell} f(c)$$

[1] Las imágenes en formatos jpg o png suelen estar en espacio *s*RGB, por lo que es necesario eliminar la corrección gamma para convertirlas al espacio lineal RGB.

Donde $\boldsymbol{f(c)}$ es el número de veces que el color c aparece en el multiconjunto $\boldsymbol{C}$. Entonces, $\boldsymbol{H_p(\ell)}$ representa el color más frecuente de la muestra cuya luminancia es $\boldsymbol{\ell}$. Se puede demostrar que este estimador minimiza el error de reconstrucción cuando se define como la cantidad de errores.

$$E = \sum_{i=1}^{n} \left[Hp\left(L(c_i)\right) \neq c_i \right]$$

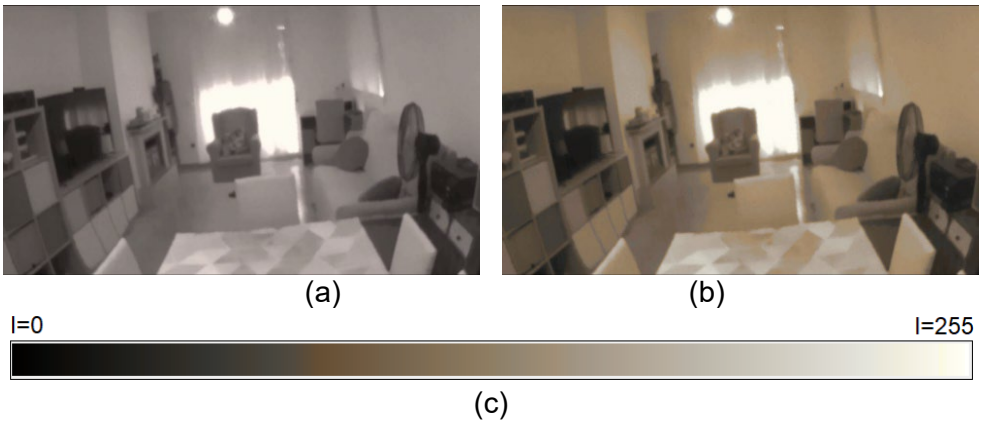
La Figura 2 muestra una comparación de ambos métodos con la imagen original en escala de grises.



(a) (b) (c)

Figura 9: (a) Imagen en escala de grises; (b) reconstrucción usando el valor medio; (c) reconstrucción usando el valor más probable.

La Figura 3 ilustra la diferencia entre la visualización estándar en escala de grises y nuestra solución mejorada, observadas a través del dispositivo Quest 2. Las imágenes se obtuvieron directamente del dispositivo utilizando la aplicación SideQuest, la cual permite capturar imágenes del modo Passthrough. Para facilitar la comparación, se optó por mostrar las imágenes en formato mono (para un solo ojo) y sin distorsión.



(a) (b)

(c)

Figura 3: (a) Passthrough en escala de grises; (b) Passthrough en colores; (c) Tabla de conversión utilizada.

ESTUDIO

Para validar nuestra propuesta, se llevó a cabo un estudio con nueve participantes de diversas edades (de 7 a 53 años), género y niveles de experiencia en visores de realidad virtual. Durante el estudio, los participantes experimentaron con tres aplicaciones que hacen uso del Passthrough en dos modalidades diferentes: escala de grises y color simulado. La primera aplicación se centra en probar la funcionalidad de Passthrough, que permite la visualización del entorno real, para evaluar la percepción y la interacción con el contexto circundante. La segunda posibilita la colocación de objetos virtuales en dicho entorno. La tercera aplicación está diseñada para el aprendizaje del piano, superponiendo información aumentada sobre un piano real.

Las pruebas fueron aleatorizadas en cuanto al orden de las aplicaciones y los modos utilizados por cada participante, durando entre 30 y 45 minutos. Posteriormente, los participantes respondieron a un cuestionario para indicar su preferencia por el color, la escala de grises, o si no tenían preferencia o no podían decidir con claridad.

La metodología de calificación asignaba dos puntos a la modalidad preferida y un punto a cada opción en caso de indiferencia. Los resultados se compilaron en una tabla de puntuaciones reflejando las preferencias de los usuarios. Dado que las puntuaciones no seguían una distribución normal, se utilizó la prueba de Wilcoxon para evaluar la significancia estadística de las preferencias. Aun así, hemos optado por incluir la media y la desviación estándar para proporcionar información adicional y facilitar comparaciones con futuros estudios que puedan presentar una distribución normal. Se consideró estadísticamente significativo un p-valor < 0.05.

Los resultados, presentados en la Tabla 1, muestran que existe una clara preferencia por la solución a color. Al analizar cada aplicación individualmente, dos de ellas mostraron una preferencia significativa por el color, mientras que, en la aplicación del piano, la diferencia no fue significativa. Este resultado puede atribuirse a la naturaleza de la aplicación, dado que la representación visual del piano en blanco y negro reduce el impacto de la visualización a color.

En resumen, el estudio reveló una tendencia general hacia la preferencia por la modalidad a color en las aplicaciones de realidad mixta, impacto que varía según el tipo de aplicación utilizada.

Tabla 1: Test de Wilcoxon para la preferencia de los usuarios al utilizar el Passthrough a colores y en escala de grises.

Aplicación	Puntuación Color μ;σ	Puntuación Gris μ;σ	*W*	*p*
A	1.67;0.5	0.33;0.5	21	**0.0098**
B	1.56;0.53	0.44;0.53	15	**0.0184**
C	1.22;0.83	0.78;0.83	14	0.2421
Global	1.48;0.64	0.52;0.64	41	**0.0123**

CONCLUSIONES

En este estudio, hemos desarrollado y evaluado una técnica innovadora que permite simular un Passthrough a color en dispositivos Meta Quest 2, mediante el uso de una tabla de conversión que transforma intensidades de grises en colores RGB. La validación de nuestra propuesta se realizó a través de un estudio con usuarios reales, comparando el Passthrough en color simulado con la visualización estándar en escala de grises. Los resultados revelan una preferencia significativa por parte de los usuarios hacia el Passthrough a color, destacando su potencial como alternativa para aquellos que no disponen de modelos más avanzados como Quest Pro o Quest 3, que ya incorporan esta característica. Estos hallazgos subrayan la importancia de continuar explorando y perfeccionando soluciones de realidad mixta que puedan expandir las capacidades visuales de los dispositivos de realidad virtual existentes, mejorando así la inmersión y la interacción del usuario con su entorno real y virtual.

REFERENCIAS

[1] Oculus developer. <https://developer.oculus.com/documentation/unity/unity-passthrough/> [Consulta: 7 de junio de 2024]

[2] Gaurav Chaurasia, Arthur Nieuwoudt, Alexandru-Eugen Ichim, Richard Szeliski, Alexander SorkineHornung (2020). “Passthrough+: Real-time Stereoscopic View Synthesis for Mobile Mixed Reality.” *ACM on Computer Graphics and Interactive Techniques,* vol. 3, pp. 1–17. Doi: 10.1145/3384540

[3] Oculus developer. <https://developer.oculus.com/documentation/unity/unity-ovroverlay/> [Consulta: 7 de junio de 2024]

[4] Oculus developer. <https://developer.oculus.com/documentation/unity/unity-customize-passthrough-color-mapping/> [Consulta: 7 de junio de 2024]

Impresión 3D de tejidos con propiedades terapéuticas y antimicrobianas

Francés Falip, Aitana[(1)], Francés Vilaplana, Javier[(2)], García Rodríguez, Nerea[(3)]

(1) Autor/a principal – Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo de Producto, Máster en Diseño de Productos y Servicios, Innovation Expertise and Project Development – Universidad Alfonso X el Sabio C. de Emilio Muñoz, 13, San Blas-Canillejas, 28037 Madrid

(2) Coautor/a - Experto en Innovación y Socio Fundador ONDYTEC 2018 SL – Carrer Pol. Ind. el Pi, 03830 Muro d'Alcoi, Alicante – javier@ondytec2018.onmicrosoft.com

(3) Coautor/a - Investigadora Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT) – Docente Asociada en Universidad Alfonso X el Sabio - Av. Complutense, 40, Moncloa - Aravaca, 28040 Madrid – Nerea.garcia@ciemat.es

RESUMEN

Frente a la creciente preocupación relativa a la salud física y mental de las personas, aprovechar las ventajas que la tecnología brinda es crucial para aportar valor a la sociedad en su conjunto. Además de la medicina, otras disciplinas como la ingeniería, los materiales o el diseño, pueden generar conocimiento y ofrecer soluciones innovadoras que busquen mejorar el bienestar de los individuos.

Tras un largo proceso de investigación y desarrollo, la innovación redactada bajo el nombre "*Impresión 3D de tejidos con propiedades terapéuticas (iones negativos) y antimicrobianas (partículas de plata)*" pretende exponer cómo, desde la industria textil, se puede realizar también una importante aportación. De la mano de la tecnología y la ciencia de los materiales, es posible confeccionar prendas con propiedades únicas y beneficiosas para el ser humano.

Gracias a la impresión 3D y a la rigurosa selección de materiales y procesos, se ha obtenido un tejido flexible y cómodo. Posteriormente, se ha sometido a diferentes técnicas y ensayos para asentar sus propiedades y garantizarlas.

Con todo ello, se ha obtenido una prenda funcional que vela por el bienestar físico y mental de los usuarios gracias a sus propiedades terapéuticas y antimicrobianas, demostradas y cuantificadas a través de ensayos de laboratorio.

Palabras clave: Impresión 3D, Tejidos, Terapéutico, Antimicrobiano, Iones Negativos, Micropartículas de Plata

INTRODUCCIÓN

La impresión 3D ha revolucionado numerosos sectores industriales, desde la fabricación de complejos componentes, hasta la personalización y adaptación de productos de consumo. En los últimos años, esta tecnología ha comenzado a transformar también la industria textil, presentando nuevos diseños y confecciones. No obstante, la investigación presentada trata de ir más allá, mejorando la funcionalidad de los textiles convencionales y suponiendo un importante impacto en la salud y bienestar de las personas.

Uno de los aspectos más avanzados de esta tecnología es la incorporación de iones negativos y micropartículas de plata en la impresión 3D de telas. Los iones negativos, conocidos por sus beneficios para la salud, pueden mejorar la circulación sanguínea, reducir el estrés y eliminar la sensación de fatiga o cansancio [1]. Las partículas de plata, por otro lado, son reconocidas por sus propiedades antimicrobianas, siendo capaces de eliminar bacterias, hongos y otros patógenos causantes de enfermedades comunes [2].

Así pues, este trabajo explora la sinergia existente entre estos dos componentes en la impresión 3D de telas, pudiendo encontrar múltiples aplicaciones. Entre ellas se encuentra la confección de prendas deportivas o el diseño de ropa para entornos hospitalarios y quirúrgicos.

A través de una revisión exhaustiva de la literatura científica y tecnológica, así como el análisis de casos de estudio recientes, la investigación pretende proporcionar una visión comprensiva del estado actual y las perspectivas futuras en la impresión 3D de tejidos con propiedades terapéuticas y antimicrobianas. Se discutirán los principios científicos que sustentan el uso de determinados materiales, los métodos de fabricación aditiva empleados, las tecnologías avanzadas requeridas y las distintas aplicaciones prácticas que pueden surgir de dicha investigación.

Con todo ello, el proyecto trata de resaltar los avances tecnológicos más recientes y prometedores en cuanto a impresión 3D concierne, obteniendo textiles terapéuticos y antimicrobianos gracias al uso de iones negativos y micropartículas de plata. Además, espera contribuir al conocimiento y desarrollo de nuevas soluciones que puedan mejorar la calidad de vida de las personas a través de la innovación textil.

OBJETIVOS

Los objetivos del presente estudio son amplios y multidisciplinares, pudiendo ofrecer conocimiento de valor en diferentes áreas de investigación y estudio.

Uno de los principales objetivos es el desarrollo de un método de impresión 3D óptimo para la realización de tejidos. Aunque en la actualidad existen diferentes metodologías, ninguna de ellas es capaz de realizar una prenda funcional, cómoda y apta para el día a día. Las formas y los ensamblajes utilizados hasta el momento, cumplen únicamente funciones estéticas, pero no resultan en un modelo verdaderamente útil. Cabrá, por ello, investigar nuevos métodos específicos para la fabricación de telas, identificando los materiales y procesos más adecuados.

Garantizar las propiedades terapéuticas y antimicrobianas es también un objetivo crucial en el proyecto. Para hacerlo se deberá investigar en profundidad cada uno de los beneficios obtenidos por los iones negativos y las partículas de plata, determinando la cantidad óptima necesaria a incorporar en el tejido. Posteriormente, se llevarán a cabo diferentes ensayos y pruebas de laboratorio que verifiquen el cumplimiento de ambas propiedades.

Combinando ambos objetivos ya expuestos, el tercero consistirá en la fabricación de prototipos funcionales de telas o prendas que integren lo mencionado anteriormente. Aplicando la metodología considerada, ajustando la concentración de iones negativos y partículas de plata, y realizando los ensayos requeridos, se obtendrá evidencia real de la viabilidad de la investigación.

Finalmente, se pretende explorar el uso de estas telas en productos deportivos, médicos y de moda, documentando todos los hallazgos para seguir investigando el potencial innovador de la propuesta. Fomentar la colaboración con centros investigadores y

profesionales de la industria textil puede suponer un importante impulso para el desarrollo y aplicación de estas tecnologías.

RESULTADOS

A continuación, se exponen los resultados obtenidos en cada una de las fases del proceso de desarrollo, así como los resultados globales del proyecto de innovación realizado.

El primer resultado se obtiene tras realizar diferentes pruebas que concluyen en una metodología eficaz para la impresión 3D de tejidos. Para que la tela sea cómoda y funcional, las distintas piezas que la componen deben formar una unidad sin necesidad de utilizar ranuras o ensamblajes que puedan clavarse y resultar incómodos para el usuario. Por ello, la solución pasa por emplear cualquier tipo de tela mallada, como es el caso del tul. Sobre éste, el material funde entre los orificios y se adhiere, quedando una tela plana, suave y cómoda.

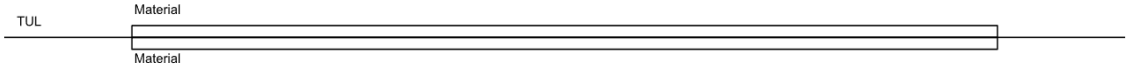


Figura 1. Metodología de impresión 3D de tejidos empleando tela mallada como unión.

En la segunda de las fases cabe determinar qué estructuras y formas compondrán el tejido. La prenda a confeccionar debe ser flexible, cómoda, y adaptarse al cuerpo y a los movimientos del usuario. Además, es crucial que no muestre tensiones ni ejerza presión en determinadas zonas, pudiendo comprometer su funcionalidad. Por dichos motivos, se estudian diferentes combinaciones de elementos, basando siempre el patrón en una matriz de repetición lineal. La utilización de una matriz, cuyo tamaño y forma puede adaptarse, simplifica el proceso de diseño y crea a su vez una prenda funcional y estética. Según la aplicación deseada, el patrón de la prenda, o la forma de la tela, pueden modificarse los diseños. Si se confeccionan, por ejemplo, camisetas de talla pequeña, la matriz podrá escalarse hasta adaptarse a cuerpos de tamaño más reducido. De la misma manera, si se requiere una prenda con mangas, podrán escalarse progresivamente dichas figuras para considerar la forma del brazo.

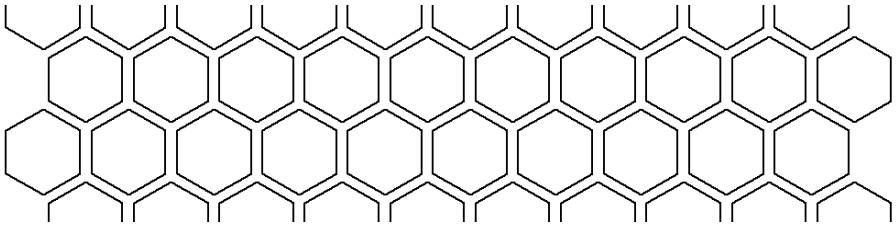


Figura 2. Ejemplo de matriz hexagonal para la impresión de tejidos 3D.

Con una distancia entre cuerpos de 2 mm se consigue un tejido flexible y adaptable a diferentes partes del cuerpo, siendo el usuario de referencia una mujer de 65 kg y 24 años de edad. Finalmente, con una altura configurada de 1 mm se obtiene un tejido ligero y cómodo (peso estimado < 20 g para una pieza de 300 x 150 mm impresa en Poliuretano Termoplástico). La repetición de dicha matriz de impresión permite obtener una tela preparada para la confección.

En la tercera de las fases se eligen los materiales y se desarrolla el proceso por el cual incorporarles partículas de plata e iones negativos que permitan otorgarle al tejido las propiedades antimicrobianas y terapéuticas prometidas. Para inhibir el crecimiento y reproducción continua de bacterias, hongos y virus en las prendas, se lleva a cabo una mezcla de TPU con 20g de polvo de plata por cada 950g de plástico, extruida en una de bobina de filamento (1,75 mm) para ser empleada posteriormente en impresoras 3D. Cabe tener en cuenta que se trata de un termoplástico elastómero, que es un material con la capacidad de ser estirado a alargamientos moderados y, al liberar el esfuerzo, recuperar su forma original. Esto lo hace altamente adaptable a una variedad de aplicaciones donde se requiere flexibilidad y resistencia a la deformación. Además, tiene el potencial de ser reciclado, ya que puede ser moldeado y reutilizado como plástico, lo que lo convierte en una opción sostenible y versátil para diversas industrias.

Por lo que a iones concierne, se emplea un proceso de esprayado para que queden retenidos en la prenda. La técnica aplica dichos iones por esprayado y consiste en la combinación de varias boquillas difusoras dispuestas una al lado de la otra, que permiten cubrir la totalidad del ancho del tejido. El tamaño de las gotas que esprayan son tan finas que a este equipo también se le conoce como nebulizador. Al igual que en el método anterior, el tejido acabado debe pasar por un proceso térmico de secado y polimerizado. Para llevarlo a cabo hace falta contar con los siguientes materiales: *FUNCIONALIZADOR* (emisor de iones), *AUXILIAR* (Auxiliar suavizante), *ACABADOS* (Resinas).

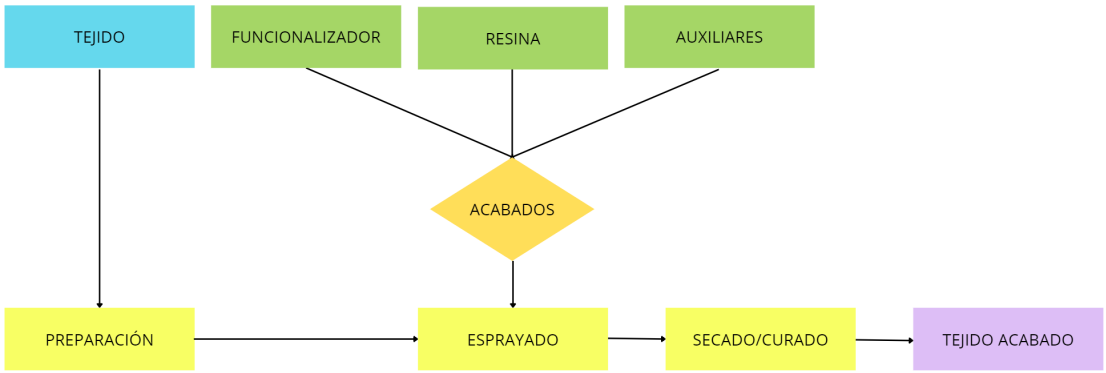


Figura 3. Diagrama de proceso – Esprayado.

Las concentraciones y temperaturas de los productos a aplicar dependerán de la cantidad de tejido con el que se cuente. Tanto las cantidades exactas como los grados centígrados de secado y curado son considerados datos confidenciales, propiedad de la empresa *ONDYTEC 2018 S.L.* Así pues, su colaboración ha sido crucial en el desarrollo del proyecto de innovación.

Con todos los procesos y materiales ya mencionados, el último resultado desarrollado durante la cuarta fase, es el propio tejido. Tras llevar a cabo adecuadamente la fabricación aditiva y aplicar sobre la tela los iones negativos, se obtiene una tela antibacteriana y terapéutica, pero también de calidad, cómoda y adaptable. Con ella es posible confeccionar desde prendas deportivas hasta complementos médicos, bolsos o incluso zapatos.

Los ensayos realizados en laboratorio confirman la presencia de aproximadamente 2.470 iones/m^3.

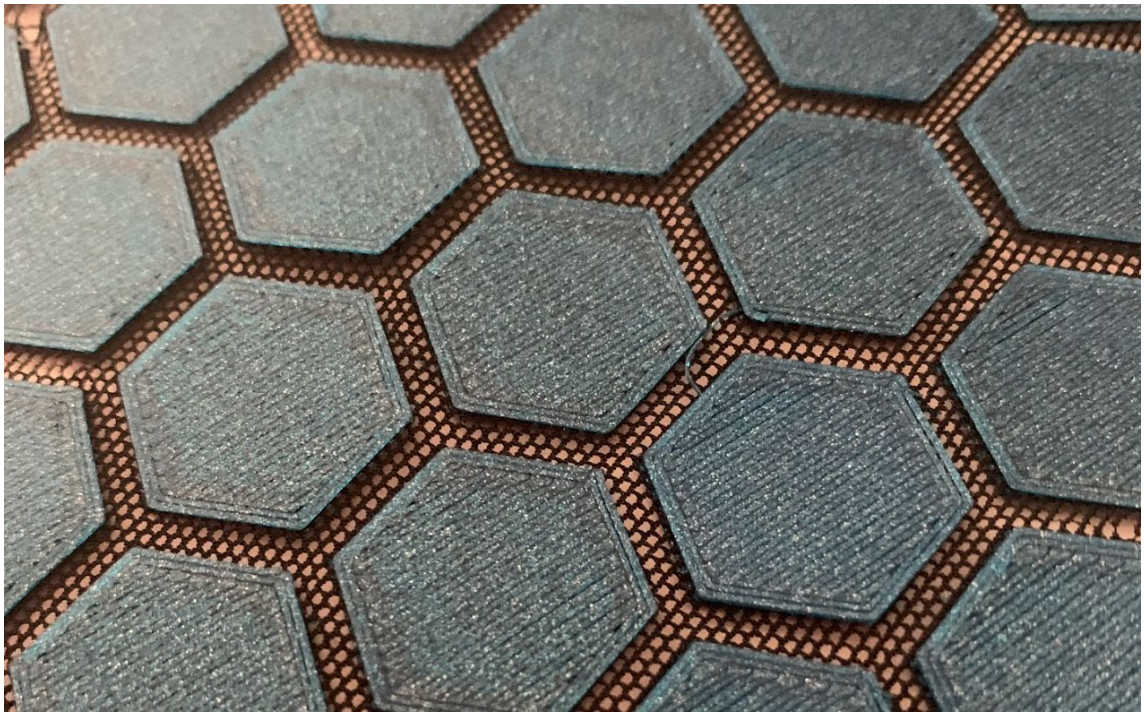


Figura 4. Detalle tejido desarrollado.



Figura 5. Ejemplo de prenda deportiva confeccionada.

CONCLUSIONES

La sociedad es conocedora hoy en día de la existencia de una necesidad que crece exponencialmente con el paso de los años. La búsqueda de un estado de bienestar físico y emocional se ha convertido en todo un reto a nivel social. Los gobiernos, las grandes empresas y las propias personas a nivel particular, tratan de encontrar prácticas y actuaciones que promuevan la salud en todos sus ámbitos.

Muchos sectores ya trabajan en la búsqueda de soluciones útiles y accesibles, siendo ahora el momento de que el textil de un paso al frente. Combinando tecnologías y materiales, se ha desarrollado un tejido impreso en 3D terapéutico y antimicrobiano.

Tras realizar una fase de investigación para determinar los requisitos del proyecto, junto a una fase de análisis para seleccionar la mejor de las metodologías, se ha obtenido un tejido totalmente funcional. Su ensayo en laboratorios ha permitido corroborar las propiedades prometidas por el mismo, acompañadas de calidad, comodidad y libertad.

Con todo ello, se espera seguir mejorando y desarrollando la propuesta para convertirla en una realidad. Abriendo la investigación a nuevas sinergias con institutos y empresas, el proyecto espera cobrar vida en un futuro cercano, ofreciendo una solución innovadora y eficaz a quienes buscan el tan deseado bienestar.

REFERENCIAS

[1] Mindell, Earl (2019). "La exposición a los iones negativos y sus beneficios para la salud". *La CLAVE del BIENESTAR – LOS EFECTOS POSITIVOS DE LOS IONES NEGATIVOS.* Lugar de publicación: Rubí (Barcelona, España). Editado por: EDICIONES OBELISCO, p.p. 144. ISBN: 978 84 9111 508 3

[2] Politano, Amani D; Campbell, Kristin; Rosenberger, Laura; Sawyer, Robert (2013). " Use of Silver in the Prevention and Treatment of Infections: Silver Review". *Surgical* Infections, v. 14, n. 1, p.p. 8 - 20. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23448590/

Modelado de arquitecturas orientadas a microservicios

Esparza-Peidro, Javier(1), Muñoz-Escoí, Francesc(1), Bernabéu-Aubán, José(1)
(1) Instituto Universitario Mixto Tecnológico de Informática; Universitat Politècnica de València, 46022 Valencia, España, jesparza@dsic.upv.es, fmunyoz@iti.upv.es, josep@iti.upv.es

RESUMEN

Las aplicaciones orientadas a microservicios presentan configuraciones de gran complejidad debido al gran número de componentes que interacciona entre sí. Este trabajo propone un lenguaje de modelado que permite definir su arquitectura, y que captura las características más importantes de este tipo de aplicaciones, proporcionando herramientas de abstracción que permiten manejar su complejidad. El modelo resultante es independiente de plataforma, y se puede desplegar de manera automática en distintos sistemas, atravesando previamente un proceso de traducción. Para demostrar la viabilidad de la aproximación se ha diseñado un editor de modelos gráficos y una herramienta de despliegue automático. Ambas herramientas se han aplicado para modelar y desplegar una aplicación de referencia en el sector.

Palabras clave: microservicio, arquitectura, modelado, lenguaje, ADL, hipergrafo.

INTRODUCCIÓN

La tendencia actual en el desarrollo de aplicaciones distribuidas escalables se centra en las arquitecturas orientadas a microservicios [1]. Se trata de aplicaciones compuestas por servicios pequeños e independientes, que proporcionan diversas ventajas con respecto a aproximaciones anteriores. Actualmente, los microservicios se suelen implementar con contenedores [2]. Los contenedores representan una alternativa eficiente, que permite encapsular con facilidad la aplicación junto con todas sus dependencias.

Debido a la complejidad de estas arquitecturas, en las que se ejecutan cientos o miles de microservicios, es necesario contar con orquestadores de contenedores [3], que automatizan gran parte de las operaciones. Estos sistemas se encargan de ejecutar un gran número de contenedores, interconectarlos y garantizan ciertas propiedades de escalabilidad y fiabilidad. Para ello, cada orquestador impone sus propios conceptos, herramientas y artefactos. En general, se trata de conceptos planos, de bajo nivel y ligados a tecnologías específicas.

En este contexto, el diseñador describe la arquitectura de sus aplicaciones mapeando los diferentes componentes de su aplicación a los recursos nativos gestionados por la plataforma. En ocasiones, esta correspondencia es muy difícil de conseguir o sencillamente no es posible, forzando al diseñador a modificar la arquitectura de la aplicación original. Además, si se desea desplegar la misma aplicación a una nueva plataforma, generalmente es necesario redefinir su arquitectura utilizando nuevas herramientas y recursos, o incluso rediseñar algunas partes de la misma para adaptarlas al nuevo entorno.

Esta circunstancia dificulta la especificación de estas aplicaciones tan complejas, así como su portabilidad. Un enfoque diferente sería describir la arquitectura de la aplicación original utilizando un lenguaje de definición de arquitectura o Architecture Definition Language (ADL) abstracto, capaz de capturar los patrones arquitectónicos más comunes, así como sus propiedades. De acuerdo con el estándar ISO/IEC/IEEE 42010-2022 [4], un ADL es cualquier tipo de expresión para describir una arquitectura software. Hoy en día es posible encontrar en la literatura cientos de ADLs diferentes, muchos de ellos definiendo los mismos conceptos con diferentes notaciones, o con sutiles diferencias semánticas; otros enfocándose en representar necesidades más específicas.

Sin embargo, es difícil encontrar lenguajes que se centren en modelar las características genuinas de las aplicaciones basadas en microservicios. Esta afirmación está apoyada por estudios sistemáticos como [], donde se identifica la ausencia de lenguajes de modelado adecuados y se concluye que disponer de un lenguaje de modelado de aplicaciones basadas en microservicios podría ayudar a razonar acerca de este tipo de sistemas. Además, dicho lenguaje podría utilizarse como punto de partida de una metodología dirigida por modelos [6], que automatice el despliegue de este tipo de aplicaciones en plataformas automatizadas, como otros trabajos [7] ya han anticipado.

OBJETIVOS

A continuación se listan los objetivos a alcanzar en el presente trabajo:

1.- Definir un modelo de referencia para describir la arquitectura de aplicaciones basadas en microservicios.

Este modelo debe recoger los conceptos fundamentales que permiten describir una aplicación basada en microservicios. No se pretende ser exhaustivo, pero sí cubrir un amplio espectro de este tipo de aplicaciones, en especial aquéllas basadas en contenedores. El resto del estudio se basa en los conceptos identificados en este modelo de referencia.

2.- Definir un lenguaje que permita modelar aplicaciones basadas en microservicios.

A partir del modelo de referencia descrito en (1), se define una sintaxis abstracta, y una concreta basada en texto, capaz de plasmar los aspectos más relevantes de una aplicación basada en microservicios. Es recomendable proporcionar también una notación gráfica, así como una herramienta de modelado, que facilite la creación de diagramas.

3.- Implementar una herramienta capaz de desplegar aplicaciones en una plataforma real.

Para validar la corrección y demostrar la utilidad del lenguaje propuesto en (2), se propone el diseño de una herramienta que traduzca los conceptos de alto nivel definidos en el mismo a los artefactos nativos proporcionados por una plataforma existente como Kubernetes.

4.- Validar la aplicabilidad del lenguaje de modelado y la herramienta de despliegue aplicándolos sobre una aplicación de referencia.

RESULTADOS

En primera instancia, se presenta el marco de referencia sobre el que se asienta el lenguaje de modelado que propone este trabajo.

Una aplicación orientada a microservicios está compuesta por distintos *componentes*. En tiempo de ejecución se crean múltiples *instancias* de cada componente. Cada instancia se crea a partir de ciertas fuentes y se puede configurar a través de *variables*. Además, una instancia puede acceder a *volúmenes*, que representan su espacio de almacenamiento persistente. Cada instancia atraviesa un determinado ciclo de vida, desde su creación hasta su destrucción. Cuando se producen cambios importantes en el ciclo de vida o en el entorno de la instancia, ésta es notificada por medio de *eventos*, dándole la oportunidad de inicializar o liberar recursos, o bien adaptarse a las circunstancias del nuevo entorno. Las instancias se comunican entre sí. Para ello, cada componente publica una interfaz compuesta por *endpoints* de entrada y de salida, que representan los servicios que publica o que requiere, respectivamente. Los componentes se conectan por medio de *conectores*. Un conector enlaza un endpoint de salida de un componente con un endpoint de entrada del mismo u otro componente. Existen distintos tipos de conectores que implementan distintos mecanismos de enrutamiento (e.g. balanceadores de carga, difusores pub-sub, etc.). Componentes y conectores se incluyen en componentes compuestos, denominados *composites*, que envuelven configuraciones complejas y las ocultan bajo la apariencia de un componente regular. Los composites poseen variables de configuración y exponen cierta interfaz, por medio de endpoints, que internamente se mapean a sus subcomponentes.

A partir de este modelo de referencia, se define un lenguaje de modelado que permite describir las características más relevantes de una aplicación orientada a microservicios. El lenguaje de modelado se define por medio de una sintaxis abstracta, utilizando MOF [8], que se mapea fácilmente a distintas sintaxis concretas, basadas en lenguajes de formato de datos como YAML [9]. Además, resulta muy útil utilizar una sintaxis gráfica informal. Para ayudar al diseñador a crear estos modelos de manera gráfica se ha desarrollado un editor de modelos, denominado Modeler.

A modo de ejemplo, la parte central de la figura 1 muestra un modelo gráfico de una aplicación orientada a microservicios. Como se puede observar, el punto de entrada de la aplicación es el conector *lb*. Representa un balanceador de carga, que distribuye las peticiones de entrada a las instancias del componente escalable *www*, que representa un servidor web. Este componente se conecta directamente con el composite *store*, que representa el espacio de almacenamiento de la aplicación, y está compuesto a su vez por el conector *ms*, y el subcomponente *db*. El conector *ms* representa a un enrutador de tipo maestro-esclavo, que siempre redirige las peticiones de entrada a la instancia líder del subcomponente *db*. Éste último representa a un sistema de bases de datos replicado, y sus instancias se comunican entre sí para coordinarse (e.g. elección de líder, replicación de datos, etc.)

En la parte superior de la figura se puede observar un posible despliegue de este modelo, dando lugar a una arquitectura concreta. En este trabajo las arquitecturas software se modelan formalmente utilizando hipergrafos [10], siguiendo una estrategia similar a la planteada en [11]. Como se puede observar en la figura, cada instancia se modela con un hiperarco que se conecta a múltiples vértices. Los vértices modelan la interfaz de la instancia, esto es, sus puntos de entrada y de salida. En este ejemplo particular, el balanceador de carga *lb* distribuye las peticiones entre dos servidores web.

Después, estos servidores utilizan un enrutador *ms* para acceder al sistema de base de datos, que en esta ocasión está compuesto por dos réplicas interconectadas. Además, se puede observar que cada instancia de la arquitectura se mapea a un componente/conector del modelo de la aplicación, utilizando un homomorfismo (en la figura se representa con flechas con línea discontinua). La existencia de este homomorfismo demuestra la validez de la arquitectura.

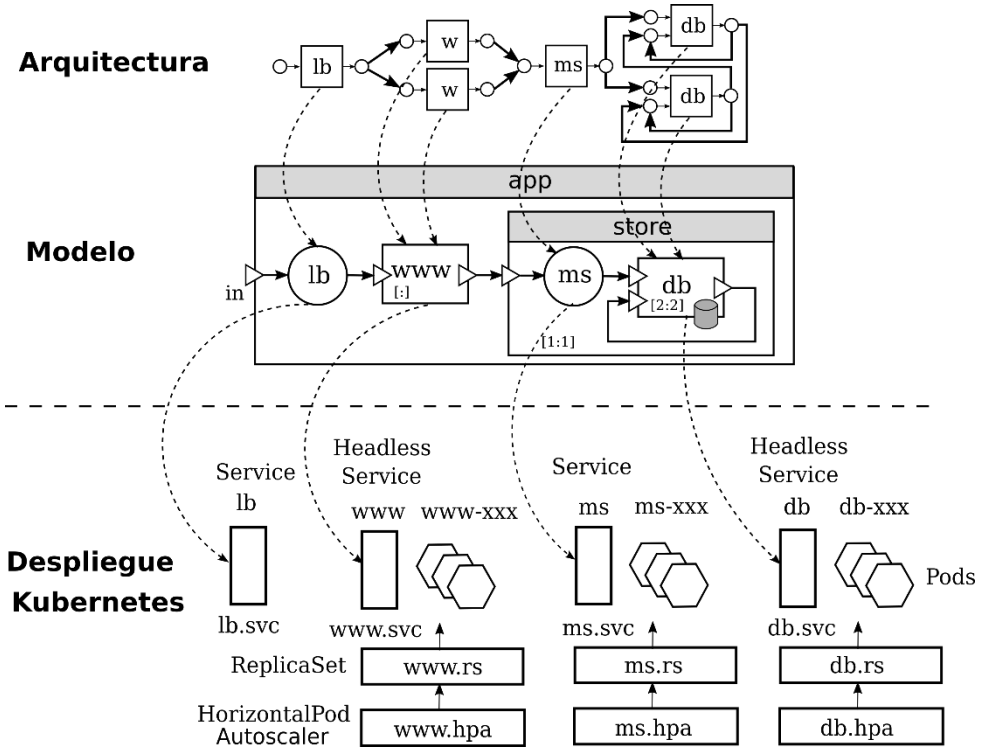


Figura 1. Ejemplo de modelo, arquitectura y despliegue en Kubernetes.

A partir del modelo de la aplicación, es posible generar todos los artefactos necesarios para desplegarla en una plataforma destino. Para ello, se ha desarrollado la herramienta Deployer [12], que por medio de un proceso de traducción es capaz de generar todos los recursos necesarios para desplegar la aplicación tanto en Kubernetes [13] como en Docker Compose [14], demostrando de este modo la generalidad de la aproximación.

Kubernetes es una plataforma muy popular que ejecuta contenedores en un clúster de máquinas. Para ello, expone distintos tipos de recursos para que el usuario cree y controle sus aplicaciones. Por ejemplo, un *Pod* representa en esencia un contenedor. Un *ReplicaSet* es un controlador que mantiene un número dado de Pods en ejecución. Un *HorizontalPodAutoscaler* es un controlador que monitoriza una colección de Pods y decide cuántas réplicas deberían de ejecutarse para cumplir con ciertos requisitos de consumo de recursos. Por último, un *Service* resuelve el problema de descubrimiento de Pods. Por un lado, referencia a una colección de Pods, publica una dirección IP y registra su nombre DNS, que se resuelve a su dirección IP. Por otro lado, redirige de manera balanceada todas las peticiones hacia los Pods referenciados. Si el Service es Headless entonces únicamente referencia a la colección de Pods y su nombre DNS se resuelve a las direcciones IP de los Pods referenciados.

En la parte inferior de la figura 1 se muestra un ejemplo de traducción a Kubernetes. Se puede observar que los conectores se traducen a un Service con el mismo nombre (véase el balanceador de carga *lb)*. En el caso de conectores personalizados, el Service redirige las peticiones a los Pods que implementan el conector (véase el conector maestro-esclavo *ms*). Los componentes dan lugar a un ReplicaSet y un HorizontalPodAutoscaler, que controlan a la colección de Pods que implementan el componente. Además, se genera un Service Headless, que permite resolver el nombre del componente a las direcciones IP de sus Pods (véase los componentes *www* y *db*). Todos los recursos generados en el proceso de traducción se almacenan en distintos ficheros. El Deployer permite tanto crearlos como destruirlos de manera ordenada en Kubernetes.

Por último, en este trabajo se ha procedido a modelar con el lenguaje propuesto una aplicación de referencia en el sector, denominada *TeaStore* [15], lo cual demuestra la aplicabilidad de la solución propuesta. El lector interesado podrá encontrar todos los detalles sobre ello en [16].

CONCLUSIONES

Para aliviar las dificultades inherentes al desarrollo y despliegue de las aplicaciones basadas en microservicios, este trabajo propone definir su arquitectura y sus propiedades utilizando un lenguaje de modelado específico. Para ello, se ha diseñado una herramienta, denominada Modeler, que permite crear dichos modelos de manera gráfica. Los modelos se almacenan en formato YAML. Posteriormente, utilizando una aproximación dirigida por modelos, el modelo se traduce y se despliega de manera automática en una plataforma destino. Para ello se ha creado una segunda herramienta, denominada Deployer. A partir de un modelo, el Deployer genera todos los recursos necesarios en la plataforma destino a través de un proceso de traducción. Actualmente es posible desplegar modelos en Kubernetes y en Docker Compose. Para demostrar la validez y aplicabilidad de la solución propuesta se modela y despliega una aplicación de referencia en el sector, denominada TeaStore.

REFERENCIAS

[1] Newman, S. (2021). Building Microservices: Designing Fine-Grained Systems. 2nd Ed. O'Reilly Media, Inc. ISBN: 9781492034025

[2] Jaramillo, D., Nguyen, D.V., Smart, R. (2016). Leveraging microservices architecture by using Docker technology. En: SoutheastCon 2016, p.p. 1–5. http://dx.doi.org/10. 1109/SECON.2016.7506647

[3] Pahl, C., Brogi, A., Soldani, J., Jamshidi, P. (2019). Cloud container technologies: A state-of-the-art review, IEEE Trans. Cloud Comput. 7 (3), p.p. 677–692. http://dx.doi. Org/10.1109/TCC.2017.2702586

[4] ISO/IEC/IEEE (2022). Software, systems and enterprise – Architecture description (42010:2022). https://www.iso.org/standard/74393.html

[5] Di Francesco, P., Lago, P., Malavolta, I. (2019). Architecting with microservices: A systematic mapping study, Journal of Systems and Software 150, p.p. 77–97. http://dx.doi.org/10.1016/ j.jss.2019.01.001

[6] Rodrigues da Silva, A. (2015). Model-driven engineering: A survey supported by the unified

conceptual model, Comput. Lang. Syst. Struct., vol. 43, p.p. 139-155

[7] Esparza- Peidro J., Muñoz-Escoí, F.D. (2011). Towards the next Generation of Model Driven Cloud Platforms. En: CLOSER 2011 - Proceedings of the 1st International Conference on Cloud Computing and Services Science, Noordwijkerhout, Netherlands, p.p. 494–500

[8] Object Management Group (2016). About the meta object facility specification version 2.5.1. URL https://www.omg.org/spec/MOF/About-MOF/, accedido: 02-02-2024

[9] YAML Language Development Team (2021). YAML specifications. https://yaml.org/, accedido: 02-02-2024

[10] Habel, A. (1992). Hyperedge Replacement: Grammars and Languages. En: Lect. Notes Comput. Sci., vol. 643, Springer.

[11] Bruni, R., Bucchiarone, A., Gnesi, S., Melgratti, H. (2008). Modelling dynamic software architectures using typed graph grammars. Electron. Notes Theor. Comput. Sci. 213(1), p.p. 39–53

[12] Esparza-Peidro, J. Komponents. https://github.com/jaespei/komponents, accedido: 24-06-2024

[13] The Linux Foundation. Kubernetes. https://kubernetes.io, accedido: 24-06-2024

[14] Docker Inc. Docker compose. https://github.com/docker/compose, accedido: 24-06-2024

[15] von Kistowski, J., Eismann, S., Schmitt, N., Bauer, A., Grohmann, J., Kounev, S. (2018). TeaStore: A micro-service reference application for benchmarking, modeling and resource management research. En: 26th Int. Symp. on Model., Anal., and Simul. of Computer and Telecommun. Syst. (MASCOTS). IEEE, pp. 223–236

[16] Esparza-Peidro, J.; Muñoz-Escoí, F. D.; Bernabéu-Aubán, J. M. (2024). Modeling microservice architectures, Journal of Systems and Software, Volume 213, 112041, ISSN 0164-1212, https://doi.org/10.1016/j.jss.2024.112041

Análisis de causas del absentismo en alumnos universitarios. Caso: Diseño Básico y Creatividad

Sempere Ripoll, Silvia[1], Morante Bonet, Miriam[2], Parreño Sempere, Fran[3]
Departamento de Dibujo. Universitat Politècnica de València
[1] ssempere@dib.upv.es [2] mmorante@dib.upv.es [3] fraparse@dib.upv.es

RESUMEN

La presente investigación parte de la respuesta de un grupo de estudiantes matriculados en la asignatura Diseño Básico y Creatividad del Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos, en la Universitat Politècnica de València. Se pretende determinar los motivos principales del absentismo en las sesiones teóricas de la asignatura. Partiendo de la recopilación de diversas opiniones, según la técnica del focus group y una encuesta, se han identificado sus preferencias. Se resumen a continuación: se reconocen como la generación "Z" por lo que solicitan más sesiones interactivas a la hora de abordar la formación teórica; proponen ser más autónomos en su aprendizaje e integrar herramientas relacionadas con nuevas tecnologías y las redes sociales; atienden con mayor interés a las explicaciones cortas y conceptos específicos, que a las explicaciones extensas o en abstracto; y valoran la aplicación práctica de la teoría.
El artículo presenta evidencias acerca de la fluctuación del compromiso con el aprendizaje. Y concluye con algunas recomendaciones para introducir métodos más flexibles que estimulen su interés y promuevan la asistencia y la participación en el aula. El resultado formará parte de un proyecto PIME acerca de la autorregulación del aprendizaje de los estudiantes universitarios.

Palabras clave: absentismo; interacción; autorregulación; aprendizaje auténtico.

INTRODUCCIÓN

La problemática entorno a la asistencia a los centros educativos por parte del estudiantado no es una preocupación reciente, se trata de una problemática constante y creciente en el ámbito de la educación universitaria. En la Universitat Politècnica de València, dentro del Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos y tomando como referencia la asignatura de segundo curso Diseño Básico y Creatividad, se ha observado una relación inversa entre la asistencia y el carácter de la sesión docente en el siguiente escenario: a mayor contenido teórico previsto para la sesión, menor volumen de asistencia en los estudiantes matriculados.
Esta situación no es un hecho aislado puesto que, en estos momentos presenta, a nivel global, una tendencia al alza mucho más evidente en las instituciones de educación superior [1, 2]. Entender las razones que están detrás de este absentismo en las enseñanzas a nivel superior es crucial para desarrollar estrategias efectivas que refuercen el compromiso con el proceso de aprendizaje. Lo que, en definitiva, nos conduciría a una mayor asistencia al aula y, por tanto, una mejora del rendimiento académico [3].

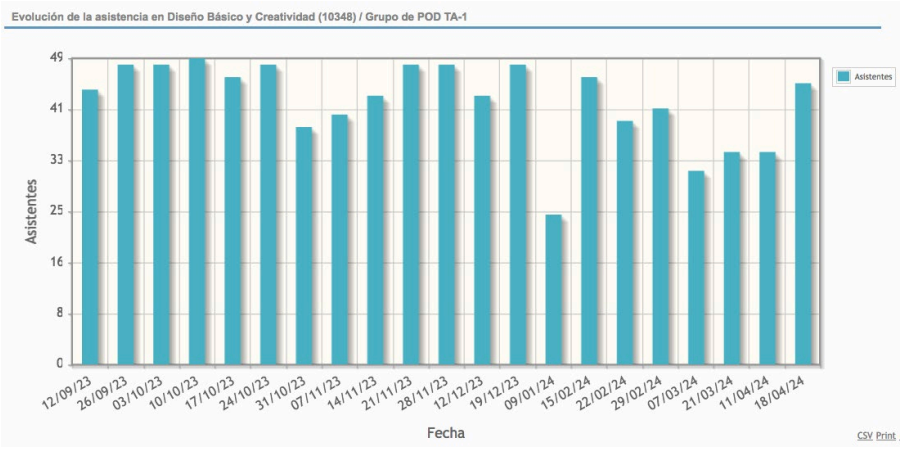


Figura 1. Diseño Básico y Creatividad 10348_ Grupo de teoría 1

Fuente: Intranet UPV. Gestión de Asignatura. Información de Asistencia.

Estadística 2023/2024

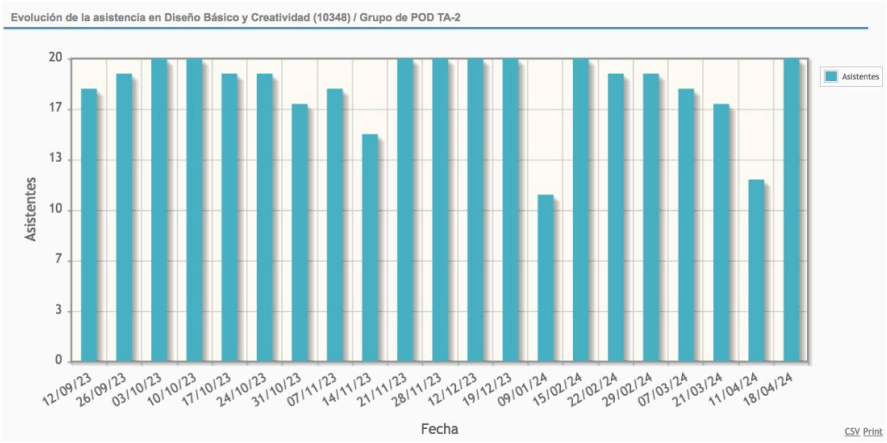


Figura 2. Diseño Básico y Creatividad 10348_ Grupo de teoría 2

Fuente: Intranet UPV. Gestión de Asignatura. Información de Asistencia.

Estadísticas 2023/2024

La investigación en torno a esta problemática se ha llevado a cabo recurriendo a la técnica del focus group y a una encuesta posterior. Y se ha contextualizado brevemente con estudios previos similares para corroborar los resultados obtenidos.

Durante el *focus group,* en el que se involucraron seis alumnos de la asignatura *Diseño Básico y Creatividad*, se expusieron varias temáticas que les proporcionaron argumentos para opinar sobre todo aquello relacionado con la asistencia o no asistencia al aula. Aunque las cuestiones estaban centradas principalmente en las preferencias de aprendizaje, lo más importante era conocer su propia percepción acerca de las metodologías docentes implementadas en la asignatura durante el curso 2023/2024. Las sesiones fueron grabadas y transcritas para su análisis, con el objetivo de obtener los comentarios, las reacciones y la información necesaria para iniciar este estudio.

Con el *focus group*, se definieron los puntos a investigar en profundidad, posteriormente se llevó a cabo una encuesta de 6 preguntas que, contestaron 69 estudiantes matriculados en la asignatura.

Este trabajo forma parte de la primera fase del proyecto PIME Estrategias de autoconocimiento de *design thinking* y *life design*, aplicadas a la mejora de la autorregulación del aprendizaje de los estudiantes universitarios.

OBJETIVOS

El primer objetivo fundamental de esta investigación se centra en analizar la relación inversa entre la metodología educativa empleada y la asistencia del alumnado en la asignatura de Diseño Básico y Creatividad 2023/2024.
En este artículo se indaga en la conexión entre el absentismo y la motivación con la asignatura, para, a partir de los datos obtenidos, desvelar los motivos que generan un descenso en la asistencia al aula, particularmente a las sesiones de teoría.
En función de las respuestas obtenidas, el objetivo se centra en proponer diversas pautas correctoras enfocadas a contrarrestar este comportamiento generalizado en los estudiantes universitarios.
Por último, el interés de la investigación también versa en replantear la programación de esta asignatura para el curso 2024/2025, diversificar las metodologías a emplear en las sesiones presenciales y realizar un seguimiento de la implementación de estos cambios para identificar sus efectos y poder establecer una comparativa en cuanto a la asistencia y la participación de los dos últimos años.

RESULTADOS

A continuación, se describen los resultados obtenidos en la investigación detallando diversos aspectos relacionados con las preferencias del aprendizaje que, según el análisis llevado a cabo, influyen en la asistencia a la asignatura: el nivel de interactividad, el uso de tecnologías, la autonomía en el aprendizaje y la aplicación práctica de la teoría.

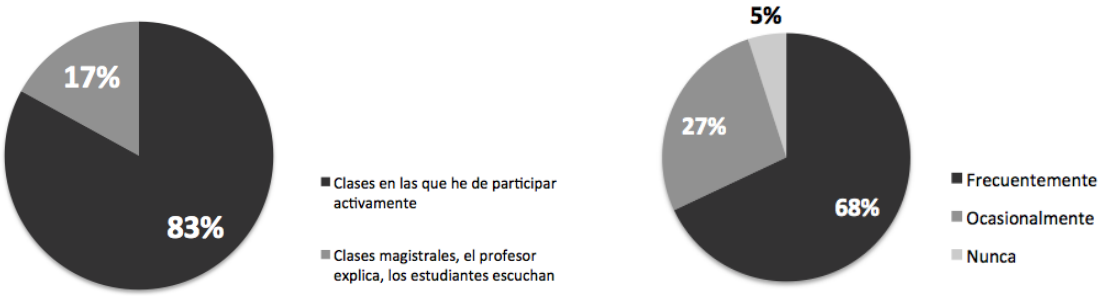
Con respecto al nivel de interactividad: según la figura 3, la encuesta ha revelado que el 83% de los estudiantes prefieren las sesiones en donde se fomente la participación, frente al 17% que lo ha manifestado por las sesiones teóricas tradicionales. Lo que indica una clara deferencia por la recepción interactiva de la información, en detrimento de los modos en los que esta fluye unilateralmente de un único emisor.

Estudios anteriores muestran una preferencia creciente por metodologías activas y participativas en las que se identifica, en los métodos de aprendizaje activo, un aumento significativo de la retención de conocimientos y de la satisfacción de los estudiantes [4]. Del mismo modo, otras demostraron que las clases interactivas pueden reducir las tasas de fracaso en un 55% en comparación con los resultados obtenidos en las clases tradicionales [5].

En las figuras 1 y 2, se señala un descenso significativo en la asistencia de los días 31/10/2023, el 14/11/2023 y 09/01/2024. Esto puede atribuirse a que la anticipación de que el profesor iba a impartir la sesión en forma de ponencia o clase magistral condujo a que muchos estudiantes declinaran la asistencia.

Con respecto al uso de tecnologías: en la figura 4, el 68% de los encuestados indicaron que utilizaban plataformas como YouTube habitualmente para complementar su aprendizaje. Además, el 79% afirmó que les gustaba utilizar otras herramientas

digitales para acceder a materiales educativos ya confeccionados. Estos datos reflejan la incorporación natural de otros recursos en línea, y una tendencia en el estudiantado más partidario del aprendizaje autodirigido.



Figuras 3 – 4. Gráficos con el porcentaje de respuestas. Fuente: Elaboración propia.

Fig. 3 ¿Prefieres las clases en donde has de participar activamente o las clases donde el profesor principalmente explica la teoría mientras escuchas la explicación? **Fig.4** ¿Usas plataformas como YouTube y otras redes sociales para apoyar tu aprendizaje durante la asignatura?

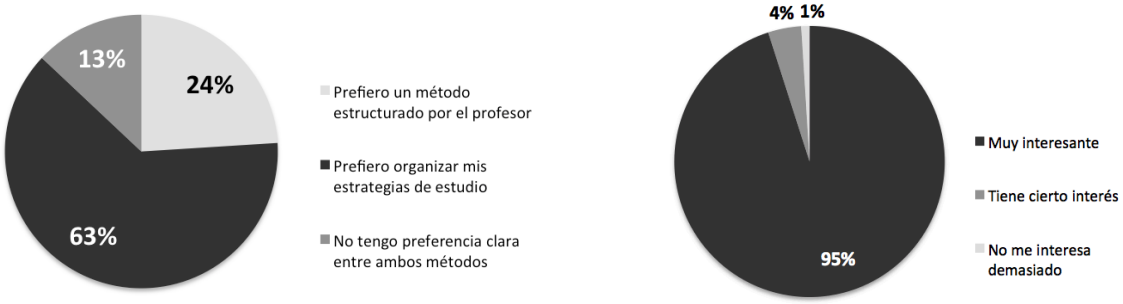
Estudios previos han detectado los beneficios para el proceso de aprendizaje del uso de las redes sociales y las diferentes plataformas de video [6], porque los estudiantes accedían a diferentes informaciones y conocimientos de manera más flexible y personalizada. Otros estudios más recientes han señalado que las plataformas de aprendizaje en línea como YouTube eran altamente valoradas, básicamente por su eficacia para proporcionar explicaciones concisas y específicas [7].

Según los gráficos estadísticos de las figuras 2 y 3, los días 10/10/2023 y 19/12/2023, resultaron ser los más concurridos y con mayor participación respecto del conjunto global de la asignatura. Los estudiantes tenían conocimiento de la dinámica de trabajo que se basaba en parte del visionado, un coloquio y un debate sobre documentales del ámbito del diseño (que, por otro lado, eran totalmente accesibles en YouTube).

Con respecto a la autonomía en el aprendizaje: Según la figura 5, casi una tercera parte de los estudiantes, el 63% expresaron que les gusta tener libertad para organizar sus propias estrategias de estudio, cuándo y cómo aprender, frente a un 24% se sentían más cómodos con un aprendizaje estructurado y dirigido por el profesorado.

Estudios recientes afirman que muchos estudiantes se reconocen como nativos digitales y están acostumbrados a acceder a la información de manera rápida y personalizada. Por lo tanto, la enseñanza tradicional, que se centra en la transmisión de información de manera más pasiva, no satisface sus expectativas de aprendizaje [8, 9].

Con respecto a la aplicación práctica de la teoría. En la figura 6, el 95% de los participantes han presentado mucho interés en las sesiones que han incluido o integrado casos concretos, problemas resueltos, casos profesionales, y/o proyectos del profesorado. Así que, los estudiantes prefieren visualizar resultados prácticos de carácter profesional y de clara aplicación a situaciones reales. Consideran que es una experiencia motivadora y beneficiosa para su futura profesión particular.



Figuras 5 - 6. Gráficos con el porcentaje de respuesta. Fuente: elaboración propia.

Fig. 5. ¿Prefieres seguir un método de estudio estructurado por el profesor u organizar tus propias estrategias de estudio, incluyendo cuándo y cómo estudiar? **Fig. 6.** ¿Te resulta de interés que en las clases se incluyan casos concretos, ejemplos profesionales y proyectos que muestren resultados prácticos aplicables a situaciones reales?

Los datos obtenidos encuentran consistencia en varios estudios previos que señalan un cambio en las preferencias de aprendizaje de los estudiantes de la generación actual, que so eco del "aprender haciendo" es una de las máximas desarrollada en el *modelo de aprendizaje experiencial* [10]. Subrayamos los entornos de aprendizaje auténticos, que incorporan casos reales, mejoran la comprensión y la aplicación de los conocimientos teóricos [11].
De nuevo, se observa una correlación directa entre la asistencia a la asignatura y el aprendizaje experiencial, en las sesiones de los días 03/10/2023 y 15/02/2024 con el consiguiente conocimiento previo por parte de los estudiantes.

CONCLUSIONES

Esta investigación pone de manifiesto que es recomendable adaptar las metodologías docentes a las nuevas realidades y preferencias en pro de la mejora de la atención en entornos educativos. Los resultados indican, sin lugar a duda, que los estudiantes que han crecido con plataformas como YouTube y otras herramientas digitales prefieren métodos de enseñanza más interactivos y participativos. Además, valoran la autonomía en su aprendizaje y la aplicación práctica de la teoría en situaciones del mundo real.
La implementación de dinámicas interactivas y participativas no solo puede mejorar la asistencia en las aulas, sino también aumentar la motivación y el compromiso de los estudiantes. El uso de tecnologías digitales como complementos educativos ofrece mayor flexibilidad y los estudiantes lo encuentran muy atractivo, puesto que les permite intervenir en sus tiempos de aprendizaje, según sus propias estrategias, cumpliendo con los objetivos de cada materia. Asimismo, la incorporación de casos reales y experiencias profesionales del profesorado en el discurso educativo permite que los conceptos teóricos adopten un cariz más relevante, por lo que de aplicable representará en sus futuras carreras profesionales.
En definitiva, adaptar las metodologías docentes a las preferencias de los estudiantes actuales puede mejorar la asistencia en las aulas, lo que se ve reflejado en el correspondiente rendimiento académico y, en última instancia, en la satisfacción personal del estudiante.
Este artículo trata de proporcionar un marco comprensivo para combinar diversas estrategias educativas a partir de la estadística de asistencia que evidencian la fluctuación negativa en relación con los contenidos teóricos programados, con el fin de

mejorar la participación e interés en las sesiones teóricas presenciales. En este proceso, tomando como punto de partida la asignatura Diseño Básico y Creatividad, se han visto reflejadas las tendencias y preferencias actuales de los estudiantes universitarios, que proponemos sirva de referencia en términos generales para el ámbito educativo superior.

REFERENCIAS

[1] Basken, Paul (2023). Class attendance in US universities 'at record low'. Times Higher Education. https://www.timeshighereducation.com/news/class-attendance-us-universities-record-low

[2] VV.AA. (2023). Informe CYD 2023. Fundación Conocimiento y Desarrollo. https://www.fundacioncyd.org/publicaciones-cyd/informe-cyd-2023/

[3] Credé, Marcus; Roch, Sylvia G.; Kieszczynka, Urszula, M. (2010). "Class Attendance in College: A Meta-Analytic Review of the Relationship of Class Attendance with Grades and Student Characteristics". Review of Educational Research, 80, p.p. 272-295.

[4] Prince, Michael (2004). "Does active learning work? A review of the research". Journal of Engineering Education, 93, 3, pp. 223-231.

[5] Freeman, Scott; Eddy, Sarah; Smith, Michelle; McDonough, Miles (2014). "Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics". Proceedings of the National Academy of Sciences, 111, 23, pp. 8410-8415.

[6] Chen, Baiyun; Bryer, Thomas (2012). Investigating instructional strategies for using social media in formal and informal learning. The International Review of Research in Open and Distributed Learning, 13, 1, pp. 87-104.

[7] Kizilcec, René. F.; Piech, Chris.; Schneider, Emily (2013). "Deconstructing disengagement: analyzing learner subpopulations in massive open online courses". En Proceedings of the third international conference on learning analytics and knowledge, pp. 170-179.

[8] Prensky, Marc (2001). "Digital Natives, Digital Immigrants". On the Horizon. MCB University Press, 9, 5, pp. 1-6.

[9] Oblinger, Diana G. & Oblinger, James L. (Eds.) (2005). "Educating the Next Generation" Educause.

[10] Kolb, David A. (1984). "Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development". Editado por: Prentice Hall.

[11] Herrington, J. & Oliver, Ron (2000). "An instructional design framework for authentic learning environments". Educational Technology Research and Development, 48, 3, pp. 23-4.

Métodos remotos no invasivos. Otras posibilidades de evaluación emocional en los videojuegos

Blanes-Giner, Hugo[(1)]

(1) Departamento de Ingeniería Gráfica, Universidad Politécnica de Valencia, 03801 Alcoy, España. hublagi@degi.upv.es

RESUMEN

La industria de los videojuegos es uno de los ámbitos con mayor volumen de negocio en la actualidad, por lo que se impone la necesidad evaluar el alcance de las expectativas de los usuarios para garantizar el éxito de cualquier producto.

En este artículo se explica brevemente los métodos de evaluación de productos digitales como los videojuegos, con los que las empresas del sector mejoran sus proyectos.

Por un lado, los basados en la recolección masiva de datos, de manera no consciente por parte del usuario, para su posterior interpretación mediante complejos algoritmos, y por otro, los que consisten en la realización de complejas sesiones de prueba de los productos contando con la participación de los usuarios.

Para concluir, se propone un tercer método menos invasivo para el consumidor, que se realiza de manera remota, en su entorno habitual de juego, mientras está desarrollando sus habilidades con normalidad y lejos de observadores externos.

Este método pretende explorar las emociones experimentadas por el usuario durante sus sesiones lúdicas de videojuegos y que además recopilar información útil para mejorar estos productos.

Palabras clave: Diseño, videojuegos, usabilidad, evaluación, emociones.

INTRODUCCIÓN

Estamos en pleno siglo del entretenimiento y si hay una industria que destaca por encima del resto, esa es la de los videojuegos. Con una facturación en 2019 de 120,1 mil millones de dólares [1], la industria del videojuego se ha convertido en el motor económico de muchos países desarrollados.

Pero ¿quién consume esos videojuegos? Las personas, los usuarios, los jugadores, los conocidos como *gamers*. Se estima que a final del año 2023 había en el mundo un total de 3.380 millones de *gamers*. 3.380 millones de potenciales consumidores de un producto de entretenimiento. Sin ir más lejos, uno de los videojuegos más vendidos de la historia es Mario Kart 8 (Nintendo Switch) con 62,9 millones de unidades [2].

Pero dejando de lado las cifras económicas apabullantes de la industria de los videojuegos, hemos de bajar hasta el “cliente” de dicha industria, el usuario.

La relación de los usuarios con los videojuegos es un asunto de vital importancia para las empresas desarrolladoras. El verdadero reto es conseguir que los juegos conecten con ellos, que les genere ganas de jugar y sobre todo ganas de comprarlos.

La industria, tradicionalmente ha centrado sus esfuerzos en ofrecer las mejores y más novedosas experiencias: mejor diseño y dirección artística, mejores narrativas,

innovación en los controles, mayor calidad de visualización, mayor re-jugabilidad y experiencias de realidad virtual. Todo ello con el único objetivo de proporcionar la mejor experiencia de usuario al jugador.

El problema es que no siempre las compañías han tenido en cuenta aquello que el usuario quiere. Es por ello por lo que entra en acción un concepto conocido como el "diseño centrado en las personas", una filosofía de diseño, acuñada en 1993 por el psicólogo y especialista en ingeniería de la usabilidad Don Norman [3] que tiene por objetivo la creación de productos o servicios que resuelvan necesidades concretas de sus usuarios finales.

Una estrategia que sitúa al usuario en el centro de todo proceso de diseño y cuyas decisiones se basan en las necesidades de estos. Unas necesidades que han de ser, previamente, investigadas y analizadas, y finalmente evaluadas para conocer si se está yendo por el buen camino o, por el contrario, se ha de iterar y volver a fases más iniciales del proyecto.

Precisamente de esto, de evaluar, de métodos de evaluación de videojuegos, tanto presenciales, que son las que involucran a usuarios de manera activa, como online, en la que los usuarios aportan datos, pero no son conscientes de ello, es de lo que trata este artículo. Evaluación emocional en los videojuegos.

Método 1: Las compañías y la información

Las compañías desarrolladoras de videojuegos necesitan la mayor cantidad de información sobre sus usuarios para poder desarrollar mejores productos o que se adapten mejor a las necesidades de los usuarios/jugadores.

Para la obtención de este tipo de información las compañías utilizan dos métodos generales: la obtención de datos en línea y la offline o presencial.

De entre los modos más habituales de recopilar datos online se encuentran: el registro de cuentas, los **datos de juego**, las cookies y el seguimiento en línea, las interacciones en redes sociales, así como el lanzamiento de encuestas a usuarios y comentarios en plataformas de distribución como *Playstation Network*, *Steam* o *EpicStore*. Además, se practica la discutible compra de datos dentro de las aplicaciones (in-app purchases), para recopilar comportamientos y tendencias de sus usuarios.

El almacenamiento de datos de los usuarios en forma de registro de cuentas para poder utilizar cualquier servicio es algo habitual y obligatorio. Las interacciones en redes sociales, el hecho de compartir con tus amigos y contactos los logros en los videojuegos, permita conectar las cuentas de las distintas redes, así, obtienen datos sobre preferencias, contactos, hábitos de consumo, entre otros.

De todas estas prácticas, la más interesante es la recolección de datos de juego. Supone una práctica común en la industria de los videojuegos y que, dependiendo del tipo de juego, de la plataforma y de las políticas de privacidad de la empresa, se realiza de una manera u otra.

Entre las formas de recopilación de datos destacan los siguientes métodos [4]:

- Registro de eventos de juego, que se refiere a las acciones realizadas de manera específica por parte del jugador dentro del juego: registro de logros, superación de niveles de complejidad o interacciones sociales.
- Análisis de datos en tiempo real, que engloba el tiempo de juego o el número de accesos al juego. Se registra el comportamiento del jugador: cómo navega dentro

de la interfaz, que características utiliza o que opciones de personalización escoge. Además, de su ubicación geográfica (mediante el rastreo de la IP de la videoconsola u ordenador personal). Tal y como se describe en “Super Mario. Todo empezó con Mario” [5], Nintendo tuvo que cancelar el lanzamiento de la secuela de Super Mario en Europa y Estados Unidos debido a que los niveles de dificultad se ajustaban dependiendo de la ubicación de los jugadores. Tuvo que sustituirlo por un juego completamente distinto y más accesible.

- Por último, se encuentran el *feedback* del usuario, que consiste en la solicitud de información mediante encuestas, los datos de juego en la nube que implican a juegos que se ejecutan en servidores remotos y que proporcionan información sobre tiempos de carga del juego, uso de ancho de banda de la red o comportamiento del servidor.

Método 2: Las pruebas de juego

Las compañías suelen realizar pruebas de usabilidad con determinados usuarios para comprobar el correcto funcionamiento de sus productos. Tanto en cuestiones técnicas como en cuestiones ergonomía del juego.

Como se ha mencionado, para esta investigación, se ha recurrido a una encuesta que entre otras cuestiones se centra en el factor social de los videojuegos. Las preguntas guardan relación con el rendimiento de los jugadores y el hecho de sentirse observados, como, por ejemplo: si les influencia sentirse observados mientras jugaban, a lo que la mayoría (un 54%) ha contestado que “dependía del juego”, mientras que, en la siguiente pregunta, se ha pedido que hiciesen una valoración general de su juego mientras se sentían observados, a lo que la mayoría (33 participantes de 41) ha respondido que estaban más incómodos jugando, si se sentían observados.

La respuesta de los expertos concluye que, aunque no se puede establecer una regla, los jugadores a los que se les informa de que van a ser observados por algún tipo de autoridad, bajan el rendimiento, la motivación e incrementa su estado de ansiedad, no les afecta cuando hay un investigador mirando. En cambio, su rendimiento mejora sustancialmente, cuando se saben observados por otros jugadores [6]. Entonces esta cuestión, se puede se puede interpretar como “de vez en cuando”.

Las pruebas que se realizan para evaluar un videojuego involucran a jugadores de manera presencial y a evaluadores que observan su comportamiento, se destacan:

- **Pruebas de juego (playtesting):** una de las técnicas más importantes para evaluar la jugabilidad de un juego. Implica que jugadores reales prueben el juego en desarrollo y proporcionen retroalimentación sobre su experiencia. Estas pruebas pueden realizar tanto internamente por el equipo de desarrollo, como externamente con jugadores objetivos seleccionados.
- **Grabación de sesiones de juego:** Se pueden grabar las sesiones de juego de los testers para revisar posteriormente la interacción. Lo que proporciona información adicional sobre el comportamiento de los jugadores, los puntos problemáticos y las áreas de mejora.
- **Eye Tracking**: Es una técnica utilizada para comprender cómo se visualiza un juego. Esta tecnología utiliza dispositivos y especiales para rastrear y registrar los movimientos oculares de los jugadores mientras juegan. Existen dispositivos basados en hardware como los de la marca Tobii, que implica la instalación de un periférico a la altura de los ojos, y otros basados en software, como Gazerecorder,

un programa de seguimiento ocular que utiliza la webcam integrada en el ordenador.

Todas las pruebas descritas son invasivas con usuario, y teniendo en cuenta el grado de afectación que tiene sobre un jugador, la cuestión es si son realmente fiables estas pruebas, o es posible captar la reacción auténtica de un jugador durante el juego.

Es a partir de aquí es cuando se plantea la siguiente cuestión fundamental para este artículo, ¿es posible evaluar un juego realizando una prueba a distancia en la que el jugador esté cómodo en su ambiente?, y lo más importante, ¿es posible captar las emociones que un usuario está sintiendo cuando juega y traducirlo en datos de usabilidad y evaluación? Esto es lo que se tratará de averiguar en el punto siguiente.

El diseño de la prueba:

Hasta ahora, todos los sistemas de evaluación de un videojuego se basan cómo es de intuitiva su interfaz de usuario, si el juego es fácil o difícil y en otros aspectos técnicos, sin contar con del factor emocional del jugador. Entonces ¿podemos monitorizar sus emociones para mejorar los productos futuros?

La investigación trata de demostrar que es posible realizar una evaluación emocional a distancia sin que el jugador tenga que desplazarse para realizar la prueba y sin requerir a un observador continuamente. Para ello es necesario abordar una serie de metodologías que nos ayuden en el experimento.

A continuación, se exponen las dos metodologías que se han utilizado en el proceso de diseño de la prueba: *user persona* y *escenarios*.

User persona, *es la descripción de un usuario arquetípico que puede servir como guía a lo largo del proceso de diseño* [7], mientras que un **escenario** *es una técnica de modelado que consiste en describir de manera narrativa cómo utiliza un usuario el producto para lograr sus objetivos. Se elabora a partir del método personas y describe con detalle una interacción ideal entre estas y el sistema, siempre desde el punto de vista del usuario* [8].

METODOLOGÍA

Los colaboradores seleccionados fueron dos: “Sara”, mujer de 16 años y “Antonio”, hombre de 44 años. Estos perfiles se elaboraron en base a los resultados de la encuesta realizada a 72 personas en marzo de 2024.

A hora de diseñar el experimento, lo más importante era que pudiera ser realizado de manera remota por cualquier usuario, por tanto, el equipamiento necesario debía de estar al alcance de todos los usuarios sin requerir ningún hardware adicional [9]. Así, el equipamiento escogido fe un ordenador no especializado en juego (MacBook Pro) con webcam, un controlador de juego conectado por Bluetooth y un software de grabación llamado OBS Studio (gratuito y de código abierto).

El equipamiento ha permitido grabar de manera sincronizada la pantalla y el rostro del jugador durante el juego. Todo ello mostrado en una misma pantalla de video gracias al software OBS Studio y compuesto en una plantilla de grabación (figura 1).



Figura 1. Fotograma de la prueba. Elaboración propia.

Los juegos para la realización de la prueba han sido Jetpack Journey 2 y TNMT Splintered Fate, de la plataforma AppleArcade, con una dificultad moderada.

La prueba tuvo lugar los días 26 y 29 de mayo de 2024 con la participaron tres colaboradores. El procedimiento estaba dividido en cuatro partes: explicación, juego 1, juego 2 y valoración final.

Análisis de los resultados

Para el análisis de los resultados se escogió una tecnología de reconocimiento facial (efectividad del 97,53%) basada en inteligencia artificial pre-entrenada llamada DeepFace [10]. Una herramienta capaz de analizar imágenes fijas y ofrecer datos como: edad, género, emociones, etc.

La herramienta genera una gráfica inteligible al usuario en el que se muestran los porcentajes de las distintas emociones que tiene pre-entrenadas: enfado, asco, miedo, felicidad, tristeza, sorpresa y emoción neutral (figura 2).

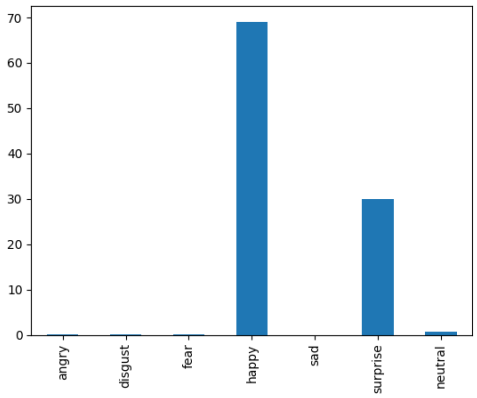


Figura 2. Resultados del análisis. DeepFace.

Resumen del resultado

Se ha comprobado que, aunque del creador del software afirma que el algoritmo pre-entrenado tiene una muy alta efectividad, en la práctica no ha demostrado tal eficacia.

DeepFace ha presentado dificultades para detectar expresiones en algunos fotogramas con el jugador 2, porque ha interpretado erróneamente muchas expresiones, como

felices. Con la jugadora 1, el algoritmo se ha mostrado mucho más eficiente. Se propone ampliar a otros participantes para una recopilación de datos más fiable.

Por todo esto, se plantea la recopilación de las emociones manifestadas a partir de expresiones faciales, asociadas a la experiencia de usuario (UX) para mejorar, desarrollar o proyectar distintos productos digitales relacionados con los videojuegos.

CONCLUSIÓN

Después de este breve análisis se puede afirmar que se es posible registrar y analizar las emociones de los jugadores y conectarlas con su experiencia de usuario (UX) con el fin de mejorar determinados productos y diseñar otros más evolucionados en el futuro.

Es posible que, con un equipamiento sencillo el usuario se sienta más cómodo jugando a un videojuego y al mismo tiempo colabore en la evaluación del producto realizada por parte de la empresa

Es viable establecer una relación entre el juego y las emociones registradas en el proceso con el objetivo de mejorar la experiencia de usuario.

Por lo que se concluye que, la tecnología permite a las empresas confeccionar sus estrategias de análisis y evaluación, ubicando al jugador en el centro de la experiencia y registrar sus emociones, sin interrumpir la usabilidad o invadir el contexto lúdico en el que se desenvuelve la acción del propio videojuego.

REFERENCIAS

[1] Lledó Cabrera, P. (2021). Videojuegos, influencers y educación. *Dirección y Liderazgo Educativo*, 27-30.

[2] Varela, R. (2024). *Nintendo Switch. Cifras de ventas*. Obtenido de Vandal: https://vandal.elespanol.com/noticia/1350771105/nintendo-switch-alcanza-los-14132-millones-de-consolas-y-se-actualizan-ventas-de-juegos/

[3] *Diseño Centrado en el Usuario*. (30 de Octubre de 2021). Obtenido de Rockcontent: https://rockcontent.com/es/blog/diseno-centrado-en-el-usuario/

[4] Blanes Giner, H. (2024). *Explorando la satisfacción y el disfrute en videojuegos. Métodos remotos de evaluación emocional.* Pág. 15-33. Obtenido de Universitat Oberta de Catalunya: https://openaccess.uoc.edu/handle/10609/151137

[5] Fernandez Ros, S. (2023). *Super Mario. Todo empezó con Mario.* RBA Coleccionables, SAU.

[6] Kao, D. (2021). The effects of observation in video games: how remote observation influences player experience, motivation, and behaviour. *Behaviour & Information Technology*, 1905-1927.

