

UNIVERSITAT  
POLITÀCNICA  
DE VALÈNCIA

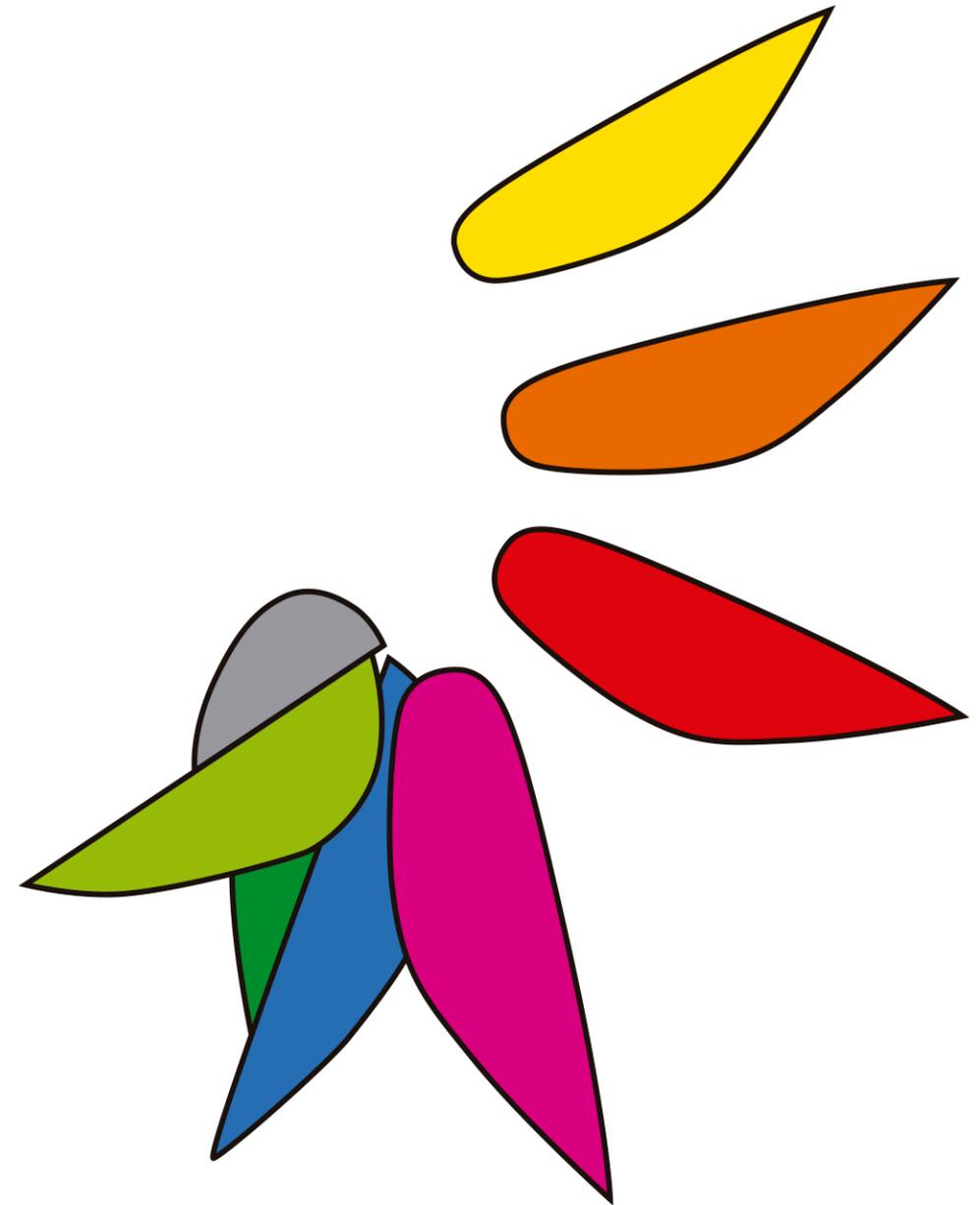
CAMPUS D'ALCOI

Design by A. Jorda-Vilaplana

VI Congreso I+D+i Campus d'Alcoi



UNIVERSITAT  
POLITÀCNICA  
DE VALÈNCIA



**VI Congreso I+D+i**

Campus d'Alcoi

Creando Sinergias



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

**VI CONGRESO I+D+i CAMPUS DE ALCOY.  
CREANDO SINERGIAS**

---

**LIBRO DE RESÚMENES**

---

**Escuela Politécnica Superior de Alcoy**

**Alcoy, 4 y 5 de julio de 2018**

Edita: Compobell, S.L.

ISBN: 978-84-949173-0-1

DEPÓSITO LEGAL: MU 1237-2018

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.

## **Comité organizador**

---

María Ángeles Bonet Aracil

Eva Bou Belda

Salvador C. Cardona Navarrete

Begoña Cantó Colomina

Jorge Jordán Núñez

Miguel Ángel Satorre Aznar

Rafael Cantó Colomina

María Fernanda López Pérez

Vicent Fombuena Borrás

## **Comité Científico**

---

Ramón Luna Molina

Samuel Sánchez Caballero

José Enrique Crespo Amorós

Amparo Jordá Vilaplana

Octavio Fenollar Gimeno

Jaime Masiá Vañó

Juan Ignacio Torregrosa López

Rosa Vercher Pérez

Juan Francisco Picó Silvestre

Miguel Ángel Sellés Cantó

Elena Pérez Bernabéu

José Ángel Maestro Cano

Bárbara Micó Vicent

Manuel Díaz-Madroñero Boluda

Modesto Pérez Sánchez

## 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 pósters que se presentaron relacionadas con las investigaciones que se llevan a cabo por los diferentes grupos de investigación participantes en el VI Congreso de I+D+i Campus de Alcoi celebrado en la Escuela Politécnica Superior de Alcoy (4 y 5 de julio de 2018).

.....*dedicado a Antonio Vicente Nadal*

## ÍNDICE

---

### COMUNICACIONES ORALES

- CO1. Caracterización de las propiedades morfológicas de una mezcla de biopolietileno y ácido poliláctico con diferentes agentes compatibilizantes.**  
*L. Quiles-Carrillo, L. Sanchez-Nacher, D. Garcia-Sanoguera, O. Fenollar.....15*
- CO2. Estudio de la cinética de desintegración en suelo de compost de mezclas ternarias de poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalerate) (PHBV), polylactide (PLA) y poly(butylene adipate-co-terephthalate) (PBAT).**  
*N. Montanes, L. Sanchez-Nacher, O. Fenollar, V. Fombuena .....19*
- CO3. Desarrollo de nuevos materiales a partir de la revalorización del residuo de orujo.**  
*Ó. Gutiérrez, L. Sanchez, E. Fages .....23*
- CO4. Utilización del residuo de la oliva para la obtención de sustancias tipo húmicas y su posterior aplicación en proceso foto-Fenton a pH neutro**  
*P. García-Negueroles, S. García-Ballesteros, R.F. Vercher,  
 A. Domenech, H. Kadrispahic, A.M. Amat .....27*
- CO5. Caracterización de aguas residuales de un centro de atención primaria y su tratamiento mediante procesos de oxidación avanzada.**  
*A. Lerma-Canto, S. García-Ballesteros, P. García-Negueroles,  
 R.F. Vercher, A.M. Amat, R. Vicente.....31*
- CO6. Empleo de fluorescencia (eem-parfac) para el seguimiento de la degradación de compuestos fenólicos mediante ozono.**  
*S. García Ballesteros, P. García-Neguroles, R. Vicente, M. Mora,  
 D. Mainero, A.M. Amat .....35*
- CO7. Nuevas formulaciones de materiales laminados ecoeficientes.**  
*A. Jorda-Vilaplana, D. García-Sanoguera, N. Montanés, L. Quiles.....39*
- CO8. Propiedades acústicas de Green Composite.**  
*J. Fontoba-Ferrándiz, J. E. Crespo, J. Alba, R. del Rey.....43*
- CO9. Desarrollo de diferentes métodos de deconvolución de espectros de emisores beta (<sup>89</sup>Sr y <sup>90</sup>Sr).**  
*M. Sáez-Muñoz, D. Ginestar, S. Carlos, S. Martorell .....47*
- CO10. Diseño de un tratamiento terciario (combinación UF + OI) de aguas depuradas en una EDAR, para su reutilización como agua de calidad en procesos industriales.**  
*J. Lora-García, D. Guzman-Landa, B. Nina-Rosso .....51*

<b>CO11. Requisitos de vigilancia flexible en el contexto de la toma de decisiones informada en el riesgo.</b> <i>I. Martón, S. Martorell, P. Martorell, A. Sánchez, S. Carlos</i> .....	55
<b>CO12. Caracterización mecánica de un biocompuesto formado por Polibutileno Succinato (PBS) y refuerzo de harina de cáscara de almendra con diferentes porcentajes de aceite de linaza maleinizado (MLO) como agente compatibilizante</b> <i>P. Limiñana, R. Balart, V. Fombuena, A. Jordá</i> .....	59
<b>CO13. Estudio y aplicaciones de sensores basados en grafito.</b> <i>J. Tormo, R. Balart, T. Boronat, N. Montanes</i> .....	63
<b>CO14. Fiabilidad en el cálculo de valores propios en las matrices singulares totalmente no negativas.</b> <i>B. Cantó, R. Cantó, A. M. Urbano</i> .....	67
<b>CO15. Efecto Peltier y desarrollo de posibles aplicaciones.</b> <i>A. Azorín Penalva, M.A. Satorre Aznar</i> .....	71
<b>CO16. Obtención experimental de los parámetros que caracterizan el proceso de desorción de hielo de metanol en condiciones astrofísicas (energía de desorción, orden del proceso y factor de frecuencia) para su uso posterior en simulaciones.</b> <i>R. Luna, C. Millán, M. Domingo, C. Santonja, M.Á. Satorre</i> .....	75
<b>CO17. Cuestiones abiertas en decisión multicriterio: un estudio en torno a Enrique Ballester.</b> <i>F. Salas-Molina, D. Pla-Santamaria, A. García-Bernabeu, F. Mayor-Vitoria</i> .....	79
<b>CO18. Big Data y Modelos de Decisión Multicriterio en el sector financiero: una aplicación a la venta de seguros de viajes.</b> <i>F. Mayor-Vitoria, A. García Bernabeu, D. Pla-Santamaria, F. Salas Molina</i> .....	83
<b>CO19. Estado del arte de parámetros de monitoreo de calidad del agua en Latinoamérica.</b> <i>A. Manriquez, R.J. Gutierrez, P. A. Alvizuri, V.G. Lo lacono, J.I. Torregrosa</i> .....	87
<b>CO20. Finanzas sostenibles, más allá de la rentabilidad: una aproximación desde el análisis multicriterio.</b> <i>A. García Bernabeu, J. Reig-Mullor, D. Pla-Santamaria, F. Salas Molina</i> .....	91
<b>CO21. Mutxamel y el agua.</b> <i>J. F. Picó Silvestre</i> .....	95
<b>CO22. Programación lineal aplicada a la mejora de la sostenibilidad de plantas depuradoras.</b> <i>M. Colomina, J.R. Satorre-Aznar, M. Díaz-Madroño, M. Pérez-Sánchez</i> .....	99

<b>CO23. Estudio de un sistema de configuración híbrida para la producción de agua y energía mediante tecnología de membranas.</b>	
<i>E.M. Choque Alex, J.J. Vargas Quiroga, J. Lora García</i> .....	103
<b>CO24. Caracterización mecánica de mezclas ternarias de poly(lactic acid) PLA, poly(caprolactone)-PCL y poly(hydrobutyrate)-PHB para aplicaciones en el sector envase y embalaje.</b>	
<i>M.J. García-Campo, T. Boronat, L. Quiles-Carrillo, R. Balart</i> .....	107
<b>CO25. Selección de mercados de exportación para la quinoa: Una aproximación multicriterio.</b>	
<i>E. Parra Feijóo, A. García Bernabeu</i> .....	111
<b>CO26. Estudio de la viabilidad de la implantación de aplicaciones educativas en el aula infantil.</b>	
<i>V. Vallés, B. Micó-Vicent, J. Orta, J. Linares-Pellicer, J. Jordán</i> .....	115
<b>CO27. Aplicación de técnicas de análisis estadístico para la predicción de los valores de las pensiones en España y Europa.</b>	
<i>I. Pascual, B. Micó-Vicent, J. Jordán</i> .....	119
<b>CO28. Caracterización de la diabetes gestacional en el Hospital de Alcoy.</b>	
<i>P. Miró-Matínez, P. Navarro-Téllez, B. Micó-Vicent, S. Oltra-Crespo, J. Jordán-Núñez, R. Falip-Barangue, N. Añó-Bernat, M.L. Martínez-Santamaría, C. Sellés-López</i> .....	123
<b>CO29. mshw : software de previsión de demanda eléctrica basado en Holt-Winters múltiple Estacional.</b>	
<i>O. Trull, J.Carlos García-Díaz</i> .....	127
<b>CO30. Diseño simulación y análisis de una guía de triskate.</b>	
<i>V. Sanz, M.A. Sellés, S. Sánchez-Caballero</i> .....	131
<b>CO31. El efecto humping en la soldadura láser.</b>	
<i>J. Paralera, J.E. Crespo, F. Parres</i> .....	135



## COMUNICACIONES EN POSTER

- P1. Utilización de membranas de UF en la valorización de los residuos procedentes de la producción del aceite de oliva.**  
*Maria-Fernanda López-Pérez, J. Lora, A. Arques, P. García-Negueroles, S. García-Ballesteros* .....141
- P2. Influencia del recubrimiento con polvo de turmalina en la absorción acústica de un material compuesto a base de yute.**  
*M. P. Segura-Alcaraz, E. Bou-Belda, J. G. Segura-Alcaraz, J. Gisbert-Payá*.....145
- P3. Learningtex: Control de calidad de tejidos mediante visión artificial.**  
*E.Bou-Belda, P.Díaz-García, I.Montava-Seguí*.....149
- P4. Material absorbente acústico textil a base de un no tejido de yute y carbón activado.**  
*M.P. Segura-Alcaraz, J. Gisbert-Payá, J.G. Segura-Alcaraz, P. Díaz-García* .....153
- P5. Desarrollo de un Programa de Formación en Herramientas TIC Avanzadas para la Mejora de las Competencias de Planificación de Procesos de Fabricación en PYMES del Sector del Plástico. El Proyecto ICTPlast.**  
*R. Sanchis, A. Boza, L. Cuenca, M. Díaz-Madroñero, R. Poler* .....157
- P6. El Proyecto Europeo H2020: “vf-OS Sistema Operativo Abierto de la Fábrica Virtual”.**  
*R. Sanchis, B. Andres, J. Mula, R. Poler* .....161
- P7. Diseño, obtención y comportamiento biológico de un velo de nanofibras a dos caras para el tratamiento de la enfermedad periodontal.**  
*Bruno Marco, Íñigo Morales, María Blanes, Carlos Pascual* .....165
- P8. Encapsulación de Aceite de Palmarosa mediante Spray Drying para usos cosméticos.**  
*M. Ferrándiz, M. García, C. Gimenez, M.Blanes*.....169
- P9. Tecnología innovadora y económica para maximizar las moléculas basadas en biomasa acuática para aplicaciones en cosmética, alimentos y piensos.**  
*S. Moldovan, M. Ferrándiz García* .....173
- P10. Acabado funcional de prendas deportivas mediante tecnología de nanoburbujas.**  
*M. Blanes, S. Rosello, J. Llopis, L. Cappelli, M. Canet, O. Calvo*.....177
- P11. Caracterización de tejidos acabados con nanopartículas por vía sonoquímica.**  
*M. Blanes, M. Martínez, F. Fernández, O. Calvo* .....181

<b>P12. Investigación y Desarrollo de composites inteligentes basados en la implementación de elementos textrónicos y materiales funcionales.</b> <i>V. Sanz Buades, E. Gonga Roselló, E. Fages Santana, M. Valor Cerdá, G. Martínez Beltrán, J. Campos Payá</i> .....	185
<b>P13. Investigación y desarrollo de materiales avanzados para la mejora de la calidad de vida de las personas mayores.</b> <i>R. Baeza-García, J.V. Gisbert, M.M. Ortiz</i> .....	189
<b>P14. Obtención de no-tejidos wet-laid procedentes del residuo de alfombras.</b> <i>E. Franco, E. Fages, M.M. Ortiz</i> .....	193
<b>P15. Sostenibilidad de las botellas de polietilentereftalat.</b> <i>M.D. Samper, M.F. Aldas, N.J. Rouault, D. Garcia-Garcia</i> .....	197
<b>P16. Metodología experimental para el estudio del equilibrio, cinética y curvas de ruptura en la adsorción de colorantes sobre carbón activo.</b> <i>M.C. Fernandez, L.M. Maldonado, María-Fernanda Lopez-Pérez, S.C. Cardona</i> .....	201
<b>P17. Tratamiento de la lana para su uso como refuerzo en green composites.</b> <i>N.J. Rouault, D. Garcia-García, H. de la Rosa Ramirez, J.M. Ferri</i> .....	205
<b>P18. Modelización GAM de la temperatura en el reactor de una central nuclear durante un transitorio de pérdida de refrigerante.</b> <i>F. Sanchez-Saez, S. Carlos, S. Martorell, I. Martón</i> .....	209
<b>P19. Proyecto SMARTLIFE - Smart Clothing Gamification to promote Energy-related Behaviours among Adolescents.</b> <i>J. Ferri,, J. Moreno, J. Doménech, R. Costa, P. Oliveira, A. Gril, G.t Cardon, A. DeSmet, A. Schwarz, J. Stragier, A. Pomazanskyi</i> .....	213
<b>P20. VOLFIL - I+D De Nuevos Monofilamentos en Base a Biopolímeros Avanzados y de Altas Prestaciones. Desarrollo de Bio-materiales Destinados a Regeneración de Tejidos Vivos.</b> <i>E.Torres</i> .....	217
<b>P21. VOLFIL - I+D De Nuevos Monofilamentos en Base a Biopolímeros Avanzados y de Altas Prestaciones. Desarrollo de Fibra Óptica con geometrías especiales.</b> <i>E.Torres, J.Pascual, D.Sartiano</i> .....	221
<b>P22. Metodología para el Diseño Óptimo de Columnas de Adsorción.</b> <i>B. Sanjines-Silva, S. Matta-Catacora, S.C. Cardona, María-Fernanda López-Pérez</i> .....	225
<b>P23. Pigmentos naturales para Ácido Poliláctico (PLA) derivados de resinas de pino.</b> <i>H. de La Rosa-Ramírez, M. Aldas, J. M. Ferri, M. D. Samper</i> .....	229

<b>P24. Estrategias para evitar el despoblamiento rural. Caso estudio de un municipio valenciano.</b>	
<i>Jordi Capó Vicedo, Antonio Giménez-Morera</i> .....	233
<b>P25. Mejora del uso de los recursos hídricos en comunidades de regantes mediante programación matemática.</b>	
<i>M. Díaz-Madroñero, M. Pérez-Sánchez</i> .....	237
<b>P26. Obtención de materiales laminados a partir de no-tejidos wet-laid procedentes del residuo de borra textil.</b>	
<i>S.Girones, E. Fages, O. Gutierrez, M.M. Ortiz,</i> .....	241
<b>P27. C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> sólido. Características físicas y relevancia astrofísica.</b>	
<i>C. Santonja, M. Domingo, C. Millán, R. Luna, M.Á. Satorre</i> .....	245
<b>P28. Material absorbente acústico textil a base de un no tejido de yute y carbón activado.</b>	
<i>M.P. Segura-Alcaraz, J. Gisbert-Payá, J.G. Segura-Alcaraz, P. Díaz-García</i> .....	249
<b>P29. El estudio de “casos”. Su evaluación conjunta.</b>	
<i>A. Giménez-Morera, Jordi Capó i Vicedo</i> .....	253
<b>P30. Diagnóstico de la calidad de agua de las principales fuentes de abastecimiento para consumo humano de la cuenca alta del río Guadalquivir - Tarija-Bolivia.</b>	
<i>S. Martinez, W. Rivera, E. Villena, V. Lo Iacono, J.I. Torregrosa</i> .....	257



---

## **COMUNICACIONES ORALES**

---



## **Caracterización de las propiedades morfológicas de una mezcla de biopolietileno y ácido poliláctico con diferentes agentes compatibilizantes.**

**L. Quiles-Carrillo<sup>(1)</sup>, L. Sanchez-Nacher<sup>(1)</sup>, D. Garcia-Sanoguera<sup>(1)</sup>, O. Fenollar<sup>(1)</sup>**

*(1) Instituto de Tecnología de Materiales (ITM), Universitat Politècnica de València, Plaza Ferrándiz y Carbonell s/n, Alcoy, (Alicante)  
e-mail: luiquic1@epsa.upv.es*

### **RESUMEN**

En este trabajo se han estudiado las propiedades morfológicas de la mezcla binaria entre en polietileno de alta densidad con base bio (bio-HDPE) y el ácido poliláctico (PLA), ambos mezclados con extrusora de doble husillo y conformado en piezas por moldeo por inyección. Con el fin de mejorar la miscibilidad entre ambos biopolímeros, se probaron diferentes compatibilizadores reactivos durante la mezcla en estado fundido, a saber, aceite de linaza epoxidado (ELO), aceite de linaza maleinizado (MLO) y peróxido de dicumilo (DCP), y también una combinación de los aceites con DCP.

### **INTRODUCCIÓN**

Actualmente la concienciación con los problemas ambientales y la idea de reducir al máximo la huella de carbono, está generando un gran interés en el uso de materiales derivados de recursos naturales y con gran capacidad para ser reciclados. Este cambio está aumentando notablemente el interés y el uso de polímeros alejados del petróleo, que sean capaces de descomponerse de una manera sencilla y que no supongan un gran impacto ambiental. Esta tendencia ha aumentado significativamente tanto el interés como el uso de polímeros de "base biológica" los cuales muestran características técnicas similares a las de sus homólogos fósiles [1]. Aunque el precio y el rendimiento de la mayoría de los biopolímeros aún distan mucho de los de los polímeros de origen petroquímico [2], el desarrollo de compuestos verdes [3] o de mezclas de biopolímeros [4] puede ciertamente contribuir a mejorar el uso de biopolímeros.

El uso de mezclas binarias representa una estrategia rentable para obtener una buena combinación de propiedades físicas y para reducir el costo final de los biopolímeros. Esto consiste en mezclar dos polímeros de origen renovable para obtener formulaciones con un rendimiento intermedio o mejor que los de los biopolímeros puros. En este sentido, se pretende mezcla polietileno con base bio (Bio-HDPE) con uno de los poliésteres naturales más utilizados en la actualidad, el ácido poliláctico (PLA).

Uno de los principales problemas de la combinación de polímeros como el Bio-HDPE y el PLA es que son dos polímeros totalmente inmiscibles. Es por eso que se han utilizado diferentes agentes compatibilizantes como el aceite de linaza epoxidado (ELO), aceite de linaza maleinizado (MLO) y peróxido de dicumilo (DCP) para mejorar la miscibilidad entre ambos polímeros y mejorar el rendimiento de la mezcla. Para ello, este trabajo explora el potencial de diferentes elementos compatibilizantes desde el punto de vista morfológico para mejorar al máximo la miscibilidad entre ambos materiales y obtener una mejora en sus propiedades finales.

## MÉTODOS EXPERIMENTALES

### Materiales

El Biopolietileno utilizado (Bio-HDPE) fue SHA7260, un grado de moldeo por inyección suministrado por FKUR Kunststoff GmbH (Willich, Alemania) y fabricado por Braskem (São Paulo, Brasil). Tiene una densidad de 0.955 g/cm<sup>3</sup> y un índice de fluidez (MFI) de 20 g/10 min medido a 190 °C y 2,16 kg. El ácido poliláctico (PLA) utilizado ha sido el Ingeo™ biopolymer 6201D y fue suministrado por la empresa NatureWorks (Minnetonka, Minnesota, USA). Este grado de PLA tiene una densidad de 1,24 g/cm<sup>3</sup> y una tasa de flujo (MFR) de 15-30 g/10 min, medida a 210 °C y 2,16 kg.

El aceite de linaza epoxidado (ELO) fue suministrado por Traquisa S.L. (Barcelona, España). Este aceite epoxidado se caracteriza por un peso molecular de aproximadamente 1037 g mol<sup>-1</sup>, una densidad de 1,05-1,06 g cm<sup>3</sup> a 20°C. El aceite maleinizado de linaza (MLO) se obtuvo de Vandeputte (Mouscron, Bélgica) como VEOMER LIN. Este aceite vegetal modificado tiene una viscosidad de 1000 cP a 20 °C y un índice de acidez de 105-130 mg de hidróxido de potasio (KOH) / g. El peróxido de dicumilo (DCP) utilizado tiene un 98% de pureza y fue suministrado por Sigma-Aldrich SA (Madrid, España).

Se procedió a la elaboración de los distintos compuestos mezclándolos en fundido mediante el proceso de extrusión con ayuda de la extrusora de doble husillo corrotante D30 Dupra (Alicante, España). Posteriormente se inyectaron probetas normalizadas empleando para ello la inyectora industrial modelo 270/75 de Mateu&Solé® (Barcelona, España).

**Tabla 1.** Resumen de las composiciones utilizadas en el trabajo

Muestra	Bio-HDPE (wt%)	PLA (wt%)	ELO (phr)	MLO (phr)	DCP (phr)
Bio-HDPE	100	0	0	0	0
Bio-HDPE/20PLA	80	20	0	0	0
Bio-HDPE/20PLA+ELO	80	20	5	0	0
Bio-HDPE/20PLA+ELO+DCP	80	20	5	0	1
Bio-HDPE/20PLA+MLO	80	20	0	5	0
Bio-HDPE/20PLA+MLO+DCP	80	20	0	5	1

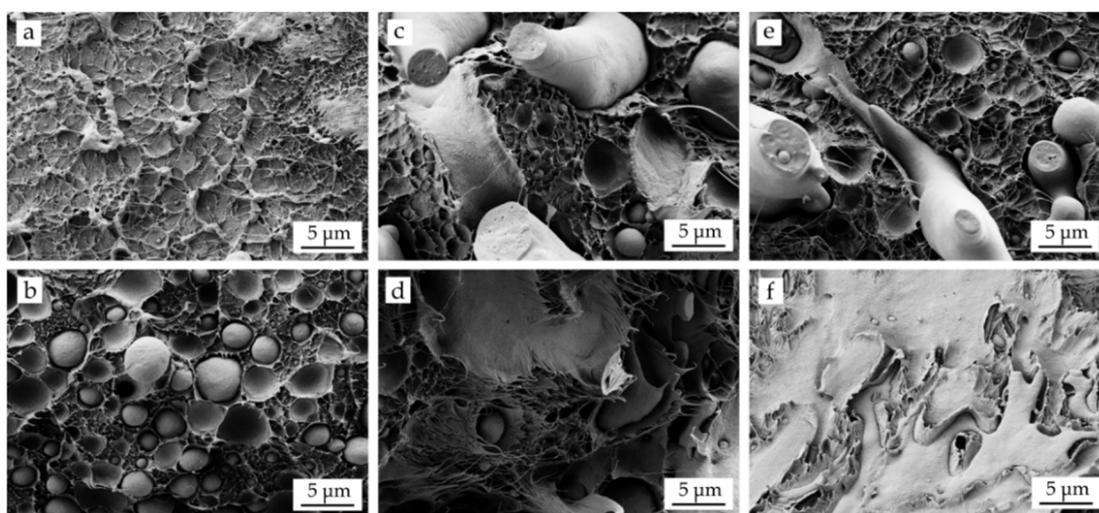
### Ensayos

La morfología de las superficies de fractura de las piezas moldeadas por inyección obtenidas de las pruebas de impacto se observó mediante microscopía electrónica de barrido de emisión de campo (FESEM) en un ZEISS ULTRA 55 de Oxford Instruments (Abingdon, Reino Unido). Antes de colocar las muestras en la cámara de vacío, las superficies se pulverizaron con una aleación de oro y paladio en un modelo SC7620 de recubrimiento por pulverización catódica EMITECH de Quorum Technologies, Ltd. (East Sussex, Reino Unido). Se aplicó una tensión de aceleración de 2 kV.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 1 muestra las superficies de fractura de los materiales estudiados con diferentes agentes compatibilizantes. La Figura 1a, correspondiente a la superficie de fractura del Bio-HDPE, presenta un aspecto muy irregular y rugoso, con formaciones de tipo cavernoso típico del comportamiento dúctil de este polímero. Como se ha comentado en la introducción, el Bio-HDPE y el PLA son polímeros inmiscibles. Por este motivo, como se puede apreciar en la Figura 1b, la incorporación de PLA a la matriz de Bio-HDPE queda como una fase dispersa formando pequeñas esferas y dominios separados. Estos huecos actúan como concentradores de tensiones cuando el material es sometido a esfuerzos externos. No se produce una adecuada transferencia de las tensiones entre la fase matriz y la fase dispersa. De hecho, esa falta de continuidad en la estructura interna de estos materiales es la responsable de la pérdida de la ductilidad y reducción de propiedades mecánicas. En la Figura 1c y Figura 1e se observa el efecto plastificante de los aceites, lo que provoca el estiramiento de las esferas de PLA. La fase dispersa de PLA ya no está formada por un sinfín de esferas, sino que éstas son estiradas dando lugar a formas curvas y alargadas con ramificaciones que se rompen a consecuencia de la deformación que provoca el impacto. Parece ser que la incorporación a la mezcla de ambos aceites naturales no llega a mejorar de manera notable la miscibilidad entre ambos materiales ya que aún se puede discernir una gran brecha entre las fases de Bio-HDPE y PLA.

La incorporación del DCP junto con el aceite a las mezclas, supone una serie de cambios notables que se pueden apreciar en las Figura 1d y la Figura 1f. En ambos casos, la combinación del aceite vegetal junto con el DCP da lugar a una morfología donde no se distinguen de manera clara las fases separadas del Bio-HDPE y el PLA. Es en la mezcla con MLO+DCP donde se pueden apreciar los cambios más notables, ya que desaparecen totalmente las esferas de PLA y el Bio-HDPE está cubriendo totalmente al PLA. Si se observa la Figura 1f, se puede apreciar como aparece una estructura de rotura con una forma dendrítica o ramificada que se produce debido a una fuerte interacción entre ambos polímeros. La fractura también produjo una superficie más rugosa con cierta deformación plástica, mientras que no se observó evidencia de separación de fases o extracción de la fase de inclusión después de la fractura.



**Figura 1.** Imágenes de microscopía electrónica de barrido por emisión de campo (FESEM), tomadas a 2000 ×, de las fracturas superficiales de las piezas moldeadas por inyección de:

A) Bio-HDPE); B) Bio-HDPE/20% PLA; C) Bio-HDPE/ 20%PLA+ELO; D) Bio-HDPE/20%PLA+ELO+DCP; E) Bio-HDPE/20%PLA+MLO; F) Bio-HDPE/20%PLA+MLO+DCP.

Este cambio morfológico puede atribuirse tanto a la formación in situ de copolímeros de bio-HDPE-co-PLA para lograr la compatibilización y el efecto de reticulación que genera el DCP. En diversos artículos, se ha demostrado como la incorporación del DCP a las mezclas consigue reducir el tamaño de los dominios y mejorar de manera notable tanto la compatibilidad entre los polímeros como mejorar de manera general las propiedades mecánicas [5].

## CONCLUSIONES

El presente estudio describe las características morfológicas entre dos polímeros inmiscibles y las mejoras que supone la incorporación de diferentes agentes compatibilizantes como aceites naturales y peróxidos funcionales. Se puede concluir diciendo que la combinación de aceites vegetales y peróxidos multifuncionales representa una estrategia atractiva para mejorar la compatibilidad entre biopolímeros y puede contribuir potencialmente al desarrollo de tecnologías de polímeros sostenibles. Estas piezas, que tienen una base totalmente biológica, pueden considerarse entonces como excelentes candidatas para su uso como piezas rígidas de plástico, como por ejemplo superficies de embalaje rígidas y sostenibles, como tablas de cortar, utensilios de cocina y encimeras, contenedores de almacenamiento, etc.