[7] *Design Toolkit - Persona*. (2024). Obtenido de UOC - Persona: https://design-toolkit.recursos.uoc.edu/es/persona/

[8] *Design Toolkit - Escenarios*. (2024). Obtenido de UOC: https://design-toolkit.recursos.uoc.edu/es/escenarios/

[9] *Tobii Eye Tracker 5*. (2024). Obtenido de Tobii: https://gaming.tobii.com/product/eye-tracker-5/

[10] *DeepFace*. (2024). Obtenido de Github: https://github.com/serengil/deepface

Coste no asegurado de la siniestralidad laboral

Puigdengolas Rosas, Salvador[1]
(1) Jefe de Servicio (Servicio Integrado de Prevención y Salud Laboral, Univesitat Politècnica de València, Edificio 6E2, salpuiro@upv.es)

RESUMEN

Todo coste no asegurado de la siniestralidad laboral es un coste inasumible y un lastre en las cuentas de una sociedad, así como en las cuentas públicas dados la cuantía de los costes asegurados de la siniestralidad laboral

Siniestralidad laboral que se aborda en base a políticas que, desde el 2000, se implementan en España por estrategias y planes de actuación para la mejora de la seguridad y salud en el trabajo que, inicialmente conllevaron reducción de accidentes, según datos del Observatorio Estatal de Condiciones de Trabajo, con incidencia directa en la reducción de costes asegurados y no asegurados.

Tendencias que, a pesar de nuevas políticas públicas y desde el 2015, han cambiado de tendencia, aumentando los accidentes laborales y, consiguientemente, los costes no asegurados con incidencia directa en la pérdida económica de cualquier empresa y en las arcas públicas.

Palabras clave: seguridad y salud en el trabajo; siniestralidad laboral; siniestralidad laboral mortal; coste no asegurado.

INTRODUCCIÓN

El costo de la siniestralidad laboral no asegurado en España puede ser significativo y abarcar diferentes aspectos. Referida la siniestralidad laboral a los accidentes de trabajo y enfermedades profesionales que ocurren en el entorno laboral, en jornada laboral, y descartándose los accidentes in itinere, los costes no asegurados asociados incluyen:

Gastos sanitarios: De atención, tratamiento y rehabilitación de personas trabajadoras lesionadas.

Gastos jurídicos: Por denuncias de organismos públicos o de las propias personas trabajadoras lesionadas o sus familias.

Indemnizaciones por recargos de prestaciones y por vía civil: Pagos a los trabajadores o a sus familias en caso de incapacidades permanentes o fallecimientos.

Pérdida de productividad: Por ausencia de personas trabajadoras lesionadas y la necesidad de contratar y entrenar reemplazos.

Costos legales: Tanto en vía administrativa como en vía judicial por gastos derivados de litigios multas y sanciones por incumplimiento de normativas laborales.

Costes de gestión administrativa: Gestión de accidentes, investigaciones y trámites relacionados.

Fuentes de información

Ministerio de Trabajo y Economía Social: Estadísticas anuales sobre accidentes de trabajo con baja. Estadísticas condiciones de trabajo y relaciones laborales. Ministerio de Trabajo y Economía Social.

Informe Anual de la Seguridad Social con información sobre costes asegurados y cubiertos por la Seguridad Social y las mutuas de accidentes de trabajo.

Instituto Nacional de Estadística (INE), datos de evolución del PIB.

Estudios Económicos: Estudios de Fundación Europea para la Mejora de las Condiciones de Vida y de Trabajo (Eurofound), Instituto Valenciano de Investigaciones Económicas (Ivie), Universitat de Valencia, IStas-CCOO.

Cifras siniestralidad

- **En 2020, a pesar del parón económico, España registró más de medio millón de accidentes laborales, según el Ministerio de Trabajo y Economía Social. De estos, más de 600 fueron mortales.**

Según estudios, el porcentaje de absentismo muestra una preocupante tendencia creciente en la mayoría de los países europeos, puesto que, entre 2014 y 2022, se produjo un incremento medio de 0,6 puntos porcentuales en el conjunto de la UE (un crecimiento del 30% en 8 años). En concreto, en España, este crecimiento fue de 2,1 puntos, lo que supuso doblar su tasa de ocho años atrás, resaltando, del análisis de la siniestralidad laboral de las fuentes oficiales, que en el 2013 se produjo el menor número de accidentes de trabajo ocurridos en jornada de trabajo, con un total de 468.030, con incremento hasta los 653.510 del 2022.

Año 2013 en el que el sistema de prestaciones contributivas por incapacidades temporales tuvo que hacer frente a su menor cuantía, 8.386,50 millones de euros, tanto en costes para la Seguridad Social como por recargos falta medidas seguridad e higiene como por las abonadas por las Mutuas Colaboradoras de la Seguridad Social, tal como se recoge en el figura 1 que muestra la evolución siniestralidad 2007 -2022.

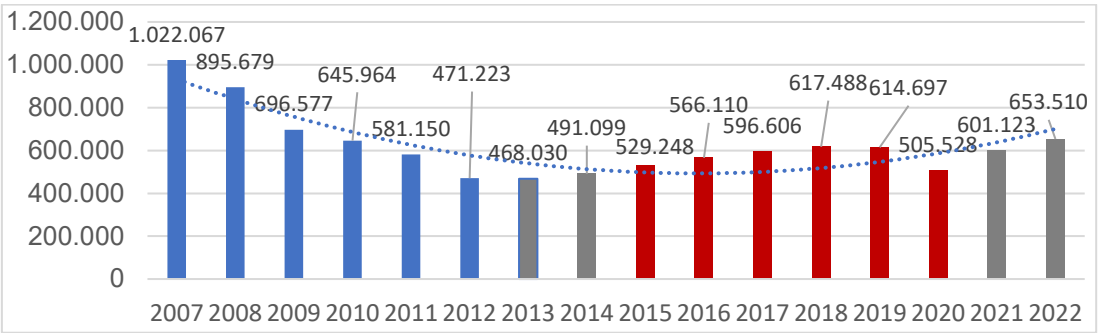


Figura 1.- Evolución siniestralidad 2007 -2022.

Fuente: Evolución accidentes de trabajo con baja. Estadísticas condiciones de trabajo y relaciones laborales. Ministerio de Trabajo y Economía Social.

Concretamente, en España, desde el 2015, año de despegue de la recuperación económica, se han producido incrementos en la siniestralidad laboral constatándose un más que preocupante incremento de los accidentes de trabajo ocurridos en jornada, a

pesar y teniendo en cuenta las condiciones socio económicas vividas en el 2020 por la pandemia, a nivel nacional, y tras la recuperación de la crisis económica del 2007, pudiéndose constatar que:

- En el 2015 se rompió la tendencia a la baja, con 529.248 accidentes durante el periodo 2016 al 2018, alcanzaron los 617.488 accidentes/año volviendo a repuntar en el 2021.
- En el 2021, se volvió a la cifra más que preocupante de 601.123 accidentes con baja en jornada de trabajo, muy por encima de las cifras del 2012/2013.
- En el 2022, se alcanzó la cifra de 653.510 accidentes con baja en jornada de trabajo.

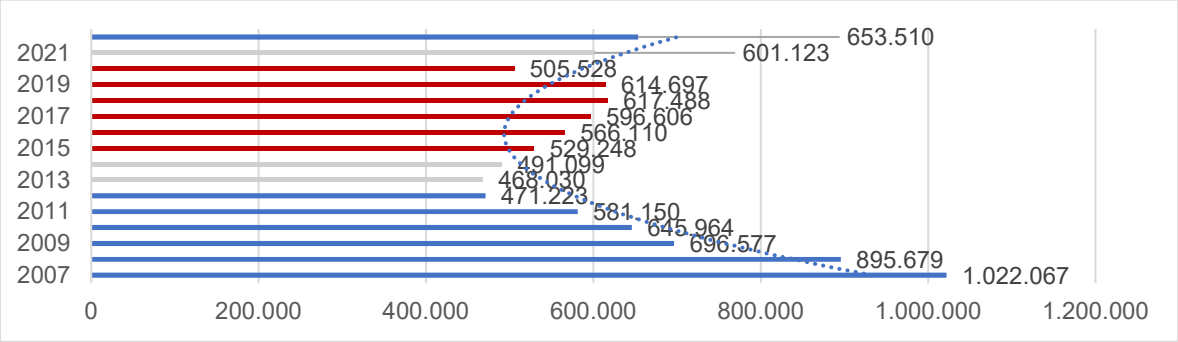


Figura 2.- Accidentes de trabajo en jornada, excluidos in itinere.

Tabla 1. Cifras siniestralidad por periodos.

	TOTAL				EN JORNADA				IN ITINERE			
	Total	Leves	Graves	Mortales	Total	Leves	Graves	Mortales	Total	Leves	Graves	Mortales
2007	1.022.067	1.010.459	10.441	1.167	924.581	915.574	8.581	826	97.086	94.885	1.860	341
2008	895.679	886.114	8.500	1.065	804.959	797.257	6.892	810	90.720	88.857	1.608	255
2009	696.577	689.250	6.496	831	617.440	611.626	5.182	632	79.137	77.624	1.314	199
2010	645.964	639.054	6.153	757	569.523	564.019	4.935	569	76.441	75.035	1.218	188
2011	581.150	575.021	5.413	716	512.584	507.637	4.396	551	68.566	67.384	1.017	165
2012	471.223	465.897	4.762	564	408.537	404.347	3.738	452	62.686	61.550	1.024	112
	TOTAL				EN JORNADA				IN ITINERE			
	Total	Leves	Graves	Mortales	Total	Leves	Graves	Mortales	Total	Leves	Graves	Mortales
2013	468.030	463.192	4.280	558	404.284	400.447	3.390	447	63.746	62.745	890	111
2014	491.099	486.306	4.213	580	424.625	420.829	3.329	467	66.474	65.477	884	113
	TOTAL				EN JORNADA				IN ITINERE			
	Total	Leves	Graves	Mortales	Total	Leves	Graves	Mortales	Total	Leves	Graves	Mortales
2015	529.248	524.210	4.409	629	458023	454029	3479	515	71225	70181	930	114
2016	566.110	560.957	4.649	629	489065	484912	3657	496	77045	76045	992	133
2017	596.606	591.009	4.968	629	515082	510682	3904	496	81524	80327	1064	133
2018	617.488	611.727	5.032	729	532977	528412	3991	574	84511	83315	1041	155
2019	614.697	609.542	4.514	641	529421	525390	3542	489	85276	84152	972	152
2020	505.528	500.299	4.474	755	446195	441916	3642	637	59333	58383	832	118
	TOTAL				EN JORNADA				IN ITINERE			
	Total	Leves	Graves	Mortales	Total	Leves	Graves	Mortales	Total	Leves	Graves	Mortales
2021	601.123	595.585	4.796	742	523800	519253	3895	612	77323	76292	901	130
2022	653.510	647.737	4.903	870	571274	566601	3957	716	82236	81136	946	154

Fuente: Evolución accidentes de trabajo con baja. Estadísticas condiciones de trabajo y relaciones laborales. Ministerio de Trabajo y Economía Social.

Incremento de siniestralidad que no sólo se aprecia en los accidentes muy graves, graves o leves, sino, además y como hito más que preocupante, se viene a constatar en los datos de siniestralidad mortal con una evolución accidentes de trabajo de carácter mortal en jornada cuyos datos totales son:

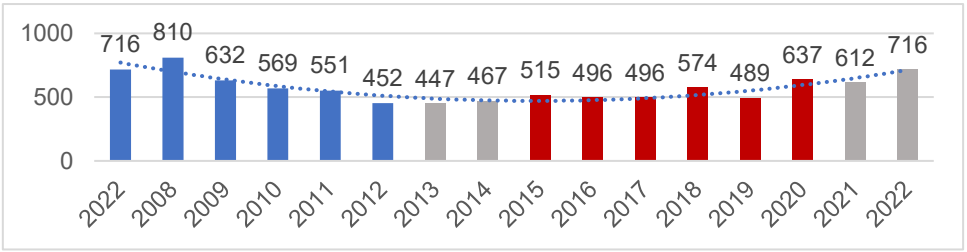


Figura 3.- Evolución accidentes de trabajo de carácter mortal en jornada.

Fuente: Estadísticas condiciones de trabajo y relaciones laborales. Ministerio de Trabajo y Economía Social

Estimación del coste no asegurado de los accidentes laborales

Para los trabajadores, los costes pueden ser aún más devastadores debido a la falta de cobertura médica y de compensaciones económicas, pudiéndose enfrentar a dificultades significativas para cubrir sus gastos médicos y de rehabilitación, así como la pérdida de ingresos durante su recuperación y situaciones de litigios. Además, las empresas que no aseguran adecuadamente a sus trabajadores, según el ordenamiento jurídico vigente, se enfrentan a sanciones conforme a la Ley de Infracciones y Sanciones en el Orden de lo Social, en base a multas, y procesos indemnizatorios gravosos, lo que incrementa los costos indirectos de la siniestralidad laboral.

Del Informe sobre el estado de la seguridad y salud laboral en España (2013) del Ministerio de Empleo y Seguridad Social, se extrae que del total de accidentes investigados por parte de la Inspección de Trabajo, 8.968 (8.745 accidentes con baja durante la jornada de trabajo y 223 “in itínere”), se detectaron 2.692 infracciones en Prevención de Riesgos Laborales, ascendiendo el importe de las sanciones propuestas a 12.511.556 euros, si bien se debe precisar que no necesariamente se trata de infracciones respecto de las que se pueda establecer una vinculación directa con el accidente, aunque sí se trataron de infracciones en materia de seguridad y salud laboral. Se formularon 2.686 propuestas de recargo en prestaciones económicas de la Seguridad Social, por considerar que los daños a la salud se produjeron por falta de medidas de seguridad con relación directa entre su producción y la infracción de los empresarios.

Tabla 2. Cifras actuaciones ITSS 2013.

Tipo de actividad	Todas las materias	Prevención de riesgos laborales	% Sobre total
Visitas realizadas	344.046	78.847	22,92%
Actuaciones	1.247.092	340.120	27,27%
Infracciones recogidas en las actas, más requerimientos a la Administración	89.934	14.103	15,68%
Importe sanciones propuestas (euros)	321.768.084,49	40.034.054,64	12,44%
Trabajadores afectados por las infracciones	367.741	75.943	20,65%
Requerimientos	137.025	101.522	74,09%

El cálculo de la evolución del coste no asegurado de los accidentes laborales en España desde 2007 hasta 2023, se ha basado en:

Variabilidad en el PIB: El Producto Interno Bruto (PIB) de España ha fluctuado durante estos años debido a diversos factores económicos, incluyendo la crisis financiera de 2008 y la pandemia de COVID-19.

Datos de Siniestralidad: Las estadísticas de accidentes laborales y su gravedad también han variado anualmente.

Factores de coste: Los costes directos (gastos médicos, indemnizaciones) e indirectos (pérdida de productividad, costos administrativos) que deben considerarse en la elaboración de políticas laborales, mejoras en la seguridad y cambios en la legislación.

Para proporcionar una estimación, se ha procedido a:

Obtener la evolución del PIB de España para cada año desde 2007 hasta 2023.

El porcentaje estimado del coste de la siniestralidad laboral (hasta el 4% del PIB).

Según un estudio de la Agencia Europea de Seguridad y Salud en el Trabajo, los costes mundiales y europeos de los accidentes y las enfermedades relacionadas con el trabajo son considerables calculándose un coste global en 2.680 mil millones EUR, que es el 3,9% del PIB mundial. En comparación, el coste europeo es de 476.000 millones de euros, que, es el 3,3% del PIB europeo, estando, proporcionalmente, por debajo del promedio mundial. La división de los costes entre los casos mortales y no mortales a nivel mundial y en la UE-28 es casi la misma: cada categoría representa aproximadamente la mitad de los costes totales.

Un estudio de la Universidad de Valencia estimó que el coste total de la siniestralidad laboral en España podría superar los 7.000 millones de euros al año, considerando tanto costos directos como indirectos. Por el contrario, aplicando el 4% del PIB para estimar el coste máximo de los accidentes laborales por año, nos da un coste máximo de más de 55.000 millones de euros anuales:

Tabla 3. Cifras PIB y coste no asegurado siniestralidad laboral por año.

Año	PIB en mil millones de euros	Coste no asegurado en mil millones de euros	Año	PIB en mil millones de euros	Coste no asegurado en mil millones de euros
2007	1.049,00	41,96	2016	1.119,00	44,76
2008	1.088,00	43,52	2017	1.166,00	46,64
2009	1.052,00	42,08	2018	1.202,00	48,08
2010	1.064,00	42,56	2019	1.244,00	49,76
2011	1.073,00	42,92	2020	1.121,00	44,84
2012	1.049,00	41,96	2021	1.231,00	49,24
2013	1.034,00	41,36	2022	1.328,00	53,12
2014	1.045,00	41,80	2023	1.389,00	55,56
2015	1.081,00	43,24			

ANÁLISIS

A la vista de los datos expuestos, se puede concluir con relación a los costes no asegurados de la siniestralidad laboral:

Durante la Crisis Financiera (2008-2013), el coste se mantuvo relativamente estable con ligeras fluctuaciones, reflejando la crisis económica y su impacto en el PIB.

En el periodo de Recuperación y Crecimiento (2014-2019), a medida que la economía se recuperaba, el coste aumentó gradualmente, alcanzando su punto más alto en 2019.

Impacto del COVID-19 (2020): El coste disminuyó debido a la contracción del PIB durante la pandemia.

Durante la recuperación Post-pandemia (2021-2023), el coste ha vuelto a aumentar con la recuperación económica, alcanzando su punto más alto estimado en 2023.

Datos que ilustran cómo la siniestralidad laboral representa un coste significativo para la economía, especialmente en relación con el PIB, estimado en torno al 4% del PIB que

proporciona una visión del impacto potencial máximo de estos costes de la siniestralidad laboral en la economía española, siendo elevados y afectando tanto a los asegurados como a los no asegurados, con impactos económicos, sociales y personales significativos.

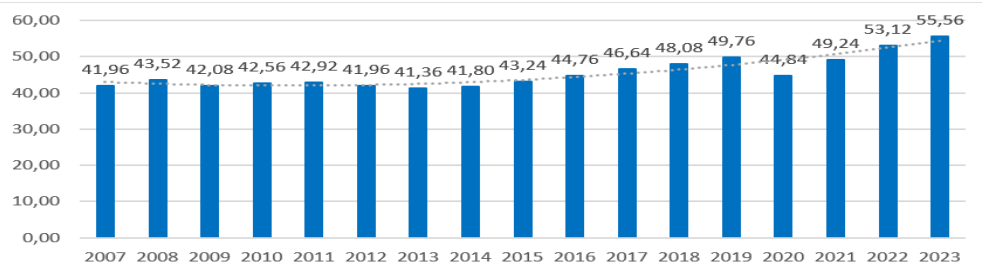


Figura 4.- Evolución coste no asegurado siniestralidad laboral en España.

Dato económico que, comparado con cifras que, en materia económica, con incremento del PIB de los últimos 4 años de sólo un 0,875% y un aumento de la siniestralidad laboral mortal media en ese periodo del 6,35%, impiden, por el coste de la siniestralidad, que la sociedad en su conjunto podamos recuperar márgenes económicos anteriores a la pandemia.

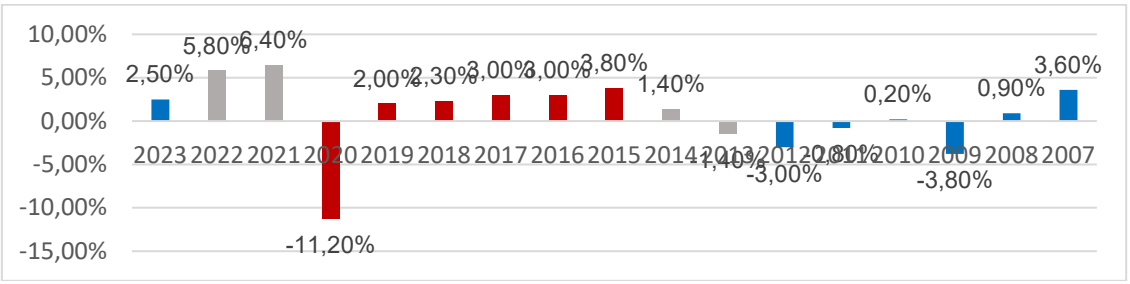


Figura 5.- Evolución Producto Interior Bruto de España.

Fuente: Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital

REFERENCIAS

[1] Umivale Activa, Instituto Valenciano de Investigaciones Económicas (Ivie). (2024). Estudio socioeconómico de la evolución de incapacidad temporal y siniestralidad en España.

[2] https://umivaleactiva.es/dam/umivale-activa/absentismo-y-competitividad/Notas-breves_Umivale_Activa_IVIE-1.pdf

[3] Cifras PyME 2024. (2024). Ministerio de Industria y Turismo. https://industria.gob.es/es-es/estadisticas/Cifras_PYME/CifrasPYME-febrero2024.pdf

[4] Ley Prevención Riesgos Laborales. (1995, 10 octubre). BOE. https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1995-24292

[5] Observatorio de Riesgos Europeo. (2017). Estimación del coste de los accidentes y los problemas de salud relacionados con el trabajo: análisis de las fuentes de datos europeas.

[6] https://osha.europa.eu/es/publications/estimating-cost-work-related-accidents-and-ill-health-analysis-european-data-sources

[7] Prevención Integral. (2018). Coste de accidentes y enfermedades laborales. https://www.prevencionintegral.com/actualidad/noticias/2018/05/07/dato-dia-coste-accidentes-enfermedades-laborales

[8] Istas. (2003). Aproximación a los costes cuantificables de la siniestralidad laboral en España. https://istas.net/descargas/599.pdf

Evolución costes asegurados de siniestralidad laboral

Puigdengolas Rosas, Salvador[(1)]
(1) Jefe de Servicio (Servicio Integrado de Prevención y Salud Laboral, Univesitat Politècnica de València, Edificio 6E2, salpuiro@upv.es)

RESUMEN

Cualquier política debe sustentarse en datos objetivos de análisis coyuntural y sectorial con el fin de abordar acciones en la materia en base a inversiones que reduzcan los costes no productivos y que vienen a ser un lastre en las cuentas públicas dados la cuantía de los costes asegurados de la siniestralidad laboral.

Siniestralidad laboral que se aborda en base a políticas que, desde el 2000, se implementan en España por estrategias y planes de actuación para la mejora de la seguridad y salud en el trabajo que, inicialmente conllevaron reducción de accidentes, según datos del Observatorio Estatal de Condiciones de Trabajo, con incidencia directa en la reducción de costes asegurados.

Tendencias que, a pesar de nuevas políticas públicas y desde el 2015, han cambiado de tendencia, aumentando los accidentes laborales y, consiguientemente, los costes asegurados con incidencia directa en las cuentas públicas.

Palabras clave: seguridad y salud en el trabajo; siniestralidad laboral; siniestralidad laboral mortal; coste asegurado.

INTRODUCCIÓN

Analizando la coyuntura económica, en el 2013, fondo de la crisis económica iniciada en el 2007, se produjo el menor número de afiliación de trabajadores a la Seguridad Social, con un total de 12.029.632,83 y menor número de trabajadores activos, con 7.651.718.

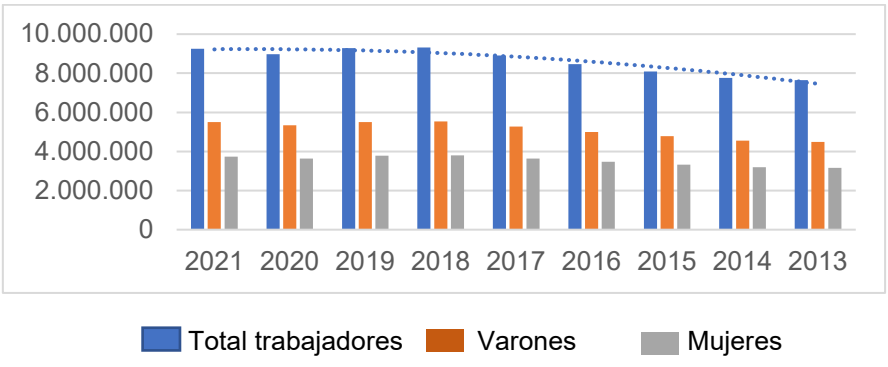


Figura 1. Encuesta anual laboral. Fuente: Ministerio de Trabajo y Economía Social.

Crisis económica que vino a resaltar que los actuales modelos de política y gestión económica se encuentran sustentados en la temporalidad y escasa cualificación en la contratación en los sectores predominantes, que son nucleares en nuestro país, con políticas de índole cortoplacista y de escaso valor añadido en el ámbito laboral que han

abocado a trabajadoras y trabajadores a ser víctimas de burbujas económicas centradas en sectores especulativos, que requieren de escasa cualificación y alta temporalidad, frente a sectores que requieren una mayor capacitación profesional y que permiten una mayor estabilidad laboral con contratación indefinida y cierto grado de estabilidad frente a los vaivenes socio económicos. Modelos, estos últimos que, además, redundarían en mejores condiciones de trabajo y de bienestar laboral.

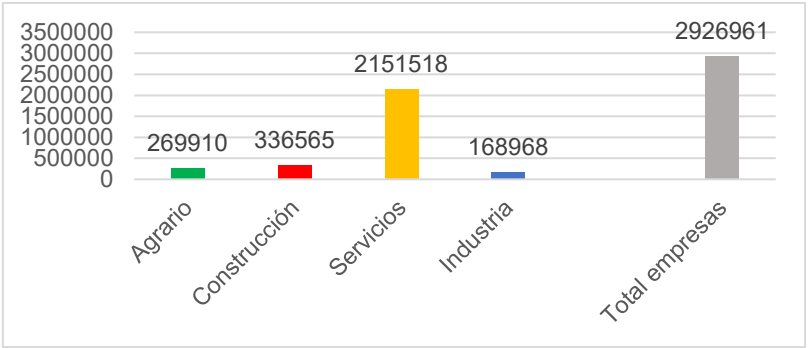
Como ejemplo, según datos de la Dirección General de Industria y de la Pequeña y Mediana Empresa del Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, de febrero del 2024, el número de empresas existente en España a 1 de enero, según el Directorio Central de Empresas (DIRCE), fue de 2.920.961; de las cuales, sólo el 0,19% son grandes empresas y el 54,79 % son empresas sin asalariados. De ellas, el 38,39% tienen entre 1 y 9 asalariados, y sólo el 6,82% poseen 10 o más asalariados, es decir, casi la totalidad del conjunto empresarial español, el 98,88% está constituido por pequeñas y medianas empresas de menos de 49 asalariados (PYME), lo que equivale a 2.894.226 unidades productivas,

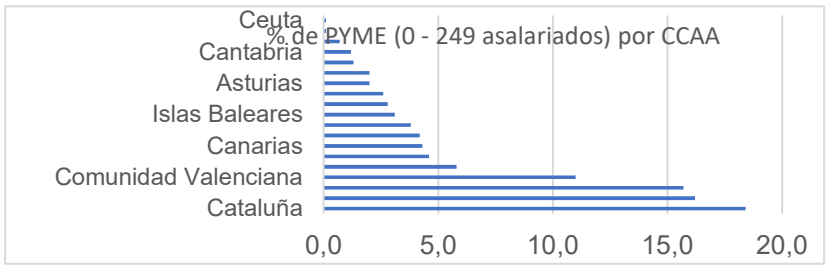
De ese informe se extrae que el 19,27 % del empleo lo generan empresas hasta 9 trabajadores, el 18,62 % del empleo lo generan empresas de 10 hasta 49 trabajadores, el 15,30% lo generan empresas de 49 hasta 249 trabajadores y el 37,74% lo generan empresas de más de 250 asalariados.

Tabla 1: Datos febrero 2024. Cifras PYME. Fuente: Ministerio de Industria y Turismo.

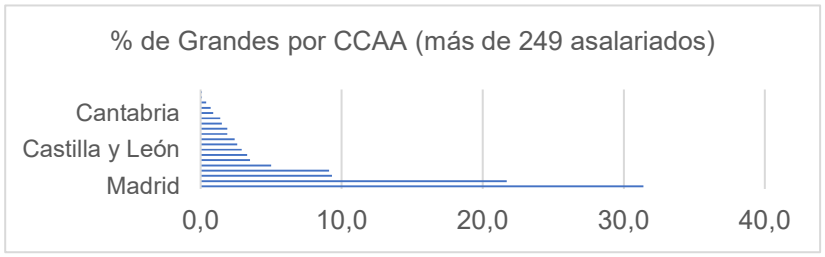
Empresas Por Tamaño	Número de Empresas	Tasa de variación porcentual Mensual	Anual
PYME (0-249 asalariados)¹	2.921.277	0,13	-0,13
PYME sin asalariados (0 asalariados) ² 2023-4T	1.603.593	0,00	-0,63
PYME con asalariados (1-249 asalariados)	1.317.684	0,30	0,49
Microempresas (1-9 asalariados)	1.123.642	0,18	0,08
Pequeñas (10-49 asalariados)	166.991	0,81	3,02
Medianas (50-249 asalariados)	27.051	2,16	2,70
Grandes (250 o más asalariados)¹	5.684	2,77	7,14
Total Empresas	2.926.961	0,14	-0,11

Empresas Por Tamaño	Empleo	Tasa de variación porcentual Mensual	Anual
PYME (0-249 asalariados)	11.024.695	0,86	1,90
PYME sin asalariados (0 asalariados) ³2023-4T	1.603.593	0,00	-0,63
PYME con asalariados (1-249 asalariados)	9.421.102	1,01	2,35
Microempresas (1-9 asalariados) (4)	3.413.046	0,08	0,50
Pequeñas (10-49 asalariados)	3.298.424	1,07	3,42
Medianas (50-249 asalariados)	2.709.632	2,11	3,44
Grandes (250 o más asalariados)	6.684.892	2,29	8,97
Total Empleados	17.709.587	1,39	4,46





% de Grandes (Más de 249 asalariados)	
Madrid	31,4
Cataluña	21,7
Andalucía	9,3
Comunidad Valenciana	9,1
País Vasco	5,0
Galicia	3,5
Canarias	3,3
Castilla y León	2,9
Murcia	2,6
Aragón	2,4
Castilla La Mancha	1,9
Navarra	1,9
Islas Baleares	1,5
Asturias	1,4
Cantabria	0,9
Extremadura	0,7
La Rioja	0,4
Ceuta	0,1
Melilla	0,1



% de PYME (0 - 249 asalariados)	
Cataluña	18,4
Andalucía	16,2
Madrid	15,7
Comunidad Valenciana	11,0
Galicia	5,8
Castilla y León	4,6
Canarias	4,3
País Vasco	4,2
Castilla La Mancha	3,8
Islas Baleares	3,1
Murcia	2,8
Aragón	2,6
Asturias	2,0
Extremadura	2,0
Navarra	1,3
Cantabria	1,2
La Rioja	0,7
Melilla	0,1
Ceuta	0,1

Figura 2. Número de empresas por sector de actividad. Fuente: Dirección General de Industria y de la Pequeña y Mediana Empresa del Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, de febrero 2024. INE.

ANÁLISIS DE LA SINIESTRALIDAD

Del análisis de la siniestralidad laboral de las fuentes oficiales, cabe resaltar que en el 2013 se produjo el menor número de accidentes de trabajo ocurridos en jornada de trabajo, con un total de 468.030. Año en el que el sistema de prestaciones contributivas por incapacidades temporales tuvo que hacer frente a su menor cuantía, 8.386,50 millones de euros, tanto en costes para la Seguridad Social como por recargos falta medidas seguridad e higiene como por las abonadas por las Mutuas Colaboradoras de la Seguridad Social, tal como se recoge en la figura 3 que muestra la evolución siniestralidad 2007 -2022.

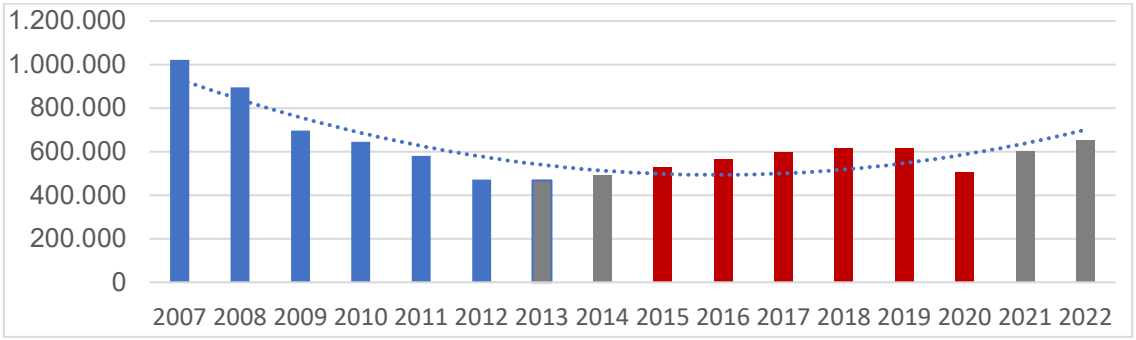


Figura 3. Evolución siniestralidad 2007 -2022. Fuente: Evolución accidentes de trabajo con baja. Estadísticas condiciones de trabajo y relaciones laborales. Ministerio de Trabajo y Economía Social.

Desde el 2015 se han producido incrementos en la siniestralidad laboral constatándose un más que preocupante incremento de los accidentes de trabajo ocurridos en jornada, a pesar y teniendo en cuenta las condiciones socio económicas vividas en el 2020 por la pandemia, a nivel nacional y autonómico, y tras la recuperación de la crisis económica del 2007, pudiéndose constatar que:

- En el 2015 se rompió la tendencia a la baja, con 529.248 accidentes durante el periodo 2016 al 2018, alcanzaron los 617.488 accidentes/año volviendo a repuntar en el 2021.
- En el 2021, se volvió a la cifra más que preocupante de 601.123 accidentes con baja en jornada de trabajo, muy por encima de las cifras del 2012/2013.
- En el 2022, se alcanzó la cifra de 653.510 accidentes con baja en jornada de trabajo.

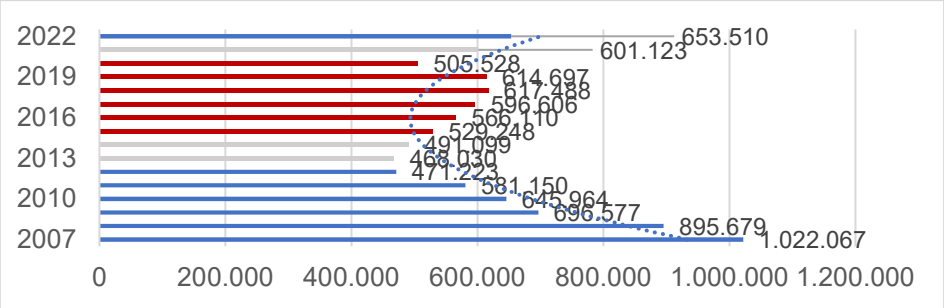


Figura 4.- Accidentes de trabajo en jornada, excluidos in itinere.

Fuente: Evolución accidentes de trabajo con baja. Estadísticas condiciones de trabajo y relaciones laborales. Ministerio de Trabajo y Economía Social.

Incremento de siniestralidad que no sólo se aprecia en los accidentes muy graves, graves o leves, sino, además y como hito más que preocupante, se viene a constatar en los datos de siniestralidad mortal con una evolución accidentes de trabajo de carácter mortal en jornada cuyos datos totales son:

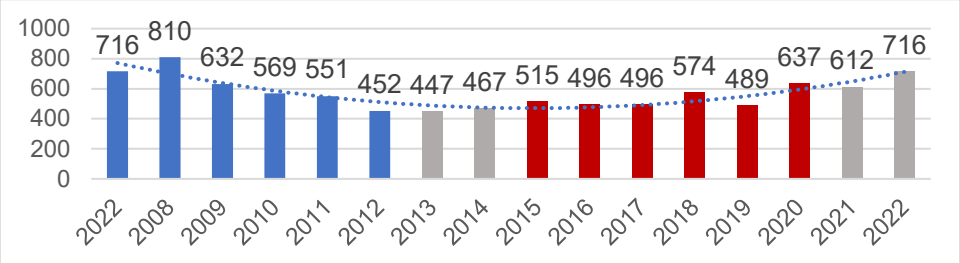


Figura 5.- Evolución accidentes de trabajo de carácter mortal en jornada.

Fuente: Estadísticas condiciones de trabajo y relaciones laborales. Ministerio de Trabajo y Economía Social

Cifra media, en el periodo 2015-2022, con un incremento medio del 6,35%, resultando más que llamativo el dato si se compara el 2022 con el 2019 (justo antes de la pandemia), donde se observó un incremento del 31,7 %.

En relación a la casuística de la siniestralidad, centrándonos en la siniestralidad mortal, se observa como en el 2013 se produjo el menor número de accidentes mortales, existiendo, y, actualmente y tomando origen en el 2016/2017, un repunte en esta

tipología de accidente de trabajo tal como se expone en la Figura 5, evolución accidentes de trabajo de carácter mortal en jornada, del presente documento.

COSTES ECONÓMICOS DE LA SINIESTRALIDAD ASEGURADA

Un aumento de la siniestralidad en todos los sectores económicos (servicios, construcción, industria y agricultura) manifiesta un importante impacto económico en los costes asegurados en las cuentas públicas, ya que, si se valora su incidencia dentro de los costes sociales asegurados, observamos cómo, en el 2017 y en el XXI Congreso Mundial sobre Seguridad y Salud en el Trabajo, celebrado en Singapur, se presentó un estudio en el que se expresaba que los accidentes y las enfermedades laborales costaban a la UE, al menos, 476.000 millones EUR cada año, lo que supone un 3,3 % del PIB europeo.

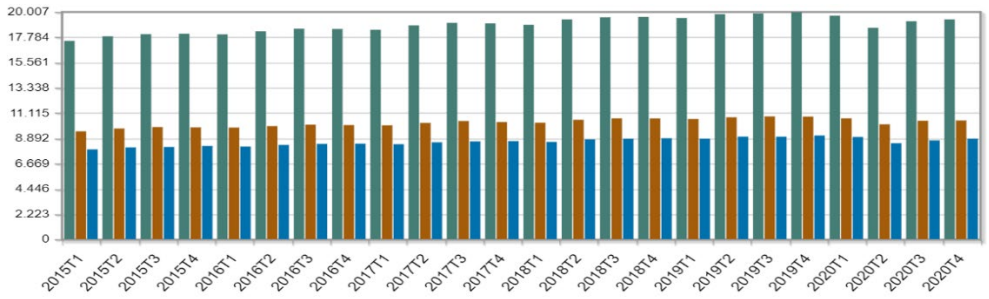
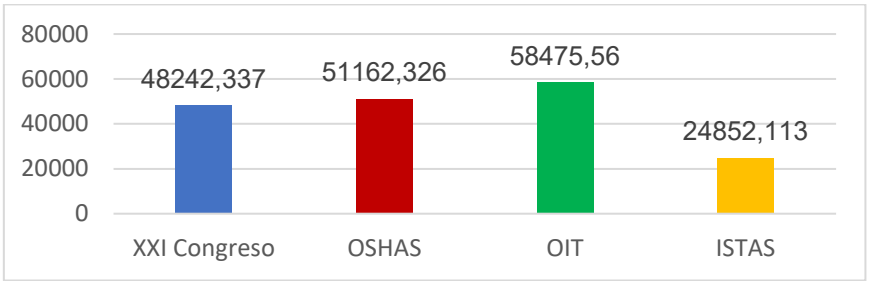


Figura 6.- Evolución Población Activa 2015-2020.

Fuente: Encuesta de Población Activa (EPA), Total Nacional, Tasa de empleo de la población

Otros documentos, como el de la Agencia Europea para la Seguridad y Salud en el Trabajo, indicaba que el porcentaje de costes económicos de la siniestralidad en el ámbito comunitario puede estimarse entre un 2,6% y un 3,8 % del Producto Interior Bruto. Por su parte, la OIT llegó a estimar, para 2001 que el 4% del PIB mundial se perdió a causa de accidentes de trabajo y enfermedades relacionadas con el trabajo y según criterios del ISTAS, datos a 2002, los costes alcanzaban el 1.7% del Producto Interior Bruto. Eso implica, si nos vamos a datos del PIB de España en el 2023, que alcanzó los 1.461.889 M€, los costes de la siniestralidad alcanzaron, a nivel nacional, los costes medios incurridos de la siniestralidad laboral asegurada pudieron haber alcanzado los 45.683,084 M€.

Figura 7.- Costes siniestralidad en base PIB de España - Producto Interior Bruto



Fuente: Según ISTAS, OHSAS, OIT, Expansión (Datosmacro.com)

Dato económico que, comparado con cifras que, en materia económica, con incremento del PIB de los últimos 4 años de sólo un 0,875% y un aumento de la siniestralidad laboral

mortal media en ese periodo del 6,35%, impiden, por el coste de la siniestralidad, que la sociedad en su conjunto podamos recuperar márgenes económicos anteriores a la pandemia.

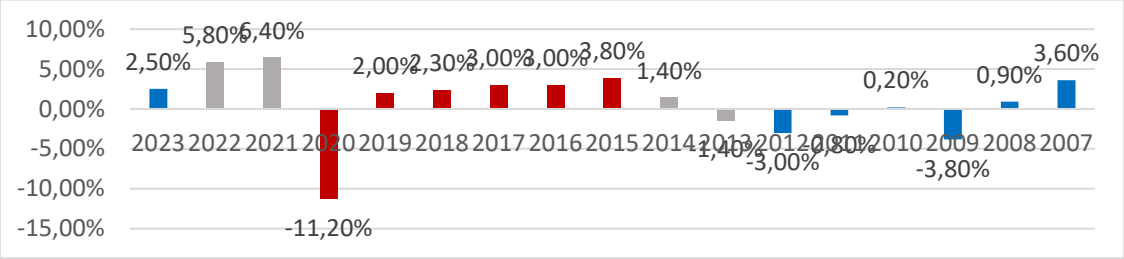


Figura 8.- Evolución Producto Interior Bruto de España. Fuente: Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital

CONCLUSIONES

Las políticas activas en materia de seguridad y salud no deberían ser de carácter general debiendo centrarse en aquellas CCAA, actividades y población expuesta que permitiesen abordar los Índices de Incidencia por sectores, como lo fue en el periodo de aplicación de la Estrategia de SST del periodo 2007 al 2012, comprobándose una reducción de la siniestralidad según sectores que, en el periodo pre crisis, del 2007 y hasta el 2012 fue más pronunciado en sectores como el de la construcción y la industria.

Focalizar políticas activas en materia de seguridad y salud por CCAA y en dos de los sectores de mayor siniestralidad y mayor incremento de tendencia, el sector servicios y el de la construcción, en los que la temporalidad y la escasa cualificación profesional son un hándicap para cualquier tipo de política en materia de seguridad y salud en el trabajo de carácter general, a fin de minimizar siniestralidad y, por consecuencia, los costes.

Focalizar políticas activas en materia de seguridad y salud en la pequeña y mediana empresa, focalizando los esfuerzos, principalmente, en las de hasta 49 trabajadores, a fin de minimizar siniestralidad y, por consecuencia, los costes.

REFERENCIAS

[1] Cifras PYME 2024. (2024). Ministerio de Industria y Turismo. https://industria.gob.es/es-es/estadisticas/Cifras_PYME/CifrasPYME-febrero2024.pdf

[2] Agencia Europea Para la Seguridad y Salud en el Trabajo. (2020). Comparación a nivel internacional del coste de los accidentes y las enfermedades laborales.

[3] https://osha.europa.eu/sites/default/files/Article_cost_of_OSH_ES.pdf

[4] Ley Prevención Riesgos Laborales. (1995, 10 octubre). BOE. https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1995-24292

[5] Orden TAS. (2002, 21 noviembre). BOE.

[6] https://www.boe.es/buscar/pdf/2002/BOE-A-2002-22650-consolidado.pdf

[7] Marco estratégico de la UE en materia de salud y seguridad en el trabajo 2021-2027. (s. f.). Safety And Health At Work EU-OSHA. https://osha.europa.eu/es/about-eu-osha/press-room/note-to-editor/eu-strategic-framework-health-and-safety-work-2021-2027

Mejora de la adhesión entre capas de piezas impresas en 3D en ABS mediante tratamiento con acetona

Calle Salas, Alejandro De La[(1)], Domingo Arlandis, Víctor[(1)], García Carrasco, Sergio[(1)], Parres García, Fracisco José[(1)], Peydró Rasero, Miguel Ángel[(1)]

(1) Instituto Universitario de Tecnología de Materiales (IUTM), Universitat Politècnica de València (UPV), Plaza Ferrándiz y Carbonell 1, 03801 Alcoy, España
aldel14a@epsa.upv.es, vdomarl@epsa.upv.es, sergarc9@epsa.upv.es, fraparga@dimm.upv.es, mpeydro@upv.es

RESUMEN

El ABS es uno de los polímeros más ampliamente empleados en la impresión 3D de filamento, debido a su buen balance entre propiedades mecánicas, facilidad de impresión, y precio. Sin embargo, uno de sus principales problemas es la adhesión entre capas que, si no es adecuada, puede provocar una rotura interlaminar temprana. Por otro lado, la acetona es un recurso muy utilizado a la hora de mejorar el acabado superficial de las piezas de ABS, ya que tiene la capacidad de disolverlo. En este trabajo, se investiga la mejora de la adhesión entre capas mediante un tratamiento con vapores de acetona, ya que estos tienen la capacidad de penetrar dentro del material, haciendo posible que la pieza pueda mejorar dicha resistencia a través de un proceso similar al de la unión por disolvente. Se persigue con ello el permitir que las piezas impresas mediante esta tecnología puedan utilizarse en aplicaciones más exigentes.

Palabras clave: Impresión 3D, ABS, adhesión entre capas, acetona

INTRODUCCIÓN

El acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) ha sido el polímero de referencia para la impresión 3D de fabricación por filamento fundido (FFF), ya que tiene un buen balance de propiedades mecánicas y coste. La impresión 3D FFF, por su parte, ha aumentado su presencia en el mundo de la fabricación considerablemente en las últimas décadas. Es por ello que de la sinergia entre ambas se haya democratizado el acceso a la realización prototipados rápidos y de bajo coste, ya sea para empresas o para aficionados y *makers*.

Uno de los problemas que presenta la impresión 3D es que deja una serie de marcas en las piezas fabricadas, debido a la superposición de las diversas capas. Tradicionalmente, este problema se ha abordado realizando suavizados de las superficies mediante vapores de acetona, aprovechando que esta es un disolvente del ABS. El proceso es el siguiente: en un recipiente se introduce una cantidad de acetona, ya sea a través de un papel, algodón, o directamente sobre la base, y se suspende dentro del recipiente la pieza a tratar. Tras un tiempo, que depende de la concentración de acetona principalmente, las superficies pueden llegar a tener un acabado similar al de una pieza de inyección.



Figura 1. Pieza 3D impresa en ABS antes y después del tratamiento con vapores de acetona. Fuente: All3DP [1].

Sin embargo, uno de los efectos de este proceso a tener en cuenta es que la acetona no se queda en la superficie, sino que es capaz de penetrar dentro de la pieza, reblandeciéndola completamente. Es por ello que es necesario dejarlas al aire durante un tiempo que, de nuevo, depende de la cantidad de acetona absorbida, y del volumen de la pieza en relación a su superficie [2, 3].

Este efecto, que en un principio es un inconveniente, se puede emplear para solventar otro de los problemas de la impresión 3D: la adhesión entre capas. Las piezas impresas en 3D son inherentemente anisotrópicas, ya que en la dirección perpendicular a las capas (Z), la resistencia es muy inferior a las direcciones en el plano de las mismas (XY). En el caso del ABS, este efecto se magnifica, debido a la baja autoadhesión del polímero. Además, el comportamiento termina siendo altamente frágil, de forma que limita enormemente las aplicaciones que demandan un uso más exigente, donde un material predecible es necesario para asegurar un correcto desempeño, con buenos niveles de seguridad. De otra forma, es necesario sobredimensionar las piezas, aumentando costes y gasto de material.

La forma de abordar el problema suele ser emplear cámaras calefactadas para mantener la temperatura sobre unos 80ºC, y así facilitar que ocurra el fenómeno de coalescencia del polímero entre capa y capa. El problema viene del aumento de costes, tanto fijos, por el precio de la propia impresora, como variables, debido al gasto extra de energía.

Es por ello que los vapores de acetona se presentan como una solución a este problema. Mediante un tratamiento de este tipo, el reblandecimiento del ABS puede facilitar un aumento de la adhesión y de la cohesión interna de la pieza, principalmente en el caso de las diferentes capas. De esta forma, de cierta forma se está introduciendo la soldadura por disolvente, ampliamente empleada en el campo de los polímeros.

OBJETIVOS

El principal objetivo de este trabajo es valorar el impacto de los tratamientos con vapor de acetona en las propiedades mecánicas del ABS impreso en 3D mediante la tecnología de fabricación por filamento fundido, evaluando su idoneidad como proceso para conseguir piezas más resistentes y fiables en ámbitos y aplicaciones exigentes.

METODOLOGÍA

Para evaluar el impacto de los tratamientos, se han llevado a cabo ensayos de impacto Charpy, para obtener la resiliencia del material. El principal motivo por el que se ha escogido este ensayo sobre el de tracción es que, en base a la experiencia adquirida en otras investigaciones con probetas impresas en 3D a lo largo del eje Z, las probetas tienden a romper fuera de la zona de marcas, por lo que una alta tasa de ellas suele descartarse.

Para la realización de los ensayos, se ha seguido la normativa la UNE-EN ISO 179 para el impacto Charpy. La máquina de ensayo ha sido una Metrotec (San Sebastián, España). Se ha usado el péndulo de 6 J, sin realizar entalla a las probetas.

Para la fabricación de las probetas, la impresora 3D empleada ha sido una Ultimaker S5 Pro Bundle, cargada con un hotend AA de 0,4 mm. El perfil de impresión empleado ha sido el proporcionado por el programa de laminado Ultimaker Cura para el ABS, con altura de capa de 0,2 mm. Se ha variado la temperatura de impresión, utilizando 240ºC, siguiendo las recomendaciones del fabricante, que establece un rango de entre 230 y 250ºC. Las piezas son macizas, como se puede observar en la figura 3. El material empleado ha sido el ABS de Smart Materials (Jaén, España).

Cabe comentar que, puesto que los grosores de pared de las piezas impresas en 3D no suelen llegar a los 2 mm, el empleo de una probeta tipo Charpy, cuya dimensión más pequeña es de 4 mm, hace que este ensayo sea representativo de la capacidad de penetración de los vapores de acetona dentro de la pieza, pudiéndose extrapolar los resultados a las piezas que posteriormente se realicen con un fin útil.



Figura 2. Ultimaker S5 Pro Bundle empleada.

El tratamiento con vapores se ha realizado de la siguiente forma: En un recipiente de 1 litro, se ha rellenado con unos 50 mililitros de acetona en el fondo. Se colocó una base para las probetas de Charpy, evitando que toque directamente la acetona con ellas. Se tapó el recipiente, y se esperó el tiempo determinado para cada probeta; esto es, una hora para el nivel bajo, y dos horas para el nivel alto. El objetivo es obtener una atmósfera saturada de acetona.

Tras la primera y la segunda hora, se extrajeron las probetas y se dejaron secar y acondicionar durante 24 horas, permitiendo que toda la acetona absorbida pudiese extraerse, y así recuperar las propiedades de rigidez originales del material.

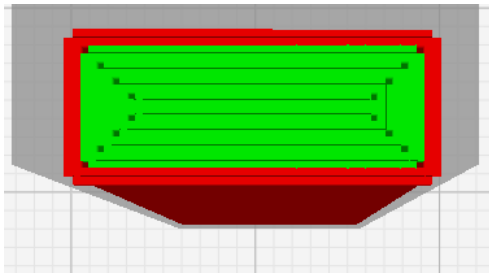


Figura 3. Detalle de la probeta Charpy en el laminador Ultimaker Cura. Se pueden apreciar la dirección de las fibras, así como que la pieza es 100% maciza.

RESULTADOS

En la siguiente figura se pueden observar los resultados del impacto Charpy para los diversos puntos de estudio, esto es, sin tratamiento, una hora de exposición, y dos horas.

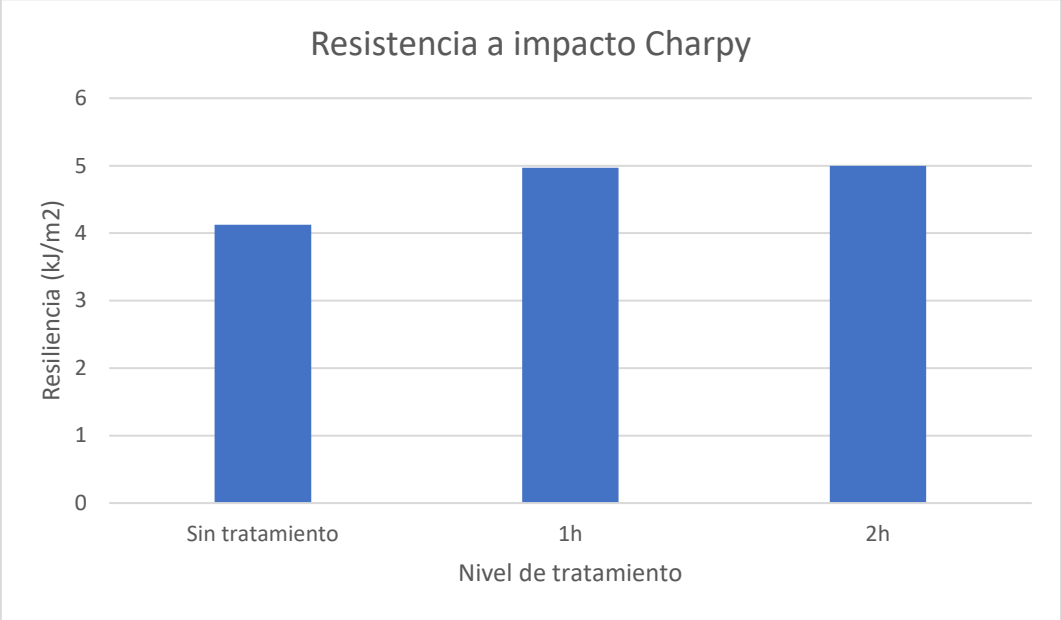


Figura 4. Gráfico de resultados del ensayo a impacto Charpy.

Como se puede observar, a partir de la primera hora de tratamiento se aprecia una mejora de la resiliencia en 1 kJ/m^2, que se mantiene estable para el caso de las dos horas. En la siguiente figura, se puede ver el nivel de dispersión de los resultados.

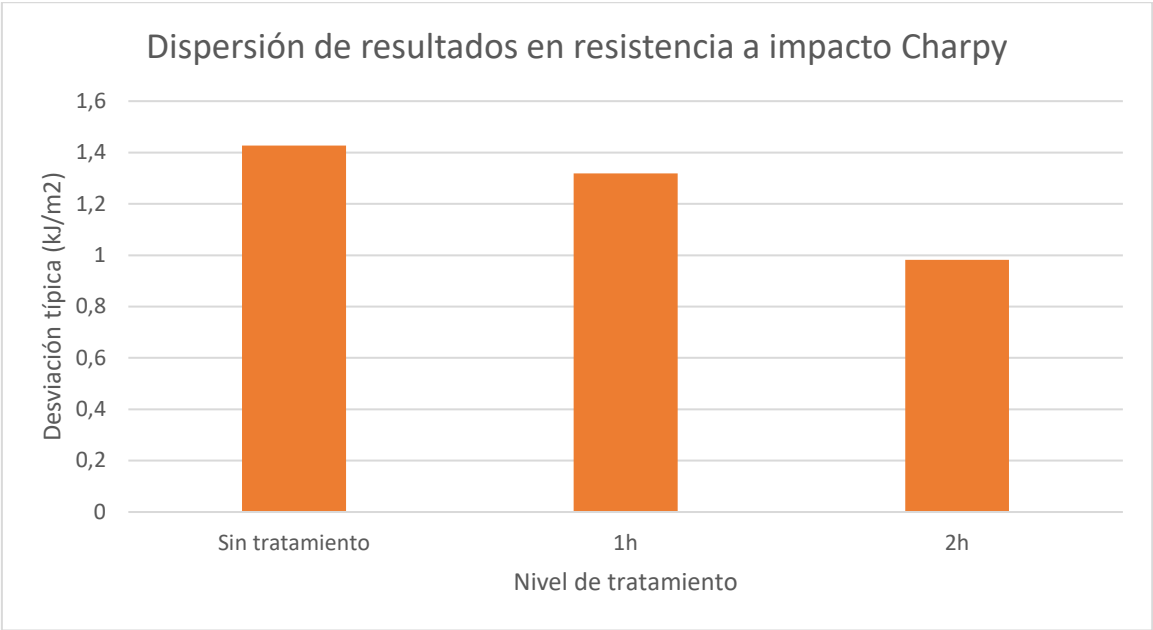


Figura 5. Gráfico de resultados del ensayo a impacto Charpy.

En este caso, la mejora es todavía más evidente. Conforme aumenta el tiempo de tratamiento, la dispersión de resultados se reduce. Esto implica que las piezas pasan a ser claramente más fiables, lo cual es uno de los puntos clave de la impresión 3D para piezas con cierta exigencia mecánica.

Además, se ha de tener en cuenta el hecho de que la proporción de la dispersión sobre la media también se reduce. Mientras que sin tratamiento la dispersión supone un 35%, en el caso de las dos horas la proporción disminuye hasta el 20%. De nuevo, se quiere incidir en la importancia de conseguir aumentar la confiabilidad de las piezas impresas mediante este tipo de impresión 3D, y el tratamiento estudiado en este trabajo muestra una mejora en este aspecto.

CONCLUSIONES

El tratamiento con vapores de acetona se ha mostrado eficaz para mejorar las propiedades mecánicas del ABS. Mientras que la resistencia al impacto Charpy ha aumentado, la dispersión de resultados ha disminuido, tanto de forma absoluta como teniendo en cuenta su proporción sobre la media, por lo que por ambas partes se puede afirmar que los resultados son positivos y prometedores.

Evidentemente, no se ha conseguido obtener piezas con propiedades dúctiles. Esto hace que las aplicaciones de este tipo de piezas sigan sin poder ser altamente exigentes, pero sí que se ha dado un paso en la dirección deseada. Un siguiente paso podría ser realizar comparaciones con probetas de ABS inyectadas, y seguir avanzando en el estudio de este proceso.

Además, cabe indicar que estos resultados no solo abren la puerta a realizar investigaciones más profundas con la combinación acetona-ABS, sino también a probar con diferentes materiales y disolventes. Por ejemplo, esto puede ser de gran interés en materiales como el PLA o la poliamida, que son también ampliamente empleados en el mundo de la impresión 3D.

REFERENCIAS

[1] Carolo, Lucas; Issal, Alexander; Gharge, Pranav. *ABS Acetone Smoothing: 3D Print Vapor Smoothing Guide*. https://all3dp.com/2/abs-acetone-smoothing-3d-print-vapor-smoothing/.

[2] Marciniak, Dawid, et al. “Effect of surface modification by acetone vaporization on the structure of 3D printed acrylonitrile-butadiene-styrene elements”. *Polimery*, v. 63, n. 11/12, pp. 785-790. https://doi.org/10.14314/polimery.2018.11.6

[3] Pietanza, Sergio, et al. “Enhancing the Sustainability of Chemical Vapour Polishing of Additive Manufactured ABS Parts Using a Vacuum Chamber”. *Rapid Prototyping Journal*, v. 23, n. 6, pp. 1043-1050. https://doi.org/10.1108/RPJ-12-2015-0200

Mejora de las propiedades dúctiles del ácido poliláctico con citrato de trietilo para su uso en fabricación aditiva

Lazaro-Hernandez, C. [(1)*], **Quiles-Carrillo, L.** [(1)], **Ivorra-Martinez, J.** [(1)], **Boronat, T.** [(1)]
(1) Instituto Universitario de Tecnología de Materiales (IUTM), Universitat Politècnica de València (UPV), Plaza Ferrándiz y Carbonell 1, 03801, Alcoy, Alicante, España)
**Email: carlaher@epsa.upv.es*

RESUMEN

Este proyecto se enfoca en el desarrollo y aplicación de filamentos de ácido poliláctico (PLA) para fabricación aditiva, utilizando formulaciones adicionadas con plastificante, citrato de trietilo (TEC). El proceso incluye la preparación de diferentes formulaciones de PLA plastificado mediante una extrusora de doble husillo co-rotante. Posteriormente, se fabrican filamentos calibrados en una extrusora mono husillo con bobinado, para finalmente emplearlos en impresoras 3D y fabricar las probetas.

Dado que la fabricación aditiva por deposición fundida permite una amplia flexibilidad, se analiza el efecto de diferentes orientaciones en el patrón de impresión. Además, se analiza las propiedades mecánicas de las formulaciones, tales como resistencia a la tracción, flexión y resistencia al impacto.

Este enfoque experimental busca no solo optimizar las propiedades físicas y mecánicas de los materiales, sino también comprender cómo la técnica de fabricación aditiva puede influir en estas propiedades.

Palabras clave: PLA, TEC, biomateriales, fabricación aditiva, ductilidad, microscopía.

INTRODUCCIÓN

La necesidad de reducir el impacto ambiental ha impulsado la búsqueda de alternativas sostenibles. Por esto el ácido poliláctico (PLA) es ampliamente utilizado en impresión 3D debido a su biocompatibilidad, facilidad de uso y capacidad de degradación. Sin embargo, sus limitaciones en propiedades mecánicas, térmicas y químicas han motivado la investigación para mejorarlas [1].

Para competir con polímeros de bajo coste que mejoran el rendimiento del PLA, se está investigando la incorporación de aditivos, como plastificantes. Los PLA plastificados muestran una mejor resistencia al impacto, mayor deformación a la rotura y mayor elasticidad, mejorando así sus propiedades y permitiendo que compita con materiales convencionales [4].

Al igual que se busca materiales poliméricos más sostenibles, de igual manera se busca que los plastificantes utilizados sean de origen natural, para ofrecer materiales más sostenibles [2]. Como el citrato de trietilo (TEC) el cual proviene del ácido cítrico.

La fabricación aditiva con polímeros, avanzando rápidamente, promete transformar la industria al permitir la producción eficiente de componentes personalizados. Esto no solo mejora la sostenibilidad y eficiencia, sino que también impulsa la innovación y respuesta rápida a las demandas del mercado [3].

OBJETIVOS

El principal objetivo de este estudio es desarrollar e incrementar las propiedades mecánicas dúctiles de un polímero, el ácido poliláctico, mediante la adición de plastificante, en específico el citrato de trietilo. Realizando una investigación previa de las características de ambos, caracterizando las muestras y evaluando los resultados obtenidos.

METODOS EXPERIMENTALES

Materiales

El polímero selecionado es el ácido poliláctico (PLA), el cual es suministrado por Ercros (Barcelona, España), con referncia ErcrosBio LL 712. Mientras que el plastificante empelado es el citrato de trietilo (TEC), suministrado por Sigma-Aldrich (Madrid, España), con referencia W308307.

En la siguente tabla se muestran las diferentes formulaciones que se van a procesar.

Tabla 1. Porcentaje en peso de cada material a procesar.

Muestra	PLA (% en peso)	TEC (% en peso)
PLA	100	0
PLA_10TEC	90	10
PLA_20TEC	80	20

Fabricación de los materiales

El método empleado para la fabricación de probetas ha sido mediante impresión 3D. Para conseguir procesar las diferentes formulaciones mediante impresión 3D, se comienza secando el PLA en una estufa deshumidificadora a 85 °C durante 6 horas. Para posteriormente se preparan muestras de 300 g de cada formulación y se realiza un premezclado manual, para poder introducirlo más tarde en una mini-extrusora de doble husillo co-rotante con diferentes condiciones de temperatura para cada formulación, con una velocidad de 110 rpm y 40 N·m de torque para su correcta mezcla.

Tabla 2. Temperaturas de procesado de las diferentes formulaciones.

Muestra	T^a_{inicio} (°C)	$T^a_{intermedio}$ (°C)	T^a_{final} (°C)	Tiempo remanencia (s)
PLA	190	190	190	120
PLA_10TEC	190	185	180	90
PLA_20TEC	190	180	170	90

Una vez extruidas las formulaciones, se llevan a un molino para triturarlas en forma de granza. Posteriormente esta granza se introduce en una máquina para hacer filamento, la cual extruye material con un mono husillo y realiza un proceso de bobinado, de esta forma se obtiene las diferentes formulaciones en forma de filamento para impresión 3D.

Para conseguir un filamento calibrado con el diámetro estándar para impresión 3D, 1.75±0.10 mm, se realizan diferentes perfiles de extrusión.

Tabla 3. Diferentes perfiles de extrusión de filamento de las diferentes formulaciones.

Muestra	T^a inicio (4) (°C)	T^a 3 (°C)	T^a 2 (°C)	T^a final (1) (°C)	Velocidad husillo (rpm)
PLA	170	185	190	170	3.5
PLA_10TEC	145	180	185	170	3.5
PLA_20TEC	145	180	180	165	3.5

Una vez obtenidos los filamentos se puede pasar a imprimir en 3D, para ello se realiza la laminación de las probetas en 3D, mediante un *software* informático, el que se realiza un laminación de capas sólidas y direccionales, es decir, se lamina a 0 º misma dirección de aplicación de la carga de tracción y 90 º en perpendicular a la dirección de aplicación de la carga. Para la impresión de las diferentes formulaciones se establecieron perfiles de trabajo. Se fabricaron 10 probetas de cada formulación, 5 para cada orientación del laminado.

Tabla 4. Perfiles de trabajo para la impresión 3D de las diferentes formulaciones.

Muestra	T_{Cama} (°C)	$T_{Extrusor}$ (°C)	Ø Boquilla (mm)	Altura capa (mm)	N.º Perímetros
PLA	60	200	0.4	0.2	0
PLA_10TEC	60	210	0.4	0.2	0
PLA_20TEC	60	210	0.4	0.2	0

Caracterización

Caracterización mecánica

Las técnicas empleadas en la caracterización mecánica de las diferentes formulaciones y orientaciones de laminación son el ensayo de tracción y flexión mediante la máquina universal y ensayo de impacto mediante el péndulo Charpy. Los datos obtenidos se representarán mediante un gráfico en el que se mostrará la evolución de la tensión, deformación y módulo en función de la cantidad de plastificante adicionado, tanto para el ensayo de tracción como flexión. En lo referente a ensayo de impacto se mostrará a variación de la energía absorbida con el aumento de porcentaje de plastificante adicionado.

Análisis morfológico de la superficie de rotura

Se realizará un análisis de la superficie de fractura de las diferentes formulaciones para observar los diferentes comportamientos observados al introducir diferentes cantidades del plastificante en la matriz de PLA. Además de ayudar a la interpretación de los resultados de la caracterización mecánica.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización mecánica

A continuación se muestran los resultados obtenidos de los diferentes ensayos. Las siguientes figuras muestran los datos de los ensayos de tracción, flexión e impacto.

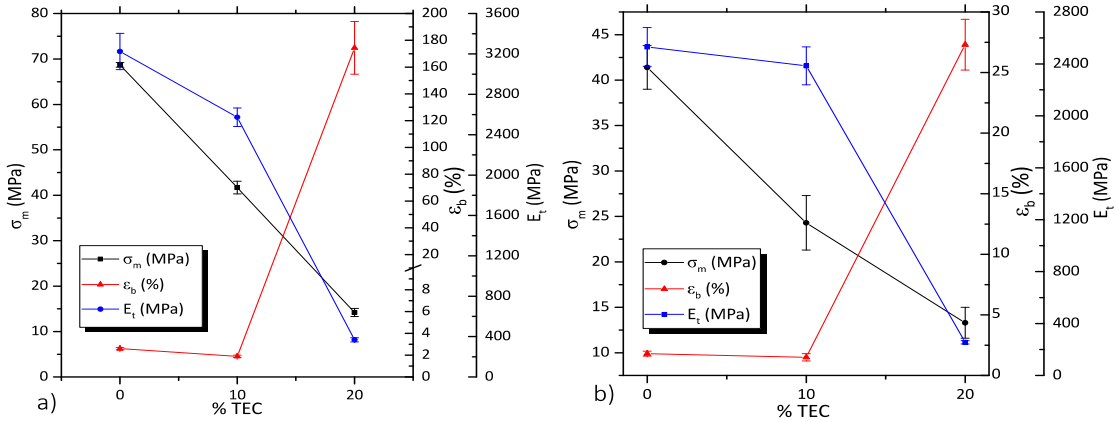


Figura 1. Gráficas de tracción siendo σ_m –Tensión de máxima, ε_b –Deformación a rotura, E_t –Módulo elástico. a) Laminado 0°. b) Laminado 90°.

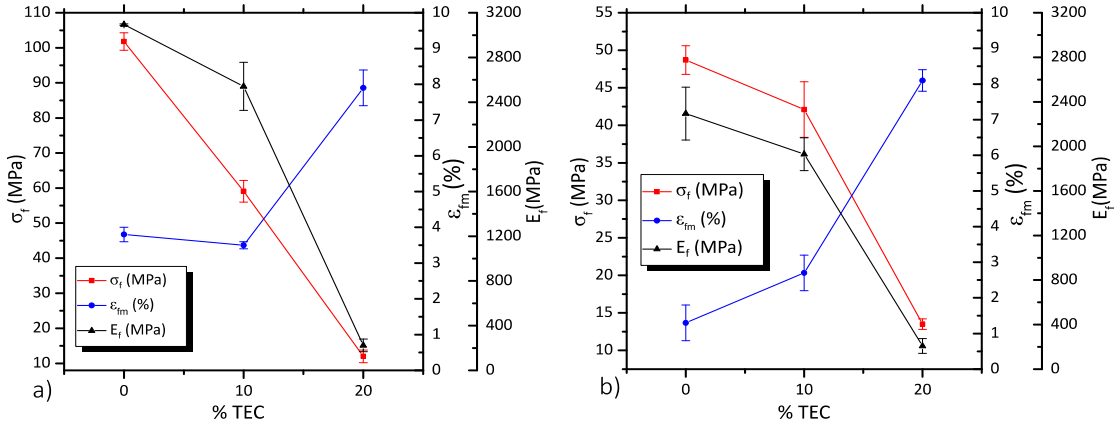


Figura 2. Gráficas de flexión siendo σ_f –Tensión máxima a flexión, ε_{fm} –Deformación a flexión, E_f –Módulo de flexión. a) Laminado 0°. b) Laminado 90°.

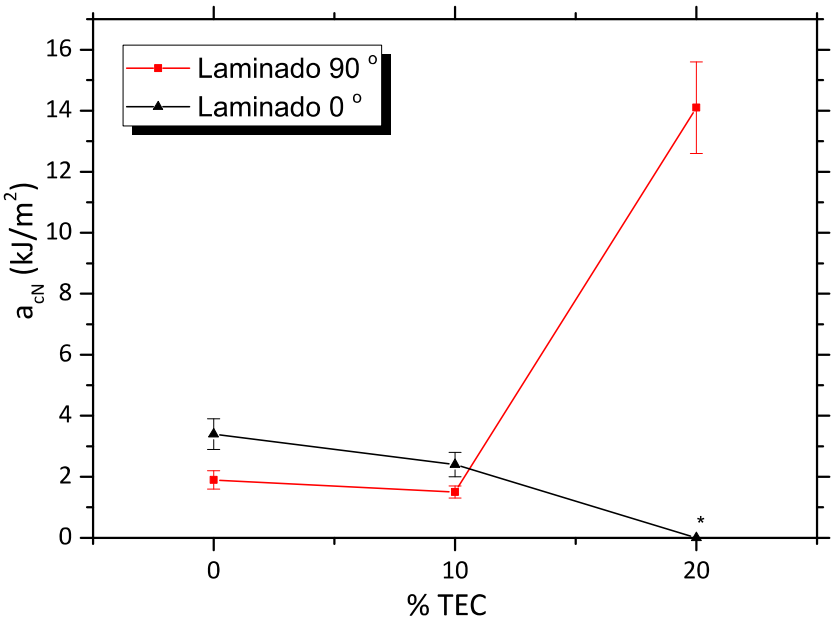


Figura 3. Gráfico de resistencia a impacto Charpy siendo a_{cN}–Resistencia a impacto probeta con entalla. Nota: el * marca que no rompen (N/B).

Se puede observar que a mayor porcentaje de TEC se produce la reducción de la tensión y módulo tanto de tracción como flexión, por contrario la deformación aumenta. En lo referente a los resultados de impacto, se observar que la energía absorbida aumenta con el porcentaje también. Se puede ver una clara diferencia entre los laminados, obteniendo mejores resultados el 0 °.

Análisis morfológico de la superficie de rotura

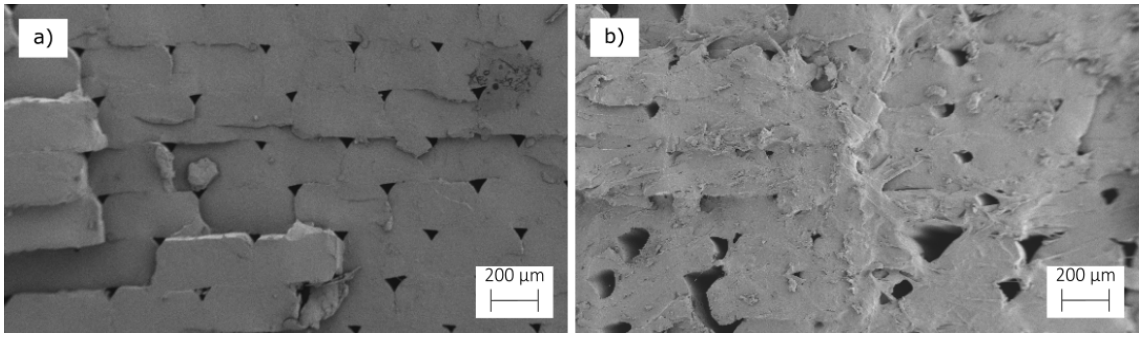


Figura 4. Imágenes FESEM a 27 aumentos laminado 0 °. a) PLA. b) PLA_20TEC.

Se puede observar una clara diferencia entre ambas imágenes, se puede ver que el PLA presenta una superficie lisa y laminada, mientras que el PLA_20TEC presenta una superficie mucho mas rugosa. Esto se debe a la adición de plastificante y su mejora del comportamiento dúctil del material.

CONCLUSIONES

Los resultados muestran una clara mejoría en las propiedades dúctiles del PLA con la adición de TEC, el 20 % es el porcentaje que mejores resultados obtiene, ya que si se observa el 10 % se puede observar que presenta peores propiedades que el PLA puro. Por lo tanto se puede determinar que la adición de plastificante mejora las propiedades dúctiles y reduce las resistentes.

En lo referente a la orientación del laminado, se puede observar que el laminado orientado en la dirección de tracción (0 º) posee mejores resultados, que el perpendicular (90 º). Esto se debe a que el lamiando 0º coincide con las propiedades del material, mientras que el 90º, presenta las características de la adhesión entre capas.

En este estudio se ha conseguido crear filamentos funcionales para uso en impresión 3D de manera satisfactoria, mejorando las propiedades dúctiles del PLA. De cara a futuro sería interesante investigar cómo afectan los diferentes parámetros de impresión 3D en las propiedades finales.

REFERENCIAS

[1] Babagowda;Kadadevara Math;Goutham;Srinivas Prasad. (2018). "Study of Effects on Mechanical Properties of PLA Filament which is blended with Recycled PLA Materials". En: IOP conference series: materials science and engineering, pp. 012103

[2] Da Silva;Vieira;Maçumoto;Beppu. (2011). "Polyvinylchloride (PVC) and natural rubber films plasticized with a natural polymeric plasticizer obtained through polyesterification of rice fatty acid". *Polymer Testing, v.30*, n. 5, pp. 478-484.

[3] Joseph;Kallingal;Suresh;Mahapatra;Hasanin;Haponiuk;Thomas. (2023). "3D printing of polylactic acid: recent advances and opportunities". *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, v.125*, n. 3, pp. 1015-1035.

[4] Wypych. (2004). "Plasticizer types". *Handbook of plasticizers*, n., pp. 7-71.

¿Conseguimos lo que se pretende en docencia? Comprobémoslo desde ambos puntos de vista

Jordán-Núñez, Jorge[(1)], Lo Iacono-Ferreira, Vanesa Gladys[(2)], Micó-Vicent, Bàrbara[(1)], López-Rodríguez, Daniel[(3)]

(1) Departamento de Ingeniería Gráfica, Universitat Politècnica de València, Plaza Ferrándiz y Carbonell s/n, Alcoi, (Alicante), jorjornu@upv.es, barmivi@upv.es

(2) Departamento de proyectos de ingeniería, Universitat Politècnica de València, Plaza Ferrándiz y Carbonell s/n, Alcoi, (Alicante), valoia@upv.es)

(3) *Departamento de Ingeniería Textil y Papelera, Universitat Politècnica de València, Plaza Ferrándiz y Carbonell s/n, Alcoi, (Alicante), dalorod@upv.es*

RESUMEN

La red de activación de conceptos umbrales y competencias transversales es esencial para el éxito académico y profesional en diversos contextos educativos y laborales. Los conceptos umbrales son ideas fundamentales que transforman la percepción de un tema, permitiendo a los estudiantes avanzar en su comprensión y aplicación del conocimiento. Al identificar y enseñar estos conceptos, los educadores pueden facilitar un aprendizaje más profundo y significativo.

Las competencias transversales, por otro lado, incluyen habilidades como el pensamiento crítico, la resolución de problemas, la comunicación efectiva y el trabajo en equipo. Estas competencias son aplicables a una amplia variedad de situaciones y son cruciales para el desarrollo profesional y personal.

En este trabajo se ha realizado dos encuestas enfocadas a la obtención de información desde el punto de vista del profesorado y del alumnado. Los resultados indican que es necesario crear e implantar nuevas metodologías que mejoren la obtención de las competencias y asentar los conceptos.

Palabras clave: Competencias; Concepto Umbral; Competencias transversales; Encuesta; Alumno; Alumnado; Profesor; Profesorado.

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

La educación contemporánea se enfrenta a múltiples desafíos que requieren enfoques innovadores y adaptativos para mejorar la calidad del aprendizaje y el desempeño académico y profesional de los estudiantes. Dentro de este contexto, el proyecto de implementación de una red de activación de conceptos umbrales y competencias transversales surge como una estrategia integral para abordar estos retos. Este proyecto se divide en tres fases principales: Análisis del panorama educativo actual, Desarrollo de estrategias y materiales, y Puesta en marcha de un programa piloto. La primera fase, que es el foco de este momento, se centra en entender los problemas existentes y determinar las áreas de mejora.

1ª Fase: Análisis del Panorama Educativo Actual

El análisis del panorama educativo actual es una etapa crucial para identificar las deficiencias y oportunidades dentro del sistema educativo. Esta fase se desglosa en tres objetivos principales: conocer cuáles son los problemas detectados por los profesores,

comprobar si los alumnos coinciden en cuáles son los puntos débiles, y ver qué aspectos son los principales a mejorar.

- Conocer Cuáles Son los Problemas Detectados por los Profesores:

Los profesores, como agentes directos del proceso educativo, tienen una perspectiva valiosa sobre las barreras que impiden un aprendizaje efectivo. Estas barreras pueden incluir factores como la falta de recursos didácticos adecuados, metodologías de enseñanza obsoletas, y un currículo que no responde a las necesidades actuales de los estudiantes. A través de encuestas, entrevistas y grupos focales con los docentes, se puede obtener un diagnóstico preciso de estos problemas. Además, se puede explorar cómo los profesores perciben la integración de conceptos umbrales y competencias transversales en sus prácticas pedagógicas y cuáles son las dificultades que enfrentan al intentar implementarlas [1].

- Comprobar Si los Alumnos Coinciden en Cuáles Son los Puntos Débiles:

Es fundamental contrastar la percepción de los profesores con la de los estudiantes para tener una visión completa y equilibrada de los problemas educativos. Los alumnos, como receptores del proceso de enseñanza, pueden proporcionar información sobre los aspectos del currículo y la enseñanza que encuentran más desafiantes o menos efectivos. Este enfoque participativo permite identificar discrepancias entre la enseñanza y el aprendizaje, y ajustar las estrategias en consecuencia. Las encuestas, entrevistas y grupos de discusión con los estudiantes son herramientas útiles para recopilar esta información [2].

- Ver Qué Aspectos Son los Principales a Mejorar:

Una vez identificados los problemas desde las perspectivas de profesores y alumnos, el siguiente paso es priorizar los aspectos a mejorar. Este proceso implica analizar la relevancia y el impacto de cada problema identificado y determinar cuáles son críticos para el éxito del aprendizaje. Se deben considerar tanto los conceptos umbrales, que son esenciales para la comprensión profunda de un tema, como las competencias transversales, que son habilidades aplicables en diversos contextos académicos y profesionales. Priorizar estos aspectos ayudará a enfocar los esfuerzos en áreas que puedan generar un cambio significativo en el desempeño académico y profesional de los estudiantes [3].

2ª Fase: Desarrollo de Estrategias y Materiales

Con una comprensión clara de los problemas y las áreas de mejora, la segunda fase del proyecto se centra en el desarrollo de estrategias y materiales educativos que aborden estas necesidades. Esta fase implica la creación de recursos didácticos que integren conceptos umbrales y competencias transversales de manera efectiva.

3ª Fase: Puesta en Marcha del Programa Piloto

La tercera fase del proyecto implica la implementación de un programa piloto para probar las estrategias y materiales desarrollados en un entorno real. Esta fase es vital para evaluar la efectividad de las intervenciones y hacer ajustes antes de una implementación a gran escala.

METODOLOGÍA

Se ha elaborado dos encuestas distintas en función del perfil y de la información que se pretende obtener.

Para la encuesta de profesores, se han preparado 11 preguntas y se ha caracterizado La titulación en la que se imparte la docencia, el curso y el semestre.

En la encuesta de los alumnos se han redactado un total de 19 preguntas y también se a caracterizado la titulación, curso y semestre.

Las encuestas han sido preparadas y lanzadas a través de la aplicación Google Forms que es de libre acceso con solo disponer de una cuenta Gmail.

Las respuestas han sido analizadas mediante análisis univariante y bivariante, y en este trabajo se muestran los resultados más destacables.

RESULTADOS

Se va a analizar conjuntamente las preguntas que tratan el mismo tema para profesores y alumnos, y de manera independiente las que traten conceptos distintos.

En cuanto a la caracterización de los encuestados, en la encuesta del profesorados se han obtenido 36 respuestas de profesores que imparten en 6 titulaciones de todos los cursos y en el semestre A, B y anual. En la encuesta de los alumnos se han recibido 63 respuestas de alumnos de 13 titulaciones de todos los cursos, también del semestre A, B y anual.

- Pregunta 1: ¿Cree que los alumnos tienen suficiente información sobre la normativa del trabajo a realizar, plazos y criterios de evaluación antes de comenzar el trabajo?

Como se observa en la Figura 1, la gran mayoría de los profesores piensa que si que ofrece la información necesaria para realizar el trabajo. En el caso de los alumnos, aproximadamente el 50% piensa que está completa la información que aportan los profesores. Esta discrepancia podría subsanarse proponiendo un Checklist para los profesores con todo lo que deben informar a los alumnos.

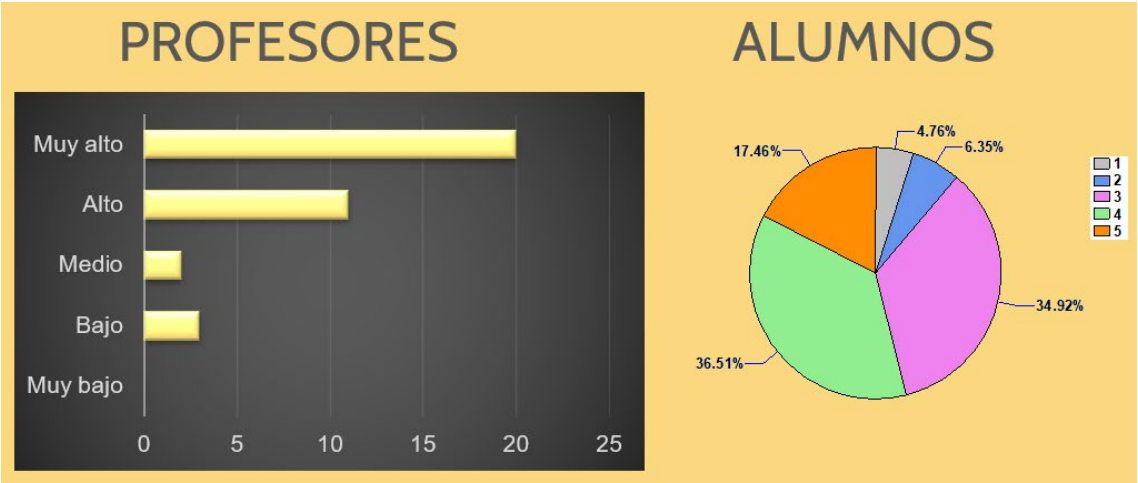


Figura 1. Respuestas pregunta 1. Las respuestas de alumno se clasifican como 1 totalmente en desacuerdo y 5 totalmente de acuerdo.

- Pregunta 2: ¿Cree que los estudiantes de forma general se planifican bien el trabajo para cumplir con los plazos de entrega?

La mayoría de los profesores opinan que los alumnos no se planifican adecuadamente el trabajo como se puede ver en la Figura 2. En cambio, se observa una discrepancia

con la opinión de los alumnos ya que aproximadamente el 60% opina que si se planifica bien. Esto es debido a que se tiene conceptos distintos sobre la planificación. Desde el punto de vista de los profesores es hacer las cosas con tiempo para poder preguntar, maquetar y entregar en fecha. Para los alumnos consiste solamente en entregar en fecha. La gran diferencia es que a los alumnos les vale con hacer el trabajo la última semana y entregar en fecha. Sería interesante plantear un modelo de trabajo en el que se hiciese un seguimiento de tutorías bisemanal y se controle los avances y calidad de los que se está haciendo por parte de los alumnos (tipo metodología SCRUM).

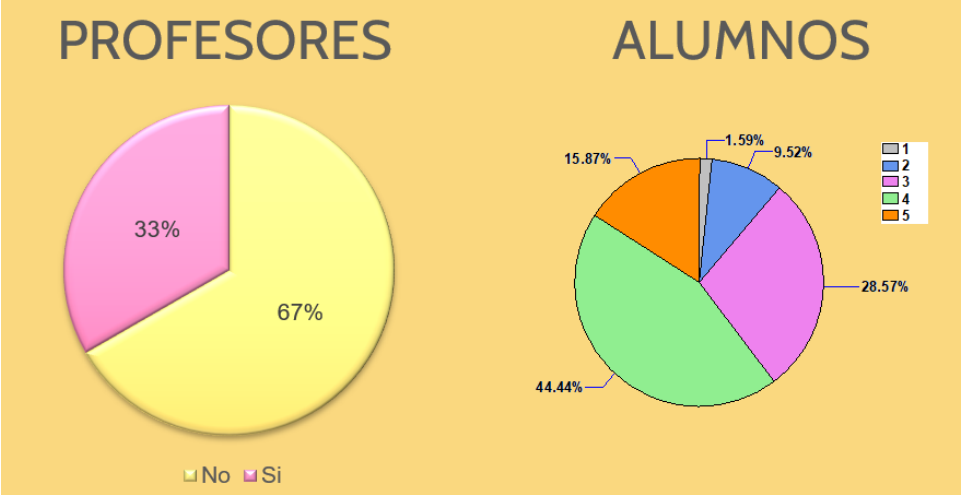


Figura 2. Respuestas pregunta 2. Las respuestas de alumno se clasifican como 1 totalmente en desacuerdo y 5 totalmente de acuerdo.

- Pregunta 3: ¿Qué aspectos del trabajo son los que considera que los estudiantes encuentran más dificultades en la memoria escrita?

Esta pregunta solo se realizó a los profesores, donde se observa en la Figura 3 que los apartados más críticos son la Discusión de resultados, las Conclusiones, y la Metodología. Los dos primeros tienen una componente más de pensar, cosa que los alumnos todavía están desarrollando. Sorprende que aparezca como 3º apartado crítico la Metodología, ya que es uno de los apartados más desarrollados por los profesores habitualmente. Quizás se debería hacer algún tipo de control que asegure que han comprendido la metodología antes de realizar el trabajo. Debería ser una herramienta rápida tipo Kahoot.

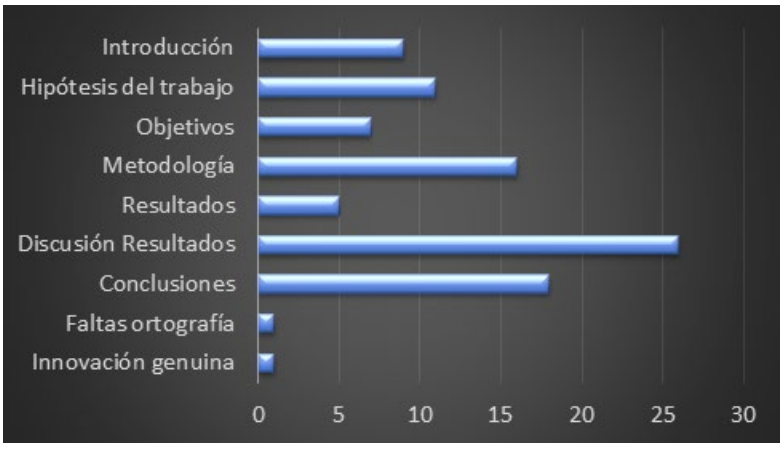


Figura 3. Respuestas Pregunta 3.

- Pregunta 4: ¿Qué impresiones tiene sobre la efectividad de las presentaciones orales en la comunicación de los proyectos?

Sobre las presentaciones orales, tal y como se observa en la Figura 4, aproximadamente el 50% de los profesores opinan que las presentaciones orales las realizan bien, mientras que en el grupo de los alumnos la percepción es que prácticamente el 75% opina que lo hace correctamente. Esto denota que el feedback sobre la presentación no es el correcto. Se debería implementar alguna rúbrica que facilite valorar y detectar las deficiencias a los alumnos.

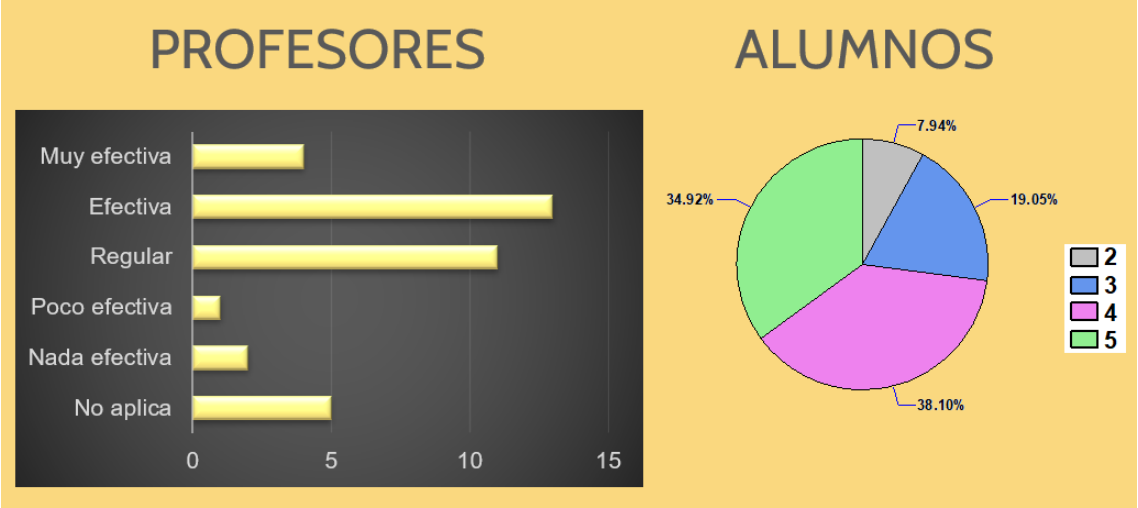


Figura 4. Respuestas pregunta 4. Las respuestas de alumno se clasifican como 1 totalmente en desacuerdo y 5 totalmente de acuerdo.

CONCLUSIONES

A través del análisis realizado en la primera fase del proyecto, se han identificado varias percepciones y desafíos comunes entre profesores y alumnos respecto a la realización de trabajos académicos y profesionales. A continuación, se presentan las conclusiones clave derivadas de este análisis:

Información sobre Normativas, Plazos y Criterios de Evaluación: La mayoría de los profesores creen que los estudiantes reciben suficiente información sobre estos aspectos, percepción consistente a través de cursos y titulaciones.

Discrepancia en la Planificación del Trabajo: Existe una discrepancia entre la opinión de profesores y alumnos. Los profesores creen proporcionar guías claras, mientras que los estudiantes sienten falta de orientación para gestionar su tiempo y esfuerzo eficazmente.

Dificultades en la Búsqueda de Bibliografía de Calidad: Tanto alumnos como profesores coinciden en las dificultades para buscar bibliografía de calidad. Es necesario fortalecer las competencias informacionales de los estudiantes.

Problemas en el Desarrollo de los Trabajos: Los problemas más graves identificados son en Metodología, Discusión de Resultados y Conclusiones. Estos componentes son críticos para la calidad de los trabajos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer la contribución, ayuda y apoyo financiero de la Universitat Politècnica de València (UPV): Programa de Aprendizaje y Enseñanza. Proyectos de Innovación y Mejora Educativa (PIME/22-23/353).

REFERENCIAS

[1] Biggs, John; Tang, Catherine (2011). *Teaching for Quality Learning at University: What the Student Does*. McGraw-Hill Education. ISBN: 9780335250837

[2] Tinto, Vincent. (1993). *Leaving College: Rethinking the Causes and Cures of Student Attrition*. University of Chicago Press. ISBN: 0-226-00757-X

[3] Meyer, Jan. H. F.; Land, Ray (2006). *Threshold Concepts and Troublesome Knowledge: Issues of Liminality*. In J. H. F. Meyer & R. Land (Eds.), ISBN: 9780203966273

Mantenimiento predictivo de máquinas de soldar basado en conjuntos de datos multimodales en arquitecturas en la nube

Fleischmann, Josef[(1)], Trull Dominguez, Oscar[(2)], Sánchez Galdón, A. Isabel[(3)], Göhringer, Jürgen Isabel[(4)]

(1) Institute for digital production management, HS Ansbach (DE), j.fleischmann@hs-ansbach.de
(2) Departamento. Estadística e Investigación Operativa. Aplicada. y Calidad, Universitat Politècnica de València, otrull@eio.upv.es
(3) Departamento. Estadística e Investigación Operativa. Aplicada. y Calidad, Universitat Politècnica de València, aisanche@eio.upv.es
(4) Institute for digital production management, HS Ansbach (DE), juergen.goehringer@hs-ansbach.de

RESUMEN

Este estudio examina la implementación del mantenimiento predictivo y prescriptivo en la fabricación de productos electrónicos para reducir el tiempo de inactividad y mejorar la eficiencia. Los métodos de mantenimiento tradicionales dan lugar a tiempos de inactividad planificados excesivos. La solución propuesta utiliza un ecosistema de inteligencia artificial para el mantenimiento predictivo, realizando el mantenimiento solo cuando sea necesario, y el mantenimiento prescriptivo, optimizando los tiempos desde una perspectiva empresarial. El proyecto tiene como objetivo crear un marco estandarizado para integrar módulos de equipos en este ecosistema de IA, permitiendo a los fabricantes suministrar datos estructurados de las máquinas fácilmente.

Se definen tres roles dentro de la plataforma en la nube: fabricante de máquinas, proveedor de análisis y nube y usuario final. Los casos de uso de máquinas de soldar demuestran la aplicación de la plataforma, centrándose en la contaminación de las boquillas de soldadura, el calentamiento del baño de soldadura y la medición de la altura de las olas. Los resultados iniciales incluyen una puerta de enlace de adquisición de datos basada en Python y una infraestructura de nube de Oracle para almacenamiento y análisis de datos. Los esfuerzos futuros mejorarán las capacidades y la integración del sistema.

Palabras clave: Mantenimiento predictivo, mantenimiento prescriptivo, ecosistema de inteligencia artificial, fabricación de productos electrónicos, integración de datos industriales

INTRODUCCIÓN

El mantenimiento de los equipos de producción en la fabricación de electrónica se realiza actualmente mediante un mantenimiento periódico, basado en las recomendaciones del fabricante, y un mantenimiento reactivo ante averías. Aunque el mantenimiento frecuente minimiza los tiempos de inactividad no planificados, genera tiempos de inactividad totales planificados mayores de los necesarios. Monitorear los equipos de producción a través de un ecosistema de IA puede reducir significativamente estos tiempos de inactividad. El mantenimiento predictivo permite realizar el mantenimiento necesario justo antes de que ocurran los defectos, mientras que el

mantenimiento prescriptivo optimiza el tiempo desde una perspectiva comercial, asegurando que se cumplan los pedidos y las restricciones de producción.

La implementación del mantenimiento predictivo y prescriptivo requiere datos detallados y de alta resolución de los equipos de producción [1]. Esto suele suponer un desafío para los fabricantes, especialmente los pequeños y medianos, debido a los requisitos de formato de datos. Muchos módulos de equipos de producción son similares (por ejemplo, transportadores, accionamientos, elementos calefactores). El proyecto tiene como objetivo desarrollar un marco estandarizado para estos componentes, especificando los puntos y formatos de datos necesarios. El objetivo es crear una solución plug-and-play que permita que varios equipos de producción se conecten al ecosistema de IA a través de interfaces estandarizadas.

ROLES DENTRO DE LA PLATAFORMA EN LA NUBE

La Figura 1 muestra tres roles principales dentro de la plataforma en la nube para el mantenimiento predictivo y prescriptivo: fabricante de máquinas, proveedor de análisis y nube, y usuario final. Cada rol contribuye de manera única al ecosistema, con beneficios específicos descritos para cada uno.

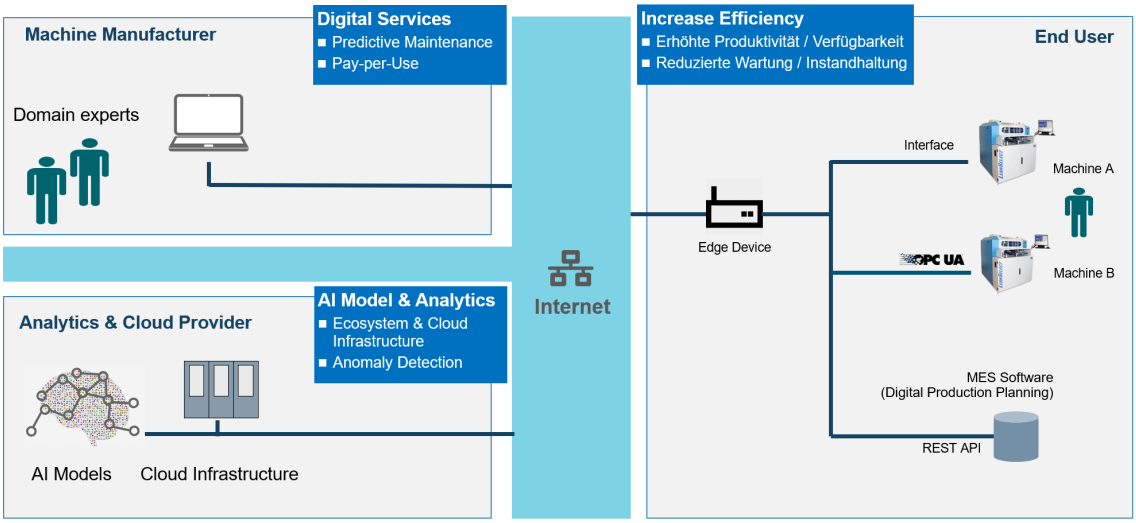


Figura 1. Arquitectura y roles en la plataforma en la nube.

Fabricante de máquinas

Los expertos en el campo de la fabricación de máquinas son responsables de proporcionar servicios digitales como el mantenimiento predictivo y los modelos de pago por uso. Estos servicios se basan en datos detallados de la máquina para predecir las necesidades de mantenimiento y optimizar el rendimiento de la máquina. Los beneficios para el fabricante de máquinas incluyen la capacidad de ofrecer funciones de servicio avanzadas y el potencial de generar ingresos adicionales a través de ofertas de servicios digitales.

Proveedor de análisis y nube

Esta función abarca el mantenimiento de los modelos de IA y la infraestructura general de la nube. El proveedor garantiza la escalabilidad del sistema y su capacidad para

procesar grandes conjuntos de datos desde varias máquinas. Los modelos de IA dentro de la nube realizan análisis sofisticados, incluida la detección de anomalías, que es esencial para implementar estrategias de mantenimiento predictivo y prescriptivo. Los principales beneficios para el proveedor de análisis y nube incluyen el desarrollo y mantenimiento de un ecosistema e infraestructura sólidos que admitan análisis de datos avanzados.

Usuario Final

Los usuarios finales operan la maquinaria de producción e interactúan con la plataforma a través de dispositivos de borde que recopilan y transmiten datos operativos. La IA de la plataforma procesa estos datos para brindar información sobre el mantenimiento. Los usuarios finales obtienen una mayor productividad y disponibilidad de la máquina, junto con menores costos de mantenimiento y reparación. Esto conduce a operaciones más eficientes y tiempo de inactividad minimizado, mejorando así la eficiencia general de la producción.

CASOS DE ESTUDIO: MÁQUINAS DE SOLDAR

La plataforma se desarrolla implementando tres casos de uso específicos para máquinas de soldar [2]:

Caso de estudio n.º 1: contaminación de la boquilla de soldadura

Descripción: La boquilla de soldadura dispensa soldadura sobre la placa de circuito impreso (PCB). Una bomba suministra soldadura líquida a través de la boquilla, creando una onda en la boquilla que se regula a una altura definida ajustando el rendimiento de la bomba. Debido a las influencias químicas o mecánicas del entorno, la boquilla de soldadura se corroe con el tiempo y afecta a la forma de la onda.

Objetivo: El mantenimiento predictivo debe identificar irregularidades en el funcionamiento de la boquilla de soldadura.

Puntos de datos: La altura de ola establecida y el rendimiento de la bomba correspondiente proporcionan información sobre el estado de la boquilla de soldadura.

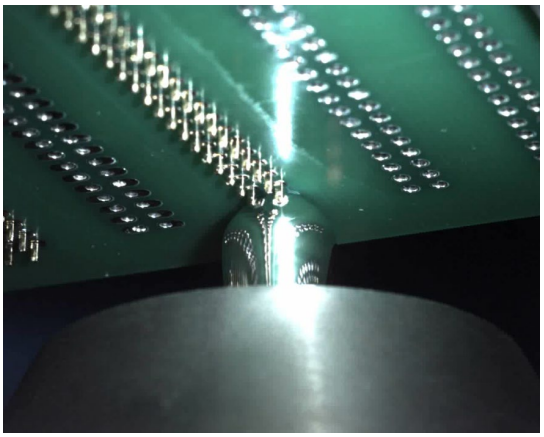


Figura 2. Boquilla de soldadura durante la producción [1]

Caso de estudio n.º 2: calentamiento del baño de soldadura

Descripción: El baño de soldadura, donde se contiene la onda de soldadura circulante, debe mantener un rango de temperatura constante. Se calienta mediante hasta tres

elementos calefactores. Si algunas piezas del sistema de calefacción no funcionan correctamente, esto puede pasar desapercibido.

Objetivo: El monitoreo del baño de soldadura debería detectar desviaciones en el rendimiento del calentamiento (por ejemplo, tiempos de calentamiento prolongados).

Puntos de datos: rendimiento de calentamiento y perfil de temperatura del baño de soldadura. Se muestra en la Figura 3 la posición de los puntos de soldadura.



Figura 3. Dos baños de soldadura ubicados en la máquina [1].

Caso de estudio n.º 3: medición de la altura de las olas

Descripción: La medición de la altura de la onda garantiza que la onda de soldadura alcance constantemente una altura fija. El desgaste de los componentes implicados (bomba, placa perforada o formador de olas, etc.) puede contribuir a la variación de la altura de las olas, que deben regularse en consecuencia.

Objetivo: El objetivo de la plataforma Cloud con respecto a la medición de la altura de las olas es inicialmente rastrear el comportamiento de las olas a lo largo del tiempo e identificar posibles influencias. Dado que la regulación de la altura depende de muchos parámetros de configuración, el objetivo a largo plazo es que la plataforma Cloud automatice la configuración óptima.

ENFOQUE ESTANDARIZADO PARA EL ANÁLISIS BASADO EN LA NUBE

La aplicación exitosa de soluciones de IA en equipos industriales, particularmente en la producción de productos electrónicos, depende de la facilidad de integración de los equipos de producción. Al definir módulos estandarizados (por ejemplo, transportadores, accionamientos, elementos calefactores) y permitir extensiones flexibles, los fabricantes pueden integrar sus equipos con un mínimo esfuerzo. Además, se proporcionarán pautas sobre cómo capturar físicamente los puntos de datos necesarios de la máquina.

Modelos de IA para mantenimiento predictivo y prescriptivo

Es necesario desarrollar modelos de IA adaptados a módulos de equipos estandarizados para el mantenimiento predictivo y prescriptivo. Esto implica estudiar las características de desgaste de los módulos y crear los algoritmos correspondientes, lo que en última instancia conduce a una biblioteca de IA que simplifica la integración de nuevos módulos en el ecosistema de IA sin un esfuerzo de ingeniería significativo.

La estandarización de puntos de datos a nivel de componente permite el desarrollo de modelos de IA para tipos de componentes específicos. Dada la limitación de datos, se deben crear métodos y algoritmos para hacer predicciones precisas sobre posibles fallas con datos mínimos (por ejemplo, entrenamiento de una sola vez). Los modelos se diseñarán para adaptarse continuamente a nuevos datos (entrenamiento continuo) [3].

Tres enfoques principales para el desarrollo de modelos de IA incluyen:

Detección de anomalías: monitorear las desviaciones del comportamiento típico es crucial, especialmente cuando solo hay buenos datos disponibles para la capacitación. Son adecuados métodos como el análisis de componentes principales (PCA), codificadores automáticos y técnicas de agrupamiento (KMeans, DBSCAN).

- Objetivo: Detectar anomalías en el funcionamiento de los componentes es el paso inicial del mantenimiento predictivo, permitiendo intervenir tempranamente cuando se detectan cambios en el funcionamiento.

Análisis de clasificación: es esencial categorizar conjuntos de datos basándose en categorías predefinidas (p. ej., máquina correcta/incorrecta) o estados más complejos (p. ej., aceleración, producción). Los métodos incluyen análisis de regresión, K-Neural Networks (KNN), máquinas de vectores de soporte (SVM) y árboles de decisión.

- Objetivo: La clasificación de los estados operativos permite una intervención oportuna durante condiciones indeseables y aborda las partes interesadas relevantes en función de inquietudes específicas.

Predicción con series temporales: predecir la evolución de los puntos de datos a lo largo del tiempo ayuda a reconocer posibles superaciones de umbrales de manera temprana. Los métodos adecuados incluyen redes neuronales recurrentes (RNN) y redes de memoria a corto plazo (LSTM) [4].

- Objetivo: La previsión de tendencias operativas permite la detección temprana de estados indeseables, lo que permite tomar medidas proactivas.

RESULTADOS

Gateway para Adquisición de Datos: Se desarrolló un software de gateway en Python, diseñado para instalación local a nivel de máquina. Esta puerta de enlace utiliza el protocolo industrial OPC-UA para recopilar datos directamente de la maquinaria. Una vez recopilados, los datos se transmiten a la infraestructura de la nube para su posterior análisis. Esta solución garantiza la adquisición de datos en tiempo real y un flujo de datos fluido desde el piso de producción a la nube.

Infraestructura en la nube: aprovechando Oracle Cloud Infrastructure, se implementó un modelo de base de datos sólido para respaldar el almacenamiento y la evaluación de datos de alta frecuencia y en tiempo real enviados por la puerta de enlace. La infraestructura está en pleno funcionamiento y maneja de manera eficiente la afluencia de datos desde varias máquinas conectadas. Esta configuración proporciona una solución escalable para gestionar grandes volúmenes de datos industriales, lo que permite análisis avanzados y monitoreo en tiempo real.

Resultados de los primeros datos: Actualmente, la atención se centra en un caso de uso que involucra una boquilla de soldadura monitoreada por una cámara. Los datos de las imágenes recopiladas se están analizando para detectar contaminación en la boquilla, lo que puede provocar resultados de soldadura subóptimos. Las evaluaciones preliminares indican que el análisis de imágenes puede identificar eficazmente

problemas de contaminación, proporcionando información crítica para el mantenimiento predictivo y el control de calidad.

FUTURAS LINEAS DE TRABAJO

Los próximos pasos implican ampliar las capacidades del sistema actual para incluir tipos más diversos de equipos industriales y sus respectivos puntos de datos. La implementación de casos de uso adicionales validará la escalabilidad y versatilidad de los modelos e infraestructura desarrollados. Los esfuerzos futuros se centrarán en:

Análisis de datos mejorado: incorporación de técnicas avanzadas de aprendizaje automático y modelos de inteligencia artificial para mejorar la precisión y confiabilidad del mantenimiento predictivo. Esto incluye el desarrollo de algoritmos para la detección, clasificación y predicción de series temporales de anomalías.

Formación continua: Establecer un marco de aprendizaje continuo donde los modelos de IA puedan adaptarse y mejorar a medida que se reciben nuevos datos. Este enfoque garantizará que el sistema siga siendo sólido y preciso a lo largo del tiempo, incluso cuando cambien las condiciones operativas.

Desarrollo de interfaz de usuario: creación de paneles intuitivos y herramientas de visualización para que los usuarios finales interactúen con los datos y los conocimientos generados por los modelos de IA. Esto mejorará la usabilidad y accesibilidad del sistema, permitiendo una toma de decisiones y tiempos de respuesta más rápidos.

Integración más amplia: ampliar el marco para admitir una gama más amplia de protocolos y estándares industriales, facilitar una integración más sencilla con los sistemas existentes y promover una adopción más amplia de la solución.

REFERENCIAS

[1] M. H. u. Rehman, I. Yaqoob, K. Salah, M. Imran, P. P. Jayaraman and C. Perera, "The role of big data analytics in industrial Internet of Things", Future Generation Computer Systems´, no. 99, pp. 247-259, 2019.

[2] J. Fleischmann, J. Göhringer, A. Reinhardt y A. Neiser, “Predictive Maintenance and Condition Monitoring for Soldering Machines,” de Elektronische Baugruppen und Leiterplatten, Fellbach, 2022.

[3] SEHO Systems GmbH, [En línea]. Available: www.seho.de.

[4] O. Serradilla, E. R. J. Zugasti y U. Zurutuza, “Deep learning models for predictive maintenance: a survey”, Applied Intelligence, 12 November 2021.

Algoritmos y modelos inteligentes de optimización para la planificación de la producción y el reaprovisionamiento

Mengual-Recuerda, Ana[(1)], Andrés, Beatriz[(2)], Juárez-Varón, David[(3)], Poler, Raul[(4)]
(1) Departamento de Organización de Empresas. Universitat Politècnica de València. anmenre1@.upv.es
(2) Centro de Investigación en Gestión e Ingeniería de la Producción. Universitat Politècnica de València. bandres@cigip.upv.es
(3) Dpto. de Ingeniería Mecánica y de Materiales. Universitat Politècnica de València. djuarez@upv.es
(4) Centro de Investigación en Gestión e Ingeniería de la Producción. Universitat Politècnica de València. rpoler@cigip.upv.es

RESUMEN

Una de las palancas para potenciar el valor de las empresas proviene de un uso más consciente y generalizado de las TIC. De hecho, la gran cantidad de datos disponibles gracias a los recientes avances tecnológicos digitales, abre oportunidades sin precedentes para adaptar dinámicamente las empresas al contexto cambiante en el que operan. Aunque las tecnologías digitales están disponibles, no se aprovechan plenamente, lo que impide que los datos valiosos se conviertan en conocimiento para crear información de valor añadido. Con el fin de hacer frente a estos desafíos, el presente artículo expone las bases del proyecto “Algoritmos y modelos inteligentes de optimización para la planificación la producción y el reaprovisionamiento (ATENNEA), financiado por el programa Primeros Proyectos de Investigación de la Universitat Politècnica de València y cuyo objetivo es desarrollar y probar algoritmos y modelos inteligentes, que permitirán a las empresas, generar valor más allá de la competencia, especialmente en pequeñas y medianas empresas (PIMEs) cuyos recursos y capacidades limitan la implementación de tecnologías digitales en el área de la planificación.

Palabras clave: optimización, producción, planificación, modelos inteligentes, TIC, reaprovisionamiento, PYMES.

INTRODUCCIÓN

Actualmente se plantea como un reto relevante la contextualización de la información, es decir, la identificación de la información correcta que apoya un proceso o decisión empresarial, especialmente, para la modelización e interoperabilidad de los datos a lo largo de la cadena de suministro. El principal reto ya no es que la información necesaria no exista en forma digital, sino que se trata de identificar y proporcionar rápidamente la información correcta. A menudo, no toda la información proporcionada por las fuentes de datos implicadas es importante o relevante para los procesos de planificación. Esto tiene un gran impacto en los algoritmos y modelos inteligentes de optimización y previsión, que, para que funcionen eficazmente, requieren que sólo se procese la información relevante y en tiempo real. El uso de Objetos Cognitivos (OC) proporciona apoyo in situ al proceso de gestión de datos, como la recogida, la motorización y el

análisis de información de la empresa. Los OC constan de sensores y actuadores para apoyar la ejecución de tareas de recogida y análisis de datos realizadas entre los humanos y los sistemas de información [1] . Además, el *Internet of Everything* (IoE) es una evolución del concepto de Internet de las Cosas (IoT) que permite reunir personas, procesos, datos y cosas para realizar conexiones en red. Las herramientas que incorporan IoE son capaces de comunicarse y compartir datos con la nube y, por tanto, con los sistemas de información de las empresas [2]. Finalmente, la interoperabilidad semántica es crucial para el intercambio de datos. La interoperabilidad se basa en la modelización de las fuentes de datos mediante un enfoque de modelización semántica, como las ontologías. Una ontología abarca una representación, denominación formal y definición de las categorías, propiedades y relaciones entre los conceptos, datos y entidades que sustentan uno, muchos o todos los dominios del discurso [3]. La ontología servirá como base para generar un modelo de datos normalizado y una infraestructura de conocimiento.

Al mismo tiempo, otro reto actual en la ingeniería de los sistemas de producción y logística es manejar la integración los datos del producto, el proceso y la fábrica [4]. Esto lleva a explotar las técnicas basadas en algoritmos y modelos inteligentes para la optimización del uso de los recursos en toda la empresa. Los algoritmos inteligentes ayudan a los módulos de optimización a encontrar las decisiones más adecuadas en relación con la planificación de la producción, y el reabastecimiento de materiales teniendo en cuenta los objetivos medioambientales, económicos y sociales.

Para enfrentar estos retos, el presente artículo introduce el proyecto “Algoritmos y modelos inTEligentes de optimizacióN para la planificación la producciN y el rEaprovisionAmiento (ATENNEA), financiado por el programa Primeros Proyectos de Investigación de la Universitat Politècnica de València.

Uno de los retos del proyecto ATENNEA es fortalecer la resiliencia de las decisiones de planificación, de forma que se proporcionen herramientas de detección temprana a problemas, análisis de escenarios, adaptación en tiempo real y automatización de tareas. Estas capacidades permitirán a las empresas responder rápidamente a cambios inesperados y mantener la continuidad operativa de manera efectiva [5] . Utilizando algoritmos de aprendizaje automático, el trabajo desarrollado en el proyecto ATENNEA consentirá analizar datos históricos de ventas y otros factores relevantes para predecir la demanda futura con mayor precisión, lo que lleva a una planificación más precisa de la producción y del reabastecimiento de materiales. Los algoritmos y modelos de optimización inteligentes permitirán adaptar los planes de producción en tiempo real en respuesta a cambios imprevistos, como retrasos en la cadena de suministro, cambios o problemas de producción, para minimizar los impactos negativos [6]. Finalmente, mediante el análisis de datos de sensores y el monitoreo continuo, se pueden predecir fallos y realizar mantenimiento preventivo en los equipos de producción, evitando tiempos de inactividad no planificados y optimizando la disponibilidad de la maquinaria.

Según la revisión de la literatura llevada a cabo por Guzman et al. 2022 [7] existe un número muy reducido de trabajos de investigación que propongan algoritmos y modelos inteligentes de optimización los cuales hayan sido validados en empresas reales. Por ello, ATENNEA se centra en la validación de los modelos propuestos a través de su aplicación en empresas que servirán como piloto proyecto.

A continuación, se expone los objetivos y los resultados previstos con esta iniciativa. Posteriormente, se ofrece un resumen junto con las conclusiones del proyecto.

OBJETIVOS

El objetivo general de ATENNEA es desarrollar soluciones basadas en el uso de algoritmos y modelos inteligentes de optimización para el cálculo de planes de producción y reaprovisionamiento.

Los algoritmos y modelos inteligentes desarrollados permitirán, a las empresas, generar valor más allá de la competencia, especialmente en pequeñas y medianas empresas (PIMEs) cuyos recursos y capacidades limitan la implementación de tecnologías digitales en el área de la planificación.

De esta forma, se persiguen los siguientes objetivos específicos (OE):

OE1.Crear una infraestructura de recopilación y gestión de información a través de la explotación de datos y la creación de conocimiento.

La idea principal es explotar las múltiples fuentes de información disponibles en la empresa para crear conocimiento. El objetivo final es crear un modelo de datos y una infraestructura de conocimiento para la gestión, intercambio y explotación de datos. De esta forma, se busca asegurar que los algoritmos y modelos inteligentes de optimización a desarrollar se alimenten con datos confiables y consistentes.

OE2. Desarrollar algoritmos y modelos inteligentes de optimización para abordar la planificación de la producción y el reabastecimiento de materiales.

A través de la información recopilada y estructurada, así como del conocimiento generado en el OE1, se desarrollarán algoritmos y modelos inteligentes de optimización que modelen los procesos reales de las empresas. Estas herramientas tienen como objetivo generar planes más confiables y, además, permitirán monitorear, ajustar y optimizar procesos reales para anticipar fallos y aumentar la eficiencia de los procesos de previsión y planificación en la empresa, incrementando su resiliencia ante el actual entorno cambiante. Se desarrollan herramientas basadas en el conocimiento, para respaldar el proceso de toma de decisiones y calcular los planes producción, y reabastecimiento de PIMEs manufactureras.

OE3. Validar los algoritmos y los modelos inteligentes de optimización en empresas piloto, de forma que se lleve a cabo la transferencia de la investigación al campo empresarial.

RESULTADOS

Los resultados esperados con esta iniciativa son:

- **Creación de un modelo de datos normalizado para el intercambio de información** a partir de los datos tangibles recopilados en los sistemas de información de la empresa, contando con una infraestructura de conocimiento a

partir de la información intangible que procede del know-how y de la experiencia de los recursos humanos.

Este modelo permitirá a la empresa optimizar la gestión de sus datos tangibles y facilitar la comunicación fluida entre diferentes sistemas de información, contribuyendo a una mayor eficiencia en la recopilación, procesamiento y análisis de la información, lo que a su vez mejorará la toma de decisiones.

- **Desarrollo de un repositorio de algoritmos y modelos inteligentes de optimización para el cálculo de los planes de producción y reabastecimiento**.

  De esta manera se proporcionará a la empresa herramientas poderosas para calcular con precisión y planificar de manera eficiente la producción y el reabastecimiento. Estos algoritmos y modelos se adaptarán a las necesidades específicas de la empresa, lo que permitirá obtener resultados personalizados y mejorados en términos de eficiencia operativa, reducción de costos y cumplimiento de objetivos comerciales.

- **Validación de las herramientas y modelos en empresas piloto**, de forma que se lleve a cabo la transferencia de la investigación al campo empresarial, a fin de poder identificar oportunidades de mejora y realizar ajustes necesarios para optimizar el desempeño de los modelos y herramientas.

  Esto proporcionará a la empresa una ventaja competitiva al mejorar la toma de decisiones, optimizar la planificación de la producción y el reabastecimiento, y garantizar una implementación exitosa en entornos empresariales reales

Estas herramientas desarrolladas, conllevarán, al mismo tiempo, la generación de efectos positivos en términos de sostenibilidad. Desde el punto de vista medioambiental, la mejora de la previsión, la producción y el reabastecimiento, así como los mayores niveles de personalización, hacen que se reduzca la proporción de artículos no vendidos, evitando así el desperdicio de materiales (menores emisiones). Los planes optimizados tienen como objetivo aumentar la sostenibilidad tanto de los productos como de los procesos.

A continuación, se deriva un listado detallado de la proyección e impacto económico y social esperables:

- **Eficiencia operativa**: El uso de algoritmos y modelos inteligentes de optimización en la planificación de la producción y el reaprovisionamiento puede mejorar la eficiencia operativa de las empresas. Esto se traduce en una mejor asignación de recursos, una reducción de costes y una optimización de los procesos productivos.
- **Reducción de desperdicios**: La aplicación de algoritmos y modelos inteligentes puede ayudar a minimizar los desperdicios en la cadena de suministro y la producción. Esto se logra mediante una mejor planificación de la producción y reaprovisionamiento y una gestión más eficiente de los inventarios y una optimización de los niveles de producción.
- **Mayor satisfacción del cliente**: La planificación más precisa y eficiente de la producción puede llevar a una mejora en la satisfacción del cliente. Al contar con productos disponibles en el momento adecuado y en las cantidades requeridas,

se reducen los tiempos de espera y se cumplen las expectativas de los clientes de manera más efectiva.

- **Reducción de costes**: La optimización de los planes de producción y reaprovisionamiento puede llevar a una reducción de costes en la cadena de suministro gracias al uso más eficiente de los recursos, una mejor gestión de inventarios y una disminución de los gastos asociados con el transporte y el almacenamiento.
- **Creación de empleo y desarrollo tecnológico**: La implementación de algoritmos y modelos inteligentes de optimización requiere de profesionales capacitados en el área y puede impulsar el desarrollo de nuevas tecnologías y soluciones en el sector. Esto puede generar oportunidades de empleo en el campo de la optimización y promover el avance tecnológico en la industria.

CONCLUSIONES

El proyecto ATENNEA fomenta la creación de empresas más competitivas y sostenibles gracias al efecto combinado de múltiples impactos que se pueden mapear en las siguientes áreas: (i) Mayor consistencia de los datos: gracias a la evolución tecnológica en el ámbito de las TIC se puede acceder fácilmente a una enorme cantidad de datos. Sin embargo, muchas empresas siguen teniendo dificultades para recopilarlos de forma estructurada y, sobre todo, para utilizarlos para alimentar de forma beneficiosa el proceso de toma de decisiones (ii) Mayor rendimiento de las herramientas de planificación: Una de las principales razones que impiden un uso generalizado de los algoritmos y modelos inteligentes de optimización y previsión para la planificación en las empresas son la falta de los conocimientos necesarios para utilizarlas, en particular para las PYME, suponiendo un reto modelar los diferentes planes de previsión así como los planes de planificación de la producción y reabastecimiento; y (iii) Transición digital de las empresas cumpliendo siempre con los principios de sostenibilidad y resiliencia, centrándose en el ser humano y la colaboración hombre-máquina.

AGRADECIMIENTOS

La investigación que condujo a estos resultados ha recibido financiación del Vicerrectorado de Investigación de la Universitat Politècnica de València mediante la ayuda Ref. PAID-06-23 “Algoritmos y modelos inteligentes de optimización para la planificación de la producción y el reaprovisionamiento (ATENNEA)”.

REFERENCIAS

[1] Möller, A., Roalter, L., y Kranz, M. (2011) Cognitive Objects for Human-Computer Interaction and Human-Robot Interaction. En: 6th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI 2011), pp. 207-208.

[2] Kang, B., Kim, D., Choo, H. (2017) Internet of Everything: A Large-Scale Autonomic IoT Gateway IEEE Transactions on Multi-Scale Computing Systems, 3 (3), art. no. 7931688, pp. 206-214.

[3] Polenghi, A., Roda, I., Macchi, M., Pozzetti, A., & Panetto, H. (2022). Knowledge reuse for ontology modelling in Maintenance and Industrial Asset Management. Journal of Industrial Information Integration, 27, 100298.

[4] Tolio, T., Ceglarek, D., ElMaraghy, H.A., Fischer, A., Hu, S., Laperrière, L., Newman, S., Vàncza, J. (2010). SPECIES - Co-evolución de productos, procesos y sistemas de producción. CIRP Annals-Manufacturing Technology, 59(2), 672-693.

[5] Mula, J., Poler, R., García-Sabater, J. P., & Lario, F. C. (2006). Models for production planning under uncertainty: A review. International journal of production economics, 103(1), 271-285.

[6] Alexopoulos, K., Nikolakis, N., & Xanthakis, E. (2022). Digital Transformation of Production Planning and Control in Manufacturing SMEs-The Mold Shop Case. Applied Sciences, 12(21), 10788.

[7] Guzman, E., Andres, B., & Poler, R. (2022). Models and algorithms for production planning, scheduling and sequencing problems: A holistic framework and a systematic review. Journal of Industrial Information Integration, 27, 100287.

Evolución del diseño de máquinas con la fabricación aditiva

Montava-Jordà, Sergi[(1)], Domingo Arlandis, Víctor[(2)], García Carrasco, Sergio[(3)], Calle Salas, Alejandro De La[(4)], Eixerés Tomás, Beatriz[(5)]

(1) Instituto de Diseño y Fabricación (IDF), Universitat Politècnica de València, Plaza Ferrándiz y Carbonell 1, 03801 Alcoy, España, sermonjo@mcm.upv.es
(2) Escuela Politécnica Superior de Alcoy, Universitat Politècnica de València, Plaza Ferrándiz y Carbonell 1, 03801 Alcoy, España, vdomarl@epsa.upv.es
(3) Instituto de Tecnología de Materiales (ITM), Universitat Politècnica de València, Plaza Ferrándiz y Carbonell 1, 03801 Alcoy, España, sergarc9@epsa.upv.es
(4) Instituto de Tecnología de Materiales (ITM), Universitat Politècnica de València, Plaza Ferrándiz y Carbonell 1, 03801 Alcoy, España, aldel14a@epsa.upv.es
(5) Instituto de Diseño y Fabricación (IDF), Universitat Politècnica de València, Plaza Ferrándiz y Carbonell 1, 03801 Alcoy, España, beaeito@dimm.upv.es

RESUMEN

El diseño de máquinas es una ciencia básica muy antigua relacionada con el proceso de creación tanto de máquinas o sistemas mecánicos, la cual ha experimentado una importante evolución pasando de los métodos de fabricación tradicionales a la adopción de tecnologías como la fabricación aditiva. Históricamente, el diseño de máquinas dependía en gran medida de procesos de fabricación sustractiva, en los que se extraía material de un bloque sólido para crear la forma deseada. Sin embargo, con la aparición de la fabricación aditiva, también conocida como impresión 3D, se ha producido un cambio de paradigma en el campo del diseño de máquinas.

La fabricación aditiva ha permitido la creación de geometrías complejas que antes eran difíciles o imposibles de lograr con los métodos tradicionales. Esta tecnología permite la construcción de piezas capa por capa, lo que da como resultado una reducción del desperdicio de material, una mayor libertad de diseño y una mejor personalización. Además, la fabricación aditiva se ha facilitado la creación rápida de prototipos y la iteración, acelerando el desarrollo del producto y reduciendo los tiempos de fabricación.

En este trabajo se pretende dar una visión de cómo ha influenciado la fabricación aditiva en el diseño de máquinas examinando los avances en materiales, en las técnicas y software, así como analizando tanto los beneficios y como las limitaciones que pueden desarrollarse en este campo.

Palabras clave: diseño de máquinas, fabricación aditiva, impresión 3D, prototipo.

INTRODUCCIÓN

La evolución del diseño de máquinas a lo largo de la historia ha sido un proceso en constante cambio a medida que han ido surgiendo nuevos materiales, fuentes de energía, nuevas tecnología y sistemas de fabricación. Desde las simples herramientas de la antigüedad hasta las complejas máquinas automatizadas de la era moderna, el diseño de máquinas ha experimentado una transformación impresionante que ha impulsado el progreso humano en innumerables formas las cuales han marcado las épocas de la historia.

En los inicios de la civilización, el diseño de máquinas se centraba en la creación de herramientas simples para tareas básicas como la caza, la agricultura y la construcción. Estas primeras máquinas eran en su mayoría mecánicas y se basaban en principios físicos simples como los de palanca, polea y/o rueda para amplificar la fuerza humana y facilitar el trabajo manual.

Con el avance de la tecnología, el diseño de máquinas experimentó una revolución durante la Revolución Industrial. La invención de la máquina de vapor y el desarrollo de la ingeniería mecánica sentaron las bases para la creación de máquinas más complejas, como locomotoras, telares mecánicos y máquinas de vapor estacionarias. Esta era marcó un punto de inflexión en la historia del diseño de máquinas, ya que la potencia mecánica comenzó a reemplazar progresivamente el trabajo manual en una variedad de industrias.

El siglo XX vio avances significativos en el diseño de máquinas, con la llegada de la electrónica y la informática. La automatización se convirtió en una tendencia dominante, dando lugar a la creación de robots industriales, sistemas de control numérico y maquinaria de precisión.

En la actualidad, el diseño de máquinas sigue evolucionando a un ritmo acelerado, impulsado por avances en campos como la inteligencia artificial, la robótica y la fabricación aditiva con los cuales se pueden conseguir mejoras significantes en este campo.

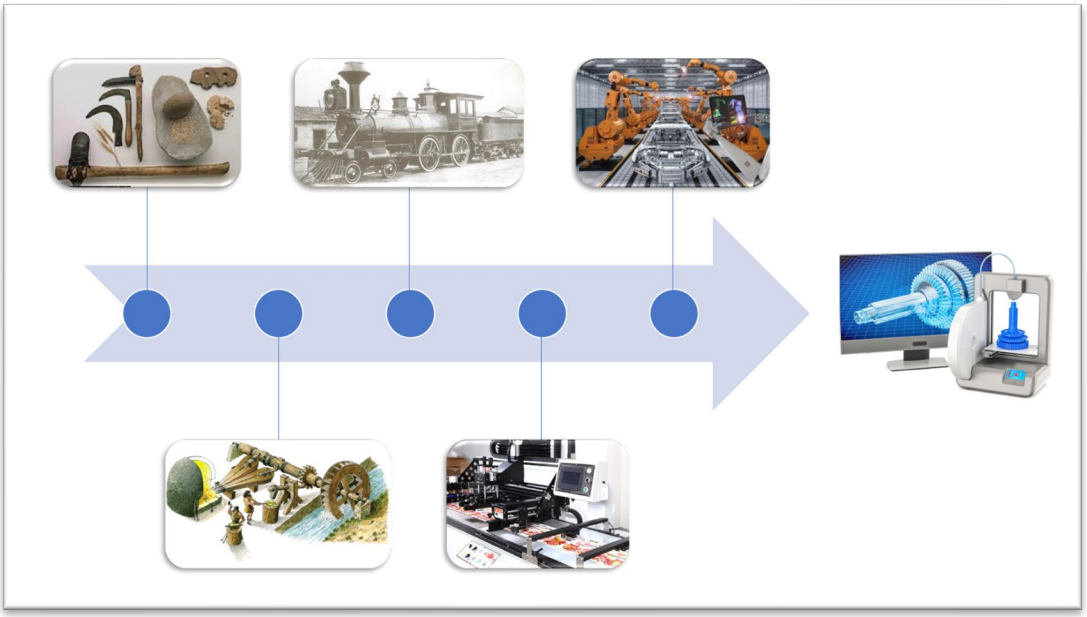


Figura 1. Evolución del diseño de máquinas en la historia.

OBJETIVOS

Los objetivos de este artículo son los siguientes:

- Examinar los avances en las técnicas, materiales y software de impresión 3D.
- Analizar los beneficios y desafíos de integrar la impresión 3D en el diseño de máquinas.
- Presentar estudios de casos que muestren aplicaciones exitosas de la impresión 3D en el diseño de máquinas.
- Explorar posibles desarrollos y aplicaciones futuras de la impresión 3D en el diseño de máquinas.

EVOLUCIÓN DE LA FABRICACIÓN ADITIVA

Fabricación aditiva

La fabricación aditiva (AM), también conocida como impresión 3D, ha sido una de las grandes revoluciones industriales de las últimas décadas. Esta tecnología permite la creación de piezas con formas muy complejas, que antes eran difíciles de fabricar, y reduce significativamente el desperdicio de material.

La historia de la fabricación aditiva se remonta a finales del siglo XIX e inicios del siglo XX, con la introducción de mapas topográficos elaborados en capas que imitaban una superficie tridimensional. A lo largo del tiempo, se han realizado numerosas patentes y avances en esta tecnología.

Uno de los momentos clave en la historia de la fabricación aditiva fue la comercialización de la primera impresora 3D de tecnología de estereolitografía (SL) a finales de 1988 por parte de la empresa 3D Systems, cofundada por Charles Hull al cual se le aprecia en la Figura 2 [3]. Desde entonces, la fabricación aditiva ha evolucionado significativamente y ha atraído a muchos profesionales debido a sus ventajas en términos de flexibilidad, reducción de costos y ahorro de tiempo. Además, permite la obtención de geometrías muy complejas y el coste del proceso no se ve afectado por ello. El hecho de poder crear piezas diferentes en una misma serie de manera independiente del volumen de la misma, la convierte en una muy buena alternativa para la obtención de objetos personalizados fabricados en series cortas ya que tampoco encarece el proceso [1].



Figura 2. Charles W. Hull, creador de la impresión 3D.

Avances en las técnicas de impresión 3D

A lo largo de los años, las técnicas de impresión 3D han evolucionado significativamente. Hoy en día, contamos con tecnologías como la sinterización selectiva por láser (SLS), el modelado por deposición fundida (FDM) y el procesamiento digital de la luz (DLP), cada una de las cuales ofrece capacidades únicas en términos de precisión, velocidad y compatibilidad de materiales como se pueden apreciar en la Tabla 1 [2].

Tabla 1. Comparación entre las técnicas FDM, DLP y SLS.

Técnica	FDM	DLP	SLS
Principio de funcionamiento	Extrusión de material fundido	Fotopolimerización de resina	Sinterizado de micropartículas
Tipo de materiales compatibles	Termoplásticos	Resina fotopolimerizable	Termoplásticos
Cantidad de materiales Compatibles	Muy Alta	Media	Baja
Precio de los materiales	Medio - Bajo	Alto	Medio
Complejidad	Alta	Media	Media
Inmediatez	Muy Alta	Media	Baja
Resolución mínima de capa	0.1 mm	0.05 mm	0.06 mm
Resolución máxima en XY	0.25 mm	0.05 mm	0.08 - 0.08 mm
Precisión	Baja	Media	Alta
Aplicaciones	Prototipado rápido. Educación. Fabricación de plantillas y herramientas.	Modelos con detalles pequeños. Negativos calcinables para joyería y odontología. Férulas	Prototipos funcionales. Series cortas. Plantillas y herramientas. Componentes ortopédicos. Modelos
Ventajas	Bajo precio. Inmediatez. Materiales disponibles.	Alta resolución. Materiales dentales y calcinables de calidad.	Imprimir sin soportes. Piezas de alta calidad. Imprimir ensamblajes de manera directa Alta precisión.
Desventajas	Necesidad de usar soportes. Algunos materiales presentan contracciones altas.	Alto coste de los materiales. Bajo volumen de impresión.	Tiempos de impresión largos. Bajo volumen de impresión.

Materiales para la impresión 3D

Inicialmente, la impresión 3D se limitaba a unos pocos materiales como plásticos y resinas. Sin embargo, con los avances en la ciencia de los materiales, ahora es posible imprimir utilizando metales, cerámicas, compuestos e incluso materiales biológicos. Esta expansión de las opciones de materiales ha abierto nuevas posibilidades para el diseño de máquinas, lo que permite la creación de piezas ligeras, duraderas y complejas.

INFLUENCIA DE LA FABRICACIÓN ADITIVA EN EL DISEÑO DE MÁQUINAS

Beneficios

La integración de la impresión 3D en el diseño de máquinas ofrece varios beneficios. En primer lugar, permite la creación de piezas altamente personalizadas e intrincadas, eliminando la necesidad de procesos de ensamblaje complejos. Además, la impresión 3D permite la producción de componentes livianos con relaciones resistencia-peso mejoradas. Además, facilita la creación rápida de prototipos, reduciendo el tiempo y los costos de desarrollo.

Limitaciones

Si bien la impresión 3D tiene numerosas ventajas, también presenta ciertos desafíos y limitaciones. La calidad y las propiedades mecánicas de las piezas producidas mediante impresión 3D pueden variar según la técnica de impresión y el material utilizado. Además, la escalabilidad de la impresión 3D para la producción en masa sigue siendo un desafío, ya que puede no ser tan rentable como los métodos de fabricación tradicionales.

Estudio de caso

Esta sección presenta un caso en que muestran aplicaciones exitosas de la impresión 3D para la asignatura de diseño de máquinas. La idea consiste en la fabricación aditiva de componentes de una reductora de velocidad de engranajes rectos que forman parte de un proyecto de cálculo de la propia asignatura. En este caso se ha realizado la fabricación mediante la técnica FDM utilizando una impresora. Los engranajes se imprimieron utilizando la impresora cartesiana Artillery Genius Pro, tal y como se muestra en la Figura 3, con el material con PLA-SMARTFIL blanco los cuales se puede apreciar en la Figura 4.

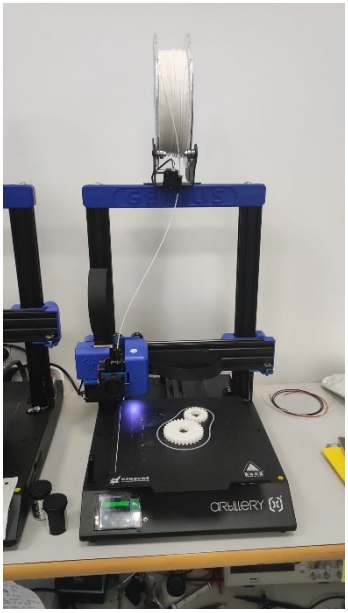


Figura 3. Proceso de impresión FDM.



Figura 4. Engranajes rectos impresos de PLA.

CONCLUSIÓN

En conclusión, la impresión 3D se ha convertido en una herramienta poderosa que tiene el potencial de remodelar los procesos de diseño de máquinas. Los avances en técnicas de impresión, materiales y software han permitido la creación de piezas complejas, personalizadas y livianas. Si bien existen desafíos y limitaciones, los beneficios de integrar la impresión 3D en el diseño de máquinas son innegables. A medida que la tecnología continúa avanzando, podemos esperar más desarrollos y nuevas aplicaciones en el futuro, transformando la industria manufacturera tal como la conocemos.

REFERENCIAS

[1] Calvo;Escudero;Somonte. (2018). "Últimos avances en la fabricación aditiva con materiales metálicos". n. 19, pp. 47-54.

[2] Filament2print. *Como escoger la tecnología más adecuada: FDM, DLP y SLS*. https://filament2print.com/es/blog/92_tecnologia-fdm-sla-sls-impresion-3d.html

[3] Infortisa. *CHARLES W. HULL, CREADOR DE LA IMPRESIÓN 3-D*. https://blog.infortisa.com/charles-w-hull-creador-de-la-impresion-3-d/

Análisis bibliométrico sobre Tribología usando técnicas de Machine Learning

Perez-Bernabeu, Elena[1], Sellés, M.A.[2]

(1) Centro de Investigación en Gestión e Ingeniería de Producción (CIGIP), Universitat Politècnica de València (UPV), Plaza Ferrándiz y Carbonell 1, 03801 Alcoy, España, elenapb@upv.es

(2) Instituto Universitario de Tecnología de Materiales (IUTM), Universitat Politècnica de València (UPV), Plaza Ferrándiz y Carbonell 1, 03801 Alcoy, España, maselles@upv.es

RESUMEN

El presente estudio se enfoca en la aplicación de técnicas de machine learning para realizar un análisis bibliométrico de la investigación en tribología. El objetivo es facilitar la extracción de información objetiva de un conjunto de artículos científicos, mejorando la capacidad de análisis y la obtención de resultados relevantes a partir de grandes volúmenes de datos. Para ello, se extrajo información desde la base de datos Scopus® en formato CSV, que luego fue procesada utilizando Python para obtener métricas e información clave. Los resultados demuestran la efectividad del machine learning en el análisis de grandes conjuntos de datos, proporcionando una visión objetiva y refinada de la investigación en el campo de la tribología. Se concluye que estas técnicas permiten un análisis más eficiente y preciso, adaptándose a diferentes necesidades según los campos seleccionados en los archivos CSV.

Palabras clave: Tribología, Machine Learning, Análisis Bibliométrico, Automatización de Análisis, Python.

INTRODUCCIÓN

La tribología es la ciencia que estudia la fricción, el desgaste y la lubricación de superficies en contacto. Su importancia es fundamental en una amplia gama de aplicaciones industriales, desde la automoción hasta la biomedicina, dado que el control de estos fenómenos es clave para el rendimiento y la durabilidad de numerosos sistemas mecánicos. A lo largo de las últimas décadas, la investigación en tribología ha experimentado un crecimiento sostenido, impulsado por la necesidad de desarrollar materiales y tecnologías más eficientes que reduzcan las pérdidas de energía y mejoren la vida útil de los componentes [1].

Con el aumento del volumen de publicaciones científicas, surge el reto de analizar y sintetizar la información disponible de manera efectiva. Tradicionalmente, los estudios bibliométricos se han utilizado para evaluar el impacto de la investigación y las tendencias en diversas disciplinas. Sin embargo, el enfoque tradicional tiene limitaciones cuando se enfrenta a grandes conjuntos de datos, como es el caso en la tribología. Aquí es donde las técnicas de machine learning han comenzado a jugar un papel crucial, ofreciendo herramientas avanzadas para la clasificación, agrupamiento y análisis de grandes volúmenes de información [2].

El objetivo principal es desarrollar un método usando técnicas de machine learning que permita automatizar la extracción de información relevante, mejorando la eficiencia y precisión del análisis bibliométrico en tribología. Este enfoque no solo facilita la extracción de información objetiva, sino que también permite identificar patrones y

tendencias que podrían pasar desapercibidos con métodos tradicionales. En particular, se busca evaluar la evolución temporal de la investigación, identificar a los autores e instituciones más influyentes, y mapear las redes de colaboración que han impulsado el avance del conocimiento en esta área.

Además, este estudio contribuye al cuerpo de conocimiento en dos vertientes: primero, demostrando la aplicabilidad de las técnicas de machine learning en el análisis bibliométrico, y segundo, proporcionando una visión detallada y objetiva del estado actual de la investigación en tribología. Estos hallazgos no solo son valiosos para investigadores que buscan identificar áreas clave y colaboraciones potenciales, sino también para instituciones que desean comprender mejor las dinámicas de la investigación en este campo.

METODOLOGÍA

La metodología aplicada en este estudio se ha estructurado en tres fases principales: recopilación de datos, procesamiento y análisis mediante técnicas de machine learning, y visualización de resultados.

1. Recopilación de datos:

Para realizar el análisis bibliométrico, se utilizó la base de datos Scopus®, una de las fuentes más completas para literatura científica. Se seleccionaron artículos relacionados con el campo de la tribología y se exportaron en formato CSV, lo que facilitó la posterior manipulación de los datos. Los criterios de búsqueda incluyeron los siguientes términos específicos en lengua inglesa: "tribology", "friction", “lubrication”, "wear" y “coatings”. Además, se filtraron los documentos publicados en los últimos 10 años en lengua inglesa y en formato artículo de revista, como se observa en la Figura 1.

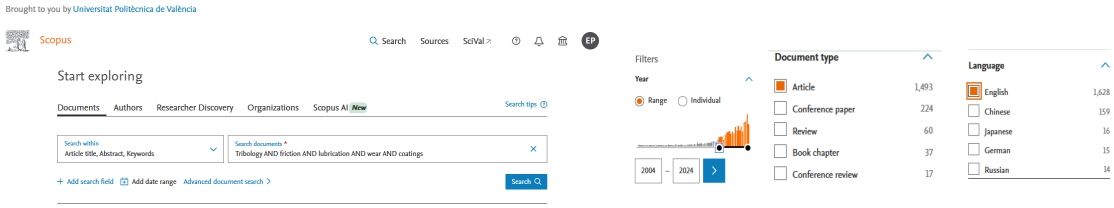


Figura 1. Búsqueda y filtrado de documentos en Scopus®.

2. Procesamiento de datos:

Una vez obtenidos los datos, se emplearon herramientas de programación en Python para el tratamiento y limpieza de la información. En esta etapa, se aplicaron técnicas de machine learning para identificar patrones dentro de los datos. Estos algoritmos permitieron detectar tendencias emergentes e información sobre los autores que más publican en la investigación sobre tribología. Para ello se utilizaron paquetes como “pandas”, “matplotlib” y “seaborn”.

3. Análisis y visualización:

El análisis de los datos procesados se centró en obtener métricas bibliométricas como el número de publicaciones por año y autor, la identificación de los autores más prolíficos, y la creación de mapas de co-ocurrencia de palabras clave o palabras en el abstract. Además, se generaron gráficos que representan la evolución temporal de las publicaciones y las redes de coautoría.

RESULTADOS

Se pueden realizar distintos tipos de análisis, dependiendo de las necesidades. Si se desea conocer más información sobre los autores más prolíficos en los últimos años, se puede obtener un gráfico de barras agrupadas que muestre la productividad de los 10 autores más prolíficos en el campo de la tribología entre 2010 y 2023 (Figura 2). Se observa que algunos autores, como Khoshgoftaar T.M., tienen picos de productividad en ciertos años, como en 2020, mientras que otros, como Zhang J., muestran una producción más constante a lo largo del tiempo. El gráfico sugiere que la actividad investigadora varía significativamente entre estos autores, con algunos años de alta producción y otros de baja, lo que podría estar relacionado con la naturaleza cíclica de los proyectos de investigación, la disponibilidad de financiamiento, o colaboraciones específicas.

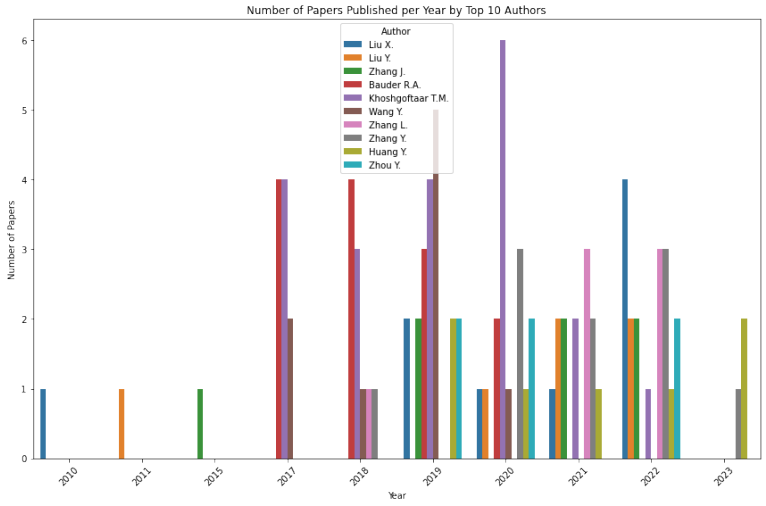


Figura 2. Número de artículos por año por los 10 autores más prolíficos en tribología.

En cambio, si se desea conocer más información acerca de las palabras más empleadas en las publicaciones de este campo, se puede obtener un diagrama de barras de la frecuencia de las palabras clave, como en la Figura 3, en la que se observa que los términos 'wear', 'friction', y 'tribology' encabezan la lista, indicando las áreas de mayor enfoque en la investigación actual en este campo.

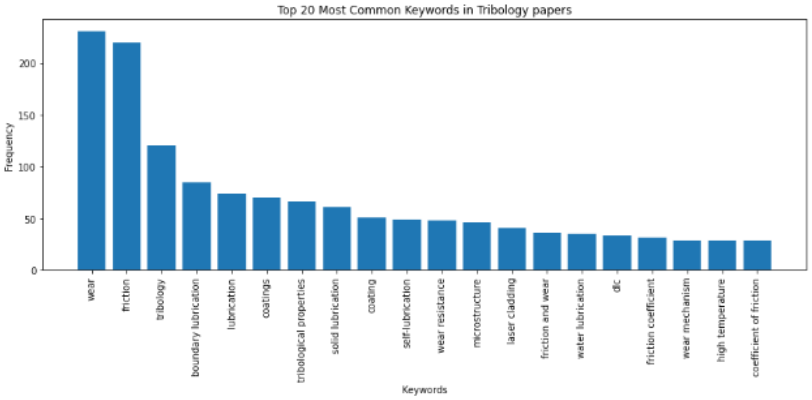


Figura 3. Frecuencia de las 20 palabras clave más comunes en artículos de tribología.

La Figura 4 nos ofrece un mapa de calor de co-ocurrencia, que presenta las frecuencias con las que las principales palabras clave aparecen juntas en los artículos científicos. Permite identificar rápidamente cuáles son las combinaciones de términos más comunes, destacando, por ejemplo, la fuerte co-ocurrencia entre "wear" y "coatings", así como entre "friction" y "lubrication".

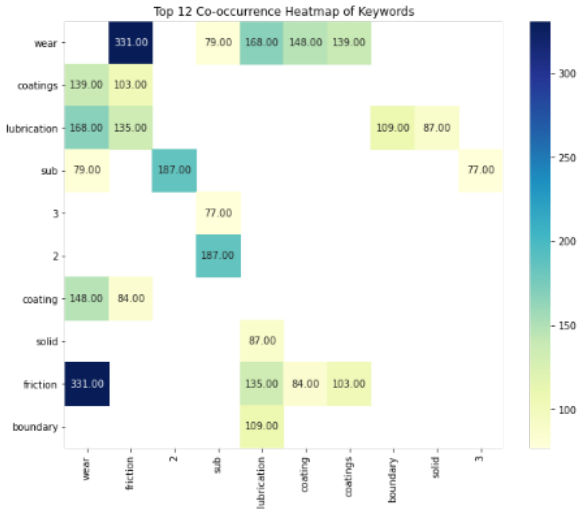


Figura 4. Mapa de calor de co-ocurrencia de palabras en el abstract.

Otro gráfico, el grafo de co-ocurrencia (Figura 5), visualiza estas relaciones de manera estructural, donde los nodos representan las palabras clave y las aristas indican la fuerza de sus relaciones. Este grafo no solo refuerza la información proporcionada por el mapa de calor, sino que también muestra cómo ciertos términos, como "wear", se sitúan en el centro de redes más amplias de términos, actuando como puntos de conexión entre varios conceptos importantes.

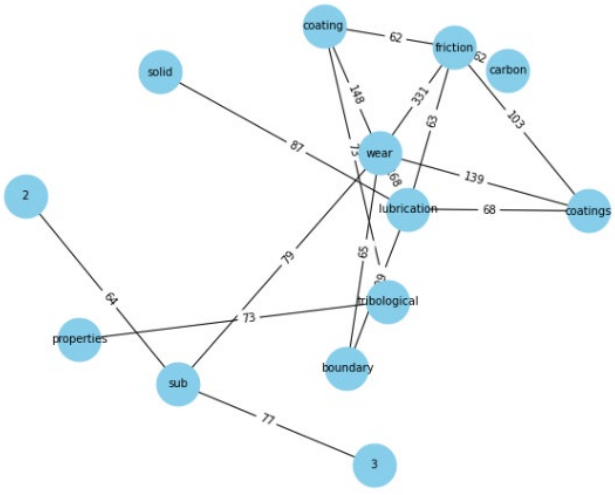


Figura 5. Grafo de co-ocurrencia de pares de palabras en el abstract.

Por último, el gráfico de barras de los 20 pares de co-ocurrencia más frecuentes (Figura 6), complementa las Figuras 4 y 5 al ofrecer un enfoque específico sobre los pares de palabras clave que aparecen juntos con mayor frecuencia. Este gráfico destaca, por ejemplo, que el par "friction-wear" es el más común, seguido de "lubrication-wear" y

"fabrication-wear". Esto proporciona una visión cuantitativa detallada sobre cuáles son las relaciones más estudiadas en la literatura científica.

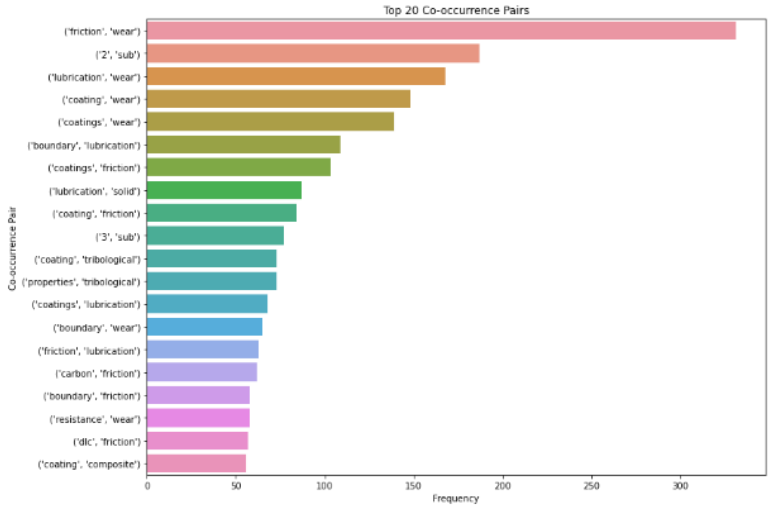


Figura 6. Diagrama de barras de pares de co-ocurrencia de palabras en el abstract.

En conjunto, estas tres gráficas (Figuras 4, 5 y 6) permiten no solo identificar las relaciones más frecuentes entre palabras clave en la investigación de tribología, sino también entender la estructura de estas relaciones y su relevancia dentro del campo. El mapa de calor ofrece una visión general de las frecuencias, el grafo de co-ocurrencia muestra las interconexiones estructurales, y el gráfico de barras detalla los pares específicos más significativos, proporcionando una imagen completa de cómo los temas de investigación están interrelacionados.

CONCLUSIONES

El Aprendizaje Automático nos permite analizar un gran número de artículos, además de asegurar que la información extraída es objetiva permitiendo la toma de decisiones informada en el ámbito académico y científico. Adicionalmente, el método es adaptable, permitiendo refinar el análisis según las necesidades específicas de la investigación, lo que lo convierte en una herramienta valiosa para futuras investigaciones en el campo.

El presente estudio demuestra la efectividad de las técnicas de machine learning aplicadas al análisis bibliométrico en el campo de la tribología. A lo largo del análisis, se han identificado patrones y tendencias que arrojan luz sobre las áreas de mayor investigación y los términos más interrelacionados dentro de la literatura científica. Las conclusiones extraídas de este estudio son multifacéticas y ofrecen una comprensión más profunda del estado actual de la investigación en tribología, así como del valor de los métodos avanzados de análisis de datos.

Las técnicas de machine learning, como la extracción de datos y el análisis de co-ocurrencias, son herramientas poderosas para gestionar y analizar grandes volúmenes de información científica. El uso de estas técnicas permite no solo identificar los términos más frecuentes, sino también generar mapas de sus interrelaciones de manera clara y concisa, lo cual es importante en un campo tan multidisciplinario como la tribología. La capacidad de automatizar el proceso de análisis bibliométrico con machine learning no solo mejora la eficiencia del trabajo, sino que también permite a los investigadores centrarse en la interpretación de los datos y en la generación de conocimiento.