## AGRADECIMIENTOS

Luis Quiles Carrillo quiere agradecer al Ministerio de Educación, Cultura y Deportes por el apoyo financiero a través de la beca FPU15 / 03812.

## REFERENCIAS

- [1] Tahir N., Bhatti H.N., Iqbal M., Noreen S., Biopolymers composites with peanut hull waste biomass and application for Crystal Violet adsorption , International journal of biological macromolecules, 94, 210-220, (2017).
- [2] Imre B., Pukánszky B., Compatibilization in bio-based and biodegradable polymer blends, European Polymer Journal, 49, 1215-1233, (2013).
- [3] Quiles-Carrillo L., Montanes N., Lagaron J.M., Balart R., Torres-Giner S., On the use of acrylated epoxidized soybean oil as a reactive compatibilizer in injection-molded compostable pieces consisting of polylactide filled with orange peel flour, Polymer International, (2018).
- [4] Yu L., Dean K., Li L., Polymer blends and composites from renewable resources, Progress in polymer science, 31, 576-602, (2006).
- [5] García-García D., Encinas E.R., Carbonell-Verdu A., López-Martínez J., Balart R., Improvement of the compatibility between poly (3-hydroxybutyrate) and poly (ε-caprolactone) by reactive extrusion with dicumyl peroxide, Elsevier, 86, 41-57, (2017).

## Estudio de la cinética de desintegración en suelo de compost de mezclas ternarias de poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalerate) (PHBV), polylactide (PLA) y poly(butylene adipate-co-terephthalate) (PBAT)

N. Montanes<sup>(1)</sup>, L. Sanchez-Nacher<sup>(1)</sup>, O. Fenollar<sup>(1)</sup>, V. Fombuena<sup>(1)</sup>

(1) Instituto de Tecnología de Materiales (ITM)  
 Universitat Politècnica de València (UPV), 03801, Alcoy (Spain)  
 Plaza Ferrándiz y Carbonell s/n, Alcoi, (Alicante)  
 e-mail: nesmonmu@upvnet.upv.es

### RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es estudiar la cinética de desintegración en suelo de compost de mezclas ternarias, de tres poliésteres comerciales biodegradables, a saber, poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalerate) (PHBV), polylactide (PLA) y poly(butylene adipate-co-terephthalate) (PBAT), elaboradas mediante extrusión reactiva.

### INTRODUCCIÓN

La futura escasez de petróleo, así como el aumento de la conciencia a nivel colectivo sobre el gran impacto medioambiental que generan los residuos de plástico post-consumo, son los dos principales impulsores del interés que se está generando, tanto a nivel académico, como industrial, sobre los biopolímeros. Los términos "polímeros de base biológica" y "polímeros biodegradables" se usan ampliamente en la literatura sobre polímeros cuando se hace referencia a biopolímeros [1]. Los polímeros de base biológica incluyen tanto macromoléculas de origen natural, como proteínas e hidratos de carbono, así como polímeros sintetizados a partir de monómeros renovables. Por su parte, los polímeros biodegradables experimentan una rápida y completa desintegración a través de la acción de las enzimas y / o el deterioro químico asociado con los microorganismos vivos. Los polímeros de base biológica pueden ser no degradables, como el polietileno de base biológica (bio-PE) [2] y las poliamidas de base biológica (bio-PAs) [3], o biodegradables. Entre los polímeros biodegradables, los poliésteres alifáticos de base biológica, incluidos los polihidroxicanoatos (PHA) y las poliláctidas (PLA), desempeñan un papel predominante debido a sus enlaces éster potencialmente hidrolizables. Algunos otros poliésteres biodegradables pueden producirse a partir de recursos de petróleo no renovables, como es el caso de por ejemplo el poli(succinato de butileno) (PBS), el poli(butileno succinato-co-adipato) (PBSA) y poli(butileno adipato-co-tereftalato) (PBAT).

Los polímeros biodegradables son candidatos adecuados para aplicaciones en el ámbito de los materiales desechables, particularmente para usos a corto plazo, en sectores como el del embalaje o la higiene. Sin embargo, el uso de biopolímeros actualmente está restringido para la mayoría de las aplicaciones industriales debido a su pobre procesabilidad y su baja estabilidad térmica y rendimiento mecánico (cuando se toman solos), en comparación con los polímeros de uso común. El desarrollo de copolímeros y mezclas de biopolímeros con propiedades satisfactorias puede superar fácilmente estas limitaciones. En comparación con la copolimerización, las mezclas de polímeros representan una forma económica y más conveniente de proporcionar las propiedades deseadas, por mezcla física, sin ninguna etapa de síntesis o modificación

química. Sin embargo, la mayoría de las mezclas de polímeros existentes no son termodinámicamente miscibles, lo cual está principalmente influenciado por interacciones del tipo dipolo-dipolo, ion-dipolo, enlaces de hidrógeno, ácido-base y donante-receptor [4, 5]. Como resultado, las mezclas de polímeros inmiscibles habitualmente necesitan ser compatibilizadas para mejorar la adhesión entre los componentes de la fase, reducir su tensión interfacial y generar tamaños de fase de inclusión limitados [6]. En la presente investigación se ha empleado un oligómero estireno-acrílico de base de epoxi (ESAO) de baja funcionalidad como compatibilizante.

El objetivo del presente trabajo es estudiar la cinética de desintegración en suelo de compost, de mezclas ternarias, de tres poliésteres comerciales biodegradables, a saber, poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalerate) (PHBV), polylactide (PLA) y poly(butylene adipate-co-terephthalate) (PBAT), elaboradas mediante extrusión reactiva. Estos biopolímeros han sido seleccionados ya que actualmente se producen en volúmenes relativamente grandes y presentan un rendimiento muy diferente, por lo que su combinación puede proporcionar propiedades ajustables para un amplio rango de aplicaciones de envasado.

## MÉTODOS EXPERIMENTALES

### Materiales

El poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalerate) (PHBV) empleado ha sido el ENMATM Y1000P, producido por Tianan Biologic Materials (Ningbo, China). El homopolymer polylactide (PLA), grado Ingeo™ biopolymer 2003D, fue obtenido de NatureWorks (Minnetonka, MN, USA). El copolymer petroquímico poly(butylene adipate-co-terephthalate) (PBAT), denominado como Biocosafe 2003F, se ha adquirido de Xinfu Pharmaceutical Co. Ltd. (Zhejiang, China). El oligómero estireno-acrílico de base de epoxi de baja funcionalidad (ESAO) se obtuvo de BASF S.A. (Barcelona, España), en forma de gránulos sólidos, bajo el nombre comercial Joncryl® ADR 4300.

El mezclado en fundido para la correcta elaboración de los distintos compuestos ternarios se efectuó mediante el proceso de extrusión. Para ello se empleó una extrusora de doble husillo corrotante ZSK-18 MEGALab de Coperion (Stuttgart, Alemania). Los husillos tienen 18 mm de diámetro, con una relación longitud (L) / diámetro (D) de 48. El tiempo de residencia fue de aproximadamente 1 minuto. El perfil de temperaturas de extrusión, desde la tolva hasta la boquilla, se estableció de la siguiente manera: 155, 160, 160, 165, 165, 170 y 175 °C. El hilo obtenido a la salida de la extrusora se enfrió en un baño de agua a 15 °C, tras lo cual fue peletizado. El conjunto de muestras analizadas en el presente trabajo se expone en la Tabla 1.

Tras la elaboración de las mezclas, se fabricaron films con un espesor medio de 200 a 250 µm por termocompresión, empleando para ello una prensa hidráulica modelo 3850 de Carver, Inc. (Wabash, IN, USA). El proceso se realizó a 180 °C y 8 bares de presión durante 10 min, seguido de un enfriamiento rápido dentro de la prensa mediante un circuito interno de agua a 15 °C durante 5 min. Después los films se almacenaron en condiciones ambientales (23 °C y 50% de HR) durante 15 días antes de la caracterización.

**Tabla 1.** Conjunto de muestras analizadas, con referencia al porcentaje de cada uno de los componentes en las mezclas ternarias preparadas.

Muestra	PHBV (%)	PLA (%)	PBAT (%)	ESAO (phr)
PHBV (ref. <b>A</b> )	100	0	0	0
PBAT (ref. <b>B</b> )	0	100	0	0
PLA (ref. <b>C</b> )	0	0	100	0
PHBV/PLA/PBAT 1:1:1 (ref. <b>D</b> )	33.33	33.33	33.33	0
PHBV/PLA/PBAT 1:1:1 + ESAO (ref. <b>E</b> )	33.33	33.33	33.33	2
PHBV/PLA/PBAT 2:1:1 + ESAO (ref. <b>F</b> )	50	25	25	2
PHBV/PLA/PBAT 3:1:1 + ESAO (ref. <b>G</b> )	60	20	20	2

### Ensayos de biodegradación

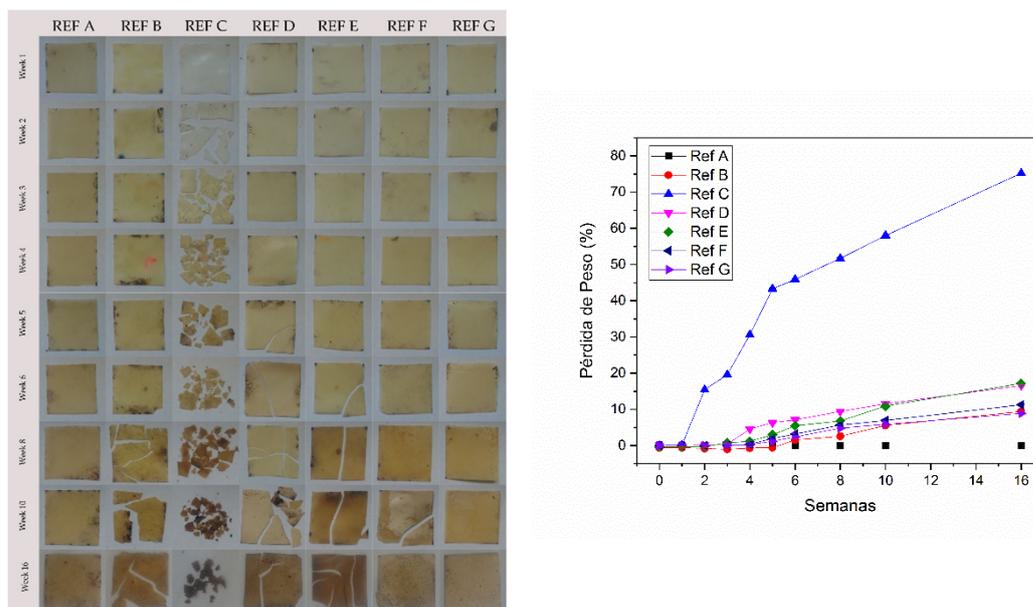
La prueba de desintegración bajo condiciones de composición simulada se realizó según lo indicado por la norma ISO 20200, a una temperatura de 58 °C y una humedad relativa del 55%. Muestras de 20×20×0,25 mm<sup>3</sup> fueron colocadas en un recipiente adecuado y se enterraron bajo un compuesto de suelo controlado formado por (peso en seco) serrín (40% en peso), alimento de conejo (30% en peso), compost maduro (10% en peso), almidón de maíz (10% en peso), sacarosa (5% en peso), aceite de semilla de trigo (4% en peso) y urea (1% en peso). Las muestras se desenterraron periódicamente del reactor, se lavaron con agua destilada, se secaron y finalmente se pesaron con el fin de realizar un balance analítico de la descomposición. La pérdida de peso debida a la desintegración en suelo controlado de compost se calculó mediante la ecuación (1). Todas las pruebas se llevaron a cabo por triplicado para garantizar la fiabilidad. Se calcularon los valores promedio de la pérdida de peso y los errores estadísticos.

$$\text{Pérdida de Peso (\%)} = \left( \frac{W_0 - W_t}{W_0} \right) \cdot 100 \quad (1)$$

Donde  $W_t$  es el peso de la muestra después de un tiempo de enterramiento  $t$  y  $W_0$  es el peso en seco inicial de la muestra.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La evolución de la biodegradación, así como el porcentaje de pérdida de peso, de las distintas muestras analizadas, se puede observar en la Figura 2. El periodo de incubación ha sido de 16 semanas. Se observa como la muestra formada por un 100% de PLA es muy sensible a la degradación en suelo de compost, comenzando con un proceso de fragilización y pérdida de peso ya desde la semana 2. De los resultados obtenidos se puede concluir que los otros dos polímeros empleados, el PHBV y el PBAT, a pesar de ser biodegradables, no son tan sensibles con el método de desintegración en suelo de compost. En este sentido, en tanto en cuanto se incorpora PLA en las mezclas ternarias, se consigue una mayor fragilización y pérdida de peso en las muestras, sobre todo a partir de la sexta semana.



**Figura 2.** Evolución de la biodegradación y porcentaje de pérdida de peso del conjunto de muestras analizadas.

## CONCLUSIONES

El estudio de la cinética de desintegración, en suelo de compost, de las mezclas ternarias de los polímeros biodegradables PHBV, PLA y PBAT ha demostrado que el PLA es altamente sensible a este método de degradación, ya que a partir de la segunda semana comienza a producirse la fragilización y pérdida de peso de la muestra. En cambio, los otros dos polímeros empleados, el PHBV y el PBAT, no son tan sensibles a dicho método de degradación. Por ello, la presencia de PLA en las mezclas ternarias facilitará el proceso de desintegración de los compuestos en suelo de compost controlado.

## REFERENCIAS

- [1] Babu RP, O'Connor K, Seeram R. Progress in Biomaterials. 2013;2:8.
- [2] Torres-Giner S, Torres A, Ferrándiz M, Fombuena V, Balart R. Journal of Food Safety. 2017;37(4):e12348-n/a.
- [3] Quiles-Carrillo L, Montanes N, Boronat T, Balart R, Torres-Giner S. Polymer Testing. 2017;61(Supplement C):421-9.
- [4] Porter RS, Wang L-H. Compatibility and transesterification in binary polymer blends. Polymer. 1992;33(10):2019-30.
- [5] Koning C, Van Duin M, Pagnoulle C, Jerome R. Progress in Polymer Science. 1998;23(4):707-57.
- [6] Muthuraj R, Misra M, Mohanty AK. Journal of Applied Polymer Science. 2017:45726-n/a.

## Desarrollo de nuevos materiales a partir de la revalorización del residuo de orujo.

**Ó. Gutiérrez<sup>(1)</sup>, L. Sanchez<sup>(2)</sup>, E. Fages<sup>(1)</sup>**

*(1) Instituto Tecnológico Textil (AITEX)  
Plaza Emilio Sala, 1 03801 Alcoy (Alicante)  
e-mail: (Óscar Gutiérrez) ogutierrez@aitex.es  
e-mail: (Eduardo Fages) efages@aitex.es*

*(2) Instituto de Tecnología de Materiales  
Universidad Politécnica de Valencia (Campus de Alcoy)  
Plaza Ferrándiz y Carbonell, sn 03801 Alcoy (Alicante)  
e-mail: lsanchez@mcm.upv.es*

### RESUMEN

En el presente estudio se ha acometido el desarrollo de no tejidos mediante la tecnología Wet-Laid a partir del reaprovechamiento del residuo de orujo generado en los procesos de elaboración del aceite de oliva. En dicha revalorización se han utilizado fibras termoplásticas de PLA y celulósicas de Lyocell para su formación, también se ha tenido que incorporar ciertos porcentajes de residuo de cartón para aumentar la resistencia de los no tejidos. A partir del desarrollo de estos velos se han podido fabricar cajas con el objetivo de ser utilizadas para el propio envasado y embalaje de botellas de aceite de oliva virgen.

### INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha podido ver el surgimiento de una nueva concienciación social en temas de medio ambiente, agotamiento de los recursos naturales y reaprovechamiento de los residuos para otorgarles una segunda vida de utilización [1]. Todo esto ha motivado la realización del presente estudio. El residuo de orujo es un residuo o subproducto que se genera en el proceso de obtención del aceite de oliva. Este subproducto presenta una composición de elementos muy contaminante para el medio ambiente si se vierte sin control, llegando a poder contaminar suelos, acuíferos y ríos, ocasionando grandes alteraciones en los ecosistemas acuáticos.

En la obtención del aceite de oliva virgen se realizan una primera extracción del aceite contenido en la aceituna, cuyo subproducto (alperujo) todavía tiene una cierta cantidad aprovechable. Este alperujo es sometido nuevamente a una segunda extracción, con la combinación de métodos de centrifugación y químicos, para la obtención del aceite de orujo de oliva crudo, en cuyo proceso se genera el residuo de orujo que no se puede aprovechar para la extracción de más aceite [2] [3].

Con el objetivo de reutilización de este residuo y devolverlo a la cadena de valor, se ha realizado el estudio de su utilización para el desarrollo de no tejidos mediante la tecnología Wet-Laid. En este caso se ha pretendido acometer la fabricación de cajas para el envasado y embalaje de botellas de aceite de oliva virgen. Esto otorga al estudio de un remarcado carácter ecológico, ya que se utilizan los subproductos generados en el proceso de elaboración del aceite de oliva para su propio envasado.

## MÉTODOS EXPERIMENTALES

En primer lugar, se realizó un estudio preliminar de procesabilidad del residuo de orujo para la formación de no tejidos mediante la tecnología Wet-Laid. En este estudio se contempló la utilización del máximo porcentaje de residuo de orujo admisible en la composición para la formación de los no tejidos.

**Tabla 1.** Estudio de procesabilidad del residuo de orujo para la formación de no tejidos.

Residuo de orujo	Composición %(p/p)		Gramaje teórico (g/m <sup>2</sup> )
	Lyocell	PLA	
95	2,5	2,5	200
90	5	5	200
85	7,5	7,5	200
80	10	10	200

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

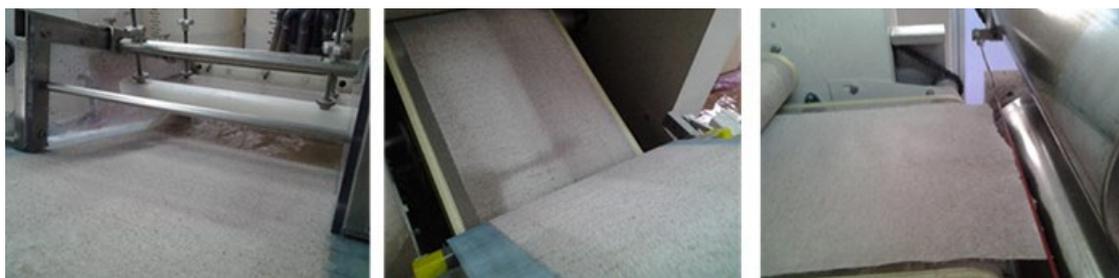
Se han podido desarrollar no tejidos con diferentes porcentajes de residuo de orujo para poder determinar la máxima cantidad admisible de dicho residuo (Tabla 1) en la formación de un velo completamente funcional. A continuación, se describen los resultados obtenidos.

Composición de residuo de orujo del 95%: El no tejido se puede formar perfectamente a la salida del Wet-Laid, pero al intentar desprender el velo de la cinta de formación se rompía imposibilitando su manipulación. Al romperse tan fácilmente demuestra la fragilidad del velo por lo que se descarta la viabilidad con un porcentaje del 95% de residuo de orujo.

Composición de residuo de orujo del 90%: El no tejido se puede formar correctamente a la salida del Wet-Laid. No obstante, al intentar pasar el velo al tren de secado para el proceso de consolidación, presenta una estructura muy débil, pero puede llegar a ser manipulado con sumo cuidado. Una vez consolidado se pudo comprobar que el no tejido seguía teniendo poca resistencia, aun después de haber fundido la fibra termoplástica de PLA. Por su baja resistencia y fragilidad se descarta la viabilidad con un porcentaje del 90% de residuo de orujo.

Composición de residuo de orujo del 85%: En este caso ocurre lo mismo que con el porcentaje de residuo de orujo del 90%, el no tejido se puede formar correctamente, pero sigue teniendo una estructura débil siendo difícil su manipulación. Por este motivo se descarta la viabilidad con un porcentaje del 85% de residuo de orujo.

Composición de residuo de orujo del 80%: Al igual que en los procesados anteriores el no tejido se puede formar correctamente, pero en esta ocasión el velo se ha formado con la resistencia suficiente como para poder ser manipulado sin correr el riesgo de producirse alguna rotura. El no tejido presenta la suficiente resistencia como para poder ser utilizado en la fabricación de nuevos materiales. Por lo que se considera la viabilidad de fabricación de no tejidos con un porcentaje máximo del 80% de residuo de orujo.



**Figura 2.** Formación del no tejido con una composición del residuo de orujo del 80%.

### **Desarrollo de caja para envasado de botellas de aceite de oliva virgen:**

A partir de la fabricación del no tejido con un porcentaje de residuo de orujo del 80% se ha procedido a la fabricación de cajas para el envasado de botellas de aceite de oliva virgen. En primer lugar, se procedió al calandrado del no tejido para obtener un velo más fino, resistente y con un mejor acabado.

El siguiente paso consistió en el cortado y doblado de las partes que componen la caja para su montaje. para la realización del montaje se conto con la empresa SELFPACKAGING (Barcelona), eligiendo el diseño más adecuado para el envasado de botellas de aceite de oliva virgen. Tras las primeras pruebas se pudo comprobar que el no tejido se agrietaba y rompía con el doblado del velo para la formación de la caja.



**Figura 3.** Fabricación de la caja y problemática de rotura en el proceso de doblado.

Con esto se pudo comprobar que el no tejido con un 80% de residuo de orujo en su composición no era viable la fabricación de cajas debido a su fragilidad en el proceso de doblado para el montaje de la propia caja. Es por ello que se optó por la fabricación de nuevos no tejidos con porcentajes de residuos de cartón, ya que la celulosa presente en su composición aumenta la resistencia al doblado sin producir roturas, como ocurre en las cajas de 100 % cartón. En este caso se utilizó residuo de cartón de la empresa HINOJOSA (Alquería de Aznar), para el desarrollo de los nuevos no tejidos.

En la tabla que se muestra a continuación se pueden observar las dos pruebas que se realizaron.

**Tabla 2.** Estudio de procesabilidad del residuo de orujo con residuo de cartón para la formación de no tejidos.

Residuo de orujo	Composición %(p/p)			Gramaje teórico (g/m <sup>2</sup> )
	Residuo de cartón	Lyocell	PLA	
60	20	10	10	200
50	30	10	10	200

Tras el desarrollo de los no tejidos enumerados en la Tabla 2 y proceder a la fabricación de la caja, se pudo comprobar que la composición más adecuada ha sido la que presentaba un porcentaje de 50% de residuo de orujo y del 30% de residuo de cartón, por lo que se demuestra la viabilidad de utilización del residuo de orujo.

**Figura 4.** Caja de envasado y embalaje de botellas de aceite de oliva virgen a partir de residuo de orujo (50%), residuo de cartón (30%), fibras de lyocell (10%) y de PLA (10%).

## CONCLUSIONES

En este estudio se ha podido comprobar la viabilidad de utilización de porcentajes elevados de residuo de orujo (50%) en la composición de no tejidos para el desarrollo de cajas para el embalaje de botellas de aceite de oliva virgen, en este caso de un tamaño de 500 ml. Es por ello que este estudio posee un remarcado carácter ecológico y de respeto al medio ambiente, ya que se reutiliza un residuo o subproducto del proceso de obtención del aceite de oliva para su propio posterior empaquetado y embalaje.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a AITEX (Asociación de la Investigación de la Industria Textil) y al Instituto Valenciano de Competitividad Empresarial (IVACE) por la ayuda proporcionada en cuanto a financiación y equipamiento necesario para la consecución del presente estudio.

## REFERENCIAS

- [1] Kaplan, D. L., Biopolymers from Renewable Resources, 1, 42 (1998).
- [2] Barbucci, R., Integrated Biomaterials Science. 2002.
- [3] Bas, R.R., Wold bulk oil exhibition, 2012.

## Utilización del residuo de la oliva para la obtención de sustancias tipo húmicas y su posterior aplicación en proceso foto-Fenton a pH neutro

P. García-Negueroles<sup>(1)</sup>, S. García-Ballesteros<sup>(1)</sup>, R.F. Vercher<sup>(1)</sup>, A. Domenec<sup>(1)</sup>, H. Kadrispahic<sup>(2)</sup>, A.M. Amat<sup>(1)</sup>

(1) Grupo Procesos de Oxidación Avanzada,  
Departamento de Ingeniería Textil y Papelera, Universitat Politècnica de València  
Plaza Ferrándiz y Carbonell s/n, Alcoi, (Alicante)  
e-mail: paugarne@upv.es

(2) LiqTech Systems A/S, Benschøj industrivej 24 9500 Hobro, Denmark

### RESUMEN

Se han utilizado sustancias tipo húmicas obtenidas a partir del residuo de la producción del aceite de oliva (HLS) con el objetivo de comprobar si pueden actuar como agentes complejantes del hierro en el proceso foto-Fenton. Se han empleado diferentes tiempos de fermentación del residuo procedente de la producción del aceite de oliva con el fin de seleccionar el que mejores resultados muestre a pH próximo a la neutralidad (pH 5).

### INTRODUCCIÓN

Uno de los mayores inconvenientes del proceso foto-Fenton es la necesidad de realizar el proceso a pH ácido para evitar la formación de especies no activas del hierro como óxidos e hidróxidos de hierro [1]. Con la finalidad de evitar la formación de estas especies a pH más cercano a la neutralidad, se está estudiando la utilización de complejantes del hierro como pueden ser las sustancias tipo húmicas [2]. La capacidad de las sustancias tipo húmicas para aumentar el rango de pH en el proceso foto-Fenton hacia pH más próximos a la neutralidad parece gobernada por la interacción entre el Fe(III) y las sustancias tipo húmicas [3].

Los contaminantes modelo seleccionados para el presente trabajo se encuentran recogidos en la Directiva 2013/39/CE. Esta Directiva complementa las Directivas 2000/60/CE y 2008/105/CE, y recoge 45 sustancias consideradas contaminantes emergentes de especial prioridad. Entre estas sustancias (Figura 1) se encuentra el pentaclorofenol (PCP) y la terbutrina (TBT). El pentaclorofenol es un insecticida y desinfectante, mientras que la terbutrina es un herbicida procedente de la familia de las atrazinas.

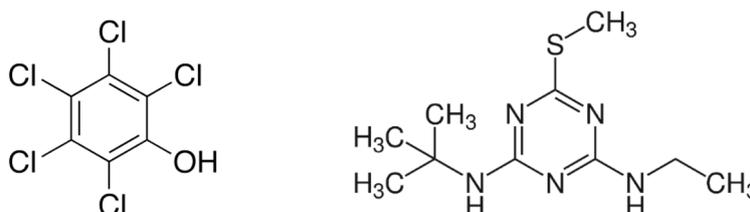


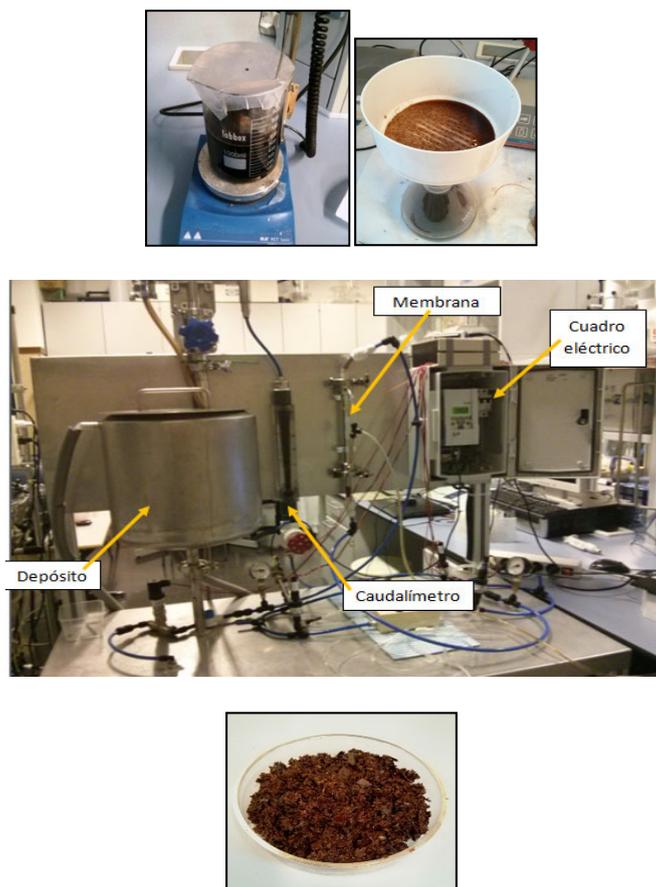
Figura 1. Estructura molecular del pentaclorofenol y la terbutrina respectivamente.

El uso del residuo procedente de la producción del aceite de oliva responde a una necesidad, ya que España es el mayor productor mundial de aceite de oliva con la consiguiente generación de residuos. De este modo se aprovecha el residuo de un sector productivo como materia prima para otro proceso, dándole valor, lo que se conoce como economía circular.

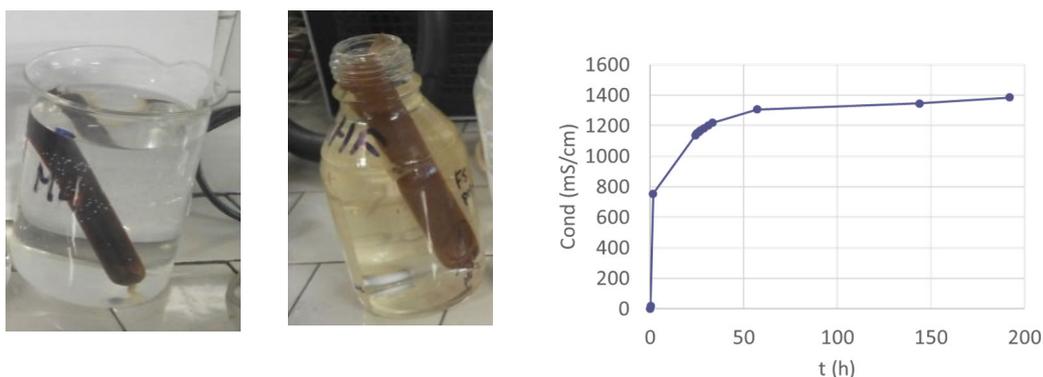
## MÉTODOS EXPERIMENTALES

### Extracción de las sustancias tipo húmicas

El residuo procedente de la producción del aceite de oliva procede de Millena (Alicante). Para la obtención de las HLS se realiza (Figura 2) una digestión básica del residuo (pH 13) durante 24 horas, seguida de una filtración para la eliminación de la fracción insoluble. Posteriormente se lleva y se somete a un proceso de ultrafiltración con membranas cerámicas (tamaño de poro de las membranas 50 kDa) para concentrar las HLS. Por último, se secan a 65°C en estufa y en algunos casos se somete a diálisis para eliminar las sales que contenga (Figura 3). Se ha realizado la extracción de tres tipos diferentes de sustancias húmicas, el residuo fresco de la oliva, el residuo de la oliva fermentado durante un mes, y el residuo de la oliva fermentado un año.



**Figura 2.** Imágenes que muestran los diferentes pasos del proceso de extracción de las HLS.



**Figura 3.** Imágenes y gráfica de la dialización de las HLS.

### Ensayos foto-Fenton a pH neutro

Se realizó una primera serie de experimentos usando el PCP a una concentración de 1 mg/L y adicionándole 2 mg/L y 10 mg/L de cada una de las HLS obtenidas (residuo fresco, fermentado un mes y fermentado un año). Los experimentos se realizaron a pH 5 y pH 6.