Además, el estudio revela que ciertos términos, como "wear", "friction", y "lubrication", están en el centro de la mayoría de las investigaciones en tribología, lo que indica que estas áreas siguen siendo de gran relevancia y foco de estudio continuo. La identificación de estos términos como núcleos dentro de las redes de co-ocurrencia refuerza la idea de que la investigación en tribología está muy concentrada en ciertos temas clave que tienen un impacto directo en aplicaciones industriales y tecnológicas.
El análisis también destaca la existencia de clústeres temáticos y redes de colaboración entre investigadores, lo cual es fundamental para el avance del conocimiento. Las redes de co-autoría y la frecuencia de publicaciones muestran que hay una comunidad activa y conectada de investigadores trabajando en tribología, lo que promueve el intercambio de ideas y el desarrollo de nuevas tecnologías. Esto es especialmente relevante en un campo donde la innovación constante es necesaria para abordar los desafíos actuales en la eficiencia energética, la durabilidad de los materiales, y la sostenibilidad.
Por otra parte, la estructura de co-ocurrencias revela la naturaleza interdisciplinaria de la tribología, con términos relacionados con la ciencia de materiales, la ingeniería mecánica, y la física de superficies. Esto sugiere que los avances en tribología dependen de la integración de conocimientos de diversas áreas, lo cual es un indicio de que la investigación futura deberá seguir esta tendencia interdisciplinaria para continuar siendo relevante y aplicable en contextos reales.
Finalmente, el estudio subraya la importancia de la visualización de datos en la comprensión de las relaciones complejas entre términos clave. Los gráficos generados, como el mapa de calor de co-ocurrencias, el grafo de relaciones, y el gráfico de barras de pares de co-ocurrencia, no solo proporcionan una representación visual de los datos, sino que también facilitan la identificación de patrones que podrían no ser evidentes en un análisis textual o numérico tradicional. Estas herramientas de visualización son esenciales para comunicar los hallazgos de manera efectiva y para facilitar la toma de decisiones basada en datos.

REFERENCIAS

[1] Hutchings, I., Shipway, P. (2017). *Tribology: friction and wear of engineering materials.* Butterworth-heinemann. ISBN: 978 0 08 100910 9

[2] Matorevhu, A. (2024). Bibliometrics: Application Opportunities and Limitations. IntechOpen. doi: 10.5772/intechopen.1005292

Celdas de diamantes en el estudio de los materiales

Vilaplana Cerdá, Rosario Isabel[(1)], Peña Álvarez, Mirian[(2)],Errandonea, Daniel[(3)], Vie Giner, David[(4)]

(1) Dpto. Física Aplicada. EPSA, Universitat Politècinca de València, rovilap@fis.upv.es

(2) Dpto. Física y AstronomCentro de Ciencias en Condiciones Extremas, Universidad de Edimburgo, miriam.pena@ed.ac.uk

(3) Dpto. Física Aplicada, Instituto de Ciencias de los Materiales, Universitat de València, daniel.errandonea@uv.es

(4) Instituto de Ciencias de los Materiales, Universitat de València, david.vie@uv.es

RESUMEN

Las celdas de yunques de diamantes se vienen utilizando para investigar los materiales bajo condiciones extremas, en este escrito se describen los componentes esenciales de estas celdas y algunos detalles sobre el proceso carga previos a las medidas. Se muestran dos ejemplos de celdas usadas en el Center for Science at Extreme Conditions en Edimburgo, en el cual he realizado una estancia. La primera es una celda de sólo presión con la que se midieron los modos Raman de los compuestos AWO_4 (A = Co y Fe) hasta 50 GPa usando como medio transmisor de presión el gas He. La segunda es una celda de presión y temperatura con la que se midieron los modos Raman de una mezcla de agua y gas H_2, la temperatura se incrementó progresivamente hasta 750 K. También se muestran algunos resultados preliminares de estas medidas.

Palabras clave: alta presión, alta temperatura, celdas de yunques de diamantes, espectroscopía Raman, Wolframita, medio transmisor de presión, Helio.

INTRODUCCIÓN

Las propiedades de los materiales sometidos a altas presiones son hoy en día información fundamental en la física del estado sólido. Por lo que los estudios de alta presión son cada vez más comunes, combinándose también, la alta presión con la alta o baja temperatura. Cada vez es más común que los químicos y los investigadores de materiales incluyan la alta presión como una herramienta útil. La celda de yunques diamante (CYD) es una herramienta fundamental para el estudio de los materiales sometidos a tensiones mecánicas. Las CYDs también se pueden calentar o enfriar para acceder a las fases de alta presión y temperatura, así como a las de alta presión y baja temperatura. Además, se pueden generar estados de tensión tanto hidrostáticos como no hidrostáticos que pueden dar lugar a diferentes respuestas de los materiales [1].

A modo muy simplificado se puede decir que el aumento de la presión en un sólido cristalino acerca sus átomos o moléculas, reduce su movilidad y lo vuelve más rígido, mientras, que el aumento de la temperatura proporciona energía a sus constituyentes, que vibran más rápido y tienden a separarse. Siendo estos efectos contrapuestos, el resultado final de aumentar la presión o la temperatura o ambas son nuevos reordenamientos o transiciones de fase en el material que van a cambiar sus propiedades, y a veces, muy drásticamente. A este respecto, uno de los ejemplos más claro es el caso del grafito y del diamante que estando constituidos por uniones de un mismo átomo, el carbono, tienen propiedades totalmente dispares. Por un lado, el grafito es opaco, blando y conduce la electricidad mientras que el diamante es transparente,

extraordinariamente duro, aislante y con una altísima conductividad térmica. Sin embargo, el grafito es estable en condiciones ambiente mientras que el diamante necesita de la alta temperatura y presión para formarse, pero hoy en día se sintetizan. Otro ejemplo insólito es la metalización, por ejemplo, de materiales aislantes. En definitiva, las condiciones extremas en los materiales permiten descubrir nuevos ordenamientos con propiedades novedosas.

Las aplicaciones más evidentes se dan en el ámbito de la mineralogía, las ciencias planetarias, física de estado sólido, la química y ciencia de materiales. En el ámbito de la biociencia, donde se investiga el efecto de la presión en la estructura y propiedades de las biomolécula, las altas presiones se constituyen como una novedosa tecnología de conservación y de transformación de los alimentos, abriendo nuevas vías para desarrollar productos novedosos, seguros y saludables [2]. También se usa la alta presión en ambientes marinos donde microorganismos extremófilos sobreviven y están adaptados a condiciones extremas de presión. Otra aplicación de gran interés es el almacenamiento de H_2 en clatratos de agua [3]. Por otro lado, hay avances en la estabilización, a presión ambiente, de fases obtenidas en condiciones extremas. En primer lugar, tras aplicar alta temperatura y presión a los materiales (a veces asistida por catálisis) un enfriamiento rápido permitir estabilizar fases novedosas de estos, pero las cantidades de muestra conseguidas son pequeñas y policristalinas [4]. En segundo lugar, se están usando varias técnicas para crecimiento de materiales metaestables sobre sustratos sólidos [5], lo que hace más viable su uso comercial; y en tercer lugar, se pueden estabilizar fases introduciendo tensión mediante nanoestructuración [6].

OBJETIVOS

Los objetivos de este escrito son describir las CYD y los pasos esenciales para su preparación y carga, proporcionando dos ejemplos de estas celdas y mostrar resultados preliminares de medias de espectroscopia Raman realizadas con estas dos celdas, así como mencionar el interés de estas medidas.

Descripción de las celdas de yunques

Estas celdas constan de dos yunques de diamantes opuestos asentados sobre una junta metálica que se sitúa entre ellos. A esta junta metálica se le realiza un orificio en el centro que constituye la cámara de muestras. Esta se rellena con un medio transmisor de presión (MTP) que puede ser sólido, líquido o gaseoso. En el interior del orificio se introduce la muestra y un sensor de presión, que generalmente es una esfera de rubí (Figura 1).

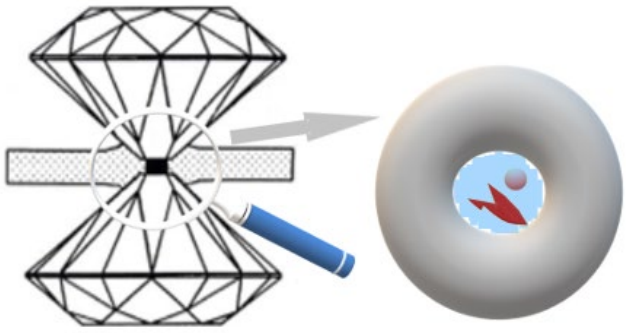


Figura 1. Celda de diamantes y una vista ampliada del asiento con el agujero en su centro conteniendo la esfera de rubí, la muestra y el medio trasmisor de presión.

La presión se ejerce aplicando unas pequeñas fuerzas sobre los diamantes generalmente mediante tornillos de presión u otros métodos dependiendo del tipo de celda. El pequeño “culet” del diamante aplica presión sobre el MTP y la junta metálica que rodea la cámara de muestras. Dicha junta se contrae unas micras y ejerce presión sobre el MTP desde el lateral. Si el MTP es líquido o gaseoso, entonces la presión es hidrostática o cuasi hidrostática, y si el MTP es sólido, la presión es no hidrostática y uniaxial a lo largo del eje del diamante. Es decir, que el estado de presión en la cámara de muestras depende de la selección del MTP que juega un papel fundamental, así como del estado de este. Por otro lado, diferentes tipos de diamantes permitirán diferentes presiones máximas siendo el diseño plano del diamante es el más básico, pero los hay de doble etapa y toroidales permitiendo ampliar el rango máximo alcanzando de presiones. La presión máxima también depende del diámetro del *culet* del diamante. Se cumple que cuanto más pequeño es el *culet* mayor es la presión a la que se puede llegar.

Pasos por seguir para cargar una celda

El proceso de carga de una celda no es sencillo y requiere de meses de entrenamiento ya que casi todos los pasos deben ser realizados bajo microscopio ya que manejamos longitudes micrométricas.

A continuación, se mencionen los pasos necesarios para proceder a la preparación y carga de una celda de yunques de diamantes antes de proceder con las medidas:

- Limpiar de diamante y los asientos.
- Pegar los diamantes a los asientos con una mezcla de catalizador staycast 2850FT+ Catalizador (esperar hasta que se seque o usar un calentador).
- Alinear los diamantes (Figura 2).
- Indentar el *gasket* o realizar la marca de los diamantes en el *gasket*, o junta metálica que debe ser el adecuado para la presión que se desea alcanzar (usar fluorescencia rubí o superficie de diamante y el espectrómetro Raman).
- Hacer un agujero en el centro del *gasket* (usar corte láser o electroerosión).
- Tras indentación comprobar que los diamantes siguen alineados y en caso contrario, realinear.
- En caso de realineación, volver a realizar el agujero en el centro de la junta.
- Medir el espesor de la marca del diamante utilizando la interferencia de una lámpara de luz que pasa través del agujero y el espectrómetro Raman.
- Insertar la muestra y el rubí en el agujero realizado en el *gasket*.
- Introducir el gas u otro medio transmisor presión en el *gasket*.

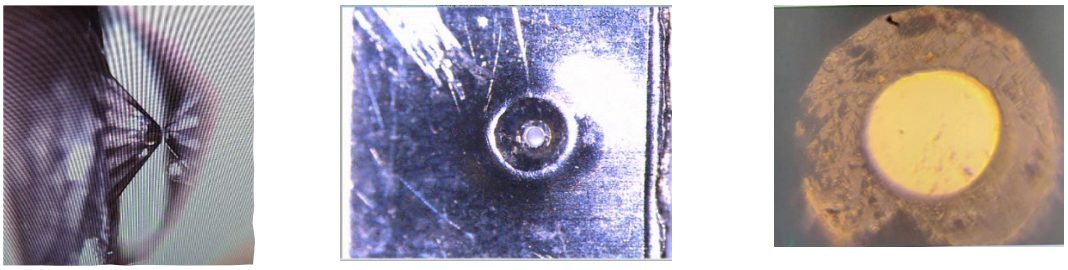


Figura 2. Irquierda: Diamantes durante el alineamiento. Centro: Indentación del gasket y el agujero en el centro. Izquierda: Imagen de la luz por agujero para medir el espesor del gasket.

En la Figura 3 podemos ver dos imágenes de las celdas de presión (parte superior) y de la celda de presión y temperatura (parte inferior). En ambas celdas se muestra la celda cerrada, en la figura de la izquierda, y la celda abierta, en la de derecha. La segunda celda mencionada requiere de pasos adicionales ya que en su interior deben de ser introducidos, un termopar y una resistencia de calentamiento y, además de aislarla térmicamente.



Figura 3. Arriba: Imágenes de celda de presión (derecha) y celda abierta (izquierda). Abajo: Imágenes de celda de presión y temperatura (derecha) y celda abierta (izquierda).

A continuación, hay que mencionar que en el Center for Scienceat Extreme Conditions en el que he realizado la estancia, poseen un sistema diseñado por ellos, que permite cargar con gases en pocos minutos. Se ha hecho uso de este sistema cargando con gas He la celda de presión, que constituye el medio transmisor de presión y con gas hidrógeno la celda de presión y temperatura. En este último caso el gas H_2 se utiliza para realizar una mezcla de agua y H_2. El gas He es adecuado como medio transmisor de presión cuando se pretende llegar a presiones iguales o superiores a los 50-60 GPa, ya que se mantiene la hidrostaticidad en el interior de la celda hasta dichos valores.

Finalmente, hay que añadir que, para poder realizar medidas con la celda de presión y temperatura ya cargada con la mezcla, es necesario realizar varios pasos más. Primero, hay que refrigerarla con un sistema de agua circulando. Segundo, hay que conectar los cables del termopar y de la resistencia de modo que se pueda aumentar y medir la temperatura. En tercer lugar, hay que añadir un sistema de calentamiento externo y un sistema mecánico para poder incrementar la presión, en este caso se usa una palanca. Finalmente, aislar térmicamente la celda desde el exterior.

RESULTADOS

A continuación, se muestran los espectros Raman obtenido con las dos celdas descritas.

Medidas Raman de $CoWO_4$

En condiciones ambiente el compuesto $CoWO_4$ tiene una estructura monoclínica de tipo Wolframita con grupo espacial P2/c, con Z = 2. Contiene octaedros distorsionados de Co y W rodeados de seis oxígenos. También encontramos en la estructura cadenas de octaedros idénticos a lo largo del eje [001]. La teoría de grupos predice un total de 18 modos activos Raman con una representación mecánica en el punto G dada por G = 8Ag + 10Bg. En este compuesto se han realizado medias Raman tan sólo hasta 10 GPa en trabajos preliminares y usado como medio transmisor de la presión una mezcla del Etanol+metanol+agua [1]. La motivación de estas medidas, a aparte de su interés tecnológico dado se trata de un material antiferromagnético y fotocatalítico, es poder observar por espectroscopía Raman si el material tiene transiciones estructurales desde P_{amb} hasta 50 GPa considerando un medio lo más hidrostático posible (de ahí la carga con gas He).

A continuación, se muestras las gráficas de los espectros Raman medidos en subida (Figura 4, izquierda) y en bajada (Figura 4, derecha) desde P_{amb} hasta 53 GPa.

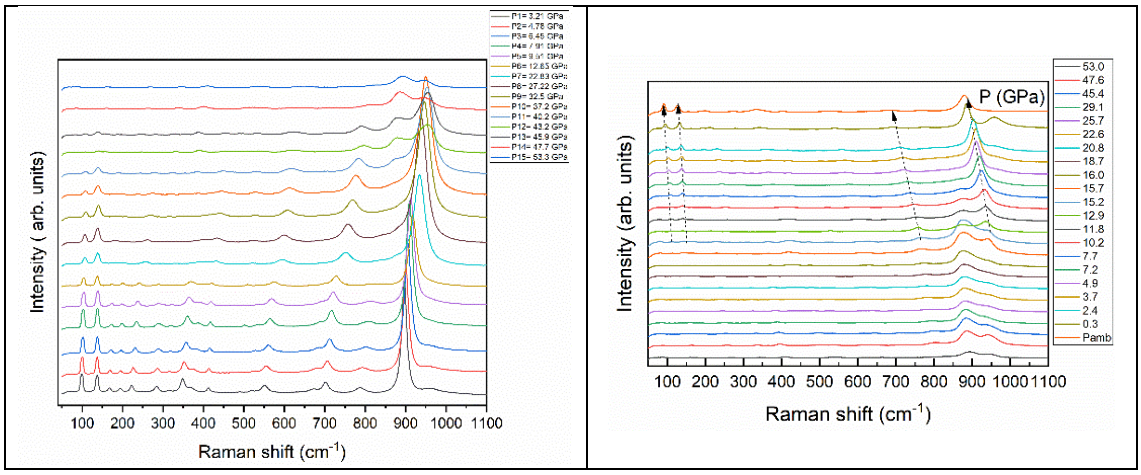


Figura 4. Espectros Raman en subida en presión hasta 53 GPa (izquierda) y en bajada (derecha), de una muestra del material $CoWO_4$ haciendo uso de la celda de presión y usando el He como medio transmisor de presión.

Medidas Raman de mezcla de agua + H_2

Los clatratos son compuestos en los que las moléculas de un gas están encapsuladas en una red cristalina de moléculas de otro compuesto, usualmente agua [3].

A continuación, se muestras las gráficas de los espectros Raman en subida (Figura 5, izquierda) y bajada (Figura 5, derecha) al subir en temperatura hasta 750 K, con presiones fluctuando hasta presión hasta un máximo de 2.3 GPa.

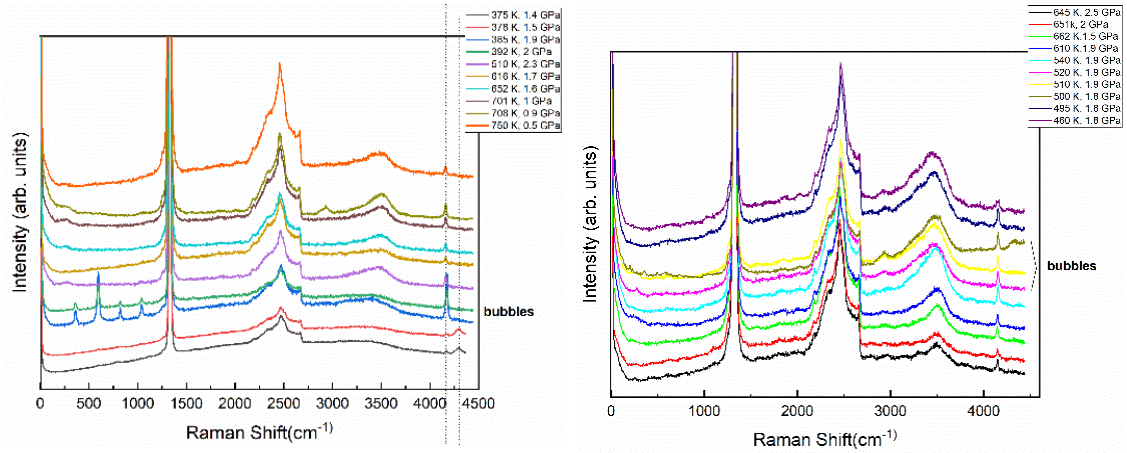


Figura 5 Espectros Raman en subida en temperatura hasta 750 K y en bajada, de una muestra de agua y gas H_2 haciendo uso de la celda de presión y temperatura.

CONCLUSIONES

En relación con las medidas de Raman del compuesto $CoWO_4$ se ha observado una transición nueva muy lenta que no reportada previamente. En bajada en presión, se recupera la fase inicial, pero con algo de desorden. Para poder determinar la estructura de esta nueva fase se realizarán medidas de difracción de rayos X de la misma muestra bajo presión y en las mismas condiciones, es decir cargando con gas He. En cuanto a la mezcla agua y H_2 lo que se observa al calentar es que primero tenemos agua y hidrógeno mezclados (se observan los vibrones y rotones del H_2). A temperaturas más altas todo indica que se forma un clatrato de agua donde solo se observa el vibrón del agua y modificada la banda relacionada con agua. También se observa la formación de un hidrocarburo debido a que a veces el hidrógeno reacciona con diamante.

REFERENCES

[1] Katrusiak, Andrzej (2019). "Lab in a DAC–high-pressure crystal chemistry in a diamond-anvil cell". *Materials,* v.75, n. 6, pp. 918-926. https://doi.org/10.1107/S2052520619013246

[2] Yuste, Josep; Capellas, Marta; Pla, Reyes; Fung, Daniel; Mor-Mur, Montserrat (2001). "High pressure processing for food safety and preservation: A review 1" *Microbiology*, v.9, n. 1, pp. 1-10. https://doi.org/10.1111/j.1745-4581.2001.tb00223.x

[3] Zhang, Ye; Bhattacharjee, Gaurav; Kumar, Rajnish; Linga Praveen (2022). "Solidified hydrogen storage (Solid-HyStore) via clathrate hydrates". *Chemical Engineering Journal,* v.431, n.4, pp. 133702. https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.133702

[4] Zhang, Lijun; Wang, Yanchao; Lv, Jian; Ma, Yanming (2017). "Materials discovery at high pressures". *Nature Reviews Materials,* v.2, n. 4, pp. 1-16.

[5] Demazeau, Gérad (1993). "Growth of cubic boron nitride by chemical vapor deposition and high-pressure high-temperature synthesis". *Materials,* v.2, n. 2-4, pp. 197-200. https://doi.org/10.1016/0925-9635(93)90052-4

[6] Bandiello, Enrico; Rodríguez-Hernández, Pácida; Muñoz, Alfonso; Buenestado, Manuel; Popescu, Ctalin; Errandonea, Daniel. (2021). "Electronic properties and high-pressure behavior of wolframite-type CoWO4". *Mater.Adv.,*v.2, n.18, pp. 5955-5966. https://doi.org/10.1039/D1MA00510C

Etiquetas ecológicas de la UE: Caracterización de los consumidores que demandan más en los servicios de alojamiento

Ortiz-Masiá, Genoveva[(1)], Trull Domínguez, Óscar[(2)], Peiró-Signes, Ángel[(3)], Segarra Oña, María del Val[(4)]

(1) Departamento de Organización de Empresas, Universidad Politécnica de Valencia, 46022 Valencia, Valencia, Spain, georma@upv.es

(2) Departamento de Organización de Empresas, Universidad Politécnica de Valencia, 46022 Valencia, Valencia, Spain, otrull@eio.upv.es

(3) Departamento de Organización de Empresas, Universidad Politécnica de Valencia, 46022 Valencia, Valencia, Spain, anpeisig@upv.edu.es

(4) Departamento de Organización de Empresas, Universidad Politécnica de Valencia, 46022 Valencia, Valencia, Spain, maseo@omp.upv.es

RESUMEN

La sostenibilidad es un concepto extendido cada vez en más aspectos de nuestra sociedad, cobrando especial importancia en el ámbito empresarial considerándose al marketing ecológico como una herramienta de creación de valor, es decir, una forma de conseguir una ventaja competitiva. Por este motivo, cada vez más empresas están adoptando diferentes prácticas sostenibles en sus áreas de su organización, ya sea para cumplir con las regulaciones vigentes o para satisfacer las demandas y expectativas de sus clientes. La industria hotelera no es una excepción, por lo que el uso de etiquetas ecológicas ha aumentado rápidamente en las últimas décadas en este sector. No obstante, la investigación de las características de los consumidores relacionados con una mayor demanda de etiquetas ecológicas no es suficiente. En este artículo se han analizado los datos del Eurobarómetro Flash 535 de septiembre de 2023 y se han determinado ciertas características sociodemográficas de los ciudadanos europeos que demandan un mayor uso de este tipo de etiquetas en los servicios de alojamiento. Los resultados obtenidos indican que las personas con alto nivel educativo, mayores de 39 años, especialmente mujeres y habitantes de pueblos o ciudades, son más propensas a demandar etiquetas ecológicas en los servicios de alojamiento.

Palabras clave: Sostenibilidad, Ecoetiqueta, Ventaja Competitiva, Marketing Ecológico, Turismo

INTRODUCCIÓN

Tanto a nivel político como para muchos sectores, incluido el turismo, la sostenibilidad se ha convertido en una prioridad. Las etiquetas ecológicas, también conocidas como ecoetiquetas (EE), son una de las herramientas más útiles utilizadas en diferentes políticas de información ambiental. Se espera que el turismo sea uno de los sectores clave que impulse los esfuerzos globales por el desarrollo sostenible. Como resultado, la comprensión y el impacto en las actitudes y comportamientos de los visitantes han despertado mucho interés [1]. En cuanto a la demanda, este tipo de turismo denominado comúnmente ecoturismo, tiene motivaciones diferentes a las del turismo tradicional, por

lo que es esencial identificar las características de los distintos segmentos que la componen. Comprender estas particularidades puede permitir adaptar y ajustar las ofertas y estrategias para cumplir con las expectativas y necesidades de los consumidores interesados en esta modalidad de turismo.

Las ecoetiquetas cumplen con dos funciones diferenciadas. Por un lado, obliga a las empresas que las adoptan a que sus servicios cumplan con una serie de prácticas y políticas ambientales específicas. Por otro, las ecoetiquetas ofrecen al consumidor información clara y accesible sobre las características ambientales y sostenibles de dichos servicios, fomentando así una mayor concienciación ecológica y promoviendo comportamientos más responsables [2]. La etiquetas ecológicas de la UE (EEU) garantiza que los alojamientos certificados han optimizado la gestión medioambiental y de residuos, y han reducido el consumo de energía, el consumo de agua, las emisiones del transporte y el desperdicio de alimentos [3].

Con frecuencia los consumidores toman en consideración las cuestiones ecológicas en sus decisiones de compra, debido a la relación existente entre la implementación de prácticas verdes, el aumento de la conciencia medioambiental y la lealtad hacia los hoteles verdes [4], [5].

OBJETIVOS

El objetivo del presente estudio consiste en caracterizar a estos consumidores que desearían más EEU en los servicios de alojamiento, con el propósito de poder ser identificados más fácilmente. El estudio se centra concretamente en el efecto de las características sociodemográficas de estos consumidores. La pregunta de investigación que se pretende responder. por tanto, sería definir cuáles son los perfiles sociodemográficos de los consumidores que muestran una mayor propensión a demandar más EEU en alojamientos.
Los resultados de este estudio podrían ayudar a los gobiernos en el diseño y planificación de futuras políticas públicas sobre servicios de alojamiento sostenibles y ecoetiquetado. Por otro lado, también podrían ser útiles de igual forma al tomarse en consideración en el diseño de las políticas y planes de marketing tanto de los destinos turísticos, así como de las empresas turísticas.

METODOLOGÍA

Fuente de Datos

Para la realización de este estudio se han utilizado datos del Eurobarómetro Flash 535 (The EU Ecolabel) de septiembre de 2023. En esta encuesta que evalúa el conocimiento de los ciudadanos de la UE sobre la EEU y sus actitudes hacia las EE en general se realizó entre el 5 de septiembre y el 13 de septiembre [6].

Para la realización de esta encuesta se entrevistaron a una muestra representativa de la población europea compuesta de 26.630 ciudadanos de 15 años o más, en cada uno de los 27 estados miembros de la Unión Europea (UE), mediante entrevistas web asistidas por computadora (CAWI). Las principales características sociodemográficas de las muestras se resumen en la Tabla 1.

Tabla 1. Características demográficas de la muestra. Fuente: Elaboración Propia.

		D2 Sexo (grupo)											
		Mujeres			Hombres			Sin Especificar			Total general		
D1R1 Edad (grupo)	D4R2 Fomación (grupo)	Recuen..	% Fila	% Columna	Recuen..	% Fila	% Columna	Recuen..	% Fila	% Columna	Recuen..	% Fila	% Columna
15-24	20 años o más	308	52,03%	2,25%	279	47,13%	2,17%	5	0,84%	4,76%	592	100,00%	2,22%
	De 16 a 19 años	379	50,80%	2,77%	364	48,79%	2,83%	3	0,40%	2,86%	746	100,00%	2,80%
	Estudiando	809	52,50%	5,92%	713	46,27%	5,55%	19	1,23%	18,10%	1.541	100,00%	5,79%
	Hasta 15 años	41	58,57%	0,30%	29	41,43%	0,23%				70	100,00%	0,26%
	Sin estudios	75	47,77%	0,55%	78	49,68%	0,61%	4	2,55%	3,81%	157	100,00%	0,59%
	No aplicable	75	41,21%	0,55%	104	57,14%	0,81%	3	1,65%	2,86%	182	100,00%	0,68%
	Total	1.687	51,31%	12,34%	1.567	47,66%	12,19%	34	1,03%	32,38%	3.288	100,00%	12,35%
25-39	20 años o más	2.027	53,71%	14,82%	1.732	45,89%	13,48%	15	0,40%	14,29%	3.774	100,00%	14,17%
	De 16 a 19 años	746	50,58%	5,46%	721	48,88%	5,61%	8	0,54%	7,62%	1.475	100,00%	5,54%
	Estudiando	228	54,16%	1,67%	189	44,89%	1,47%	4	0,95%	3,81%	421	100,00%	1,58%
	Hasta 15 años	64	50,00%	0,47%	63	49,22%	0,49%	1	0,78%	0,95%	128	100,00%	0,48%
	Sin estudios	109	52,91%	0,80%	95	46,12%	0,74%	2	0,97%	1,90%	206	100,00%	0,77%
	No aplicable	188	54,34%	1,37%	154	44,51%	1,20%	4	1,16%	3,81%	346	100,00%	1,30%
	Total	3.362	52,94%	24,59%	2.954	46,52%	22,98%	34	0,54%	32,38%	6.350	100,00%	23,85%
40-54	20 años o más	1.870	49,88%	13,68%	1.868	49,83%	14,53%	11	0,29%	10,48%	3.749	100,00%	14,08%
	De 16 a 19 años	1.123	49,00%	8,21%	1.165	50,83%	9,06%	4	0,17%	3,81%	2.292	100,00%	8,61%
	Estudiando	103	50,74%	0,75%	99	48,77%	0,77%	1	0,49%	0,95%	203	100,00%	0,76%
	Hasta 15 años	64	44,76%	0,47%	78	54,55%	0,61%	1	0,70%	0,95%	143	100,00%	0,54%
	Sin estudios	77	53,47%	0,56%	63	43,75%	0,49%	4	2,78%	3,81%	144	100,00%	0,54%
	No aplicable	180	50,42%	1,32%	174	48,74%	1,35%	3	0,84%	2,86%	357	100,00%	1,34%
	Total	3.417	49,61%	24,99%	3.447	50,04%	26,82%	24	0,35%	22,86%	6.888	100,00%	25,87%
55 +	20 años o más	2.496	48,65%	18,25%	2.628	51,22%	20,45%	7	0,14%	6,67%	5.131	100,00%	19,27%
	De 16 a 19 años	1.997	54,41%	14,61%	1.669	45,48%	12,99%	4	0,11%	3,81%	3.670	100,00%	13,78%
	Estudiando	124	53,91%	0,91%	106	46,09%	0,82%				230	100,00%	0,86%
	Hasta 15 años	234	51,32%	1,71%	221	48,46%	1,72%	1	0,22%	0,95%	456	100,00%	1,71%
	Sin estudios	98	52,97%	0,72%	87	47,03%	0,68%				185	100,00%	0,69%
	No aplicable	258	59,72%	1,89%	173	40,05%	1,35%	1	0,23%	0,95%	432	100,00%	1,62%
	Total	5.207	51,53%	38,08%	4.884	48,34%	38,00%	13	0,13%	12,38%	10.104	100,00%	37,94%
Total general		13.673	51,34%	100,00%	12.852	48,26%	100,00%	105	0,39%	100,00%	26.630	100,00%	100,00%

En la encuesta se recogen un total de 187 variables, la mayoría de naturaleza cualitativa, y consisten en información dicotómica o categórica. La variable objetivo del estudio es la denominada Q6 7, la cual mide de forma cualitativa el deseo por encontrar más servicios de alojamiento turístico (hoteles/campings) con EEU. Dicha variable objetivo se han comparado con una serie de variables sociodemográficas para poder caracterizar adecuadamente a los consumidores objeto de esta investigación. Las preguntas planteadas en la encuesta correspondientes a estas variables consideradas, así como los posibles valores de las respuestas, se resumen en la Tabla 2.

Tabla 2. Variables consideradas en el estudio.

VARIABLE	DESCRIPCIÓN / CUESTIÓN	VALORES Y ETIQUETAS
Q6_7	¿Le gustaría encontrar más productos con la etiqueta ecológica de la UE en alguna de las siguientes categorías? Servicios de alojamiento turístico (hoteles/campings)	1 Sí 2 No 997 No aplicable (no compro estos productos/servicios) 998 No lo sé
D2	Género ¿Cuál de las siguientes opciones describe cómo piensas de ti mismo?	1 Hombre 2 Mujer 3 De otra manera / Prefiero no decirlo
D1R1	Edad recodificada - 4 categorías ¿Cuántos años tiene?	1 15 - 24 años 2 25 - 39 años 3 40 - 54 años 4 55 años y más

VARIABLE	DESCRIPCIÓN / CUESTIÓN	VALORES Y ETIQUETAS
D4R2	Educación por edad (recodificado 5 categorías) ¿Cuántos años tenía cuando dejó los estudios a tiempo completo?	1 Hasta 15 2 16-19 3 20 años y más 996. Todavía en educación a tiempo completo 997 Nunca he estado en educación a tiempo completo. 998 No lo sé 999 Rechazo
D13	Tipo de comunidad ¿Diría que vive en...?	1 Una zona rural o aldea 2 Pueblo pequeño o mediano 3 Pueblo/ciudad grande

Análisis de los Datos

Previamente al análisis de los datos, se ha realizado una exploración visual y descriptiva inicial de los mismos, consistente en la revisión, caracterización y estructuración de los datos obtenidos. Este análisis previo se ha realizado mediante herramientas de software utilizadas habitualmente en inteligencia de negocios, tales como Tableau y Microstrategy.

Para la obtención y validación de los resultados del análisis se ha comparado la variable objetivo del estudio Q6_7 con cada una de las restantes variables demográficas a través tablas cruzadas y su correspondiente contraste estadístico mediante el test de chi-cuadrado, tomando un valor α de significancia de 0,05.

RESULTADOS

Análisis D2 género vs Q6 7

La variable sexo ha resultado ser significativa, puesto que su valor p del test de chi cuadrado es muy inferior al de significancia ($p<0,05$) lo que indican que las personas que se sienten mujer tienen una mayor probabilidad de desear más servicios de alojamiento con esta EEU.

Análisis D1R1 Edad vs Q6 7

El análisis de la variable D1R1 con respecto a nuestra variable objetivo, nos indica que los grupos 1 y 2 de edad correspondientes a una edad de hasta 39 años son significativamente diferentes (p-valor < 0,05) a los grupos 3 y 4 de edad correspondientes a las personas con una edad igual o superior a 40 años (ver Figura 1).

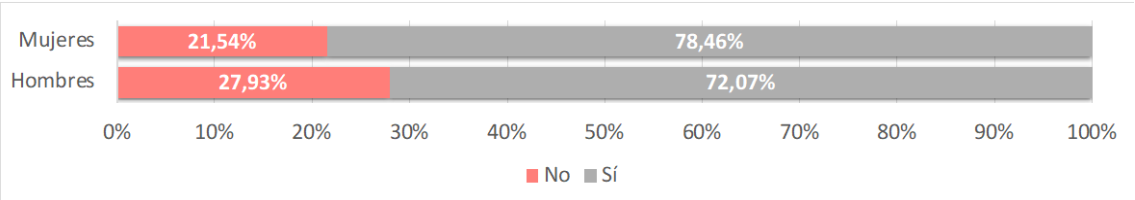


Figura 1. Gráfica D2 Género vs Q6_7. Fuente: Elaboración Propia.

Los resultados indican que las personas mayores de 39 años edad, tienen una mayor probabilidad de desear más servicios de alojamiento con la EEU, en tanto que esta probabilidad aumenta en paralelo con el grupo de edad hasta los 39 años. Estas diferencias se reducen tanto en hombres como en mujeres.

Análisis D13R Tipo de Comunidad vs Q6 7

La clasificación de los encuestados mediante la variable tamaño del municipio resulta significativa entre los tres grupos. Esto indica que la propensión a decir que se desea que más de estos servicios de alojamientos dispongan de la EEU aumenta conforme aumenta el tamaño del municipio de residencia.

Análisis D4R2 Grupos Formación vs Q6 7

La variable D4R2 agrupa a los encuestados en función de la edad en la que dejaron de estudiar a tiempo completo, es decir, nos cuantifica de forma cualitativa el nivel educativo de los mismo. De los resultados obtenidos del estudio estadístico podemos observar como el grupo estadístico más significativo está compuesto por aquellos encuestados que finalizaron sus estudios a tiempo completo con 20 años o más, seguido de aquellos que acabaron con entre 16 y 19 años y de aquellos que todavía están formándose a tiempo completo.

A la vista de los resultados, los individuos con mayor nivel educativo son más propensos a decir que desean que más de estos servicios de alojamientos dispongan de la EEU. Al cruzar datos de estos dos grupos de formación con los de género de los encuestados se observa que la diferencia entre hombres y mujeres continúa siendo significativa, incluso clasificando a los individuos por grupos de formación.

CONCLUSIONES

Los resultados nos indican que el nivel educativo, la edad, el género, así como el tipo de municipio de residencia de los encuestados son factores significativos, pudiendo destacar varias conclusiones. La primera es que independientemente del sexo y la edad, las personas con alto nivel educativo tienden a responder 'Sí' en mayor proporción, la segunda es que para ambos sexos, los individuos mayores de 39 años también muestran una mayor tendencia a responder 'Sí'. Con respecto al género, las mujeres, tanto mayores como menores de 39 años, muestran una mayor propensión a responder 'Sí' en comparación con los hombres y con respecto al lugar de residencia, La preferencia por responder 'Sí' es más alta en los habitantes de pueblos o ciudades que en los de zonas rurales o aldeas, independientemente del sexo, la edad o el nivel educativo.

Los resultados de este estudio aportan información valiosa a la literatura sobre los factores clave que influyen en la elección de servicios de alojamiento, subrayando que, a diferencia de la mayoría de estudios de este tipo, no se trata de un análisis de mercado aislado, sino que abarca a todos los países de la UE.

Sin embargo, es importante señalar que este estudio presenta ciertas limitaciones debido a su naturaleza hipotética de las respuestas de los encuestados, donde los participantes indican lo que harían en una situación imaginaria, tendiendo a ser exageradas y a menudo no reflejan decisiones reales en contextos concretos. Por lo tanto, para confirmar estos patrones y obtener una comprensión más profunda sería necesario realizar más estudios utilizando otros métodos no hipotéticos, que observen comportamientos reales, para confirmar o refutar estos hallazgos como estudios observacionales, experimentos de campo, estudios longitudinales, análisis de datos transaccionales o encuestas post-compra entre otros.

REFERENCIAS

[1] C. A. Adongo, F. Taale, y I. Adam, «Tourists' values and empathic attitude toward sustainable development in tourism», Ecological Economics, vol. 150, pp. 251-263, ago. 2018, doi: 10.1016/J.ECOLECON.2018.04.013.

[2] Á. Peiró Signes, L. Miret-Pastor, M. Tsiouni, D. Siggia, y A. Galati, «Determinants of consumers' response to eco-labelled seafoods: The interaction between altruism, awareness and information demand», J Clean Prod, vol. 433, p. 139758, dic. 2023, doi: 10.1016/J.JCLEPRO.2023.139758.

[3] V. Candela, R. Q. Rocio, W. Oliver, B. Katherine, C. Tecla, y T. Jane, «Revision of European Ecolabel Criteria for Tourist Accommodation and Campsite services. Final criteria proposal», 2016, doi: 10.2791/30096.

[4] M. Laroche, J. Bergeron, y G. Barbaro-Forleo, «Targeting consumers who are willing to pay more for environmentally friendly products», Journal of Consumer Marketing, vol. 18, n.o 6, 2001, doi: 10.1108/EUM0000000006155.

[5] M. Preziosi, P. Tourais, A. Acampora, N. Videira, y R. Merli, «The role of environmental practices and communication on guest loyalty: Examining EU-Ecolabel in Portuguese hotels», J Clean Prod, vol. 237, nov. 2019, doi: 10.1016/J.JCLEPRO.2019.117659.

[6] «GESIS-Suche: Flash Eurobarometer 535 (The EU Ecolabel)». https://search.gesis.org/research_data/ZA8766?doi=10.4232/1.14212 (accedido feb. 04, 2024).

Colorantes híbridos nanoestructurados con aplicación en textiles vegetales y biomateriales alternativos al cuero

Micó-Vicent, Bàrbara[(1)], López-Rodríguez, Daniel[(2)], Rodríguez, Alicia, Jordán-Núñez, Jorge[(1)], Belda-Antolí, Antonio[(3)]

(1) Departamento de Ingeniería Gráfica, Universitat Politècnica de València Plaza Ferrándiz y Carbonell s/n, Alcoi, Spain. barmivi@upv.es

(2) Departamento de Ingeniería Textil y Papelera, Universitat Politècnica de València, Plaza Ferrándiz y Carbonell s/n, Alcoi, Spain. dalorod@upv.es

(3) Departamento de Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente, Universidad de Alicante, Ctra, San Vicente s/n, San Vicente del Raspeig, Spain. antonio.belda@ua.es

RESUMEN

En este trabajo se pretende conseguir la recuperación de un colorante natural con aplicaciones prometedoras en la industria textil por su alto poder de coloración, siempre y cuando se consigan buenos resultados de solideces al interactuar con el adsorbente. En este caso particular se trabaja con la clorofila, que se adsorbe una nanoarcilla de estructura tubular, la halloysita. El objetivo es comprobar por un lado la capacidad de adsorción de la nanoarcilla con el colorante natural y por otro lado, realizar su aplicación en procesos de ennoblecimiento textil como tintura y estampación. El trabajo se encuentra dentro de los hitos establecidos en un proyecto estratégico en cooperación 2022-2024 (Agència Valenciana de la Innovació (AVI), en el que participan empresas del sector textil de la comarca de l'Alcoià y comptat. El objetivo del proyecto es lograr el desarrollo de diferentes soluciones con materias primas biobasadas, de bajo impacto medioambiental, para sectores tales como calzado, moda y complementos. Se consiguen resultados prometedores con adsorciones superiores al 90% en todas las condiciones de experimentación. Además, se demuestra la influencia del mordiente seleccionado en la aplicación y se consiguen aplicar los pigmentos híbridos nanoestructurados con éxito, tanto en procesos de tintura como estampación.

Palabras clave: Colorantes híbridos; nanoarcilla; halloysita; clorofila; estampación; tintura; solidez; mordientes; lactato de Aluminio

INTRODUCCIÓN

Existe una tendencia y un interés creciente en los colorantes naturales debido a su sostenibilidad y menor impacto ambiental. A diferencia de los colorantes sintéticos, que a menudo contienen productos químicos tóxicos, los colorantes naturales provienen de fuentes renovables como plantas, flores y frutos y los procesos de obtención y extracción son más sostenibles. Estos pigmentos orgánicos ofrecen una alternativa más respetuosa con el medio ambiente en la industria y en concreto en el sector textil. A pesar de sus ventajas, los colorantes naturales presentan algunas limitaciones. Sus solideces (resistencia al lavado, la luz y la fricción) pueden ser inferiores a las de los colorantes sintéticos. Además, la recuperación de colorantes, ya sean naturales o sintéticos, después de los procesos de estampación y tintura en las empresas textiles es un desafío. Los efluentes textiles a menudo contienen altas concentraciones de colorantes, lo que dificulta su eliminación y reutilización.

La halloysita, una arcilla natural, se destaca por su capacidad única de adsorción. En particular, su estructura tubular y su gran área superficial hacen que sea un material prometedor para aplicaciones en la industria textil (Figura 1). En este contexto, se ha trabajado la adsorción de diferentes colorantes en la halloysita y cómo esta interacción puede estabilizar los colorantes naturales o sintéticos de diferentes procedencias. Hay trabajos en los que esta clase de adsorbentes se han estudiado para abordar las limitaciones y desafíos en la recuperación de colorantes en la industria textil, comparándolos con otros adsorbentes como los carbones activos. Al igual que otra clase de nanoarcillas, puede adsorber y retener colorantes, permitiendo su recuperación. La diferencia entre esta y otra clase de nanoarcillas como las laminares, fibrilares o de canales reside en su particular estructura tubular y las cargas de compensación de la estructura en su superficie y el interior de los nanotubos [1]. Esto la hace versátil y eficaz para diferentes características de colorantes en disolución. Los híbridos resultantes, formados por la combinación de halloysita y colorantes, pueden liberar gradualmente los colorantes en otros procesos de tintura o incluso utilizarse como nanopigmentos en estampación. Con esto la halloysita como otras nanoarcillas puede ofrecer una solución prometedora para la recuperación de colorantes de diversas características, tanto sintéticos como naturales. Su capacidad de adsorción y su versatilidad hacen que sea un material valioso en la búsqueda de una industria textil más sostenible y eficiente [2].

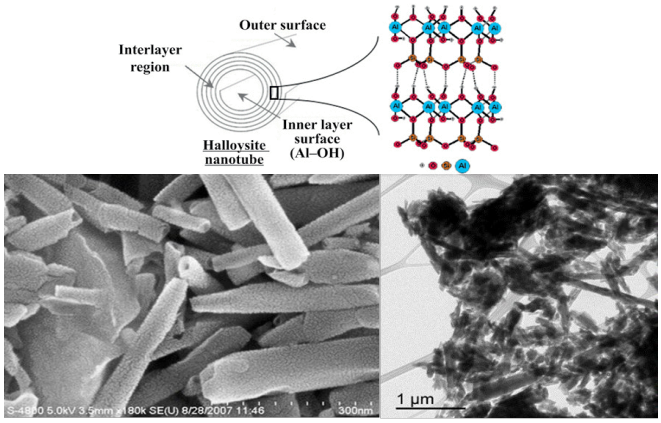


Figura 1. Estructura de la halloysita e imágenes de SEM (izquierda) y TEM (derecha).

La clorofila, el pigmento verde responsable de la fotosíntesis en las plantas, tiene aplicaciones interesantes en la industria como colorante natural. Presenta una serie de ventajas a la hora de su utilización como su abundancia en diversas fuentes vegetales y su facilidad de extracción. Además, no contiene componentes dañinos y es seguro para el consumo humano y su uso contribuye al movimiento de etiqueta blanca en la industria alimentaria, reduciendo la necesidad de aditivos artificiales. La clorofila se utiliza para dar color a alimentos como sopas, salsas, helados y productos horneados. Este colorante presenta una serie de limitaciones a la hora de aplicarse en industrias como la textil, como su inestabilidad. La clorofila se degrada fácilmente en condiciones ácidas, alterando su color de verde a amarillo parduzco. También es sensible al calor y la luz, lo que afecta su durabilidad en productos procesados [3]. Por todo lo expuesto, en esta etapa del proyecto se seleccionan la clorofila y la halloysita. Además, se trabajará con diferentes mordientes [4], empleados comúnmente en los procesos de ennoblecimiento textil con colorantes naturales, para comprobar su efecto en los procesos de aplicación de tintura y estampación.

MATERIALES Y MÉTODOS

La nanoarcilla Haloysita (HA) con diámetros aproximados de 40-70 nm y longitudes entre 200 y 2000 nm (CAS number: 1332-58-7; CE number: 310-194-1), y los mordientes Alum, Titanium oxalate, Aluminium lactate y Ferric Sulphate, fueron suministrados por Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, EE.UU.). El colorante natural de clorofila (CL) empleado (colour index 75810 y fórmula ($C_{34}H_{31}CuN_4Na_3O_6$) con referencia NAPTURE COL GREEN LC 712® Copper-chlorophyllin E141(ii), fue suministrado por Sensient® Cosmetic Technologies.

Absorción

El proceso de adsorción del colorante CL en la HA se llevó a cabo utilizando agua como disolvente y mediante la técnica de agitación. La nanoarcilla (HA) se dispersó a 1800 rpm durante 20 horas. La HA se sometió a un tratamiento térmico durante 20 horas a 210 °C y, a continuación, se dispersó en agua desionizada a una concentración de 25 $g \cdot L^{-1}$. Para ajustar el pH a -4, se utilizó ácido clorhídrico al 37%. La cantidad de colorante disuelto se mantuvo en $2 \cdot 10^{-3}$ M.



Figura 2. HA+CL híbridos tras la adsorción y secado.

El intercambio de colorantes se inició agitando a 2000 rpm durante 4 h, seguido de 500 rpm durante 20 h. La separación del disolvente se logró mediante centrifugación para obtener la pasta-nano-pigmento (PNP). Posteriormente, el PNP se sometió a lavado mediante dispersión de la pasta a 300 rpm durante 40 min hasta que el sobrenadante se volvió transparente. Se recogieron todos los sobrenadantes separados desde el paso inicial hasta el lavado final. El híbrido formado por la arcilla y el colorante se recogió y se secó durante 2 h a 60 °C antes de ser almacenado (Figura 2).

Tintura

Para la aplicación, este estudio introduce un proceso simultáneo de desorción-teñido, que se basa en el concepto de que la temperatura debilita la unión entre la arcilla y el tinte [5] aprovechando posteriormente la afinidad inherente entre el colorante y la fibra mediante un proceso de teñido convencional. El calor se aplica por convección y no por radiación ya que el calor por convección resulta más eficaz para alcanzar zonas más amplias de la arcilla y posee niveles de energía más elevados. A continuación, el híbrido arcilla-colorante (CPHA) se utiliza como material de tintura para la tintura por agotamiento, utilizando una proporción de baño de 1/40. Para la tintura de un tejido de algodón 100% (CO) con un gramaje de 135 $g \cdot m^{-2}$, 25 $hilos \cdot cm^{-1}$, 22 $trama \cdot cm^{-1}$ de tejido liso. El número de hilos tanto en la urdimbre como en la trama es de 35 tex. El tejido de algodón se mordentó para estudiar el efecto de estos mordientes en la mejora de la solidez y el aumento del impacto del colorante en la fibra mediante el aumento de su absorción. Estos mordientes se resumen en la Tabla 1. Se utiliza el híbrido CPHA, se añade al baño de tintura un 20% s.p.f. de híbrido, 15 $g \cdot L^{-1}$ de Na_2SO_4 y tres gotas de un agente humectante. A continuación, se lleva a cabo el proceso de tintura durante 45 min a 95 °C obteniéndose la tintura del algodón cuya referencia será TCPHA-1.

Estampación

Para los procesos de estampación se utilizó una pasta de estampación ya preparada procedente de MagnaPrinti®. Para impregnar de color la pasta, se incorporó el pigmento híbrido en una proporción de 30 g·kg^{-1}. Tras la impresión, se dejó secar el material durante 15 min a 60°C y se sometió a termofijación a 165°C durante 90 s utilizando un horno. Los resultados se evaluaron con un espectrofotómetro de reflexión Minolta CM-3600d de acuerdo con las normas ISO 105-A05:1996 para la posterior evaluación de la degradación, obteniéndose valores triestímulos CIE para el iluminante D65 y el observador estándar CIE de 10°.

RESULTADOS

En la Tabla 1 se muestran los códigos empleados según el método de coloración de los textiles, titular o estampación y el empleo de mordientes, para evaluar los resultados de color obtenidos y realizar la comparación de solideces.

Tabla 1. Códigos de las muestras según procesos de coloración.

Método de coloración	Mordiente	Referencia
Tintura sin mordiente	-	TCPHA-1
Tintura con mordiente	Alumbre	TCPHA-2
Tintura con mordiente	Oxalato de titanio	TCPHA-3
Tintura con mordiente	Lactato de aluminio	TCPHA-4
Tintura con mordiente	Sulfato férrico	TCPHA-5
Estampación	-	SCPHA

Color y Solidez

Tras los procesos de tintura y estampación se obtuvieron muestras con colores uniformes e interesantes, además de verse diferencias claras según los procesos empleados, tanto entre tintura y estampación como entre los diferentes mordientes. En concreto el sulfato férrico mostró una interacción indeseable alterando el color resultante con una tonalidad totalmente diferente al resto de muestras.

Tabla 2. Valores promedio de las coordenadas colorimétricas medidas en las muestras estampadas y tintadas en diferentes condiciones; L*, a*, b*, Cab* y h*ab.

muestra	foto	L *	a *	b *	C *$_{ab}$	h*$_{ab}$
Original		82.72	0.88	-4.56	4.65	281.01
TCPHA-1		74.45	-9.18	12.49	15.50	126.32
TCPHA-2		75.44	-6.25	11.34	12.95	118.86
TCPHA-3		78.40	-5.41	10.47	11.79	117.33
TCPHA-4		76.06	-6.58	11.00	12.82	120.89
TCPHA-5		65.16	3.89	24.94	25.24	81.13
SCPHA		77.82	-7.31	8.49	11.20	130.73

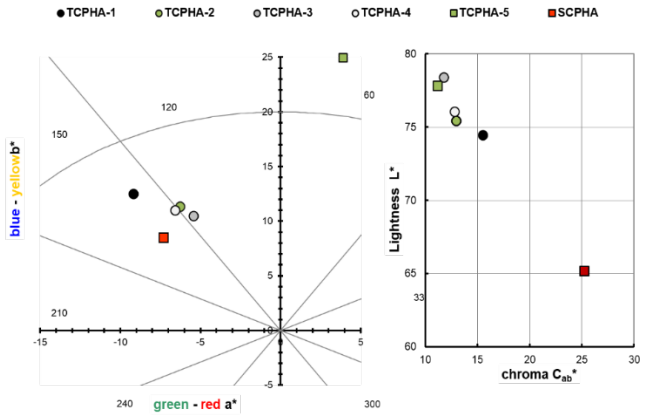


Figura 3. Representación de las coordenadas cromáticas de las muestras de Co tras los procesos de tintura y estampación.

Entre las muestras verdosas tintadas y la estampada, la diferencia principal se obtuvo con la claridad L* y el croma C^*_{ab}. La muestra estampada obtuvo un color más oscuro y saturado que el de las muestras tintadas. Entre las tintadas pudo verse que el mordiente afecta cambiando las propiedades sobre todo en cuanto a L* y C^*_{ab}, dejando la tonalidad h_{ab}*, similar entre todas con excepción de la del sulfato férrico (diferente al resto de muestras **Tabla 2**) (Figura 3).

En cuanto a los resultados de solidez, se obtuvieron en general buenos resultados, en ningún caso se bajó del 3 en la escala de solideces, y con la presencia de los mordientes se obtuvieron mejores valores de solidez llegando al 6 en el caso del lactato de aluminio. Para determinar si las diferencias entre las solideces a los diferentes agentes externos, humedad y luz, según las condiciones de aplicación, se empleó el ANOVA, con un nivel de significación del 95%.

Tabla 3. Resultados de los ensayos de solidez para las muestras estampadas y tintadas.

Ref.	Luz Artificial	Lavado	Frote		Planchado		
			Seco	Mojado	Seco	Húmedo	Mojado
TCPHA-1	3	3-4	3	3	3-4	3	3-4
TCPHA-2	5	4	4	4-5	4	3	4
TCPHA-3	5-6	4	4-5	4	4	4	3-4
TCPHA-4	6	4-5	5	5	4-5	4	4
TCPHA-5	5	4	4	4	4-5	5	4
SCPHA	4	4-5	4-5	4-5	4	4	3-4

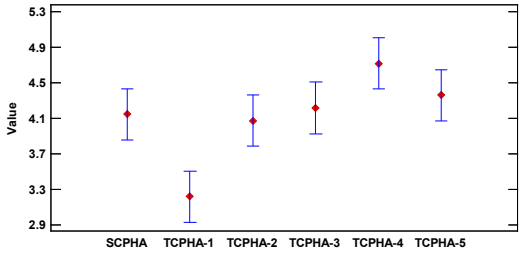


Figura 4. Comparación de medias con intervalos de Fisher al 95% para los resultados de solidez al color (Value) de las muestras estampadas y tintadas en diferentes condiciones.

La solidez a la luz artificial fue significativamente superior en general que con el resto de los test donde se emplea frote y humedad. En cuanto a las condiciones experimentales, los peores resultados se obtienen con la tintura sin mordiente (Tabla 3). El valor medio del resto de muestras es prácticamente el mismo y ronda el 4, siendo

sólo la muestra con Lactato de aluminio la que muestra una tendencia superior y un resultado casi estadísticamente significativo superior al resto de muestras, aunque aún hay solapamiento de intervalos (Figura 4).

CONCLUSIONES

La utilización de la halloysita, una arcilla nanotubular natural, como adsorbente del colorante natural clorofila ha demostrado ser altamente eficaz, tanto en los procesos de adsorción (98%) como en la posterior aplicación. La morfología tubular de la halloysita proporciona sitios activos accesibles para la captura de moléculas de colorante, garantizando una adsorción eficaz y selectiva de la clorofila. Se presenta una opción prometedora para la purificación de colorantes naturales, ofreciendo una alternativa sostenible a los adsorbentes convencionales. Se consigue aplicar los pigmentos híbridos nanoestructurados con éxito, tanto en procesos de tintura como estampación. El empleo de mordientes mejora los resultados de tintura en cuanto a la resistencia del color, siendo el lactato de Aluminio el que consigue mejores resultados.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer la concesión de proyecto con referencia INNEST/2022/214, por parte de Agència Valenciana de la Innovació (AVI), dentro de la convocatoria de proyectos estratégicos en cooperación 2022-2024.

REFERENCIAS

[1] Anastopoulos, Ioannis; Mittal, Alok; Usman, Muhammad; Mittal, Jyoti; Yu, Guanghui Núñez-Delgado, Avelino; Kornaros, Michael (2018). “A review on halloysite-based adsorbents to remove pollutants in water and wastewater”. *Journal of Molecular Liquids,* 269, p.p. 855-868. https://doi.org/10.1016/j.molliq.2018.08.104

[2] Ngulube, Tholiso; Jabulani Ray, Gumbo; Vhahangwele, Masindi; and Arjun, Maity; (2019). “Evaluation of the efficacy of halloysite nanotubes in the removal of acidic and basic dyes from aqueous solution.” *Clay Miner*. v. 54, n. 2, pp. 197–207.

[3] Dhafina, Wan Almaz; Daud, Muhamad Zalani; and Salleh, Hasiah; (2020). “The sensitization effect of anthocyanin and chlorophyll dyes on optical and photovoltaic properties of zinc oxide based dye-sensitized solar cells.” *Optik (Stuttg).* v. 207, p.p. 163808.

[4] Arroyo-Figueroa, Gabriela; Ruiz-Aguilar, Graciela M. L.; Cuevas-Rodriguez, German and Gonzalez Sanchez, Guillermo; (2011). “Cotton fabric dyeing with cochineal extract: influence of mordant concentration.” *Color. Technol*. v. 127, n. 1, p.p. 39-46. https://doi.org/10.1111/j.1478-4408.2010.00276.x

[5] Shahadat, Mohammad and Suzylawati, Isamil (2020). “Study of the adsorption/desorption of MB dye solution using bentonite adsorbent coating”. *Journal of Water Process Engineering*, v. 34. https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2020.101155

Análisis inicial de la relación de facilitadores de la innovación con características empresariales segmentado por sector de actividad económica

Gómez Palacios, César[(1)], Peiró-Signes, Ángel[(2)], Trull Domínguez, Óscar[(3)]

(1) Departamento de Estadística e Investigación Operativa Aplicadas y Calidad, Universitat Politècnica de Valéncia, cegopa@eio.upv.es
(2) Departamento de Organización de Empresas, Universitat Politècnica de Valéncia, anpeisg@omp.upv.es
(3) Departamento de Estadística e Investigación Operativa Aplicadas y Calidad, Universitat Politècnica de Valéncia, otrull@eio.upv.es

RESUMEN

En este artículo se analiza la relación de conceptos facilitadores de la innovación en organizaciones, con conceptos relacionados con la consecución exitosa de esta actividad fundamental para la adaptación al cambio y su diferente resultado según la actividad económica y localización. Se asocian estos conceptos con variables de características empresariales ofrecidas por una base de datos de la encuesta de innovación del Panel de Innovación Tecnológica (PITEC) del INE (Instituto Nacional de Estadística de España) de 2016. Las conclusiones se obtienen a partir de un análisis estadístico convencional, analizando la relación entre el esfuerzo innovador y los resultados de innovación desde la perspectiva de la empresa: consecución de innovación en procesos, bienes y servicios, obtención de mayor cuota de mercado por nuevos productos. El análisis segmentado nos indica que el esfuerzo innovador y los resultados no son los mismos en las organizaciones en función de la actividad económica ni la zona geográfica dentro de España.

Palabras clave: Innovación, facilitadores de innovación, innovación, objetivos innovación, resultados innovación, sector económico, segmentación.

INTRODUCCIÓN

La competitividad existente en el mundo empresarial es más dinámica y cambiante que en el pasado [1]. La mayoría de los mercados y sectores se ven afectados por este patrón, por lo que la proactividad para el cambio y el esfuerzo innovador implícito es fundamental para que cualquier organización sobreviva. Los cambios en las características que permiten sobrevivir a las empresas en su entorno competitivo se han acelerado notablemente en las últimas décadas, acortando las etapas iniciales y finales del ciclo de vida de las empresas, tanto para su crecimiento y subsistencia desde su origen cuando están dotadas para ello, como para su desaparición.

Una concepción estática de sectores económicos, de actividades y economías, afectada en el pasado fundamentalmente por cuestiones geopolíticas y energéticas, ha dado paso una mucho más cambiante. Aparte de los factores influyentes clásicos, que sin duda siguen afectando, hay que añadir la revolución tecnológica que está transformando a nuestra sociedad y por supuesto a la economía. La pandemia del año 2019 impulsó aún más el cambio acelerado [2] a través de la consolidación del comercio electrónico, adopción de tecnologías de automatización de procesos y servicios junto con el

teletrabajo y control en remoto, incluyendo IoT e IIoT y exigiendo mayor digitalización de la sociedad, para la generación de valor interactuando a distancia.

La relación de toda esta transformación económica con la innovación es la misma que podemos entender existe entre innovación y cambio, adaptación y crecimiento. En entornos rápidamente cambiantes, la innovación es una fuente, un hervidero de herramientas del cambio y de la adaptación y de ahí la importancia de conocer sus factores facilitadores, así como sus barreras. Un análisis básico para evaluar y confirmar las relaciones entre por un lado, factores facilitadores de la innovación previamente identificados, y por otro, objetivos de esta, y características empresariales es un ejercicio necesario. Igualmente es interesante el análisis segmentado de los factores de innovación según sectores de actividad económica de las empresas y su localización geográfica. Se han empleado herramientas estadísticas tradicionales para el análisis. Se trata de un trabajo enmarcado en la tesis doctoral “Estudio de las barreras y facilitadores de co-creación de las empresas con los clientes y su relación con la eco-innovación”.

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

La hipótesis de partida del estudio es que existen ciertas características relacionadas con conceptos considerados facilitadores o variables de entrada de la innovación (esfuerzo innovador) o con características de la organización que están disponibles como variables en bases de datos, y análogamente de salida (resultados empresariales u objetivos de innovación) relacionadas con la innovación y por ello con la capacidad de adaptación inteligente de las empresas. Otra hipótesis es que dichas relaciones son diferentes en función del sector económico y/o localización.

El principal objetivo de este estudio es por tanto obtener y/o confirmar conclusiones preliminares sobre las relaciones entre dichas características de entrada y salida relacionadas con la innovación y también en función del sector de actividad económica y área geográfica en la que la empresa se clasifica. Estas conclusiones servirán como punto de partida y justificación de posteriores trabajos.

ETAPAS Y METODOLOGÍA

1. Selección de características y variables: se emplea una propuesta de características empresariales previamente relacionadas con rendimiento en innovación [3]. Se realiza la selección de variables empresariales de la base de datos del INE, del registro de los ficheros PITEC del año 2016, teniendo en cuenta su naturaleza pre-COVID 19 y se asocian características y variables de los dos listados propuestos. Se hace una selección en función de la existencia de datos y su validez (variables definidas pero sin registros o apenas registros). Se trata de variables de entrada y de salida analizables estadísticamente para encontrar relaciones con características de la empresa y el esfuerzo y rendimiento en innovación. Las variables facilitadoras de innovación seleccionadas son GTINN (gasto total en innovación), PIDCA (personal total en I+D interna), y las variables relacionadas con resultados de innovación son las variables INNPROC, INNFABRI, INNLOGIS, INNAPOYO que registran la respuesta dicotómica a la encuesta de las organizaciones sobre la existencia de innovación entre dos ejercicios (del ejercicio t-2 al ejercicio t). Se corresponden respectivamente para procesos en general, y en concreto en procesos en tres aspectos: métodos de fabricación, en sistemas

logísticos y en apoyo para sus procesos. Análogamente INNPROD, INNOBIEN e INNOSERV representan productos en general, y en concreto en productos bienes y servicios respectivamente. También se analiza como resultado de la innovación la variable NEWEMP (porcentaje de cifra de negocio de productos nuevos para la empresa).

2. Análisis de las variables: se emplean métodos clásicos estadísticos sobre los datos, obteniendo inicialmente información general y posteriormente con análisis segmentado por actividad económica y localización.

El uso de los datos de la base de datos PITEC 2016 ha requerido tratamiento para su uso con herramientas estadísticas y de inferencia y la obtención de conclusiones. Existen en la base de datos original muchas entradas sin datos o con valor nulo o con muy pocos datos. Las variables con valores numéricos no escalados presentaban una muy fuerte asimetría positiva y valores extremos: se han normalizado con éxito para su uso en inferencia. Naturalmente la anonimización de los datos del set analizado afecta también al análisis. Muchas variables ofrecen resultados cualitativos sí/no o cualitativo cuantificable (grados o intensidades entre 0 y 5 por ejemplo), pero no válidos para el uso de técnicas de regresión con modelos confiables. Otras variables son cuantitativas pero normalizadas a valores siempre entre 0 y 100 por comparación con un valor de referencia construido por la metodología del INE.

Se han buscado relaciones básicas con diagramas de dispersión y se han ejecutado análisis ANOVA. Para estos últimos se comprueba la homocedasticidad de los residuos.

RESULTADOS

El análisis de la relación de la innovación con la característica de tamaño de la empresa (variable CIFRA volumen total de negocio) con resultados de innovación, revela relación de la innovación en procesos (no en producto) con una mayor facturación.

Las variables INNPROC, INNFABRI, INNLOGIS, INNAPOYO presentan relación estadísticamente significativa (ANOVA) con GTINN (gasto total en innovación). Es interesante observar como la interacción de la evolución en métodos de fabricación y actividades de apoyo para sus procesos también resulta significativa con GTINN. La relación es consecuente con la lógica pues la respuesta positiva (valor 1) se corresponde con valores superiores de GTINN. En la figura 1, se muestran gráficas y tablas destacables de ejemplo de estos resultados tras el análisis estadístico y búsqueda de la relaciones explicadas.

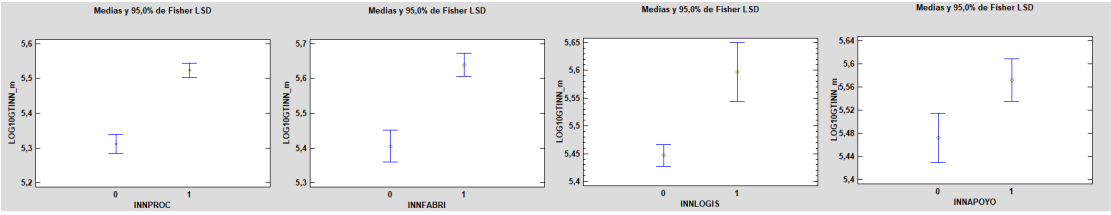


Tabla ANOVA para LOG10GTINN_m por INNPROC

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	36,254	1	36,254	75,85	0,0000
Intra grupos	1631,84	3414	0,477986		
Total (Corr.)	1668,1	3415			

Análisis de Varianza para LOG10GTINN_m - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P		Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES							
A:INNFABRI	14,9448	1	14,9448	32,17	0,0000		0,0000
B:INNLOGIS	6,24879	1	6,24879	13,45	0,0002		0,0002
C:INNAPOYO	2,83185	1	2,83185	6,10	0,0136		0,0136
INTERACCIONES							
AB	0,362976	1	0,362976	0,78	0,3767		0,3767
AC	4,5372	1	4,5372	9,77	0,0018		0,0018
BC	0,0463236	1	0,0463236	0,10	0,7522		0,7522
RESIDUOS	1583,74	3409	0,464576				
TOTAL (CORREGIDO)	1668,1	3415					

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

Figura 1. relación de GTINN con variables de innovación en procesos entre dos períodos.

Resulta interesante que en el análisis análogo de las variables previas con la variable NEWEMP (porcentaje de cifra de negocio de productos nuevos para la empresa), se observa también relación estadísticamente significativa en primer lugar de ésta con INNPROC, y también con ambas INNFABRI y INNAPOYO (sin haber en este caso relación con la interacción de las dos últimas).

Las variables INNPROD, INNOBIEN e INNOSERV representan la consecución de innovación productos de (t-2) a t de forma general y de forma particular para productos bienes y para productos servicios respectivamente. Se relacionan con GTINN de nuevo con valores confirmados de innovaciones en bienes y servicios asociados a los valores superiores de gasto total en innovación. Este resultado se produce también con la interacción de INNOBIEN e INNOSERV, donde con ambas innovaciones confirmadas asociadas a valores superiores de GTINN.

Se observa también relación estadísticamente significativa de NEWEMP con INNOBIEN.

PIDCA (personal total en I+D interna) se relaciona con INNPROD e INNPROC, así como con su interacción. Cabe destacar que valores afirmativos de innovación de producto se vinculan con valores de mayor personal en I+D interna, pero valores afirmativos de innovación de proceso se vinculan con valores menores.

En cuanto al análisis segmentado, ACTIN es la variable que refleja la actividad económica CNAE93, con 55 variantes. El análisis geográfico (variable TSED) se ciñe únicamente a Madrid, Cataluña, Andalucía y Resto de España.

El análisis segmentado nos indica que el esfuerzo innovador no es el mismo en las organizaciones en función de la actividad económica. El gasto total en innovación es superior en el sector farmacéutico, vehículos de motor, construcción aeronáutica y espacial, actividades financieras y de seguros, actividades inmobiliarias y servicios de I+D. Es bajo en confección y peletería, cuero y calzado y madera y corcho, muebles, actividades administrativas y servicios auxiliares y educación. En personal dedicado a I+D interno, destacan los sectores de construcción naval y construcción aeronáutica y espacial. En cuanto a porcentaje de cifra de negocio de productos nuevos para la empresa, destaca el sector de actividades artísticas, recreativas y de entretenimiento y de nuevo sectores de construcción naval y construcción aeronáutica y espacial.

Por último en lo que respecta a la zona geográfica dentro de España, el esfuerzo en gasto en innovación es superior en Madrid que el resto, y en Cataluña superior a Andalucía y resto de España que entre ellas no presentan diferencias. No hay diferencias para porcentaje de cifra de negocio de productos nuevos ni para número de patentes registradas, pero para personal dedicado a I+D interno hay diferencia con valores mayores para Madrid.

CONCLUSIONES

El esfuerzo económico en innovación se relaciona coherentemente con los objetivos o resultados de innovación en procesos y producto con continuidad en dos ejercicios, en todas las variantes registradas en la encuesta. Mayores valores de gasto en inversión siempre resultan en valoración afirmativa de estos resultados en innovación tanto de procesos como de productos. Incluso la interacción de valores confirmados de innovación de procesos en métodos de fabricación y actividades de apoyo se relaciona también con mayores valores de gasto en innovación. Sucede análogamente con la

innovación en bienes y la innovación en servicios, ambos y su interacción asociadas cuando son positivos (y positivos ambos en caso de la interacción) a valores mayores de esfuerzo económico en innovación.

La consecuencia derivada y deseada de la obtención de resultados de innovación de proceso y producto, sería la generación de cifra de negocio con la creación de nuevo producto. Se confirma la relación lógica de ésta con innovación en procesos, particularmente con innovación en métodos de fabricación y en actividades de apoyo y con la innovación de producto bien, donde resultados afirmativos de todos ellos se asocian con valores superiores de generación de cifra de negocio con la creación de nuevo producto. Se concluye por tanto la existencia de relación de ganancia de cuota de mercado con nuevo producto a partir del éxito en innovación de proceso y bienes y también la de éstos con el esfuerzo reflejado en el gasto total en innovación.

También parece haber relación entre el volumen de facturación y la consecución de innovación en procesos. Es decir que empresas grandes probablemente consiguen una mayor innovación en procesos que las pequeñas, pero no necesariamente sucede así para innovación en producto. De cualquier modo, la investigación de la relación de resultados de innovación con características generales de las organizaciones requiere mayor desarrollo futuro.

Tabla 1. Relación entre variables esfuerzo de innovación y resultado de innovación.

INNOVACIÓN		VARIABLES RESULTADO					
		INNPROC			INNPROD		NEWEMP
		INNFABRI(1)	INNLOGIS	INNAPOYO(3)	INNOBIEN(4)	INNOSERV(5)	
VARIABLES ESFUERZO	GTINN	+ INT. CON(3)	+	+ INT. CON(1)	+ INT. CON(5)	+ INT. CON(4)	Con INNPROC, INNFABR, INNAPOYO
	PIDCA		-		+		

En el análisis segmentado destacan sectores tradicionales: en el esfuerzo innovador y resultados de innovación especialmente el sector farmacéutico, el de construcción aeronáutica y espacial y también el de construcción naval. Por último en lo que respecta a la zona geográfica dentro de España, destaca tanto en esfuerzo como en personal dedicado a I+D interno la región de Madrid.

Estudiar en mayor profundidad la naturaleza de las relaciones entre estas variables de entrada y salida, y otras disponibles, así como la búsqueda de un modelo predictivo de rendimiento esperado de innovación son próximos objetivos perseguidos durante el desarrollo futuro del trabajo de la tesis.

REFERENCIAS

[1] Vîrjan, D.; Manole, A. M.; Stanef-Puică, M.R.; Chenic, A. S.; Papuc, C. M.; Huru, D.; Bănacu, C. S. (2023). “Competitiveness—the engine that boosts economic growth and revives the economy” Front. Environ. Sci., 12 May 2023, Sec. Environmental Economics and Management, Volume 11 – 2023. https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1130173

[2] Fosso Wamba, S.; Gumbo, S.; Twinomurinzi, H.; Bwalya, K.; Mpinganjira, M.; (2023) “Digital transformation under Covid-19: A Bibliometric Study and future research agenda” Procedia

Computer Science, Volume 219, 2023, Pages 271-278. https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.01.290

[3] Gómez Palacios, C.; Peiró-Signes, Á.; Trull Domínguez, Ó. (2023). "Propuesta inicial de variables caracterizadoras de desempeño en innovación y cocreación". *X Congreso De I+D+i Campus d'Alcoi Creando Sinergias 2023*, Page 309, ISBN: 978-84-126474-7-1

Ensayo para la caracterización micromecánica de muestras fabricadas por FDM

García Carrasco, Sergio[(1)], Sánchez-Caballero, Samuel[(2)], Sellés Cantó, Miguel Ángel[(1)], Calle Salas, Alejandro De La[(1)], Domingo Arlandis, Víctor

(1) Instituto Universitario de Tecnología de Materiales (IUTM), Universitat Politècnica de València, Plaza Ferrándiz y Carbonell 1, 03801 Alcoy, España
sergarc9@epsa.upv.es
(2) Instituto de Diseño y Fabricación (IDF), Universitat Politècnica de València, Plaza Ferrándiz y Carbonell 1, 03801 Alcoy, España

RESUMEN

El creciente peso que está cobrando la fabricación aditiva de polímeros por fusión de filamento (FDM en adelante) está llevando a unas necesidades de caracterización cada vez mayores.

No obstante, gran parte de los estudios de caracterización mecánica se centran en un estudio paramétrico de volúmenes sólidos de material, tratando el proceso de fabricación FDM como una 'caja negra' que convierte parámetros de fabricación (temperaturas, altura de capa, velocidad, etc) en probetas con determinadas propiedades físicas.

Este trabajo pretende detallar, un poco más allá de la bibliografía existente, las bases de un nuevo método de ensayo capaz de mirar mas allá de las probetas convencionales, y que permita, empleando menos material, una caracterización más profunda, tanto de los filamentos depositados, como de la interacción entre estos.

Palabras clave: caracterización, FDM, micromecánica, polímeros, ensayo

INTRODUCCIÓN

Este trabajo pretende recopilar los avances realizados en la caracterización micromecánica de muestras fabricadas por impresión 3D FDM, basadas en un método novedoso [3,4] que permitirá dar un giro a la metodología actual de caracterización de materiales obtenidos por fabricación FDM [1,2].

Para llevar a cabo estos ensayos, se ha desarrollado una máquina de ensayos de tracción a pequeña escala (10 N) y un programa capaz de generar las trayectorias de herramientas necesarias para fabricar una probeta con los parámetros deseados, de manera que se pueda realizar un estudio paramétrico de las propiedades del material obtenido.

OBJETIVOS

Este trabajo tiene como objetivo principal la estandarización de la caracterización de materiales procesados con FDM. Además, se reduce en gran medida la cantidad de material, tiempo y esfuerzo humano a utilizar, pues:

- Gran parte del proceso se automatiza
- La maquinaria necesaria es más pequeña y simple
- El volumen de la probeta se reduce en gran medida

Para lograr este cometido, se seguirá, como se ha indicado en el apartado anterior, los siguientes puntos:

- Primero, se desarrollará una probeta y un programa que permita generar réplicas de forma paramétrica.
- Después, se desarrollará una máquina de ensayos capaz de ensayar las probetas con precisión suficiente.
- Se estudiarán y valorarán los resultados obtenidos.

DESARROLLO DE LA PROBETA

Planteamiento inicial

El principal fenómeno que se pretende observar es la adhesión intercapa en la impresión FDM. Un método empleado con anterioridad es el equivalente al ISO 6383 [5]. Este método de ensayos está pensado para films poliméricos, evaluando la resistencia al desgarro de una probeta de film con una hendidura en su centro.

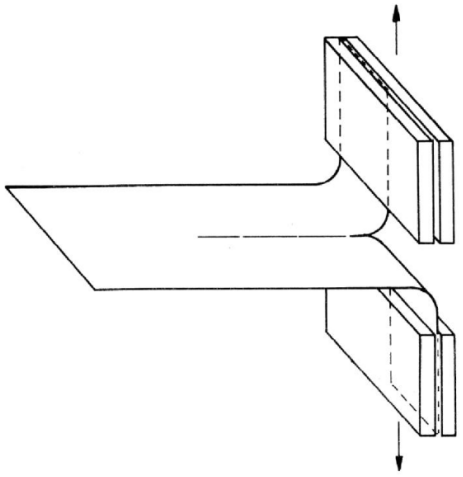


Figura 1. Diagrama básico del ensayo planteado en la norma ISO 6383-1.

El ensayo planteado es el desgarro de la zona interlaminar de una probeta fabricada mediante FDM, para cuantificar la energía necesaria para separar las dos mitades de la probeta. A partir de este dato, y de la medición de la sección de la probeta, pues no basta con medir su espesor mediante métodos convencionales, se espera poder generar los datos suficientes como para, empleando métodos analíticos y/o de elementos finitos, poder llegar a extrapolar estas condiciones a las del material sólido.

En resumen, el procedimiento planteado permitirá convertir las propiedades del material, ensayado a escala mesoscópica (resistencia al desgarro), en propiedades mecánicas macroscópicas (resistencia a tracción en las tres direcciones, rigidez, etc).

Diseño de la probeta

Uno de los puntos principales de este trabajo es la minimización de los recursos consumidos, es decir, el empleo de poco material, tiempo y esfuerzo. Para cumplir este objetivo, la probeta deberá de ser de dimensiones reducidas, con un espesor equivalente a una sola deposición de filamento.

Para facilitar el trabajo con materiales frágiles, la probeta se fabricará con la forma necesaria para colocarla en las mordazas de la máquina de ensayos. Es decir, no se fabricará una probeta perfectamente plana, si no una probeta con dos prolongaciones en sentidos opuestos.

Las dimensiones, para adaptarse a la máquina de ensayos que hay disponible, serán las siguientes:

- Longitud de la parte ancha de la probeta de 50 mm, equivalente a la carrera de la máquina.
- Distancia entre zonas de agarre de 100 mm, equivalente a la distancia mínima entre mordazas.
- Ancho de 8 capas, que dependerá de la altura de capa.

Cumpliendo con estos puntos, la probeta se diseña como se observa en la figura 2.

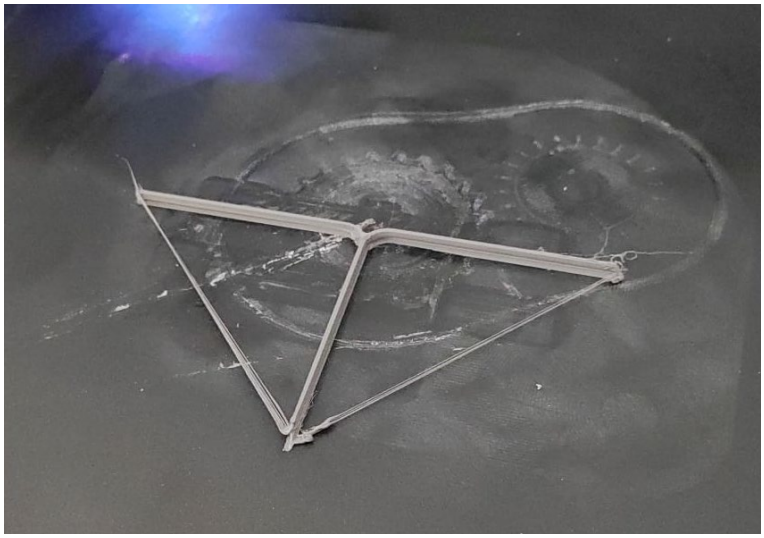


Figura 2. Probeta obtenida según el programa en una máquina FDM convencional.

Generación de trayectorias de herramienta

Una vez conocidas las dimensiones de la probeta, se trabaja directamente sobre el código G, que es el lenguaje de programación reconocido por la máquina FDM, para reflejar sobre la probeta obtenida los parámetros que se desea variar, además de la geometría deseada. Los parámetros a tener en cuenta son todos los que se pueden variar en un proceso típico de FDM, siendo:

- Temperatura de extrusión
- Temperatura de la base
- Velocidad del ventilador

- Velocidad de avance del extrusor
- Altura de capa
- Anchura de capa

Estos parámetros se controlan mediante distintos comandos, disponibles en el manual del firmware empleado por la máquina FDM foco de este trabajo, es decir, el firmware Marlin. Prestando atención a estos comandos, se confecciona un programa en Python, que simplemente genera una serie de líneas en un archivo de texto, rellenando una serie de campos que coincidirán con los parámetros a alterar, confeccionando así un programa completo con los parámetros deseados, que solamente habrá que cargar en la máquina FDM para obtener la probeta finalizada.

DESARROLLO DEL EQUIPO DE ENSAYOS

Para el equipo de ensayos, se parte de una máquina de ensayos de fluencia con una fuerza máxima de 10kN. Se opta por cambiar el sensor existente por uno de menor capacidad de carga que permita una resolución suficiente como para observar el fenómeno de desgarro intercapa.

El sensor confeccionado consiste en una celda de carga de 10N, unida mediante dos calzos a los amarres anteriormente existentes. El equipo queda finalmente como se muestra en la figura 3.

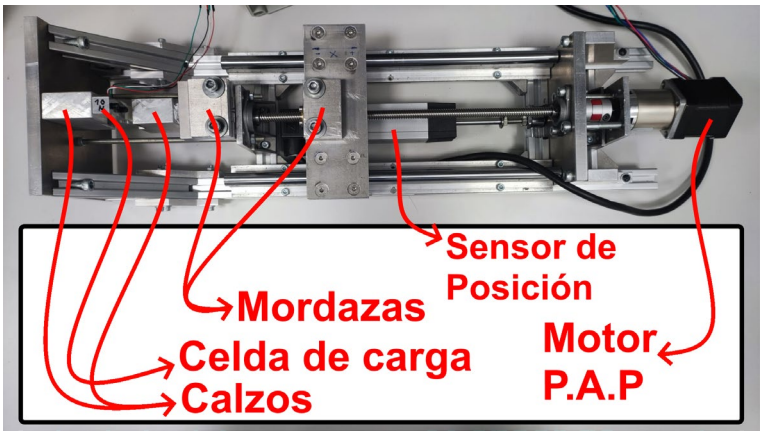


Figura 3. Diagrama de partes esenciales del equipo de ensayos desarrollado.

El nuevo sensor se calibra mediante el empleo de una serie de piezas de peso controlado mediante una báscula de precisión, obteniendo un ajuste lineal con un coeficiente de determinación de $R^2 = 0{,}999$.

ENSAYOS REALIZADOS

Para demostrar el correcto funcionamiento del sistema planteado, se realiza un ensayo de prueba, sin atender a las condiciones del ensayo, ni medir las dimensiones de la probeta. En la figura 4 se puede observar un ensayo en curso.

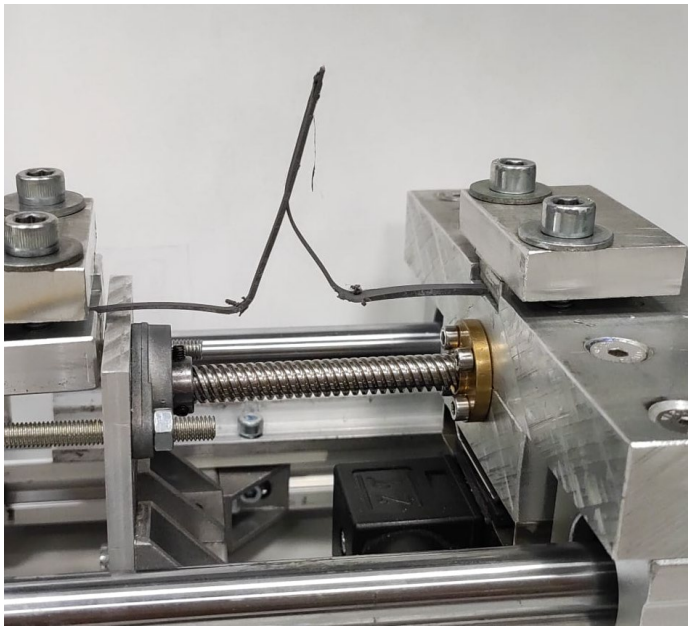


Figura 4. Ensayo de caracterización micromecánica en curso.

Los resultados de un ensayo típico se pueden observar en la figura 5, trazando una curva fuerza-carrera. Como se puede observar, la resolución del sistema es suficiente como para poder apreciar correctamente el fenómeno de desgarro intercapa de las probetas fabricadas.

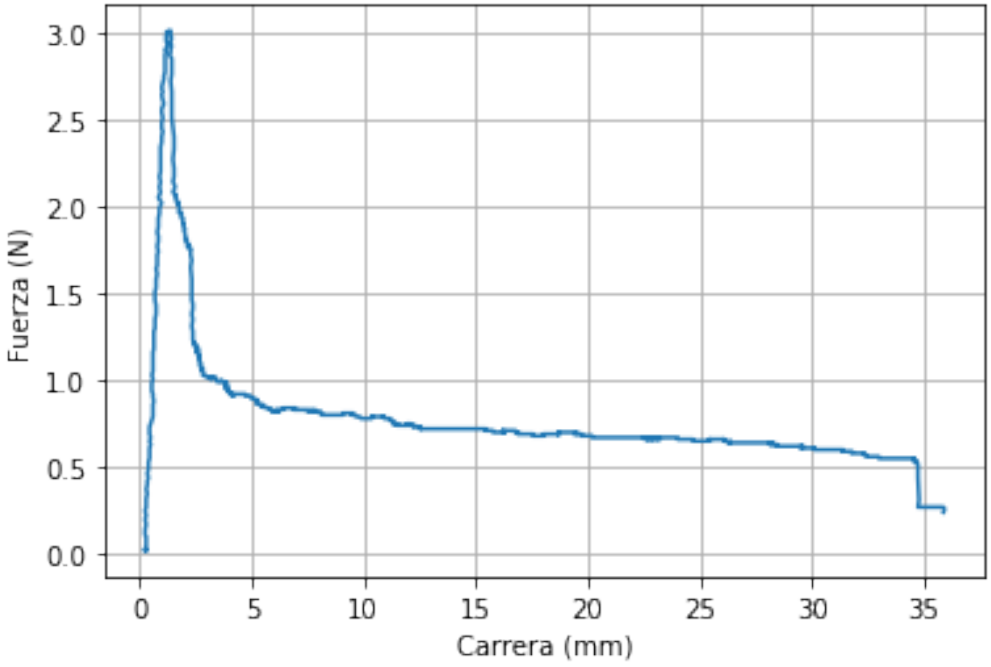


Figura 5. Curva característica obtenida del ensayo planteado.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado en el marco de una beca concedida por la Universitat Politècnica de València en la convocatoria PAID-01-23.

REFERENCIAS

[1] Chacón;Caminero;García-Plaza;Núnez. (2017). "Additive manufacturing of PLA structures using fused deposition modelling: Effect of process parameters on mechanical properties and their optimal selection". *Materials & Design, v.124*, n., pp. 143-157.

[2] Corapi;Morettini;Pascoletti;Zitelli. (2019). "Characterization of a Polylactic acid (PLA) produced by Fused Deposition Modeling (FDM) technology". *Procedia Structural Integrity, v.24*, n., pp. 289-295.

[3] Davis;Hillgartner;Han;Seppala. (2017). "Mechanical strength of welding zones produced by polymer extrusion additive manufacturing". *Additive manufacturing, v.16*, n., pp. 162-166.

[4] Seppala;Han;Hillgartner;Davis;Migler. (2017). "Weld formation during material extrusion additive manufacturing". *Soft matter, v.13*, n. 38, pp. 6761-6769.

[5] UNE-EN ISO 6383-1:2015 - Plásticos. Películas y láminas de plástico. Determinación de la resistencia al rasgado. Parte 1: Método de la probeta pantalón

COMUNICACIONES EN PÓSTER

Diseño de una actividad de aprendizaje basado en retos para gestión logística

Peiro-Signes, Ángel[(1)], Trull-es, Oscar[(2)], Segarra-Oña, Marival[(3)], Gómez-Palacios, César[(4)]

(1) Departamento de Organización de Empresas, Universitat Politècnica de València, anpeisig@upv.edu.es

(2) Departamento de Estadística e Investigación Operativa, Universitat Politècnica de València, otrull@eio.upv.es

(3) Departamento de Organización de Empresas, Universitat Politècnica de València, maseo@upv.edu.es

(4) Departamento de Estadística e Investigación Operativa, Universitat Politècnica de València, cegopa@eio.upv.es

RESUMEN

Los rápidos avances en ciencia y tecnología demandan profesionales equipados con habilidades flexibles de resolución de problemas y capacidad de prosperar en entornos colaborativos. Este estudio explora la aplicación del Aprendizaje Basado en Desafíos (ABR) en la educación de gestión logística. La actividad diseñada sumerge a los estudiantes en desafíos reales de la cadena de suministro con el objetivo de mejorar su comprensión mediante el compromiso práctico y la aplicación de conceptos teóricos. Los aspectos clave del desafío logístico incluyen la previsión de la demanda, la gestión de inventarios, la gestión de líneas de espera y el diseño de redes de transporte. Se espera que este enfoque fomente un aprendizaje profundo, el pensamiento crítico y la colaboración entre estudiantes. El análisis de resultados utilizará un enfoque de métodos mixtos, combinando encuestas cuantitativas y notas de campo cualitativas para evaluar la efectividad de la actividad ABR. Se espera que los resultados demuestren mejoras en el compromiso de los estudiantes, el desarrollo de competencias y la capacidad de aplicar conocimientos en entornos prácticos. Los hallazgos contribuirán a optimizar el diseño de la actividad y a evaluar el potencial de este enfoque innovador para transformar la educación en gestión logística.

Palabras clave: aprendizaje basado en retos, logística, diseño de actividades docentes.

INTRODUCCIÓN

Los rápidos avances en ciencia y tecnología requieren profesionales equipados con habilidades flexibles de resolución de problemas y la capacidad de prosperar en entornos colaborativos. Este panorama dinámico presenta un desafío significativo para las instituciones educativas, que deben innovar en sus metodologías de enseñanza para satisfacer estas demandas en evolución. En este contexto, el Aprendizaje Basado en Retos (ABR) ha surgido como una estrategia de enseñanza-aprendizaje atractiva [1,2]. El ABR se basa en problemas del mundo real para fomentar un aprendizaje profundo. La efectividad del ABR radica en su naturaleza experiencial, ayudando a los estudiantes a adquirir conocimientos teóricos y desarrollar sus habilidades prácticas, pensamiento crítico y capacidad para trabajar en colaboración [3,4].

Este trabajo se centra en el diseño de un reto de gestión logística para sumergir a los estudiantes en las complejidades de la gestión de la cadena de suministro y el método para evaluar su implementación. La actividad tiene como objetivo proporcionar a los estudiantes una comprensión integral de la logística mediante el compromiso práctico, el pensamiento crítico y la aplicación de conceptos teóricos en escenarios del mundo real. El desafío de gestión logística cubre varios aspectos clave, incluyendo la previsión de la demanda, la gestión de inventarios, la gestión de líneas de espera y el diseño de redes de transporte. Comienza con la identificación de un problema específico dentro de una empresa, como aquellos que se pueden encontrar en el comercio electrónico, supermercados u otras industrias de servicios como restaurantes o hoteles. A los estudiantes se les asigna la tarea de diseñar una estrategia integral de gestión logística que optimice el rendimiento de la cadena de suministro de la empresa. Esto incluye una previsión precisa de la demanda, una gestión efectiva de inventarios, una gestión eficiente de las líneas de espera y un diseño optimizado de la red de transporte. A través de esta actividad, los estudiantes exploran cómo estos componentes se interrelacionan y contribuyen a la eficiencia general de la cadena de suministro. Se introducirá a los estudiantes a varios modelos y se les animará a investigar y reportar sobre la aplicación de estos métodos a los problemas específicos de la cadena de suministro detectados en la empresa en cada una de las áreas. Complementaran la investigación con estudios de casos de empresas que han implementado con éxito sistemas de gestión de la cadena de suministro efectivos, proporcionando a los estudiantes ejemplos reales de las mejores prácticas. Finalmente, el desafío culmina en el desarrollo de un plan detallado de gestión logística que incorpora los hallazgos de la investigación y las mejores prácticas. Los estudiantes prototipan sus estrategias y las simulan para evaluar su impacto en indicadores clave de desempeño (KPI) como las tasas de rotación de inventarios, los tiempos de cumplimiento de pedidos o los costes de transporte.

Esperamos que este enfoque ABR no solo equipe a los estudiantes con habilidades esenciales de gestión logística, sino que también fomente una comprensión más profunda de las interconexiones entre varios componentes de la cadena de suministro. Además, al participar en la resolución de problemas del mundo real, esperamos que los estudiantes desarrollen competencias críticas que son altamente valoradas en el campo de la gestión [5].

METODOLOGÍA

La actividad de desafío logístico está diseñada para sumergir a los estudiantes en las complejidades de la gestión logística mediante un enfoque práctico. Esta actividad tiene como objetivo fomentar una comprensión profunda de la gestión logística al incentivar el pensamiento crítico y el compromiso con el mundo real. La actividad se estructura siguiendo de cerca la metodología en tres pasos del Aprendizaje Basado en Retos (ABR) [6,7], promoviendo el compromiso, la investigación y la acción.

Actividad de reto logístico

Fase 1: Compromiso

La fase de compromiso comienza con la identificación de un desafío logístico específico dentro de una empresa. Esta empresa puede variar desde una firma de comercio electrónico hasta un supermercado o un negocio orientado a servicios como un restaurante o un hotel. El desafío principal para los estudiantes es diseñar una estrategia integral de gestión logística. Esta estrategia debe incluir componentes clave como la

previsión de la demanda, la gestión de inventarios, la gestión de líneas de espera y el diseño de redes de transporte. El objetivo general es optimizar el rendimiento de la cadena de suministro y reducir costos.

Las preguntas esenciales guían la exploración de los estudiantes durante esta fase. Estas preguntas incluyen: ¿Cómo impacta la previsión precisa de la demanda en los niveles de inventario y la satisfacción del cliente? ¿Cuáles son las mejores prácticas para gestionar inventarios para minimizar costos y satisfacer la demanda? ¿Cómo puede la gestión de líneas de espera mejorar la eficiencia operativa en logística? ¿Qué factores deben considerarse en el diseño de una red de transporte efectiva? Las preguntas buscan provocar reflexión y dirigir a los estudiantes hacia los aspectos críticos de la gestión logística que deben abordar.

Fase 2: Investigación

En la fase de investigación, los estudiantes investigan los diversos componentes de la gestión logística mediante una serie de preguntas y actividades orientadoras. Estas actividades están diseñadas para proporcionar una comprensión completa de los métodos y tecnologías actuales utilizados en logística y cómo pueden aplicarse al desafío identificado. Las preguntas orientadoras en esta área incluyen: ¿Cuáles son los métodos y tecnologías actuales utilizados en la previsión de la demanda? ¿Cómo afectan las diferentes técnicas de gestión de inventarios a las operaciones logísticas? ¿Qué estrategias se pueden implementar para reducir los tiempos de espera en los procesos logísticos? ¿Cómo se puede optimizar el diseño de la red de transporte para mejorar los costos y la eficiencia?

Las actividades orientadoras asociadas con estas preguntas incluyen: investigar y reportar sobre varios modelos de previsión de la demanda, realizar análisis de estudios de caso de empresas con sistemas de gestión de la cadena de suministro. Los recursos pueden incluir informes de empresas y libros de texto sobre gestión de la cadena de suministro. Finalmente, los estudiantes deben observar y documentar su entorno real (es decir, la línea de caja en un supermercado). Esto implica visitas al sitio, recopilación de datos, análisis del flujo de procesos y entrevistas con gerentes. Los estudiantes pueden usar simulaciones para desarrollar y refinar sus soluciones mejoradas. La fase de investigación concluye con un análisis donde los estudiantes compilan sus hallazgos para identificar mejores prácticas y desafíos comunes en la gestión logística. Este análisis ayuda a desarrollar ideas sobre cómo integrar estas prácticas en una nueva estrategia integral de la cadena de suministro para la empresa.

Fase 3: Acción

La fase de acción implica desarrollar e implementar una solución basada en los hallazgos de la investigación. Los estudiantes crean un plan detallado de gestión de la cadena de suministro que incorpora elementos como modelos de previsión de la demanda, técnicas de gestión de inventarios, estrategias de gestión de líneas de espera y soluciones de diseño de redes de transporte. Luego, este plan se simula para obtener indicadores clave de desempeño (KPI) esperados como las tasas de rotación de inventarios, los tiempos de cumplimiento de pedidos o los costes de transporte. Los estudiantes presentan sus planes a la clase, y se les da retroalimentación constructiva de sus compañeros y profesores. Este proceso de retroalimentación les permite refinar sus estrategias, mejorando la comprensión de las soluciones propuestas y destacando áreas para mejorar.

Documentación y Reflexión

A lo largo de la actividad, se requiere que los estudiantes mantengan una documentación detallada de todas las actividades, hallazgos de investigación y pasos de implementación. Esto incluye el uso de herramientas multimedia como videos, fotos y gráficos para documentar el proceso y los resultados. Además, los estudiantes reflexionan sobre su proceso de aprendizaje, considerando cómo el proyecto ha mejorado su comprensión de la gestión logística.

Presentación y Retroalimentación

El plan final de gestión logística y los resultados esperados de la implementación se presentan a la clase y a la empresa involucrada. Se crea un portafolio digital que muestra el proceso del proyecto, los hallazgos clave y los resultados. Se recopila retroalimentación de compañeros, profesores y la empresa para mejorar futuros proyectos.

Método de evaluación de la actividad

La metodología de investigación implica un enfoque de métodos mixtos, combinando la recopilación y el análisis de datos cuantitativos y cualitativos. Este enfoque asegura una comprensión integral del impacto de la actividad en el proceso de enseñanza-aprendizaje. La metodología se divide en varias fases: selección de participantes, desarrollo de instrumentos, recopilación de datos y análisis de datos. Los participantes de este estudio serán estudiantes de maestría inscritos en el curso de logística. Debido al perfil de los estudiantes, el trasfondo será diverso. Sin embargo, la mayoría tendrá grados en ingeniería o gestión. Se utilizarán dos instrumentos para recopilar datos a lo largo del estudio. Incluiremos una encuesta y notas de campo. Se administrarán encuestas individuales anónimas para recopilar datos cuantitativos sobre las percepciones de los estudiantes y el impacto de la actividad en su aprendizaje (ver anexo). La encuesta incluirá preguntas cerradas y abiertas para capturar una amplia gama de respuestas. Las preguntas se centrarán en la orientación recibida de los instructores, la capacidad de aprender nuevos conceptos, el papel de la actitud personal y el uso de herramientas y metodologías innovadoras. Las respuestas permitirán evaluar el nivel de satisfacción entre los participantes, evaluando si el desafío les permitió aprender nuevos conceptos o aplicar teorías y métodos conocidos en un contexto práctico. Esto reflejará la efectividad del enfoque ABR en cerrar la brecha entre el conocimiento teórico y la aplicación real. Además, permitirá a los estudiantes reconocer la claridad e innovación de la metodología ABR, la importancia de las actitudes estudiantiles, el compromiso y el comportamiento proactivo en el éxito de la actividad, entre otros aspectos. Además, el profesor tomará notas de campo detalladas durante la ejecución del desafío. Estas notas documentarán observaciones sobre el compromiso de los estudiantes, los enfoques de resolución de problemas y la aplicación de los conceptos logísticos. Por lo tanto, las notas de campo tomadas durante la actividad proporcionarán conocimientos cualitativos sobre el compromiso, la creatividad y los enfoques de resolución de problemas de los estudiantes. Las observaciones proporcionarán información sobre la motivación de los estudiantes y la comprensión de los conceptos de gestión logística. Finalmente, la evaluación del portafolio y la presentación finales indicarán la capacidad de los estudiantes para implementar estrategias logísticas efectivas. La retroalimentación tiene como objetivo evaluar si los participantes perciben la actividad como desafiante y gratificante y si, eventualmente,

puede mejorar significativamente los resultados de aprendizaje para los estudiantes en el área de la gestión logística.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La actividad logística CBL detallada en este estudio sirve como un enfoque innovador para la enseñanza y el aprendizaje de la logística, aprovechando actividades activas y prácticas que integran desafíos del mundo real con el aprendizaje académico. La actividad apunta a desarrollar competencias tanto disciplinares como transversales entre los participantes, como el pensamiento crítico, la creatividad y la colaboración, todas ellas habilidades esenciales en el campo de la logística. El diseño de la actividad incluye tareas como el diseño y la optimización de procesos de la cadena de suministro, proporcionando un marco robusto para que los estudiantes desarrollen estas habilidades en un contexto que refleja los desafíos logísticos del mundo real. Se espera que la implementación de esta actividad logística ABR proporcione una amplia gama de resultados positivos y evidencias de la efectividad de este enfoque para fomentar el compromiso y el desarrollo de competencias en los estudiantes. Esperamos que este enfoque de aprendizaje pueda mejorar significativamente la motivación y los resultados de aprendizaje de los estudiantes porque los empujará más allá de su zona de confort. La actividad obligará a los estudiantes a enfrentar las complejidades e incertidumbres de los desafíos del mundo real, fomentando la capacidad de integrar conocimientos de diferentes dominios para la toma de decisiones e innovación efectiva [7].

Los datos cualitativos recopilados a través de la retroalimentación de los estudiantes y las observaciones del instructor contribuirán a ajustar y mejorar la actividad para futuras implementaciones. La actividad presentada ofrece un modelo convincente para integrar el aprendizaje basado en retos en la educación logística. Los resultados positivos esperados, que incluyen un mayor compromiso de los estudiantes, desarrollo de competencias o crecimiento personal, destacan el potencial de este enfoque para transformar las prácticas educativas tradicionales. Los hallazgos previos sugieren que las actividades ABR, cuando están bien diseñadas y alineadas con los desafíos del mundo real, pueden cerrar de forma efectiva la brecha entre el conocimiento teórico y la aplicación práctica. Esto es particularmente valioso en campos como la logística, donde la capacidad de aplicar conocimientos en entornos dinámicos y complejos es crítica. Aunque los resultados esperados de esta actividad son prometedores, es necesario evaluar los resultados después de la actividad para comprender completamente el impacto de la actividad en el aprendizaje de los estudiantes. Los estudios futuros también deben considerar diseños longitudinales para monitorear el desarrollo de competencias a lo largo del tiempo y evaluar la retención del conocimiento y las habilidades adquiridas a través de este tipo de actividades. Además, se puede ampliar el alcance de la investigación para incluir otras actividades, grupos de estudiantes, contextos educativos o disciplinas podría proporcionar conocimientos más generalizables y también puede ayudar a identificar mejores prácticas y optimizar el diseño de estas actividades. Finalmente, en futuras investigaciones se debería explorar la integración de tecnologías avanzadas, como la simulación y la realidad virtual, en las actividades logísticas basadas en ABR. Estas tecnologías tienen el potencial de mejorar aún más el realismo y el compromiso de las experiencias de aprendizaje, proporcionando a los estudiantes oportunidades aún más inmersivas e impactantes para desarrollar sus habilidades.

ANEXO

Preguntas propuestas en la encuesta: las preguntas seguirán una escala de Likert de 5 puntos, desde totalmente de acuerdo hasta totalmente en desacuerdo. Después de cada pregunta habrá un campo abierto para observaciones.

1. El profesor estableció claramente lo que se esperaba de mí durante el desarrollo de la actividad.
2. El profesor explicó claramente los criterios de evaluación de la actividad.
3. El profesor proporcionó orientación y tutorización a lo largo del proceso de aprendizaje.
4. Las actividades me permitieron aprender nuevos conceptos o aplicar conocimientos existentes.
5. Creo que mi actitud influyó significativamente en el desarrollo de la actividad.
6. La metodología incluyó explicaciones claras y utilizó medios, técnicas o herramientas tecnológicas innovadoras.
7. Hubo tiempo adecuado para la reflexión sobre el aprendizaje adquirido.
8. Creo que el conocimiento adquirido puede aplicarse en otros contextos.
9. La actividad me ayudó a entender cómo puedo contribuir a las empresas y a la sociedad.
10. El nivel de desafío de la actividad fue apropiado.

REFERENCIAS

[1] Jou, M., Chen-Kang, H., & Shih-Hung, L. (2010). Application of challenge based learning. Approaches Robot. Educ., 7, 17–20.

[2] Gaskins, W., Johnson, J., Maltbie, C., & Kukreti, A. (2015). Changing the learning environment in the College of Engineering and Applied Science using challenge based learning. International Journal of Engineering Pedagogy, 5, 33–41. https://doi.org/10.3991/ijep.v5i1.3998

[3] Lassnigg, L. (2017). Competence-based education and educational effectiveness. In M. Mulder (Ed.), Competence-based vocational and professional education (Vol. 23, pp. 667–693). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-41713-4_31

[4] Sturgis, C., & Casey, K. (2018). Quality principles for competency-based education. iNACOL, Competency Works.

[5] Johnson, L. F., Smith, R. S., Smythe, J. T., & Varon, R. K. (2009). Challenge-based learning: An approach for our time. The New Media Consortium.

[6] Nichols, M., & Cator, K. (2008). Challenge based learning (White Paper). Apple, Inc.

[7] Nichols, M., Cator, K., & Torres, M. (2016). Challenge based learner user guide. Digital Promise and The Challenge Institute.

Cultivando la Innovación en el Aula: El Papel de la Creatividad Divergente

López-Rodríguez, Daniel[(1)], Jordán-Núñez , Jorge[(2)], Micó-Vicent, Bàrbara[(2)], Belda-Antolí, Antonio[(3)]

(1) Departamento de Ingeniería Textil y Papelera, Universitat Politècnica de València Plaza Ferrándiz y Carbonell s/n, Alcoi, (Alicante), dalorod@upv.es

(2) Departamento de Ingeniería Gráfica, Universitat Politècnica de València Plaza Ferrándiz y Carbonell s/n, Alcoi, (Alicante), barmivi@upv.es, jorjornu@upv.es

(3) Departamento de Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente, Universidad de Alicante, Ctra, San Vicente s/n, 03690 San Vicente del Raspeig, Spain, tonobelda@gmail.com

RESUMEN

Este trabajo aborda la importancia de la innovación docente en la educación superior, destacando la necesidad de adaptación en un mundo en constante cambio. Se enfatiza que la innovación va más allá de la tecnología, abarcando métodos pedagógicos inclusivos y evaluaciones auténticas. Además, se destaca la colaboración interdisciplinaria y el fomento de una cultura de aprendizaje continuo. Se introduce el concepto de creatividad divergente como una estrategia para estimular el pensamiento innovador en el aula, con objetivos claros de promover la reflexión crítica, cultivar habilidades de resolución de problemas y fomentar el trabajo en equipo. El desarrollo de la innovación a partir de la creatividad divergente se explica como un proceso que incluye identificar desafíos, formular preguntas desafiantes, generar ideas creativas, colaborar con otros, seleccionar y refinar soluciones, e implementar e iterar continuamente. Se menciona la importancia de la colaboración y la diversidad de pensamiento en este proceso. Finalmente, se presentan dos cuestionarios de evaluación para medir el impacto de la aplicación de la creatividad divergente en el aula, tanto desde la perspectiva de los estudiantes como desde la percepción de los mismos. Estos cuestionarios incluyen preguntas sobre la comprensión, la experiencia y la percepción de los estudiantes.

Palabras clave: Innovación docente, tecnología, creatividad divergente, educación superior, colaboración interdisciplinaria, evaluación auténtica, aprendizaje continuo, pensamiento crítico.

INTRODUCCIÓN

En el horizonte de la educación superior, la innovación docente emerge como un faro brillante, iluminando el camino hacia una experiencia universitaria más dinámica y significativa. En un mundo donde el conocimiento evoluciona a un ritmo vertiginoso y las necesidades de los estudiantes cambian constantemente, la adaptación es esencial. La innovación docente se convierte en el motor que impulsa la transformación, abriendo nuevas fronteras en la enseñanza y el aprendizaje.

En el corazón de esta revolución educativa yace la noción de que el aula ya no es un espacio estático, sino un ecosistema vivo donde convergen múltiples formas de conocimiento. La integración de la tecnología desempeña un papel fundamental, al democratizar el acceso a la información y fomentar la colaboración global. Plataformas

en línea, recursos multimedia y herramientas interactivas se entrelazan con los métodos tradicionales de enseñanza, creando un tejido educativo rico y diverso.

Sin embargo, la innovación docente va más allá de la mera adopción de nuevas tecnologías [1, 2]. Se trata de repensar el proceso de enseñanza desde sus cimientos, centrándose en el estudiante como protagonista activo de su propio aprendizaje. Los métodos pedagógicos se vuelven más inclusivos y personalizados, reconociendo la diversidad de estilos de aprendizaje y antecedentes culturales. Los docentes se convierten en guías y facilitadores, cultivando un entorno que estimula la curiosidad, la creatividad y el pensamiento crítico.

La innovación docente también implica una reevaluación de la evaluación académica [3]. Los enfoques tradicionales, centrados en exámenes estandarizados y calificaciones numéricas, dan paso a métodos más holísticos y auténticos. Los proyectos de investigación, las presentaciones multimedia y las evaluaciones basadas en competencias se convierten en herramientas poderosas para medir el progreso del estudiante y su capacidad para aplicar el conocimiento en contextos reales.

Además, la colaboración interdisciplinaria [4] se vuelve cada vez más relevante en el panorama educativo. La resolución de problemas complejos requiere una perspectiva holística que trascienda las fronteras disciplinarias. Los programas de estudio flexibles y las iniciativas de aprendizaje experiencial permiten a los estudiantes explorar conexiones entre diferentes campos del conocimiento, preparándolos para enfrentar los desafíos del mundo real con una mente abierta y adaptable.

La innovación docente también se refleja en la promoción de una cultura de aprendizaje continuo. En un mundo donde las habilidades se vuelven obsoletas rápidamente, la capacidad de aprender y adaptarse se convierte en un activo invaluable. Los programas de desarrollo profesional para docentes [5] y el énfasis en el aprendizaje permanente ayudan a mantener a la vanguardia de la educación, asegurando que los estudiantes se gradúen con las habilidades y competencias necesarias para prosperar en un entorno cambiante.

En última instancia, la innovación docente en la universidad es un viaje continuo de exploración y descubrimiento. A medida que avanzamos hacia el futuro, es imperativo que abracemos el cambio con mente abierta y corazón audaz. Al desafiar las convenciones establecidas y abrazar nuevas posibilidades, podemos crear un entorno educativo que inspire, capacite y transforme a las generaciones futuras.

Lanzar desafíos a los alumnos es una estrategia poderosa para fomentar la creatividad divergente [6, 7, 8, 9] en el aula. En lugar de buscar una respuesta única y correcta, estos desafíos invitan a los estudiantes a explorar múltiples soluciones y perspectivas. Para empezar, los desafíos deben ser estimulantes y relevantes, conectando con los intereses y experiencias de los alumnos. Al plantear preguntas abiertas y ambiguas, se promueve la reflexión y la búsqueda de soluciones originales. Además, es crucial crear un entorno seguro y de apoyo donde los estudiantes se sientan libres de experimentar y tomar riesgos.

El tiempo y el espacio para la colaboración son elementos esenciales. Los desafíos pueden presentarse en forma de proyectos grupales, permitiendo que los estudiantes se inspiren mutuamente y construyan sobre las ideas de los demás. Los docentes también pueden proporcionar recursos variados y acceso a expertos externos para enriquecer el proceso creativo. Al final, el objetivo es cultivar la confianza en la capacidad de los alumnos para pensar de manera innovadora y encontrar soluciones creativas a problemas complejos. Al lanzar desafíos que estimulen la creatividad

divergente, se prepara a los estudiantes para enfrentar los desafíos del mundo real con imaginación y resiliencia.

OBJETIVOS

1. Fomentar la creatividad divergente: El principal objetivo es promover un enfoque de pensamiento no lineal entre los estudiantes, alentándolos a explorar múltiples soluciones y perspectivas ante un desafío dado.

2. Estimular la reflexión crítica: Buscar que los alumnos cuestionen supuestos, analicen problemas desde diferentes ángulos y evalúen la efectividad de diversas soluciones potenciales, lo que fortalece su habilidad para pensar de manera crítica y constructiva.

3. Cultivar habilidades de resolución de problemas: Al enfrentar desafíos que no tienen una respuesta única, los estudiantes desarrollan habilidades para identificar y abordar problemas complejos de manera creativa y efectiva, preparándolos para situaciones desafiantes en la vida real.

4. Fomentar el trabajo en equipo y la colaboración: Al realizar proyectos grupales en respuesta a los desafíos planteados, se promueve el intercambio de ideas, la cooperación y el apoyo mutuo entre los estudiantes, fortaleciendo sus habilidades de comunicación y trabajo en equipo.

5. Incrementar la confianza en la capacidad creativa propia: Al brindar un entorno seguro y de apoyo para la experimentación y el riesgo, se busca que los alumnos desarrollen una mayor confianza en su capacidad para generar ideas originales y creativas, fomentando una actitud proactiva hacia los desafíos futuros.

Desarrollo de la innovación

La innovación es un proceso dinámico y multifacético que surge de la creatividad, la colaboración y la resolución de problemas. El enfoque en la creatividad divergente, como se describe en el texto anterior, es fundamental para catalizar este proceso. Ahora, exploraremos cómo se puede desarrollar la innovación a partir de la aplicación de la creatividad divergente para resolver desafíos.

En primer lugar, el proceso de innovación comienza con la identificación de desafíos significativos y relevantes. Estos pueden surgir de diversas fuentes, como necesidades del mercado, problemas sociales o técnicos, o incluso desafíos internos dentro de una organización educativa. Una vez identificados, estos desafíos se convierten en puntos de partida para el desarrollo de soluciones creativas.

El siguiente paso implica la formulación de preguntas abiertas y desafiantes que estimulen la reflexión y la exploración. Estas preguntas deben ser lo suficientemente amplias como para permitir una variedad de respuestas y enfoques, fomentando así la creatividad divergente. Por ejemplo, en lugar de preguntar "¿Cómo mejorar el rendimiento académico?", se podría preguntar "¿Qué cambios podrían hacerse en el proceso educativo para adaptarse mejor a las necesidades individuales de los estudiantes?"

Una vez planteadas las preguntas, se invita a los participantes a participar en sesiones de lluvia de ideas o tormentas de ideas, donde se generan ideas de manera libre y sin restricciones. Aquí es donde la creatividad divergente entra en juego, ya que se anima a los participantes a pensar en soluciones innovadoras y poco convencionales. No se

descartan las ideas aparentemente extravagantes, ya que a menudo pueden conducir a soluciones sorprendentemente efectivas.

RESULTADOS

Para valorar el impacto de todo este trabajo se pidió a los alumnos que cumplimentaran dos encuestas, la primera con preguntas que permiten respuestas abiertas y una segunda con unas valoraciones entre 1 y 5. A continuación, se presentan ambas encuestas.

Cuestionario de Evaluación de la Aplicación de la Creatividad Divergente en el Aula

1. ¿Qué entendiste por "creatividad divergente" y cuál crees que fue su importancia en el proceso de aprendizaje?

2. ¿Cómo te sentiste al enfrentarte a desafíos que requerían pensar fuera de lo común y explorar múltiples soluciones?

3. ¿Puedes describir una situación en la que aplicaste la creatividad divergente para resolver un problema o completar una tarea en clase?

4. ¿Qué estrategias o técnicas encontraste más útiles para estimular tu creatividad durante las actividades en el aula?

5. ¿Hubo momentos en los que te sentiste bloqueado o con dificultades para generar ideas creativas? Si es así, ¿cómo lograste superar esos obstáculos?

6. ¿Crees que trabajar en equipo y colaborar con tus compañeros influyó en tu capacidad para generar ideas creativas? ¿Por qué?

7. ¿Cuál fue la solución más innovadora o creativa que se propuso durante las actividades en el aula? ¿Qué la hizo destacar?

8. ¿Qué aspectos de la aplicación de la creatividad divergente en el aula consideras que podrían mejorarse para facilitar un aprendizaje más efectivo?

9. ¿Cómo crees que la experiencia de trabajar con la creatividad divergente en el aula puede ser útil en tu vida fuera de la escuela?

10. En una escala del 1 al 10, ¿cómo calificarías tu nivel de satisfacción con la aplicación de la creatividad divergente en tus actividades educativas? ¿Por qué eliges esa calificación?

Cuestionario de Evaluación de la Aplicación de la Creatividad Divergente en el Aula

Un segundo cuestionario está diseñado para evaluar la comprensión, la experiencia y la percepción de los estudiantes sobre la aplicación de la creatividad divergente en el aula, así como para identificar áreas de mejora y oportunidades de aprendizaje continuo.

Por favor, califica cada afirmación del 1 al 5, donde:

1 = Totalmente en desacuerdo

2 = En desacuerdo

3 = Neutral

4 = De acuerdo

5 = Totalmente de acuerdo

1. La aplicación de la creatividad divergente me ayudó a pensar de manera más innovadora y original en clase.

2. Me sentí motivado/a para participar activamente en las actividades que requerían el uso de la creatividad divergente.

3. Creo que la creatividad divergente mejoró mi capacidad para encontrar soluciones a problemas de manera más eficaz.

4. Las actividades que involucraban la creatividad divergente fueron interesantes y estimulantes.

5. La colaboración con mis compañeros durante las actividades de creatividad divergente fue útil para generar ideas nuevas y diferentes.

6. Considero que la aplicación de la creatividad divergente en el aula fue beneficiosa para mi proceso de aprendizaje.

7. Me sentí cómodo/a expresando mis ideas y sugerencias durante las actividades que requerían creatividad divergente.

8. La aplicación de la creatividad divergente me ayudó a desarrollar mi pensamiento crítico y analítico.

9. Las actividades que fomentaban la creatividad divergente me hicieron sentir más seguro/a de mis habilidades para resolver problemas.

10. Recomendaría la inclusión de más actividades que fomenten la creatividad divergente en futuros cursos académicos.

¡Gracias por tu colaboración! Tus respuestas nos ayudarán a mejorar nuestros métodos educativos.

Los resultados recogidos entre los alumnos se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Resultados segundo cuestionario.

Pregunta nº	Cantidad de alumnos para cada valoración					Media
	1	2	3	4	5	
1	2	3	0	12	4	3.619
2	0	0	6	7	8	4.095
3	1	1	14	4	1	3.143
4	0	0	0	11	10	4.476
5	0	1	0	13	7	4.238
6	0	4	4	8	5	3.667
7	1	1	4	7	8	3.952
8	0	0	3	9	9	4.286
9	2	0	0	10	9	4.143
10	0	0	0	9	12	4.571

CONCLUSIONES

En conclusión, la innovación docente se presenta como un pilar fundamental en la educación superior, siendo crucial para adaptarse a un entorno en constante cambio y satisfacer las necesidades evolutivas de los estudiantes. La tecnología emerge como una herramienta poderosa al facilitar el acceso a la información y promover la colaboración global. La creatividad divergente, por otro lado, se destaca como una estrategia clave para fomentar el pensamiento innovador en el aula y cultivar habilidades esenciales como la reflexión crítica y la resolución de problemas. Además, la colaboración interdisciplinaria y la evaluación auténtica se revelan como elementos esenciales para abordar problemas complejos y medir el progreso del estudiante de manera efectiva. En última instancia, la promoción de una cultura de aprendizaje continuo y el compromiso con la mejora constante son imperativos para garantizar la relevancia y eficacia de los métodos educativos en un mundo en constante cambio.

REFERENCIAS

[1] Mateik, Deborah; “From" teaching technologies" to" teaching innovation" a conference changes with the times,” in Proceedings of the 38th annual ACM SIGUCCS fall conference: navigation and discovery, pp. 29–32.

[2] Alaeddine, Nasser I.; Hamid R. Parsaei; Konstantinos Kakosimos; Bing Guo; and Bilal Mansoor; “Teaching innovation with technology to accelerate engineering students’ learning,” in 2015 ASEE Annual Conference & Exposition, pp. 26–1478.

[3] Emery, Charles R.; Tracy R. Kramer; and Robert G. Tian; (2003).“Return to academic standards: A critique of student evaluations of teaching effectiveness.”Qual. Assur. Educ.vol. 11, no. 1.pp. 37–46.

[4] Bronstein, Laura R.; (2003).“A model for interdisciplinary collaboration.”Soc. Work.vol. 48, no. 3.pp. 297–306.

[5] Postholm, May Britt; (2012).“Teachers’ professional development: A theoretical review.”Educ. Res.vol. 54, no. 4.pp. 405–429.

[6] Silvia, Paul J.; Christopher Martin; and Emily C. Nusbaum; (2009).“A snapshot of creativity: Evaluating a quick and simple method for assessing divergent thinking.”Think. Ski. Creat.vol. 4, no. 2.pp. 79–85.

[7] Fletcher, Angus; and Mike Benveniste; (2022).“A new method for training creativity: narrative as an alternative to divergent thinking.”Ann. N. Y. Acad. Sci.vol. 1512, no. 1.pp. 29–45.

[8] Acar, Selcuk; and Mark A. Runco; (2019).“Divergent thinking: New methods, recent research, and extended theory.”Psychol. Aesthetics, Creat. Arts.vol. 13, no. 2.p. 153.

[9] Silvia, Paul J.; et al.; (2008).“Assessing creativity with divergent thinking tasks: exploring the reliability and validity of new subjective scoring methods.”Psychol. Aesthetics, Creat. Arts.vol. 2,

Regeneración de membranas procedentes de la industria textil

López-Pérez, María-Fernanda[(1)], Peña Guillem, Javier[(2)], Cardona Navarrete, Salvador C.[(1)], Lora García, Jaime[(1)], López Borrell, Alexis[(1)]

(1) Instituto Universitario de Seguridad Industrial, Radiofísica y Medioambiental (ISIRYM) Universitat Politècnica de València. Plaza Ferrandiz-Carbonell, s/n. malope1@iqn.upv.es

(2) Departamento de Ingeniería química y nuclear. Universitat Politècnica de València. Plaza Ferrandiz-Carbonell, s/n. malope1@iqn.upv.es

RESUMEN

El principal objetivo de este trabajo es valorizar las membranas de ósmosis inversa (OI) desechadas, como consecuencia de su ensuciamiento irreversible, en las plantas industriales, regenerándolas para otorgarles nuevas funciones, alargando así su vida útil. Una vez tratadas químicamente, estas membranas se emplearán como membranas de nanofiltración (NF) y/o ultrafiltración (UF), formando parte de las depuradoras industriales textiles como tratamiento terciario, con el fin de obtener calidades de aguas residuales tratadas que permitan ser recicladas en el proceso productivo de las propias industrias. Además, se estudiará el uso de estas aguas residuales tratadas dentro de las mismas empresas para aplicaciones agrícolas (jardines y huertos) y/o aplicaciones urbanas (sistemas de abastecimiento de aguas contra incendios). Este trabajo está enmarcado en un proyecto AVI (GVA) titulado Valorización de Residuos Resultantes del Tratamiento de Aguas con Membranas De Ósmosis Inversa (REGENERA'M). La investigación sobre su aprovechamiento es clave, para contribuir a la economía circular, aspirando así a reducir todo lo posible la generación de residuos y a aprovechar al máximo aquello cuya generación no se haya podido evitar, en este caso, las membranas. Estas instrucciones han sido preparadas con el formato que debe ser usado para la redacción del texto completo de las comunicaciones que hayan sido aceptadas.

Palabras clave: Membranas, Osmosis directa, Nanofiltración, Ultrafiltración, Regeneración, Oxidación de membranas

INTRODUCCIÓN

Actualmente, la industria textil o de la moda utiliza 93.000 millones de metros cúbicos de agua al año, siendo uno de los sectores económicos con mayor impacto ambiental, es el segundo más consumidor de agua y el responsable del 8-10% de las emisiones de CO_2 a nivel global [1].

Esto es debido a que el uso de agua es una parte importante del proceso de fabricación en la industria textil. En la industria textil, se utilizan diferentes tipos de agua, según el tipo de procesos en cada fase de fabricación, así como los requerimientos de calidad de los productos. Aunque en muchos procesos textiles, especialmente en etapas de lavado y enjuague, se puede emplear agua de la red municipal, esta agua puede contener minerales y otras impurezas que afectan al proceso. Esto puede hacer que la calidad de las prendas se vea afectada, sobre todo en los procesos de teñido o en tejidos de alta calidad y por ello los principales tipos de agua que se utilizan en la industria textil son:

1. Agua desmineralizada. Este tipo de agua se somete a un proceso en el cual se eliminan minerales y otras impurezas. Es empleada en procesos de teñido, acabado y preparación de soluciones químicas para garantizar resultados de alta calidad.

2. Agua reciclada o reutilizada para que la industria sea más sostenible. Muchas empresas textiles cuentan con sistemas que permiten reciclar el agua. Con ello, se reduce el consumo y los costes de fabricación de las prendas, pero hay que tener claro las limitaciones del agua reutilizada. Para mantener su calidad y evitar la acumulación de contaminantes, requiere un tratamiento adicional como el de membranas según en qué proceso de fabricación se emplee.

Todos estos sistemas necesitan la obtención de agua con una determinada calidad, y, por lo tanto, necesitan de equipos que la puedan proporcionar. Una de las tecnologías más utilizadas, robusta, con bajo mantenimiento y supervisión, y fácil de operar para obtener agua con una pureza alta son los procesos de membrana.

Por ello, hay un aumento significativo en la utilización de la tecnología de osmosis inversa (OI), cuyas membranas en su mayoría, están fabricadas con materiales poliméricos y tienen una vida útil (End of Life RO/EoL RO) debido a los roturas y ensuciamiento. Debido a que el remplazo de las membranas una vez han agotado su vida útil es de alrededor de un 15-20% de los costes de operación, es importante alargar su uso, tal y como se ha comentado anteriormente [2]. A pesar de los esfuerzos por alargar la vida útil de las membranas, según estimaciones realizadas, se producirá una generación de más de 840000 residuos de módulos de OI en el año 2025, con más de 2 millones de módulos EoL RO desechados [3]. Hasta ahora, la mayoría de estos residuos se incineraban o eran desechados en vertederos. Sin embargo, el reciclaje directo de reutilización de EoL RO en otras membranas (ultrafiltración UF o nanofiltración NF) es una de las alternativas para la gestión de residuos. Este proceso utiliza una degradación de la capa activa de la membrana de OI (capa polimérica de poliamida PA) mediante un reactivo químico para aumentar la permeabilidad. Este aumento viene ligado a una disminución del rendimiento del rechazo y, por lo tanto, de la calidad del agua que se obtiene. El coste de este tipo de membranas es menor que el de las membranas de OI originales, y podrían utilizarse en diferentes partes de los procesos de los clientes en los que no hay una necesidad de calidades altas. Los sectores interesados en este tipo de membranas podrían ser los que necesitan membranas de NF para tratar aguas salobres u otras actividades industriales. En cuanto a las membranas de UF recicladas podrían reutilizarse como pretratamiento de los procesos de desalinización por OI, en biorreactores de membrana (MBR) o tratamientos terciarios. Este mercado de segunda mano podría alcanzar incluso el 30% del total de venta de membranas de NF y UF.

Otro posible mercado son los proyectos humanitarios de tratamiento de agua en los que el dinero disponible es escaso y el beneficio obtenido es grande. Si embargo, hay que tener en cuenta que, si se habla de tratamiento de agua para obtener agua potable, el riesgo de este tipo de membranas no es fácilmente evaluable y por lo tanto, todavía no es un proceso que pueda ofrecer las garantías necesarias [4].

OBJETIVOS

El objetivo principal que se pretende en este trabajo es seleccionar el proceso de tratamiento óptimo de las membranas desechadas y la caracterización de las membranas de partida y regeneradas. Otros objetivos más específicos son:

- Estudiar los procesos de tratamiento de los cartuchos de OI desechados.

• Demostrar la viabilidad de reciclaje de las aguas residuales textiles, tras su tratamiento terciario, incluyendo las membranas de OI regeneradas, evaluando su reúso dentro del mismo proceso textil.

RESULTADOS

Preparación del módulo de OI

La primera actividad que se realizó en el proyecto fue preparar el módulo de membrana WIP en espiral (Figura 1).



Figura 1. Módulo de membrana WIP abierta. En fotografía se observa la membrana de arrollamiento en espiral.

Puesta en marcha de las plantas de laboratorio para monitorización de las membranas regeneradas

La segunda acción que se ha realizado en la tarea es adaptar las plantas piloto a las condiciones de operación que se necesita en estos experimentos. Estas plantas piloto se utilizan para la caracterización de las membranas antes y después de su transformación. Todas las plantas poseen un depósito de alrededor de 10 litros donde se introduce el agua a tratar, para pasar por un filtro de 20 µm bombeada hasta el módulo de membrana. El permeado es recogido y medido mediante una balanza cuyos datos son recogidos a través de LabView, para su posterior tratamiento mediante el programa MATLAB. Todas las plantas tienen un esquema como el que se muestra en la Figura 2.

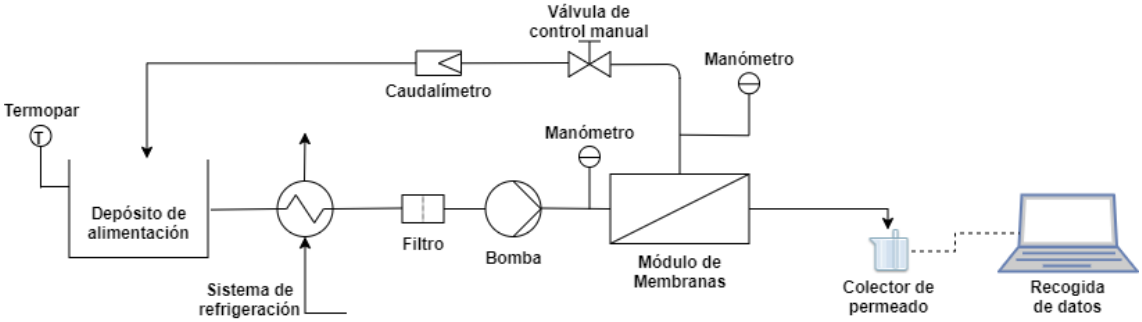


Figura 2. Esquema plantas de laboratorio de caracterización de membranas de OI, NF y UF.

Transformación pasiva a escala de laboratorio y caracterización de las membranas resultantes.

Se realizaron 10 ensayos con dosis similares y tiempos de exposición similares a los que indican los autores. Sin embargo, los resultados no fueron satisfactorios excepto dos de ellos, que se transformaron en membranas de nanofiltración (Tabla 1). En ninguno de los casos se obtuvieron membranas de UF. Los ensayos se realizaron con muestras con un tamaño de 0.0042 m^2, coincidiendo con el tamaño del módulo de membrana plano de la planta de laboratorio para caracterización. Estas muestras eran

sumergidas en un vaso de precipitados y con agitación suave en un volumen de 250 mL. Cada una de las membranas era neutralizada con agua desionizada hasta que el pH fuese neutro.

Posteriormente se caracterizaba cada una de las membranas a escala laboratorio en las plantas piloto de NF y UF con un sistema de filtración tangencial (Tabla 1). Se simularon las condiciones de filtración tangencial típica de los procesos de NF de baja presión y UF con 9 bar y 2 bar, respectivamente. Se decidieron estas presiones debido a que son las presiones que se utilizarán en la empresa textil en los tratamientos de pretratamiento de la planta de OI, tratamiento terciario o reactor biológico (MBR). Para dar como adecuado la degradación los flujos obtenidos deberían ser similares a las membranas de NF y UF originales para el uso que la empresa demandaría. En este caso se decidió dar por buena la membrana de NF si su flujo en $l/m^2 \cdot h \cdot bar$ era mayor de 60 $l/m^2 \cdot h \cdot bar$ (a una presión de 9 bar) y mayor a 80 $l/m^2 \cdot h \cdot bar$ a una presión de 2 bar para las membranas de UF. En todos los casos la temperatura se mantuvo constante con un valor de 20ºC. En todos los ensayos, el "fouling" orgánico se eliminó completamente ya que toda la capa marrón que la cubría fue eliminada.

Tabla 1. Resultados de degradación tanda de ensayos 1 de la membrana de OI.

Membrana	Tratamiento	Dosis (mg/l)	Tiempo de exposición (h)	Resultado
M1	NaOCl	124	240	Membrana NF
M2	NaOCl	1240	24	Negativo. Sin flujo
M3	NaOCl	1240	24	Negativo. Sin flujo
M4	NaOCl	2000	45	Negativo. Sin flujo
M5	NaOCl	3000	92	Membrana NF
M6	NaOCl	4000	24	Negativo. Sin flujo
M7	NaOCl	4000	114	Negativo. Sin flujo
M8	NaOCl	6000	13	Negativo. Sin flujo
M9	NaOCl	12400	3	Membrana de NF
M10	NaOCl	50000	24	Negativo. Sin flujo

Después de estos resultados y suponiendo que parte del cloro se utilizaba para la oxidación del "fouling" orgánico de la membrana EoL RO, y teniendo en cuenta que este "fouling" también tenía muchas sales inorgánicas, se pensó que una solución era eliminar de la capa activa este "fouling". De manera general, las soluciones ácidas facilitan la dispersión de los contaminantes inorgánicos, por lo que se pensó que introducir una limpieza ácida antes de la dosis de oxidante podría facilitar la oxidación de la capa activa, ya que parecía que hubiera una capa de sales que impidieran la oxidación de la misma. En futuros trabajos se intentará identificar este hecho con los potenciales zeta. En la Figura 3 puede observarse la permeabilidad obtenida para las membranas M1, M4, M5, M6 y M9. Las demás membranas daban un flujo similar a la M4 y M6, entre 1 y 10 $l/m^2 \cdot h \cdot bar$. Teniendo en cuenta las dosis y el tiempo de oxidación consideramos que el protocolo seguido en la membrana 9 puede ser el más adecuado por el tiempo de exposición ya que es el más corto. El nuevo protocolo de limpieza que se siguió incluía una limpieza ácida con una disolución de ácido acético al 1%, similar a la que se realiza en la limpieza de las membranas para eliminar la materia inorgánica. Se decidió utilizar también una concentración alta de NaOCl para obtener membranas de UF. De esta forma, nos asegurábamos de que eliminábamos no solo la capa activa de PA sino que eliminábamos el "fouling" orgánico que estaba depositado en la membrana EoL RO.

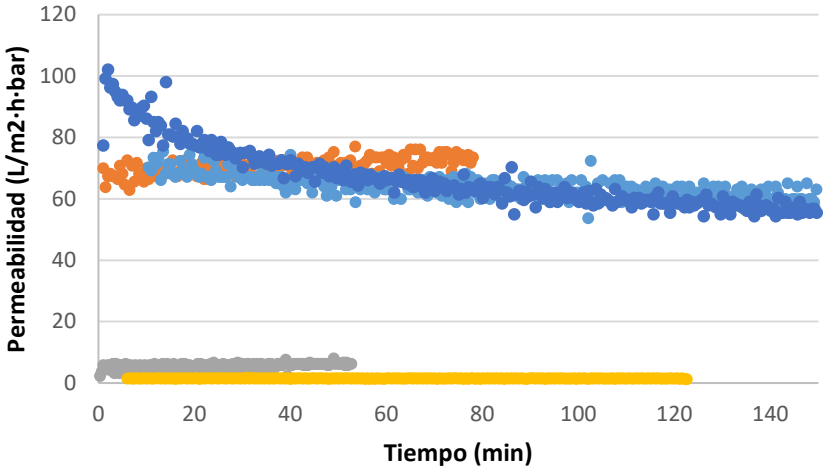


Figura 3. Permeabilidad (L/m2·h·bar) de las membranas EoL RO degradadas a NF. ■ Flux de M6, ■ Flux de M4, ■ Flux de M9, ■ Flux de M5, ■ Flux de M1.

El 20% de la materia orgánica es necesario tenerla en cuenta, ya que parte del oxidante se consume eliminando este ensuciamiento. En la Tabla 2 incluimos los resultados obtenidos en la regeneración de la membrana de OI para obtener membranas de UF. Al igual que en los ensayos anteriores se daba por adecuado aquel ensayo que diese una membrana con una permeabilidad de 80 l/m^2·h·bar a una presión de 2 bares.

Tabla 2. Resultados de degradación tanda de ensayos 2 de la membrana de OI.

Membrana	Tratamiento	Dosis Acético (%) naocl (mg/l)	Tiempo de exposición (h)	Resultado
M11	Acético NaOCl	1% 50000	24 5	Negativo.
M12	Acético NaOCl	1% 50000	24 1	Negativo.
M13	Acético NaOCl	1% 50000	24 72	UF
M14	Acético NaOCl	1% 50000	24 240	UF
M15	Acético NaOCl	1% 50000	12 72	UF
M16	Acético NaOCl	1% 500000	10 24	UF

Las membranas 11 y 12 tuvieron un flux similar de alrededor de 20 l/m^2·h·bar, mientras que las membranas 13, 14, 15 y 16 obtuvieron ya un flux adecuado de alrededor de 80 l/m^2·h·bar. Las membranas presentaban unas permeabilidades al agua similares lo que indica que la combinación de una limpieza con ácido acético y una dosis alta de NaOCl es necesaria para la eliminación de la capa activa. En este caso, la eliminación de la capa activa ha sido total con tiempo de exposición corta en la M16, siendo tiempos de exposición mayores innecesarios, por lo que se decide a priori que el protocolo de la membrana M16 es el punto de partida para poder optimizar el proceso de degradación de este tipo de membranas.

La membrana elegida para estudiar el “cut-off” es la membrana regenerada M16. Los ensayos se realizan en la planta de laboratorio en condiciones de 20ºC y 2 bar de presión. En el caso de esta membrana se tiene un rechazo del 0% en el caso de la disolución de PEG 35 kDa y un rechazo del 53% para la disolución de Dextrano 70 kDa.

Estos resultados indican que el “cut-off” de la membrana de UF es mayor de 35 kDa y que tiene poros entre 35kDa y 70 kD, aunque hay poros mayores de 70 kDa.

CONCLUSIONES

En este trabajo se ha buscado una forma eficaz y útil para rehabilitar membranas de ósmosis inversa en membranas de ultrafiltración y nanofiltración mediante un protocolo de limpieza adecuado para este tipo de membranas. Se ha podido observar que la limpieza con ácido acético e hipoclorito sódico con una concentración de 1% y 500 g/l puede ser eficiente para la obtención de membranas de UF adecuadas para los usos industriales que necesitan las empresas con cut-off entre 35kDa y 70 KDa, con un flujo de 35 y 50 $l/m^2 \cdot h \cdot bar$, respectivamente.

A partir de este estudio se ha demostrado una forma viable de obtención de membranas de UF y NF en buenas condiciones para continuar su vida útil alineándose con los objetivos de desarrollo sostenible.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Agenciade la Innovació de la Generalitat Valenciana por la financiación dentro del Programa de Proyectos estratégicos en cooperación, del proyecto “Valorización de residuos resultantes del tratamiento de aguas con membranas de Ósmosis Inversa” (INNEST/2023/87)

REFERENCIAS

[1] Tong, T. Z., & Elimelech, M. (2016). The Global Rise of Zero Liquid Discharge for Wastewater Management: Drivers, Technologies, and Future Directions. ENVIRONMENTAL SCIENCE & TECHNOLOGY, 50(13), 6846–6855. https://doi.org/10.1021/acs.est.6b01000

[2] García-Pacheco, R., Landaburu-Aguirre, J., Terrero-Rodríguez, P., Campos, E., Molina-Serrano, F., Rabadan, J., Zarzo, D., & García-Calvo, E. (2018). Validation of recycled membranes for treating brackish water at pilot scale. DESALINATION, 433, 199–208. https://doi.org/10.1016/j.desal.2017.12.034Bbb

[3] García-Pacheco, R., Landaburu-Aguirre, J., Lejarazu-Larrañaga, A., Rodríguez-Sáez, L., Molina, S., Ransome, T., & García-Calvo, E. (2019a). Free chlorine exposure dose (ppm.h) and its impact on RO membranes ageing and recycling potential. DESALINATION, 457, 133–143. https://doi.org/10.1016/j.desal.2019.01.030

[4] Moreira, V. R., Lebron, Y. A. R., Santos, L. V. D., & Amaral, M. C. S. (2022). Low-cost recycled end-of-life reverse osmosis membranes for water treatment at the point-of-use. JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION, 362. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132495

Influencia de la Temperatura de Fusión en el Poder Refrigerante de Chalecos con PCM's

Martínez-Albert, Miriam[(1)], Bou-Belda, Eva[(2)], Díaz-García, Pablo[(2)], Montava-Seguí, Ignacio[(2)]

(1) Departamento de confort, Asociación de Investigación de la Industria Textil, Alcoy, España, mimartinezal@aitex.es

(2) Departamento de Ingeniería Textil y Papelera, Universitat Politécnica de València, Alcoy, España, evbobel@upvnet.upv.es

RESUMEN

Los chalecos refrigerantes ayudan al usuario a mantener una temperatura corporal óptima en ambientes cálidos o en actividades de alta intensidad cuando se requiera de una disminución de la temperatura corporal. Éstos difieren en el mecanismo de refrigeración utilizado, siendo los más utilizados los chalecos de enfriamiento por evaporación o los chalecos con microcápsulas. Los chalecos con microencapsulados con material de cambio de fase (PCM) en el interior de las microcápsulas son utilizados para absorber la temperatura corporal del usuario. En el mercado existen diferentes tipos de chalecos con microcápsulas que difieren en la temperatura de fusión de estas. En este estudio se analiza mediante un método estandarizado el poder de enfriamiento de tres chalecos refrigerantes con PCM's de distinta temperatura de fusión para comprobar como la temperatura de fusión de las microcápsulas afecta al rendimiento del chaleco.

Palabras clave: confort, PCM's, maniquí térmico, chalecos refrigerantes, estrés térmico, prendas termorreguladoras, textiles inteligentes.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, existen varios tipos de prendas refrigerantes que reducen la temperatura corporal del cuerpo humano ante situaciones de estrés térmico por calor. Estas prendas, se diferencian en el tipo de mecanismo empleado para producir el enfriamiento corporal. La utilización del sistema de enfriamiento más adecuado depende de las condiciones de uso de las prendas. Para saber qué sistema es el adecuado, cada sistema de refrigeración requiere de un análisis detallado de las tareas y condiciones ambientales a las que enfrentará el usuario.

En este estudio se utilizará el sistema de refrigeración mediante microencapsulados por cambio de fase, conocido como material de cambio de fase (PCM). Desde el año 2004, ha habido un incremento significativo de estudios científicos publicados sobre este tipo de prenda refrigerante, pasando de 66 artículos científicos publicados en el año 2004 a aproximadamente 1760 artículos en el año 2023 según Web of Science [1]. Los chalecos refrigerantes mediante PCM's son las prendas refrigerantes más utilizadas y estudiadas debido a sus características: diseño, facilidad de uso, ergonomía, reutilización y propiedades refrigerantes [2]. Las propiedades refrigerantes de este tipo de prenda se basan en la temperatura de fusión de las microcápsulas utilizadas.

En el caso de las prendas refrigerantes que utilizan microcápsulas, cuando la temperatura corporal del usuario aumenta, la microcápsula absorbe energía hasta alcanzar la temperatura de fusión pasando ésta del estado sólido a líquido [3]. En este

cambio de fase es cuando la microcápsula absorbe el exceso de calor corporal del usuario proporcionando así la sensación de frescor. Los PCM's pueden ser incorporados en la fibra, en forma de acabado o en forma de paquetes de PCM's [4]. Los microencapsulados de parafina, polímeros e hidrogeles son los más utilizados en prendas refrigerantes por su capacidad de almacenar energía [5], aunque el uso de parafinas es limitado por su baja conductividad térmica y bajos puntos de fusión [6]. La capacidad de refrigeración de las prendas con PCM's depende del área de cobertura de los PCM's en la prenda, su distribución en ésta, cantidad de PCM's utilizados y capacidad de almacenar energía de los PCM's, que está relacionada directamente con la conductividad térmica de éstos y de su temperatura de transición. Respecto a la capacidad de enfriamiento, ésta depende de la temperatura de fusión de los PCM's siendo los chalecos refrigerantes con PCM's de menor temperatura de fusión los que deben enfriar más rápidamente [7].

El uso de los chalecos refrigerantes con microcápsulas está limitado a situaciones donde se requiere una rapidez de enfriamiento y en actividades con gasto energético leve o moderado. Las microcápsulas más utilizadas en equipos de refrigeración personal son aquellas cuya temperatura de fusión va de los 15.0ºC a los 35.0ºC debido que el uso de chalecos con PCM's de temperatura de fusión inferiores puede provocar un enfriamiento excesivo del cuerpo [8]. Debido a esto, la elección de la temperatura de trabajo del PCM vendrá condicionada por la temperatura a la cual va a enfrentarse el usuario, el tipo de actividad a realizar y su duración.

OBJETIVOS

El objetivo principal de este trabajo es estudiar cómo la temperatura de fusión de los microencapsulados afecta al poder de enfriamiento de los chalecos refrigerantes con PCM's, a la duración y a la rapidez del enfriamiento. Para este estudio se ha utilizado un método normalizado de análisis que utiliza un maniquí térmico para determinar estos tres parámetros en tres chalecos con PCM's de distinta temperatura de fusión.

EXPERIMENTAL

Metodología

El método de análisis empleado es la norma ASTM F2371:16 [9]. Con esta norma se analiza el poder de enfriamiento de las prendas refrigerantes mediante el uso de un maniquí térmico en el interior de una cámara climática a unas condiciones ambientales controladas.

Materiales

Las muestras estudiadas son tres chalecos refrigerantes por PCM's con temperaturas de fusión de 21.0 ºC (Muestra A), 24.0 ºC (Muestra B) y 29.0 ºC (Muestra C) como los de la figura 1.



Figura 1. Maniquí con los chalecos de PCM's utilizados.

Según las especificaciones técnicas del fabricante, estas prendas utilizan microcápsulas con materiales de origen vegetal y son reutilizables pudiendo ser activadas si se introducen durante 20 minutos en agua fría, 40 minutos en un congelador o 60 minutos en la nevera.

Instrumentación empleada

Para este análisis se han utilizado un maniquí térmico de la empresa Thermetrics LLC. [10] que simula el cuerpo de una persona y está construido mediante la norma ISO 15831:2004 [11]. Este maniquí está compuesto internamente por calentadores que permiten obtener una temperatura corporal estable de 35.0ºC en todo el cuerpo del maniquí. Además, este maniquí está provisto de un sistema que utiliza una piel artificial y unas bombas de agua capaz de simular el sistema de sudoración del cuerpo humano.

El maniquí se encuentra dentro de una cámara climática tipo "WalkIn" de 14 metros de largo, 3 metros de ancho y 5 metros de altura. Esta cámara puede trabajar en un rango de temperatura desde –30.0ºC a +60.0 ºC, con una humedad del 30 al 90% y con una velocidad de aire de hasta 12 m/s.

Método de análisis

El método de análisis utilizado es según la norma ASTM F2371:2016. En este ensayo, el cuerpo del maniquí es calentado a 35.0ºC en un ambiente a 35.0ºC, 40% de humedad y 0.4 m/s de velocidad de aire provisto del sistema de sudoración que permite saturar su cuerpo de agua asegurando un 100% de humedad en la superficie del maniquí.

En la primera parte del ensayo, llamada prueba base, se mide la energía que el maniquí necesita para mantener su temperatura corporal estable en 35.0 ± 0.2 ºC sin ningún tipo de chaleco. Previamente al ensayo del maniquí con chaleco, se activan los PCM's acondicionando los chalecos en un congelador a -50.0ºC durante 40 minutos. Tras la primera parte del ensayo y el acondicionamiento, se coloca el chaleco a analizar en el maniquí y se mide de nuevo la energía que el maniquí necesita para mantener de nuevo su temperatura corporal estable en 35.0 ± 0.2 ºC.

RESULTADOS

El poder de enfriamiento es la diferencia entre la energía que necesita el maniquí sin el chaleco y la energía que necesita el maniquí con cada chaleco para mantener estable su temperatura en 35.0 ± 0.2 ºC. La duración del enfriamiento se toma como el tiempo en el que la energía desciende a la energía de la prueba base. En la tabla 1 se muestran los resultados obtenidos de poder de enfriamiento y duración del enfriamiento.

Tabla 1. Poder de enfriamiento y duración

Muestra	Tª de fusión (°C)	Poder del enfriamiento (W/m^2)	Duración del enfriamiento (min)
A	21.0	183	38
B	24.0	178	36
C	29.0	71	20

Las prendas refrigerantes son efectivas cuando el poder de enfriamiento se encuentra entre 165-540 W/m^2 [12]. Como se puede observar en la tabla 1, solo la muestra A y la muestra B cumplen con la anterior condición, por lo que la muestra C, con temperatura de fusión de 29.0ºC no sería efectiva, es decir, no sería capaz de disminuir la temperatura corporal del usuario en situaciones de estrés térmico por calor. En la tabla, además se observa que el chaleco de temperatura de fusión menor es el que mayor poder de enfriamiento tiene y mayor duración de éste, mientras que el chaleco con temperatura de fusión de 29.0ºC es el que posee un menor poder de enfriamiento y una menor duración.

El tiempo en el que se produce el enfriamiento es el tiempo en el que el maniquí alcanza el máximo de energía requerida en el ensayo vistiendo el chaleco para alcanzar su temperatura corporal estable. La figura 2, figura 3 y figura 4 muestran la energía requerida durante el ensayo del maniquí sin el chaleco y con el chaleco en función del tiempo de ensayo.

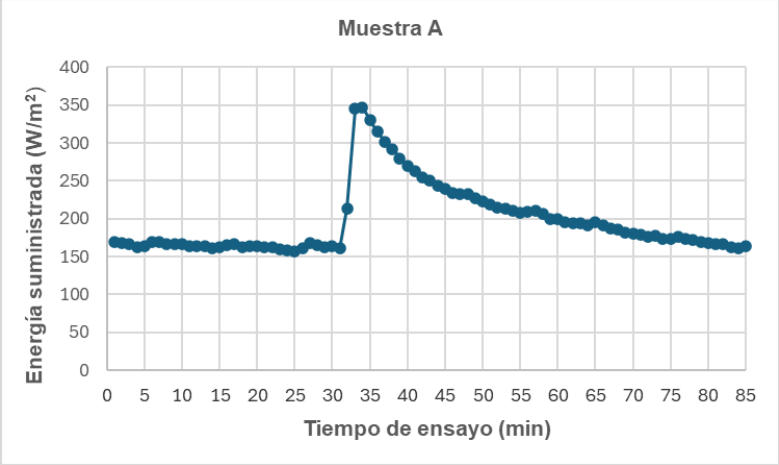


Figura 2. Energía requerida en función del tiempo durante el ensayo de la muestra A.

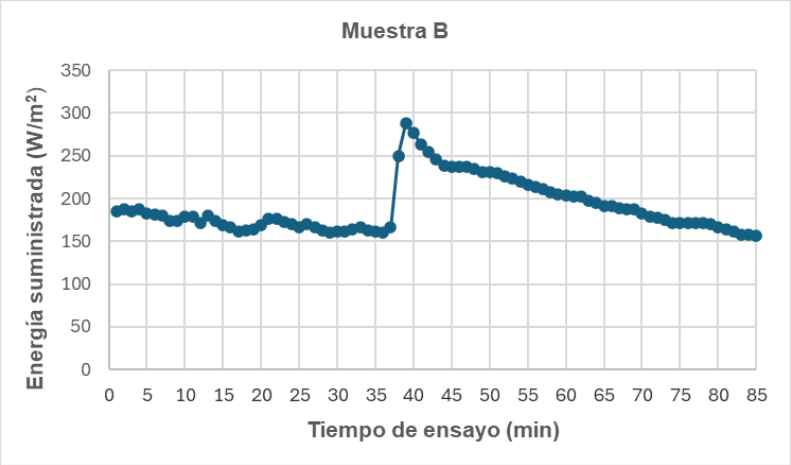


Figura 3. Energía requerida en función del tiempo durante el ensayo de la muestra B.

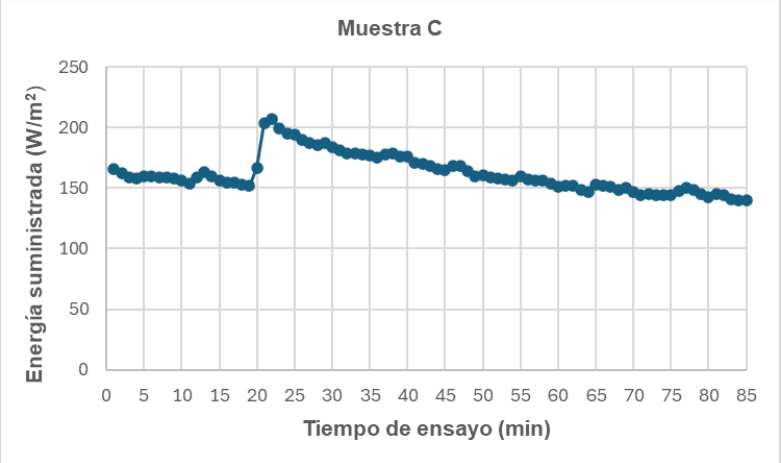


Figura 4. Energía requerida en función del tiempo durante el ensayo de la muestra C.