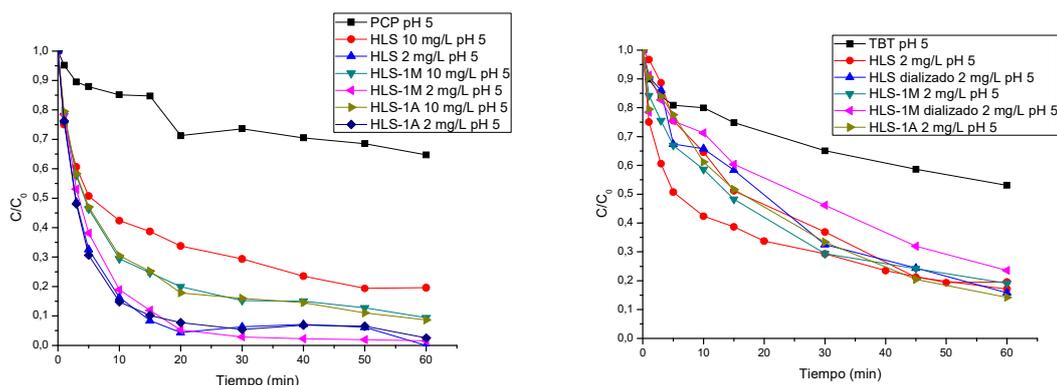
Posteriormente se realizó una segunda serie de experimentos usando como contaminantes la TBT. En este caso la concentración del contaminante fue de 5 mg/L y se adicionó en todos los casos 2 mg/L de las distintas sustancias húmicas. Se realizaron todos los experimentos con la terbutrina a pH 5.

Los experimentos se llevan a cabo a escala de laboratorio en un simulador solar (Oriol Instruments). En todos los casos para el proceso foto-Fenton se utilizó Fe (III) en forma de  $\text{FeCl}_3$  y la cantidad estequiométrica de peróxido de hidrogeno ( $\text{H}_2\text{O}_2$  33% p/v), que se adicionó en todos los casos al inicio de cada experimento.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los experimentos realizados con el PCP se observa en todos los casos mejores resultados de degradación para pH 5 y la adición de 2 mg/L de las HLS. Por este motivo, a la hora de realizar los experimentos con la TBT se realizaron todos los ensayos a pH 5 y con 2 mg/L de las HLS. En el caso de la TBT, se trabajó a una mayor concentración del contaminante (3 mg/L) para comprobar si existe un comportamiento diferente de las HLS para diferentes concentraciones de contaminante.

No se observan grandes diferencias en cuanto a degradación de los compuestos con la utilización de las sustancias dializadas (Figura 4).



**Figura 4.** Evolución de la degradación del pentaclorofenol y la terbutrina (respectivamente) con la utilización de las diferentes sustancias húmicas obtenidas.

## CONCLUSIONES

Se ha comprobado que el uso de sustancias tipo húmicas extraídas del residuo de la producción del aceite de oliva permiten ampliar el rango de pH en el proceso foto-Fenton hasta 5. Los mejores resultados se han obtenido adicionando 2 mg/L de las sustancias tipo húmicas. Por otro lado, el uso de las sustancias dializadas no presenta mejora en el proceso foto-Fenton con respecto al uso de las sustancias sin dializar, por lo que este proceso podría descartarse.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer el aporte financiero de la Unión Europea H2020-MSCA-RISE-2014, Mat4treat, así como al Ministerio español de Educación y Ciencia CTQ2015-69832-C4-4-R y beca predoctoral de P.García.

## REFERENCIAS

- [1] Gomis J., Carlos L., Bianco-Prevot A., Teixeira A.C.S.C., Mora M., Amat A.M., Vicente R., Arques A., *Catal. Today* 240, 39-45 (2015).
- [2] Klamertha N., Malato S., Maldonado M.I., Agüera A., Fernández-Alba A., *Catal. Today* 161, 241-246 (2011).
- [3] Gomis J., Bianco-Prevot A., Montoneri E., González M.C., Amat A.M., Mártire D.O., Arques A., Carlos L., *Catal. Today* 235, 236-243 (2014).

## Caracterización de aguas residuales de un centro de atención primaria y su tratamiento mediante procesos de oxidación avanzada.

**A. Lerma-Canto, S. García-Ballesteros, P. García-Negueroles, R.F. Vercher, A.M. Amat, R. Vicente**

*Dpto. Ingeniería Textil y Papelera. Universitat Politècnica de València.*

*Plaza Ferràndiz y Carbonell s/n 03801-Alcoy (España).*

*Email: rvicente@txp.upv.es*

### RESUMEN

La terapia más habitual que encontramos en un centro sanitario es la prescripción de fármacos de mano del personal médico, algunos de estos fármacos se eliminan del cuerpo humano manteniendo su actividad farmacológica siendo un riesgo para el medio ambiente. Normalmente estos compuestos no se eliminan por los métodos convencionales y es necesario aplicar métodos alternativos de depuración. Los procesos de oxidación avanzada se presentan como una alternativa eficiente para la eliminación.

En el presente trabajo se ha llevado a cabo un estudio previo de caracterización ecológica mediante diferentes técnicas de análisis (COD, DQO, respirometría, fluorimetría, pH, espectrofotometría, conductividad y DBO5) de las aguas que se vierten a la red pública de alcantarillado. Para llevar a cabo esta caracterización se han tomado muestras a diferentes horas de actividad, alta, media y baja a lo largo de todas las semanas, con el objetivo final de obtener muestras que sean representativas relacionadas con la afluencia médica de los pacientes al centro de salud.

Estas aguas se han tratado con un método de oxidación avanzada que es el foto-Fenton, con el fin de eliminar los compuestos que son poco amigables con el medio ambiente. La utilización de la técnica analítica de fluorimetría es la novedad en este trabajo, la cual se ha utilizado para la detección de los compuestos y seguimiento de las reacciones de degradación después de los tratamientos.

### INTRODUCCIÓN

Los compuestos farmacéuticos tienen la función de prevenir o tratar infecciones y enfermedades, tanto en animales como en humanos.

Después de ser administrados ya sea vía oral o bien intravenosa, algunos compuestos se metabolizan, mientras que otros permanecen intactos antes de ser excretados. Dichos fármacos entran en el agua residual y llegan a las EDAR (Estación Depuradora de Aguas Residuales). Sin embargo, los procesos biológicos de tratamiento de aguas residuales no siempre son eficaces para la eliminación de muchos de los compuestos farmacéuticos. Podemos llegar a concluir que dichos compuestos son contaminantes emergentes. (Biel-Maeso, Baena-Nogueras, Corada-Fernández, & Lara-Martín, 2018; Santos, Aparicio, & Alonso, 2007)

La contaminación que sufren los ecosistemas naturales por culpa de las aguas residuales que proceden de origen hospitalaria es uno de los temas de mayor atención

ambiental y a su vez para la salud humana desde hace algunos años. Diversos investigadores reportan que estas aguas residuales representan un problema en cuanto a su eliminación, debido al peligro latente de las elevadas concentraciones de microorganismos y/o virus, alguno de los cuales puede llegar incluso a adquirir una resistencia a los antibióticos debido a dichas aguas residuales (Gros, Petrović, Ginebreda, & Barceló, 2010).

Dicho todo esto, podemos llegar a concluir que es necesario controlar las aguas residuales en los centros sanitario y hospitales, ya que pueden llegar a causar un gran impacto medioambiental.

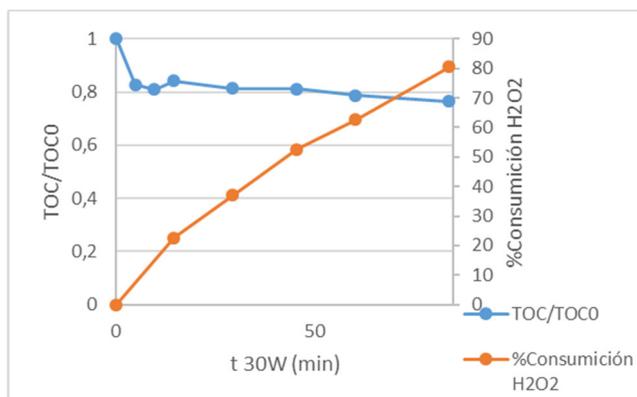
## MÉTODOS EXPERIMENTALES

### Toma y análisis de las muestras

Las aguas residuales analizadas y tratadas proceden de un centro de salud localizado en Alcoi llamado La Fábrica. El envase con el que se realizó la recogida de las muestras debía de estar limpio y seco. El material con el que estaba fabricado este era de plástico, ya que no era ningún compuesto orgánico volátil y no era necesario utilizar envases de vidrio. Para obtener las muestras se debía lavar de 2 a 3 veces el envase de recogida con el agua que se va a coger. Al envase con el que se ha realizado la recogida, se le debía rotular con tinta indeleble o una etiqueta el número de muestra, la fecha y la hora de la recogida, ya que si se tenían que almacenar saber en cada caso que muestra es. A las 41 muestras que se recogieron en los meses de marzo, abril y mayo se llevaron a cabo los siguientes análisis: pH, conductividad, respirometría, espectrofotometría, demanda química y biológica de oxígeno, fluorimetría y se aplicó un tratamiento foto-Fenton para observar si se degradaba los contaminantes emergentes.

### Tratamiento foto-Fenton

Para llevar a cabo el tratamiento foto-Fenton se ha utilizado una planta piloto de 5 litros de capacidad, que se introdujeron muestras de diferentes días para así poder abarcar la capacidad total de esta planta. El pH fue reducido a 2.8, un pH ácido con la adición de  $H_2SO_4$ , y se han empleado 10 mg/l de hierro y la cantidad estequiométrica equivalente de  $H_2O_2$ . El experimento tuvo una duración de aproximadamente 3h. Como se puede observar en la Figura 1 se puede apreciar la disminución del TOC y el consumo de  $H_2O_2$  total.



**Figura 1.** Disminución del TOC y consumo del peróxido de hidrógeno en el tratamiento foto-Fenton.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La caracterización de las aguas del Centro de salud de Atención Primaria se ha observado que presentan una composición bastante constante, durante los tres meses de toma de muestra, aunque se aprecian picos de valores altos de materia orgánica (COT y DQO), con cierta dependencia con la afluencia de pacientes en el centro. Los valores de Biodegradabilidad obtenidos en la relación DBO/DQO, así como en la Respirimetría son muy bajos ( $< 0.1$ ) lo que indica el pobre grado de biodegradabilidad. El tratamiento de las aguas mediante proceso foto-Fenton no ha conseguido eliminar más del 30% del carbono orgánico total inicial (Figura 1), aunque se ha conseguido reducir el porcentaje de inhibición en fagos activos de un 80% a un 50%.

En las matrices de fluorescencia (EEMs) se puede observar que se producen cambios en la matriz del agua, en concreto la desaparición de ciertos tipos de fluoróforos.

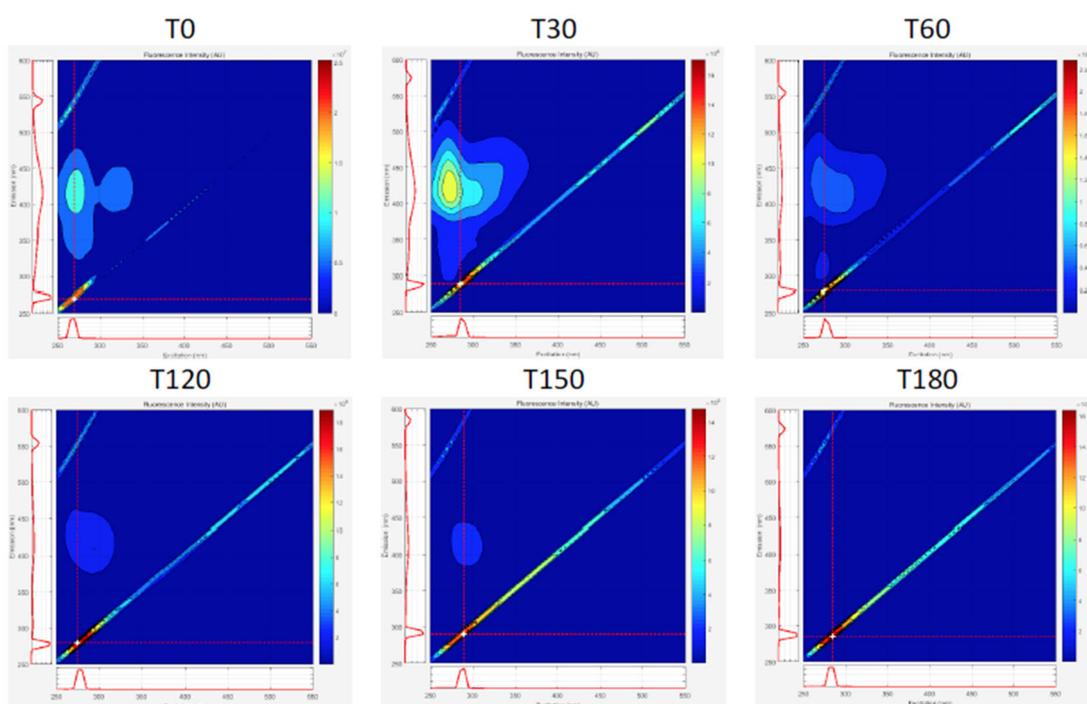


Figura 2. Evolución EEMs con el tratamiento foto-Fenton.

## CONCLUSIONES

Como se ha podido observar en la caracterización de las aguas residuales del centro sanitario, estas no presentan ninguna tendencia, aunque sí que se puede llegar a apreciar una disminución de la concentración en las muestras del mes de mayo. Podemos decir que todas las muestras dependen de la afluencia de gente que haya en el centro de salud en ese momento, ya que se ha concluido que si la afluencia de gente es mayor las muestras salen con picos más altos que si la afluencia de gente es menor. Por otra parte, el proceso foto-Fenton se presenta como un tratamiento previo interesante para las aguas, pues a pesar de no haberse conseguido una mineralización superior al 30%, por lo contrario, sí que se observan reducciones en la inhibición de la respirometría de fangos activos.

Las matrices de excitación emisión (EEMs) de fluorescencia han demostrado ser eficientes en el seguimiento de la degradación pues han permitido observar cambios en la matriz del agua. Sería interesante profundizar en el tratamiento matemático de los datos.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a la Fundació per al Foment de la Investigació Sanitària i Biomèdica de la Comunitat Valenciana por la financiación para el desarrollo de este trabajo con el código UGP-17-195 desarrollado en los laboratorios del departamento de ingeniería textil y papelera de la Escuela Politécnica de Valencia en el campus de Alcoi.

## REFERENCIAS

- [1] Arques Sanz, Antonio. (2009). Cuadernos de Investigación en la Ingeniería: Procesos químicos y fotoquímicos ambientalmente benignos para la degradación de efluentes acuosos industriales, Editorial Marfil. 1: 107-123.
- [2] Afonso-Olivares, C., Sosa-Ferrera, Z., & Santana-Rodríguez, J. J. (2017). Occurrence and environmental impact of pharmaceutical residues from conventional and natural wastewater treatment plants in Gran Canaria (Spain). *Science of the Total Environment*, 599–600, 934–943.
- [3] Biel-Maeso, M., Baena-Nogueras, R. M., Corada-Fernández, C., & Lara-Martín, P. A. (2018). Occurrence, distribution and environmental risk of pharmaceutically active compounds (PhACs) in coastal and ocean waters from the Gulf of Cadiz (SW Spain). *Science of the Total Environment*, 612, 649–659.
- [4] Daouk, S., Chèvre, N., Vernaz, N., Bonnabry, P., Dayer, P., Daali, Y., & Fleury-Souverain, S. (2015). Prioritization methodology for the monitoring of active pharmaceutical ingredients in hospital effluents. *Journal of Environmental Management*, 160, 324–332.
- [5] Domènech, X., Jardim, W. F., & Litter, M. (2001). Eliminación de Contaminantes por Fotocatálisis Heterogénea. *Procesos Avanzados de Oxidación Para La Eliminación de Contaminantes*, 7–34.
- [6] Garcia Ballester, Sara (2017). Desarrollo de nuevas estrategias basadas en la integración de procesos fotoquímicos solares con otras técnicas avanzadas para el tratamiento de aguas residuales. Tesis doctoral.
- [7] Gros, M., Petrović, M., Ginebreda, A., & Barceló, D. (2010). Removal of pharmaceuticals during wastewater treatment and environmental risk assessment using hazard indexes. *Environment International*, 36(1), 15–26.
- [8] Kanakaraju, D., Glass, B. D., & Oelgemöller, M. (2018). Advanced oxidation process-mediated removal of pharmaceuticals from water: A review. *Journal of Environmental Management*, 219, 189–207.
- [9] Munoz, M., Garcia-Muñoz, P., Pliego, G., De Pedro, Z. M., Zazo, J. A., Casas, J. A., & Rodriguez, J. J. (2016). Application of intensified Fenton oxidation to the treatment of hospital wastewater: Kinetics, ecotoxicity and disinfection. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 4(4), 4107–4112.
- [10] Santos, J. L., Aparicio, I., & Alonso, E. (2007). Occurrence and risk assessment of pharmaceutically active compounds in wastewater treatment plants. A case study: Seville city (Spain). *Environment International*, 33(4), 596–601.

## Empleo de fluorescencia (eem-parfac) para el seguimiento de la degradación de compuestos fenólicos mediante ozono

S. García Ballesteros<sup>(1)</sup>, P. García-Neguroles<sup>(1)</sup>, R. Vicente<sup>(1)</sup>, M. Mora<sup>(1)</sup>, D. Mainero<sup>(2)</sup>, A.M. Amat<sup>(1)</sup>

*(1) Grupo de procesos de oxidación avanzados, Universitat Politècnica de València  
Plaza Ferrándiz y Carbonell s/n, Alcoi, (Alicante)  
e-mail: sagarba2@upv.es*

*(2) Impianto Igiene Ambientale, Acea pinerolese, Torino (Italia)*

### RESUMEN

En el presente trabajo una mezcla de ocho compuestos fenólicos (ácidos tánico, elágico, gálico, vanílico, siríngico, sinápico, protocateuico y 2,4- Dinitrofenol), comúnmente encontrados en efluentes de la industria alimentaria ha sido tratada mediante ozono, así como mediante la combinación de éste con luz. A lo largo de los procesos de degradación se han medido matrices de excitación emisión de fluorescencia y el análisis paralelo de factores (PARAFAC) ha sido empleado para profundizar en los procesos de degradación.

### INTRODUCCIÓN

Las aguas residuales procedentes de la industria alimentaria (producción de café, vino, aceite...) representa un problema medioambiental importante debido a su composición. Se trata de aguas complejas que se caracterizan por la presencia de azúcares, taninos o compuestos fenólicos y polifenoles entre otros. Los procesos de oxidación avanzada (PAO) han demostrado eficiencia para la eliminación de este tipo de compuestos [1].

Por otro lado, la espectroscopía de fluorescencia es una técnica analítica sencilla, sensible y no destructiva capaz de proporcionar información importante acerca de la estructura molecular y grupos funcionales [2].

### MÉTODOS EXPERIMENTALES

Se prepararon disoluciones con una concentración inicial de 6 mg/L de cada uno de los contaminantes. El pH se ajustó a 9 al inicio de la reacción mediante la adición de NaOH 0.1 M y la cantidad de ozono se mantuvo a 0.2 g/h. Las reacciones fueron llevadas a cabo en un reactor de vidrio cilíndrico de 1 l de capacidad, siendo el volumen inicial empleado de 250 ml. El ozono se obtuvo von un generador Ozogás, T.R.C.E. 4000. Para la combinación de ozono con luz UVA-vis se colocó de forma axial en el reactor de vidrio una lámpara de xenon y se termostatózó la reacción empleando agua. Se tomaron muestras periódicamente y se filtraron empleando una membrana de polipropileno de 0.45 µm.

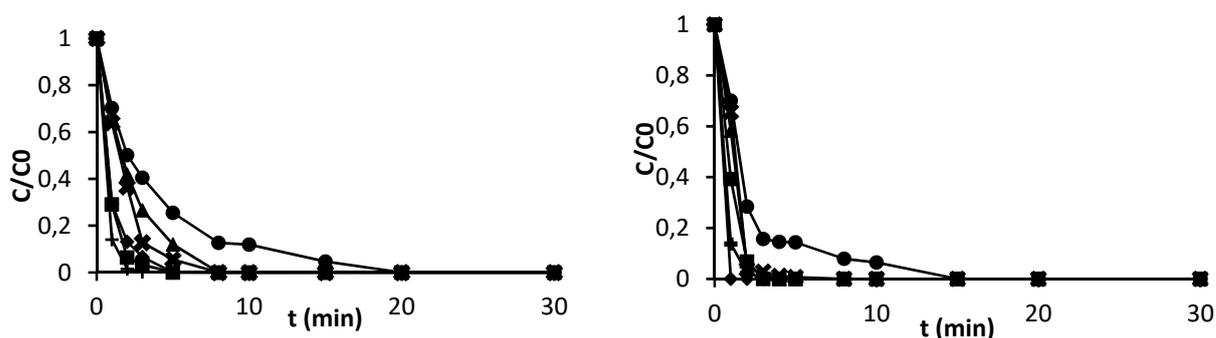
La concentración de seis de los ocho compuestos iniciales (ácido, gálico, vanílico, siríngico, sinápico, protocateuico y 2,4- Dinitrofenol) se determinó mediante cromatografía líquida (UHPLC).

Las matrices de fluorescencia (EEMs) se obtuvieron realizando barridos de emisión de 300 a 600 nm cada 5 nm, variando la longitud de onda de excitación desde 250 a 500 nm, de nuevo cada 5 nm. Para la deconvolución de las EEMs en componentes

fluorescentes individuales, se empleó el análisis paralelo de factores (PARAFAC). El análisis se llevo a cabo empleando el software Matlab R2017 con la toolbox N-way.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 1 aparecen representadas las concentraciones relativas de 6 de los compuestos frente al tiempo de tratamiento para ambos procesos:  $O_3$  (izquierda) y  $O_3$  + luz UVA-vis (derecha). En general, se consigue eliminar los seis compuestos de forma muy rápida, siendo ligeramente más rápido el tratamiento mediante ozono. El compuesto más recalcitrante fue el 2,4-Dinitrofenol en ambos casos.

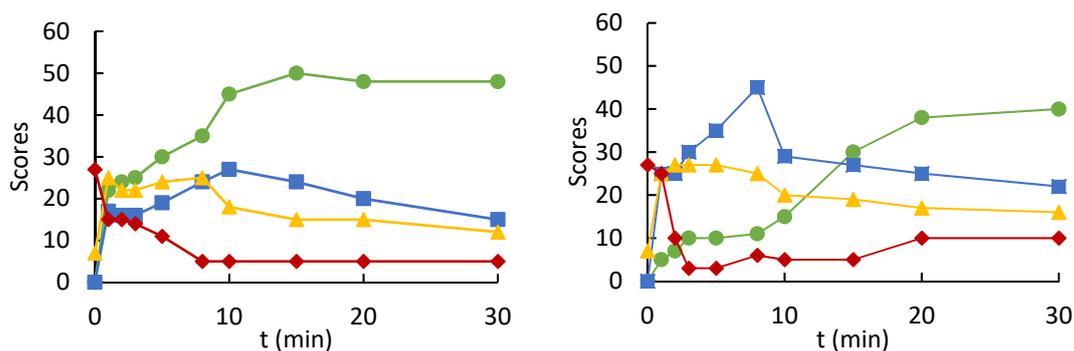


**Figura 1.** Concentración relativa de seis compuestos fenólicos tratados mediante ozono (izquierda) y mediante la combinación de ozono con luz UVA-vis (derecha). Los compuestos representados son: ácido gálico (◊)protocateuico (■ ); vanílico (▲),sinapico (+), siringico (×) and 2,4-Dinitrophenol (●).

Puesto que, como se ha comentado anteriormente, dos de los compuestos no se pudieron seguir por cromatografía, y la identificación de intermedios de reacción es difícil en mezclas tan complejas, resulta interesante el uso de técnicas analíticas alternativas. En este sentido, las técnicas de fluorescencia y concretamente, las matrices de excitación-emisión resultan interesantes. En general, se observó una disminución de la fluorescencia de la región  $\lambda_{ex} < 300$  nm y  $\lambda_{em} < 400$  nm. En la región  $\lambda_{ex} 300-350$  y  $\lambda_{em} 420-470$  se observa un aumento de la intensidad de fluorescencia inicial (este efecto es más notable en el caso de la combinación de ozono con luz UVA-vis) y después la intensidad disminuye hasta desaparecer al final del tratamiento.

Para conocer mejor el proceso de degradación, as EEMs fueron analizadas mediante PARAFAC. Se obtuvieron modelos de 4 componentes (C1, C2, C3 y C4 en todos los casos. Las intensidades de fluorescencia de dichos componentes se caracterizan por los siguientes máximos de excitación/emisión: C1 300/305; C2 340/455; C3 315/455; y C4 285/340.

El peso (score) de cada uno de los componentes se representó frente al tiempo de tratamiento para ver la evolución de la fluorescencia de cada uno de los componentes durante la degradación (Figura 2). La tendencia es la misma para ambos procesos: C1 incrementa en ambos casos, sin embargo, la fluorescencia de este componente se encuentra muy cercada las dispersiones Raman, donde el error es mayor; Para C2 y C3 se observa un aumento inicial y una disminución posterior, estos componentes pueden estar relacionados con los intermedios generados durante la degradación; en el caso de C4, cuya fluorescencia se encuentra en la misma región que los compuestos fenólicos empleados, la intensidad disminuye durante el tratamiento.



**Figura 1.** Evolución de los componentes obtenidos mediante PARAFAC durante el tratamiento mediante ozono (izquierda) y la combinación de ozono con luz UVA-vis (derecha). C1 (●), C2 (■), C3 (▲) y C4 (◆)

## CONCLUSIONES

Tanto la ozonización como la combinación de ésta con luz UVA-vis han demostrado su eficiencia para la eliminación de compuestos fenólicos. Comparando ambos tratamientos, no existen diferencias significativas en la degradación para las condiciones estudiadas.

EEM-PARAFAC ha demostrado ser una técnica muy útil para profundizar en los procesos de degradación de mezclas complejas.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer al Ministerio español de economía y competitividad (CTQ2015-69832-C4-4-R y la beca predoctoral para S. García-Ballesteros), a la unión europea (645551-RISE-2014, MAT4TREAT).

## REFERENCIAS

- [1] V.J.P Vilar, M.I. Maldonado, I. Oller, S. Malato, R.A.R. Boaventura, *Water Research*. 43, 16, 2009, 4050-4062
- [2] S. García-Ballesteros, M. Constante, R. Vicente, M. Mora, A.M. Amat, A. Arques, L. Carlos, F.S. García Einslag, *Photochem. Photobiol. Sci.*, 2017, 16, 38-45



## Nuevas formulaciones de materiales laminados ecoeficientes

**A. Jorda-Vilaplana, D. García-Sanoguera, N. Montañes, L. Quiles<sup>1</sup>**

*Instituto de Tecnología de Materiales (ITM), Universitat Politècnica de València (UPV), Plaza Ferrándiz y Carbonell 1, 03801 Alcoy, Spain. e-mail: amjorvi@upv.es*

### RESUMEN

En el momento actual, se está viviendo un importante proceso de concienciación por parte de la sociedad sobre la problemática medioambiental y la necesidad de protección que requiere. A nivel gubernamental ya se están desarrollando normativas específicas que preserven el medioambiente, sobre todo referentes a la disminución de la generación de residuos y a la minimización de la huella de carbono. Todo ello ha llevado a la necesidad de utilizar materiales reciclables, y sobre todo, a la investigación y desarrollo de nuevos materiales sostenibles que no dependan de las finitas fuentes fósiles. Esta nueva generación de materiales, para las necesidades de la sociedad actual, respetuosos con el medioambiente se caracterizan por su origen natural, reciclabilidad, o biocompostabilidad, o biodegradabilidad, en definitiva, por su ecoeficiencia. En este trabajo se propone el desarrollo y optimización nuevos materiales compuestos laminados de carácter ecoeficiente basados en láminas de material polimérico termoplástico de origen natural y biodegradable: ácido poliláctico (PLA) con láminas de tejido de yute natural, para aplicaciones como material técnico en el sector de la automoción, construcción, interiorismo, etc. [1,2]

### INTRODUCCIÓN

Los materiales compuestos son aquellos que están formados por la unión de dos o más materiales para conseguir la combinación de propiedades que no es posible obtener en los materiales originales. Estos compuestos pueden seleccionarse para lograr combinaciones poco usuales de rigidez, resistencia, peso, rendimiento a alta temperatura, resistencia a la corrosión, dureza o conductividad.

Los materiales son compuestos cuando cumplen las siguientes características:

- Están formados por dos o más componentes distinguibles físicamente y separables mecánicamente.
- Presentan varias fases químicamente distintas, completamente insolubles entre sí y separadas por una interfase.
- Sus propiedades mecánicas son superiores a la simple suma de las propiedades de sus componentes (sinergia).

Estos materiales nacen de la necesidad de obtener materiales que combinen las propiedades de los cerámicos, los plásticos y los metales. Por ejemplo, en la industria del transporte son necesarios materiales ligeros, rígidos, resistentes al impacto y que resistan bien la corrosión y el desgaste, propiedades éstas que rara vez se dan juntas. Los materiales compuestos se pueden clasificar según la naturaleza del material que actúa como matriz, en tres familias principalmente:



**Figura 1.** Clasificación de materiales compuestos.

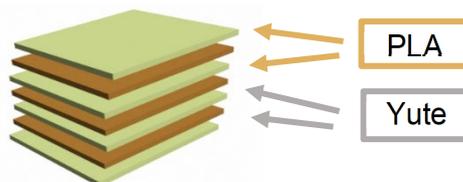
Actualmente, los más utilizados a nivel industrial son los materiales compuestos con matriz polimérica, sobre todo por la versatilidad y facilidad de procesado, y por la optimización de propiedades mecánicas /ligereza, además de bajos costes.

A nivel industrial, los materiales compuestos de matriz polimérica principalmente van reforzados con elementos en forma de fibras largas, fibras cortas o “wiskers”, tejidos de distinta morfología, mats, etc.... Concretamente los reforzados con tejidos tienen altas prestaciones mecánicas y son muy ligeros, por este motivo los usan en aplicaciones estructurales sustituyendo a metales y aleaciones ligeras, como por ejemplo los contenedores de reciclado de vidrio o los elementos deportivos como cascos de moto, tabla de surf o bicicletas. Los materiales compuestos de matriz polimérica más utilizados a nivel industrial están formados por una matriz de resina epoxi con refuerzo de fibra de carbono o fibra de aramida, y los que utilizan una matriz de resina poliéster con refuerzo de fibra de vidrio. En ambos casos, la matriz polimérica es un polímero termoestable que se caracteriza por no ser reciclable, por lo que se trata de un tipo de materiales con importante impacto ambiental, tanto durante su procesado o al final de su vida en servicio, al generar residuos difícilmente tratables. [3]

## OBJETIVOS Y PLANIFICACIÓN

Debido a la problemática planteada en el uso de materiales compuestos de matriz polimérica, en este trabajo se propone desarrollar materiales compuestos de matriz polimérica ecoeficientes, con la utilización de una matriz de origen natural, renovable, sostenible y/o biodegradable, junto con un tipo de fibra de refuerzo también de origen natural.