Como se observa en las tres figuras anteriores, el enfriamiento se produce a la colocación de los chalecos, produciéndose un máximo de energía cuando se coloca cada uno de ellos presentando el maniquí un enfriamiento instantáneo. Como puede observarse también en las imágenes, el máximo de energía alcanzado para la muestra A y muestra B es muy superior al de la muestra C, significando esto que existe una mayor disipación del calor en los chalecos de temperatura de trabajo de 21.0 ºC y 24.0ºC.

CONCLUSIONES

Mediante el presente estudio, se ha podido comprobar analíticamente como la temperatura de fusión de los PCM's influye en el poder refrigerante de los chalecos con mecanismo de enfriamiento por PCM's y en la duración del enfriamiento, llegando a la conclusión de que cuando la temperatura de fusión de la microcápsula es más baja, esta prenda tendrá un mayor efecto de enfriamiento sobre el cuerpo del usuario y una mayor duración del enfriamiento. Además, mediante el presente estudio se ha podido determinar como la temperatura de fusión del PCM no influye en la rapidez del

enfriamiento, produciéndose un enfriamiento instantáneo al colocar los chalecos con PCM's, por lo que, se puede concluir que, si se requiere un enfriamiento instantáneo del cuerpo del usuario, se puede recurrir a cualquiera de los puntos de fusión, independientemente de la capacidad de refrigeración de estos.

A partir de los resultados obtenidos se concluye que el uso de los chalecos con PCM's está aconsejado cuando se necesita un enfriamiento del cuerpo del usuario instantáneo, y que la duración del enfriamiento y su capacidad de refrigeración depende de la temperatura de fusión de la microcápsula utilizada, donde una menor temperatura de fusión produce una mayor duración del enfriamiento y una mayor capacidad de refrigeración. Además, cabe indicar, que el uso de un chaleco refrigerante con temperatura de fusión de 29.0ºC o mayor, está desaconsejado debido a que su poder de enfriamiento no llega al mínimo poder de enfriamiento necesario de 165 W/m^2 para que el chaleco refrigerante sea efectivo, por lo que es aconsejable utilizar chalecos con microcápsulas con temperaturas inferiores a 29.0ºC.

REFERENCIAS

[1] Web of Science https://www.webofscience.com/

[2] Ma, Y.; Wan, Q.; Gong, Z.; Wu, Y.; Zhou, J (2023). "Current Research Status and Development Trends of Cooling Suits in High-Temperature Mine Environments: A Review". *Processes*, 11, 3256. https://doi.org/10.3390/pr11113256

[3] Onder, E.; Sarier, N (2015). "Thermal regulation finishes for textiles". *Functional finishes for textiles,* 18-98.

[4] F. Wang, D. Pang, X. Liu, M. Liu, W. Du, Y. Zhang, X. Cheng (2023). "Progress in application of phase-change materials to cooling clothing". *J. Energy Storage* ,60.

[5] Yun, Su; Zhu, Wen; Tian, Miao; Wang, Yunyi; Zhang, Xianghui; Li, Jun (2020). "Intelligent bidirectional thermal regulation of phase change material incorporated in thermal protective clothing". *Applied Thermal Engineering,* 174, 115340. https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2020.115340

[6] Haghighi, Alireza M.; Babapoor, Aziz; Azizi, Mohammad Mehdi; Javanshir, Zahra Javanshir; Ghasemzade, Hooman (2020). "Optimization of the thermal performance of PCM nanocomposites." *J Energy Manage Tech*;4, 14–9. http://dx.doi.org/10.22109/jemt.2019.152458.1134

[7] Gao, Chuansi; Kuklane, Kalev; Holmer, Ingvar (2010). "Cooling vests with phase change material packs: the effects of temperature gradient, mass and covering area". *Ergonomics*, 53:5, 716-723. https://doi.org/10.1080/00140130903581649

[8] Xu, Huijuan; Cao, Bin ; Gao, Lijun; Wang, Famin, Jin, Guangya; Liu, Zhijian (2024). "Personal cooling garments with phase change material packages - A critical review of challenges, solutions and recent progress". *Building and Environment*, 250,111169. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2024.111169.

[9] ASTM F2371. Standard test method for measuring the heat removal rate of personal cooling systems using a sweating heated manikin. West Conshohocken, PA: ASTM International, 2016.

[10] Thermetrics: Advanced Thermal Measurement Technology. http://thermetrics.com.

[11] ISO 15831. Clothing - Physiological effects - Measurement of thermal insulation by means of a thermal manikin. Geneva: International Standard Organization, 2004.

[12] Jing, Yuanyuan; Du, Minzhi ; Zhang,Pengyu; Liang, Ziqi; Du, Yong; Yao, Lan; Chen, Haisheng; Zhang, Ting; Zhang, Kun (2024). "Advanced cooling textile technologies for personal thermoregulation". *Materials Today Physics*, 41, 101334.

Actividad experiencial para el aprendizaje de técnicas estadísticas: MBOT en línea de montaje

Trull Dominguez, Oscar[(1)], Peiró-Signes, Angel[(2)],García-Díaz, J.Carlos[(3)], Gómez-Palacios, César[(4)]

(1) Departamento de Estadística e Investigación Operativa Aplicadas y Calidad, Universitat Politècnica de València, otrull@eio.upv.es

(2) Departamento de Organización de Empresas, Universitat Politècnica de València, anpeisig@emp.upv.es

(3) Departamento de Estadística e Investigación Operativa Aplicadas y Calidad, Universitat Politècnica de València, juagardi@eio.upv.es

(4) Departamento de Estadística e Investigación Operativa Aplicadas y Calidad, Universitat Politècnica de València, cegopa@eio.upv.es

RESUMEN

En el contexto de la Ingeniería de Calidad a nivel universitario, se ha desarrollado una actividad de aprendizaje experiencial para el aprendizaje de técnicas estadísticas. Esta actividad tiene como objetivo establecer estándares de producción (work content) y realizar tareas de mejora de procesos utilizando técnicas estadísticas. Consiste en simular la producción de un robot (mBOT), donde los estudiantes deben gestionar el control sobre los tiempos de producción y garantizar la calidad del producto mediante gráficos de control y planes de control.

La utilización de actividades de aprendizaje experiencial permite a los estudiantes conseguir un aprendizaje más profundo a la vez que divertido y motivador. Sin embargo, los profesores deben modificar su visión y formas de conducir la actividad, con el fin de lograr el propósito de aprendizaje.

El artículo presenta la actividad desde su planificación hasta su desarrollo, incluyendo los materiales necesarios para replicarla en otros módulos y asignaturas

Palabras clave: Aprendizaje Experiencial, Estadística, Calidad, Procesos.

INTRODUCCIÓN

El concepto de calidad y el uso correcto de las herramientas de calidad suponen un ejercicio de formación complejo para los docentes. Los estudiantes están acostumbrados a materias como matemáticas, física, economía e incluso filosofía. Todas ellas se caracterizan por un aprendizaje basado en conceptos fácilmente comprensibles y fundamentados en conocimientos previamente adquiridos. Sin embargo, la calidad es un concepto poco comprendido, que proviene de una filosofía de trabajo y de un buen desempeño a nivel laboral (y en gran medida, industrial). Únicamente haber vivido esta experiencia, puede hacer comprender realmente al profesor o instructor qué es la calidad. Se requiere experiencia previa, una experiencia adquirida luchando contra situaciones adversas en las que se necesita un reentrenamiento y análisis de la situación, aplicando el sentido común. Es una filosofía de trabajo. Las herramientas de calidad no son complejas de instruir, pero no es fácil conseguir el aprendizaje profundo.

Los estudiantes carecen de este conocimiento. Como resultado, se logra la capacitación en la herramienta, pero no se profundiza en su aplicabilidad. Sin embargo, es necesario llevar a cabo el proceso de aprendizaje de manera más retentiva y a largo plazo [1]. Además, es necesario realizar formación en la que se fomente el pensamiento crítico [2].

Para promover estas enseñanzas, el uso de actividades de aprendizaje experiencial (ELA) se convierte en una herramienta idónea [3]. El aprendizaje se basa en la adquisición de conocimientos a través de nuevas experiencias, y llevar a cabo actividades en equipo aumenta este proceso.

La formación basada en aprendizajes experienciales de Kolb, implementada previamente por nuestro grupo de trabajo, ha demostrado ser altamente productiva. Los participantes han adquirido conocimientos de manera efectiva al aplicar teorías y reflexionar sobre sus propias experiencias, lo que ha enriquecido su aprendizaje de manera significativa.

Además de adquirir habilidades prácticas, los participantes han asimilado conceptos complejos relacionados con la calidad y la mejora de procesos. Esto incluye comprender la filosofía de trabajo detrás de las herramientas de calidad, aplicar análisis crítico y desarrollar una comprensión profunda de cómo gestionar y mejorar procesos. En resumen, la formación basada en aprendizajes experienciales ha sido una valiosa combinación de teoría y práctica, enriqueciendo su conocimiento en el campo de la calidad.

La actividad se llevó a cabo utilizando un pequeño robot educativo denominado mBOT. Estos robots, desarrollados por la empresa MakeBlock y basados en la plataforma Arduino, se presentan desmontados junto con instrucciones de ensamblaje. Además, su programación se realiza mediante un sistema de bloques Scratch, lo que facilita su uso incluso para aquellos sin experiencia previa en programación.

Este artículo está estructurado de la siguiente manera: en la sección 2 describimos los métodos de aprendizaje; en la sección 3 mostramos los resultados obtenidos a partir de la experiencia y en la sección 4 presentamos las conclusiones alcanzadas en este artículo.

METODOLOGÍA

Desde una perspectiva científica, la elección del mBOT como herramienta para la actividad es relevante por varias razones:

Motivación y Aprendizaje Activo: La naturaleza práctica del ensamblaje y la programación del mBOT mantiene a los estudiantes motivados. La motivación es crucial para el aprendizaje efectivo, ya que influye en la retención de conocimientos y la participación activa.

Experiencia Táctil y Visual: El proceso de ensamblaje proporciona una experiencia táctil y visual, lo que facilita la comprensión de conceptos abstractos. Los estudiantes pueden ver cómo las partes mecánicas se conectan y cómo se traducen en movimiento y funcionalidad.

Aplicación de Conceptos de Calidad: Durante la actividad, los estudiantes aplican conceptos de calidad, como la precisión en el ensamblaje y la programación correcta del robot. Esto va más allá de simplemente enseñar

herramientas de calidad; implica comprender cómo la calidad afecta el rendimiento del producto y cómo se relaciona con la filosofía de trabajo.

Pensamiento Crítico y Resolución de Problemas: Al enfrentarse a desafíos durante el ensamblaje y la programación, los estudiantes deben aplicar el pensamiento crítico y resolver problemas. Esto refuerza habilidades esenciales para su desarrollo profesional.

El uso del mBOT como herramienta de aprendizaje experiencial combina aspectos prácticos, cognitivos y motivacionales, enriqueciendo la experiencia de los estudiantes en el campo de la calidad y la ingeniería.

La actividad sigue una estructura específica, comenzando con la definición de objetivos y la planificación. Esta planificación incluye varias fases, desde la introducción hasta el análisis posterior a la actividad. La recopilación y análisis de resultados son pasos fundamentales, y las encuestas son esenciales para comprender las percepciones de los estudiantes.

Además, el entorno organizativo en el que se desenvuelven los estudiantes también requiere formación. Las competencias transversales son cruciales para este propósito. Se han seleccionado seis competencias para desarrollar durante la actividad, y estas se consideran en la planificación. La Tabla 1 detalla estas competencias

Tabla 1. Objetivos de la actividad.

Competencias Específicas	Competencias Transversales
Identificar las etapas de los procesos y generar diagramas de flujo.	**Aplicación y pensamiento práctico.**
Identificar qué medir y en qué etapa. Especificar el método de medición.	**Trabajo en equipo y liderazgo.**
Determinar el método de representación de las medidas.	**Pensamiento crítico.**
Recopilar información de los grupos.	**Instrumentos específicos.**
Analizar la información sobre tiempos y problemas durante el ensamblaje.	**Comunicación efectiva.**
Establecer un plan de control.	**Mejora de la eficiencia personal.**
Presentar informes.	

La introducción desempeña un papel fundamental en el desarrollo de la actividad. Es el momento en el que la motivación suele ser máxima y se establecen las reglas del juego de la actividad. La introducción no debe ser más larga de 15 minutos y debe dejar claro cuáles son los objetivos de la actividad, cómo se organizan los grupos y qué actividad debe llevar a cabo cada miembro del grupo. Es importante recordar la necesidad de debate y encuestas, así como las medidas de prevención existentes. Para aumentar la motivación, los estudiantes deben entrar al aula con el material ya dispuesto en su lugar de trabajo. La Figura 1 muestra la disposición inicial del mBOT y las herramientas de montaje. El resto del material necesario se suministra a medida que avanza la actividad. Para el correcto desarrollo de la actividad, cada uno de los grupos debe enfrentarse a algún otro problema de ensamblaje. Por esta razón, el profesor debe eliminar cualquiera de los elementos necesarios para el montaje, ya sea material como tornillos o alguna herramienta. Esta falta de material debe ser evidente, para que los estudiantes, cuando se encuentren en esta situación, no divaguen. Un ejemplo sería quitar la bolsa de tornillos M4x22mm o no dejar suficientes tornillos.



Figura 1. Disposición inicial de los mBOT, antes del montaje.

La primera sesión dura aproximadamente 90 minutos. Durante esta primera sesión, los estudiantes ensamblarán la unidad mBOT siguiendo el manual de instrucciones. Antes del ensamblaje físico, los estudiantes estudian el manual de instrucciones y desarrollan un diagrama de flujo de ensamblaje. Con este diagrama, comienzan desde una plantilla de plan de control y se les anima a construir el plan de control de ensamblaje. Esta tarea suele llevar unos 45 minutos. Termina con una estandarización de los diagramas de flujo para que todos los estudiantes tengan el mismo y puedan llevar a cabo las mediciones según lo planeado.

Una vez finalizada la fase preliminar, se lleva a cabo el ensamblaje. Para ello, es necesario controlar el tiempo de ejecución, por lo que los estudiantes utilizan el cronómetro para medir el tiempo necesario para completar el ensamblaje. Este ensamblaje no debe exceder los 15 minutos. Si el profesor ha preparado el material como se indica en la introducción, los estudiantes se encontrarán con dificultades que el profesor resolverá rápidamente.

Las mediciones de tiempo se utilizarán en la próxima sesión, más orientada a la estadística. La Figura 2 muestra la plantilla disponible para que los estudiantes realicen las mediciones.

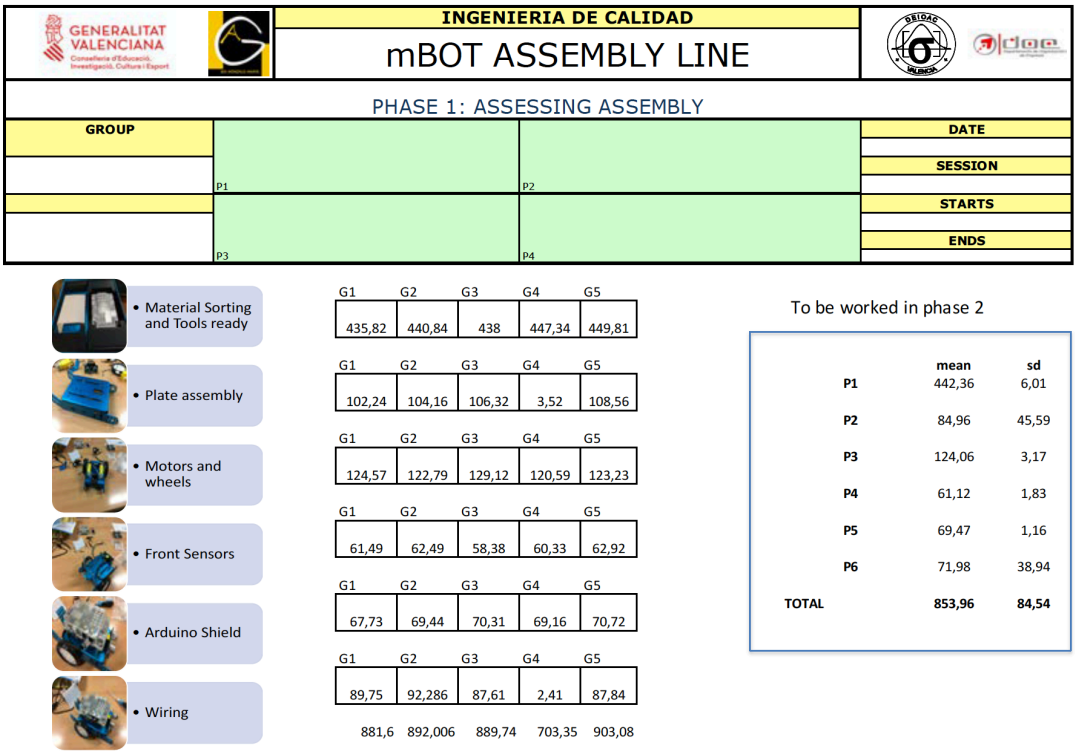


Figura 2. Plantilla de trabajo para rellenar con los tiempos medidos.

RESULTADOS

Como regla general, siempre hemos utilizado cuestionarios con una escala de Likert de 1 a 5 puntos. Sin embargo, en esta ocasión, hemos decidido utilizar un cuestionario validado para evaluar la actividad. Específicamente, hemos utilizado el cuestionario de Actividad de Aprendizaje Experiencial basado en la Escala de Etapas de Aprendizaje Experiencial (ELSS) creado por Young et al. [4]. Este cuestionario se ha adaptado para que las preguntas coincidan con la actividad 1. La actividad se ha llevado a cabo en varios cursos, y como se puede ver en la Tabla 2, se han obtenido un total de 59 respuestas. El estudio demográfico muestra que más del 50% de los estudiantes que respondieron son mujeres.

Tabla 2. Resultados de la encuesta.

Muestra	Media	Desv.	α
Etapas de aprendizaje experiencial	13.83	1.09	0.87
Aproximación a aprendizaje profundo	22.23	1.67	0.86
Aproximación a aprendizaje superficial	21.59	1.63	0.87
Escala de aprendizaje percibido	26.87	1.39	0.88

En resumen, las actividades de aprendizaje experiencial ofrecen una innovación en la metodología de enseñanza-aprendizaje. Estas actividades acercan al estudiante a una

situación real y permiten que el aprendizaje sea más duradero. En este artículo hemos presentado una actividad para aprender herramientas estadísticas a través del uso de mBOTs, creando una línea de ensamblaje. Se explican los objetivos y cómo reproducir la actividad. Además, se introduce una encuesta a los estudiantes para evaluar la actividad. Los resultados muestran que los estudiantes están extremadamente satisfechos con la realización de la actividad y que se produce un aprendizaje a largo plazo.

CONCLUSIONES

Las actividades de aprendizaje experiencial ofrecen una innovación en la metodología de enseñanza-aprendizaje. Estas actividades acercan al estudiante a una situación real y permiten que el aprendizaje sea más duradero. En este artículo, hemos presentado una actividad para aprender herramientas estadísticas mediante el uso de mBOTs, creando una línea de ensamblaje. Se explican los objetivos y cómo reproducir la actividad. Además, se introduce una encuesta para evaluar la actividad. Los resultados muestran que los estudiantes están extremadamente satisfechos con la realización de la actividad y que se produce un aprendizaje a largo plazo.

REFERENCIAS

[1] Halpern DF, Hakel MD. Learning That Lasts a Lifetime: Teaching for Long-Term Retention and Transfer. New Dir Teach Learn 2002;2002:3–7. doi:10.1002/tl.42.

[2] Diane E. Halpern. Teaching Critical Thinking for Transfer Across Domains. Am Psychol.

[3] Eckhaus E, Klein G, Kantor J. Experiential Learning in Management Education. Business, Manag. Educ 2017;15:42–56. doi:10.3846/bme.2017.345.1997;53:449–55.

[4] Pedregal DJ, Young PC. Development of improved adaptive approaches to electricity demandforecasting. J Oper Res Soc 2008;59:1066–76. doi:10.1057/palgrave.jors.2602447

TEXPLAST - Investigación del proceso de valorización de residuos textiles en la industria del plástico

Burgada Vilaplana, Francisco[(1)]

(1) Asociación de Investigación de la Industria Textil – AITEX, Carretera de Banyeres 10, 03802 Alcoy (Alicante). Grupo de Investigación en Sostenibilidad y Tecnología de Materiales. fburgada@aitex.es

RESUMEN

En la actualidad, la industria del plástico está sometida a una creciente presión para adoptar prácticas más sostenibles y reducir su huella ambiental. Por otro lado, la enorme cantidad de residuos textiles generados anualmente a nivel mundial representa no solo un problema ambiental, sino también una oportunidad para aprovechar recursos y reducir la dependencia de materias primas vírgenes en la producción de plásticos. En este contexto, el proyecto TEXPLAST pretende llevar a cabo una revalorización de residuos textiles como una estrategia clave para abordar los desafíos de la gestión de residuos y promover la economía circular.

En el presente trabajo se ha llevado a cabo la incorporación de residuos textiles en una matriz polimérica de rPET en formato escama procedente de botellas de bebidas. Los residuos textiles proceden de prendas posconsumo seleccionadas, concretamente prendas blancas de poliéster, prendas laborales de poliéster oscuras, y prendas laborales de composición cercana al 65% poliéster y 35% algodón.

Palabras clave: poliéster, reciclado, mecánico, inyección, economía circular

INTRODUCCIÓN

El poliéster es un polímero que se utiliza para la fabricación de gran variedad de productos de consumo, tan diversos como botellas para bebidas, envases para alimentos, o prendas de moda. En la actualidad, el reciclado de este material se lleva a cabo mayoritariamente por la vía del reciclaje mecánico, puesto que las opciones de reciclado químico se encuentran poco industrializadas de momento. Concretamente, el poliéster procedente de envases de bebidas y alimentos se destina a la fabricación de fibras textiles tras someterse a procesos de triturado y limpieza. Algunas fracciones se destinan a la fabricación de nuevos envases alimentarios, para lo cual es necesario llevar a cabo procesos adicionales de eliminación de contaminantes, purificación, y recristalización [1]. Por otra parte, el poliéster procedente de productos textiles cuenta con opciones de reciclado aún más limitadas, y por este motivo la mayoría de las prendas que no se reutilizan, terminan en vertederos. En las últimas décadas el consumo de prendas textiles en todo el planeta ha sufrido un aumento desorbitado. La evolución de la cantidad de fibra textil producida a nivel mundial llegó a triplicarse entre los años 1975 y 2015, y siguió subiendo hasta 2020. Pero sin duda el dato más preocupante es la previsión de alcanzar los 147 millones de toneladas de fibra textil producida en 2030 [2].

Por otra parte, la industria tiende a usar materiales plásticos reciclados o de base biológica, en un intento por minimizar la dependencia de materiales de origen fósil e impulsar la economía circular. No obstante, en el año 2022 se produjeron en Europa

58,7 millones de toneladas de plástico, de las cuales únicamente el 12,9% proviene del reciclado mecánico posconsumo, el 5,6% del reciclado mecánico postindustrial, y sólo el 0,2% del reciclado químico, mientras que la obtención de plásticos biobasados es del 1,0%. En otras palabras, el uso de plásticos de origen fósil fue de un 80,3% en Europa [3]. Paralelamente, en los últimos años se han llevado a cabo muchos intentos de reducir las emisiones causadas por el descarte de prendas textiles mediante diversas técnicas, como son la captura de carbono [4], la extracción de nanocelulosas a partir de tejidos compuestos de algodón-poliéster [5], o la utilización de fibras textiles en la elaboración de materiales compuestos [6, 7].

OBJETIVOS

El objetivo principal del proyecto TEXPLAST es desarrollar un modelo de economía circular para materiales textiles de difícil valorización que no tienen cabida en la propia industria textil. Para este fin, es necesario analizar el potencial de utilización de residuos textiles en formato de fibra corta como refuerzo de matrices termoplásticas en procesos de moldeo por inyección. En este sentido, el principal reto a abordar pasa por la introducción del residuo textil en un porcentaje significativo en la matriz termoplástica, a ser posible, evitando la etapa intermedia de *compounding* para minimizar los costes de obtención del producto final.

Los objetivos técnicos específicos asociados a este proyecto son:

- Investigar el proceso de compactación-aglomeración de diferentes residuos textiles con el fin de adecuar el material a los requisitos de aplicabilidad en el proceso de moldeo por inyección.
- Investigar el proceso de moldeo por inyección combinando residuo textil peletizado y polímero termoplástico en la propia etapa de moldeo por inyección, evitando hacer uso del proceso intermedio de *compounding*.
- Analizar la influencia de la tipología de residuo textil en las propiedades físico-mecánicas de las piezas fabricadas.
- Validación técnica y económica del proceso de valorización propuesto en este proyecto. Análisis de la escalabilidad de las soluciones propuestas.
- Investigar el potencial de aplicación del residuo textil peletizado en el proceso de fabricación aditiva en impresora 3D de granza.

Los materiales objeto de estudio para llegar a vías de valorización escalables se han seleccionado en base a su baja factibilidad de ser reciclados en la actualidad, en combinación con las grandes cantidades generadas por las empresas de la Comunidad Valenciana. Particularmente el estudio está enfocado, aunque no limitado, a los siguientes:

- Residuos textiles de poliéster procedentes de prendas posconsumo.
- Prendas posconsumo procedentes de uniformes laborales, cuya composición es cercana al 65% poliéster y 35% algodón.
- Textiles de poliéster procedentes de residuos de la industria automotriz.

METODOLOGÍA

Pruebas de triturado de residuos

Los residuos textiles se han sometido a un proceso de reciclado mecánico, que consiste básicamente en reducir su tamaño a partículas de tamaño adecuado para ser incorporadas en las siguientes etapas. Concretamente, la línea experimental de reciclado mecánico de AITEX, mostrada en la Figura 1, cuenta con un desgarrador de cuatro ejes para llevar a cabo una primera reducción hasta un tamaño de entre 30 y 40mm. Seguidamente se lleva a cabo la separación de partículas metálicas, puesto que las prendas pueden contener elementos tales como cremalleras, botones y fornituras. Dicha separación se realiza mediante separadores magnéticos para los metales ferrosos, y un separador por corrientes de Foucault para los no ferrosos. La corriente de porciones de textil sin metales llega finalmente a un molino de afino en el cual se obtienen las partículas al tamaño definitivo. Las etapas de proceso descritas se muestran en la Figura 2.

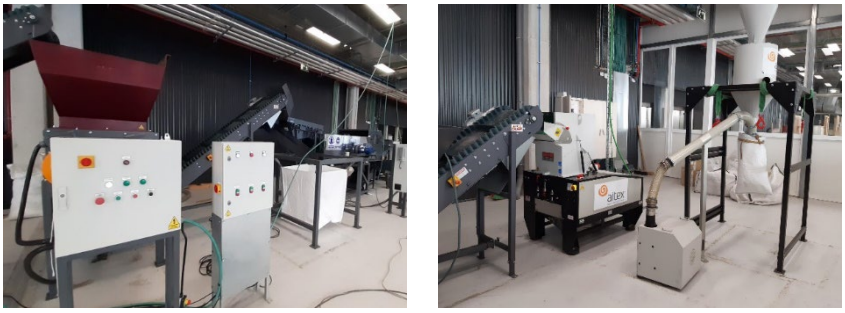


Figura 1. Vistas de detalle de la línea de reciclado mecánico de AITEX.



Figura 2. Etapas del proceso de triturado de residuos textiles.

Pruebas de peletizado por compactación

Se están llevando a cabo pruebas de peletizado por compactación, tal como se muestra en la Figura 3, cuyos resultados son muy dispares dependiendo de la morfología y composición del residuo textil de partida. Actualmente se está trabajando para conseguir mayor estabilidad en el proceso. Se espera que el peletizado mediante compactación pueda llegar a ser una opción viable para llevar a cabo el escalado de las formulaciones desarrolladas.

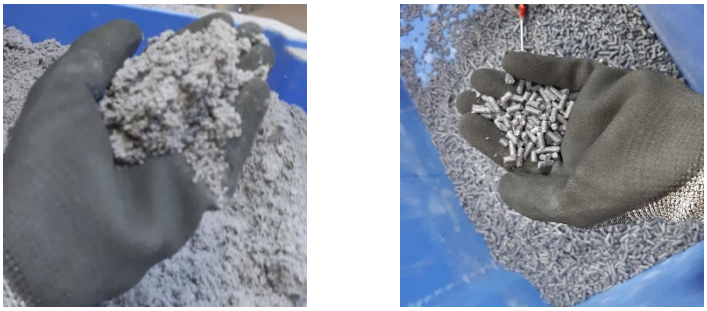


Figura 3. Pruebas preliminares de peletizado por compactación.

Pruebas de inyección de plástico

Los materiales reciclados se someten a pruebas de inyección de plástico. La Figura 4 muestra la máquina de inyección de AITEX, el molde de probetas normalizadas, y un ejemplo de probeta inyectada. En estas pruebas se persigue alcanzar, en primer lugar, unas condiciones de proceso estables y que permitan lleva a cabo la inyección de las nuevas materias primas de manera controlada y repetitiva. Posteriormente, las muestras obtenidas se utilizan para llevar a cabo la caracterización físico-mecánica de los materiales desarrollados.

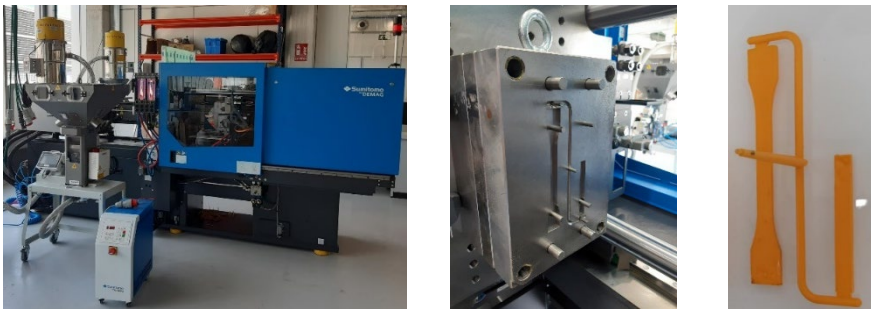


Figura 4. Pruebas preliminares de moldeo por inyección.

Pruebas de impresión 3D

De manera paralela se han llevado a cabo pruebas de aproximación a la tecnología de impresión 3D en impresora de granza a partir de materiales reciclados, tal como se puede apreciar en la Figura 5. No obstante, no se han alcanzado resultados satisfactorios hasta la fecha. Sin embargo, esta potencial vía de valorización continúa abierta y se realizarán nuevas pruebas durante el periodo de ejecución del proyecto.



Figura 5. Muestras de impresión 3D obtenidas a partir de granzas recicladas.

RESULTADOS

Las probetas de materiales reciclados obtenidas mediante moldeo por inyección a partir de textiles posconsumo se han sometido a ensayos de tracción, flexión e impacto. La Figura 6 muestra los resultados más significativos obtenidos hasta el momento:

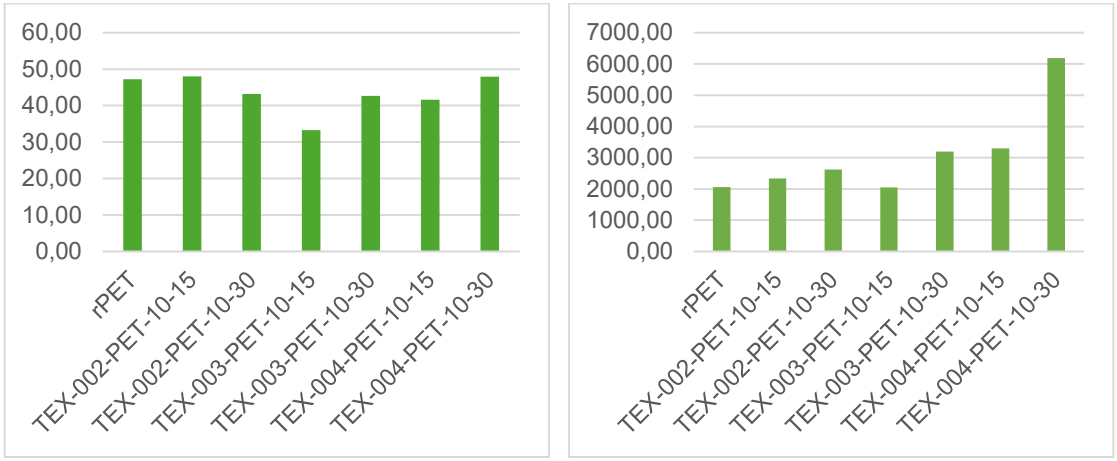


Figura 6. Tensión máxima a flexión (Mpa) (izquierda) y módulo a flexión (Mpa) (derecha).

La tensión máxima a flexión se mantiene en valores muy similares a las de la matriz polimérica sin cargas, aunque algunas formulaciones presentan alguna pequeña pérdida. No obstante, el módulo a flexión aumenta significativamente, especialmente en la fórmula TEX-004-PET-10-30, que incorpora un 30% de residuo de prendas de poliéster-algodón.

Este aumento de la rigidez del compuesto tiene como consecuencia una reducción de la resistencia a impacto, tan como revelan los resultados del ensayo de resiliencia mostrados en la Figura 7. En este ensayo, la formulación con mayor porcentaje de algodón es la que mayor pérdida presenta.

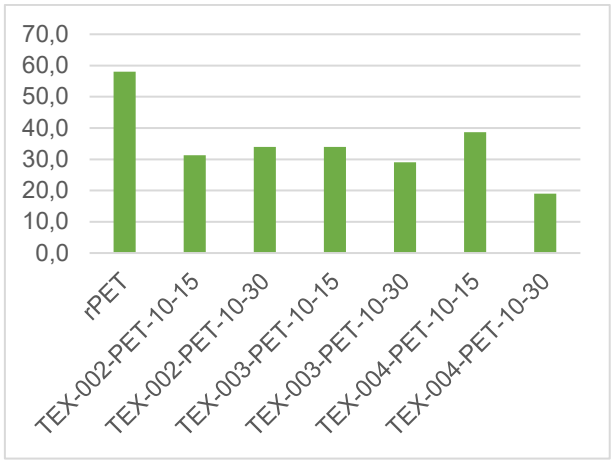


Figura 7. Resilencia s/entalla (kJ/m^2).

Este efecto podría estar relacionado con la potencial fusión de la parte sintética de los tejidos, es decir, se intuye que las fibras de poliéster se han podido fundir, mezclándose con el poliéster de la matriz termoplástica. En este caso, el poliéster del tejido habría pasado a formar parte de la matriz termoplástica, mientras que el algodón sería la única fibra que queda como refuerzo. Estas partículas de algodón son las que aparecen como

incrustaciones en la matriz termoplástica en las imágenes de microscopía SEM que aparecen en la Figura 8.

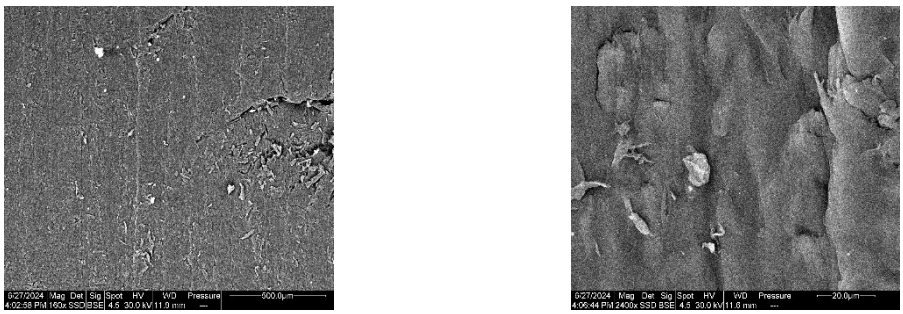


Figura 8. Imágenes de microscopía SEM a 160x y a 2400x en las cuales se aprecian las cargas de algodón integradas en la matriz de PET.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos hasta la fecha en la ejecución del proyecto TEXPLAST abren nuevos caminos en el ámbito del reciclado de materias textiles fuera del propio sector. Se ha demostrado que es posible transformar determinados residuos textiles de poliéster en nuevas materias primas para inyección de plásticos, utilizando medios puramente mecánicos, y llevando a cabo la fusión de la matriz polimérica directamente en la etapa de inyección. Estos resultados suponen la generación de nuevas oportunidades para valorizar la gran cantidad de residuos textiles que año tras año tienen como destino el vertedero, a través de nuevas sinergias con sectores afines, como la industria de la inyección de plástico.

REFERENCIAS

[1] Bosch, P. (2024). “Textiles de poliéster: impacto ambiental, reciclado y economía circular”. *Revista Plásticos Modernos,* 2024, 127 (796). ISSN: 0034-878. http://www.revistaplasticosmodernos.es/notabibliografica/5899

[2] Textile Exchange (2023). *“Materials Market Report, December 2023”*: https://textileexchange.org/app/uploads/2023/11/Materials-Market-Report-2023.pdf

[3] Plastics Europe (2023). *“Plastics – the fast Facts 2023”*: https://plasticseurope.org/knowledge-hub/plastics-the-fast-facts-2023/

[4] Algozeeb, W. A., Savas, P. E., Yuan, Z., Wang, Z., Kittrell, C., Hall, J. N., Chen, W., Bollini, P., Tour, J. M. (2022). “Plastic waste product captures carbon dioxide in nanometer pores”. *ACS Nano 2022, 16, 5*, 7284–7290. https://doi.org/10.1021/acsnano.2c00955

[5] Srichola, Preeyanuch, Kuntawit Witthayolankowit, Prakit Sukyai, Chaiyaporn Sampoompuang, Keowpatch Lobyam, Prapakorn Kampakun, and Raveewan Toomtong. 2023. "Recycling of Nanocellulose from Polyester–Cotton Textile Waste for Modification of Film Composites" *Polymers* 15, no. 15: 3324. https://doi.org/10.3390/polym15153324

[6] Patti, Antonella, Gianluca Cicala, and Domenico Acierno. 2021. "Eco-Sustainability of the Textile Production: Waste Recovery and Current Recycling in the Composites World" *Polymers* 13, no. 1: 134. https://doi.org/10.3390/polym13010134

[7] Rajak, Dipen Kumar, Pratiksha H. Wagh, and Emanoil Linul. 2022. "A Review on Synthetic Fibers for Polymer Matrix Composites: Performance, Failure Modes and Applications" *Materials* 15, no. 14: 4790. https://doi.org/10.3390/ma15144790

APRONATEX2 – Aplicación de Jugo de Caqui como Colorante Natural sobre Sustratos de Algodón

Sirvent Segura, Elia Ana[(1)], Herráez Aparicio, Víctor[(1)], Blanes Company, María[(1)], Bou Belda, Eva[(2)]

(1) G.I. en Eco-procesos, Cosmética y Salud. Área I+D, AITEX – Asociación de Investigación de la Industria Textil, Carretera Banyeres, 10, 03802 Alcoi, Alacant, España. Contacto: victor.herraez@aitex.es

(2) Departamento de Ingeniería Textil y Papelera – Universitat Politècnica de Valencia, Campus de Alcoi. Contacto: evbobel@upvnet.upv.es

RESUMEN

La industria textil se encuentra hoy en día en el punto de mira debido a su alto impacto medioambiental. Grandes cantidades de residuos textiles acaban en vertedero, y su fabricación (especialmente los procesos en húmedo), ligada a la creciente demanda provocada por el fast fashion, requiere de un gran consumo de agua y productos químicos que generan un gran impacto sobre el ecosistema. La búsqueda de alternativas más sostenibles y la implementación de prácticas respetuosas con el medio ambiente en la industria textil son necesarias para mitigar estos impactos y construir una industria más sostenible.

Es necesario explorar alternativas naturales para la coloración textil, actualmente dominada por el uso de productos sintéticos de origen petroquímico. Este proyecto explora la tintura de fibras naturales con zumo de caqui, cuya práctica se realizaba artesanalmente antes de industrialización del sector textil. Aplicando este colorante por técnicas de agotamiento, se consigue aportar color a tejidos de algodón.

Palabras clave: colorantes naturales, caqui, procesos de tintura.

INTRODUCCIÓN

La búsqueda de colorantes más sostenibles para la industria textil ha ganado interés en los últimos años motivado por nuevas legislaciones, objetivos de desarrollo sostenible y un cambio de los usuarios hacia un consumo más responsable. Esto ha rescatado la investigación en colorantes naturales como alternativa a los sintéticos. Sin embargo, hay una brecha significativa en el conocimiento sobre colorantes naturales en comparación con los sintéticos, que dominan la industria debido a su mejor rendimiento, solidez y precio [1]. Los colorantes naturales, derivados principalmente de plantas y animales, han despertado interés, incluyendo nuevas fuentes como bacterias, hongos, algas y minerales, que son más económicos que los derivados de plantas [2].

En este contexto, este trabajo propone un nuevo colorante obtenido a partir de la fermentación del jugo de caqui, que históricamente ha servido como impermeabilizante de diversos materiales (madera, tejidos de algodón y papel) y es conocido por su capacidad antibacteriana [3]. Estas propiedades funcionales que ofrece este colorante pueden ofrecer un valor añadido a los artículos. Además, las moléculas coloreadas del jugo de caqui presentan una alta afinidad por las fibras naturales, lo que evita el uso de mordientes en el proceso de tintura, eliminando el uso de sales de metales pesados y haciendo más respetuoso el proceso [4].

OBJETIVOS

Los objetivos que se plantean en este trabajo son validar la aplicabilidad del colorante obtenido del zumo de caqui sobre fibras textiles de algodón, ofreciendo un nuevo colorante natural para su aplicación industrial. Para validad si este colorante es apto para esta aplicación, se llevarán a cabo diferentes fórmulas de tintura, realizadas por agotamiento.

RESULTADOS

Se han realizado tinturas sobre tejido plano de algodón, empleando una concentración del 10% s.p.f de colorante y diferentes concentraciones de ácido acético y carbonato de sodio, empleados como modificadores de pH.

La tintura se ha realizado llevando el baño a 90 ºC a una velocidad de calentamiento de 2 ºC/min y manteniendo durante 60 minutos. Después de enfriar, el tejido se lava y se seca [5].

A partir de los prototipos obtenidos, se ha medido las coordenadas de color en el espacio CIELab y la intensidad de color (K/S) en espectrofotómetro de reflexión. Los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 1. Prototipos obtenidos según el pH del baño alcanzado con los modificadores y medidas de las coordenadas de color en el espacio CIELab.

Modificador	Concentración	pH	L*	a*	b*	Muestra
Tejido CO	-	-	90,99	-0,39	2,95	
Ácido acético	1 g/L	2,87	76,25	7,95	12,18	
	5 g/L	3,02	75,74	8,51	12,78	
	10 g/L	3,27	75,54	8,76	12,55	
	20 g/L	30,56	74,01	8,98	12,22	
	30 g/L	4,22	72,73	9,54	10,82	

Sin mod.	-	6,23	73,53	9,83	10,33	
Carbonato de sodio	1 g/L	8,73	79,14	6,69	7,91	
	5 g/L	10,03	76,2	3,33	6,99	
	10 g/L	10,24	74,48	3,05	7,78	
	20 g/L	10,41	70,39	3,24	9,15	
	30 g/L	10,47	69,37	3,42	9,93	

Se observa un cambio de tonalidad al realizar tintura en pH ácido respecto a la tintura a pH básico. En pH ácido, se obtiene un color anaranjado, mientras que, a pH básico, se obtiene un color marrón.

A continuación, se muestra la representación de la intensidad de color, calculada como K/S, frente al valor de pH alcanzado por el baño:

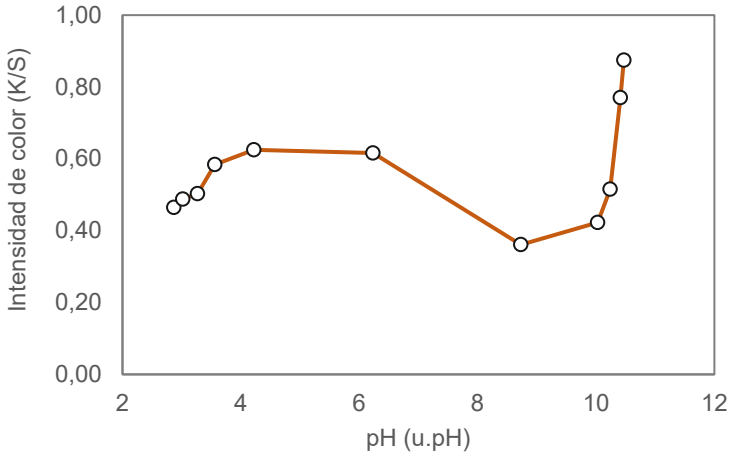


Figura 1. Intensidad de color (K/S) frente al valor de pH.

Se observa que la intensidad de color conseguida depende del pH, existiendo un máximo relativo a pH ácido (pH=4.2), y un mínimo relativo a pH 8.8, momento a partir del cual este valor aumenta considerablemente con aumentos pequeños de pH.

Se ha calculado también la diferencia de color de cada muestra respecto al tejido sin tintar. Los resultados se representan a continuación frente al valor de pH alcanzado:

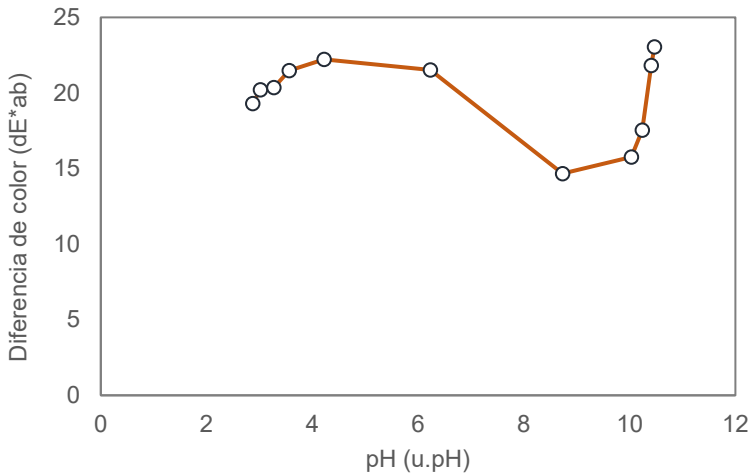


Figura 2. Diferencia de color (dE*ab) frente al valor de pH.

Al igual que ocurre con la intensidad de color, la diferencia de color respecto al tejido sin tintar presenta un máximo relativo a pH ácido (pH=4.2) y un mínimo relativo a pH 8.7, donde aumenta rápidamente con aumentos pequeños de pH.

Con el objetivo de caracterizar el tipo de enlace que se produce entre el colorante obtenido de jugo de caqui y la fibra de algodón, se ha llevado a cabo un análisis FTIR del extracto en polvo, así como de la muestra a la que no se le ha añadido ninguna modificación.

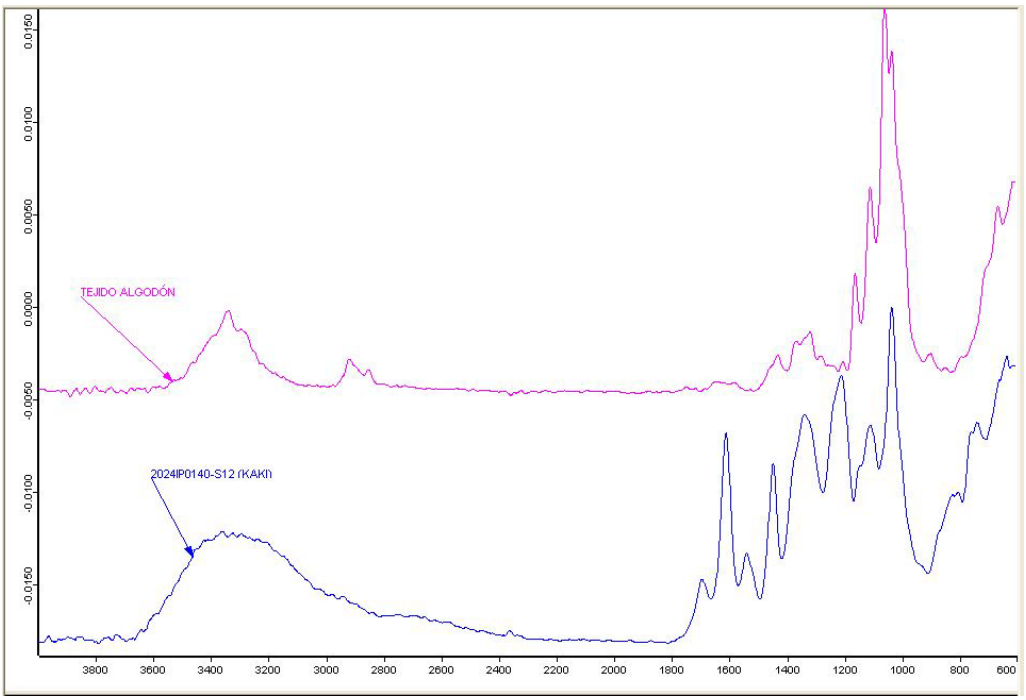


Figura 3. Espectros infrarrojos del extracto de caqui (azul) y tejido de algodón (rosa).

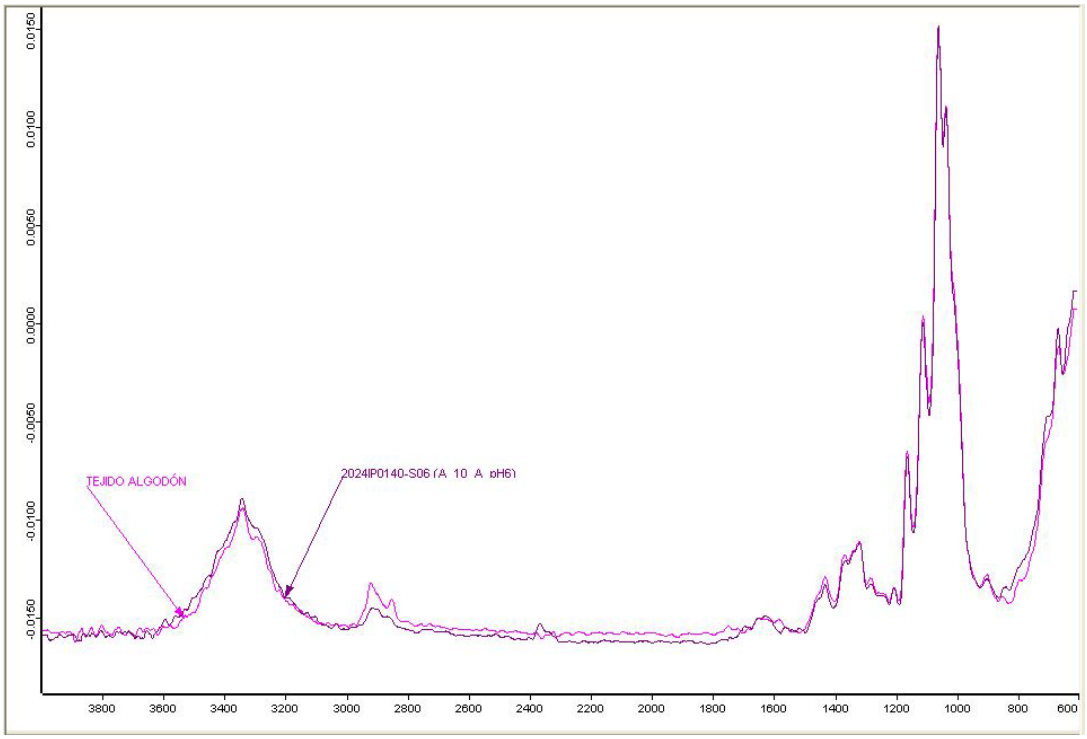


Figura 4. Espectros infrarrojos del tejido tintado sin modificación (morado) y tejido de algodón (rosa).

En la figura 3 podemos observar que en el extracto de caqui existe una banda de absorción muy ancha alrededor de 3600 a 300 cm-1, lo que indica la presencia de enlaces C-H, compuestos aromáticos y grupos OH, propios de compuestos tipo taninos. Dentro de la zona de la huella dactilar, se observan diferentes picos, correspondientes a dobles enlace C-C, grupos aromáticos y grupos hidroxilo [6].

En cuanto a la figura 4, pueden apreciarse algunos cambios en el tejido tintado respecto al tejido original. En primer lugar, se produce una reducción en la banda de alrededor de 2900 cm^{-1}, lo que indica una reducción de los enlaces C-H. Destaca también la aparición de una banda a una frecuencia superior a 1600 cm^{-1}, que indica la presencia de compuestos aromáticos.

En general, no se observan grandes modificaciones del espectro infrarrojo del tejido tintado, más allá de lo comentado. Esto parece indicar que la unión entre las fibras de algodón y el colorante obtenido del zumo de caqui no es química, sino que se debe a interacciones del tipo eléctricas.

CONCLUSIONES

La tintura con zumo de caqui por agotamiento permite la tintura de fibras de algodón sin necesidad de mordiente, a diferencia de otros colorantes naturales. Esto presenta una enorme ventaja de cara a su aplicación industrial, ya que acorta los tiempos de producción y evita el uso de metales pesados como el aluminio o el hierro, comúnmente utilizados en la tintura con colorantes naturales.

Además, cabe destacar que este colorante presenta un efecto halocrómico, es decir, el color alcanzado por el tejido se ve influenciado por el pH del baño de tintura.

REFERENCIAS

[1] Bechtold, T., Turcanu, A., Ganglberger, E., & Geissler, S. (2003). Natural dyes in modern textile dyehouses—how to combine experiences of two centuries to meet the demands of the future? Journal of Cleaner Production, 11 (5), 499-509.

[2] Saxena, S., & Raja, A. (2014). Natural dyes: sources, chemistry, application and sustainability issues. En Roadmap to sustainable textiles and clothing: eco-friendly raw materials, technologies, and processing methods (pp. 37-80). Springer.

[3] Park, S. J. (1995). An experimental study on physical and chemical properties of the fabrics dyed with persimmon juice. Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles, 19 (6), 955-967.

[4] Li, Y. V., Malensek, N., Sarkar, A. K., & Xiang, C. (2016). Colorfastness properties of persimmon dye on cotton and wool fabrics. Clothing and Textiles Research Journal, 34 (3), 223-234.

[5] Shabbir, M., Rather, L. J., Bukhari, M. N., Ul-Islam, S., Shahid, M., Khan, M. A., & Mohammad, F. (2019). Light fastness and shade variability of tannin colorant dyed wool with the effect of mordanting methods. Journal of Natural Fibers, 16 (1), 100-113.

[6] Ricci, A., Olejar, K. J., Parpinello, G. P., Kilmartin, P. A., & Versari, A. (2015). Application of Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy in the characterization of tannins. *Applied Spectroscopy Reviews*, *50*(5), 407-442.

LIFE ANHIDRA – Valoración del Residuo Fibroso por Transformación en un Pigmento

Herráez, Víctor[(1)], Calvo, Óscar[(1)], Albert, Vicente[(2)] Puchol, Victoria[(2)], Pizarro, Manuel[(3)]

(1) (G.I. en Eco-procesos, Cosmética y Salud. Área I+D, AITEX – Research & Innovation Center, Carretera Banyeres, 10, 03802 Alcoi, Alacant, España, victor.herraez@aitex.es)

(2) (Departamento I+D, Jeanologia S.L. Ronda G. Marconi, 12, 46980 Paterna, Valencia, España, vpuchol@jeanologia.com)

(3) (Departamento de I+D, Pizarro S.A., Rua das Agras, Aprt. 444, 4805-023 Guimarães, Portugal, geral@pizarro.pt)

RESUMEN

La escasez de agua es uno de los efectos negativos más serios del cambio climático. Muchas zonas húmedas europeas están en riesgo de no cumplir con el objetivo que marca la Directiva Marco del Agua de alcanzar y mantener un buen estado en la calidad y cantidad del agua disponible. Además, diferentes procesos industriales que utilizan el agua como principal recurso, así como los vertidos de aguas residuales industriales (p.ej. cerámica, acabados textiles, metalurgia, alimentación, papel) presionan continuamente el estado de las masas de agua y el medio ambiente en general.

En la industria textil y los procesos de acabado, combinar varias tecnologías de tratamiento puede proporcionar una solución innovadora y eficaz, para regenerar y reutilizar agua *in-situ* en dichos procesos. LIFE ANHIDRA propone nuevo concepto de reutilización de agua en ciclo cerrado, que se integra perfectamente en el proceso productivo, siendo capaz de reducir el consumo de agua en un 92% y la generación de aguas residuales en un 98%. De este sistema se recogen grandes cantidades de residuos fibrosos, que pueden utilizarse en varios usos aquí descritos, contribuyendo a la Economía Circular.

INTRODUCCIÓN

La industria textil es una gran consumidora de agua, sobre todo en los procesos en húmedo. Sólo en la Unión Europea, se utilizan aproximadamente 93.000 millones de metros cúbicos anuales, lo que representa el 4% del consumo mundial de agua y podría cubrir las necesidades de cinco millones de personas [1]. Cualquier esfuerzo de esta industria dirigido al ahorro, recuperación, tratamiento y reutilización del agua es de gran importancia, considerando los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la ONU y políticas de la UE como el Green Deal o la Estrategia sobre Productos Textiles Sostenibles y Circulares [2].

En los procesos textiles y de acabado, la combinación de varias tecnologías de tratamiento puede ofrecer una solución innovadora y eficaz para regenerar y reutilizar el agua in situ. Este nuevo enfoque de reutilización de agua en un ciclo cerrado se integra perfectamente en el proceso productivo, logrando reducir el consumo de agua en un

92% y la generación de aguas residuales en un 98%, en comparación con los procesos convencionales de acabado textil. Además, evita la descarga masiva de contaminantes emergentes, microfibras y patógenos. A su vez, los fragmentos fibrosos recuperados del sistema pueden ser reutilizados en diversos usos finales desde la perspectiva de la Economía Circular.

OBJETIVOS

LIFE ANHIDRA incluye la implementación de un demostrador a escala industrial en la empresa de acabado y lavado textil Pizarro S.A., ubicada en Guimarães, Portugal. Este demostrador se basa en un sistema piloto de circuito cerrado que trata el agua, dejándola en condiciones óptimas para su reutilización en procesos de acabado, como el suavizado, y lavado, sin la necesidad de productos químicos adicionales para el tratamiento del agua entrante.

El sistema diseñado y desarrollado por Jeanologia S.L. (Paterna, Valencia, España) integra varios módulos y tecnologías de tratamiento para reducir el consumo de agua y ofrecer la máxima productividad y rendimiento con el mínimo consumo de energía posible en un centro de acabado de prendas.

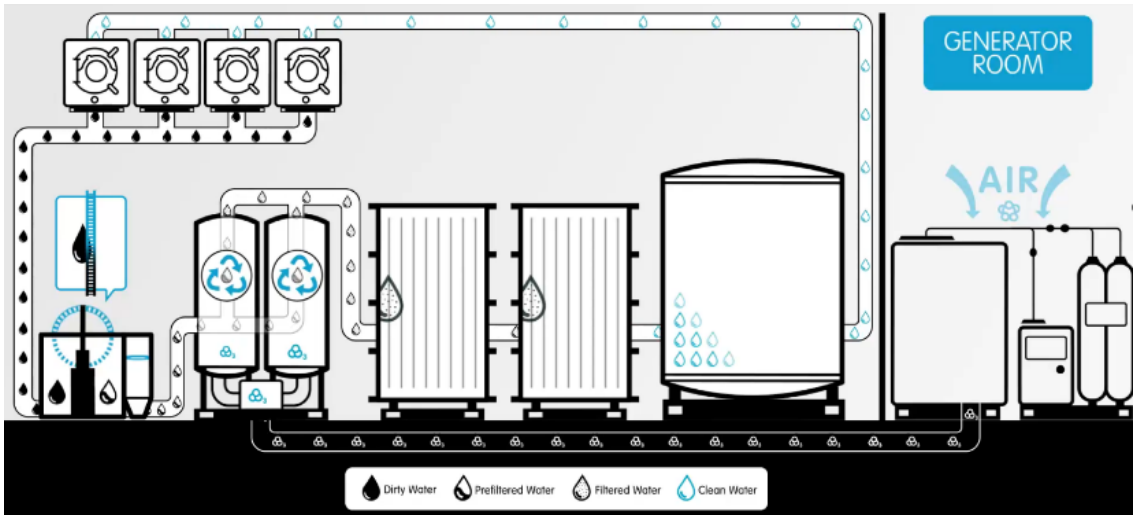


Figura 1. Representación esquemática del sistema de ciclo cerrado para el tratamiento y reutilización del agua.

AITEX (Alcoi, Alacant, España) explora distintas rutas de la valorización de los residuos fibrosos obtenidos del sistema, siguiendo un enfoque fundamental de economía circular. Estos residuos son separados o filtrados por el sistema y caracterizados antes de evaluar su potencial para sus diversas rutas de valorización:

- Realizar paneles aislantes de tipo no tejido.
- Utilizar los residuos como carga o refuerzo para resinas poliméricas termoplásticas o en base acuosa [3].
- Realización de reciclado químico [4].

- Utilizar los residuos triturados para la realización de tinturas pigmentarias [5].
- Producción de metano mediante la digestión anaerobia del residuo realizada por los microorganismos presentes en el inóculo del digestor anaerobio [6].

RESULTADOS

El residuo fibroso obtenido del sistema ANHIDRA se recolecta y se seca en estufa para eliminar la humedad. Este residuo tiene un tamaño de partícula cercano a 400 µm, y se muestra en la siguiente figura:

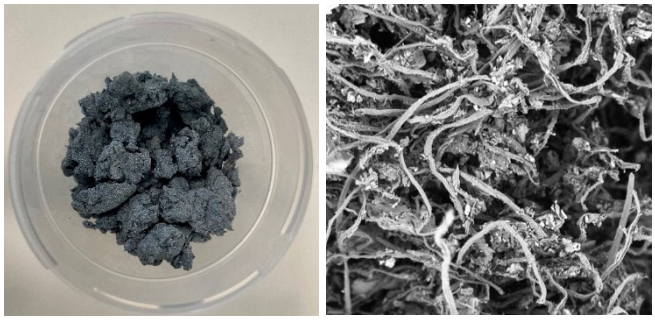


Figura 2. Residuo fibroso obtenido del sistema Anhidra (izquierda) e imagen en microscopio electrónico (derecha).

Reducción del fragmento fibroso a pigmento

Esta re-valorización del residuo fibroso obtenido del sistema ANHIDRA consiste en reducir el tamaño de partícula de las fibras para poder emplearlo en procesos de tintura pigmentaria o estampación.

El residuo presenta un tamaño de partícula de alrededor de 400 µm. Para reducir el tamaño de partícula, hasta tamaños cercanos al de pigmentos, se ha empleado la molienda en húmedo en molino de bolas y posterior secado por spray-dry.



Figura 3. Pasta obtenida de la molienda en húmedo (arriba izquierda); secado en spray-dry (derecha); pigmento obtenido (izquierda abajo).

En la siguiente tabla se muestran los tamaños de partícula conseguidos con estos métodos de molienda.

Tabla 1. Distribución de tamaños de partícula (en volumen) del residuo

Muestra	Dx (10) (µm)	Dx (50) (µm)	Dx (90) (µm)
Residuo ANHIDRA	17,6	66,8	393
Molienda en húmedo	0,97	3,33	7,42

Se observa que la molienda en húmedo es una técnica muy efectiva para reducir el tamaño de partícula del residuo fibroso.

Aplicación del pigmento obtenido

El pigmento obtenido por los métodos de molienda en seco y en húmedo se ha probado para su aplicación en dos procedimientos de ennoblecimiento textil: tintura pigmentaria y recubrimiento.

Las tinturas pigmentarias utilizan compuestos insolubles en agua como materias colorantes, y no presentan afinidad por las fibras de algodón. Por tanto, la tintura por agotamiento requiere de un tratamiento previo del tejido con un agente cationizante. Las tinturas pigmentarias tienen el problema de la mala igualación y baja solidez al frote, por lo que siguen estando acotadas a ciertas aplicaciones muy concretas [7].

En este caso, se ha empleado una receta típica de tintura pigmentaria, que consiste en un proceso de cationizado, tintura y fijado.

La técnica de recubrimiento consiste en fijar el pigmento al tejido mediante una resina. Para ello, es necesario preparar una pasta que consiste en el pigmento a utilizar, una resina, un espesante y agua. Se realizó la aplicación de esta pasta por rasqueta, aunque también sería posible aplicar este tipo de pigmento por técnicas de estampación, obteniendo un efecto diferente.



Figura 4. Aplicación del pigmento obtenido por estampación (izquierda) y por tintura pigmentaria (derecha).

Valorización por digestión anaerobia para la producción de metano

Otra de las rutas empleadas en la re-valorización del residuo fibroso obtenido del sistema ANHIDRA es la digestión anaerobia para la descomposición del residuo al mismo tiempo que se genera metano.

El equipo utilizado para la realización de la digestión anaerobia y la cuantificación de metano es el "Gas Endeavour Automatic Gas Flow Measuring System" de BPC Instruments [8]. Para la realización del ensayo se sigue la norma UNI/TS 11703:2018 [9] sobre métodos de evaluación de la producción de metano con digestión anaerobia. Se utilizaron 650 mL de inóculo y 150 mL del residuo molido, pero en este caso sin ser secado, lo que da una relación inóculo/sustrato de 3. El experimento se llevó a cabo durante 15 días a una temperatura de 37ºC y en intervalos agitación.

Los resultados obtenidos tras la finalización del experimento se muestran en la figura 5.

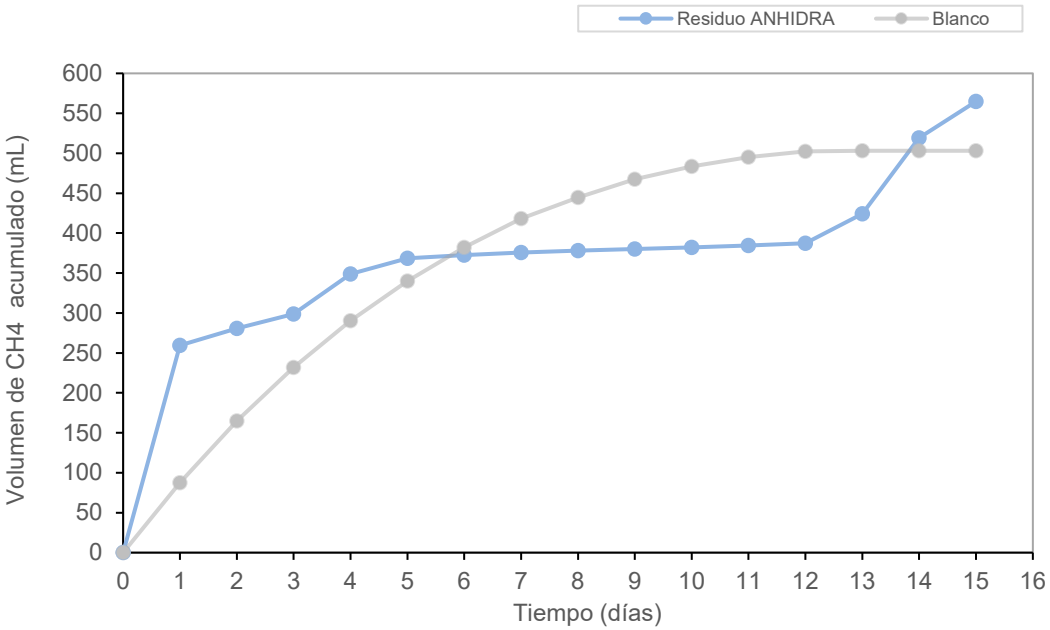


Figura 5. Resultados de la generación de metano del residuo de borra.

Se puede observar que los mL de metano netos generados por el residuo de borra han sido 61,70 mL. También se observa que entre el día 6 y el 13 la generación neta de metano es negativa, ya que el blanco genera más metano que la propia muestra. Según Koch et al. en 2019 [10], esto puede deberse a una relación inadecuada entre sustrato e inoculo.

En vista de los resultados obtenidos se puede decir que, si se puede utilizar este método para la valorización del residuo de borra, debido a la generación de metano que se ha generado.

CONCLUSIONES

El residuo fibroso del lavado de denim, recuperado por el proceso ANHIDRA, puede valorizarse mediante técnicas de estampación o tintura pigmentaria, para lo que es necesario reducir el tamaño de partícula. En este caso se ha empleado el triturado mediante molino de bolas, con lo que se consigue reducir un 98% el tamaño de partícula. También se ha probado a valorizar este residuo produciendo metano, a la vez que se consigue la eliminación de este.

Estos métodos de revalorización del residuo fibroso consiguen aportar circularidad al sistema desarrollado en el proyecto LIFE ANHIDRA. También abre la posibilidad de reciclar residuos textiles por este procedimiento, los cuales suponen un gran reto actualmente en la industria.

REFERENCIAS

[1] Ellen MacArthur Foundation. 2017 A new textiles economy: Redesigning fashion's future (Part I), 38.

[2] Bernstein, M.J., Franssen, T., Smith, R.D.J., de Wilde, M. 2023 The European Commission's Green Deal is an opportunity to rethink harmful practices of research and innovation policy. Ambio 52, 508–517.

[3] Gan, L., Guo, H., Xiao, Z., Jia, Z., Yang, H., Sheng, D., Pan, H., Xu, W., Wang Y. 2019 Dyeing and Characterization of Cellulose Powder Developed from Waste Cotton. Polymers 11 (2019), 1982.

[4] M. Hong, M., Eugene, Y., Chen, X. 2017 Chemically recyclable polymers: a circular economy approach to sustainability. Green Chem. 19(2017), 3692-3706.

[5] Barnes, J. 2024 Coloration and Dyeing Trends. AATCC Review, 24(2).

[6] Li, Y., Chen, Y., Wu, Jiang 2019 Enhancement of methane production in anaerobic digestion process. Applied Energy 240.

[7] Patra, A. K., Bhaumik, S., & Kaur, H. (2006). Studies on pigment dyeing of cotton by exhaust method.

[8] BPC Instruments (2022). Gas Endevour Automatic Gas Flow Measuring System. Operation and Maintenace Manual.

[9] UNIstore Textile Industry Research Association (2018). UNI/TS 11703:2018: Method to assess the potential production of methane through anaerobic digestion in wet conditions – Food matrix.

[10] Koch, K., Hafner, S. D., Weinrich, S., & Astals, S. (2019). Identification of critical problems in biochemical methane potential (BMP) tests from methane production curves. Frontiers in Environmental Science, 7, 178.

Modificación de la superficie de Acrilonitrilo (ABS) mediante la incorporación de un TermoPlástico Elástico (TPE)

Parres García, Francisco José[(1)], Montava-Jordà, Sergi[(2)], Sánchez-Caballero, Samuel[(2)], Peydro Rasero, Miguel Ángel[(1)], Crespo Amorós, José Enrique[(1)],

(1) Instituto Universitario de Tecnología de Materiales, Dpto. Ingeniería Mecánica y Materiales, Universitat Politècnica de València, Camino de Vera, s/n, fraparga@dimm.upv.es

(2) Instituto Procesos de Fabricación, Dpto. Ingeniería Mecánica y Materiales, Universitat Politècnica de València, Camino de Vera, s/n.

RESUMEN

El estudio de blends de materiales poliméricos abarca un amplio espectro de propiedades, desde propiedades mecánicas hasta propiedades térmicas e incluso estudios de variación de la estructura interna. La variación de comportamiento también se produce a nivel de superficie. La goniometría y la microscopía electrónica de Barrido permiten apreciar diferencias superficiales en mezclas binarias de ABS y Termoplásticos Elástico.

Las modificaciones a nivel superficial permiten cambiar la clasificación del material por el cambio del ángulo de contacto, pasando de un comportamiento hidrófilo (ángulos de contacto comprendidos entre 10º y 90º) a un comportamiento hidrófobo (ángulos de contacto comprendidos entre 90º y 120º).

La observación de imágenes mediante Microscopía Electrónica de Barrido permite analizar con detalle las variaciones provocadas en la matriz de ABS por la adición de Termoplástico Elástico. Estas variaciones son de alto valor ja que una modificación superficial implica una alteración de la interacción entre el producto y el ser humano durante su manipulación, además estas variaciones de superficie alteran los parámetros a la hora de realizar recubrimientos o deposiciones metálicas.

Palabras clave: ABS, TPE, Análisis de superficie, Goniometría, Microscopía Electrónica de Barrido.

INTRODUCCIÓN

El uso y aplicación de mezclas de polímeros en la actualidad está más que instaurada en el sector productivo, son muchos los blends comerciales que se pueden encontrar, PA6/PP [1], PPE/PA66 [2], PPE/ABS, ABS/PVC [3], ABS/PC [4], ABS/PA6 [5]. El objetivo de la generación es estas mezclas es la mejora de propiedades que los materiales puros por separado no presentan y de este modo ampliar su campo de aplicación en el sector industrial. Este tipo de comportamiento se asemeja a lo que se entiende como aleaciones en el campo de los metales. Estas mezclas de polímeros han incluso evolucionado hasta la formación de mezclas ternarias [6].

Los estudios en el área de los blends de polímeros son amplios, van desde estudios de la variación de propiedades mecánicas pasando por la variación de propiedades térmicas hasta estudios que se centran en las variaciones a nivel de estructura interna.

No hay que olvidar que la interacción de ambos materiales no solo provoca la modificación de propiedades mediante la variación de la estructura interna, sino que es probable en muchas ocasiones se produzcan alteraciones en la superficie del material.

El análisis de la superficie puede realizarse haciendo uso de diferentes técnicas, desde la observación óptica de la superficie, mediante microscopia óptica o microscopia electrónica de barrido, hasta el uso de rugosímetros, el análisis del ángulo de contacto con la goniometría o incluso técnicas de alta precisión como la microscopía de fuerza atómica.

OBJETIVOS

El objetivo del presente trabajo es el análisis de las variaciones a nivel superficial de la incorporación de un TermoPlástico Elástico (TPE) en una matriz de Acrilonitrilo – Butadieno – Estireno (ABS) mediante el uso de la goniometría y el análisis de imágenes obtenidas mediante microscopía electrónica de Barrido (SEM).

RESULTADOS

La variación de superficies puede ser analizada por diversas técnicas, la goniometría analiza los cambios producidos mediante el análisis del ángulo de contacto que se produce entre un líquido y la superficie de estudio. Para este caso, se ha utilizado agua destilada la cual ha sido depositada sobre la superficie del ABS y las diversas mezclas con el fin de analizar la influencia de la presencia de TPE en el ABS. La tabla 1 muestra los resultados obtenidos y donde se puede observar un incremento de la hidrofobicidad de las muestras a medida que el porcentaje de TPE aumenta.

Tabla 1. Valores del ángulo de contacto de agua destilada con la superficie de ABS en diferentes porcentajes de TPE.

Muestra	1	2	3	4	5	Media
ABS	87.0	82.9	85.2	82.7	84.7	84.5 ± 1.7
ABS – 10% TPE	91.0	83.8	89.9	91.4	85.2	88.2 ± 3.5
ABS – 20% TPE	93.9	94.7	92.0	91.2	96.7	93.7 ± 2.1
ABS – 30% TPE	92.2	97.1	95.3	94.1	93.7	94.4 ± 1.8

La observación ocular es otra manera de observar diferencias a nivel de superficie. Esta observación puede realizarse a nivel macroscópico con el uso de lupas de aumento o bien a nivel microscópico con el uso de microscopios ópticos o incluso con microscopios electrónicos.

En este caso, se ha optado por la microscopia electrónica de barrido con el fin de conseguir un mayor detalle en el análisis de las imágenes.

La figura 1 muestra la superficie del ABS, se trata de una superficie totalmente lisa con la presencia de algunas partículas depositadas en la superficie, en muchas ocasiones la carga electrostática que caracteriza a los materiales poliméricos facilita la atracción de pequeñas partículas en la superficie del polímero que son ajenas a él y por tanto no hay que considerarlas.

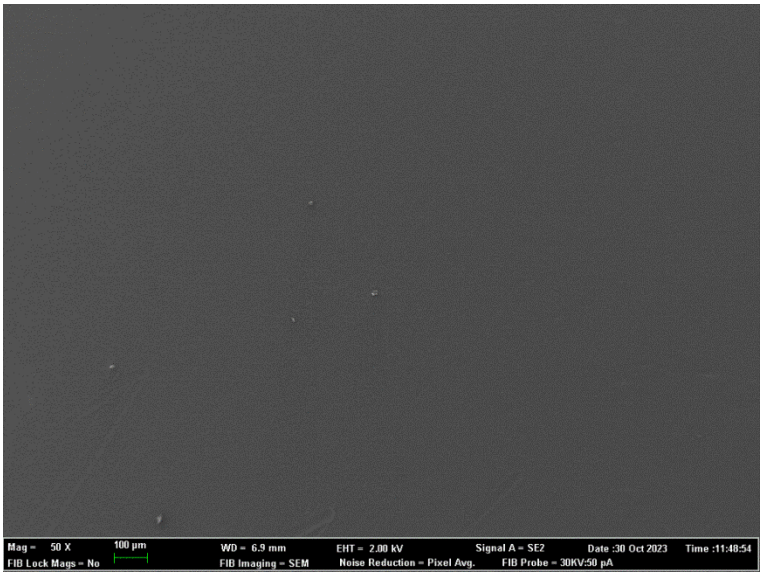


Figura 1. Imagen de la superficie de ABS obtenida mediante microscopia electrónica de barrido a 50 aumentos.