El material compuesto propuesto se desarrolla a partir de láminas de ácido poliláctico, PLA, que actuará como matriz, y tejido de yute natural, como refuerzo. Como innovación se realizará el procesado del material compuesto mediante termocompresión, porque al utilizar el PLA, que es termoplástico, al aplicarle temperatura y alcanzar su estado viscoso junto con la presión estructuralmente se convierte en la fase matriz del compuesto. Además, el laminado posterior también podría conformarse para dar la forma del diseño de la pieza final. Este tipo de conformados no se pueden realizar con los materiales compuestos tradicionales ya que las matrices son de naturaleza termoestable, por lo que presentan muchas limitaciones en el procesado. [4]



**Figura 2.** Esquema del material compuesto. Distribución de láminas de PLA y tejido refuerzo de yute, por capas.

## MATERIALES

El material utilizado ha sido el ácido poliláctico, PLA, INGENIO 6201D suministrado por nature Works LLC (Minnetonka, USA). El tejido de yute natural, Hilaturas Ferre S.L. (Bañeres, Spain), tiene un gramaje 356 g/m<sup>2</sup>. En la tabla 1 se observa la composición propuesta, en porcentaje en peso, de los materiales estudiados.

**Tabla 1.** Composición del material.

TABLA DE COMPOSICIÓN DEL MATERIAL (% en peso)		
Material	PLA	Yute
1	30%	70%
2	50%	50%
3	70%	30%

## TÉCNICAS EXPERIMENTALES

En primer lugar, se ha utilizado la laminadora Mini Cast-25 de EUR.EX.MA para crear el film del PLA. La temperatura usada ha sido de 150 °C y la velocidad de 50 rpm. En segundo lugar, se ha utilizado la prensa de termocompresión Hoytom con temperatura de 185°C con una presión de 8 Toneladas y un tiempo de 3 min.

La caracterización mecánica de los materiales compuestos se lleva a cabo mediante ensayos de tracción y ensayo de impacto, Charpy. El ensayo de tracción se realiza según la norma UNE-EN-ISO 527-1, en una máquina universal de ensayos ELIB30 de Ibertest (Madrid, Spain). Se ha utilizado una célula de carga de 5 Kn y una velocidad de ensayo de 10 mm/min. El ensayo de impacto se realiza según las indicaciones de la norma ISO 179, en un péndulo Charpy de 6J de Metrotec S.A. (San Sebastian, Spain). Para todos los ensayos se han utilizado, al menos, 5 probetas normalizadas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En primer lugar, se realiza una caracterización física del material mediante la medida de su densidad. Los resultados obtenidos se pueden ver en la tabla 2:

**Tabla 2.** Densidad de los laminados de material compuesto.

DENSIDAD DEL MATERIAL COMPUESTO			
Material	Masa (g)	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Densidad g/cm <sup>3</sup>
30% PLA	1,46722	2,09419	0,700614557
50% PLA	2,27725	2,47416	0,920413393
70% PLA	3,5764	3,0624	1,167842215

Según los datos obtenidos, el nuevo material es muy ligero, similar a los compuestos tradicionales. Se observa que a mayor porcentaje de PLA la densidad del compuesto aumenta ligeramente.

En cuanto a la caracterización mecánica de los laminados, los resultados obtenidos en el ensayo de impacto, se resumen en la tabla 3. Estos resultados ponen de manifiesto

que, de los tres materiales compuestos estudiados, el que tiene mejor resistencia a impacto es el de 50% de PLA y 50% de yute. Con bajas proporciones de PLA, no hay suficiente cantidad de polímero para “envolver” todo el tejido refuerzo y hacer de transmisor de esfuerzos, mientras que, con alto contenido en PLA al haber más proporción de material polimérico, el compuesto es menos resistente al impacto. El resultado óptimo que combina las características de los dos materiales utilizados es el de 50%PLA-50%yute.

**Tabla 3.** Resistencia a impacto Charpy.

RESISTENCIA AL IMPACTO			
MATERIAL	kJ	m <sup>2</sup>	kJ/m <sup>2</sup>
PLA 30 %	0,00041	0,0008	0,5125
PLA 50 %	0,0007	0,0008	0,875
PLA 70 %	0,00046	0,0008	0,575

En cuanto a los resultados obtenidos tras el ensayo a tracción, en la tabla 4 se resumen los principales parámetros.

**Tabla 4.** Ensayo de Tracción.

ENSAYO DE TRACCIÓN			
MATERIAL	MÓDULO ELÁSTICO MPa	TENSIÓN ROTURA MPa	% ALARGAMIENTO
30% PLA	2285,03	38,47	4,08
50% PLA	2374,71	45,27	6,29
70% PLA	2514,27	47,66	4,57

Esta caracterización pone de manifiesto que cuanto mayor porcentaje de PLA presenta el material compuesto es más rígido y también más resistente. Mientras que el mayor porcentaje de alargamiento ha sido el de 50% PLA-50% yute, este compuesto es el que optimiza el equilibrio entre propiedades de resistencia y alargamiento.

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el desarrollo experimental y formulación de un nuevo tipo de material compuesto laminado ecoeficiente, ponen de manifiesto la optimización de propiedades mecánicas en la formulación 50%PLA-50%yute. Se trata de un material ligero y con muy buenas prestaciones mecánicas, adecuado para sustituir a los actuales materiales compuestos laminados no reciclables, en sectores tan importantes como interiorismo, mueble, automóvil, ... porque tiene un diseño versátil y por termoconformado sería mucho más económico de procesar que los materiales compuestos tradicionales.

## REFERENCIAS

- [1] Porras A., Maranon A., Ashcroft I.A., Composites: Part A 81, 105-110 (2015).
- [2] Sukmawan R., Takagi H., Nakagaito A. N., Composites Part B 84, 9-16 (2016)
- [3] Scaffaro R., Lopresti F., Botta L., Maio A., Composites Part B 98, 70-77 (2016).
- [4] Morales A. P., Güemes A., Fernandez-Lopez A., Materials 10, 1286 (2017).

## Propiedades acústicas de Green Composites

**J. Fontoba-Ferrándiz<sup>(1)</sup>, J. E. Crespo<sup>(1)</sup>, J. Alba<sup>(2)</sup>, R. del Rey<sup>(2)</sup>**

*(1) Grupo de Investigación en Caracterización y Aplicaciones de Ecomateriales (GICAE),  
Departamento de Ingeniería Mecánica y Materiales  
Universitat Politècnica de València  
Plaza Ferrándiz y Carbonell s/n, Alcoy, (Alicante)  
e-mail: [jorge.fontoba.ferrandiz@gmail.com](mailto:jorge.fontoba.ferrandiz@gmail.com)*

*(2) Escuela Politécnica Superior de Gandia. Centro de Tecnologías Físicas: Acústica,  
Materiales y Astrofísica.  
C/ Paraninfo nº1, 46730. Grao de Gandía (España). Tel: +34 96 294 93 00*

### RESUMEN

En el presente trabajo se estudian los laminados multicapa con el fin de obtener una mejora del aislamiento acústico al ruido aéreo con nuevos eco- materiales. Las láminas analizadas están formadas por green composite que utilizan como elementos de refuerzo, fibras de origen natural lignocelulósicas. Se utilizará la lana de oveja como material absorbente y se comparan los resultados con placas de yeso.

### INTRODUCCIÓN

El aislamiento acústico ha pasado a ser uno de los requisitos a ser considerado en la construcción en España desde la publicación del Código Técnico de la Edificación.

Para que los ecomateriales tengan aplicación en el campo de la acústica, deberán de ser demostradas sus propiedades acústicas de absorción o aislamiento, debiendo de ser comparadas con las propiedades acústicas que presentan los materiales tradicionales actuales implantados en los mercados. Estos materiales, presentan buenas propiedades mecánicas y de aislamiento acústico y térmico [1]. Al concluir el final de su vida útil, tanto la matriz polimérica como las distintas fibras de los eco-composites se podrán de nuevo reutilizar.

Existe una gran variedad de fibras naturales que pueden ser utilizadas como refuerzo, siendo las de lino y cáñamo las más empleadas por sus excelentes propiedades mecánicas y porque además se cultivan en Europa [2,3].

En el campo de la acústica medioambiental y en la edificación, uno de los objetivos más importantes es reducir los niveles de ruido existentes en un recinto o en una determinada zona. El aislamiento acústico permite reducir el efecto del ruido en distintos ámbitos [4], cuanto mayor sea la energía que no traspase un cerramiento mayor será el aislamiento del cerramiento.

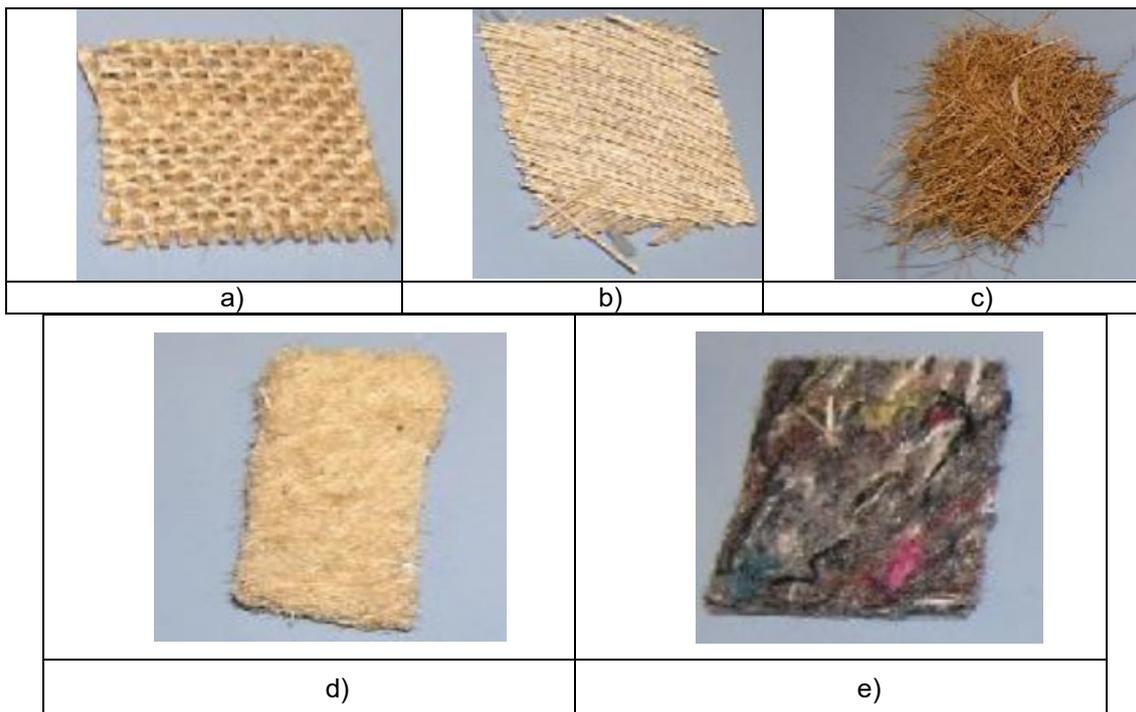
## EQUIPAMIENTO

### Infusión

La fabricación de los eco-composites se realizará mediante el proceso de infusión de resina, proceso que permite la realización de superficies relativamente grandes [5-7].

### Materiales

La Figura 1, muestra el aspecto de las fibras que se van a utilizar para la fabricación de composites por infusión de resina en vacío.



**Figura 1.** a) Tejido de fibra de yute, b) fibra de lino biaxial, c) fibra de coco, d) fieltro de cáñamo y e) manto de materia textil disuelta borra.

## PROCEDIMIENTOS EXPERIMENTALES

### Cámara de transmisión

Se realizan las composiciones de las distintas láminas y laminados multicapa. Los laminados multicapa estarán formados por paneles de sándwich, con las pieles superiores e inferiores formadas por los materiales green composite y con un núcleo absorbente de material de lana.

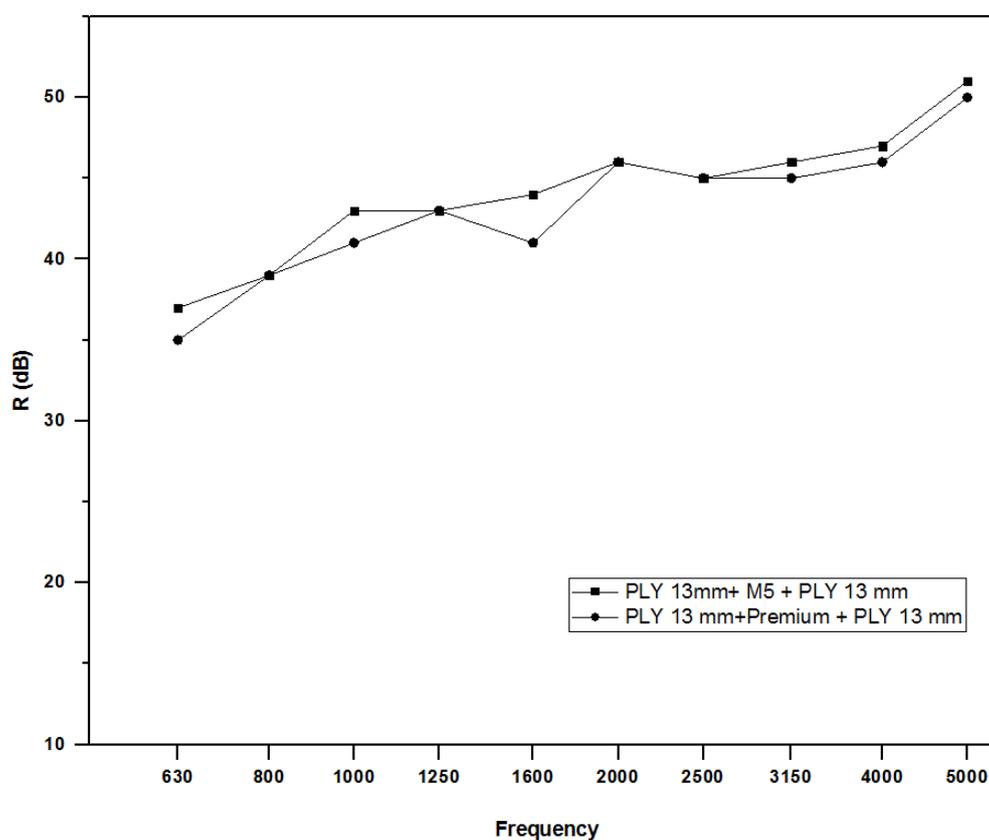
### Cámara de reverberación

Con éste equipo acústico se permite obtener el nivel de absorción sonora de los materiales ligeros.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez conocidos los valores de las láminas de los biocomposites, se conforman los laminados con los núcleos de lana:

- Placa yeso laminado 13 (mm) + Lana M5 50 (mm)+ Placa de yeso laminado (PLY) 13 (mm) y
- Placa yeso laminado 13 (mm) + Lana Premium 40 (mm)+ Placa yeso laminado 13 (mm)
- Placa yute laminado 5,10 (mm) + Lana M5 50 (mm) + Placa de Residuo de borra 4,90 (mm)
- Placa yute 5,10 (mm) + Lana Premium 40 (mm) + Placa de Residuo de borra 4,90 (mm)



**Figura 3.** Resultados de aislamiento acústico a ruido aéreo en cámara de transmisión de tamaño reducido, desde la frecuencia de corte de la cámara hasta 5KHz, para todas las configuraciones dobles con placas de yeso y lanas de oveja

Cabe destacar que estas configuraciones presentan valores muy cercanos a los ensayos realizados con placas de yeso laminado y M5 o Premium como absorbente, Figura 3.

Esta solución al aislamiento con placas ligeras comunes y un espesor mucho mayor, presenta unos valores globales de 30 dB y 32 dB para las configuraciones: yeso + Premium + yeso y yeso +M5 +yeso, respectivamente.

Comparado con los valores obtenidos de los composites, con matriz biodegradable, los laminados presentan unos valores ligeramente inferiores al ruido aéreo al de la lámina de yeso. Pero hay que considerar que los espesores de los composites están comprendidos entre 4,20 mm para el cáñamo y 8,14 mm para la materia textil disuelta.

## REFERENCIAS

- [1] Datta, J. and M. Włoch, Selected biotrends in development of epoxy resins and their composites. *Polymer bulletin*. 71:11, 3035-3049 (2014).
- [2] Duc, F., et al., Damping of thermoset and thermoplastic flax fibre composites. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*. 64, 115-123 (2014).
- [3] Shah, D.U., Natural fibre composites: Comprehensive Ashby-type materials selection charts. *Materials & Design (1980-2015)*. 62, 21-31 (2014).
- [4]. La Rosa, A.D., et al., Bio-based versus traditional polymer composites. A life cycle assessment perspective. *Journal of Cleaner Production*. 74, 135-144 (2014).
- [5]. Sèbe, G., et al., RTM hemp fibre-reinforced polyester composites. *Applied Composite Materials*. 7:5, 341-349 (2000).
- [6]. Symington, M., et al. Kink bands in flax and hemp polyester composites. in *Proceedings of the 18th International Conference on Composites Materials (ICCM'11)* (2011).
- [7]. Shibata, M., et al., Biodegradable polyester composites reinforced with short abaca fiber. *Journal of Applied Polymer Science*. 85:1, 129-138 (2002).
- [8] Alba J., Bertó L., Del Rey, Validación de una cámara de transmisión a escala para medidas de elementos ligeros. 45º Congreso Español de Acústica. 8º Congreso Ibérico de Acústica, European Symposium on Smart cities and environmental acoustics. Murcia (2014).

## Desarrollo de diferentes métodos de deconvolución de espectros de emisores beta ( $^{89}\text{Sr}$ y $^{90}\text{Sr}$ )

M. Sáez Muñoz<sup>(1,2)</sup>, D. Ginestar<sup>(3)</sup>, S. Carlos<sup>(2)</sup>, S. Martorell<sup>(1,2)</sup>

(1) Laboratorio de Radiactividad Ambiental, Grupo MEDASEGI,  
Universitat Politècnica de València, Camino de Vera s/n, Valencia  
e-mail: [masaemuo@etsii.upv.es](mailto:masaemuo@etsii.upv.es)

(2) Grupo MEDASEGI, Departamento de Ingeniería Química y Nuclear,  
Universitat Politècnica de València, Camino de Vera s/n, Valencia

(3) Instituto de Matemática Multidisciplinar (IMM),  
Universitat Politècnica de València, Camino de Vera s/n, Valencia

### RESUMEN

El Laboratorio de Radiactividad Ambiental de la Universitat Politècnica de València, lleva a cabo la determinación de los principales isótopos de estroncio ( $^{89}\text{Sr}$  y  $^{90}\text{Sr}$ ) en sus programas de vigilancia radiológica ambiental. La medida de dichos isótopos se puede realizar por la técnica de centelleo líquido. Sin embargo, al presentar un espectro continuo característico de los emisores beta, sus picos de emisión se solapan y la determinación de la actividad individual de cada uno de ellos puede ser complicada cuando ambos isótopos aparecen en la muestra. Por ello, se han desarrollado diferentes métodos de deconvolución de espectros beta que permitirán determinar la actividad de  $^{89}\text{Sr}$  y  $^{90}\text{Sr}$  por centelleo líquido.

### INTRODUCCIÓN

Dentro de las diferentes técnicas para la medida de la radiactividad, la espectrometría por centelleo líquido ofrece altas eficiencias de contaje y se emplea generalmente para la determinación de emisores beta (y alfa en menor medida). El inconveniente principal se da cuando en una misma muestra aparecen diferentes isótopos de emisores beta, como por ejemplo  $^{89}\text{Sr}$ , con periodo de semidesintegración ( $T_{1/2}$ ) de 50,56 días, y energía de emisión máxima de 1,50 MeV; y  $^{90}\text{Sr}$ , con  $T_{1/2}$  de 28,79 años y 0,55 MeV. Los picos de emisión de los emisores beta presentan una distribución continua a lo largo del espectro, por lo que en dichas muestras se producirá un solapamiento de picos y será difícil cuantificar la actividad de cada uno de los isótopos individualmente.

En la bibliografía existen diferentes técnicas para la separación de mezclas de espectros beta. Por un lado, existen técnicas conocidas como *Técnicas de ventana*, que se basan en establecer diferentes ventanas de contaje para determinar la actividad individual de cada isótopo [1]. Otra opción son las *Técnicas de calibración multivariante*, donde a partir de los espectros de los isótopos de interés con actividad conocida se predicen las actividades de muestras incógnita, obteniendo las variables dependientes a través de sistemas de Regresión de mínimos cuadrados parciales o Análisis por componentes principales [2]. Finalmente, la opción seleccionada en este estudio ha sido la *Técnica de deconvolución de espectros* [3]. Ésta se basa en ajustar la forma de los espectros individuales de los isótopos de interés a funciones matemáticas definidas. De esta forma, a partir del espectro de una mezcla se pueden deconvolucionar los espectros individuales y calcular la actividad correspondiente a cada isótopo.

## MÉTODOS EXPERIMENTALES

En este trabajo se presentan diferentes técnicas de deconvolución para la determinación de la actividad de los principales isótopos radiactivos de estroncio ( $^{89}\text{Sr}$  y  $^{90}\text{Sr}$ ) por centelleo líquido. Los espectros beta se han ajustado utilizando Series de Fourier. Se supone que el espectro se hace cero a partir de una energía máxima,  $m$ , y se ajusta el espectro mediante una función de la forma [3,4],

$$F(w) = \begin{cases} a + bw + \sum_{k=1}^n c_k \sin\left(\frac{k\pi w}{m-1}\right), & \text{si } 0 \leq w \leq m \\ 0, & \text{si } w > m \end{cases}$$

Otra posibilidad consiste en utilizar polinomios ortogonales discretos, como los polinomios de Legendre y los polinomios de Laguerre [5], ajustando los espectros como una combinación lineal de estos polinomios.

El método se basa en obtener los ajustes de muestras de patrones de calibración con un solo isótopo de  $^{89}\text{Sr}$  y de  $^{90}\text{Sr}$ , respectivamente, de actividades crecientes desde 0,2 Bq a 50 Bq aproximadamente. Posteriormente, se asume que la forma del espectro de cada uno de los isótopos no cambia y se ajusta el espectro de la mezcla como una combinación lineal de los espectros ajustados a partir de los patrones individuales. Las mezclas de los dos isótopos estudiadas de  $^{89}\text{Sr}$  y  $^{90}\text{Sr}$  se corresponden a las proporciones 1:1, 1:2, 1:5, 1:10, y viceversa.

Para ello se han tomado muestras de agua destilada marcadas con trazadores de  $^{89}\text{Sr}$  y/o  $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ , y con 10 mg de portador de estroncio estable para la determinación del rendimiento químico de separación por absorción atómica. Después de homogeneizar la muestra se añaden 5 mg de portador de  $\text{Fe}^{3+}$  para eliminar el  $^{90}\text{Y}$  que está en equilibrio con su padre, el  $^{90}\text{Sr}$ . Se añade  $\text{NH}_4\text{OH}$  hasta pH 9 para precipitar los hidróxidos de hierro e itrio, y se filtra la disolución para eliminar el precipitado. Tras volver a ajustar el pH a 8, se añade  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  que favorece la precipitación del  $\text{SrCO}_3$ . El precipitado formado se centrifuga y se disuelve en 8 mL de 0,05M  $\text{HNO}_3$ . La disolución se introduce en un vial de polietileno de 20 mL y se mezcla con 12 mL del cóctel de centelleo Ultima Gold LLT (Perkin Elmer). Finalmente, se mide en el equipo de centelleo de bajo fondo Quantulus 1220 durante 1 hora.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 y 2 se muestran las actividades de los patrones de calibración de  $^{89}\text{Sr}$  y  $^{90}\text{Sr}$  preparados, y los resultados de las actividades obtenidos a partir de los ajustes con series de Fourier, polinomios de Laguerre y polinomios de Legendre. Como se puede observar, los sesgos obtenidos son bajos, situándose por debajo del 10% para todos los métodos y todas las actividades ensayadas (excepto la actividad más baja de  $^{90}\text{Sr}$ ). Además, las diferencias de actividad entre los métodos son muy pequeñas debido a que los ajustes son muy buenos en todos los casos.

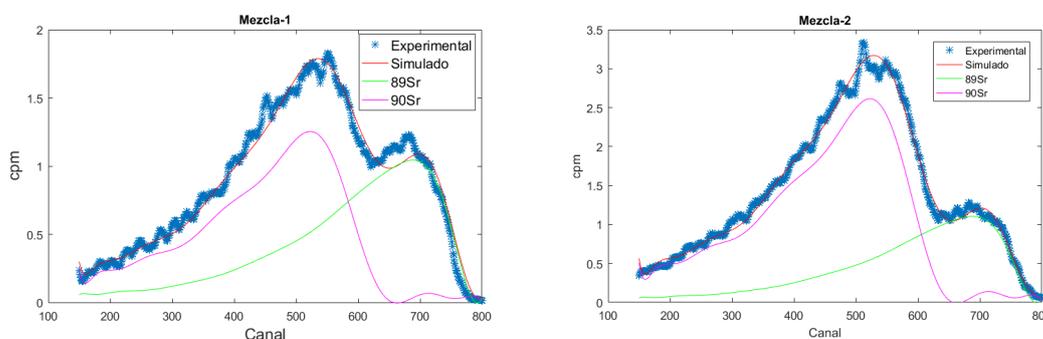
**Tabla 1.** Actividades de  $^{89}\text{Sr}$  y sesgos calculados con los diferentes métodos de deconvolución.

ID	A (Bq)	Fourier A (Bq)	Laguerre A (Bq)	Legendre A (Bq)	Fourier Sesgo	Laguerre Sesgo	Legendre Sesgo
Sr89-1	51,21	51,13	51,12	51,12	-0,2%	-0,2%	-0,2%
Sr89-2	25,88	25,91	25,91	25,91	0,1%	0,1%	0,1%
Sr89-3	15,16	15,58	15,58	15,58	2,7%	2,7%	2,7%
Sr89-4	8,39	8,07	8,07	8,07	-3,8%	-3,8%	-3,8%
Sr89-5	5,23	5,15	5,15	5,15	-1,5%	-1,5%	-1,5%
Sr89-6	2,07	2,02	2,02	2,02	-2,1%	-2,1%	-2,1%
Sr89-7	1,03	1,08	1,08	1,08	4,8%	4,7%	4,7%
Sr89-8	0,52	0,56	0,55	0,55	7,0%	6,8%	6,7%

**Tabla 2.** Actividades de  $^{90}\text{Sr}$  y sesgos calculados con los diferentes métodos de deconvolución.

ID	A (Bq)	Fourier A (Bq)	Laguerre A (Bq)	Legendre A (Bq)	Fourier Sesgo	Laguerre Sesgo	Legendre Sesgo
Sr90-1	52,84	52,98	52,98	52,98	0,3%	0,3%	0,3%
Sr90-2	26,60	26,26	26,26	26,26	-1,3%	-1,3%	-1,3%
Sr90-3	15,46	15,58	15,59	15,58	0,8%	0,8%	0,8%
Sr90-4	8,14	8,13	8,13	8,13	-0,1%	-0,1%	-0,1%
Sr90-5	5,11	5,06	5,06	5,06	-1,0%	-1,0%	-1,0%
Sr90-6	2,40	2,45	2,45	2,45	2,3%	2,3%	2,3%
Sr90-7	0,97	1,03	1,02	1,02	5,7%	5,6%	5,6%
Sr90-8	0,19	0,22	0,22	0,22	16,3%	16,5%	16,5%

Una vez obtenidos los ajustes, se han aplicado los métodos anteriores para reconstruir los espectros individuales de mezclas de  $^{89}\text{Sr}$  y  $^{90}\text{Sr}$ . En la Fig. 1 se muestra como ejemplo el resultado obtenido utilizando polinomios de Laguerre para las mezclas de proporciones 1:1 y 1:2 ( $^{89}\text{Sr}$ : $^{90}\text{Sr}$ ). Por otro lado, los resultados de las actividades calculadas para cada uno de ellos se muestran en la Tabla 3. Se observa que el método da buenos resultados en la mayor parte de las mezclas, con sesgos inferiores al 20%, incluso en las actividades totales (suma de ambos isótopos). Sin embargo, en las mezclas donde la proporción de  $^{89}\text{Sr}$ : $^{90}\text{Sr}$  es muy grande (con actividades de  $^{89}\text{Sr}$  cinco veces superiores o más) el método comienza a dar problemas en el cálculo de la actividad de  $^{90}\text{Sr}$ , obteniendo sesgos superiores al 30%.

**Figura 1.** Espectros experimentales de las Mezclas 1 y 2, y espectros de deconvolución de  $^{89}\text{Sr}$  y  $^{90}\text{Sr}$  obtenidos con polinomios de Laguerre.

**Tabla 3.** Actividades y sesgos calculados para las mezclas de  $^{89}\text{Sr}$  y  $^{90}\text{Sr}$  mediante Laguerre.

ID	$^{89}\text{Sr}:$ $^{90}\text{Sr}$	A $^{89}\text{Sr}$ (Bq)	A $^{90}\text{Sr}$ (Bq)	A total (Bq)	A $^{89}\text{Sr}$ (Bq)	A $^{90}\text{Sr}$ (Bq)	A total (Bq)	Sesgo $^{89}\text{Sr}$	Sesgo $^{90}\text{Sr}$	Sesgo total
Mezcla-1	1:1	5,10	5,09	10,19	4,54	5,48	10,02	-11,0%	7,7%	-1,6%
Mezcla-2	1:2	5,03	11,13	16,16	4,81	11,40	16,21	-4,3%	2,4%	0,3%
Mezcla-3	1:5	5,61	23,93	29,54	4,64	22,39	27,03	-17,3%	-6,4%	-8,5%
Mezcla-4	1:10	4,80	48,67	53,48	5,16	49,92	55,08	7,5%	2,6%	3,0%
Mezcla-5	2:1	10,79	5,41	16,21	9,64	6,07	15,71	-10,7%	12,2%	-3,1%
Mezcla-6	5:1	26,43	5,26	31,69	24,02	6,94	30,96	-9,1%	32,0%	-2,3%
Mezcla-7	10:1	52,86	5,28	58,14	48,40	8,42	56,82	-8,4%	59,5%	-2,3%

## CONCLUSIONES

En el presente trabajo se han desarrollado diferentes métodos de deconvolución de espectros beta, en concreto se han optimizado los métodos para la separación de mezclas de  $^{89}\text{Sr}$  y  $^{90}\text{Sr}$  por centelleo líquido. Los métodos estudiados (series de Fourier, polinomios de Laguerre y polinomios de Legendre) dan buenos resultados para la separación de dichas mezclas, con sesgos inferiores al 20% en el cálculo de ambos isótopos. Sin embargo, en los casos donde existe una gran desproporción de  $^{89}\text{Sr}:$  $^{90}\text{Sr}$  la actividad de  $^{90}\text{Sr}$  se sobreestima, obteniendo sesgos superiores al 30%. En dichas ocasiones, sólo el isótopo mayoritario será calculado de forma correcta.

Por tanto, el Laboratorio de Radiactividad Ambiental de la Universitat Politècnica de València podrá emplear dichos métodos de deconvolución para la determinación inmediata de la actividad de los isótopos de  $^{89}\text{Sr}$  y  $^{90}\text{Sr}$ .

## AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a la Universitat Politècnica de València por su financiación a través del "Programa propio para la Formación de Personal Investigador (FPI) de la Universitat Politècnica de València - Subprograma 1".

## REFERENCIAS

- [1] Kim C.K., Al-Hamwi A., Törvényi A., Kis-Benedek, G., Sansone U., Appl. Radiat. Isot. 67, 786–793 (2009).
- [2] Fons Castells J., Development of Analytical Methodologies for Rapid Determination of Alpha and Beta Emitters by Liquid Scintillation Spectrometry in Water Samples, Tesis doctoral, Universitat de Barcelona, 2017.
- [3] Grau Carles A., Grau Malonda A., Spectral Interpolation and unfolding to measure multi-labelled samples by liquid scintillation, Ciemat 675, Sp ISSN 614-087-X, 1990.
- [4] Grau Malonda A., Rodríguez Barquero L., Grau Carles A., Nucl. Instrum. Methods Phys. Res., Sect. A 339, 31-37 (1994).
- [5] Eisinberg A., Fedele G., Discrete orthogonal polynomials on equidistant nodes, Proceedings International Mathematical Forum, Vol 2, 21, 1007-1021, 2007.