Un incremento en el número de aumentos permite observar que la superficie no es totalmente lisa, es lógico apreciar ciertas morfologías consecuencia del proceso de obtención de muestras. Durante el proceso de inyección y debido al estado plástico del ABS, éste copia literalmente la superficie que presenta la cavidad del molde; y es por este motivo, por el cual las superficies siempre presentar una rugosidad que corresponde con la rugosidad de la superficie del molde utilizado (Figura 2).

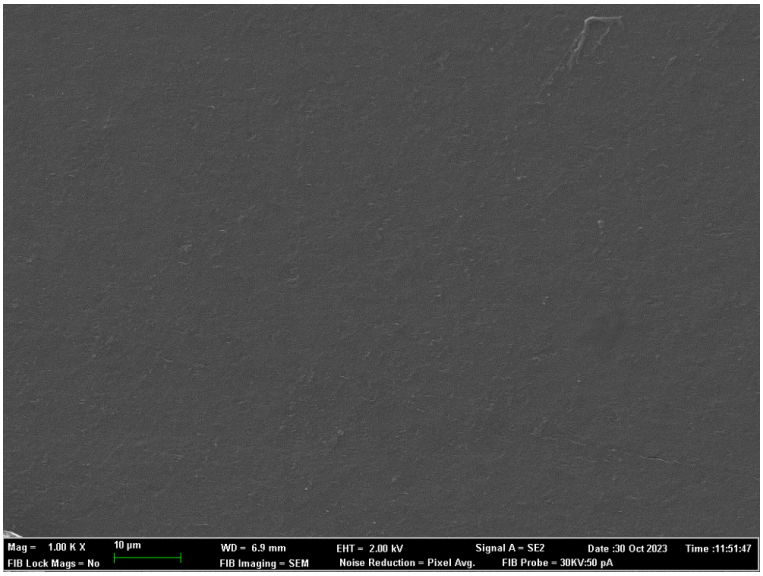


Figura 2. Imagen de la superficie de ABS obtenida mediante microscopia electrónica de barrido a 1000 aumentos.

Como se ha comentado anteriormente la adición de cualquier elemento en una matriz poliméricas, bien sea partículas, fibras o bien sea la incorporación de otro polímero, no sólo provoca una variación de propiedades mecánicas, térmicas, e incluso ópticas en el caso de materiales transparentes. Estas modificaciones, también pueden aparecer a nivel superficial con la alteración de la rugosidad.

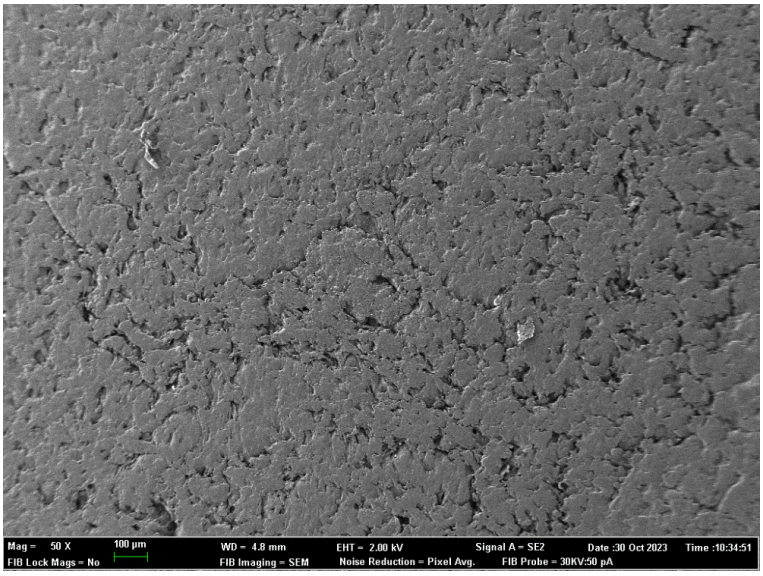


Figura 3. Imagen de la superficie de ABS/TPE obtenida mediante microscopía electrónica de barrido a 50 aumentos.

En este caso, la incorporación del TPE a la matriz de ABS provoca un cambio sustancial en la superficie, pasando de una superficie lisa a una superficie con numerosas cavidades distribuidas aleatoriamente por toda la zona analizada. Estos cambios ya son observados a pocos aumentos como en el caso de la Figura 3 obtenida a 50 aumentos.

La visualización de la superficie a un mayor nivel de aumentos, 1000 aumentos, permite observar las cavidades generadas por la presencia del polímero de carácter elástico en la superficie del material. Además, también es posible la observación de pequeñas microgotas de polímero adheridas a la superficie (Figura 4).

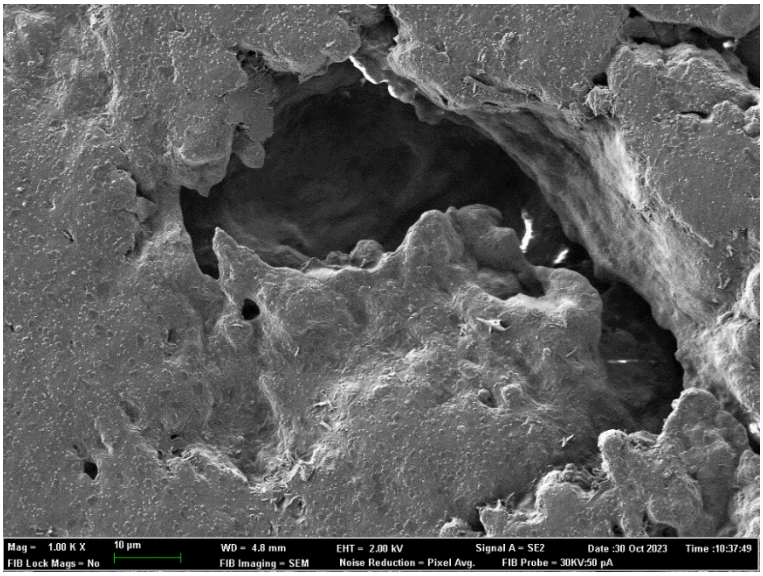


Figura 4. Imagen de la superficie de ABS/TPE obtenida mediante microscopía electrónica de barrido a 1000 aumentos.

Una de las ventajas de la microscopía electrónica de barrido es la elevada calidad de las imágenes a grades aumentos con una profundidad de campo que permite visualizar fenómenos que otras técnicas no permiten. En la figura 5, es posible ver con detalle la presencia de pequeñas microgotas de termoplástico elástico sobre la superficie del ABS.

Estas microgotas presentan un tamaño dispar, el cual oscila entre una décima de micra para las de menor tamaño y una micra para las de mayor tamaño.

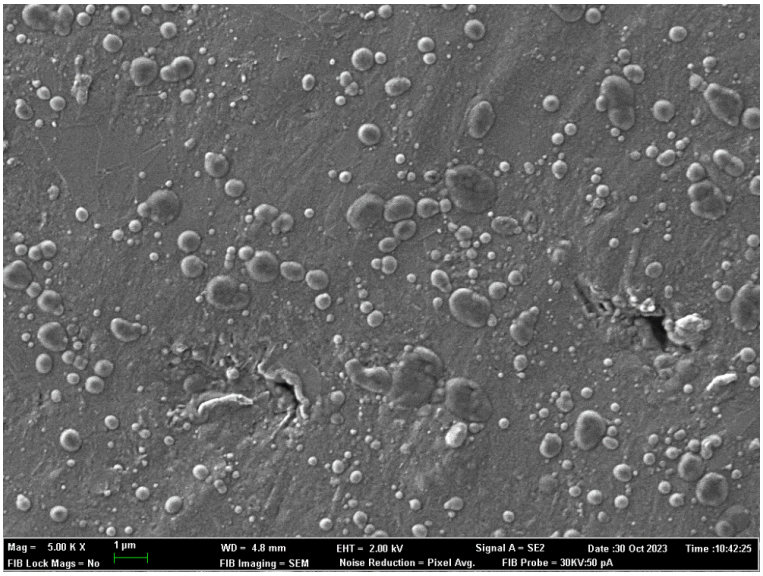


Figura 5. Imagen de la superficie de ABS/TPE obtenida mediante microscopía electrónica de barrido a 5000 aumentos.

CONCLUSIONES

La mezcla de polímeros (blends) ha permitido ampliar el campo de aplicación de los materiales poliméricos, por presentar propiedades intermedias comparándolos con los materiales puros que lo forman. Múltiples estudios se centran en la variación de propiedades debido a la mezcla a nivel interno, pero en muchas ocasiones se deja de lado la variación que se produce a nivel de superficie y que también puede afectar a otras propiedades como posteriores acabados o incluso a la manipulación de objetos al contacto con el usuario.

Los valores del ángulo de contacto indican una variación de la rugosidad de la superficie a medida que el porcentaje de termoplástico elástico aumenta.

La microscopía es una herramienta de gran resolución para la observación de superficies a cualquier nivel, tanto para el análisis de superficies de rotura como para analizar las modificaciones que se producen a nivel de superficie por la incorporación de un nuevo material (TPE) a una matriz (ABS).

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer a la Generalitat Valenciana, y a la Agencia Valenciana de la Innovación por la financiación del trabajo Investigación Industrial de Nuevas Soluciones de Mordentado Limpio sin la Generación de Residuos Peligrosos (METNET) – INNEST/2022/144. Actuación cofinanciada por la Unión Europea.

REFERENCIAS

[1] Sridhar, Aparna; Doddipatla, Purnima (2019). “Influence of PP content on mechanical properties, water absorption, and morphology in PA6/PP blend”. *Journal of Applied Polymer Science,* 136, 25, 47690 (1 of 13). https://doi.org/10.1002/app.47690

[2] Peters, EN (1997). “High performance polyamides .1. Long glass PPE/PA66 alloys”. 55th Annual Technical Conference of the Society-of-Plastics-Engineers - Plastics Saving Planet Earth (ANTEC 97), 2322-2324

[3] Zhou, C ; Bao, XY; Tan, ZY; Sun, SL; Ao, YH; Zhang, HX (2006). “Transition from crazing to shear deformation in ABS/PVC blends”. *Journal of Polymer Science Part B-Polymer Physics,* 44, 4, 687 – 695. https://doi.org/10.1002/polb.20656

[4] Bano, S; Iqbal, T; Ramzan, N; Farooq, U. (2021). “Study of Surface Mechanical Characteristics of ABS/PC Blends Using Nanoindentation”. *Processes*, 9, 4. https://doi.org/10.3390/pr9040637

[5] Sohel, MA; Mandal, A; Mondal, A; Pan, S; SenGupta, A (2017). “Thermal analysis of ABS/PA6 polymer blend using differential scanning calorimetry”. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 129, 3, 1689 – 1695. https://doi.org/10.1007/s10973-017-6312-6

[6] Seong-Hun, Yu; Jong-Hyuk, Lee; Dong-Hyun, Yeo; Yong-Ho, Shin; Jong-Su, Park; Jee-Hyun, Sim (2022). “Characterization of ABS/PC/POE Thermoplastic Composites and Prediction of Mechanical Properties by Geometry Simulation”. Textile Coloration and Finishing, 34, 2, 117 – 126.

Principales Impulsores de la Cooperación para la Innovación Empresarial: Una revisión de literatura

Labarcés-Ballestas, Carlos[(1)], Peiró-Signes, Ángel[(2)]

(1) Dpto. de Organización de Empresas, Universidad Politécnica de Valencia, Edificio 7D, clabarc@upv.edu.es

(2) Dpto. de Organización de Empresas, Universidad Politécnica de Valencia, Edificio 7D, anpeisig@omp.upv.es

RESUMEN

En este estudio se identifican unos impulsores claves de la cooperación para la innovación destacando factores como la experiencia previa en colaboración, la orientación estratégica, la gestión del conocimiento, la intensidad de la competencia en el sector y el impacto de la proximidad entre aliados (i.e., geográfica, social, tecnológica). Se implementaron las diferentes etapas descritas por Tranfield et al. [1] para la realización de una revisión sistemática de la literatura alrededor de los procesos de innovación colaborativa. Los resultados muestran que la cooperación con el gobierno, universidades y proveedores tiene un impacto significativo en la innovación de productos, mientras que la diversidad funcional y geográfica en algunos casos y bajo ciertas características permite mejorar el acceso a conocimiento de calidad. Se concluye que una cultura de innovación, la gestión efectiva del conocimiento al interior de los procesos de cooperación y una rápida adaptación al entorno son fundamentales para potenciar la capacidad innovadora de las empresas.

Palabras clave: Innovación, Cooperación, Impulsores, Revisión sistemática de literatura, Gestión del conocimiento.

INTRODUCCIÓN

La cooperación para la innovación es un proceso complejo influenciado por diversos factores internos y externos. La evidencia consignada en trabajos como los de Freire & Gonçalves [2] confirman un efecto positivo de la cooperación frente al comportamiento innovador de las empresas. Un ejemplo de esto es la colaboración entre empresas y universidades que ha demostrado ser un motor crucial para el desarrollo de nuevas tecnologías y productos. Este artículo examina los principales impulsores de la cooperación para la innovación, basándose en la literatura para lo cual se utilizaron las pautas establecidas en el trabajo de Tranfield et al. [1] que incluye etapas de planeación, ejecución y síntesis de la información identificada. La experiencia obtenida en procesos previos de colaboración, las decisiones corporativas estratégicas orientadas a la cooperación junto a la gestión del conocimiento son aspectos clave que facilitan la cooperación exitosa. Además, se explora el papel de la proximidad geográfica y social en la colaboración, así como las características sectoriales que pueden influir en el comportamiento innovador de las empresas. El objetivo de este estudio es proporcionar una comprensión detallada de los impulsores de la cooperación para la innovación y ofrecer recomendaciones para mejorar las prácticas colaborativas en el ámbito empresarial.

OBJETIVO

Identificar los principales impulsores de la cooperación para la innovación en la literatura existente mediante una revisión sistemática.

METODOLOGÍA

La metodología de revisión sistemática de la literatura permite a los investigadores recopilar, analizar e integrar contribuciones y hallazgos académicos previos para revelar temas, enfoques y resultados dominantes de un campo específico de investigación [3]. El presente artículo se soporta en el trabajo de Tranfield et al.[1] debido a la posibilidad de generar una selección imparcial y en consecuencia un análisis más objetivo del contenido de los artículos relacionados con los temas principales como son Cooperación e Innovación.

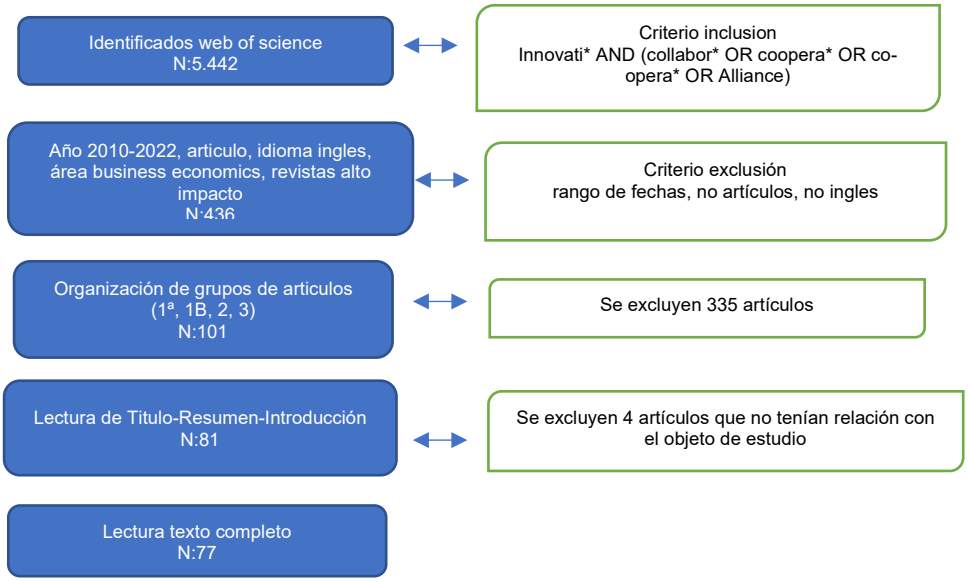


Figura 1. Etapas del proceso de identificación artículos.

RESULTADOS

Los impulsores son aquellos aspectos o situaciones que incentivan la cooperación para la innovación y están relacionados principalmente con la cultura organizacional, la regulación y las condiciones del mercado. En la revisión sistemática de la literatura se identificaron 5 tipos de impulsores en tres categorías: 1) Características de la empresa (Experiencia en procesos de colaboración, Orientación estratégica a la colaboración), 2) Características del entorno (Nivel de proximidad, Intensidad de la competencia y tecnología, Apoyo del Gobierno) y por último, la denominada característica de índole mixto que está relacionada con el impacto del conocimiento en actividades tanto internas como externas de la firma (Gestión del Conocimiento).

Características de la empresa (Experiencia previa, Orientación estratégica)

La experiencia previa en colaboración le permite a las empresas acumular capacidades organizacionales que mejoran la obtención de resultados en nuevos procesos y proporcionan una mejor adaptación a las características de los aliados (i. e., locales, extranjeros) y al efecto que estos generan (i. e., explotación, exploración). Se resalta el rol determinante de la cooperación Universidad-Empresa en las decisiones corporativas que mejoran el desempeño innovador de las empresas [4] y que están relacionadas con el aumento de capacidades que permiten un mejor aprovechamiento del conocimiento externo [5]. Además, los aliados que presentaban un mayor nivel de condiciones de motivación y capacidad de absorción tenían mayores probabilidades de éxito en la cooperación (universidad-empresa) [6].

Por otra parte, la orientación estratégica a la cooperación representada por las decisiones de la firma frente al desarrollo de los procesos de colaboración afecta el desempeño innovador de esta. Ante esto, Bouncken et al. [7] señalan la importancia de los tipos de gobernanza, distinguiendo entre la gobernanza transaccional y la relacional. Adicionalmente, la efectividad reportada de la “Apropiación Estratégica” (i. e., secreto, complejidad, tiempo de entrega) está positivamente relacionada con la probabilidad de aumentar la colaboración externa [8]. La definición del número de aliados y el alcance de sus aportes es otro de los aspectos a evaluar estratégicamente e influyen significativamente en el comportamiento innovador de las empresas [9] trabajar bajo un enfoque de portafolio permite obtener lo mejor de cada socio Faems et al. [10].

Características del entorno (Proximidad, Intensidad de la competencia y la tecnología, Apoyo del gobierno)

Los resultados confirman la proximidad geográfica como facilitador de la innovación abierta especialmente en empresas con recursos limitados y con poca experiencia [11]. Sin embargo, en algunos casos la distancia geográfica puede ser una barrera en la colaboración entre empresas y universidades [12]. Además, en contextos con alta proximidad cognitiva, organizacional, institucional y geográfica la cooperación no siempre se facilita, y una elevada proximidad geográfica es beneficiosa solo hasta cierto punto [13]. Además, la proximidad social, basada en contactos previos en redes de trabajo es más importante en algunas ocasiones que la geográfica [14]. Se destaca también la importancia de la distancia del conocimiento contextual (DCC) en la colaboración [15] como promotor de resultados innovadores. Finalmente, la proximidad geográfica facilita una transferencia de conocimientos más ágil y efectiva al reducir las barreras culturales [16]. La gestión optima de diversos tipos de proximidad es esencial para potenciar la cooperación y la innovación. Por otra parte, las empresas con alta capacidad de absorción e inmersas en industrias de alta tecnología participan más en cooperación [17]. Existe una relación fuerte entre la creación de conocimiento interempresarial y la colaboración, especialmente en sectores con alta competencia [18]. La competencia intensa puede fortalecer la cooperación y una coopetición balanceada (alta competencia y cooperación) mejora el desempeño en innovación [19]. Además, la alta intensidad en I+D permite a las empresas seleccionar aliados basándose en su capacidad de absorción, optimizando la cooperación [20]. En resumen, la competencia y la intensidad tecnológica impulsan la cooperación para la innovación mediante la creación de conocimiento dinámico y una coopetición balanceada.

La literatura resalta el apoyo gubernamental, especialmente a través de subsidios que fortalecen las alianzas con universidades [21, 22]. Este apoyo se destina

frecuentemente a la contratación de personal especializado, mejorando la capacidad de innovación [23]. Los datos indican que la mayoría de los recursos gubernamentales están dirigidos a la cooperación con universidades, apoyando en menor escala la cooperación interempresarial. Sin embargo, en los casos en que las empresas obtienen un apoyo gubernamental y desarrollan actividades de innovación con socios upstream y downstream nacionales como internacionales, muestran un comportamiento innovador positivo.

Característica Mixta (Gestión del conocimiento)

Los resultados indican que la innovación y las prácticas basadas en conocimiento son cruciales para la creación de valor interno [24]. La diversidad funcional en las empresas facilita el consumo variado de conocimiento, mientras que la diversidad geográfica promueve la adaptación de productos existentes [25]. El acceso al conocimiento se destaca como un impulsor más significativo del éxito en las cooperaciones que la simple amplitud del conocimiento disponible [26]. Por otra parte, el aprovechamiento de fuentes de conocimiento heterogéneas, provenientes de sectores diversos y mayormente sin vínculos económicos directos (extracontractuales), facilita tanto los procesos formales como informales de cooperación [27]. Esto subraya la importancia de gestionar eficazmente el conocimiento para impulsar tanto la cooperación como la innovación. En resumen, la gestión del conocimiento fortalece tanto la capacidad interna de innovación de las empresas como sus procesos de colaboración externa con otros actores aprovechando diversas fuentes.

Tabla 1. Impulsores de la cooperación para Innovación.

TABLA DE IMPULSORES		
IMPULSOR	**AUTOR**	**¿Por qué es un impulsor?**
Experiencia en procesos de colaboración	(Belderbos et al., 2015), (Ostergaard & Drejer, 2022),), (Kafouros et al., 2020), (Najafi-Tavani et al., 2018)	La experiencia en colaboración aumenta las capacidades del personal para obtener la mayor cantidad de conocimiento especialmente en la cooperación (Universidad-Empresa)
Orientación estratégica a la colaboración	(Bouncken et al., 2016), (Faems et al., 2005), (Becker & Dietz, 2004)	Define acciones relacionadas con la ejecución de procesos de cooperación como números de partners, evaluación de costos de transacción entre otras.
Nivel de Proximidad	(Leckel et al., 2020), (Kafouros et al., 2015), (Un & Asakawa, 2015),(ben Letaifa & Rabeau, 2013), (Hewitt-Dundas, 2013), (Maietta, 2015), (Johnston, 2022)	Efectos relacionados con la cercanía o distancia frente a los aliados en aspectos de tipo social, cognitivo, geográficos entre otros.
Intensidad de la competencia y la tecnología	De Faria, P., Lima, F., & Santos, R. (2010), (Park et al., 2014), (Huang & Yu, 2011), (Gnyawali & Park, 2011), (Xu et al., 2021)	Característica de la industria relacionadas con la intensidad en aspectos de competencia, tecnología y cooperación que afectan el comportamiento innovador de la firma.
Apoyo Gubernamental	(Kleine et al., 2022), (Song et al., 2022), (Szuecs, 2018)	Impacto de los distintos programas de índole gubernamental que proporcionan recursos para fortalecer capacidades innovadoras especialmente a través de subsidios
Gestión del conocimiento	(Globocnik & Faullant, 2021), (de Silva et al., 2018), (van Beers & Zand, 2014), (Lin et al., 2012), (Brettel & Cleven, 2011), (Un et al., 2010), (Santoro et al., 2020)	Acciones que permiten identificar, obtener y aprovechar tanto conocimiento externo como interno con el fin de generar valor para la firma

CONCLUSIONES

Este estudio identifica y clasifica los impulsores de la cooperación para la innovación en tres categorías: características de la empresa, características del entorno y características mixtas relacionadas con la gestión del conocimiento. Los hallazgos destacan que la experiencia previa y una orientación estratégica hacia la cooperación son fundamentales para mejorar el desempeño innovador. De igual manera, un nivel óptimo de proximidad geográfica y social, la intensidad de la competencia y el apoyo gubernamental también son factores claves en la colaboración y la innovación. Se confirman algunos resultados de investigaciones previas que relacionan la importancia de la proximidad geográfica y la intensidad tecnológica como facilitadores de la innovación. Además, este estudio aporta una perspectiva más integrada al destacar la gestión del conocimiento como un elemento mixto crucial para la cooperación efectiva, una dimensión menos explorada en estudios previos. Al tiempo que permite una sistemática identificación y categorización de los impulsores, proporcionando un marco comprensivo y aplicable a diversas industrias

REFERENCIAS

[1] Tranfield D, Denyer D, Smart P (2003). “Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review”. British Journal of Management, 14(3): 207–222. doi:10.1111/1467-8551.00375

[2] Freire JAF, Gonçalves E (2021). “Cooperation in Innovative Efforts: a Systematic Literature Review”. Journal of the Knowledge Economy, (0123456789). https://doi.org/10.1007/s13132-021-00837-3. doi:10.1007/s13132-021-00837-3

[3] Fanousse RI, Nakandala D, Lan YC (2021). “Reducing uncertainties in innovation projects through intra-organisational collaboration: a systematic literature review”. International Journal of Managing Projects in Business, 14(6):1335–1358. doi:10.1108/IJMPB-11-2020-0347

[4] Huang K-F, Yu C-MJ (2011). “The effect of competitive and non-competitive R&D collaboration on firm innovation”. JOURNAL OF TECHNOLOGY TRANSFER, 36(4):383–403. doi:10.1007/s10961-010-9155-x

[5] Ostergaard CR, Drejer I (2021). “Keeping together: Which factors characterise persistent university-industry collaboration on innovation?”. TECHNOVATION, 111. doi:10.1016/j.technovation.2021.102389

[6] Rajalo S, Vadi M (2017). “University-industry innovation collaboration: Reconceptualization”. TECHNOVATION, 62–63:42–54. doi:10.1016/j.technovation.2017.04.003

[7] Bouncken RB, Clauß T, Fredrich V (2016). “Product innovation through coopetition in alliances: Singular or plural governance?”. Industrial Marketing Management, 53:77–90. https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0019850115003181. doi:10.1016/j.indmarman.2015.11.011

[8] Cassiman B, Veugelers R (2002). “R&D cooperation and spillovers: some empirical evidence from Belgium”. American Economic Review, 92(4):1169–1184.

[9] Becker W, Dietz J (2004). “R&D cooperation and innovation activities of firms - evidence for the German manufacturing industry”. RESEARCH POLICY, 33(2):209–223. doi:10.1016/j.respol.2003.07.003

[10] Faems D, Van Looy B, Debackere K (2005). “Interorganizational collaboration and innovation: Toward a portfolio approach”. JOURNAL OF PRODUCT INNOVATION MANAGEMENT, 22(3):238–250. doi:10.1111/j.0737-6782.2005.00120.x

[11] Leckel A, Veilleux S, Dana LP (2020). “Local Open Innovation: A means for public policy to increase collaboration for innovation in SMEs”. TECHNOLOGICAL FORECASTING AND SOCIAL CHANGE, 153. doi:10.1016/j.techfore.2019.119891

[12] Kafouros M, Wang C, Piperopoulos P, Zhang M (2015). “Academic collaborations and firm innovation performance in China: The role of region-specific institutions”. RESEARCH POLICY, 44(3):803–817. doi:10.1016/j.respol.2014.11.002
[13] Ben Letaifa S, Rabeau Y (2013). “Too close to collaborate? How geographic proximity could impede entrepreneurship and innovation”. JOURNAL OF BUSINESS RESEARCH, 66(10, SI):2071–2078. doi:10.1016/j.jbusres.2013.02.033
[14] Johnston A (2022). “Open innovation in science: assessing the formation and function of SME-university collaborations through the proximity matrix”. INDUSTRY AND INNOVATION, 29(2, SI):310–332. doi:10.1080/13662716.2021.1997725
[15] Un CA, Asakawa K (2015). “Types of R&D Collaborations and Process Innovation: The Benefit of Collaborating Upstream in the Knowledge Chain”. JOURNAL OF PRODUCT INNOVATION MANAGEMENT, 32(1):138–153. doi:10.1111/jpim.12229
[16] Santamaria L, Nieto MJ, Rodriguez A (2021). “Failed and successful innovations: The role of geographic proximity and international diversity of partners in technological collaboration”. TECHNOLOGICAL FORECASTING AND SOCIAL CHANGE, 166. doi:10.1016/j.techfore.2021.120575
[17] de Faria P, Lima F, Santos R (2010). “Cooperation in innovation activities: The importance of partners”. RESEARCH POLICY, 39(8):1082–1092. doi:10.1016/j.respol.2010.05.003
[18] Xu T, Yang J, Zhang F, Guo W (2021). “Interfirm coopetition, interfirm knowledge creation, and collaborative innovation performance: The moderating roles of environmental competitiveness and dysfunctional competition”. INDUSTRIAL MARKETING MANAGEMENT, 99:123–135. doi:10.1016/j.indmarman.2021.10.003
[19] Park B-J (Robert), Srivastava MK, Gnyawali DR (2014). “Walking the tight rope of coopetition: Impact of competition and cooperation intensities and balance on firm innovation performance”. INDUSTRIAL MARKETING MANAGEMENT, 43(2, SI):210–221. doi:10.1016/j.indmarman.2013.11.003
[20] Martinez-Noya A, Garcia-Canal E (2021). “Innovation performance feedback and technological alliance portfolio diversity: The moderating role of firms’ R&D intensity”. RESEARCH POLICY, 50(9). doi:10.1016/j.respol.2021.104321
[21] Szuecs F (2018). “Research subsidies, industry-university cooperation and innovation”. RESEARCH POLICY, 47(7):1256–1266. doi:10.1016/j.respol.2018.04.009
[22] Song Y, Sahut J-M, Zhang Z, Tian Y, Hikkerova L (2022). “The effects of government subsidies on the sustainable innovation of university-industry collaboration”. TECHNOLOGICAL FORECASTING AND SOCIAL CHANGE, 174. doi:10.1016/j.techfore.2021.121233
[23] Kleine M, Heite J, Huber LR (2022). “Subsidized R&D collaboration: The causal effect of innovation vouchers on innovation outcomes”. RESEARCH POLICY, 51(6). doi:10.1016/j.respol.2022.104515
[24] De Silva M, Howells J, Meyer M (2018). “Innovation intermediaries and collaboration: Knowledge-based practices and internal value creation”. RESEARCH POLICY, 47(1):70–87. doi:10.1016/j.respol.2017.09.011
[25] van Beers C, Zand F (2014). “R&D Cooperation, Partner Diversity, and Innovation Performance: An Empirical Analysis”. JOURNAL OF PRODUCT INNOVATION MANAGEMENT, 31(2):292–312. doi:10.1111/jpim.12096
[26] Un CA, Cuervo-Cazurra A, Asakawa K (2010). “R&D Collaborations and Product Innovation”. JOURNAL OF PRODUCT INNOVATION MANAGEMENT, 27(5):673–689. doi:10.1111/j.1540-5885.2010.00744.x
[27] Santoro G, Bresciani S, Papa A (2020). “Collaborative modes with Cultural and Creative Industries and innovation performance: The moderating role of heterogeneous sources of knowledge and absorptive capacity”. TECHNOVATION, 92–93. doi:10.1016/j.technovation.2018.06.003

Desarrollo de acabados textiles libres de PFAS mediante alternativas biobasadas

Calvo, Óscar[(1)], Blanes, María[(1)], Sirvent, Elia Ana[(1)], Pastor, Beatriz[(1)], Verbič, Anja[(2)], Stres, Blaž[(2)], Golja, Barbara[(2,3)], Novak, Uroš[(2)], Likozar, Blaž[(2)]

(1) (AITEX – Research & Innovation Center, Alcoi - España, ocalvo@aitex.es)
(2) (National Institute of Chemistry, Ljubljana, Slovenia, Anja.Verbic@ki.si)
(3) (Faculty of Natural Sciences & Engineering, Ljubljana, Slovenia, barbara.golja@ntf.uni-lj.si)

RESUMEN

Los PFAS (derivados per- y polifluoroalquilados), entre 4.500 y 10.000 sustancias químicas sintéticas diferentes, son ampliamente utilizadas en muchos productos industriales y comerciales:

- Piezas plásticas técnicas.
- Materiales para envasado y contacto con alimentos.
- Textiles, prendas y cuero, y dispersiones/emulsiones para su acabado y recubrimiento.
- Productos de hogar y electrónica.
- Espumas para extinción de incendios.
- Artículos médicos.

Ofrecen buenas propiedades de repelencia al agua/aceite, gran capacidad antideslizante, baja fricción y baja/nula inercia química, debido principalmente a los enlaces carbono-flúor que contienen. Esta resistencia a la degradación hace que también sean inertes y persistentes en el medio ambiente (de ahí la denominación habitual de “forever chemicals”) lo cual, junto con que se propagan fácilmente, hace que permanezcan en el entorno natural durante años, e incluso siglos, sin descomponerse. Esto provoca efectos bioacumulativos y serios problemas de salud en organismos vivos.

Para textiles, hasta la fecha no existen alternativas viables para sustituir eficazmente los actuales tratamientos base PFAS/C6. Pero sí hay diferentes alternativas e iniciativas, como PROPLANET, que persiguen minimizar/reducir su presencia en acabados repelentes sin perder prestaciones, así como innovar en nuevas formulaciones biobasadas que aporten repelencia al agua y que -además- buscan generar cierta repelencia al aceite sobre el textil.

Palabras clave: Hidrorepelencia, oleorepelencia, PFAS, flúor, textiles, acabado, recubrimiento, biobasado.

INTRODUCCIÓN

Los PFAS son un amplísimo grupo de compuestos totalmente sintéticos que, químicamente, consisten en una cadena alquílica hidrofóbica de longitud variable total o parcialmente fluorada. Su resistencia a la degradación hace que también sean inertes y persistentes en el medio ambiente, pasando siglos antes de descomponerse. Esto provoca efectos bioacumulativos, haciendo que pasen con facilidad al agua [1] y alimentos y, de ahí, a diferentes organismos incluidos seres humanos. Su absorción y bioacumulación se relaciona con, p.ej., diversos tipos de inmunosupresión y cáncer [2]. En análisis efectuados en personas detectaron una variedad de PFAS en la sangre de ciudadanos europeos, incluyendo personal de la propia Comisión Europea que se sometió a estos análisis para concienciar a la ciudadanía sobre este problema [3].

Para textiles, hasta la fecha no existen alternativas técnicamente viables para sustituir con eficacia los actuales tratamientos repelentes al agua/aceite basados en PFAS y tecnología C6. Estos C6 siguen estando basados en dicha química fluorada, de manera que la problemática medioambiental y de salud derivada de su uso, persistencia y bioacumulación sigue vigente. Los repelentes tipo C4 sin flúor (p.ej. ceras) que se han testado hasta ahora para textiles no permiten alcanzar altas cotas de repelencia al aceite, ocurriendo lo mismo con las siliconas hidrófobas. Y las opciones libres de flúor (fluorine-free o PFAS-free) actualmente disponibles son principalmente soluciones hidrorepelentes, pero no oleorepelentes [4].

Pero sí hay diferentes alternativas e iniciativas que persiguen minimizar/reducir la presencia de PFAS en acabados repelentes sin perder prestaciones, así como innovar en nuevas formulaciones biobasadas que aporten repelencia al agua y que -además- buscan generar cierta repelencia al aceite sobre el textil.

OBJETIVOS

Desde 2023, el proyecto europeo PROPLANET está trabajando en el desarrollo de materiales y formulaciones novedosas que puedan reemplazar los PFAS en ciertas aplicaciones, bajo criterios de seguridad y sostenibilidad por diseño (SSbD), focalizándose en recubrimientos para textiles, piezas metálicas de maquinaria y vidrio técnico (Tabla 1).

Tabla 1. Nuevos recubrimientos libres de PFAS previstos en PROPLANET.

Estructura y composición química	Superficie (material a recubrir)	Propiedades aportadas
Microcápsulas de aceites/ceras basadas en biopolímero reticulado, en una matriz de polisacárido	Textil	Repelencia al agua y aceite con buena durabilidad
Recubrimientos híbridos biobasados y con siloxano	Piezas metálicas	Anticorrosión, estabilidad térmica y mecánica
Recubrimientos híbridos de siloxano	Vidrio	Transparencia, antireflectancia, antisuciedad

Para textiles, la investigación contempla diferentes polímeros y compuestos de base biológica que permitan desarrollar nuevas formulaciones de recubrimiento, a partir de la formulación con opciones tales como agar, alginato, quitosano, celulosa, almidón, glicerol, derivados del ácido esteárico, cera de abejas, ceras/aceites vegetales, etc. [5].

Estas formulaciones se están trabajando a nivel laboratorio y aplicando manualmente con sistemas tales como fulardado o rasqueta, teniendo previsto en el marco del proyecto su escalado hasta un TRL 5, realizando aplicaciones a escala piloto mediante sistemas de acabado a la continua (roll to roll), preferentemente por fulardado y diseñando las correspondientes rutas de pre-industrialización futuras. El proyecto contempla aplicaciones sobre -preferentemente- tejidos de algodón y poliéster, replicando posteriormente dichas aplicaciones sobre tejidos de poliamida y acrílica.

RESULTADOS

Desarrollo de acabados textiles biobasados y PFAS-free

El equipo investigador del National Institute of Chemistry (Ljubljana, Eslovenia) ha desarrollado una serie de formulaciones químicas adaptadas para su aplicación por fulardado, que están basadas en matrices biobasadas (como el quitosano) y microcápsulas que contienen ceras, protegiéndolas así hasta la etapa de secado y curado del acabado (Figura 1).

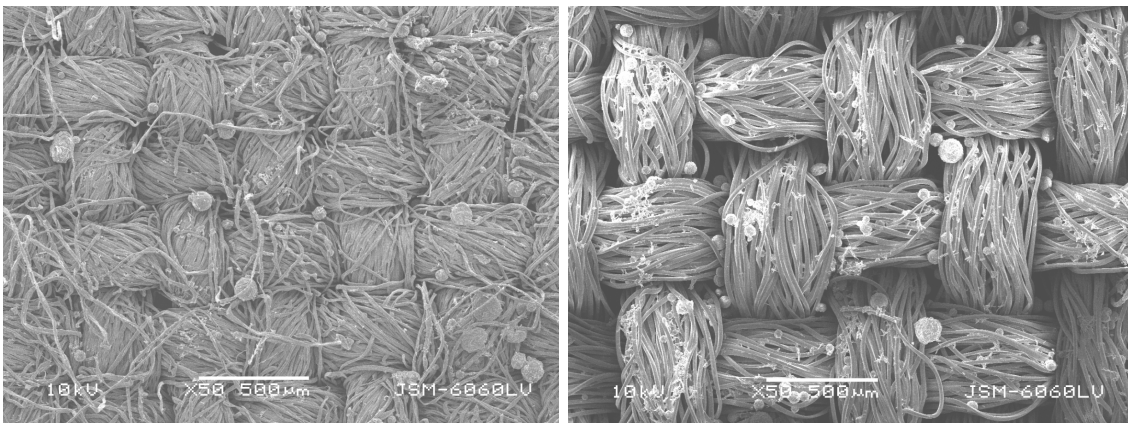


Figura 1. Tejidos de algodón (izquierda) y poliéster (derecha) impregnados con biopolímero/ceras microencapsuladas. SEM (50x).

La repelencia se evaluó, antes y después de un ciclo de lavado doméstico, mediante medida de ángulo de contacto estático con agua como líquido de medida (Tabla 2). La distribución de microcápsulas en la superficie de cada uno de los tejidos es uniforme. Los valores de ángulo de contacto obtenidos, superiores a 120º incluso tras aplicación de lavado doméstico, permiten anticipar buena repelencia al agua, estando actualmente en marcha el ajuste de formulaciones, la evaluación de la repelencia al aceite y su durabilidad.

Tabla 2. Valores de ángulo de contacto en tejidos de algodón y poliéster, antes y después de lavado.

Muestra	Antes de lavado	Después de lavado

Algodón	129,45º	122,09º
Poliéster	120,13º	128,67º

Comparativa con acabados textiles que contienen PFAS. Determinación de flúor en tejidos actualmente disponibles.

De igual forma, el equipo investigador de AITEX (Alcoi, España) ha estado estudiando el comportamiento de acabados textiles fluorados de tipo C6 basados en PFAS (tipos 1 y 2 – fluorocarbonos C6 clásicos; tipo 3 – mezcla de C6 y ceras) frente a un producto de acabado textil PFAS-free (polímero hiperramificado, sintético), todos ellos disponibles en el mercado, al respecto de su capacidad repelente y contenido en flúor total del tejido una vez impregnado con ellos (Tabla 3). Para ello, desarrolló diferentes aplicaciones mediante estos productos comerciales, sobre tejido de algodón 180 g/m^2 (loneta), a diferentes concentraciones (1 a 50 g/L) y empleó varios procedimientos estandarizados para determinar el contenido en flúor y la repelencia obtenida:

- Se determinó contenido en flúor total (TFC) mediante el procedimiento que aplica Oekotex Standard-100, empleando cromatógrafo HPLC.
- La repelencia al agua y al aceite se evaluó mediante valoración por líquidos estandarizados que emplea AATCC 193 y AATCC 118, respectivamente. Y a nivel general, mediante el ensayo Spray Test (ISO 4920).

Tabla 3. Contenido en flúor y repelencia de tejido de algodón (CO) acabado con diferentes productos repelentes comerciales.

Muestra	**Flúor – TFC (ppm)**	**Nivel de repelencia**		
		Agua (máx. 8)	**Aceite (máx. 8)**	**Spray Test (máx. ISO 5)**
CO + C6-tipo 1 (40 g/L)	2.610	7	3	ISO 5
CO + C6-tipo 1 (10 g/L)	1.667	6	4	ISO 5
CO + C6-tipo 1 (1 g/L)	-	0	0	ISO 0
CO + C6-tipo 2 (10 g/L)	2.084	7	4	ISO 5
CO + C6-tipo 3 (10 g/L)	678	6	2	ISO 5
CO + PFAS-free (50 g/L)	23,8	3	0	ISO 3-4
CO salido de telar	41,5	-	-	-
CO desencolado	17,4	-	-	-

CONCLUSIONES

Los resultados de PROPLANET muestran, por una parte, la viabilidad en el desarrollo y aplicación de polímeros biobasados como parte de la solución para inducir repelencia a líquidos en textiles, generando valores de ángulo de contacto similares a los obtenidos con productos 100% sintéticos y disponibles comercialmente.

Por otra parte, la determinación del TFC en soluciones comerciales repelentes basadas en fluorocarbonos C6 puros (tipos 1 y 2) muestra valores preocupantemente elevados a concentraciones consideradas como “recomendadas” por el fabricante (40 g/L). Incluso a concentraciones bajas, de 10 g/L, los valores TFC están por encima de las 1.500 ppm.

Los productos C6 que incorporan ceras o compuestos similares (tipo 3), reducen un poco su “performance” de repelencia al agua/aceite y permiten una disminución significativa del flúor detectado, aunque sigue por encima de 500 ppm. Soluciones PFAS-free para repelencia al agua generan valores de presencia de flúor en el tejido en concentraciones <100 ppm, siendo buena alternativa en aplicaciones y usos finales donde no sea imprescindible la repelencia al aceite, permitiendo desarrollar tejidos de uso técnico (exteriores, lonas, tejido de uso deportivo, etc.) e incluso superar el ensayo descrito en Oekotex Standard 100 para contenido en flúor total (para la certificación total habría que determinar si algunos de los PFAS concretos que controla este estándar, como FTOH y otros, están en concentraciones por debajo de lo estipulado).

Es reseñable que se detecte flúor también en el tejido de algodón salido del telar (conteniendo ensimajes). Ello abre una vía de investigación para determinar origen de dicho flúor, posiblemente procedente de agentes lubricantes/antiestáticos contenidos en el ensimaje. Esta puede ser una fuente de contaminación secundaria en aguas residuales de la industria textil, indicando que no todos los PFAS encontrados en sus aguas proceden del uso de acabados repelentes agua/aceite.

Con todo ello, debe seguir investigándose la mejora de prestaciones en formulaciones biobasadas PROPLANET que maximicen la repelencia al agua y generen cierta repelencia al aceite, en términos de durabilidad y resistencia a los lavados, principalmente. Y determinar que estos textiles verdaderamente PFAS-free y con repelencia al aceite no contienen PFAS procedentes de, p.ej., contaminación cruzada, componentes secundarios de la formulación o que vengan de restos de ensimajes en el tejido base.

Los autores agradecen a la European Health and Digital Executive Agency (HADEA) de la Comisión Europea su apoyo y financiación del proyecto, bajo el G.A. 101091842.

Estos contenidos son responsabilidad exclusiva del coordinador y socios de PROPLANET, y en ningún caso pueden considerarse como un reflejo de la posición de la Comisión Europea o del Programa financiador correspondiente.

REFERENCIAS

[1] Lewis, J. 2023 Eliminando los PFAS del agua: contra los 'químicos permanentes'. *Portal iAgua (online).* 19/06/23. Último acceso: 11/6/24.

[2] Verbič A, Golja B, Stres B, Likozar B, Novak U. 2024 Unveiling PFAS-free solutions for Hydrophobic and Oleophobic textile coatings. *Proceedings of Socratic Lectures*. 2024, 10, 148-156. https://doi.org/10.55295/PSL.2024.I19

[3] https://eeb.org/high-level-european-politicians-polluted-by-pfas/. Ultimo acceso 19/2/24.

[4] Lacruz, A. et al. 2021 Development of fluorine-free waterborne textile finishing agents for anti-stain and solvent-water separation based on low surface energy (co)polymers. *Progress in Organic Coatings*, Vol. 150, 105968.

[5] Mohamed, A.L. et al. 2023 Natural Oils\Silicon based materials for imparting new properties to cellulose based fabrics. *Results in Chemistry*, Vol. 5, January 2023, 100812.

Estudio espectral de luminarias para ambientes sosegados

Santonja, Carmina[(1)], Satorre, Miguel Ángel[(1)]
(1) Centro de Tecnologías Físicas, Universitat Politècnica de València 03801 Alcoi, Spain
mcsanton@fis.upv.es, msatorre@fis.upv.es

RESUMEN

La luz se comporta como un continuo de emisión en el espectro electromagnético, con un máximo en el color amarillo. Dicho espectro puede reproducirse razonablemente bien con las antiguas farolas de gas o las bombillas incandescentes. El hecho de que éstas tengan un consumo energético superior al lumínico ha provocado que la industria busque fuentes más eficientes, como las luces led.
El ojo humano ha evolucionado para adaptarse a la parte dominante de longitud de onda del espectro de radiación del Sol (espectro visible), pero es capaz de distinguir diferencias entre distintas fuentes de luz, lo que hace que prefiramos unas a las otras, de acuerdo con su color. De hecho, el color viene marcado en las luminarias como temperatura en K, aunque no se trate de fuentes emisoras a dicha temperatura.

Palabras clave: luminaria, lux, temperatura del color, espectro emisión

INTRODUCCIÓN

Tras una jornada laboral resulta relajante poder dedicar un tiempo a la lectura o a escuchar música en un ambiente tranquilo, apartado de ruidos molestos y con una iluminación adecuada. El efecto de la iluminación tiene una gran influencia en los niveles de alerta fisiológica y los ritmos circadianos (ciclo natural de cambios físicos, mentales y de comportamiento que experimenta el cuerpo en 24 horas). Éstos se ven afectados por factores como la intensidad de la luz, el tiempo de exposición a ésta, la composición espectral y la distribución espacial de la luz. El ritmo circadiano a veces se llama "reloj biológico", y responde a la luz de manera diferente que el sistema visual [1,2].

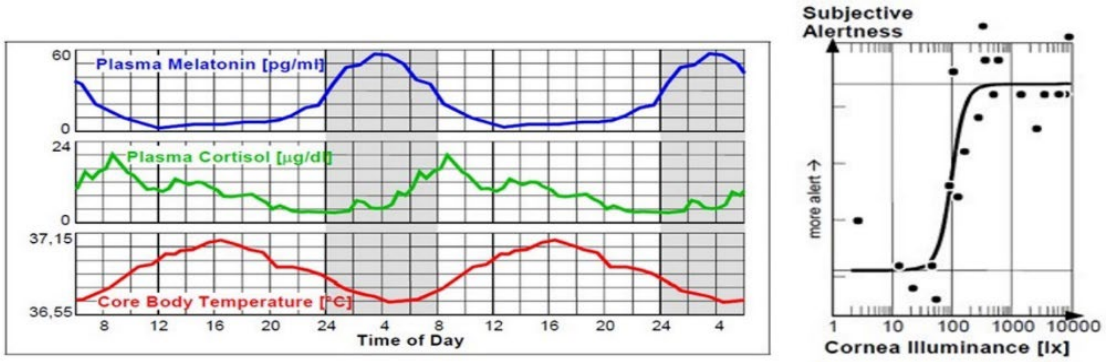


Figura 1: Ritmo circadiano humano [2] (izquierda); Nivel de alerta vs. nivel de iluminación [3] (derecha).

El ritmo circadiano influye en los niveles de cortisol (hormona del estrés) y melatonina (hormona del sueño). El cortisol, aumenta la glucosa sanguínea para dar energía y mejorar el sistema inmune. La melatonina cae por la mañana, reduciendo la

somnolencia y sube de nuevo cuando llega la oscuridad para permitir un sueño sano. En la Figura 1, izquierda, se muestra el ritmo de circadiano tipo de un ser humano [2].

Diversos estudios de laboratorio concluyen que altos niveles de iluminación incrementan tanto la percepción visual de los objetos, como el rendimiento en las actividades que se realizan, ya que al aumentar el estado de alerta se reduce el número de errores y aumenta la producción en la actividad. El nivel de fatiga disminuye y el nivel de alerta aumenta cuando la córnea capta niveles de iluminación superiores a 100 lux, Figura 1, derecha [3]. De la misma manera, una disminución del estado de alerta contribuye a la relajación, la tranquilidad y el sosiego. Por tanto, la luz tiene el potencial de activar o incrementar el rendimiento, independientemente de las fases del “reloj biológico”.

En términos de cantidad de luz, la cantidad de luz "blanca" policromática necesaria para activar el sistema circadiano es al menos dos órdenes de magnitud mayor que la cantidad que activa el sistema visual. En términos de espectro, el sistema circadiano es más sensible a la luz de longitud de onda (λ) corta (azul) [4], con una sensibilidad espectral máxima alrededor de 460 nm [5, 6] Figura 2, mientras que el sistema visual es más sensible a la luz de longitud de onda media, alrededor de 555 nm [7], Figura 6 derecha, línea gris [8].
Es conveniente tener claros algunos conceptos clave que permitirán el posterior análisis de las fuentes luminosas:

ESPECTRO VISIBLE: Es la región del espectro electromagnético que el ojo humano es capaz de percibir y que se extiende desde alrededor de 400 a 700 nm.

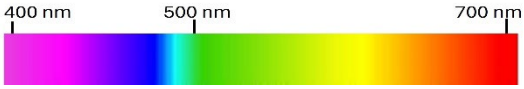


Figura 2: Región visible del espectro electromagnético.

ILUMINANCIA: Es el flujo luminoso, en lúmenes, por el área de la superficie a la que llega dicha luz. Su unidad son los lux = lm/m^2. La cantidad de luz sobre una tarea específica o plano de trabajo determina la visibilidad de la tarea. Cuanto mayor sea y hasta un cierto valor máximo (límite de deslumbramiento), mejor será el rendimiento visual. Para medir la iluminancia se utiliza un luxómetro.

TEMPERATURA DEL COLOR: Es la temperatura que debe alcanzar un cuerpo negro ideal para que el tono de luz emitido sea igual a la de la lámpara considerada. Según la ley de Wien, hay una relación inversa entre la λ (m) en la que se produce el pico de emisión de un cuerpo negro y su temperatura (K), de acuerdo con: $T = 0{,}002898/ \lambda_{max}$. La temperatura de color se refiere únicamente a la apariencia de color de la luz, pero no a su composición espectral.

Luz cálida 2200-3500 K: A menor temperatura de color, la luz se vuelve más cálida y con tonos más amarillos y anaranjados. Se asocia generalmente con una sensación acogedora y relajante, al simular la luz del atardecer o las llamas de una chimenea. Crea una atmósfera íntima y agradable, ideal para espacios de descanso y relajación.

Blanco neutro 3500-4500 K: Se encuentra en el rango intermedio de la escala de temperatura de color. Proporciona una iluminación clara y brillante. Es muy utilizada en entornos de trabajo, oficinas, cocinas y áreas donde se necesita una iluminación nítida y precisa.

Blanco frío 5000-6500 K: Se refiere a una temperatura de color alta dentro de la escala de temperatura de color. Tiene un tono blanco con matices azulados o blancos brillantes. Es una luz que proporciona una sensación de alerta, energía y concentración, que puede resultar demasiado intensa o fría para espacios de descanso o áreas de relajación [9].

OBJETIVOS

Definimos el ambiente sosegado como aquel en el que disminuye el nivel de alerta, por tanto, disminuye el nivel de cortisol y aumenta la melatonina, adecuado para la realización de actividades de relax y desconexión. En este trabajo se ha medido el espectro de emisión y la iluminancia para diferentes fuentes luminosas para catalogarlas como de ambiente sosegado o ambiente de alerta. Los objetivos son:

- Analizar cuantitativamente la iluminancia de diferentes fuentes para valorar su uso en ambientes sosegados.
- Estudiar el patrón espectral característico de las diferentes fuentes y analizar sus diferencias.
- Determinar la composición espectral de las fuentes y estudiar la relación entre el color y respuesta espectral.
- Investigar las diferencias en la temperatura del color de diferentes luminarias led.

RESULTADOS

Se han estudiado diferentes luminarias: bombillas de tubo fluorescente 11 W Philips y Osram; bombillas halógenas de 35 W y 50 W; bombillas led con diferente temperatura de color 3200 K, 4000 K y 6400 K y diferente potencia, 5W, 10W y 15 W; incandescentes con diferente potencia 40 W, 60 W y 100 W y diferente color, 60 W azul.

Para el estudio de la composición espectral se ha utilizado un espectrómetro UV-Vis *Blackcomet concave grating* series de *STELLARNET* de rango 220 a 1100 nm Figura 3, izquierda. Para la determinación de la iluminancia se ha utilizado un luxómetro RS 0-50.000 LUX (± 8 %), calibrado con lámpara de volframio de luz paralela de tipo estándar de 2856 K de temperatura, Figura 3, centro. Las medidas se han realizado en condiciones de oscuridad a una distancia de 1 m y calibrando el epectrofotómetro y el luxómetro de acuerdo con las especificaciones de los instrumentos Figura 3, derecha.



Figura 3: Espectrofotómetro UV-Vis (izquierda); Luxómetro (centro); Montaje experimental (derecha).

El análisis de las distintas luminarias ha permitido obtener los siguientes resultados:

1. Los niveles de iluminancia analizados con el luxómetro pueden verse en la Figura 4.

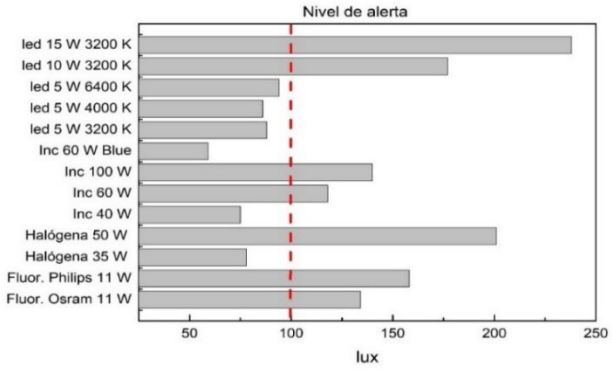


Figura 4: Niveles de iluminancia experimental obtenidos para las diferentes luminarias.

La línea discontinua, en rojo, indica el nivel por debajo del cual la luminaria se considera adecuada para uso en ambientes sosegados, ya que las fuentes que presentan niveles de iluminancia superiores a 100 lux aumentan los niveles de alerta cuando son captadas por nuestros ojos [3].

2. Tras tomar el espectro con el espectrómetro UV-Vis se observa en la Figura 5 que el patrón del espectro varía enormemente de un tipo a otro de luminaria, lo que permite diferenciarlas, ya que es característico de cada tipo.

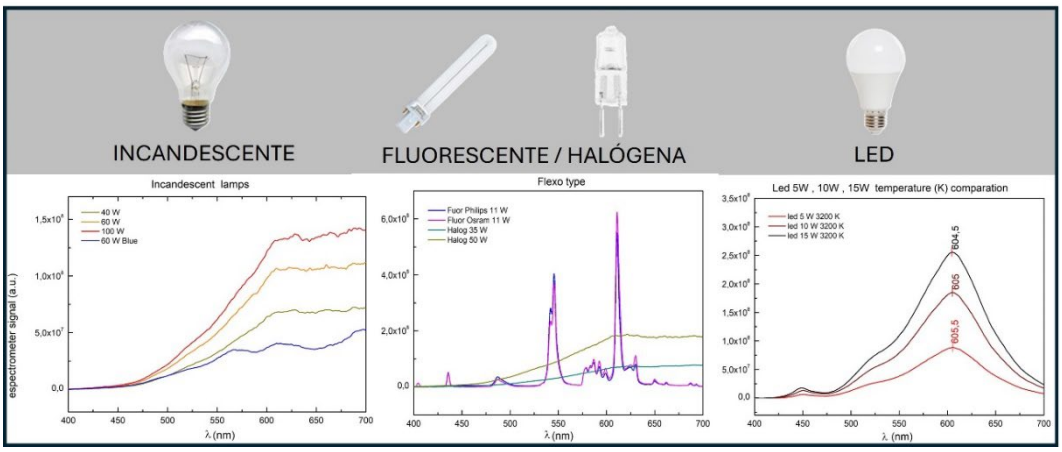


Figura 5: Respuesta espectral de las diferentes luminarias estudiadas.

En las gráficas de la Figura 5, se representa la luz detectada por el espectroscopio, frente a la longitud de onda en el rango visible (400-700 nm). Se observa que las lámparas incandescentes y halógenas presentan mayor emisión hacia el infrarrojo (IR)>700 nm. Esto hace que sean ineficientes desde el punto de vista energético. Además, para cada tipo de luminaria, un aumento de potencia lumínica se corresponde con un aumento de señal lumínica, excepto en el caso de la bombilla incandescente azul de 60 W, cuya señal está por debajo de la de 40 W.

3.- Se obtuvo la composición espectral de las bombillas fluorescentes de dos flexos de escritorio para analizar el efecto del color y el tipo de luminaria en el espectro. Se concluye que dos fuentes de luz pueden poseer un color muy diferente, según la percepción de la retina, y sin embargo presentar una respuesta emisiva parecida, y a la inversa, Figura 6.

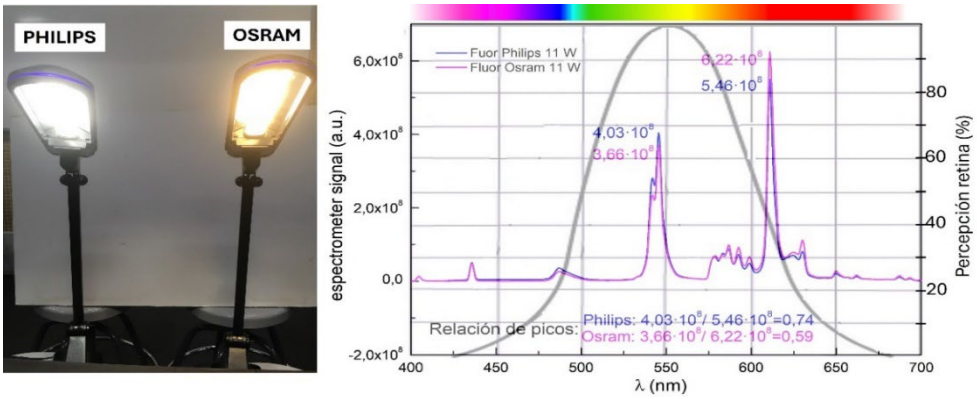


Figura 6: Tubos fluorescentes 11 W (izquierda); Superposición de respuesta espectral del espectroscopio (líneas azul y magenta), a la percepción de la retina (línea gris) [8] (derecha).

En la Figura 6, izquierda, se muestra la imagen de dos flexos, con bombilla fluorescente de 11 W, de iguales características, pero distinto fabricante. Se aprecia una clara diferencia de color en la luz que emiten. Sin embargo, si vemos la Figura 6, derecha, la respuesta espectral es prácticamente la misma, al mantener la posición de los picos de emisión. ¿Qué origina entonces esa diferencia de color tan apreciable? Se ha superpuesto la imagen de la respuesta espectral del espectroscopio a la imagen de la respuesta espectral de la retina [8]. Analizando ambas figuras vemos que en la bombilla Osram la señal de pico de 550 nm es alrededor de un 59 % respecto a la de 632 nm. En la bombilla Philips, de apariencia blanca, la relación de picos es del 74 %. Además, a eso hay que sumar que la retina es un 60% menos sensible a 632 nm que a 550 nm [8]. Es decir, el pico dominante para la vista es el de 550 nm en lugar del de 632 nm, por eso el ojo aprecia un color más blanco de la luz.

4.- Se analizan las diferencias en la temperatura del color de leds del mismo fabricante. Se ha estudiado el espectro de emisión para valorar las diferencias de la temperatura de color en dicho espectro, y si se ve afectado al variar la potencia para una misma temperatura de color. Los resultados se muestran en la Figura 7.

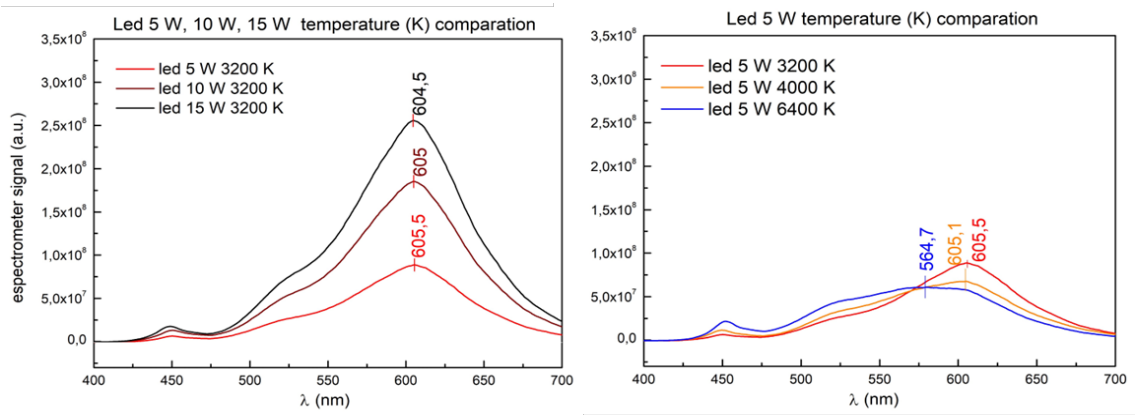


Figura 7: Respuesta espectral de diferentes luminarias led. Diferente potencia (izquierda); Diferente temperatura de color (derecha).

Al aumentar la potencia el máximo de emisión y el perfil se mantienen. Por ello, la temperatura de color será la misma Figura 7, izquierda. Al estudiar el efecto de la temperatura de color, Figura 7, derecha, se aprecia que la intensidad del pico principal

disminuye y se desplaza a λ menores, por lo que varía su color. Por otro lado, el área bajo las curvas se mantiene, por lo que la cantidad de luz emitida será la misma.

CONCLUSIONES

- Las luminarias para ambientes sosegados deben cumplir: iluminancia < 100 lux y temperatura de color < 4000 K.
- Las halógenas e incandescentes, tienen mayor emisión IR (≥ 700 nm). Las fluorescentes sólo líneas de emisión y las led son las que mejor reproducen el tipo de espectro solar.
- La temperatura de color depende de la emisión de la luminaria y la sensibilidad espectral de la retina. La temperatura vendrá del pico dominante, cerca del máximo de sensibilidad visual (550 nm).
- Los máximos de la emisión de las led de diferente temperatura de color se desplazan inversamente a la longitud de onda con una diferencia total de 50 nm que produce la variación de la temperatura de color de 6400 a 3200 K.

REFERENCIAS:

[1] Rea, M.S., Figueiro, M.G. and Bullough, J.D (2002). “Circadian photobiology: An emerging framework for lighting practice and research”. *Light Res.Tech*, 34 (3), pp. 177-190. https://doi.org/10.1191/1365782802lt057oa

[2] Hofstra., W.A., de Weerd, Al W. (2008). “How to assess circadian rhythm in humans: A review of literature”. *Epilepsy & Behavior*, 13 (3), pp. 438–444. https://doi.org/10.1016/j.yebeh.2008.06.002

[3] Cajochen, C., Zeitzer, J. M., Czeisler, C. A., & Dijk, D.-J. (2000). “Dose-response relationship for light intensity and ocular and electroencephalographic correlates of human alertness”. *Behavioural Brain Research* 115 (1), pp. 75-83. https://doi.org/10.1191/1365782802lt057oa

[4] Sahin, L. and Figueiro, M. G. (2013). ”Alerting effects of short-wavelength (blue) and long-wavelength (red) lights in the afternoon”. *Physiol. Behav*. 116–117C, pp. 1–7. https://doi.org/10.1191/1365782802lt057oa

[5] Brainard, G. C., Hanifin, J.P., Greeson, J. M., Byrne, B., Glickman, G., Gerner, E. and Rollang, M. D. (2001). “Action spectrum for melatonin regulation in humans: Evidence for a novel circadian photoreceptor”. *J. Neurosci*, 21 (16) pp. 6405-6412. https://doi.org/10.1191/1365782802lt057oa

[6] Rea, M.S., Figueiro, M.G., Bullough, J.D. and Bierman, A. (2005). “A model of phototransduction by the human circadian system”. *Brain Res. Rev.* 50 (2), pp. 213-228. https://doi.org/10.1191/1365782802lt057oa

[7] Figueiro, M.G. (2013). “An overview of the effects of Light on Human Circadian Rhythms: Implications for new light sources and lighting system design”. *J. Light & Vis. Env.* 37 (2-3), pp. 51-61. https://doi.org/10.1191/1365782802lt057oa

[8 Robinson, S. J. and Schmidt, J. T., Fluorescent Penetrant Sensitivity and Removability. (1984). “What the Eye Can See, a Fluorometer Can Measure”. *Materials Evaluation*. 42 (8), pp. 1029-1034. https://doi.org/10.1191/1365782802lt057oa

[9] https://www.igan-iluminacion.com/es/content/que-es-la-temperatura-de-color#:~:text=La%20temperatura%20de%20color%20de%20la%20luz%20c%C3%A1lida%20generalmente%20se,tonos%20m%C3%A1s%20amarillos%20y%20anaranjados

Modificación de biopolímeros mediante la incorporación de nanopartículas obtenidas de cascarilla de cacao

Sempere Torregrosa, Jaume[(1)], De la Rosa Ramírez, Harrison[(1)], Martínez Serrano, Nerea[(1)], Samper Madrigal, Mª Dolores[(1)]

(1) Instituto Universitario de Tecnología de Materiales (IUTM), Universitat Politècnica de València (UPV), Plaza Ferrándiz y Carbonell s/n. 03801, Alcoy (Alicante), jausemto@upv.es, hardela@epsa.upv.es, nmarser@epsa.upv.es, masammad@upv.es

RESUMEN

En este proyecto se expone el desarrollo de una mezcla de biopolímeros con el objetivo de mejorar la propiedad barrera del poli (ácido láctico) (PLA), empleando poli (hidroxibutirato) (PHB). Para mejorar la compatibilidad de estos polímeros se incorporo un 7 phr de aceite de semilla de borraja maleinizado (MBSO), consiguiendo un incremento en las propiedades dúctiles y una mejora de la miscibilidad. Los materiales se reforzaron con un 1 y 3 % p/p de nanopartículas obtenidas a partir de residuos orgánicos de cascara de semilla de cacao (nC: Cacao nanoparticles). Los materiales se procesaron por microextrusión y se bobinaron en forma de film simulando condiciones industriales y se caracterizaron teniendo las posibles futuras aplicaciones como el sector del envasado de alimentos que consumen grandes cantidades de materiales plásticos.

Palabras clave: Biopolímero biodegradables, nanopartículas, residuos vegetales, plastificantes, bionanocompuestos.

INTRODUCCIÓN

La demanda de uso de materiales poliméricos en diversos sectores ha aumentado en las últimas décadas, debido a la versatilidad durante su procesamiento y una variedad de propiedades que ha provocado un aumento en la investigación en diferentes campos.

La gran mayoría de estos materiales son de origen de recursos petroquímicos que aceleran el agotamiento de estos recursos y encarece los productos relacionados. La síntesis y producción de estos materiales también genera alto impacto ambiental y huella de carbono, así como una gran acumulación de residuos plásticos no biodegradables que afectan a la fauna y flora de diversos ecosistemas [1].

En respuesta a estos problemas ha aumentado la investigación y desarrollo de alternativas que aporten a una transición más respetuosa con el medioambiente. Una de estas alternativas es el desarrollo de materiales obtenidos a partir de recursos renovables, con un menor impacto y más sostenible denominados biopolímeros. Estos materiales tienen origen total o parcial de plantas, árboles o en algunos casos animales. Dentro de esta variante de materiales existe la posibilidad de obtener materiales biodegradables que no causen acumulaciones de residuos plásticos, y en algunos casos compostables pudiendo utilizarlos como biomasa en agricultura cerrando el ciclo de vida de los materiales, y aplicando el concepto de economía circular.

La alta producción de materiales biodegradables puede causar un alto consumo de recursos naturales, que en algunos casos se hubiesen destinado para alimentación. Además, pudiendo favorecer la deforestación en algunas zonas de bosques o selvas

silvestres con el fin de producir materiales poliméricos en algunos casos no biodegradables.

Con el fin de mitigar dicho impacto ambiental ha aumentado la investigación de residuos post consumo y residuos orgánicos sobrantes de líneas de producción del sector alimentario para obtener materiales, plastificantes y aditivos sin emplear recursos vírgenes. Dentro de esta variante existe la posibilidad de obtener nanocargas lignocelulósicas a partir de residuos vegetales para incorporarlos a biopolímeros para modificar las propiedades evitando utilizar materiales vírgenes [2].

OBJETIVOS

El objetivo principal de este trabajo es la obtención de nanopartículas a partir de restos de cascara de semilla de cacao, para incorporarlos como nanocarga a una mezcla de biopolímeros modificando las propiedades y reduciendo el coste empleando residuos orgánicos recuperados.

Las nanopartículas obtenidas se incorporarán a una mezcla de PLA (75%) y PHB (25%), que ha sido plastificada con aceite de semilla de borraja maleinizado (MBSO) 7 phr, respecto a la base de PLA-PHB. Para conocer el efecto de las nanopartículas extraídas a partir de la cascara de semilla de cacao (nC) en la formulación desarrollada se realizaron dos formulaciones con 1 y 3 phr Las nanopartículas fueron observadas mediante microscopía electrónica de transmisión (TEM) y analizadas mediante análisis termogravimétrico (TGA).

Las formulaciones obtenidas se caracterizarán mediante diferentes técnicas para conocer el efecto de las nanopartículas en la mezcla de biopolímeros y sus posibles aplicaciones, como ensayo de tracción, colorimetría y apariencia visual.

RESULTADOS

La extracción de nanopartículas a partir de residuos orgánicos de cascara de semilla de cacao. La metodología empleada para la obtención de nanopartículas se desarrolló siguiendo el proceso experimental por M.P. Arrieta [3].

El método de extracción de nanopartículas se realizó partiendo de los residuos de cacao, inicialmente se seca los residuos de las infusiones a 60ºC durante 24 h y triturarlos. Después, se utilizaron 6 g de residuos mezclados con 200 ml de agua destilada y se calentaron a 100ºC a reflujo durante 1 hora con agitación magnética. La solución se filtró a condiciones ambientales y al vació, posteriormente se congelo la solución para finalmente liofilizarla para obtener el nanoaditivo en forma de polvo.

Las nanopartículas se observaron mediante TEM para comprobar la escala nanométrica de las nanocargas obtenidas (Figura 1).

Las nanopartículas obtenidas se incorporarán en diferentes concentraciones 1 y 3 phr en una mezcla de PLA (75%) – PHB (25%), empleando aceite de semilla de borraja (MBSO) 7 phr en peso como agente plastificante compatibilizante entre ambos biopolímeros. Las formulaciones se realizan en forma de *films* para caracterizarlos teniendo en cuenta su posible utilización en el sector del envase y embalaje.

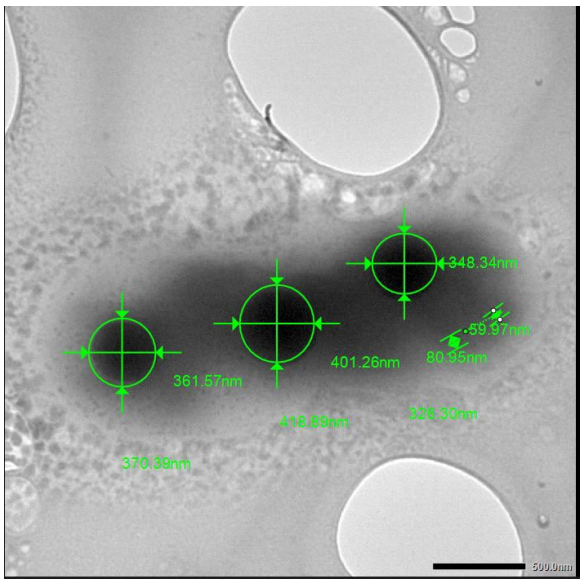


Figura 1. Imágenes obtenidas en TEM de nC a 500nm.

El procesamiento de las formulaciones se realizó mediante extrusión, donde los distintos componentes se mantuvieron durante 2 min dentro de una microextrusora para conseguir una mejor homogeneidad. Posteriormente, mediante un acople de *cast film* se extruyo mediante bobinado empleando diferentes rodillos para controlar el espesor de los *films*.

Previamente al procesado de las formulaciones se realizó un análisis termogravimétrico a las nanopartículas (nC) obtenidas, y al plastificante desarrollado (MBSO), para conocer su viabilidad y evitar la degradación mediante el proceso de extrusión. Los resultados de TGA para los componentes empleados para la modificación de la mezcla de biopolímeros muestran unas temperaturas de degradación que les permite ser incorporados y procesados mediante procesos de extrusión a altas temperaturas.

La temperatura a la cual se ha degradado un 5% de la muestra de nC antes de 100°C, representado una perdida de la humedad y del contenido de agua. Para el caso de MBSO se observa una temperatura que supera los 300°C para un 5% de la degradación de la muestra. Los resultados de degradación máxima a la que se degrada una mayor cantidad de material muestran valores que superan las temperaturas de procesado a las que se trabaja con PLA – PHB, lo que muestra valores viables para su procesamiento.

Tabla 1. Resultados de TGA de los componentes incorporados.

Material	TGA Parametros		
	$T_{5\%}$ (ºC)	T_{max} (ºC)	$W_{600\%}$ (%)
nC	63.3	230.3	35.4
MBSO	305.5	426.3	7.88

En lo que representa los resultados de propiedades mecánicas, Tabla 2, la muestra PLA obtiene los valores más elevados de resistencia a tracción, y unos valores bajos de alargamiento a la rotura, comportamiento típico de un material frágil. La adición de un 25% p/p de PHB a la matriz de PLA provoca una disminución de la resistencia a tracción y alargamiento a la rotura. La utilización de MBSO como plastificante y compatibilizante provoca una mejora de la miscibilidad de ambos materiales, obteniendo un ligero incremento de resistencia a tracción, y un gran incremento de alargamiento a la rotura, consiguiendo un incremento de la ductilidad respecto a las formulaciones sin incorporaciones. La incorporación de 1 y 3 phr de nC obtiene una reducción de las propiedades mecánicas obtenidas, en la resistencia a tracción consigue una reducción que puede ser provocada por las nanopartículas actuando como puntos de concentración de tensiones. Este efecto puede verse incrementado por una mala homogeneidad de las nanopartículas en los films. En el caso del alargamiento a la rotura se observa una diferencia en los resultados obtenidos, con valores que reducen el alargamiento, pero obteniendo valores superiores que muestran un comportamiento dúctil para 1 phr de nC. Sin embargo, para la formulación de 3 phr de nC se observa una mayor reducción que puede estar causada por una baja dispersión de las nanopartículas en los films que provoquen un incremento en los posibles puntos de rotura.

Tabla 2. Principales propiedades mecánicas de las formulaciones.

Muestras	Resistencia a Tracción (MPa)	Alargamiento a la rotura (%)
PLA	36.7 ± 3.6	7.3 ± 2.3
PLA – PHB (B)	19.5 ± 1.1	4.9 ± 1.8
B-7MBSO	24.5 ± 2.6	54.4 ± 13.9
B-7MBSO-1nC	17.1 ± 0.9	20.8 ± 7.9
B-7MBSO-3nC	14.8 ± 1.0	9.2 ± 2.7

Tabla 3. Parámetros CIEALAB de los nanocompuestos desarrollados, films entre 40-60 µm.