## Diseño de un tratamiento terciario (combinación UF + OI) de aguas depuradas en una EDAR, para su reutilización como agua de calidad en procesos industriales

J. Lora-García <sup>(1)</sup>, D. Guzman-Landa<sup>(2)</sup>, B. Nina-Rosso<sup>(2)</sup>,

*(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: jlora@iqn.upv.es*

*(2) Universidad Católica Boliviana "San Pablo"; Av. 14 de Septiembre esquina C.2 N° 4807,  
Zona Obrajes. La Paz, Bolivia. E-mail: daniel.guzman@endeandina.bo –  
ninarossobernardo@gmail.com*

### RESUMEN

Para la implementación de una planta termoeléctrica de ciclos combinados, se reutilizan las aguas depuradas por la planta de tratamiento de aguas residuales de Warnes, con el uso de sistemas de tratamiento de membranas, ultrafiltración y osmosis inversa, habiéndose empleado para el diseño de la unidad de Osmosis Inversa el software IMS Design. En cuanto a la unidad de Osmosis Inversa se analizaron la incorporación de una segunda unidad a fin de lograr el objetivo de contar con una conductividad eléctrica del permeado menor de 0,1  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , habiéndose logrado reducir la conductividad eléctrica en la segunda opción hasta 2.8  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , se decide implementar

### INTRODUCCIÓN

Bolivia es un país en desarrollo que cuenta con diversos tipos de recursos renovables y no renovables. Al ser un país mediterráneo, los recursos hídricos del país están relacionados principalmente con el aprovechamiento de agua superficial, agua subterránea y recientemente agua meteórica. A medida que el crecimiento industrial del país crece, también lo hace la demanda de energía eléctrica, misma que alcanzó el récord de 1458 MW el pasado 2016 [1]. De la misma manera, crece la oferta de energía eléctrica en Bolivia. Hace dos años rondaba los 1.500 megavatios (MW), hoy en día asciende a 1.928 MW dejando un excedente de 428 MW con respecto a la demanda actual del país [2]. Sin embargo, aproximadamente el 70% de esta oferta energética proviene de las centrales termoeléctricas, que a su vez dependen del gas natural como combustible para la generación eléctrica. Si bien existe una agenda para cambiar la matriz energética hasta el año 2025, en la actualidad, las reservas de gas natural y la optimización de procesos de generación eléctrica de las centrales termoeléctricas son imprescindibles para mantener la oferta de potencia eléctrica en sus niveles actuales. Para optimizar los procesos de generación eléctrica de las centrales actuales, el gobierno boliviano ha realizado importantes inversiones en plantas de ciclos combinados, que utilizan vapor de agua para impulsar una turbina y generar energía. El vapor de agua se obtiene de una caldera que es alimentada con agua desmineralizada.

El objetivo del proyecto es el de diseñar una Planta de Tratamiento de Agua (PTA) que pueda reutilizar el efluente de la Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR) del municipio de Warnes y obtener agua desmineralizada para alimentar el sistema agua – vapor de la PTWAR.

## MÉTODOS EXPERIMENTALES

### Análisis de la situación de los recursos hídricos en la zona

La población de Warnes está situada en el departamento de Santa Cruz - Bolivia. Tiene una precipitación media anual de 1250 mm. Al ser un país mediterráneo, Bolivia cuenta con recursos hídricos limitados. Actualmente la reutilización de aguas tratadas de la EDAR de Warnes es con fines de riego agrícola, sin embargo, a raíz de la creciente demanda del recurso en el sector industrial y gracias a la elevada precipitación que hay en la zona, la opción de reutilizar los efluentes de una EDAR en un proceso industrial es completamente viable. Para poder tomar esta opción, el agua de alimentación al proceso de generación eléctrica debe tener un alto nivel de pureza, motivo por el cual se usará la tecnología de membranas en un tratamiento combinado de Ultra filtración y Ósmosis inversa para alcanzar los estándares de calidad requeridos en este proceso.

En este sentido, se realizó un balance de agua para determinar la viabilidad del proyecto, tomando en cuenta el efluente de la EDAR del municipio de Warnes y el caudal del agua de alimentación requerido en la Planta de ciclo combinado.

### Selección del diseño

El diseño de la planta se realizó con dos escenarios. Para el diseño se consideró la conductividad eléctrica requerida en el agua de alimentación, como un indicador general de los sólidos disueltos totales y los parámetros típicos de una analítica del efluente de una EDAR en Bolivia. Una vez establecidos estos valores, se procedió a adoptar distintas configuraciones y membranas para realizar el tratamiento de la Ósmosis inversa.

### La herramienta

El diseño de la instalación de las membranas fue realizado utilizando el software IMSDesign:

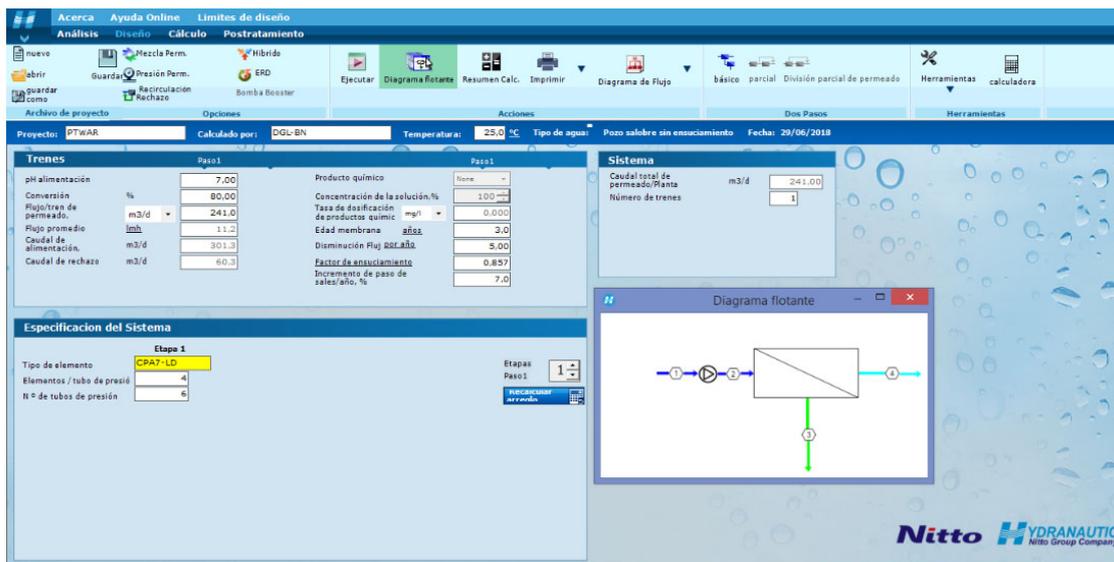
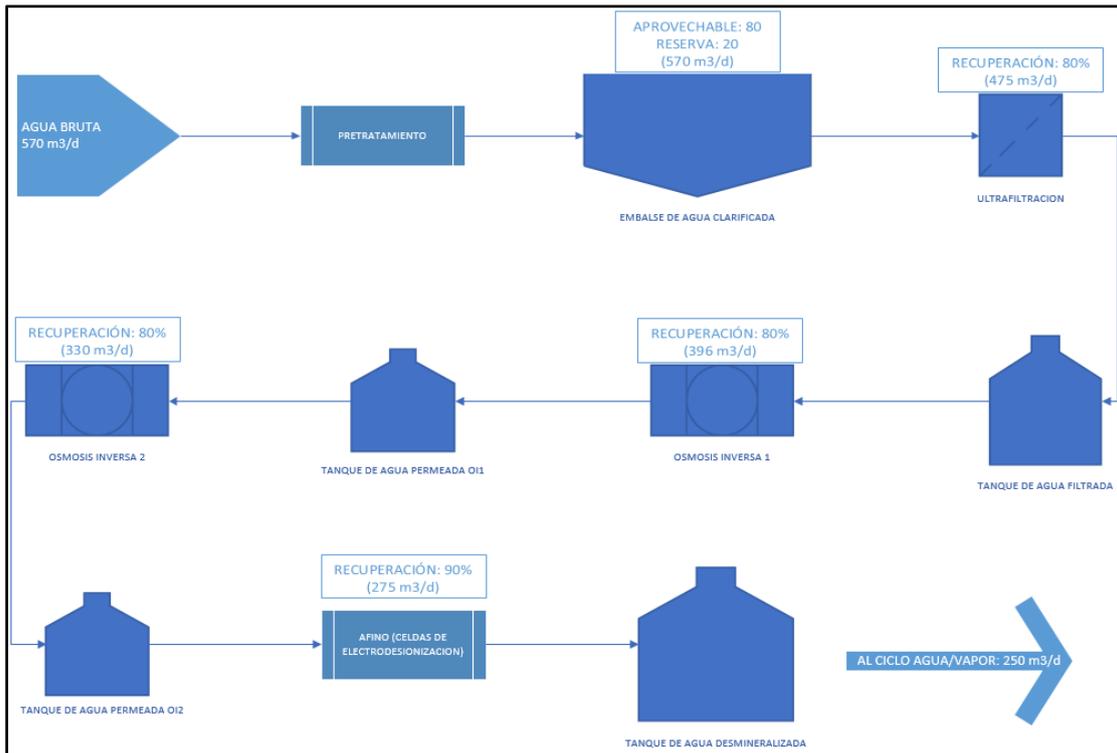


Figura 1. Entorno de diseño de IMSDesign

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a los requerimientos del fabricante de la planta termoeléctrica de ciclos combinados, el caudal de agua de alimentación para el proceso es de 241 m<sup>3</sup>/d y la conductividad eléctrica que debe tener el agua antes del ingreso al sistema debe ser menor a 0,1 µS/cm.

Para poder lograr este objetivo se plantean las siguientes unidades de tratamiento:



**Figura 2.** Diagrama de flujo de unidades integrantes

Utilizando el software IMS Design, obtuvimos los siguientes resultados:

**Tabla 1:** Características generales de la PTA

Número de unidades de OI	2
Conductividad eléctrica en el afluente a la PTA	1343
Conductividad eléctrica del efluente final (µs/cm)	2,8

En la parte izquierda de la figura 3, se ilustra el diagrama correspondiente a la primera unidad de OI.

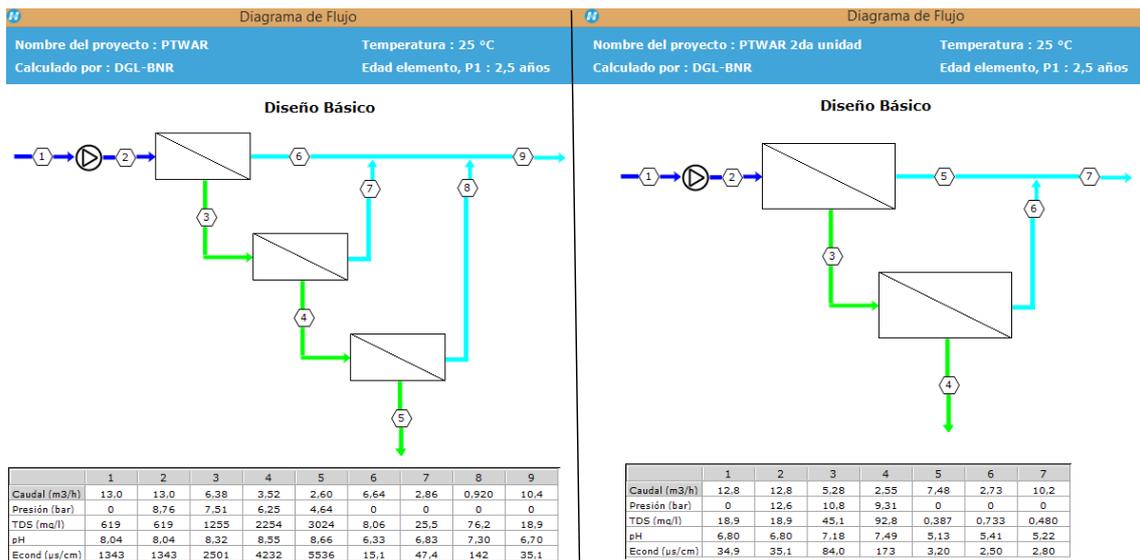


Figura 3. Diagrama de flujo Osmosis Inversa 1 y 2

El efluente obtenido presenta una conductividad eléctrica en el permeado de 35,1 µs/cm; un valor muy elevado para el agua de alimentación al caldero de la planta de ciclos combinados. Por este motivo, se tomó la decisión de añadir una nueva unidad de OI, ilustrada en la parte derecha de la figura 3.

El diseño de la PTA propone una conductividad eléctrica final de 2,8 µs/cm y una concentración de 0,48 mg/L de sólidos disueltos totales.

### CONCLUSIONES

La conductividad eléctrica obtenida al final del tratamiento es de 2,8 µs/cm. Este valor sigue siendo elevado para el ingreso del agua de alimentación a la caldera de la Planta de ciclo combinado (0,1 µs/cm), motivo por el cual la PTA requerirá la implementación de una etapa de afino con celdas de Electrodesionización para eliminar iones que puedan provocar daños al sistema.

### REFERENCIAS

- [1] Oferta y demanda de electricidad en Bolivia, en: [nuevaeconomia.com.bo/web/index.php/2017/03/25/oferta-y-demanda-de-electricidad-en-bolivia/](http://nuevaeconomia.com.bo/web/index.php/2017/03/25/oferta-y-demanda-de-electricidad-en-bolivia/)
- [2] Noticias Sputnik, Bolivia prevee exportar energía a Argentina desde el 2019. En: [mundo.sputniknews.com/americalatina/201804191078035039-america-latina-energia-electrica](http://mundo.sputniknews.com/americalatina/201804191078035039-america-latina-energia-electrica)

## Requisitos de vigilancia flexible en el contexto de la toma de decisiones informada en el riesgo

I. Martón<sup>(1)</sup>, S. Martorell<sup>(1)</sup>, P. Martorell<sup>(1)</sup>, A. Sánchez<sup>(2)</sup>, S. Carlos<sup>(1)</sup>

*(1) Departamento de Ingeniería Química y Nuclear,  
Universitat Politècnica de Valencia  
Camí de Vera s/n (Valencia)  
e-mail: ismarllu@upv.es*

*(2) Departamento de Estadística e Investigación Operativa,  
Universitat Politècnica de Valencia*

### RESUMEN

Esta ponencia presenta una comparación de los resultados obtenidos bajo diferentes criterios de optimización en el contexto del desarrollo de requisitos de vigilancia avanzados (RVA) siguiendo la iniciativa RITS-5b, la cual considera el efecto de la implantación de la regla de mantenimiento de forma integradora para las actuales centrales nucleares. Para ello se ha utilizado un APS- Extendido para poder cuantificar el efecto del envejecimiento y la efectividad de las pruebas y mantenimiento y su impacto en el riesgo. Los resultados obtenidos demuestran que los mejores resultados se alcanzan cuando la optimización se centra en la consideración de intervalos de pruebas y de mantenimiento dinámicos.

### INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha experimentado un creciente interés de los organismos reguladores y la industria nuclear para investigar modelos avanzados y herramientas que realizan un control efectivo del riesgo para garantizar la seguridad de centrales nucleares en la operación de largo plazo. Estos modelos y herramientas deben de ser consistentes con las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento (ETF), y la regla de mantenimiento (RM) cuyo objetivo es el de garantizar unos niveles de fiabilidad y disponibilidad necesarios para prevenir, y si es necesario mitigar los accidentes y los transitorios en la planta.

En este contexto, la iniciativa RITS-5b (TSTF-425) [1] de la Nuclear Regulatory Commission (NRC) se ha desarrollado con el objetivo de permitir a los titulares de la instalación, modificar las frecuencias de vigilancia mediante un enfoque informado en el riesgo, abriendo así el camino a explorar soluciones para lograr la sinergia entre requisitos de vigilancia flexibles y una regla de mantenimiento dinámica.

En este trabajo se presenta una comparación de los resultados obtenidos bajo diferentes criterios de optimización en el contexto del desarrollo de requisitos de vigilancia avanzados (RVA) siguiendo la iniciativa RITS-5b, la cual considera el efecto de la implantación de la regla de mantenimiento de forma integradora para las actuales centrales nucleares. Para ello se ha utilizado un Análisis Probabilista de Seguridad Extendido (APSE) [2] para poder cuantificar el efecto del envejecimiento y la efectividad de las pruebas y mantenimiento y su impacto en el riesgo. Los resultados obtenidos demuestran que los resultados óptimos y mejores se alcanzan cuando la optimización se centra en la consideración de intervalos de pruebas y de mantenimiento dinámicos.

## **CRITERIOS MÚLTIPLES EN LA TOMA DE DECISIONES INFORMADA EN EL EN RIESGO**

### **Criterios relativos a cambios a las ETFs**

La Guía Reguladora 1.174 (RG 1.174) [3,4] identifica 5 principios de seguridad que deben ser tomados en consideración para cualquier tipo de aplicación informada en el riesgo y ser explícitamente considerados en el programa de la planta sobre la aplicación de cambios informados en el riesgo. En este trabajo solo se han considerado los principios 4 y 5.

El principio 4 establece que cuando un cambio produce un incremento en la CDF, el incremento debería ser pequeño. Normalmente, el impacto conjunto de los cambios se evalúa y se compara con los criterios cuantitativos señalados en la RG 1.174, esto es, CDF y LERF (Large Early Release Frequency). Para cada cambio individual en los intervalos de pruebas, el cambio total en la CDF/LERF para todos los APS (eventos internos, externos, de parada, etc.) deben ser menores que los criterios de aceptación que se definen como  $1E-06$ /año para la CDF y  $1E-07$ /año para las LERF. Además, las ETFs actuales establecen los intervalos de las pruebas, TI, los cuales se dan individualmente o para un grupo de componentes de seguridad relevante.

El principio 5 de la RG 1.174 establece que el impacto del cambio propuesto debe ser monitorizado usando estrategias de medición de la actuación. Luego una estrategia de monitorización se requiere para demostrar que el cambio no está degradando la actuación del componente, como podría observarse en la fiabilidad o la disponibilidad de este. La monitorización de la actuación del equipo requerida por la Regla de Mantenimiento es adecuada para aquellos equipos cuya SF se encuentran definidas por las ETFs. El producto de la monitorización de estas actuaciones puede ser reevaluado periódicamente, reajustando si fueran necesario las SF.

### **Criterios relativos a cambios en la Regla de Mantenimiento**

El objetivo de la Regla de Mantenimiento (MR) es exigir el seguimiento continuo de la efectividad de los programas de mantenimiento de la instalación, para asegurarla integridad y prevenir los fallos de las estructuras, sistema y componentes (SSCs) al realizar las funciones de seguridad para las que fueron diseñados.

La Regla de Mantenimiento, en el 10 CFR 50.65(a)(3) [5], solicita la evaluación de las actividades de mantenimiento preventivo para garantizar que el objetivo de prevenir fallos en las SSCs a través del mantenimiento está debidamente equilibrada frente al objetivo de minimizar las indisponibilidades de dichas SSCs debidas a su seguimiento y los mantenimientos preventivos. Como se define en las directrices de la MR, las contribuciones debidas a tiempos fuera de servicio incluyen los mantenimientos preventivos, correctivos, los reemplazos, las pruebas, la monitorización y la inspección. Haciendo una interpretación amplia, los requisitos de vigilancia pueden incluirse en este proceso de monitorización. Debido a este hecho, ambos criterios deben tenerse en cuenta en el marco de la MR, esto es, el control y/o monitorización de la indisponibilidad debida al mantenimiento o a los SR. La MR establece en el 10 CFR 50.65(a)(1) unos objetivos de indisponibilidad con el fin de garantizar que los SSCs son capaces de cumplir las funciones para las que han sido diseñados. Estos objetivos se establecen considerando los márgenes de seguridad y la vasta experiencia operativa en la industria.

Además, en la 10 CFR 50.65(a)(4) la NRC solicita que antes de realizar actividades de mantenimiento (que incluye, pero no lo limita a pruebas de vigilancia, pruebas tras mantenimiento y mantenimientos preventivos y correctivos), el propietario debe evaluar y gestionar el incremento del riesgo que quizás se produzca el modificar las actividades de mantenimiento. El propietario debe asegurar que el riesgo resultante se encuentre por debajo de un objetivo prefijado.

## ENFOQUES DE OPTIMIZACIÓN

Esta sección presenta tres problemas de optimización multiobjetivo (MOPs) basados en los criterios introducidos en la sección previa. Todos los criterios descritos en la sección anterior se han tenido en cuenta en cada MOP bien como función objetivo. Bien como restricción. Los intervalos de pruebas y mantenimientos se han considerado como variables de decisión en estos MOPs.

- Optimización multiobjetivo 1 (MOP1): Se plantea un mantenimiento dinámico y una frecuencia de vigilancia
- Optimización multiobjetivo 2 (MOP2): Se plantea un mantenimiento dinámico y una frecuencia de vigilancia fija flexible
- Optimización multiobjetivo 3 (MOP3): Se plantea un mantenimiento una frecuencia de vigilancia dinámica

## CASO DE APLICACIÓN

Esta sección muestra la comparación entre los distintos problemas de optimización presentados anteriormente. Se han tenido en cuenta los datos relativos a la tasa de envejecimiento y actividades de mantenimiento y pruebas de una válvula motorizada del Sistema de Agua de Alimentación Auxiliar. En las referencias [2, 6], se muestran los datos relativos a dichas características de la válvula motorizada seleccionada.

Para los tres enfoques, se han estimado la indisponibilidad debida a los tiempos fuera de servicio, la suma de las contribuciones por falta de fiabilidad y pruebas ( $u_{MT}$ ), la indisponibilidad total ( $u$ ) y el incremento de la CDF ( $\Delta CDF$ ) para diferentes intervalos de mantenimiento ( $M$ ) y pruebas ( $TI$ ) en un horizonte de 10 años, usando los modelos introducidos en [2]. En la Tabla 1 se muestran los resultados obtenidos para cada MOP.

**Tabla 1.** Resultados obtenidos en los problemas de optimización (MOP)

Case	TI [horas]	M [horas]	$u_{MT}$	$u$	( $\Delta CDF$ ) [año-1]
APS Basae	2160	13140	9.26E-04	6.89E-02	8.93E-07
MOP1	2160	18980	9.13E-04	7.09E-02	1.11E-06
MOP2	180	18980	9.13E-04	6.24E-02	8.88E-07
MOP3	360	1460	3.83E-03	5.58E-02	7.12E-07

El MOP1 busca minimizar  $u_{MT}$ , correspondiente al objetivo actual en las CCNN, no alcanzando los mejores valores para la indisponibilidad total de los equipos,  $u$ , ni siendo aceptables al considerar la CDF. El MOP2 persigue minimizar de forma secuencial las dos principales contribuciones a la indisponibilidad total ( $u$ ). Este enfoque proporciona mejores resultados que el enfoque empleado en el MOP1. Por último, el MOP3

proporciona la mejor solución desde el punto de vista de la indisponibilidad total y el incremento en el riesgo, respetando todas las restricciones impuestas.

## CONCLUSIONES

El desarrollo de Requisitos de Vigilancia Informados en el Riesgo (RISR) dentro de las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento de las centrales nucleares, como establecen las iniciativas RMTS, en particular la RITS-5b, suponen un gran reto en la actualidad. El objetivo es proporcionar herramientas que exploren soluciones basadas en la sinergia entre unos Requisitos de Vigilancia flexibles (dinámicos) y una Regla de Mantenimiento dinámica.

Esta ponencia muestra una comparación entre distintos problemas de optimización con el fin de lograr una armonización entre los Requisitos de Vigilancia y los mantenimientos en un contexto de toma de decisiones informadas en el riesgo. Este enfoque utiliza los modelos del APS Extendido para cuantificar los atributos RAM y el impacto en el riesgo derivado del envejecimiento, las actividades de mantenimiento y las pruebas de vigilancia, de una manera integral.

El caso de aplicación muestra como esta herramienta puede ser empleada para planificar la frecuencia de las pruebas y mantenimientos, teniendo en cuenta diversas restricciones y funciones objetivo. Los resultados de estos problemas de optimización muestran como el tercer enfoque, basado en un enfoque dinámico para la planificación de los intervalos de mantenimiento y pruebas, obtienen los valores óptimos para las funciones objetivos en un horizonte de tiempo dado.

## AGRADECIMIENTOS

El trabajo presentado forma parte de un Proyecto del Ministerio de Economía y Competitividad (ENE2016-80401-R) y de la tesis doctoral (BES-2014-067602). Además, este estudio ha recibido soporte de los Fondos FEDER.

## REFERENCIAS

- [1] Nuclear Regulatory Commission (NRC) TSTF-425, Revision 3, Relocate Surveillance Frequencies to Licensee Control - RITSTF Initiative 5b, (2009).
- [2] Martón, I., Sánchez, A.I., Martorell, S. Ageing PSA incorporating effectiveness of maintenance and testing, Reliability Engineering & System Safety 139, 131–140 (2015).
- [3] RG 1.174. An Approach for Using Probabilistic Risk Assessment in Risk-Informed Decisions on Plant-Specific Changes to the Licensing Basis. Rev 2. May (2011).
- [4] RG 1.177. An Approach for Plant-Specific, Risk-Informed Decision making: Technical Specifications. Rev 2. May (2011).
- [5] Monitoring the Effectiveness of Maintenance at Nuclear Power Plants. 10 CFR 50.65. Nuclear Regulatory Commission, Regulatory Guide 1.160, May (2012).
- [6] Martorell, S., Martón, I., Martorell, P., Villanueva, J.F., Carlos, S., Sánchez, A. I., Mullor, R. Development of advanced surveillance requirements of Nuclear Power Plants using a risk-informed approach in the horizon 2020. Book of Proceeding of ESREL (2016).

## **Caracterización mecánica de un biocompuesto formado por Polibutileno Succinato (PBS) y refuerzo de harina de cáscara de almendra con diferentes porcentajes de aceite de linaza maleinizado (MLO) como agente compatibilizante**

**P. Limiñana, R. Balart, V. Fombuena, A. Jordá**

*Instituto Tecnológico de Materiales (ITM), Departamento de Ingeniería Mecánica y de Materiales. Universitat Politècnica de València  
Plaza Ferrándiz y Carbonell s/n, Alcoi, (Alicante)  
e-mail: patligre@mcm.upv.es*

### **RESUMEN**

Este trabajo tiene como objetivo el desarrollo de un biocompuesto basado en PBS con harina de cáscara de almendra con un alto contenido ecológico y eficiente a nivel industrial. En anteriores estudios, se probaron diferentes agentes compatibilizantes necesarios para aumentar las propiedades dúctiles del material, resultando el más óptimo el aceite de linaza maleinizado (MLO). En el actual estudio, se han probado diferentes porcentajes de MLO hasta obtener la mezcla más idónea para la obtención de este nuevo biocomposite.

### **INTRODUCCIÓN**

El polibutileno succinato (PBS) es un material perteneciente a la familia de los polímeros de origen petroquímico, pero con la capacidad de biodegradarse. Es por eso que su utilización se ha centrado en el sector agroalimentario y en especial, en el sector envase y embalaje. Además, desde hace varios años ha despertado un interés en su uso para desarrollar nuevos biocomposites de alto rendimiento medioambiental.

En este sentido, la utilización de fibras vegetales naturales como refuerzos para el desarrollo de materiales compuestos ha sido objeto de numerosas investigaciones [1-3]. Uno de los estudios más recientes en el desarrollo de un biocompuesto utilizando PBS como base, es el de la incorporación de residuos de lana [4], y el desarrollado en la primera fase de esta investigación con harina de cáscara de almendra y diferentes porcentajes de agentes compatibilizantes.

La cáscara de almendra (ASF) es uno de los residuos naturales más abundantes debido a la gran producción mundial, por tanto, este residuo supone una fuente de aprovechamiento para el desarrollo de nuevos materiales compuestos de origen natural, al poder utilizarse como refuerzo en materiales con matriz polimérica. Sin embargo, la incorporación de cargas lignocelulósicas en polímeros, produce un efecto de concentración de tensiones debido a la naturaleza hidrofóbica de la matriz polimérica e hidrofílica del residuo lignocelulósico, que hace reducir bruscamente las propiedades dúctiles del polímero. Este efecto se puede aminorar utilizando agentes compatibilizantes que permitan una mejor interacción entre partícula lignocelulósica y la cadena polimérica. En el primer estudio se emplearon diversos compatibilizantes, y el aceite de linaza maleinizado (MLO) conseguía mayor capacidad de alargamiento [5]. Por tanto, el presente trabajo tiene como objetivo obtener un material compuesto, con base de PBS y refuerzo de harina de cáscara de almendra (ASF) con un porcentaje de MLO adecuado, para conseguir un material con prestaciones mecánicas adecuadas a la industria y con un alto rendimiento medioambiental.

## PARTE EXPERIMENTAL

### Materiales utilizados

Se han desarrollado diferentes mezclas y posterior inyección de probetas para su caracterización, a partir de matriz con PBS 1020MD Bionolle y refuerzo de harina de cáscara de almendra (ASF) de 150  $\mu\text{m}$ , y añadiendo para cada una de ellas un porcentaje distinto de aceite de linaza maleinizado (MLO) como agente compatibilizante, tal y como se puede observar en la Tabla 1.

**Tabla 2.** Porcentaje en peso de las mezclas desarrolladas.

Muestra	Contenido en peso de PBS (%)	Contenido en peso de harina de cáscara de almendra- ASF (%)	Contenido en peso agente compatibilizante (%)
PBS	100	0	0
PBS+ASF	70	30	0
PBS+ASF+2.5MLO	67.5	30	2.5
PBS+ASF+4.5MLO	65.5	30	4.5
PBS+ASF+7.5MLO	62.5	30	7.5
PBS+ASF+10MLO	60	30	10

### Técnicas de ensayo y caracterización

El ensayo de tracción se ha llevado a cabo en una máquina de ensayos universales ELIB 50 de S.A.E. Ibertest (Madrid, España) según lo recomendado por ISO 527-1: 2012. Los ensayos se han realizado con una célula de carga de 5 kN y la velocidad de carga se ajustó a 10 mm/min.

Las mediciones de dureza se han tomado bajo las restricciones de la norma ISO 868:2003, empleando un durómetro Modelo 676-D (J. Bot Instruments, Barcelona, España). La resistencia al impacto ha sido medida empleando una máquina de ensayo con péndulo Charpy de 1J de Metrotec (San Sebastián, España) y entalla normalizada. Para todos los ensayos mencionados han sido analizadas cinco probetas de cada muestra, siendo que los valores presentados son el promedio de los cinco resultados registrados. Todas las muestras han sido ensayadas a temperatura ambiente (22°C).

Para complementar y apoyar los resultados que se obtengan de la caracterización mecánica, se ha realizado caracterización morfológica a través del empleo de la microscopía electrónica de barrido de emisión de campo (FESEM), en las superficies fracturadas de las muestras después de las pruebas de impacto, con el equipo modelo ZEISS ULTRA 55 de Oxford Instruments (Abingdon, Reino Unido).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el ensayo de tracción se observa que al incorporar harina de cáscara de almendra a la matriz de PBS en un 30% en volumen de peso, el módulo elástico baja bruscamente respecto a la muestra de PBS virgen, y por tanto la capacidad de alargamiento se ve reducida drásticamente, pasando de un 215.6% a un escaso 6.3% de la muestra PBS+ASF, tal y como se muestra en la Tabla 2. Este fenómeno se produce por la falta

de adhesión entre carga y matriz, que se traduce en un hueco que queda alrededor de las partículas, lo que provoca una concentración de tensiones.

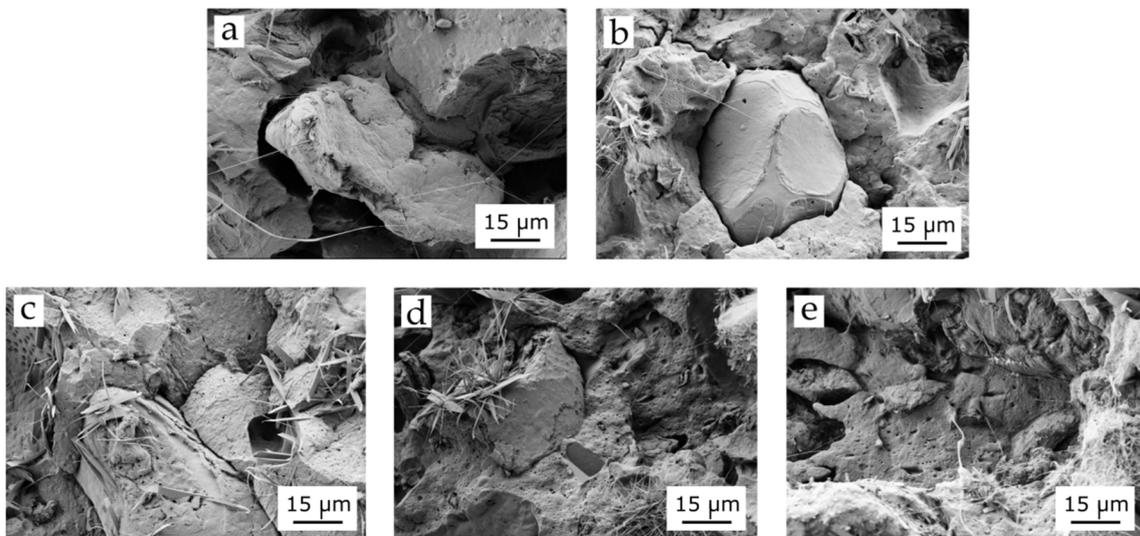
A través de la incorporación del agente compatibilizante se consigue un aumento en la ductilidad del material, gracias a su efecto plastificante. El alargamiento porcentual a la rotura prácticamente se triplica en el caso de la muestra con un 2.5% de MLO respecto a la muestra sin compatibilizante, y a medida que aumenta el porcentaje de MLO se conseguirá mayor alargamiento, llegando a ser algo más de cuatro veces mayor con un 10% de MLO. Sin embargo, tanto la tensión máxima como el módulo de elasticidad se van reduciendo cada vez más mediante el aumento del MLO. Con un 7.5% del MLO el módulo es prácticamente igual al del PBS virgen, aunque la tensión máxima se ha reducido casi un 61% aprox. respecto al PBS virgen. Asimismo, se observa una reducción de la tensión máxima con un 10% de MLO respecto a la muestra sin compatibilizante de un 21% aprox., y de un 62.8% respecto al PBS virgen.

**Tabla 3.** Propiedades mecánicas del PBS puro y de los compuestos de PBS con carga, con diferentes porcentajes de MLO y sin compatibilizante.

Muestra	E <sub>tensile</sub> (MPa)	Tensión máx. (Mpa)	Alargamiento (%)	Dureza Shore D	Resistencia al impacto (kJ/m <sup>2</sup> )
PBS	417.4 ±21.1	31.5±0.9	215.6 ±16,5	60.1±0.5	16.5 ± 0.8
PBS+ASF	787.9± 55.8	14.8± 0.5	6.3±0.9	71.2±0.3	1.8 ± 0.3
PBS+ASF+2.5MLO	779.8 ± 33.3	14.3± 0.5	17.4 ± 0.3	67.8 ±0.9	2.5 ± 0.2
PBS+ASF+4.5MLO	534.6 ±51.3	13.8 ±0.3	25.9 ±1.0	67.2±0.2	3.8 ± 0.5
PBS+ASF+7.5MLO	423.4 ± 13.1	12.3 ± 0.1	26.1 ±1.7	64.0 ±0.4	3.9 ± 0.3
PBS+ASF+10MLO	269.8 ± 30.7	11.7± 1.1	26.6 ± 1.2	62.0 ±0.7	4.2 ± 0.2

En el caso de la resistencia al impacto y la dureza, se observa que al aumentar el porcentaje del MLO la dureza disminuye y la energía de impacto aumenta, por lo que confirma que el material se vuelve más dúctil y con mayor tenacidad.

Por último, en la Figura 1 se muestran las imágenes obtenidas en FESEM. Aquí se puede comprobar el efecto que produce la incorporación del MLO para conseguir mayor continuidad entre polímero y partículas, reduciendo así las holguras que quedan entre ellos, y mejorando las propiedades dúctiles del compuesto. Las imágenes muestran cómo en el caso de la muestra sin compatibilizante (a) existe un hueco alrededor de la partícula, y a medida que aumenta el % de MLO las muestras se aprecian más compactadas, sin presentarse casi ninguna holgura entre el polímero y las partículas de cáscara de almendra en el caso del 10% en MLO (e).



**Figura 1.** Imágenes del FESEM con 1000x aumentos correspondientes a la superficie fracturada de cada muestra con los diferentes porcentajes de MLO utilizados: a) PBS+ASF; b) PBS+ASF+2.5MLO; c) PBS+ASF+4.5MLO; d) PBS+ASF+7.5MLO; e) PBS+ASF+10MLO.

## CONCLUSIONES

Se ha comprobado que el material desarrollado se vuelve más dúctil y con mayor tenacidad al aumentar el porcentaje de MLO. El MLO otorga al material un efecto compatibilizante, consiguiendo reducir la holgura que queda entre polímero y partícula y mejorando las propiedades mecánicas del conjunto. La muestra con MLO al 7.5% resulta ser la más adecuada, ya que el valor del módulo de Young es prácticamente igual al del PBS virgen y se obtienen un alargamiento a la rotura superior al 26%. Gracias a la incorporación del MLO se obtienen unas propiedades mecánicas entre el PBS y la cáscara de almendra muy positivas, consiguiendo así reducir la cantidad de polímero necesario en la mezcla y obteniendo un material estable con un 30% de ASF de alto rendimiento medioambiental.

## REFERENCIAS

- [1] Dorez, G., Taguet, A., Ferry, L., and Lopez-Cuesta, J. M. *Polymer Degradation and Stability*, 98(1), 87-95 (2013).
- [2] Frollini, E., Bartolucci, N., Sisti, L., and Celli, A. *Industrial Crops and Products*, 45, 160-169 (2013).
- [3] Kurokawa, N., Kimura, S., and Hotta, A. *Journal of Applied Polymer Science*, 135(24). (2018)
- [4] Lee, H.Y. and Choi, D. *Polymer-Korea*, 41(4), 719-726 (2017).
- [5] Liminana, P., Garcia-Sanoguera, D., Quiles-Carrillo, L., Balart, R., and Montanes, N. *Composites Part B: Engineering*, 144, 153-162 (2018).

## Estudio y aplicaciones de sensores basados en grafito

J. Tormo<sup>(1)</sup>, R. Balart<sup>(1)</sup>, T. Boronat<sup>(1)</sup>, N. Montanes<sup>(1)</sup>

*(1) Instituto de Tecnología de Materiales (ITM),*

*Universitat Politècnica de València (UPV), Plaza Ferrándiz y Carbonell 1, 03801 Alcoy, Spain.*

*e-mail: fratorg7@epsa.upv.es*

### RESUMEN

El desarrollo y diseño de nuevos sensores para aplicaciones en sectores tan importantes como el de robótica y el de las aplicaciones médicas, como prótesis o implantes inteligentes, ha despertado el interés de la sociedad actual y del mundo científico. La ingeniería de materiales ha puesto a disposición de estas tecnologías materiales tan interesantes como el grafito. Sus características piezoeléctricas hacen posible sensorizar una deformación, por ejemplo, causada por un movimiento, mediante la variación de la conductividad eléctrica del material. En el presente estudio, los sensores obtenidos experimentalmente de grafito muestran una interesante efectividad para este tipo de aplicaciones.

### INTRODUCCIÓN

Actualmente los esfuerzos en la investigación de sensores flexibles de carácter piezorresistivo están basados en la utilización de grafito. Este material se caracteriza por presentar unas propiedades muy especiales, sobre todo en cuanto a conductividad eléctrica. Además, este tipo de sensores se pueden fabricar mediante procesos libres de solventes [1], sin la necesidad de utilizar salas blancas [2] y con materiales fácilmente accesibles y disponibles [3]. Esto hace que sea un material ideal por su alta sensibilidad en la detección de variaciones muy pequeñas de conductividad, por lo que puede tener unas aplicaciones específicas que abarcan desde el análisis de deformación de materiales, hasta el diseño de pieles electrónicas sintéticas para robótica o prótesis inteligentes, pasando por la captura del movimiento del cuerpo humano en, por ejemplo, aplicaciones de teleoperación, sensores MEMS (sistemas micro-electro-mecánicos) [4] o dispositivos electrónicos [5].

El sensor piezorresistivo propuesto en el presente trabajo experimental, está basado en una lista de materiales de fácil adquisición y en una sencilla pasta de grafito realizada expresamente, que es depositada en un sustrato polimérico mediante un proceso sencillo y controlado de transferencia, del cual se obtienen por exfoliación láminas de un espesor de aproximadamente 65  $\mu\text{m}$ . Estas exhiben una alta sensibilidad y un amplio rango de información. Estos sensores han sido caracterizados a presión mediante un ensayo desarrollado exclusivamente para estos. Las aplicaciones de estos sensores pueden ir desde la captura del movimiento del cuerpo humano, hasta la integración en prótesis y robots como piel sintética; de hecho, el ensayo aquí dispuesto pretende recrear la sensibilidad de la punta de un dedo humano.

Así pues, el objetivo del presente trabajo es el desarrollo de un sensor de una sensibilidad alta, mediante materiales disponibles en cualquier ferretería o papelería, con un proceso de fabricación limpio, asequible y sencillo, para la obtención de un dispositivo fácilmente integrable y de muchas prestaciones, en este caso en concreto, como piel sintética.

## MÉTODOS EXPERIMENTALES

### Materiales y proceso de fabricación

Para la obtención de la pasta conductora se requiere polvo de grafito suministrado por Sigma Aldrich, con un tamaño de partícula menor de 20  $\mu\text{m}$ , acetona como diluyente de la mezcla de la empresa SPB S.L. (Valencia, España) y un aglutinante fabricado por Promade S.A. (Madrid, España). La formulación de la pasta conductora contiene un porcentaje en peso de 46% de grafito, 31% de acetona y 23% de aglutinador.

El proceso de fabricación de las láminas consta de varios pasos. El primer paso es el proceso de mezclado mediante agitación de la mezcla. A continuación, se deposita la pasta sobre un sustrato polimérico, acetato de  $\approx 100 \mu\text{m}$ , mediante una plantilla de 3 x 7 x 1,27 cm de aluminio. Después debe secar a temperatura ambiente durante 45 minutos hasta la solidificación. El siguiente paso es un proceso de transferencia a  $120^\circ\text{C} \pm 15^\circ\text{C}$  a un nuevo sustrato de PE-LD de 80  $\mu\text{m}$  de espesor. Los electrodos fueron construidos mediante cobre adhesivo comercial de 115  $\mu\text{m}$  de espesor. Por último, se pegó la lámina de grafito mediante un adhesivo a los electrodos para una correcta sujeción de ésta. El tamaño de los electrodos es de 0,35 x 3,7 cm, la configuración de los electrodos es de tipo paralela con una distancia entre ellos de un 1 mm y la lámina funcional mide 0,7 x 3 cm.

### Adquisición de datos

Uno de los electrodos del sensor debe estar conectado a la salida de una resistencia de manera que juntos formaran un circuito divisor de tensión y el otro electrodo a la Vcc del circuito para poder comprobar el cambio de resistencia que se produce en la lámina. La salida de este pequeño circuito está conectada a la entrada del convertor A/D de 10 bits de resolución, de un microcontrolador ATMEGA32, insertado en una placa de prototipado electrónico Arduino UNO.

### Caracterización a presión

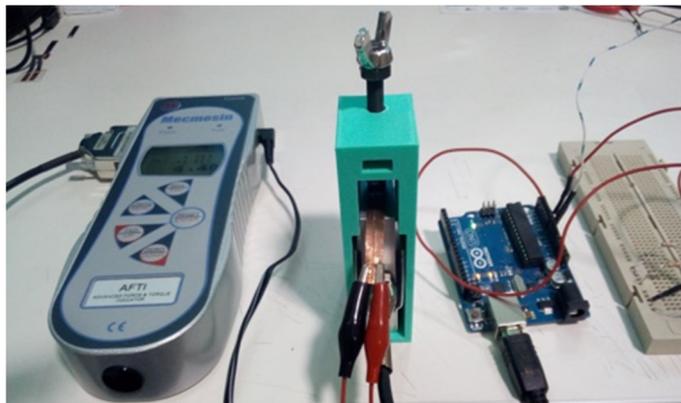


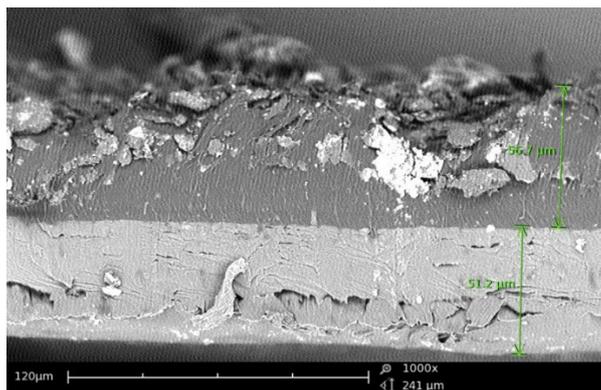
Figura 1. Protocolo de ensayo a compresión.

El ensayo está formado por un dinamómetro AFTI de Mecmesin, con una resolución de 0,05 N y un máximo de 200 N, al que se le pegará el sensor en la superficie de la célula de carga para que no pueda moverse y evitar una toma de datos errónea. El dinamómetro se insertará en el interior de una carcasa que dispone en la parte superior de un tornillo con una punta de goma en su extremo, el cual generará una fuerza perpendicular sobre el sensor. El ensayo no se ha podido automatizar, por lo que se ha realizado de forma manual, dando pasos de 1 N hasta llegar al máximo de 30 N, rango

que se ha considerado oportuno debido a que, en una interacción entre objetos o social normal, un individuo no ejerce mucha más fuerza.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

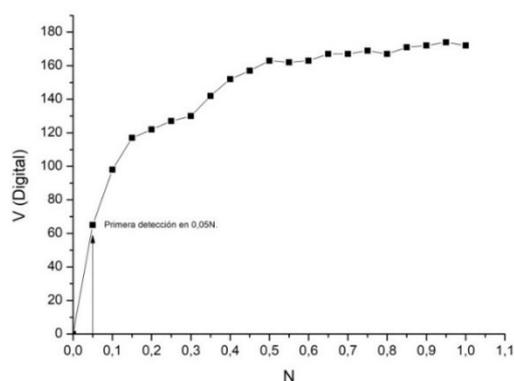
Una vez realizada la transferencia entre los sustratos de PE-LD y exfoliados, se obtienen unas láminas con una deposición de un espesor  $\approx 65 \mu\text{m}$  como se muestran en la Fig. 2.



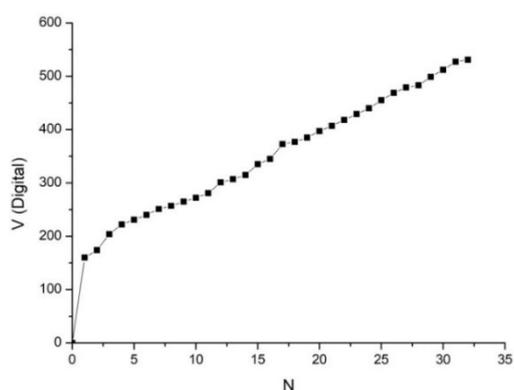
**Figura 2.** Microscopía electrónica SEM.

El funcionamiento del sensor está basado en el efecto piezorresistivo del grafito, entiéndase como el efecto por el que la resistencia eléctrica de un material varía cuando éste es sometido a un esfuerzo o estrés mecánico (tracción o compresión). En el caso que nos ocupa, debido al esfuerzo sometido, las láminas paralelas de grafito depositadas ven alteradas la distancia interatómica de estos planos, unidos por enlaces de Van der Waals, disminuyendo o aumentando la resistencia eléctrica a mayor o menor presión respectivamente.

Teniendo en cuenta que un ser humano no es capaz de medir con precisión la fuerza que ejerce, y debido a la subjetividad de la cuestión, se acordó avanzar en pasos unitarios, es decir de newton en newton. Pero primero se hizo un ensayo de 0 N a 1 N con pasos de 0,05 N (el valor mínimo que detecta el dinamómetro). Esto se realizó con el propósito de determinar la sensibilidad inicial del sensor. Tras ello se obtuvieron resultados positivos y satisfactorios, ya que el sensor detectó la primera fuerza de 0,05N como se muestra en la Fig. 3. Una vez determinada la sensibilidad inicial del sensor se continuó con el ensayo general, el cual demuestra el funcionamiento piezorresistivo de la lámina y evidencia la capacidad de detección del sensor, que no mostró problema alguno en el rango acordado. El sensor presenta un pico inicial alto que se achaca a la cantidad de material y su deposición aleatoria. Una vez superado este punto, el sensor exhibe un comportamiento lineal como muestra la Fig. 4. Aun así, si se requiere mayor precisión, se puede optar por una regresión lineal mediante software. Para el caso que nos ocupa, se cree que el comportamiento obtenido es el adecuado, ya que el punto de partida se asemeja a una caricia, es decir, una presión muy débil y visto el comportamiento no se requiere ningún tipo de amplificación para representar tal efecto.



**Figura 3.** Valor mínimo de detección del sensor en 0,05N.



**Figura 4.** Caracterización a presión del sensor hasta 30N.

## CONCLUSIONES

Se ha obtenido un sensor flexible con una alta sensibilidad (la detección de una fuerza de 0,05 N es un claro indicativo), fabricado mediante técnicas poco contaminantes, evitando tecnologías caras como el uso de salas blancas, mediante materiales asequibles y de un espesor reducido, inferior a 1 mm. Los resultados han sido positivos, los cuales dan esperanza de cara al objetivo final: obtener una piel sintética asequible y fácil de integrar tanto como piel para robots como piel para prótesis u órtesis inteligentes.

## REFERENCIAS

- [1] Kanaparthi S, Badhulika S., Low cost, flexible and biodegradable touch sensor fabricated by solvent-free processing of graphite on cellulose paper. *Sensors and Actuators B: Chemical*. 242, 857-864 (2017).
- [2] Liu X, Mwangi M, Li X, O'Brien M, Whitesides GM. based piezoresistive MEMS sensors. *Lab on a Chip*. 11:13, 2189-1296 (2011).
- [3] Lin C-W, Zhao Z, Kim J, Huang J., Pencil drawn strain gauges and chemiresistors on paper. *Scientific reports*. 4, 3812 (2014).
- [4] Phan H-P, Dao DV, Dinh T, Brooke H, Qamar A, Nguyen N-T, et al., editors, Graphite-on-paper based tactile sensors using plastic laminating technique. *Micro Electro Mechanical Systems (MEMS), 28th IEEE International Conference on; 2015: IEEE (2015)*.
- [5] Kurra N, Kulkarni GU, Pencil-on-paper: electronic devices. *Lab on a Chip*. 13:15, 2866-2873 (2013).

## Fiabilidad en el cálculo de valores propios en las matrices singulares totalmente no negativas

**B. Cantó, R. Cantó, A. M. Urbano**

*Instituto de Matemática Multidisciplinar*

*Universitat Politècnica de València*

*Camino de Vera s/n 46022 Valencia*

*e-mail: {bcanto,rcanto,amurbano}@mat.upv.es*

### RESUMEN

En este trabajo se presentan las matrices totalmente no negativas (se denotan por TN) y se muestra la fiabilidad del programa matemático MatLab© cuando se utiliza para calcular sus valores propios. Una matriz es TN si el determinante de cada una de sus submatrices cuadradas (menores) es mayor o igual que cero y se introducen como extensión de las matrices no negativas que son aquellas cuyos elementos son mayores o iguales que cero. Una propiedad de estas matrices es que sus valores propios también son mayores o iguales que cero. En este trabajo se muestra como, en algunos casos, con MatLab© no se obtienen los valores propios nulos debido a los errores de redondeo y a la precisión del ordenador. Nuestro objetivo principal consiste en mostrar un algoritmo de alta precisión relativa (HRA, High Relative Accuracy) que elimina dichos errores.

### INTRODUCCIÓN

Las matrices totalmente no negativas (TN) se utilizan en numerosas aplicaciones. En Gantmacher y Krein [1] los autores estudian pequeñas oscilaciones en un espacio continuo unidimensional con un número finito o infinito de grados de libertad, utilizando para ello una subclase de matrices TN, las matrices oscilatorias aplicadas en ingeniería mecánica. Por otra parte, Schoenberg [2] usó la teoría de las matrices TN para obtener los ceros reales de los polinomios y para introducir la función B-spline aplicada en diseño gráfico por ordenador. También hay que destacar el trabajo de Karlin [3] que usó las matrices totalmente positivas en las ecuaciones integrales y en Estadística. Además de los trabajos citados anteriormente, los resultados publicados sobre matrices TN son numerosos, destacando Ando [4], Demmel y Koev [5] y el libro de Fallat y Johnson [6], entre otros.

Estas matrices se caracterizan porque el determinante de cada una de sus submatrices cuadradas (o menores) es mayor o igual que cero. Ejemplos de matrices conocidas que son TN serían la matriz de Vandermonde o la matriz de Hurwitz, utilizadas, entre otros, para calcular el polinomio de interpolación de un conjunto de datos. Otro ejemplo sería la matriz de Pascal, que es aquella cuyos elementos son los coeficientes del binomio de Newton que forman el triángulo de Tartaglia y que se utiliza en teoría de matrices y en combinatoria. Por último, la matriz de Hilbert es una matriz cuadrada cuyos campos constituyen una fracción de la unidad y que se usa para aproximar un polinomio por mínimos cuadrados.

En este trabajo se consideran las matrices singulares [7]. Estas matrices describen sistemas asociados a un comportamiento impulsivo (también llamados sistemas singulares) como se muestran, por ejemplo, en fenómenos biológicos, eléctricos, mecánicos y económicos. Son matrices que se están estudiando en los últimos años

(véase [8] y otras referencias que aparecen en dicho trabajo) y que despiertan un gran interés en el estudio de sus propiedades para obtener las formas canónicas de Jordan que están asociadas a las matrices de un tamaño dado con cualquier rango y rango principal.

En estas matrices es importante conocer sus valores propios, ya que tienen unas características definidas y pueden usarse en diferentes aplicaciones como, por ejemplo, para obtener los parámetros de Markov. Es por ello, que en este trabajo se estudian los valores propios de una matriz singular TN y se muestra como en algunas ocasiones el programa matemático MatLab© puede cometer errores de redondeo en su obtención. También se muestra un algoritmo de alta precisión relativa que elimina este error.

## **ESTUDIO DE LOS VALORES PROPIOS DE MATRICES TOTALMENTE NO NEGATIVAS**

Una matriz singular es totalmente no negativa cuando no tiene inversa y es totalmente no negativa. Los valores propios de estas matrices podemos indicar que se caracterizan porque:

- todos sus valores propios son no negativos;
- todos los valores propios positivos son distintos entre sí, es decir tienen multiplicidad algebraica 1;
- el resto de valores propios son iguales a 0.

Cuando se resuelven experimentos numéricos nos encontramos con errores de redondeo, datos imprecisos y errores de truncamiento. En este trabajo vamos a estudiar los errores de redondeo a la hora de calcular los valores propios de una matriz TN.

Existen dos tipos de errores, el error regresivo y el error progresivo. El primero mide la perturbación del problema inicial y viene dado por tener datos imprecisos. El segundo mide la distancia entre la solución exacta y la que se computa. Ambos errores se relacionan usando el número de condición del problema, ya que

$$\text{Error progresivo} \leq \text{error regresivo} \times \text{número de condición}$$

Este error depende del problema a tratar y diremos que una matriz está bien condicionada si su número de condición es cercano a cero.

Las matrices TN pueden estar mal condicionadas y esto hace que la precisión a la hora de calcular los valores propios no sea exacta y, por tanto, no se obtiene al calcular los valores propios nulos que el resultado sea exactamente igual a 0.

Para disminuir el error progresivo del problema se puede usar un algoritmo con alta precisión relativa. Estos algoritmos se caracterizan porque sólo usan sumas, productos y cocientes de números del mismo signo.

Por ejemplo, consideremos la siguiente matriz TN de tamaño 10 x 10,

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 \\ 1 & 1 & 1 & 2 & 3 & 3 & 3 & 3 & 3 & 3 \\ 1 & 1 & 1 & 2 & 3 & 4 & 4 & 4 & 4 & 4 \\ 1 & 1 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 5 & 5 & 5 \\ 1 & 1 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 6 & 6 \\ 1 & 1 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 7 \\ 1 & 1 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 7 \\ 1 & 1 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 7 \\ 1 & 1 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 7 \end{pmatrix}.$$

El rango de esta matriz es 7 y su rango principal es 3 (se obtiene si sólo tenemos en cuenta el cálculo de sus menores principales) ya que el determinante del menor principal [1, 4, 5; 1, 4, 5] es distinto de 0:

$$\det \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 4 \\ 1 & 2 & 5 \end{pmatrix} = 1.$$

La matriz A está muy mal condicionada ya que

>> cond(A) =

1.8561e+066

Utilizando las propiedades conocidas de las matrices singulares TN, se conoce que tiene 3 valores propios positivos, reales y distintos, y tiene 7 valores propios iguales a 0.

Si calculamos los valores propios de la matriz A con el programa MatLab® obtenemos:

$$\begin{aligned} \lambda_1 &= 34.03408391748693; \lambda_2 = 2.551321928984562; \lambda_3 = 0.4145941535285050; \\ \lambda_4 &= -1.606653667495945 \cdot 10^{-8}; \lambda_5 = 1.606653632416052 \cdot 10^{-8}; \\ \lambda_6 &= -1.70097437749613 \cdot 10^{-16}; \lambda_7 = -1.70097437749613 \cdot 10^{-16}; \\ \lambda_8 &= 1.783984223403737 \cdot 10^{-17}; \lambda_9 = 0; \lambda_{10} = -1.293779179816471 \cdot 10^{-33}. \end{aligned}$$

Observamos que 3 valores propios son positivos, reales y distintos ( $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ ), cinco valores propios son 0 ( $\lambda_6, \lambda_7, \lambda_8, \lambda_9, \lambda_{10}$ ), pero hay dos valores propios,  $\lambda_4$  y  $\lambda_5$  cuyo valor nulo depende del error que se esté considerando en la aplicación.

En efecto, los números de condición de estos valores propios son:

>> condeig(A) =

1.055513024994403e+000  
2.243149593817034e+000  
1.749274212342830e+001  
7.295194697609325e+014  
1.640131534085463e+015  
1.640131534085463e+015  
7.295194272377376e+014  
2.251751475607070e+015  
2.018918630957253e+015  
1.003375312972270e+000

Dando lugar a diferencias en los errores de redondeo del programa matemático MatLab© según se trate de calcular los valores propios positivos (números de condición pequeños) o los valores propios nulos (números de condición grandes  $e+14$ ).

Plamen Koev en sus trabajos [9] y [10] muestra como un algoritmo de alta precisión relativa (HRA) puede usarse para obtener los valores propios de las matrices singulares TN sin errores de precisión.

El paquete de software STNTool, en su versión actualizada de abril de 2018, permite a través del programa matemático MatLab© realizar virtualmente todos los cálculos matriciales con matrices no negativas mediante alta precisión relativa, aunque estén mal condicionadas, obteniendo soluciones sin casi errores de redondeo en el proceso (lo que significa que la incertidumbre en el resultado es aproximadamente la misma que en la entrada).

Si usamos este software con el ejemplo que estamos tratando, obtenemos los tres valores propios distintos de cero,  $\lambda_1 = 34.03408391748693$ ,  $\lambda_2 = 2.551321928984562$  y  $\lambda_3 = 0.4145941535285050$ , con el resto de valores propios exactamente iguales a 0.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por los proyectos DGI MTM2013-43678-P, MTM2017-85669-P y MTM2017-90682-REDT.

## REFERENCIAS

- [1] Gantmacher, F.R., Krein, M.G., Oscillation Matrices and Kernels and Small Vibrations of Mechanical Systems: Revised Edition, AMS Chelsea Publishing, (2002).
- [2] Schoenberg, I.J., Whitney, A., On Pólya frequency functions III. The positivity of translation determinants with applications to the interpolation problem by spline curves, Trans. Am. Math. Soc. 14, 246-259 (1953).
- [3] Karlin, S., Total Positivity, volume I, Stanford University Press, Stanford, California, (1968).
- [4] Ando, T., Totally positive matrices, Linear Algebra and its Applications 90, 165-219 (1987).
- [5] Demmel, J., Koev, P., The accurate and efficient solution of a totally positive generalized Vandermonde linear system, SIAM J. Matrix Anal. Appl., 27(1), 142-152 (2005).
- [6] Fallat, S.M., Johnson, C.R., Totally nonnegative matrices, Princeton University Press, New Jersey, (2011).
- [7] Cantó B., Coll C., Sánchez E., Positive solutions of a discrete-time descriptor system, International Journal of Systems Science 1(39), 81-88 (2008).
- [8] Cantó R., Urbano A.M., On the maximum rank of totally nonnegative matrices, Linear Algebra and its Applications 551, 125-146 (2018).
- [9] Koev, P., Accurate computations with totally nonnegative matrices, SIAM J. Matrix Anal. Appl., 29(3), 731-751 (2007).
- [10] Koev, P., Accurate eigenvalues and zero Jordan blocks of (singular) totally nonnegative matrices, submitted for publication (2018).

## Efecto Peltier y desarrollo de posibles aplicaciones

**A. Azorín Penalva, M.Á. Satorre Aznar**

(1) Centro de Tecnologías Físicas: Acústica, Materiales y Astrofísica,  
Departamento de Física Aplicada, Universitat Politècnica de València  
Plaza Ferrándiz y Carbonell s/n, Alcoi, (Alicante)  
e-mail: aiazpe@epsa.upv.es

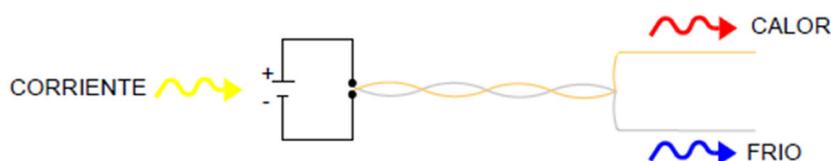
### RESUMEN

Las células Peltier son unos dispositivos termoeléctricos que permiten calentar o enfriar dependiendo de la polaridad de la corriente continua que se les aplica. El abaratamiento de dichas células hace que su aplicabilidad haya aumentado en los últimos tiempos. La ausencia de partes móviles hace que sean muy versátiles tanto para calentar como para enfriar.

Sin embargo, siguen siendo poco utilizadas. El trabajo presenta los principios básicos de la termoelectricidad en la que se basa el efecto Peltier, así como la formulación básica de dicho efecto, cómo funcionan las celdas y finalmente, se presenta un pequeño refrigerador, que es uno de los aparatos montados durante la realización del estudio de la aplicabilidad de las células Peltier.

### INTRODUCCIÓN

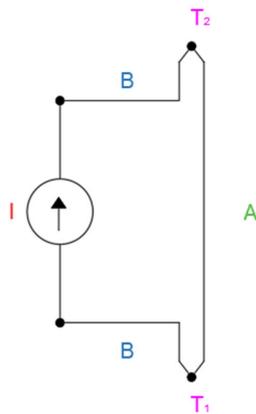
El Efecto Peltier hace referencia a la absorción o liberación de energía producida por la unión entre dos metales o semiconductores (tipo-n y tipo-p) distintos cuando una corriente eléctrica atraviesa la unión Figura1. Por lo que va a depender de la composición de los materiales y la temperatura de la unión.