Materiales	ΔL	Δa	Δb	ΔE
PLA	-1.6 ± 0.4	-0.006 ± 0.05	0.17 ± 0.06	1.4 ± 0.6
PLA-PHB (B)	-1.4 ± 0.05	-0.02 ± 0.01	0.62 ± 0.2	1.3 ± 0.09
B-7MBSO	-1.8 ± 0.05	-0.21 ± 0.03	0.97 ± 0.008	2.2 ± 0.08
B-7MBSO -1nC	-3.7 ± 0.02	0.12 ± 0.05	4.5 ± 0.03	17.5 ± 0.1
B-7MBSO -3nC	-3.0 ± 0.2	0.05 ± 0.03	2.9 ± 0.04	9.2 ± 0.7

Los resultados representados en la Tabla 3 muestran valores de muestras transparentes como se puede apreciar en las imágenes de apariencia visual (Figura 1). Las formulaciones iniciales muestran valores similares de luminosidad, representativos de materiales transparentes. La incorporación de 1 y 3 phr de nC muestra una mayor variación de los resultados de luminosidad, valores que se aprecian en las imágenes de apariencia visual. En el caso de la coordenada a* se observa una variación tras la adición de MBSO, indicando una variación hacia una tonalidad verde, contrariamente a los resultados de 1 y 3 phr que muestran valores que varían hacia una tonalidad roja.

En cuanto a las coordenadas b*, se observa una mayor variación de los resultados tras incorporar nanopartículas a la formulación, observando una variación hacia el color amarillo. Los resultados muestran un color de superficie marrón claro con una tonalidad rojiza, resultados observables en la Figura 1.

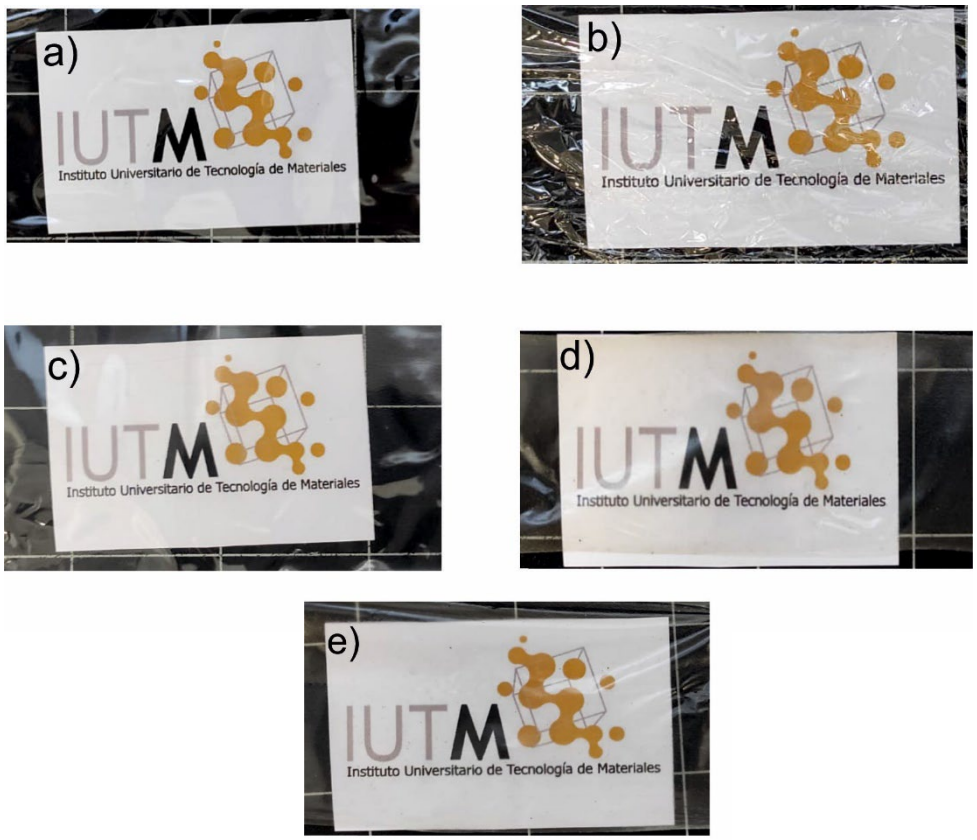


Figura 2. Imágenes del estudio de apariencia visual, a) PLA; b) PLA (75%) – PHB (25%) (B); c) B-7MBSO; d) B-7MBSO-1nC; e) B-7MBSO-3nC.

CONCLUSIONES

La extracción acuosa de las nanopartículas a partir de residuos vegetales orgánicos fue realizada con éxito, y observadas mediante TEM para confirmar la escala. Además, se realizó un análisis mediante TGA a los aditivos para confirmar su viabilidad.

El uso de aceite de semilla de borraja maleinizado (MBSO) consigue un efecto plastificante y compatibilizante en la mezcla inicial de PLA (75%) – PHB (25%), y obteniendo una variación de las propiedades mecánicas que se traducen como un incremento de la ductilidad. Por otro lado, la incorporación de nanopartículas de cascara de semilla de cacao consiguen una variación significativa de los resultados comparándolos con los del blend B-MBSO. Los resultados de colorimetría muestran unas superficies de un marrón claro con una ligera tonalidad rojiza, valores que se pueden confirmar tras observar las imágenes de apariencia visual.

Finalmente, los resultados obtenidos tras la caracterización de los films muestran un comportamiento mecánico interesante, y sin perjudicar excesivamente el aspecto de los

films de PLA, dando lugar a unos resultados interesantes para posibles aplicaciones del sector envase embalaje.

REFERENCIAS

[1] Chen, Y., Awasthi, A. K., Wei, F., Tan, Q., & Li, J. (2021). Single-use plastics: Production, usage, disposal, and adverse impacts.

[2] Kartik, A., Akhil, D., Lakshmi, D., Panchamoorthy Gopinath, K., Arun, J., Sivaramakrishnan, R., & Pugazhendhi, A. (2021). A critical review on production of biopolymers from algae biomass and their applications.

[3] Arrieta, M. P., Peponi, L., López D., & Fernández-García, M. (2018). “Recovery of yerba mate (Ilex paraguariensis) residue for the development of PLA-based bionanocomposite films”. Ind Crops Prod, 111, p.p. 317-328. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.10.042

Soluciones inteligentes para la gestión sostenible de edificios

Andres, Beatriz[(1)], Mengual-Recuerda, Ana[(2)], Poler, Raul[(1)], Sanchis, Raquel[(1)]

(1) Centro de Investigación en Gestión e Ingeniería de la Producción. Universitat Politècnica de València. bandres, rpoler, rsanchis,{ @cigip.upv.es } (Departamento, Universidad, dirección, mail)

(2) Departamento de Organización de Empresas. Universitat Politècnica de València. anmenre1@upvnet.upv.es

RESUMEN

En el contexto del sector de la construcción aumenta la demanda de soluciones inteligentes de gestión de edificios que optimicen el rendimiento de los mismos. Sin embargo, el sector de la construcción lleva mucho tiempo adoleciendo de la falta de un enfoque normalizado para organizar la información clave de los edificios. La compleja interacción de los sistemas eléctricos, térmicos y ambientales en los edificios modernos requiere la incorporación de indicadores de medición que los sistemas tradicionales de gestión de edificios no están preparados para abordar. Con el fin de hacer frente a estos desafíos, el presente artículo expone las bases del proyecto "*Intelligent and Sustainable Building Management powered by Cross-Sectoral Lifecycle Data*" (DATAWiSE), financiado por el programa Horizonte Europa y cuyo objetivo es desarrollar y probar herramientas de gestión de edificios y carteras de edificios, para maximizar tanto la eficiencia energética como el valor para las partes interesadas. Utilizando herramientas de inteligencia artificial y análisis avanzados, DATAWiSE integra datos de diversas fuentes para proporcionar una comprensión holística del funcionamiento de los edificios.

Palabras clave: inteligencia artificial, construcción, edificios, sostenibilidad.

INTRODUCCIÓN

Los datos se consideran a menudo como el "nuevo petróleo", un recurso transformador con un inmenso potencial para revolucionar la gestión y el funcionamiento del entorno en el que operan las industrias. Especialmente en el sector de la construcción, a medida que los imperativos de sostenibilidad se vuelven más urgentes, la demanda de soluciones inteligentes para la gestión de edificios, que optimicen el rendimiento de los mismos, aumenta [1]. Sin embargo, el sector de la construcción ha padecido durante mucho tiempo la falta de un enfoque estandarizado para organizar la información clave de los edificios desde el punto de vista del *big data* [2], lo que resulta en que los datos derivados de las mediciones sean heterogéneos, así como poco accesibles y además de calidad cuestionable y cantidad escasa [3]. Debido a la ausencia de un enfoque integral a largo plazo basado en el ciclo de vida, los gestores de instalaciones se centran en la fase operativa a corto plazo de los edificios [4], sin considerar los tres aspectos de la sostenibilidad (medioambiental, social y económico)[5]. Además, la compleja interacción [6] de los sistemas eléctricos, térmicos y ambientales en los edificios modernos presenta nuevos desafíos [2] y requiere la incorporación de indicadores clave de rendimiento que los sistemas tradicionales de gestión de edificios no están preparados para abordar[7].

Para enfrentar estos retos, el presente artículo introduce el proyecto "*Intelligent and Sustainable Building Management powered by Cross-Sectoral Lifecycle Data*" (DATAWiSE)[8], financiado en el programa marco Horizonte Europa. El objetivo general de DATAWiSE es desarrollar y probar herramientas de gestión de edificios y carteras

de edificios, aprovechando los datos del ciclo de vida intersectorial, basándose en un marco abierto, seguro, interoperable y escalable, para maximizar tanto la eficiencia energética como el valor para las partes interesadas. Utilizando inteligencia artificial de vanguardia y análisis avanzados, la metodología integra datos de diversas fuentes para proporcionar una comprensión holística del funcionamiento de los edificios, o carteras de edificios. Además de la innovación tecnológica, el proyecto también incorpora un marco político y de mercado de apoyo diseñado para ofrecer vías basadas en pruebas para la adopción y comercialización generalizadas.

Se generan una serie de necesidades:

- Necesidad de un enfoque estandarizado para organizar la información de los edificios, dada la heterogeneidad actual y la naturaleza asíncrona de los datos relacionados con los edificios.
- Necesidad de soluciones inteligentes de gestión de edificios para optimizar el rendimiento de los edificios, especialmente en el contexto de los crecientes imperativos de sostenibilidad.
- Necesidad de pasar de un enfoque operativo a corto plazo a un enfoque integral a largo plazo basado en el ciclo de vida que tenga en cuenta los tres aspectos de la sostenibilidad (medioambiental, social y económico).
- Necesidad de abordar la compleja interacción de los sistemas eléctricos, térmicos y medioambientales en los edificios modernos, que los sistemas tradicionales de gestión de edificios no están equipados para gestionar.
- Demanda de datos de mayor calidad y más accesibles para mejorar la gestión de los edificios y los esfuerzos de sostenibilidad.

A continuación, se presenta el proyecto DATAWiSE, para ello se presentan los objetivos del proyecto y los resultados esperados. Finalmente, se presenta un resumen y las conclusiones, así como líneas futuras de investigación en lo que se refiere a la consecución del proyecto.

OBJETIVOS

El objetivo general de DATAWiSE es desarrollar y validar herramientas inteligentes de gestión de edificios y carteras de edificios, para maximizar tanto la eficiencia energética como el valor para las partes interesadas. Este objetivo general se divide en siete de objetivos específicos (OE):

OE.1 Establecer el marco fundacional del proyecto DATAWiSE definiendo la visión, los estándares y las metodologías de participación de las partes interesadas, incluidos los enfoques del ciclo de vida y los KPI.

- Fomentar la colaboración entre las partes interesadas y los usuarios finales, incluidos los ocupantes de edificios, los gestores de instalaciones y fondos, los agentes del mercado y los responsables políticos.
- Definir fuentes de datos y servicios basados en datos a través de sesiones de co-creación centradas en el usuario para dar forma a los servicios y las oportunidades de negocio.
- Mejorar los indicadores clave de rendimiento, centrándose principalmente en los aspectos energéticos y medioambientales, con un enfoque de ciclo de vida.

OE.2 Diseñar y aplicar una arquitectura de datos escalable que garantice la calidad, la privacidad, la interoperabilidad y la puesta en común de los datos.

- Emplear técnicas de alto nivel para tratar datos exhaustivos relacionados con la construcción, centrándose en la escalabilidad y la gestión eficiente.
- Abordar cuestiones de calidad y privacidad mediante medidas y protocolos que garanticen la precisión y el cumplimiento de la legislación.
- Intercambiar datos de forma interoperable y segura mediante mecanismos normalizados y una plataforma que también de prioridad a la propiedad de datos.

OE.3 Aprovechar la inteligencia artificial para recopilar los datos, fomentando la comprensión de los ámbitos energético y medioambiental.

- Implementar controladores de comunicación que interactuarán con diferentes sistemas de edificios, como contadores de energía, sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado e iluminación, para recopilar una amplia gama de datos.
- Desarrollar soluciones basadas en inteligencia artificial (IA) para la fusión de datos, que emplearán técnicas avanzadas de aprendizaje automático para sintetizar tipos de datos dispares. Estas técnicas ofrecerán explicaciones centradas en el ser humano para los resultados de los modelos de IA, ayudando así a los usuarios a tomar decisiones bien informadas.

OE.4 Desarrollar herramientas de Gestión Inteligente de Edificios para la gestión holística de edificios y la toma de decisiones basada en la evidencia. Las herramientas de gestión inteligente de edificios DATAWiSE permitirán a los gestores de instalaciones y fondos analizar, optimizar y tomar decisiones informadas sobre la generación de energía, el consumo, el almacenamiento y la comodidad de los ocupantes en los edificios, además de evaluar la capacidad de soportar los riesgos climáticos. Desarrollar,

- un conjunto de herramientas de Gestión del Rendimiento de Edificios Basada en Datos (DBPM) que aprovechará los datos del Modelado de Información de Edificios (BIM) junto con técnicas avanzadas de minería de datos a través de un gemelo digital.
- un conjunto de herramientas de apoyo a la toma de decisiones basadas en datos del ciclo de vida (LD2S) mejorado con IA. Se trata de una solución versátil para la toma de decisiones bien informadas en los ámbitos de la planificación, la renovación y la sostenibilidad.

OE.5 Desarrollar Servicios Integrados para Mejorar la Eficiencia Energética, Prolongar el Ciclo de Vida y Gestionar el Rendimiento Holístico a través del uso de las herramientas de Gestión Inteligente de Edificios DATAWiSE.

- Ofrecer un conjunto de servicios de valor añadido destinados a optimizar la gestión de los edificios en varios aspectos: eléctricos, térmicos, energía, mantenimiento predictivo, sostenibilidad, confort.

RESULTADOS

El proyecto DATAWiSE tiene planteadas el siguiente kit de herramientas:

- DATAWiSE DBPM Gestión del rendimiento de los edificios basada en datos, (*Data-driven Building Performance Management*, DBPM)

- DATAWiSE LD2S apoyo a la toma de decisiones basado en datos a lo largo del ciclo de vida de los edificios (*Lifecycle Data-driven Decision Support*, LD2S)
- DATAWiSE Plataforma de intercambio de datos

Las Herramientas de Gestión Inteligente de Edificios del proyecto DATAWiSE permitirán la prestación de una serie de servicios, tanto energéticos como no energéticos, entre los que se incluyen:

- **Gestión de la flexibilidad eléctrica y térmica**: Este servicio permitirá un análisis exhaustivo de la cartera con vistas a una gestión y optimización acertadas de la generación, el consumo y el almacenamiento de energía en los edificios utilizando la flexibilidad implícita de los distintos activos eléctricos y térmicos. En concreto, ofrecerá (i) funciones detalladas de supervisión de la energía, incluida la agrupación de usuarios y la fijación avanzada de precios dinámicos para inferir la elasticidad de grupos específicos a las señales de precios del mercado, y (ii) un potente motor de optimización, basado en los costes energéticos horarios, para gestionar un conjunto de activos de generación y almacenamiento, y proponer las estrategias de cambio o almacenamiento de energía más adecuadas para cada hora del día.
- **Previsiones y optimización energéticas basadas en IA**: Este servicio utilizará modelos de previsión, tanto de generación como de demanda de los edificios, y un algoritmo de optimización, para recomendar un plan de gestión basado en estas estimaciones futuras, en alineación con las capacidades y necesidades energéticas del edificio. Esto permitirá equilibrar el consumo energético del edificio con su generación de energía renovable, maximizando la eficiencia energética y la sostenibilidad. Se evaluarán diferentes métodos de optimización de IA, como métodos heurísticos, metaheurísticos o de aprendizaje por refuerzo.
- **Equilibrio inteligente entre sostenibilidad y confort para los ocupantes de edificios**: Este servicio proporcionará recomendaciones inteligentes a los ocupantes de edificios para equilibrar la sostenibilidad y el confort de los usuarios. Para ello se utilizarán modelos de IA de vanguardia para la previsión del consumo de energía. Los modelos de IA analizarán los datos históricos, los patrones meteorológicos, el comportamiento de los ocupantes y otros factores relevantes para predecir el consumo de energía en distintos periodos de tiempo, como el diario, el semanal, el mensual o el estacional. Las recomendaciones tendrán en cuenta las preferencias de los ocupantes y sus necesidades de confort, y podrán incluir sugerencias para ajustar la calefacción y la refrigeración, optimizar el uso de los aparatos e identificar posibles mejoras de la eficiencia energética.
- **Evaluación del riesgo y la capacidad de adaptación de los edificios**: Este servicio evaluará la vulnerabilidad de los edificios y las carteras de edificios a los peligros relacionados con el clima e identificará los principales riesgos climáticos y el potencial de adaptación. La evaluación se basará en el marco conceptual del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC (AR6))[9], que define los riesgos como una función del peligro, la exposición y la vulnerabilidad, mientras que esta última se define por la sensibilidad y la capacidad de adaptación. En particular, este servicio implicará el uso de datos sobre proyecciones climáticas para el cálculo de indicadores seleccionados de peligros relacionados con el clima relevantes para los edificios (por ejemplo, inundaciones, tormentas, incendios, deslizamientos de tierra, temperaturas extremas y olas de calor,

heladas, sequías, incomodidad térmica humana, demanda de energía para refrigeración/calefacción, etc.), la evaluación de la exposición de los edificios a los peligros relacionados con el clima, así como la evaluación de la sensibilidad de los edificios a los peligros climáticos, y la evaluación de la vulnerabilidad socioeconómica de la población afectada. Además, la evaluación explorará posibles estrategias y medidas de adaptación para mejorar la resiliencia y mitigar los riesgos climáticos.

- **Evaluación del ciclo de vida circular**: Facilitará la toma de decisiones durante la fase de diseño del edificio para su rehabilitación, teniendo en cuenta tanto los flujos de materiales anteriores (producción) como posteriores (fin de vida). Además, utilizando la información recopilada de los objetos del Modelo de Información de Construcción (Building Information Modeling, BIM)[10], el servicio examinará las aplicaciones de segunda vida de los materiales de construcción, proporcionando estrategias de reciclaje y una metodología de minería urbana.
- **Mantenimiento predictivo**: Este servicio proporcionará apoyo a la toma de decisiones para el mantenimiento predictivo en edificios. En particular, proporcionará predicciones mejoradas de fallos en los equipos y detectará averías, permitiendo intervenciones de mantenimiento a tiempo y evitando costosos tiempos de inactividad. Se utilizarán algoritmos de regresión de IA para predecir la vida útil restante de los componentes en función de las características seleccionadas, con el fin de identificar las necesidades de mantenimiento para prolongar la vida útil de todos los edificios. Este enfoque proactivo permitirá la rápida detección de anomalías y desviaciones, permitiendo a los gestores de las instalaciones tomar medidas correctivas inmediatas antes de que los fallos se conviertan en problemas críticos.
- **Gestión integrada del rendimiento de la sostenibilidad**: Este servicio facilitará la supervisión, el análisis y la elaboración de informes exhaustivos sobre el rendimiento de la sostenibilidad dentro del edificio y del sistema de gestión de la cartera de edificios. Los propietarios de los edificios y los gestores de las instalaciones tendrán acceso a información en tiempo real y a paneles de rendimiento, lo que les permitirá tomar decisiones basadas en datos para optimizar las prácticas de sostenibilidad. La tarea implicará la colaboración con las partes interesadas para definir los indicadores clave de rendimiento (KPI) y los marcos de información adecuado.
- **Evaluación de la preparación inteligente**: Este servicio facilitará la evaluación de la preparación inteligente de los edificios siguiendo los principios introducidos en la revisión de 2018 de la Directiva Europea de Eficiencia Energética de los Edificios (European Energy Performance of Buildings Directive, EPBD)[11]. Una aplicación web permitirá a los gestores e inspectores de las instalaciones introducir información relacionada con el ISR y ofrecerá un cuadro de mandos para la visualización de métricas e índices adaptados a las necesidades de las distintas partes interesadas.

CONCLUSIONES

El proyecto DATAWiSE impulsa la gestión de la construcción mediante la integración de la IA y el análisis de datos, estableciendo nuevas normas para la calidad de los datos y la interoperabilidad. Fomenta la innovación en el sector al ofrecer soluciones inteligentes para la construcción basadas en el ciclo de vida, lo que puede influir en la

reglamentación y la normativa. Al centrarse en la sostenibilidad, el proyecto DATAWiSE se ajusta a los objetivos medioambientales y crea soluciones equitativas para diversos activos de la construcción, lo que beneficia a la sociedad en general.

AGRADECIMIENTOS

The research leading to these results received funding from the European Union Horizon Europe Programme with grant agreement No. 101147855 “Intelligent and Sustainable Building Management powered by Cross-Sectoral Lifecycle (DATAWiSE)”

REFERENCIAS

[1] J. Hossain *et al.*, “A Review on Optimal Energy Management in Commercial Buildings,” *Energies*, vol. 16, no. 4. 2023.

[2] Y. Himeur *et al.*, “AI-big data analytics for building automation and management systems: a survey, actual challenges and future perspectives,” *Artif. Intell. Rev.*, vol. 56, no. 6, pp. 4929–5021, 2023.

[3] U. Hartenberger, Y. Ostermeyer, and T. Lützkendorf, “The building passport: a tool for capturing and managing whole life data and information in construction and real estate–practical guideline,” *Glob. Alliance Build. Constr. United Nations Environ. Program.*, 2021.

[4] I. Wrase, H. Bernegger, and M. Meslec, “A real estate life cycle meta-instrument assessing and enabling sustainable decision-making and management for real estate owners and stakeholders,” *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 1176, no. 1, p. 12027, 2023.

[5] C. Nägeli, A. Farahani, M. Österbring, J.-O. Dalenbäck, and H. Wallbaum, “A service-life cycle approach to maintenance and energy retrofit planning for building portfolios,” *Build. Environ.*, vol. 160, p. 106212, 2019.

[6] F. Karim, A. F. Henry, V. Christos, and W. Graham, “Taxonomy for BIM and Asset Management Semantic Interoperability,” *J. Manag. Eng.*, vol. 34, no. 4, p. 4018012, Jul. 2018.

[7] D. K. Abideen, A. Yunusa-Kaltungo, P. Manu, and C. Cheung, “A Systematic Review of the Extent to Which BIM Is Integrated into Operation and Maintenance,” *Sustainability*, vol. 14, no. 14. 2022.

[8] DATAWiSE, “Intelligent and Sustainable Building Management powered by Cross-Sectoral Lifecycle,” *Horizon Europe. Grant Agreement 101147855*, 2024. [Online]. Available: 10.3030/101147855.

[9] T. Kanitkar, A. Mythri, and T. Jayaraman, “Equity assessment of global mitigation pathways in the IPCC Sixth Assessment Report,” *Clim. Policy*, pp. 1–20, 2024.

[10] S. Tang, D. R. Shelden, C. M. Eastman, P. Pishdad-Bozorgi, and X. Gao, “A review of building information modeling (BIM) and the internet of things (IoT) devices integration: Present status and future trends,” *Autom. Constr.*, vol. 101, pp. 127–139, 2019.

[11] B. Directive, “Energy Performance of Buildings Directive (EPBD) Compliance Study,” 2015.

Integral-Cuid: una herramienta de clasificación de pacientes según necesidades de cuidados enfermeros

Jiménez García, Segundo[(1)], Miró Martínez, Pau[(2)], Gras-Nieto, Elvira[(3)], Román Linares Martínez[(4)], Oltra Crespo, Sandra[(5)]

(1) Enfermero Unidad de Hospitalización Medicina Interna-Enfermedades Infecciosas. Departamento de Salud de Elda, Alicante, España, segundo.jimenez@ua.es
(2) Departament d'Estadística i Investigació Operativa Aplicades i Qualitat, Universitat Politècnica de València, pamimar@eio.upv.es
(3) Enfermera especialista en familia y comunitaria, Departamento de Salud de Marina Baixa, Alicante, España, egrasnieto@gmail.com
(4) Estudiante del Doble grado en Administración y Dirección de Empresas + Ingeniería Informática, EPSA, rlinmar@epsa.upv.es
(5) Institut Tecnològic d'Informàtica, Universitat Politècnica de València, soltra@mat.upv.es

RESUMEN

En la actualidad, la enfermería se encuentra en una encrucijada de desafíos y oportunidades en el contexto de un entorno sanitario global que cambia rápidamente. Este cambio está impulsado, en gran medida, por una serie de factores sociodemográficos, tecnológicos y económicos, que transforman no solo la naturaleza de las enfermedades y los cuidados que requieren, sino también por las diferentes expectativas y necesidades de los pacientes y sus familias. Por otra parte, las técnicas de modelización, de optimización, así como el uso de modelos predictivos en el área de salud mediante el análisis masivo son herramientas cada vez más utilizadas en la clasificación y en la asignación de recursos de forma eficiente.

En este contexto se presenta este trabajo cuyo objetivo principal es conseguir una herramienta que permita una valoración continua y precisa de las necesidades de cuidados de enfermeros que facilite una óptima toma de decisiones en cuanto a la planificación y a la asignación de recursos.

Palabras clave: Asignación de recursos, Optimización, Machine Learning, Modelos de Clasificación.

INTRODUCCIÓN

En una profesión centrada en el cuidado del ser humano, como es la enfermería, los desafíos son una constante. Puede que el más significativo, de un tiempo a esta parte, sea el envejecimiento de la población mundial, acompañado por un incremento en la prevalencia de comorbilidades y limitaciones funcionales. Todos ellos son fenómenos sin precedente que están obligando a una redefinición de los servicios de salud en muchos países [1,2,3,4].

A medida que las personas viven más tiempo, aumenta la prevalencia de enfermedades crónicas y degenerativas, tales como la diabetes, las enfermedades cardiovasculares y el Alzheimer, lo que a su vez eleva la demanda de cuidados de larga duración y especializados [2,3]. Esta tendencia no solo incrementa la carga de trabajo para los profesionales de enfermería, sino que también requiere una expansión y especialización de sus competencias para atender adecuadamente las complejidades de estos

cuidados [4-6]. Además, se puede tener en cuenta que el avance tecnológico en el ámbito sanitario ofrece nuevas herramientas diagnósticas y terapéuticas. Aunque, este hecho, también conlleva complejidades adicionales en el proceso de cuidado al mismo tiempo que facilita una atención más personalizada y precisa. La integración de estas tecnologías en la práctica diaria de la enfermería exige una formación continua y adaptación por parte del personal, lo que representa una presión adicional sobre su ya elevada carga de trabajo [7].

El contexto económico actual, caracterizado por la necesidad de hacer más eficiente el gasto en salud, impone restricciones en los recursos disponibles, incluyendo el personal de enfermería. Esto lleva, en ocasiones, a una sobrecarga en el número de pacientes a atender, diluyendo la calidad del cuidado y aumentando el desgaste profesional, así como posibles riesgos de errores médicos. El ya conocido burnout, afecta de manera considerable a la salud mental y física de los profesionales, su desempeño laboral y, por ende, la seguridad y satisfacción del paciente [8].

Ante estos retos, se hace imprescindible el desarrollo de herramientas innovadoras que permitan una gestión eficiente de los recursos de enfermería. La propuesta de validar una herramienta integral que clasifique a los pacientes según sus necesidades de cuidados enfermeros, considerando aspectos físicos, sociales, clínicos y mentales, se presenta como una estrategia prometedora. Este enfoque busca no solo optimizar la asignación de recursos, sino también mejorar la calidad de los cuidados, la satisfacción laboral del personal de enfermería y, en última instancia, aunque no menos importante, la seguridad y el bienestar del paciente [9,10].

OBJETIVOS

La profesión de enfermería se encuentra en un momento crítico, marcado por una creciente carga de trabajo y la necesidad imperante de adaptarse a las dinámicas cambiantes del entorno sanitario. En este contexto, se vuelve esencial implementar estrategias innovadoras que no solo aborden estos retos, sino que también optimicen los recursos disponibles y mejoren la eficiencia operativa. Una de las soluciones más prometedoras para enfrentar estos desafíos es la validación de herramientas integrales de clasificación de pacientes.

Estas herramientas no solo facilitan una asignación más efectiva del personal de enfermería, sino que también aseguran que cada paciente reciba la atención adecuada según su condición y necesidades específicas.

Al integrar estas herramientas en la práctica diaria, se promueve un entorno de trabajo más sostenible para los profesionales de la salud, quienes podrán gestionar su tiempo y recursos de manera más efectiva. Además, se garantiza una atención segura y de alta calidad para los pacientes, lo que es fundamental en la mejora continua de los servicios de salud. En resumen, la adopción de estas innovadoras estrategias y herramientas representa un paso crucial para fortalecer la profesión de enfermería y asegurar que pueda seguir respondiendo eficientemente a las demandas del sistema sanitario actual y futuro.

El objetivo principal de este proyecto es llevar a cabo un estudio de viabilidad que evalúe la pertinencia, diseño y desarrollo de un prototipo informático básico. Este prototipo tiene como finalidad, como ya se ha indicado, mejorar la medición y la toma de decisiones relacionadas con la carga de trabajo en los cuidados enfermeros. Para lograr este objetivo principal, se plantean los siguientes objetivos específicos:

1. Identificar las variables que influyen en los cambios de la necesidad de cuidados enfermeros (NCE) durante el proceso de ingreso hospitalario tanto en mujeres como en hombres. Este objetivo busca determinar los factores determinantes que afectan la demanda de cuidados enfermeros a lo largo del ingreso hospitalario, diferenciando entre los distintos géneros.

2. Conocer la asociación entre la capacidad clínica, funcional, psicológica y social del paciente y la complejidad de la NCE, incluyendo las diferencias o semejanzas por sexo/género. En este punto se pretende establecer una relación entre las diferentes capacidades del paciente y la complejidad de sus necesidades de cuidados, analizando también las posibles diferencias de género.

3. Analizar la relación entre la NCE y variables clínicas, funcionales, mentales y sociales en unidades de hospitalización de adultos. Se busca entender cómo las diferentes variables afectan la necesidad de cuidados en pacientes adultos hospitalizados, proporcionando una visión integral de los factores que influyen en la NCE.

4. Diseñar y desarrollar una herramienta prototipada básica para medir y clasificar las NCE. Este objetivo se centra en la creación de un prototipo informático que permita una evaluación precisa y eficiente de las necesidades de cuidados enfermeros, facilitando una mejor gestión y toma de decisiones en el entorno hospitalario.

Estos objetivos específicos están orientados a proporcionar una base sólida para la implementación de herramientas tecnológicas que mejoren la eficiencia y calidad de los cuidados enfermeros, beneficiando tanto a los profesionales de la salud como a los pacientes. Con el estudio de campo se obtendrá información exhaustiva sobre las necesidades y complejidad de los cuidados de enfermería en pacientes hospitalizados, considerando posibles diferencias entre mujeres y hombres; y sus cuidadoras y cuidadores. Los resultados de este estudio servirán de base para diseñar, desarrollar y validar una aplicación informática que mida y clasifique las necesidades de cuidados enfermeros de los pacientes en unidades de hospitalización de adultos. Se realizará en dos Departamentos de Salud, el DS-Elda (IP de FISABIO) y DS-Marina Baixa además de la UPV (IP de UPV) y la UMH.

METODOLOGÍA

El enfoque metodológico de este estudio es innovador y riguroso, combinando técnicas cualitativas y cuantitativas para obtener una comprensión holística de la carga de trabajo en enfermería. Inicialmente, se llevará a cabo una revisión sistemática de la literatura, siguiendo los principios de la metodología PRISMA. Se utilizarán bases de datos como PubMed, Scopus y CINAHL, y se aplicarán criterios de inclusión y exclusión específicos para seleccionar estudios relevantes. La calidad de los estudios será evaluada utilizando herramientas como CASP o GRADE, con el fin de identificar las variables relacionadas con la carga de trabajo que han sido exploradas en estudios anteriores.

Posteriormente, se organizarán grupos focales con enfermeras expertas, seleccionadas en función de su experiencia y especialización. Se espera incluir entre 8 y 12 participantes por grupo focal y así, poder profundizar en la comprensión de estas variables y su impacto en la práctica clínica. Los datos cualitativos obtenidos se analizarán mediante análisis temático, proporcionando una visión detallada y contextualizada de los factores que influyen en la carga de trabajo, proporcionando una base sólida para el diseño de un instrumento de medición.

El instrumento de medición desarrollado será pilotado en un estudio multicéntrico en hospitales como el DS-Elda y DS-Marina Baixa, lo que garantizará su validez y aplicabilidad en diversos contextos asistenciales. Este enfoque permitirá ajustar y perfeccionar la herramienta para asegurar que sea relevante y útil en diferentes entornos clínicos.

Se utilizará el tamaño de muestra calculado utilizando modelos simulados hasta encontrar una potencia estadística adecuada, alrededor del 80%. Se analizarán las variables cualitativas mediante tablas de frecuencias y gráficos de sectores o de barras y las cuantitativas mediante el cálculo de los estimadores habituales, los histogramas y el análisis de normalidad. Para el análisis más complejo de los datos se utilizarán técnicas estadísticas avanzadas, como los modelos mixtos y la regresión logística.

El proceso de desarrollo del instrumento incluirá varias etapas: diseño inicial basado en la revisión de la literatura y los datos cualitativos obtenidos de los grupos focales, seguido de pruebas piloto y revisiones iterativas. Se realizarán pruebas piloto en un entorno controlado para evaluar la funcionalidad y usabilidad del instrumento. Las revisiones se llevarán a cabo con retroalimentación de los usuarios para perfeccionar el diseño. Para la validación del instrumento, se emplearán diversos métodos. La validez de contenido se garantizará mediante la consulta con expertos en la materia para asegurar que el instrumento cubre todos los aspectos relevantes de las necesidades de cuidados enfermeros. La validez de constructo se evaluará mediante análisis factorial confirmatorio para asegurar que el instrumento mide de manera adecuada los constructos teóricos previstos. La fiabilidad se medirá mediante el método test-retest, evaluando la consistencia de las respuestas en diferentes momentos.

La metodología del estudio contempla medidas éticas rigurosas para asegurar la protección y el respeto hacia los participantes. Esto incluye la obtención del consentimiento informado de todos los participantes y la garantía de confidencialidad de los datos recogidos. Estas medidas son esenciales para mantener la integridad y la ética del proceso de investigación. En resumen, este enfoque metodológico combina la revisión exhaustiva de la literatura, la consulta directa con profesionales expertos y la validación práctica en entornos reales, asegurando un estudio integral y éticamente responsable.

CONCLUSIONES

Este estudio marca un hito en la evolución hacia una práctica de enfermería más informada y basada en evidencia, ofreciendo una metodología y una herramienta validadas que permiten una clasificación integral de las necesidades de cuidados de los pacientes. Las conclusiones enfatizan el valor de adoptar un enfoque holístico que abarque la multifacética realidad de los factores que inciden en la carga de trabajo y la calidad de la atención en enfermería. La implementación efectiva de la herramienta desarrollada tiene el potencial de revolucionar la práctica de enfermería, alineando de manera óptima los recursos con las necesidades específicas de los pacientes. Esto mejorará, en consecuencia, la eficiencia del sistema sanitario. Este cambio paradigmático hacia una gestión más precisa y centrada en el paciente promete no solo elevar la calidad de la atención, sino también fortalecer el bienestar y la satisfacción tanto de los pacientes como del personal de enfermería.

Al integrar una herramienta de clasificación validada, los profesionales de enfermería podrán tomar decisiones más informadas y basadas en datos concretos, optimizando así la distribución de recursos y mejorando la respuesta a las necesidades individuales

de los pacientes. Esta innovación no solo facilitará una atención más personalizada y efectiva, sino que también contribuirá a la sostenibilidad del sistema sanitario al reducir la sobrecarga de trabajo y mejorar el entorno laboral para los enfermeros.

A modo de conclusión, este estudio y la herramienta que propone representan un avance significativo en la práctica de la enfermería, promoviendo un modelo de atención más eficiente, equitativo y centrado en el paciente. La adopción de este enfoque integral promete beneficios sustanciales tanto para los pacientes como para los profesionales de la salud, estableciendo un nuevo estándar en la calidad y eficacia de los cuidados enfermeros.

AGRADECIMIENTOS

A la Fundació per al Foment de la Invetigació Sanitaria i Biomédica de la Comunitat Valenciana (FISABIO), y a la Universitat Politècnica de València (UPV), por cofinanciar la Ayuda para acciones preparatorias de apoyo a la exploración y formulación de proyectos de investigación o de innovación coordinada dentro del programa UniSalut (Subprograma POLISABIO), en concreto al proyecto “Integral-Cuid: una herramienta con enfoque holístico para medir y clasificar la necesidad de cuidados enfermeros”.

REFERENCIAS

[1] Ham C. (2010) “The ten Characteristics of the high-performing chronic care system”. Health Economics, Policy and Law, v. 5, n. 1, p.p. 71-90. doi:10.1017/S1744133109990120.

[2] Bodenheimer T., Wagner E. H., Grumbach K. (2002). “Improving primary care for patients with chronic illness”. J*AMA, v.* 288, n. 14, p.p. 1775–1779. doi:10.1001/jama.288.14.1775 Health Affairs, v. 29, n. 2, p.p. 312-317.

[3] De Bruin S. R., Versnel N., Lemmens L. C., Molema C. C. M., Schellevis F. G., Nijpels G., et al. (2012). “Comprehensive Care Programs for Patients with Multiple Chronic Conditions: A Systematic Literature Review”. *Health policy*, v. 107, n. 2-3, p.p. 108-45. doi: 10.1016/j.healthpol.2012.06.006.

[4] Hisashige A., (2012). “The effectiveness and efficiency of disease management programs for patients with chronic diseases”. Global Journal of Health Science, v. 5, n. 2, p.p. 27-48. doi**:**10.5539/gjhs.v5n2p27.

[5] Campbell N., Murray E., Darbyshire J., Emery J., Farmer A., Griffiths F., et al. (2007). “Designing and evaluating complex interventions to improve health care”. *BMJ,* p.p. 354-455. doi:10.1136/bmj.39108.379965.BE

[6] Morris R. J., Sanders C., Kennedy A., Rogers A., (2011), “Shifting Priorities in multimorbidity: A longitudinal qualitative study of patient’s prioritization of multiple conditions”. *Cronic Illness,* v. 7, n. 2, p.p. 147-61. doi: 10.1177/1742395310393365.

[7] Morrow E., Cotterell P., Robert G., Grocott P., Ross F., (2013), “Mechanisms can help to use patients' experiences of chronic disease in research and practice: an interpretive synthesis”. *J Clin Epidemiol*, v. 66, n. 8, p.p. 856-64. doi: 10.1016/j.jclinepi.2012.12.019.

[8] Ronksley P.E., Sanmartin C., Quan H., Ravani P., Tonelli M., Manns B., Hemmelgarn B.R., (2013), “Association between perceived unmet health care needs and risk of adverse health outcomes among patients with chronic medical conditions”. *Open Med,* v. 7, n. 1, p.p. 21-30.

[9] Rijken M., Bekkema N., Boeckxstaens P., Schellevis F.G., De Maeseneer J.M., Groenewegen P.P., (2012), “Chronic Disease Management Programmes: an adequate

response to patients' needs?". *Health Expect.* v. 15, n. 5, p.p. 608-21. doi: 10.1111/j.1369-7625.2012.00786.x.

[10] Tinetti M.E., Fried T.R., Boyd C.M., (2012), "Designing health care for the most common chronic condition--multimorbidity". J*AMA, v.* 307, n. 23, p.p. 2493-4. doi: 10.1001/jama.2012.5265.

Incorporación de fibras de aramida reciclada en matrices termoestables para la fabricación de planchas de altas prestaciones

Marco, Joaquín[(1)], Fenollar, Octavio[(1)], Gómez-Caturla, Jaume[(1)], Burgada, Francisco[(2)]

(1) Instituto Universitario de Investigación en Tecnología de Materiales, Universitat Politècnica de València, Plaza Ferrándiz y Carbonell, 03801 Alcoy, joamarsa@epsa.upv.es, ocfegi@epsa.upv.es, jaugoca@epsa.upv.es.

(2) Asociación de Investigación de la Industria Textil, AITEX, Carretera Banyeres nº10, Alcoy (Alicante), fburgada@aitex.es.

RESUMEN

El reciclaje de residuos textiles es un área de creciente interés debido a la necesidad de reducir el impacto ambiental de la industria textil. En este trabajo, se investiga el uso de textiles de aramida triturados, provenientes de trajes de bomberos reciclados, para la fabricación de tableros aglomerados de altas prestaciones mecánicas y térmicas. Se han mezclado diferentes porcentajes de textil triturado de aramida (20%, 30%, 40%, 50% en peso) con resina termoestable, aplicando presión y temperatura mediante una prensa de platos calientes para obtener placas cuadradas de 30x30 cm. Estas placas se han caracterizado mecánicamente a tracción y flexión, térmicamente mediante ensayos HDT, y morfológicamente mediante FESEM. Los resultados muestran que la cantidad óptima de resina es del 50%, lo que proporciona las mejores propiedades mecánicas. Sin embargo, la caracterización térmica indica que las cantidades más altas de aramida permiten obtener temperaturas de servicio elevadas La caracterización morfológica revela una dispersión insuficiente de la resina y la fibra, lo que sugiere la necesidad de buscar mejores sistemas de mezclado y compatibilización.

Palabras clave: Reciclaje textil, Aramida, Tableros aglomerados, Propiedades mecánicas, Propiedades térmicas

INTRODUCCIÓN

El reciclaje de los residuos textiles se ha convertido en una parte fundamental de los esfuerzos por reducir el impacto ambiental negativo que genera la industria textil. La creciente preocupación por el medioambiente y la necesidad de adoptar prácticas sostenibles han impulsado el desarrollo de estrategias de reciclaje que permiten dar una nueva vida a los materiales textiles desechados, minimizando así la generación de residuos [1,2]. Una de las aplicaciones más prometedoras de las fibras recicladas es su incorporación en la fabricación de materiales compuestos de alto valor añadido, los cuales pueden ofrecer propiedades mecánicas, térmicas y de resistencia mejoradas en comparación con los materiales convencionales [4] .



Figura 1. Trajes de bombero en desuso almacenados en las instalaciones del Consorcio Provincial de bomberos de Alicante.

Los trajes de protección de bomberos son prendas diseñadas para proteger a los bomberos de peligros como incendios, productos químicos tóxicos y radiación. Estas prendas están fabricadas con materiales resistentes al fuego, como el algodón tratado con retardantes de llama, aramidas (como el Nomex) y polímeros fluorados (como el Teflón). Estos materiales proporcionan una barrera protectora, pero también presentan desafíos significativos en términos de gestión de residuos. La gestión de los residuos textiles, incluidos los trajes de protección de bomberos en desuso, ha evolucionado en los últimos años para abordar el problema de manera más efectiva.

En este trabajo, se investigó el uso de fibras de aramida recicladas a partir de trajes de bomberos para la fabricación de tableros aglomerados con altas propiedades mecánicas y térmicas, lo que presenta una vía innovadora para valorizar este tipo de residuos textiles. Este trabajo, por tanto, se centró en investigar el potencial uso de fibras de aramida recicladas provenientes de trajes de bomberos desechados para la fabricación de tableros aglomerados con propiedades mecánicas y térmicas mejoradas [5,6]. El objetivo fue desarrollar una nueva aplicación de valor añadido para este tipo de residuos textiles, contribuyendo así a una gestión más sostenible de los mismos.

OBJETIVOS

Los objetivos de este trabajo fueron los siguientes:

- Desarrollar un proceso de reciclaje de residuos textiles de aramida provenientes de trajes de bomberos triturados.
- Fabricar tableros aglomerados mediante la mezcla del textil triturado de aramida y diferentes proporciones de resina, aplicando presión y temperatura.
- Caracterizar las propiedades mecánicas, térmicas y morfológicas de los tableros aglomerados fabricados.

EXPERIMENTAL

Los residuos textiles de aramida se obtuvieron a partir de trajes de bomberos desechados proporcionados por el Consorcio Provincial de Bomberos de Alicante. Estos

residuos se trituraron en la planta de triturado de AITEX, con distintos sistemas de corte y cribado, y se obtuvo un material fibroso homogéneo.



Figura 2. Fibras de aramida recicladas después del proceso de triturado.

Las fibras de aramida trituradas se mezclaron con resinas epoxi en proporciones variables (20%, 30%, 40% y 50% en peso de resina). Las mezclas se prensaron a temperatura de 80ºC y presiones controladas de 200 bar durante 30 min para obtener tableros aglomerados cuadrados de 30x30 cm. El prensado se llevo a cabo con una prensa de platos calientes de 10 Tn (Construcciones mecánicas Dupra S.L., España). La resina epoxi utilizada ha sido la referencia Castropox 4307 (Resinas Castro, España).



Figura 3. Placa obtenida por termocompresión con las fibras de aramida reciclada y resina epoxi (rARA+50%EP).

Para la caracterización de los tableros, se llevaron los ensayos mecánicos. La norma utilizada es UNE-EN ISO 527-1. La máquina de tracción utilizada fue ELIB de 50 de la compañía Iberest con una célula de carga de 5kN. La velocidad de ensayo utilizada fue 5 mm/min.

Para determinar la temperatura de deformación térmica (HDT) de los materiales ensayados, se utilizó el método A, conforme a la norma ISO 75-1 con un equipo Metrotec. Las probetas, con dimensiones estándar, se sometieron a un esfuerzo de

flexión bajo una carga constante de 1,8 MPa. El ensayo se llevó a cabo en un baño termostático, donde la temperatura se incrementó de manera uniforme hasta que se alcanzó una deflexión de 0,2% en las probetas.

Para la caracterización morfológica se utilizó el FESEM modelo ULTRA 55 de la marca ZEISS del Campus de Valencia. Las mediciones se realizaron siguiendo la norma UNE-EN ISO 9220. En cuanto al equipo se ajustaron los aumentos entre x200-x5000, el voltaje de aceleración de electrones en 2kV y se trabajó con un working distance de 3-4 mm. Caracterización morfológica: microscopía electrónica de barrido (FESEM).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este trabajo muestran que la cantidad de epoxi con la que mejores resultados se obtuvieron para la fabricación de los tableros aglomerados fue del 50% en peso.

Tabla 1. Propiedades mecánicas a tracción y a flexión de los distintos composites obtenidos.

Muestra	Tensión rotura a tracción (MPa)	Tensión máxima a flexión (MPa)
rARA+20%EP	18,4	26,4
rARA+30%EP	19,5	30,2
rARA+40%EP	24,9	37,5
rARA+50%EP	40,2	42,6

Con esta composición, se obtuvieron los mejores resultados en cuanto a las propiedades mecánicas, con elevadas resistencias tanto a tracción como a flexión. Estos hallazgos indican que la adición del 50% de resina en peso permite optimizar las propiedades mecánicas del material compuesto, lo que lo hace adecuado para aplicaciones que requieran un buen desempeño estructural. Sin embargo, los resultados con cantidad de resina inferior muestran muy pobres propiedades mecánicas.

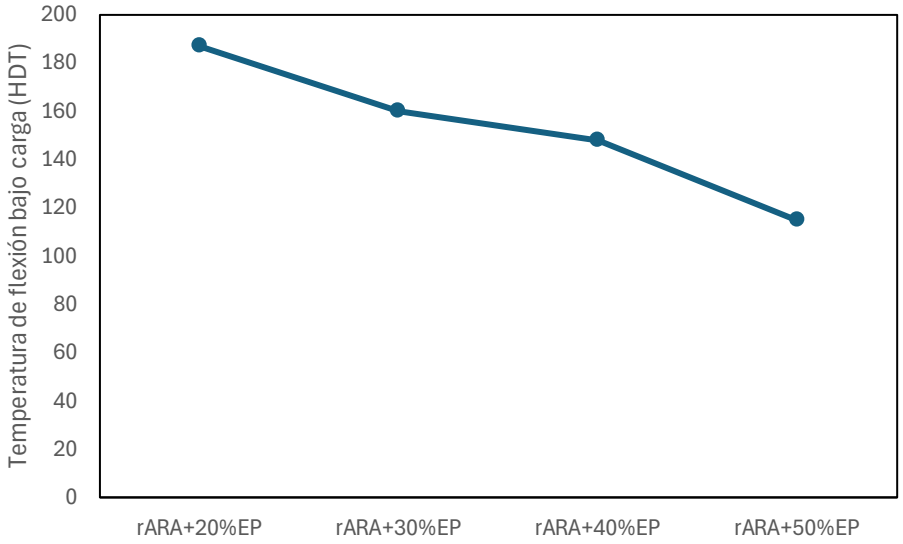
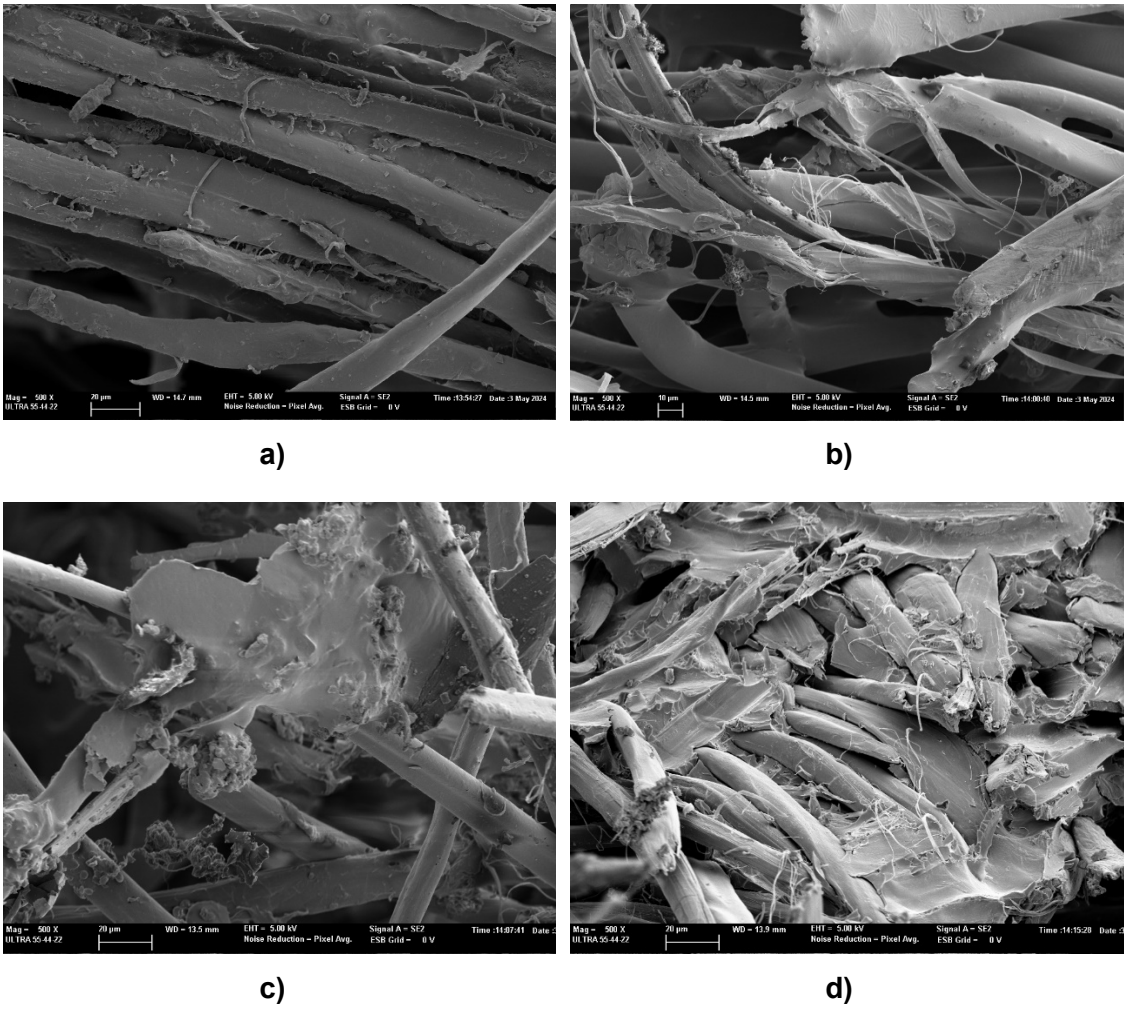


Figura 4. Temperatura de flexión bajo carga HDT de los distintos composites preparados. Método A.

En cambio, en lo referente a las propiedades térmicas, los tableros con mayores contenidos de fibra de aramida presentaron temperaturas de servicio HDT más altas, cercanos a 200ºC en el caso de cantidades de fibra del 80% en peso, lo que sugiere su potencial para aplicaciones que necesiten resistencia a altas temperaturas, como en el caso de materiales de construcción o elementos estructurales expuestos a condiciones de temperatura elevada [3].



a) **b)**

c) **d)**

Figura 5. Imágenes FESEM de los distintos composites preparados a x500.
a) rARA+20%EP, b) rARA+30%EP, c) rARA+40%EP, d) rARA+50%EP.

Sin embargo, el análisis morfológico mediante microscopía electrónica de barrido (FESEM) reveló que la dispersión de la resina y la fibra no era completamente óptima, tal como se observa en la Figura 5d, lo que indica la necesidad de mejorar los procesos de mezclado y compatibilización para lograr una mejor impregnación y adhesión de las fibras de aramida a la matriz polimérica. Esto permitiría obtener una interfaz más eficiente entre los componentes del material compuesto y, por lo tanto, un mejor desempeño general de las propiedades del tablero aglomerado [7].

CONCLUSIONES

En este trabajo se ha demostrado la viabilidad de reciclar residuos textiles de aramida provenientes de trajes de bomberos para la fabricación de tableros aglomerados de altas prestaciones. La caracterización mecánica y térmica de los tableros fabricados ha mostrado resultados muy prometedores, especialmente con un 50% en peso de resina.

Sin embargo, la caracterización morfológica ha revelado la necesidad de optimizar los procesos de mezclado y compatibilización para lograr una mejor dispersión y adhesión de la fibra y la resina.

Futuros trabajos deberán enfocarse en mejorar estos aspectos para obtener un material compuesto de altas prestaciones a partir de este valioso residuo textil.

REFERENCIAS

[1] Broega, A. C., Carina, J., & Suzana Barreto, M. (2017). Textile sustainability: reuse of clean waste from the textile and apparel industry. *IOP Publishing, 254*, 192006-192006. doi:10.1088/1757-899x/254/19/192006

[2] Burçin, Ü., Pınar, Ç., & Ahmet, Ç. (2020). Textile Wastes: Status and Perspectives. In *IntechOpen*.

[3] Jianmin, Y., Yan-Rong, F., & Liping, H. (2016). Effect of thermal treatment on properties of ramie fibers. *Elsevier BV, 133*, 303-311. doi:10.1016/j.polymdegradstab.2016.09.012

[4] Juan Pablo, O., Irma Teresa, M., & Nicolás Horacio, F. (2020). DiseÑo Y Ensayo De Fibras PlÁsticas Recicladas Para Refuerzo De Mortero. *National Autonomous University of Mexico, 36*(1), 55-62. doi:10.20937/rica.2020.36.53423

[5] Todor, M. P., Bulei, C., Kiss, I., & Cioată, V. G. (2019). Recycling of textile wastes into textile composites based on natural fibres: the reinforcement type and the architecture. *IOP Publishing, 477*, 012055-012055. doi:10.1088/1757-899x/477/1/012055

[6] Todor, M. P., Bulei, C., Teodor, H., & Kiss, I. (2018). Consolidated Composites with Natural Textile Fabrics. *IOP Publishing, 416*, 012098-012098. doi:10.1088/1757-899x/416/1/012098

[7] M, A., & Martin, L. B. (2002). Morphology/behavior relationship and recyclability of composites based on PP/EPDM blends and short aramid fibers. *Wiley, 83*(11), 2474-2484. doi:10.1002/app.10244

Aprendiendo el concepto de capacidad estadística a través de una actividad de aprendizaje experiencial

Trull Dominguez, Oscar[(1)], Peiró-Signes, Angel[(2)],García-Díaz, J.Carlos[(3)], Gómez-Palacios, César[(4)]

(1) Departamento de Estadística e Investigación Operativa Aplicadas y Calidad, Universitat Politècnica de València, otrull@eio.upv.es

(2) Departamento de Organización de Empresas, Universitat Politècnica de València, anpeisig@emp.upv.es

(3) Departamento de Estadística e Investigación Operativa Aplicadas y Calidad, Universitat Politècnica de València, juagardi@eio.upv.es

(4) Departamento de Estadística e Investigación Operativa Aplicadas y Calidad, Universitat Politècnica de València, cegopa@eio.upv.es

RESUMEN

Este artículo aborda la implementación de una actividad de aprendizaje experiencial para ilustrar y aplicar conceptos estadísticos que son ampliamente utilizados en la industria. Comprender, describir y representar los diferentes indicadores asociados con la Capacidad del Proceso y del Producto son los objetivos de aprendizaje desarrollados en esta actividad. Además, se busca alcanzar niveles superiores de aprendizaje mediante la interpretación y evaluación de estas medidas: pensamiento crítico. Se simuló una situación real de la industria adaptada a un contexto de aprendizaje, cuya aplicación se reflejará en la producción y el control de calidad posterior del proceso. La forma en que se lleva a cabo el aprendizaje representa un cambio significativo respecto a la metodología tradicional. El enfoque de la actividad de aprendizaje es inductivo y se basa en conocimientos previos dentro del mismo tema. Se establece una conexión entre los objetivos y las actividades dirigidas, permitiendo que los estudiantes, de manera lúdica y relajada, tomen conciencia del conocimiento que están adquiriendo y de su utilidad práctica en la vida real.

Palabras clave: Aprendizaje Experiencial, Capacidad Estadística, Capacidad de Procesos.

INTRODUCCIÓN

El proceso de enseñanza-aprendizaje es una tarea compleja que involucra muchos factores que están ampliamente interrelacionados. La existencia de objetivos de aprendizaje determina el contenido a enseñar y, en muchos casos, la metodología. Por un lado, el profesor debe cumplir con los objetivos y el cronograma establecido para el curso. Por otro lado, el estudiante debe adquirir el conocimiento y las habilidades suficientes a través de las evaluaciones del curso. Además, existen otros factores no relacionados con el profesor, como el conocimiento previo, la carga de trabajo del estudiante, el compromiso del estudiante, etc.

Tradicionalmente, el proceso de enseñanza-aprendizaje se ha centrado en alcanzar los objetivos del profesor. El profesor transfiere conocimientos a los estudiantes a través de una clase magistral y los estudiantes deben concentrar sus esfuerzos en comprender

los conceptos y memorizar los procedimientos. Las nuevas tendencias se alejan de este enfoque y ponen al estudiante en el centro del proceso de enseñanza-aprendizaje.

Uno de los nuevos enfoques se basa en Actividades de Aprendizaje Experiencial (AAE). En esta metodología, el profesor se convierte en un facilitador del aprendizaje del estudiante, guiando al estudiante para adquirir los conceptos y habilidades a través de la experimentación.

Además, la motivación de los estudiantes juega hoy un papel clave en las sesiones de clase. Los métodos tradicionales basan toda la motivación en agentes externos, mientras que las AAE fomentan la motivación interna por la participación de los estudiantes en las experiencias. Esta metodología resulta ser mucho más eficiente para la adquisición de conocimientos [1]. De hecho, se basa en aspectos actitudinales como el pensamiento crítico, el trabajo en grupo, las habilidades de comunicación, el liderazgo, etc., que son actitudes que añaden un valor no insignificante a los estudiantes.

La principal desventaja del desarrollo de las AAE es la complejidad de la implementación. Las actividades deben ser claras desde el principio, así como los métodos de evaluación o cómo gestionar el desarrollo de la actividad. Sin embargo, los resultados muestran una gran mejora en el logro de los objetivos de aprendizaje.

El objetivo de este artículo es proponer una nueva Actividad de Aprendizaje Experiencial (AAE) para enseñar la capacidad del proceso, que es un concepto estadístico utilizado en diferentes cursos, como Gestión de Operaciones o Control de Calidad. La experiencia se basa en un proceso industrial real, en el que los estudiantes deben tomar la decisión de qué herramientas utilizar para poder cumplir con las especificaciones del cliente. La estructura de la actividad se divide en diferentes fases según LaForge y Busing [2]. Esta actividad enfrentará un proceso de toma de decisiones basado en procedimientos estadísticos. Este proceso permite al estudiante lograr un aprendizaje significativo a través de la observación reflexiva de su rendimiento durante la actividad [3,4]. Se propone una serie de situaciones, reflejando situaciones reales en la industria, en las que los estudiantes tendrán.

METODOLOGÍA

La metodología de Kolb para aprendizaje experiencial se basa en un modelo de aprendizaje experiencial que consta de cuatro etapas: experiencia concreta, observación reflexiva, conceptualización abstracta y experimentación activa. El diseño de la actividad parte de las siguientes premisas:

Experiencia Concreta

Esta es la etapa donde los estudiantes se sumergen en una experiencia directa y participativa. En el contexto de aprender sobre la capacidad de procesos, podrías organizar una actividad en la que los estudiantes participen en un proceso simulado de producción o servicio. Por ejemplo, podrían tener la tarea de ensamblar un producto simple o gestionar un flujo de trabajo en un entorno simulado.

Observación Reflexiva

Los estudiantes reflexionan sobre lo que han experimentado. Pueden debatir acerca de los retos a los que se enfrentan, sus sensaciones durante el proceso, qué aspectos funcionan correctamente y cuáles no. En el marco de la capacidad de procesos, reflexionan acerca del rendimiento del proceso, identifican dónde se producen cuellos de botella o errores, y consideran cómo se podría optimizar la eficiencia.

Conceptualización Abstracta

En esta fase, los estudiantes emplean su reflexión para construir teorías o conceptos abstractos a partir de lo que están aprendiendo. En el contexto de la capacidad de procesos, adquieren conocimientos sobre conceptos como la eficiencia del proceso, la variabilidad, el control de calidad, etc. Vinculan estos conceptos con su experiencia concreta y reflexionan sobre cómo se aplican en la práctica.

Experimentación Activa

Finalmente, los estudiantes ponen en práctica lo que han aprendido en nuevas situaciones. Modifican el proceso que están experimentando inicialmente, aplican técnicas de mejora de la capacidad del proceso y observan los resultados. Esto les permite ver cómo los conceptos que están aprendiendo se aplican en la práctica y refuerza su comprensión.

En la Tabla 1 se recopilan los objetivos didácticos planteados para la actividad. Por un lado, se indica el objetivo y en la segunda columna el resultado de aprendizaje.

Tabla 1. Objetivos didácticos de la actividad.

ID	Objetivo	Resultado de aprendizaje
1	Capacidad de Procesos	Comprender el concepto de capacidad de procesos y su importancia en la gestión de operaciones.
2	Indicadores de Capacidad	Ser capaz de identificar y medir indicadores clave de la capacidad del proceso.
3	Toma de muestras	Desarrollar habilidades para mejorar la capacidad del proceso y gestionar la variabilidad
4	Cálculo de capacidad	Aplicar técnicas de control de calidad para monitorear y mejorar la capacidad del proceso.
5	Pensamiento Crítico	Reflexionar sobre la aplicación de estos conceptos en contextos industriales reales

.

Procedimiento

El profesor coloca en las mesas las diferentes herramientas y materiales necesarios para llevar a cabo la práctica. Es importante destacar que el profesor debe realizar esta tarea antes de que los estudiantes entren en el aula. Es importante provocar interés del estudiante en realizar la actividad. Los estudiantes se organizan en grupos de manera aleatoria. El número de grupos debe organizarse de acuerdo con el número de participantes, pero recomendamos grupos de no menos de 2 y no más de 4 estudiantes.

El profesor explicará los fundamentos a tratar y las tareas a realizar por los estudiantes. La actividad de aprendizaje experiencial comienza con el muestreo. Se requieren al menos 30 muestras en cada grupo, por lo que los componentes de cada grupo deben alternarse en las tareas. Todos los miembros del grupo deben realizar las tareas de corte, medición y muestreo. La cantidad de muestras para cada miembro del grupo debe ser más o menos la misma, sumando hasta 30 unidades.

Para llevar a cabo las tareas, cada grupo dispondrá de tarjetas de un color distinto. El color variará en función del grupo. La tarea implica cortar o perforar las tarjetas, siguiendo un patrón común. Dicho patrón se basa en una plantilla metálica que se empleará para trazar el patrón de corte en el cartón con un bolígrafo. La herramienta que se utilizará para realizar el corte será distinta en cada grupo: tijeras, cortador, un cortador con guía y una broca de corona. Si se dispone de más grupos, estas herramientas pueden repetirse o pueden introducirse otras nuevas.

Los estudiantes deben medir los diámetros obtenidos después de los cortes. Es importante proporcionar una metodología estandarizada para la recopilación de datos. Por lo tanto, proporcionamos a los estudiantes una plantilla transparente con traza milimétrica para medir las desviaciones obtenidas entre la medida nominal y las muestras realizadas por los estudiantes. Proponemos una plantilla como se muestra en la Figura 1. Los estudiantes colocan la plantilla en el centro teórico de la circunferencia y miden el valor relativo de la desviación. La plantilla tiene 10 divisiones donde hacer las mediciones.

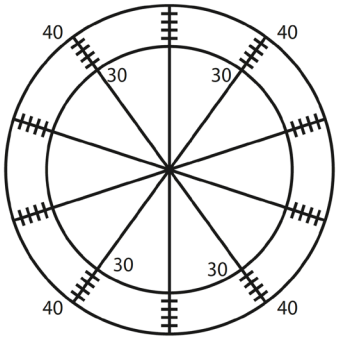


Figura 1. Uso de la plantilla para realizar las mediciones de las desviaciones sobre la medida nominal.

Con el fin de organizar los datos de una manera estandarizada, proporcionamos a los estudiantes una plantilla de hoja de respuesta. Esta plantilla incluye los datos de interés para el estudio, como la herramienta utilizada, las especificaciones de la pieza y las desviaciones. Además, la plantilla proporciona un área para analizar la normalidad y para estudiar los parámetros de la distribución, que son conceptos previamente tratados en otras sesiones y necesarios para la comprensión de esta actividad.

El análisis de datos se realiza con la ayuda de software estadístico, como R, SPSS, Statgraphics. El uso de software contribuye a la motivación de los estudiantes y refuerza el conocimiento estadístico previo de otras sesiones también.

Finalmente se produce un debate. Se deben plantear ciertas preguntas para ayudar a entender los procesos industriales y relacionarlos con la actividad. Los profesores podrían fomentar el debate haciendo preguntas como: ¿Qué proceso produce menos dispersión?, ¿Cuál de los procesos obtiene las medidas más centradas?, ¿Los datos que obtuvimos siguen una distribución normal? o ¿Qué variables están afectando al proceso?

Al final de esta AAE, los estudiantes deben conocer los indicadores utilizados y su relación con las especificaciones, así como los procesos estadísticos utilizados para determinar las características de la producción. También deben ser capaces de reconocer la influencia del uso de esta herramienta en los procesos industriales y determinar el costo de la no calidad asociado con una violación de las especificaciones del cliente. La actividad termina con una pequeña clase magistral del profesor remarcando todos los conceptos experimentados y los procedimientos utilizados durante la actividad. Esta forma de estructurar la lección permitirá a los estudiantes alcanzar niveles superiores de aprendizaje [5–7].

RESULTADOS

La evaluación de los resultados de la actividad es un componente esencial para determinar el éxito de la actividad propuesta. Dado que se trata de una actividad experiencial, no solo es importante determinar la adquisición de los conceptos, sino que también se debe incluir una evaluación de los aspectos transversales de la actividad, como la motivación o la aplicabilidad a situaciones industriales reales. Con este propósito, se ha diseñado una evaluación de resultados para ser realizada al final de la actividad. Evaluamos la actividad utilizando una encuesta con una escala Likert de 1 a 5, donde 1 corresponde a totalmente en desacuerdo y 5 a totalmente de acuerdo. Los conceptos deben ser tratados por un lado y las habilidades transversales por otro. De esta manera, el instructor puede recopilar información y retroalimentación sobre el impacto del ejercicio para mejorar la actividad en el futuro. La Tabla 2 muestra el cuestionario y los resultados utilizados para la evaluación.

Tabla 2. Resultados de la encuesta de valoración de la actividad.

Pregunta	Media
La actividad ayudó al equipo a aprender cómo obtener los datos necesarios para calcular la Capacidad del Proceso?	4,61
La actividad ayudó al equipo a aprender cómo un proceso afecta la variabilidad del producto que produjiste?	4,56
¿La actividad ayudó al equipo a detectar cuándo si el proceso es lo suficientemente bueno para cumplir con las especificaciones?	4,76
¿Recomendarías la experiencia para aprender sobre los temas de Capacidad del Proceso?	5

Los resultados indican que la actividad establece una conexión entre los objetivos y las actividades dirigidas, de modo que los estudiantes, de una manera motivadora, toman conciencia del conocimiento que están adquiriendo y de su utilidad práctica en la vida real.

CONCLUSIONES

Este artículo proporciona una Actividad de Aprendizaje Experiencial diseñada para adquirir los conceptos necesarios sobre la capacidad del proceso y del producto. Esta actividad está diseñada en base a la motivación e interés del estudiante mientras adquiere el nuevo conocimiento. Esta actividad simula un proceso real de toma de decisiones basado en el concepto de capacidad. De esta manera, se logra un aprendizaje más significativo. El artículo también trata sobre los conceptos de variabilidad, especificaciones y las relaciones entre ellos. También se discute el análisis y la evaluación de los resultados. Por otro lado, demostramos las posibilidades que ofrecen las actividades experienciales en la motivación de los estudiantes, al mismo tiempo que permiten la instrucción de conceptos complejos que son difíciles de impartir por métodos tradicionales y complicados de relacionar con procesos industriales.

REFERENCIAS

[1] D. Halpern, M. Hakel (2003), “Applying the science of learning to the university and beyond: Teaching for long-term retention and transfer”, *Change: The Magazine of Higher Learning, 35(4), 36-41*.

[2] R. LaForge, M. Busing (1998), “The use of industrial software to create experiential learning activities in operations management course”, *Prod. Oper. Manag*. 7, 325–334.

[3] D. Kolb (2014), “Experiential learning: Experience as the source of learning and development”.

[4] J. Wheeler, P. McLeod (2002), “Expanding our teaching effectiveness: Understanding our responses to “in-the-moment” classroom events”, *J. Manag. Educ*.

[5] C. Meyers (1986), !Teaching students to think critically!, *Jossey-Bass*, San Francisco, CA.

[6] S. Black, Susan (2004), “Teaching students to think critically”, *Am. Sch. Board J.* 191 52–54.

[7] G.F. Smith (2003), “Beyond Critical Thinking And Decision Making: Teaching Business Students How To Think”, *J. Manag. Educ. 27*. 24

LISTADO DE PARTICIPANTES

Listado de autores	**Páginas**			
Agud, L.	114			
Agüero, A.	75	81		
Albert, V.	347			
Aliga-Torro, C.	87			
Andrés, B.	255			
Arrieta, M.P.	75	81		
Balaguer-Beser, A.	93			
Banquiero, M.	41	171	189	
Belda-Anaya, R.	117	123		
Berenguer Betrián, R.	111			
Bernabéu-Aubán, J.	201			
Blanes-Giner, H.	213			
Blanes, M.	341	365		
Boronat, T.	237			
Bou-Belda, E.	323	341		
Burgada Vilaplana, F.	335	395		
Cabrero Hernández, J.A.	35			
Calle Salas, A.	231	261	297	
Calvó, O.	347	365		
Cantó, B.	17			
Cantó, R.	17			
Capó i Vicedo, J.	183			
Cardona, S.C.	99	111	135	317
Carmona-Garaviño, W.	105			
Cebulla, H.	23			
Cerdá, R.	75			
Crespo Amorós, J.E.	353			
Dafir, M.	23			
Danielov Panovski, I.	53			
De la Morena, J.	147			
De la Rosa Ramírez, H.	377			
Díaz-García, P.	117	323		
Domingo Arlandis, V.	231	261	297	
Domínguez Candela, I..	99			
Dos Santos, L.	81			
Eixerés Tomás, B.	261			
Errandonea, D.	273			
Esparza-Peidro, J.	201			
Faba, S.	81			
Fenollar, O.	11	75	395	
Ferri-Mola, I.	87			
Fito Alonso, M.	35			
Fleischmann, J.	249			
Fombuena Borrás, V.	99	135		
Francés Falip, A.	195			
Francés Vilaplana, J.	195			
Gadea Borrell, J.M.	29			

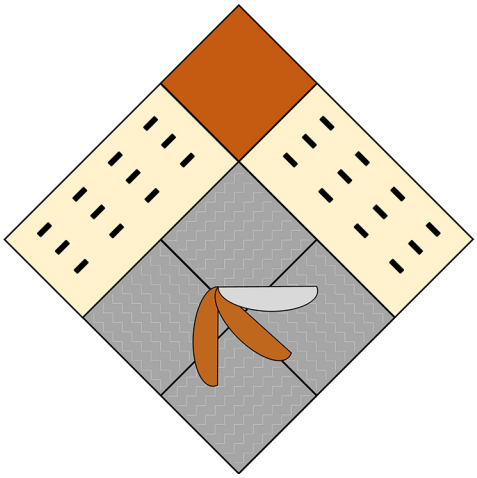
Gamez Martinez, J.L. 47
García-Carrasco, S. 231 261 297
García-Cifuentes, N. 177
García-Díaz; J.C. 329 401
García-Rodríguez, N. 195
Garcia-Sanoguera 11
Garrido Saez, N. 141
Gisbert-Payá, J. 123
Göhringer, J.I. 249
Golja, B. 365
Gómez Palacios, C. 291 329 401
Gómez-Caturla, J. 395
Gras-Nieto, E. 389
Groß, M. 23
Herráez, V. 341 347
Hervás-Marín, D. 177
Ivorra-Martínez, J. 237
Izquierdo Domenech, J. 87
Jiménez García, S. 389
Jordán-Núñez, J. 243 285 311
Juan, M.C. 41
Juárez-Varón, D. 53 59 65 255
Juárez-Varón, M.A. 53 65
Juliá Sanchis, E. 29
Karpova, Y. 129 159 165
Kilo, M. 23
Labarcés-Ballestas, C. 359
Lazaro-Hernandez, C. 237
Likozar, B. 365
Linares-Martinez, R. 389
Linares-Pellicer, J. 11 87
Llorca, M. 11
Llorens Payá, A. 141
Lloret-Mateo, F.J. 111
Lo Iacono-Ferreira, V.G. 243
Lopez Ricart, M. 117
López-Borrell, A. 99 135 317
López-Pérez, M.F. 99 135 317
López-Rodríguez, D. 243 285 311
Lora-García, J. 99 317
Maldonado-Gómez, G. 183
Marco, J. 395
Martínez Albert, M. 323
Martínez Serrano, N. 105 377
Mengua-Recuerda, A. 53 59 65 255 383
Micó, C. 147
Micó-Vicent, B. 243 285 311
Miró-Martínez, P. 389
Montava Belda, I. 29

Montava, I.	117	123	323		
Montava-Jordá, S.	261	353			
Morante Bonet, M.	207				
Muñoz-Escoí, F.	201				
Novak, U.	365				
Oltra Crespo, S.	141	389			
Ortiz-Masiá, G.	279				
Pachacama-Vallejo, K.	93				
Padilla-Reyes, J.F.	105				
Paniagua, N.	171				
Pardo Llopis, H.	35				
Parreño Sempere, F.	207				
Parres García, F.J.	231	353			
Pastor, B.	365				
Peiró-Signes, Á.	279	291	329	359	401
Peñá Álvarez, M.	273				
Peña Guillem, J.	317				
Pérez Ponce, L.	29				
Pérez, D.	159				
Perez-Bernabeu, E.	267				
Peydró Rasero, M.A.	231	353			
Piqueras, P.	147				
Pizarro, M.	347				
Poler, R.	255	383			
Puchol, V.	347				
Puigdengolas Rosas, S.	219				
Quijada Tomás, C.	111				
Quiles-Carrillo, L.	237				
Reig-Valor, M.J.	105				
Ródena, E.	165				
Rodriguez, A.	285				
Sabá-Allende, J.E.	105				
Salas-Molina, F.	71				
Samper-Madrigal, M.D.	377				
Sánchez Galdón, A.I.	249				
Sánchez, V.	159	165			
Sánchez-Caballero, S.	297	353			
Sanchez-Martínez, A.	123				
Sanchis, E.J.	147				
Sanchis, R.	383				
Santonja, C.	371				
Satorre, M.A.	371				
Segarra-Oña, M.	279	305			
Segura Alcaraz, J.	29				
Sellés, M.A.	267	297			
Sempere Ripoll, S.	153	207			
Sempere Torregrosa, J.	377				
Serna-Zaluaga, J.	59	65			
Sirvent Segura, E.A.	341	365			

Sisternas-Montoya, H.	59						
Stres, B.	365						
Tomás-Miquel, J.-V.	177	183					
Torres Orts, G.	35						
Trull Domínguez, O.	35	249	279	291	305	329	401
Urbano, Ana.	17						
Vallada, E.	129						
Verbic, A.	365						
Vie Giner, D.	273						
Vilaplana Cerdá, R.I.	273						
Villa, F.	129	159	165				
Vosse Moreno, Y.	135						

Campus d'Alcoi

Creando Sinergias



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

CAMPUS D'**ALCOI**



Design by Oscar Trull Domínguez