**Figura 1.** Esquema Efecto Peltier.

La dirección de transferencia de calor es controlada por la polaridad de la corriente; invertir la polaridad cambiará la dirección de transferencia y así el signo del calor absorbido/producido.

En la Figura 2, se muestra que cuando una corriente  $I$  se hace fluir a través del circuito, se cede calor en la unión  $T_2$ , y se absorbe calor por la unión  $T_1$ .



**Figura 2.** Efecto Peltier.

El coeficiente Peltier se puede expresar como el producto de la termopotencia y temperatura como se puede ver en la siguiente ecuación:

$$II = Q \cdot T$$

La cantidad de calor liberada entre los dos conductores, A y B, (Figura 2) en la unión  $T_2$  por el efecto Peltier se calcula del siguiente modo:

$$\dot{Q} = (II_A - II_B) \cdot I$$

La cantidad de calor absorbido por la unión  $T_1$  (Figura 2) por el efecto Peltier, se define como:

$$\dot{Q} = (II_B - II_A) \cdot I$$

Los coeficientes Peltier representan el flujo de calor que se intercambia por unidad de carga a través de un material dado. Como la corriente de carga debe ser continua, el flujo de calor asociado producirá discontinuidad si  $II_A$  y  $II_B$  son diferentes. Esto provoca una divergencia no cero en la unión y así el calor debe cederse o absorberse allí, según el signo de la corriente.

## MÉTODOS EXPERIMENTALES

### Células Peltier

Una Célula Peltier se caracteriza por estar compuesta principalmente por dos materiales semiconductores, uno de tipo P y otro de tipo N, de forma que se pueda lograr un efecto uniforme de calentamiento y enfriamiento para la superficie de la Célula, a través del control de energía eléctrica proporcionada por una fuente de alimentación.

#### ¿Cómo se genera el enfriamiento o calentamiento en las superficies de la Célula?

La corriente suministrada a la Célula provoca que, en su interior, el semiconductor sufra un desplazamiento de sus portadores de carga en el interior del material semiconductor, esto genera un exceso de portadores de carga en un extremo del material (lado caliente), y en el otro extremo se genera una ausencia de portadores de carga, lo que provoca que este extremo baje de temperatura (lado frío).

Dada esta condición de los portadores de carga, las Células Peltier se producen en parejas de materiales semiconductores tipo N y tipo P, acoplados en paralelo térmicamente y eléctricamente en serie. Con varias parejas es posible lograr un área térmica considerable para realizar la función deseada, ya sea calentar o enfriar.

Al analizar las partes que constituyen la Célula Peltier se observa que las superficies de la Célula se componen por una capa gruesa de cerámica, que funcionan como aislante eléctrico. Internamente, consta de una variedad de termopares conectados en serie eléctricamente a través de puentes de cobre que actúan como un conductor eléctrico. Los puentes de cobre de cada lado están térmicamente entre sí.

Las Células Peltier que se comercializan esencialmente están compuestas por dos tipos de elementos semiconductores: telurio de bismuto,  $Bi_2Te_3$ , y selenio de antimonio,  $SbSe$ , ya que estos materiales semiconductores son buenos para el paso de corriente eléctrica, mientras que no lo son para la transferencia del calor a través de ellos, permitiendo que se genere un mejor aislamiento térmico. De esta forma se logra la alta temperatura de una de las caras no afecte la baja temperatura de la otra.

#### **Aplicación: Nevera conservadora de bebidas**

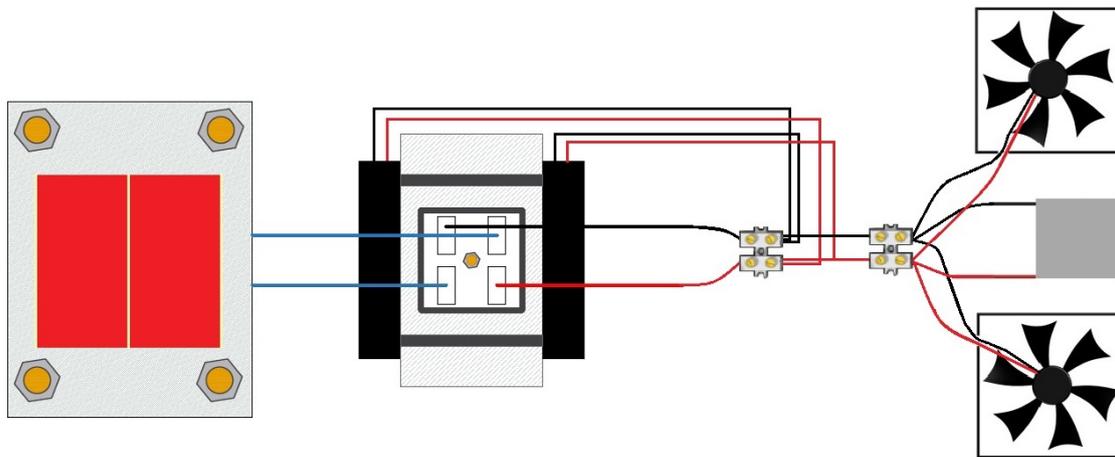
Para el suministro eléctrico de esta aplicación se ha decidido realizar una fuente de alimentación. Para su construcción se ha utilizado un transformador reciclado. Éste funciona de con corriente de entrada alterna de 220 V, para poder ser conectado a cualquier enchufe, y suministra una corriente alterna de 12 V. Para que transforme esta corriente alterna de salida en continua se le ha implementado un rectificador de 50 V, que es suficiente para alimentar la Célula Peltier y el ventilador. Del transformador salen cuatro cables, dos de ellos se conectan al rectificador (son de 12 V) y los otros dos son de 16 V y no se utilizarán en esta aplicación, aunque podrían alimentar otros instrumentos o bien otras Células Peltier, así que se han protegido con un aislante termo retráctil para una mejor seguridad. Dado el consumo eléctrico el rectificador con el tiempo se recalentaba. Para evitar dicho calentamiento se le ha colocado en la parte inferior un disipador de calor de aluminio y en cada lado del disipador dos pequeños ventiladores (de ordenador también reciclados), los cuales funcionan con 12 V y 0,16 A en corriente continua. Los cables que salen del rectificador se conectan a una ficha de empalme, a la cual se conectarán los dos ventiladores que enfrían el disipador del rectificador, la Célula Peltier y los dos ventiladores de la aplicación. Todo esto está montado sobre una base de placa de acero inoxidable de 210x110x2 mm. Finalmente, se ha colocado a la base una toma a tierra para evitar posibles derivaciones y que cumpla así las normas de seguridad.

Como base de la nevera se ha utilizado una caja de tornillos de plástico. Se ha recubierto con poliespán para que la aisle térmicamente y conserve así el frío en el interior. Para la puerta se ha recortado un rectángulo de la tapa de una canaleta, también de plástico, y al igual que con el resto, se ha recubierto de poliespán. Se ha colocado una varilla roscada en el exterior de la puerta que hace la función de bisagras para abrir y cerrar la puerta. La caja posee un asa para facilitar el transporte del refrigerador. Finalmente se ha recubierto la caja con cinta americana para darle más consistencia y un aspecto homogéneo y más estético.

Para el funcionamiento se le ha implementado al montaje una Célula Peltier de 60 W. En esta aplicación se ha colocado la cara caliente de la Célula Peltier unida a un disipador de calor (al disipador que da al exterior) y este disipador se refrigera mediante

un ventilador, que dirigirá el aire del ambiente hacia el disipador de calor. La inserción de un disipador de calor anexo a la cara caliente de la Célula Peltier, con alta conductividad térmica, y a la que se le ha añadido, además, un circuito de convección forzada (un ventilador), garantizará que la cara caliente se mantenga constante y próxima a la temperatura ambiente. Por lo que, dicho montaje sin duda tendrá una gran capacidad de refrigeración.

En la parte interna del refrigerador, la cara fría de la Célula Peltier está unida con una pieza de aluminio maciza, y esta pieza a un disipador de aluminio para facilitar el enfriamiento en el interior (absorción de calor del interior y transmisión al exterior). Esto está recubierto por el poliespán, lo que hace que se aislé mejor. En el interior, se colocó un ventilador que forzará también la convección en el interior para que se encuentre fresco homogéneamente, y además impedir que se forme escarcha en el disipador, como ocurría antes de su colocación debido a las bajas temperaturas que produce la célula Peltier.



**Figura 3.** Circuito eléctrico.

## REFERENCIAS

- [1] <https://www.biografiasyvidas.com/biografia/p/peltier.htm>
- [2] <https://nationalmaglab.org/education/magnet-academy/history-of-electricity-magnetism/pioneers/jean-charles-athanase-peltier>
- [3] <https://es.slideshare.net/juanmanuelcardenasvelez54/celdas-peltier>
- [4] [http://www.mcnbiogra\\_as.com/app-bio/do/show?key=peltier-jean-charles-atanase](http://www.mcnbiogra_as.com/app-bio/do/show?key=peltier-jean-charles-atanase)

## Obtención experimental de los parámetros que caracterizan el proceso de desorción de hielo de metanol en condiciones astrofísicas (energía de desorción, orden del proceso y factor de frecuencia) para su uso posterior en simulaciones

R. Luna, C. Millán, M. Domingo, C. Santonja, M.Á. Satorre  
 Centro de Tecnologías Físicas, Universitat Politècnica de València,  
 46022, València, Spain  
 e-mail: ralunam@fis.upv.es

### RESUMEN

En este trabajo presentamos el estudio experimental llevado a cabo con hielo de metanol y agua realizado en condiciones similares a las presentes en algunos entornos astrofísicos. De este modo podremos comprender, modelar e incluso predecir algunos de los fenómenos físicos que ocurren en estos escenarios.

### INTRODUCCIÓN

El metanol y el agua son dos de las especies más abundantes [1] en la materia presente en entornos astrofísicos que se encuentren a bajas temperaturas ( $< 100$  K). La formación de estas moléculas tiene lugar en la superficie sólida de los granos de polvo interestelares que actúan como catalizadores del proceso ya que multiplican por varios órdenes de magnitud la posibilidad de choque entre los átomos que van a formar las moléculas. La molécula de agua se forma antes que la de metanol y cabría esperar encontrarlas en capas diferenciadas. Sin embargo, el procesamiento energético de la mezcla (fotones, temperatura, choques entre granos, etc.), puede llevar a una sublimación y posterior condensación de dicha mezcla, en cuyo caso quedarían formando una mezcla de hielos cuyo componente mayoritario sería el agua.

Para poder modelar este comportamiento, es necesario conocer previamente cómo actúa cada hielo por separado. En este trabajo nos vamos a centrar en el estudio del efecto del procesamiento térmico para cada una de las moléculas.

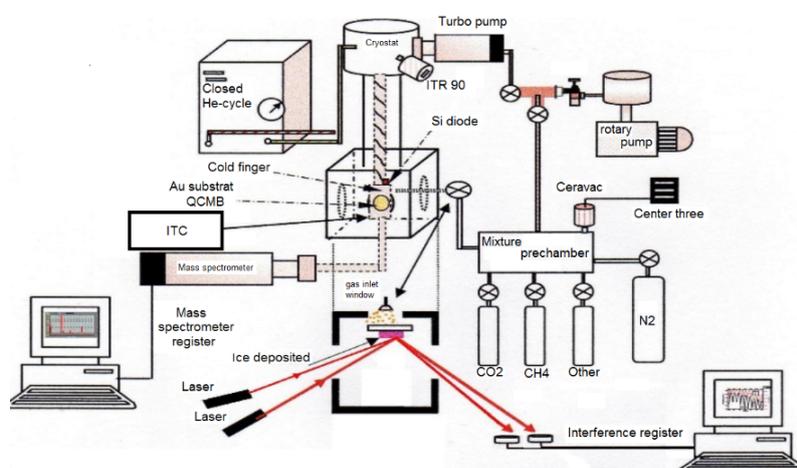
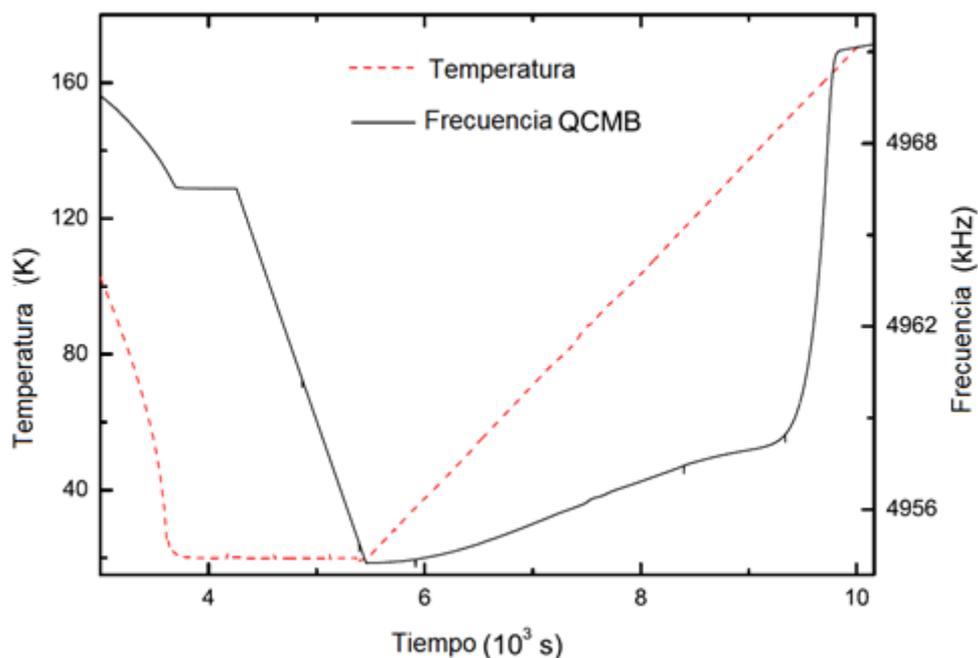


Figura 1. Esquema del montaje experimental de nuestro laboratorio.

## DISPOSITIVO EXPERIMENTAL

El sistema experimental (Figura 1) usado en este trabajo está formado principalmente por: una cámara de alto vacío (alrededor de  $10^{-8}$  mbar); un criostato junto a un controlador de temperatura (12 a 200 K); una precámara de mezcla de gases; una microbalanza de cuarzo (QCMB); un sistema de doble láser ( $\lambda = 632.8$  nm) con dos fotodiodos receptores de la señal y un espectrómetro de masas de cuadrupolo (operativo para presiones  $< 10^{-4}$  mbar).



**Figura 2.** Registro de datos obtenidos durante el experimento de depósito y desorción del metanol. La línea continua representa la frecuencia de vibración obtenida de la microbalanza de cuarzo (QCMB). La línea discontinua representa el valor de la temperatura a lo largo de dicho experimento.

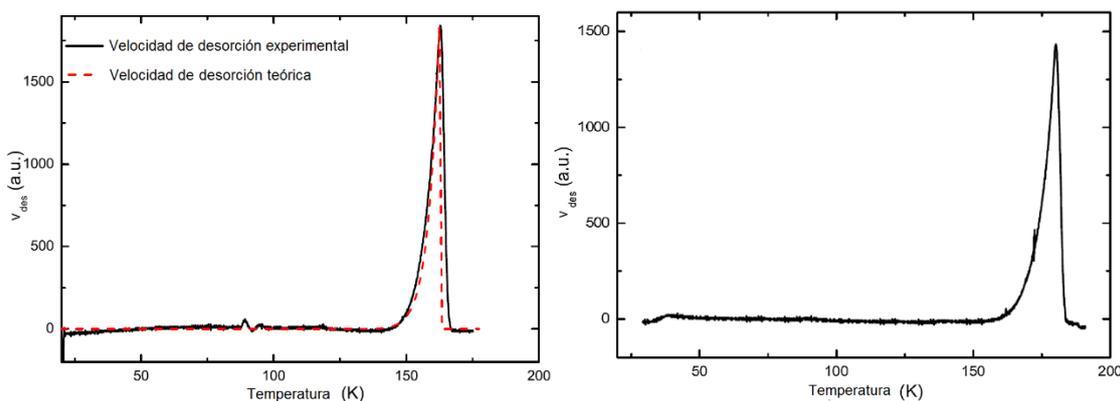
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para modelizar la desorción de un hielo, se utiliza la ecuación de Polanyi-Wigner [2]:

$$v_{\text{des}} = -dN/dt = A_i N^i \exp(-E_{\text{des}}/RT) \quad \text{Eq. (1)}$$

Donde  $v_{\text{des}}$  representa la velocidad de desorción,  $N$  el número de moléculas,  $t$  el tiempo,  $A$  el factor de frecuencia,  $i$  el orden de la reacción,  $E_{\text{des}}$  la energía de desorción,  $R$  la constante de los gases ideales y  $T$  la temperatura absoluta. Para poder estudiar el proceso global de la desorción de la mezcla de metanol y agua, es necesario obtener para cada especie los parámetros  $E_{\text{des}}$ ,  $A$  e  $i$  presentes en Eq. (1). Con este fin, en primer lugar, para cada uno de los hielos se ha llevado a cabo un experimento de desorción usando un aumento de temperatura a velocidad constante (1 K/min). En la Figura 2 está representado dicho proceso para el caso del metanol. La línea continua representa la variación de la frecuencia de la QCMB con la temperatura. El intervalo comprendido entre los instantes 4500 y 5500 s sería el correspondiente al depósito del hielo (en este caso se realiza a unos 20 K, como puede observarse de la línea discontinua de la Figura 2). A partir del instante 5500 s se provoca la desorción del hielo

umentando la temperatura a una tasa de 1 K/min. Obteniendo la derivada de la señal registrada a partir del instante 5500 s, se calcula la velocidad de desorción del hielo [3]. La Figura 3 recoge dicha velocidad tanto para el caso del hielo de metanol (izquierda) como para el del agua (derecha). El análisis de dicha gráfica nos sirve para obtener el valor de la energía de desorción para cada uno de los hielos y para comprobar que el proceso de desorción obtenido en nuestro laboratorio es de orden cero a partir de la comparación (Figura 3 izquierda) del perfil de la desorción experimental (línea continua) y la desorción que se obtendría teóricamente (línea discontinua) para el caso del metanol en un proceso de orden 0. Analizando los datos obtenidos en esta gráfica también se determina el valor de la energía de desorción.



**Figura 3.** Izquierda: Comparación entre la variación de la velocidad de desorción obtenida en el laboratorio para el hielo de metanol (línea continua) y la simulación (línea discontinua) de la desorción del metanol asumiendo un proceso de orden 0. Derecha: variación de la velocidad de desorción con la temperatura para el hielo de agua.

El siguiente paso, es la determinación del parámetro  $A_0$ . Para ello se requiere de un conjunto de experimentos adicionales. Ello es debido fundamentalmente a que dicho parámetro varía con la temperatura. Por lo tanto, para obtener una expresión que represente dicha variación, se ha diseñado un experimento adicional en el que la desorción se realiza a temperatura constante. El experimento se repite con cuatro temperaturas distintas. Dichas temperaturas deben de ser seleccionadas cuidadosamente ya que, si la temperatura es demasiado baja, la desorción no podría ser realizada en un tiempo medible en el laboratorio, pero si la temperatura es demasiado elevada, el proceso de desorción sería tan rápido que no se podrán registrar suficientes datos como para poder obtener el valor buscado con suficiente precisión.

Los valores de los parámetros obtenidos en este trabajo para ambos hielos tras los dos tipos de experimentos están recogidos en la Tabla 1. Estos valores permitirán simular la desorción de una mezcla de metanol y agua formada por capas o bien codepositadas. De este modo es posible entender mejor algunas observaciones realizadas en los entornos donde se encuentra dicha mezcla o incluso predecir ciertos comportamientos extrapolando la velocidad de calentamiento de la mezcla en el laboratorio en el laboratorio (1 K/min) a la que está presente en los entornos astrofísicos (1 K/centuria).

**Tabla 1.** Valores obtenidos experimentalmente de los parámetros estudiados.

Molécula	Parámetro	Valor	Unidades
Metanol	$E_{des0}$	46.2	kJ / mol

	$i$	0	
	$A_0$	$9.7 \times 10^{+29}T - 1.26 \times 10^{+32}$	Molécula / (cm <sup>2</sup> s)
Agua	$E_{des_0}$	47.0	kJ / mol
	$i$	0	
	$A_0$	$9.1 \times 10^{29}$	molécula / (cm <sup>2</sup> s)

## CONCLUSIONES

El estudio del proceso de desorción de una mezcla binaria de hielos presentes en algunos entornos astrofísicos (agua y metanol en este caso) precisa de la obtención de los parámetros presentes en la ecuación de Polanyi-Wigner para cada uno de los hielos. Para obtener dichos parámetros es necesario diseñar dos tipos de experimentos diferentes en el laboratorio. Un primer experimento consiste en la desorción del hielo sometido a un incremento de temperatura constante que servirá para obtener el valor de la energía de desorción y el valor del orden del proceso. Un segundo experimento se realizará mediante una desorción a temperatura constante (para un grupo de temperaturas seleccionadas) y nos proporcionará el valor del factor de frecuencia. Una vez conocidos todos estos parámetros, ya es posible estudiar la desorción conjunta de ambos hielos tanto si han sido codepositados como si están presentes por capas.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha recibido la ayuda del Ministerio de Economía y Competitividad FIS 2013-48087-C2-2-P y FIS2016-77726-C3-3-P. Queremos agradecer al Departamento de Ingeniería Textil y Papelera de la Escuela Politécnica Superior de Alcoy por proporcionarnos agua ultra pura.

## REFERENCIAS

- [1] Sandford S.A., Allamandola L.J., *Astrophysical Journal*, 417, 815-825 (1993).
- [2] Polanyi M., Wigner E., *Bildung und Zerfall von Molekülen*, *Z. Phys.*, 33, 429-434 (1925).
- [3] Luna R., Millán C., Santonja C., Satorre M.Á., *Vacuum*, 83, 942-948 (2009).

## Cuestiones abiertas en decisión multicriterio: un estudio en torno a Enrique Ballester

F. Salas-Molina<sup>(1)</sup>, D. Pla-Santamaria<sup>(2)</sup>, A. García-Bernabeu<sup>(2)</sup>, F. Mayor-Vitoria<sup>(2)</sup>

(1) *Universitat de València, Av. Tarongers, s/n, 46022, València*  
e-mail: francisco.salas-molina@uv.es

(2) *Universitat Politècnica de València, Ferrándiz y Carbonell, 03801, Alcoi*

### RESUMEN

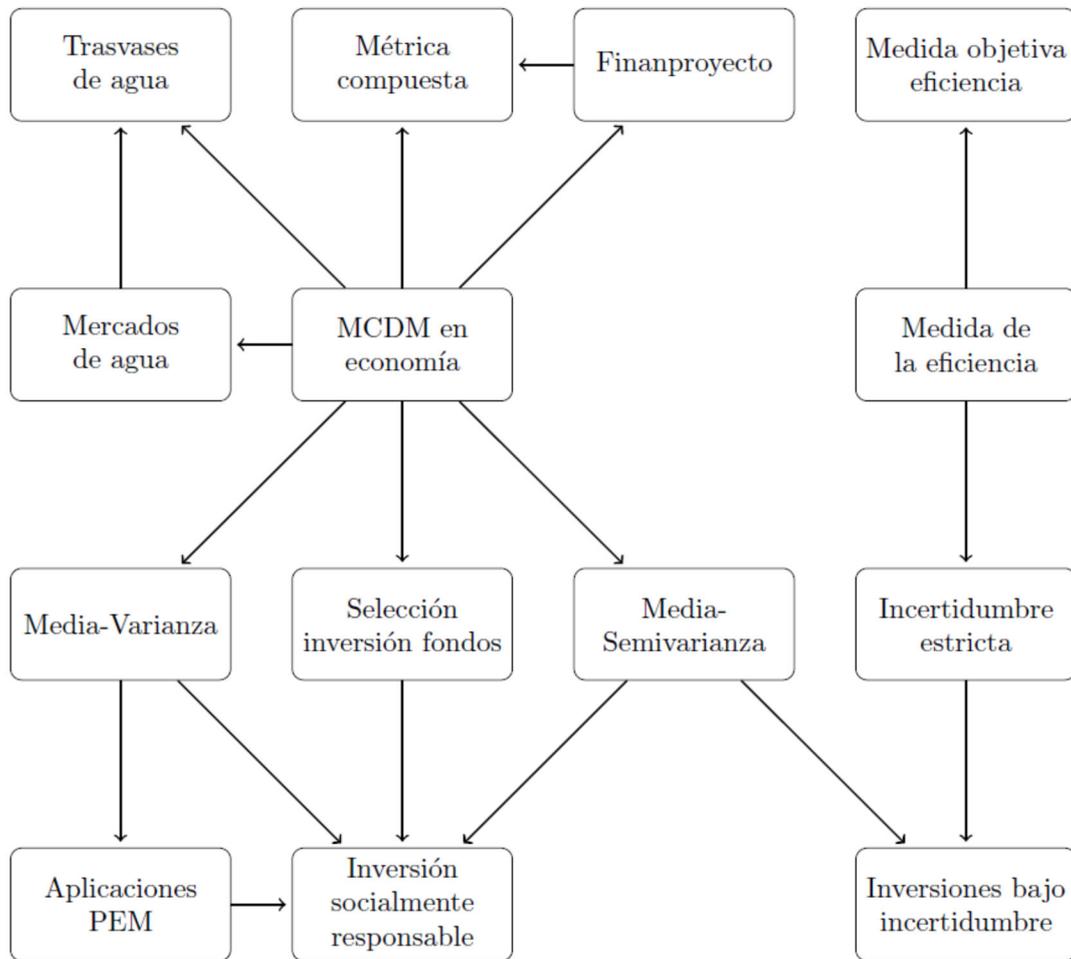
A partir de las contribuciones científicas más recientes de Enrique Ballester, proponemos una serie de cuestiones abiertas en decisión multicriterio. Analizamos tanto las técnicas utilizadas como sus áreas de aplicación. Como criterio de selección nos basamos en la relevancia científica a partir del número de citas de cada trabajo. De las cuestiones planteadas, destacamos la generalización del problema de selección de inversiones, la conexión del multicriterio con otras áreas de investigación como los sistemas multiagente, y la inversión socialmente responsable como cuestiones que merecen la atención de la comunidad investigadora.

### INTRODUCCIÓN

Atendiendo a criterios lógicos de acotación, en este trabajo pretendemos realizar un análisis de las contribuciones científicas más recientes y relevantes de Enrique Ballester en el área de la teoría de decisión multicriterio. El objetivo final será plantear cuestiones de interés en este ámbito que puedan dar pie a nuevas contribuciones científicas. Como punto de partida temporal, tomamos el libro *Multiple criteria decision making and its application to economic problems* [1], escrito junto a Carlos Romero en 1998. Se trata de la obra de Enrique Ballester más citada y coincide aproximadamente con su llegada a la Escuela Politécnica Superior de Alcoy y a la Universidad Politécnica de Valencia. Analizaremos los principales resultados, así como las técnicas empleadas como la programación compromiso (PC) o la programación por metas (PM) y sus áreas de aplicación. El criterio de selección de los trabajos es la relevancia científica evaluada en función del número de citas. Como conclusión de este análisis, plantharemos una serie de cuestiones de investigación que puedan resultar de interés para los investigadores actuales en decisión multicriterio.

### ANÁLISIS DE LAS CONTRIBUCIONES CIENTÍFICAS DE BALLESTERO

Los autores motivan la necesidad de **MCDM en economía** [1] por la poca presencia que la investigación operativa en general, y las técnicas de decisión multicriterio en particular, tenían en la literatura económica de la época. Su principal objetivo es reforzar el análisis económico mediante técnicas multicriterio pero, al tiempo, advierten que los especialistas en decisión multicriterio pueden verse beneficiados del pensamiento económico tradicional donde la evaluación de un único objetivo ha prevalecido durante años. En él se recogen los fundamentos básicos de la teoría de la decisión basada en múltiples criterios prestando especial atención a la PC y a la PM. Este trabajo desempeña un papel central en el desarrollo de trabajos posteriores tal como se muestra en la Figura 1.



**Figura 1.** Mapa de contribuciones más relevantes de Enrique Ballesterero desde 1999.

En **Medida de la eficiencia** [2] y **Medida objetiva de la eficiencia** [3] se identifica una limitación importante del DEA (*Data Envelopment Analysis*) ya que esta técnica no proporciona una clasificación completa (un ranking) de eficiencia sino solamente un criterio para distinguir entre actividades eficientes y las que no lo son. Por este motivo, se propone un sistema de precios común donde la palabra precios debe entenderse como sinónimo de pesos. El modelo multicriterio de clasificación propuesto coincide con el DEA en el caso particular de una entrada y una salida pero que supone una generalización al permitir considerar múltiples entradas y salidas.

**Incertidumbre estricta** [4] puede parecer alejado de las técnicas habituales de la decisión multicriterio. Sin embargo, este método de decisión se aplicará después en **Selección de inversiones bajo incertidumbre estricta** [5]. Incertidumbre estricta significa que la información disponible para el decisor está limitada a una serie de estados de la naturaleza y al resultado de elegir una alternativa cuando ocurre alguno de esos estados. Sin embargo, se asume que el decisor desconoce la probabilidad de ocurrencia de cada estado. Se propone un ranking (un sistema de clasificación) en el que un peso (y solo uno) se asocia a cada estado de la naturaleza bajo dominancia convexa.

Atendiendo al número de trabajos, el problema de selección de inversiones es el área de aplicación a la que el profesor Ballestero dedicó sus mayores esfuerzos. Seis de los catorce trabajos analizados en este trabajo están centrados la selección de inversiones. **Métrica compuesta** [6] establece una primera conexión entre funciones de utilidad aditivas y la PC. La extensión inmediata que se plantea en las conclusiones es el estudio de una posible conexión no aditiva o no lineal. Por otro lado, la PC se vincula con frecuencia a un solo decisor que considera dos o más objetivos. Sin embargo, **Finanproyecto** [7] propone la utilización de la PC como una herramienta de negociación entre dos agentes con objetivos que entran en conflicto. Otro trabajo basado en la PC es **Selección de inversiones para fondos** [8]. En este caso, los autores se plantean el problema de determinar la mejor cartera para fondos de inversión en los que el gestor decide considerar las preferencias de los partícipes del fondo a través de una encuesta.

La última de las contribuciones basada en PC es **Mercados de agua** [9]. Como nota distintiva, conviene mencionar que en este trabajo se aborda un problema dinámico en el que se consideran diferentes períodos de tiempo con sus correspondientes decisiones. Un trabajo directamente relacionado es **Trasvases de agua** [10], que tiene una conexión estrecha con **Finanproyecto** [7] ya que el problema que se plantea involucra a dos agentes, un donante y un receptor de agua, y un acuerdo compromiso en términos de la cantidad y precio.

En este punto, damos el salto desde la PC a la programación estocástica por metas (PEM) que es la técnica propuesta en el trabajo **Media-varianza** [11]. La PEM se estructura en torno a un conjunto lineal de criterios estocásticos junto con sus respectivas desviaciones positivas y negativas respecto a unos niveles de aspiración fijados por el decisor para cada atributo deseado. El modelo PEM media-varianza resuelve algunas limitaciones del modelo estándar de Markowitz, que se incluye como un caso particular del modelo propuesto. Otra extensión del modelo estándar es el trabajo **Media-semivarianza** [12]. Atendiendo al riesgo, es muy probable que los inversores estén más preocupados en las desviaciones de los retornos por debajo de la media que en las que se producen por encima y por debajo. La solución es utilizar la semi-varianza como medida de riesgo. Ballestero define la semivarianza de una cartera de activos a partir de los coeficientes  $\beta$  de Sharpe.

El trabajo de Enrique Ballestero que más citas por año ha recibido hasta la fecha es **Inversión socialmente responsable** [13] en el que se aborda la selección de carteras de inversión desde una perspectiva de responsabilidad social. De un conjunto amplio de activos disponibles, se extraen dos subconjuntos: uno caracterizado por motivaciones éticas y otro por cuestiones estrictamente financieras. La selección final se realiza utilizando el modelo PEM media-varianza. Finalmente, el trabajo de Enrique Ballestero con mayor contenido práctico es **Aplicaciones de la PEM** [14]. En este artículo, se describen ocho aplicaciones de la PEM y un caso de estudio de la industria textil para la selección de fibras textiles que componen un hilo.

## CONCLUSIONES

Las conclusiones extraídas del análisis realizado se formalizan a continuación como 14 cuestiones de investigación abiertas que merecen la atención de la comunidad investigadora. 1) En un sistema multicriterio de clasificación de actividades con múltiples entradas y salidas, ¿hay un único sistema de pesos para el que el margen entre la salida agregada y la entrada agregada es mayor o igual que cero? 2) En un modelo de decisión

bajo incertidumbre estricta, ¿cómo pueden considerarse múltiples criterios? 3) ¿Cómo podría adaptarse un modelo de decisión bajo incertidumbre estricta para incluir medidas de eficiencia en forma de intervalo o de tipo difuso? 4) ¿Existe un argumento de peso a favor de la mejor métrica de la función de distancias utilizada habitualmente en programación compromiso? 5) ¿Es posible definir una función de utilidad más general (no aditiva o no lineal) en programación compromiso? 6) ¿Qué conexión puede establecerse entre la decisión multicriterio y los sistemas multiagente? 7) ¿Qué ventajas aportarían las técnicas multicriterio sobre los enfoques habituales de teoría de juegos? 8) ¿Qué métodos basados en datos pueden utilizarse para mejorar las técnicas de decisión multicriterio? 9) ¿Es razonable plantear una acotación de las soluciones de un problema multicriterio en función de las preferencias sobre los distintos criterios? 10) ¿De qué manera se podría generalizar el problema de selección de carteras de inversión para ajustarlo a la realidad económica? 11) ¿Cómo se puede transformar un modelo media-semivarianza para considerar un umbral determinado distinto al valor medio? 12) ¿Cómo puede extenderse el planteamiento media-semivarianza mediante modelos de factores lineales? 13) ¿Qué modelo de inversión socialmente responsable puede incluir el grado de compromiso ético de los activos desde una perspectiva multicriterio? 14) ¿Qué otros problemas pueden resolverse mediante la decisión multicriterio?

De todas las cuestiones planteadas, destacamos la generalización del problema de selección de inversiones, la conexión del multicriterio con otras áreas de investigación como los sistemas multiagente o la inteligencia artificial, y la inversión socialmente responsable como cuestiones que merecen especial atención.

## REFERENCIAS

- [1] Ballester, E. and Romero, C., Multiple criteria decision making and its applications to economic problems. Springer Science & Business Media, New York, (1998).
- [2] Ballester, E., European Journal of Operational Research, 115(3): 616–623 (1999).
- [3] Ballester, E. and Maldonado, J. A., Computers & Operations Research, 31(4):515–532 (2004).
- [4] Ballester, E., Decision Sciences, 33(1):87–108 (2002).
- [5] Ballester, E., Günther, M., Pla-Santamaria, D., and Stummer, C., European Journal of Operational Research, 181(3):1476–1487 (2007).
- [6] Ballester, E., European journal of operational research, 182(3):1369–1382 (2007).
- [7] Ballester, E., Journal of the Operational Research Society, 51(2):183–197 (2000).
- [8] Ballester, E. and Pla-Santamaria, D., Omega, 32(5):385–394 (2004).
- [9] Ballester, E., Alarcón, S., and García-Bernabeu, A., Journal of Environmental Management, 65(4):411–429 (2002).
- [10] Ballester, E., Water resources management, 18(1):75–88 (2004).
- [11] Ballester, E., European Journal of Operational Research, 131(3):476–481 (2001).
- [12] Ballester, E., Applied Mathematical Finance, 12(1):1–15 (2005).
- [13] Ballester, E., Bravo, M., Perez-Gladish, B., Arenas-Parra, M., and Pla-Santamaria, D., European Journal of Operational Research, 216(2):487-494 (2012).
- [14] Ballester, E., Information Systems and Operational Research, 43(2):63–77 (2005).

## Big Data y Modelos de Decisión Multicriterio en el sector financiero: una aplicación a la venta de seguros de viajes

F. Mayor-Vitoria<sup>(1)</sup>, A. García Bernabeu<sup>(1)</sup>, D. Pla-Santamaria<sup>(1)</sup>, F. Salas Molina<sup>(2)</sup>

(1) *Departamento de Economía y Ciencias Sociales, Universitat Politècnica de València, Plaza Ferrándiz y Carbonell s/n, Alcoi, (Alicante).*

e-mail: [fermavi@upv.es](mailto:fermavi@upv.es), e-mail: [angarber@upv.es](mailto:angarber@upv.es), e-mail: [daplasan@upv.es](mailto:daplasan@upv.es)

(2) *Universitat de València, Av. Tarogners, s/n, 46022, València e-mail: [francisco.salas-molina@uv.es](mailto:francisco.salas-molina@uv.es)*

### RESUMEN

El estallido de la burbuja inmobiliaria y la crisis financiera en España provocaron que los bancos tuviesen que cambiar drásticamente su modelo de negocio y a buscar nuevas fuentes de ingresos para reemplazar el riesgo de productos tales como las denominadas hipotecas subprime. Además, las recientes sentencias judiciales demuestran que muchos de las condiciones de estos préstamos no eran apropiadas para sus clientes. En este contexto, los bancos han encontrado en la venta de servicios tales como los seguros de viaje, una fuente de ingresos rentable y libre de riesgo. Pero vender seguros personales a los clientes nunca ha sido una tarea fácil y una de las principales razones es que la información no se analiza de manera efectiva antes de comenzar el proceso de venta. Por lo tanto, el análisis de Big Data y los métodos de toma de decisiones multicriterio (MCDM) aparecen como herramientas potentes para tratar la información generada por la actividad de los clientes potenciales antes de ofrecerles un seguro de viaje personalizado.

### INTRODUCCIÓN

El análisis de la información resulta muy importante para los responsables de la toma de decisiones de cualquier tipo de empresa o institución pública. De hecho, la forma en que se obtiene, almacena y administra la información siempre ha sido importante, pero la particularidad hoy en día es la gran cantidad de información que se obtiene en cada instante y la rapidez con que se genera.

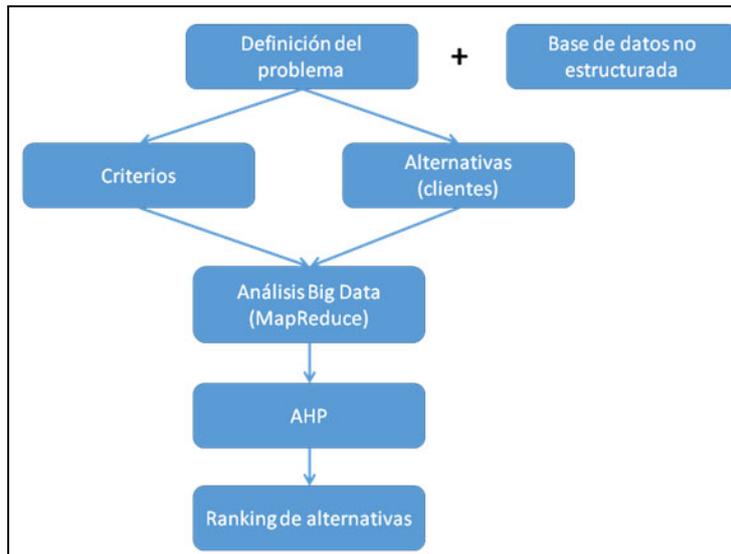
La gestión de cantidades masivas de información se resolvió previamente mediante la implementación de bases de datos relacionales, en las que los datos se estructuran y luego se guardan en tablas. En este caso, los datos se almacenan para usarlos y procesarlos de acuerdo con un propósito específico. Sin embargo, debido a los bajos precios de los sistemas de almacenamiento en la actualidad, la tendencia es que algunos datos que actualmente no son relevantes, también se guardan porque tal vez podrían ser útiles en el futuro [1]. Por lo tanto, los nuevos retos están relacionados con, conseguir en un reducido intervalo de tiempo, almacenar y administrar esos enormes volúmenes de datos que son complejos y/o no están estructurados.

En el ámbito financiero, también se almacenan cantidades importantes de datos cada vez que los clientes de un determinado banco realizan transacciones con sus tarjetas. Los pagos con tarjeta de crédito o débito generan grandes cantidades de datos no estructurados que, si se analizan adecuadamente, pueden proporcionar información relevante para el banco emisor de las tarjetas. Dicha información está relacionada con el estilo de vida de sus clientes y, por lo tanto, es fundamental para determinar a qué clientes se debe contactar prioritariamente.

## MÉTODOS EXPERIMENTALES

La metodología de trabajo, ver Figura 1, se divide en cinco etapas principales:

- 1) Definición del problema a partir de una base de datos no estructurados.
- 2) Definición de criterios y alternativas
- 3) Valoración de los criterios y de las alternativas utilizando el protocolo MapReduce.
- 4) Análisis de resultados mediante AHP.
- 5) Creación del ranking de clientes (alternativas)



**Figura 3.** Metodología de trabajo

El problema principal es la necesidad de buscar un nuevo modelo de negocio basado en la venta de seguros de viaje personalizados. Pero el inconveniente es la falta de recursos (tiempo). Para optimizar el tiempo y en consecuencia la eficiencia de los agentes de venta es básico conocer a los clientes y sus hábitos de consumo.

En base a la información proporcionada por las oficinas de banca personal, se ha seleccionado una serie de cuatro criterios, los cuales implican una serie de restricciones, para determinar qué clientes de la base de datos son considerados como viajeros frecuentes.

A partir del análisis Big Data [2] y mediante la aplicación del protocolo MapReduce [3], estos criterios son identificados y valorados cuantitativamente y de forma exacta para cada una de las alternativas. Básicamente se valoran a los clientes (alternativas) en función de que realicen compras relacionadas con la compra de billetes de avión, billetes de tren y reservas de hoteles. Pero también aquellos que viajan en coche frecuentemente, pagan con tarjeta de débito y compra fuera de España.

Posteriormente, estos datos son introducidos en el sistema basado en la metodología AHP (Analytic Hierarchy Process) [4] el cual gracias al trabajo previo realizado en el análisis Big Data es capaz de procesar un elevado número de alternativas [5]. Por un lado, el sistema tiene en cuenta la matriz comparativa de los cuatro criterios de acuerdo a las preferencias de los directores del banco. Posteriormente, se calculan cuatro matrices más para comparar las alternativas con respecto a cada criterio. La clave es que, gracias al análisis Big Data previo, a pesar de gran número de alternativas, la

comparación se realiza del mismo modo que lo haría un humano y de esa forma se respeta la subjetividad del método AHP pero utilizando datos precisos y en un intervalo corto de tiempo.

Finalmente el problema es reducido al cálculo de los vectores agregados y el sistema devuelve un ranking con la clasificación de los clientes para saber cuáles de ellos deben ser contactados en primer lugar.

## CASO ESTUDIO Y RESULTADOS

Se ha realizado un caso estudio sobre un millón de transacciones realizadas por 3.000 clientes distintos de un banco para ilustrar lo comentado anteriormente. A continuación se describen y justifican los criterios seleccionados: a) concepto de compra (viaje); b) transporte por carretera; c) tipo de tarjeta y d) país de compra.

- Concepto de compra (viaje): Este primer criterio contiene la suma del número de veces que un cliente ha comprado un billete de avión, de tren o ha pagado en un hotel. Cuanto mayor sea este valor, más viajero frecuente es considerado el cliente.
- Transporte por carretera: Este segundo criterio indica la suma del número de veces que un cliente ha pagado un taxi, uber o en una estación de servicio. Un valor elevado con respecto a los demás indica que el cliente pasa mucho tiempo en la carretera y por lo tanto tiene mayor riesgo de sufrir un accidente.
- Tipo de tarjeta: Un valor elevado en este criterio indica que el cliente paga con tarjeta de débito. Es importante esta información porque aquellos que no pagan con tarjeta de crédito no están cubiertos con un seguro de viaje completo.
- País de compra: El último criterio indica el número de compras que los clientes realizan fuera de España. Por lo tanto, aquellos con un número elevado también se consideran viajeros más frecuentes que el resto.

Los datos no estructurados son introducidos en el sistema Big Data el cual aplica el protocolo MapReduce, que está compuesto por dos partes: el 'Mapper' y el 'Reducer'. En general, el 'Mapper' procesa la información desestructurada para que el 'Reducer' pueda reportar resultados útiles que permitan obtener información relevante. El 'Mapper' busca entre los datos y crea grupos a partir de un 'Key' determinado. Por lo tanto, lo que hace el 'Mapper' consiste en buscar entre los distintos 'Key', en este caso el nombre del cliente, y agruparlos para que sea fácil obtener 'Values' de ellos. En la Figura 2, se muestran las líneas fundamentales del 'Mapper' para el primer criterio.

```
for line in sys.stdin:
    data = line.strip().split("\t")
    if len(data) == 7:
        date, time, nombre, concepto, cost, payment, country = data
        print "{0}\t{1}".format(nombre, concepto)
```

Figura 2. Código Python del Mapper (criterio 1)

Por otra parte, el 'Reducer' recorre las líneas generadas por el 'Mapper' y las analiza para extraer información exacta para cada criterio. En la Figura 3, se muestran las líneas de código fundamentales para el análisis y valoración del primer criterio.

```

for line in sys.stdin:
    data_mapped = line.strip().split("\t")
    if len(data_mapped) != 2:
        # Something has gone wrong. Skip this line.
        continue

    thisKey, thisItem = data_mapped

    if oldKey and oldKey != thisKey:
        print oldKey, "\t", countviaje
        countviaje = 1

    oldKey = thisKey
    if thisItem == 'Avion' or thisItem == 'Tren' or thisItem == 'Hotel':
        #if thisItem == 'Avion':
            countviaje += 1

if oldKey != None:
    print oldKey, "\t", countviaje

```

Figura 3. Código Python del Reducer (criterio 1)

Después los 'Mappers' y los 'Reducers' para cada uno de los criterios, se aplica el sistema AHP que devuelve la clasificación de clientes que se muestra en la Figura 4. Por tanto, el primer cliente a contactar es el 946.

	C1 - Trip	C2 - Road	C3 - Card	C4 - Country	TOTAL
0946Customer	0,001823687	0,004102874	0,00172917	0,028961351	0,011405662
0907Customer	0,000632708	0,010940998	0,001822638	0,018100844	0,011381321
2672Customer	0,003100267	0,016411497	0,001886367	0,007621408	0,011004299
0100Customer	0,002384821	0,000841615	0,001983459	0,028961351	0,009841819
0939Customer	0,002583556	0,000698362	0,001847606	0,028961351	0,009764345
0933Customer	0,000968834	0,016411497	0,001954714	0,002732203	0,009364038
0006Customer	0,002583556	0,016411497	0,001886367	0,002098649	0,009253103
0059Customer	0,007750668	0,016411497	0,001886367	0,000837033	0,009165046
2923Customer	0,002818425	0,016411497	0,00212402	0,00087233	0,008915695
0029Customer	0,00081586	0,008205748	0,00168594	0,014480676	0,008879462
0109Customer	0,003875334	0,016411497	0,002229343	0,000458249	0,008862725
0981Customer	0,001291778	0,016411497	0,002075004	0,00098508	0,008854352
2038Customer	0,001823687	0,016411497	0,00221107	0,000754202	0,008831455
2040Customer	0,000861185	0,016411497	0,001913124	0,001026998	0,008821012
0020Customer	0,003444741	0,016411497	0,001998152	0,000459704	0,008807793
2946Customer	0,001069058	0,016411497	0,002059164	0,000827467	0,008790045
2878Customer	0,00083791	0,008205748	0,002175407	0,01206723	0,008192265

Figura 4. Ranking final elaborado por AHP

## CONCLUSIONES

La utilización del análisis Big Data permite a métodos como AHP trabajar con un gran número de alternativas de forma subjetiva. Además, la información reportada permite conocer los hábitos de compra de los clientes, lo cual es fundamental conocer hoy en día y está se encuentra en las bases de datos no tradicionales que son complejas de analizar. También es fundamental optimizar los recursos de los bancos a la hora de generar ventas y la combinación de ambas metodologías demuestra un ahorro evidente de carga de trabajo y tiempo. El proceso es mejorable a partir de la mejora del código Python para poder realizar búsquedas más complejas y también a partir de la incorporación de un quinto criterio relacionado con la frecuencia de compra.

## REFERENCIAS

- [1] Menon, Aravind (2012). "Big data@ facebook". In: Proceedings of the 2012 workshop on Management of big data systems. ACM, pp. 31{32 (cit. on p. 2).
- [2] Diebold, Francis X (2012). "On the Origin (s) and Development of the Term Big Data". In: (cit. on p. 3).
- [3] Beyer, Mark A and Douglas Laney (2012). "The importance of big data: a denition". In: Stamford, CT: Gartner, pp. 2014{2018 (cit. on p. 2).
- [4] Saaty, Thomas L (1990). "How to make a decision: the analytic hierarchy process". In: European journal of operational research 48.1, pp. 9{26 (cit. on p. 7).
- [5] Chen, Hsinchun, Roger HL Chiang, and Veda C Storey (2012). "Business intelligence and analytics: From big data to big impact." In: MIS quarterly 36.4 (cit on p.3)

## Estado del arte de parámetros de monitoreo de calidad del agua en Latinoamérica

A. Manriquez<sup>(1)</sup>, R.J. Gutierrez<sup>(1)</sup>, P. A. Alvizuri<sup>(2)</sup>, V.G. Lo Iacono<sup>(2)</sup>, J.I. Torregrosa<sup>(2)</sup>

*(1) Universidad Católica Boliviana "San Pablo"  
Av. 14 de Septiembre N° 4807, esq. calle 2, Obrajes, La Paz. Bolivia  
e-mail: alina.manriquez@gmail.com*

*(2) Departamento de Ingeniería Química y Nuclear,  
Universitat Politècnica de València  
Plaza Ferrándiz y Carbonell s/n, Alcoi, (Alicante)*

### RESUMEN

El crecimiento poblacional y el incremento de actividades industriales tiene serios impactos sobre la calidad de las aguas de consumo. Tener una gestión de recursos hídricos implica disponer de una metodología ordenada para identificar problemas en la calidad del agua en función del uso y las posibles causas de contaminación.

Se han analizado protocolos, guías y normativa vigente de cinco países de Latinoamérica identificando los parámetros más significativos como estudio preliminar para la definición de una metodología propia aplicable al municipio de Batallas en el departamento de La Paz, Bolivia, en la siguiente fase del presente proyecto.

### INTRODUCCIÓN

El mejor sistema para garantizar la seguridad del agua de consumo es una gestión integrada y preventiva en la que colaboren todos los organismos pertinentes [1]. La metodología y procedimientos estandarizados que permitan realizar mediciones y observaciones sistemáticas a la calidad del agua son establecidas como protocolos de monitoreo. Los protocolos de monitoreo tienen por objeto definir un procedimiento estandarizado, minimizar errores y garantizar la generación de datos e información consistente. Una de las características consideradas en protocolos de monitoreo de calidad agua son los parámetros a analizar.

El objetivo de este trabajo es analizar los parámetros considerados en protocolos de monitoreo de calidad de aguas en países de Latinoamérica. Este trabajo forma parte del proyecto cuyo objetivo es definir el protocolo de monitoreo de calidad de agua para el municipio de Batallas, Bolivia.

## REVISIÓN DEL ESTADO DEL ARTE

Se han identificado los protocolos publicados de países de Latinoamérica. Los países que hacen público sus protocolos en este contexto son: Argentina, Chile, Colombia, México y Perú. La tabla 1 recopila los parámetros que define cada protocolo.

**Tabla 1.** Parámetros de análisis de calidad de agua

		Argentina [4]	Chile [5]	Colombia [6]	México [7]	Perú [8]
Actividad económica principal		Agricultura	Minería	Industria petrolera	Agricultura	Agricultura
Ámbito de aplicación		Aguas superficiales	Aguas superficiales	Aguas superficiales y subterráneas	Aguas superficiales	Aguas superficiales
Parámetros						
In situ	pH	✓	✓	✓	✓	✓
	Temperatura	✓	✓	✓	✓	✓
	Conductividad	✓	✓	✓	✓	✓
	Oxígeno Disuelto	✓	✓	✓	✓	-
	Turbidez	✓	-	✓	✓	-
	Salinidad	✓	-	-	✓	-
Físico químicos	Color	-	-	✓	✓	-
	Demanda bioquímica de oxígeno DBO	✓	✓	✓	✓	✓
	Demanda química de oxígeno DQO	-	✓	✓	✓	-
	Aceites y Grasas	-	✓	-	✓	✓
	Sólidos suspendidos totales	✓	-	✓	✓	✓
	Sólidos suspendidos disueltos	✓	-	✓	-	-
	Sólidos sedimentables	-	-	-	✓	-
	Nitrógeno Total	-	-	-	-	✓
	Nitrógeno Amoniacal	-	-	-	-	✓
	Nitritos	✓	✓	✓	✓	-
	Nitratos	✓	✓	✓	✓	-
	Fósforo (P)	✓	-	-	✓	✓
	Arsénico (As)	✓	-	✓	✓	✓
	Bario (Ba)	-	-	✓	✓	✓
	Cadmio (Cd)	✓	-	✓	✓	✓
	Cromo (Cr)	✓	-	✓	✓	-
	Cromo +6	-	-	-	-	✓
	Mercurio (Hg)	-	-	✓	✓	✓
	Niquel (Ni)	-	-	-	✓	✓
	Plomo (Pb)	✓	-	✓	✓	✓
	Zinc (Zn)	✓	-	✓	✓	-
	Amoniaco (NH <sub>3</sub> )	✓	-	✓	-	-
	Cianuro	-	-	✓	✓	-
	Cloruros	-	-	✓	-	-
	Sulfatos	-	-	✓	-	-
	Cobre (Cu)	✓	-	✓	✓	-
Plata (Ag)	-	-	✓	✓	-	
Selenio (Se)	✓	-	✓	✓	-	
Microbiológicos	Coliformes termotolerantes	-	-	-	-	✓
	Coliformes totales	✓	✓	✓	✓	-
	Coliformes fecales	✓	✓	✓	-	-

Los programas y planes de monitoreo de calidad de aguas recurren, en su mayoría, a lineamientos de organizaciones internacionales como: World Health Organization (WHO), la American Public Health (APHA), EU Water Framework Directive (WFD), Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater y otros, mismos que son la base de apoyo para la elaboración de estos protocolos de monitoreo [2, 3]. Sin embargo, los parámetros a medir en las aguas en las que se aplican estos protocolos, no son siempre los mismos.

## DISCUSIÓN

De la Tabla 1 se desprenden los parámetros considerados para la caracterización de agua según los protocolos de cada país. Se observa que parámetros como: pH, temperatura, conductividad eléctrica y demanda bioquímica de oxígeno (DBO) son considerados por los cinco países en estudio.

Chile presenta menos parámetros a comparación de los otros países. Se debe aclarar, que el protocolo de este país recomienda analizar adicionalmente metales sin especificarlos. Cabe destacar que existen normas secundarias de calidad para el monitoreo de aguas continentales, superficiales y marinas, y que probablemente estos documentos mencionan los parámetros específicos. En este caso, el protocolo de monitoreo se entiende como un documento a complementar por la legislación vigente y no como una herramienta integrada para evaluación de calidad.

Colombia, sin embargo, tiene una mayor cantidad de parámetros expuestos porque corresponden a un monitoreo de seguimiento del recurso hídrico superficial y subterráneo. Existiendo variantes si el objetivo del monitoreo es para control y vigilancia o modelamiento de cuerpos de agua.

El análisis de fósforo contemplado en Argentina, México y Perú podría vincularse a la elevada actividad agrícola en estas regiones cuya incidencia repercutiría en los usos del recurso. Por otra parte, los nitritos y nitratos probablemente son valorados considerados por sus aportes en la agricultura; aunque también es otro indicador de aguas de descargas que normalmente ocurren en poblaciones densas.

Entre las particularidades de los protocolos se destaca:

- El monitoreo de sólidos sedimentables solo se realiza en México, aunque no se identifica la razón por la que se incluye este parámetro.
- Los parámetros: cromo VI, nitrógeno total, nitrógeno amoniacal y coliformes termotolerantes solo son monitoreados en Perú.
- Argentina contempla medir concentraciones de fósforo soluble, clorofila, bromo y cobalto; parámetros no considerados por otros países.

## CONCLUSIONES

Aparentemente, los parámetros que se consideran para monitoreo de calidad de agua dependen de: el objetivo de muestreo, del uso de recursos hídricos y de las actividades cercanas que se desarrollan a las fuentes de agua.

En un próximo trabajo se evaluarán otras variables identificadas en protocolos de monitoreo de calidad del agua, como los criterios para determinar el lugar, tiempo, frecuencia y técnica de muestreo. El conjunto de este análisis con los resultados obtenidos en el presente trabajo aportará una base sólida a la propuesta de un protocolo de monitoreo para el municipio de Batallas (Bolivia).

## REFERENCIAS

- [1] World Health Organization. Guidelines for Drinking-Water Quality. 16 (2001).
- [2] World Health Organization. Water Quality Monitoring. (1996).
- [3] American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. (2013).
- [4] Ministerio de Ecología y Recursos Naturales Renovables de la Provincia de Misiones y la Fundación Bosques Nativos Argentinos para la Biodiversidad. Plan Estandarizado de Muestreos de Calidad de Agua Superficial. 6-50, (2014).
- [5] Departamento de Asuntos Hídricos División de Política y Regulación Ambiental Ministerio del Medio Ambiente de Chile. Guía Técnica para la elaboración e implementación de Programas de Vigilancia de Normas Ambientales de Calidad del Agua.4-29 (2011).
- [6] Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). Guía para el Monitoreo de Vertimientos de Aguas superficiales y Subterráneas 9-159, (2007). Colombia
- [7] Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Secretaría de Salubridad y Asistencia, Comisión Federal de Electricidad, Laboratorios Nacionales de Fomento Industrial. Norma Mexicana NMX-AA-14-1980, 1-4, Cuerpos Receptores - Muestreo .1-3 (1980).
- [8] Autoridad Nacional del Agua de Perú (ANA). Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales. 12-86, (2016).

## Finanzas sostenibles, mas allá de la rentabilidad: una aproximación desde el análisis multicriterio

A. García Bernabeu<sup>(1)</sup>, J. Reig-Mullor<sup>(2)</sup>, D. Pla-Santamaria<sup>(1)</sup>,  
F. Salas Molina<sup>(3)</sup>

(1) *Departamento de Economía y Ciencias Sociales, Universitat Politècnica de València*  
Plaza Ferrándiz y Carbonell s/n, Alcoi, (Alicante)  
e-mail: [angarber@upv.es](mailto:angarber@upv.es)

(2) *Departamento de Finanzas, Universidad Miguel Hernandez*  
e-mail: [Javier.reig@umh.es](mailto:Javier.reig@umh.es)

(3) *Universitat de València, Av. Tarogners, s/n, 46022, València*  
e-mail: [francisco.salas-molina@uv.es](mailto:francisco.salas-molina@uv.es)

### RESUMEN

En los últimos treinta años, existe un interés creciente por incorporar los criterios de sostenibilidad en la actividad económica para conseguir un crecimiento económico que sea compatible con los límites del planeta. El sector financiero ha sido pionero en la incorporación de los criterios extra-financieros o criterios ASG medioambientales, sociales y de buen gobierno para conectar las finanzas con las necesidades reales de la economía en beneficio del planeta y de la sociedad. En este trabajo se presenta cómo los modelos de decisión multicriterio son de gran utilidad para la toma de decisiones en finanzas ya que permiten incluir además de los tradicionales criterios financieros de rentabilidad y riesgo, criterios de sostenibilidad o criterios ASG. Como ejemplo, se propone un modelo multicriterio para definir un indicador sintético ASG que pueda ser tomado como el tercer criterio o criterio de sostenibilidad en las decisiones de inversión-financiación.

### INTRODUCCIÓN

Actualmente, tanto el sector público como el sector privado son conscientes de la necesidad de cambiar de una economía basada en combustibles fósiles a una economía fundamentada en criterios de sostenibilidad. Sólo en la UE se necesitan alrededor de 180.000 millones de euros anuales para alcanzar los objetivos de sostenibilidad climática, ambiental y social incluidos el Acuerdo de París y en los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas. La limitada capacidad del sector público para cubrir esta demanda pone en relieve el papel fundamental que la financiación privada a través de bancos, fondos de inversión y aseguradoras tiene para conseguir este reto. La Unión Europea se ha comprometido en reorientar su sistema financiero hacia un modelo mas sostenible trazando una hoja de ruta a través de dos iniciativas: el Plan de Acción de la Comisión Europea (PACE) para financiar el crecimiento sostenible y la Red de Bancos Centrales y Supervisores para una Economía más Respetuosa con el Medio Ambiente (NGFS en inglés).

Esta nueva tendencia “sostenible” en finanzas ha derivado en el desarrollo de un catálogo de productos de ahorro-inversión “verdes” o “ecos” que añade a los tradicionales criterios de rentabilidad y riesgo el componente de sostenibilidad. Algunos

ejemplos de estos productos son: créditos que apoyan proyectos respetuosos con el medioambiente, opciones de inversión enfocadas en compañías con bajo impacto ambiental, hipotecas que permiten financiar mejoras en la eficiencia energética del hogar, préstamos con tasas de interés reducidas para la adquisición de vehículos híbridos o eléctricos o microcréditos para la compra de electrodomésticos clase A+ o superior. Por otra parte, los inversores son cada vez más sensibles a causas relacionadas con el medio ambiente y el bienestar social y esto se refleja en el crecimiento de la Inversión Socialmente Responsable (ISR) que busca además de maximizar la rentabilidad para un nivel de riesgo coherente con su perfil inversor incluir criterios éticos [1].

El objetivo de este trabajo es presentar un modelo de decisión multicriterio basado en la metodología Fuzzy TOPSIS (*Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution*) propuesto por [2]. para obtener un indicador sintético de sostenibilidad que permita tener en cuenta el componente “ético” en las decisiones de inversión financiación. Por último, se presenta un caso práctico de aplicación a empresas a partir de la información sobre los criterios ASG proporcionada por Thomson Reuters Eikon.

### Modelos multicriterio y finanzas sostenibles

La preocupación por el desarrollo sostenible a escala global ha permitido avanzar en la agenda sostenible y ha fomentado el desarrollo tanto de indicadores ambientales como de desarrollo sostenible (IA/IDS). Tanto desde el ámbito académico como institucional se han propuesto una gran variedad de indicadores ambientales o de desarrollo sostenible sin existir un consenso sobre la metodología o los componentes de los indicadores. Sin embargo, sí que existe unanimidad en reconocer el carácter multidimensional de la sostenibilidad siendo este el principal motivo por el que el uso de métodos de decisión multicriterio en la construcción de indicadores sintéticos de sostenibilidad ha aumentado de forma exponencial en los últimos años [3].

### Metodología Fuzzy TOPSIS

Teniendo en cuenta el carácter impreciso de la información sobre el comportamiento ASG que proporcionan las agencias de rating se propone utilizar un modelo de decisión multicriterio basado en números difusos que se denomina Fuzzy TOPSIS [4]. Este método es una generalización de la metodología TOPSIS en contexto borroso o difuso y que se puede desarrollar en los siguientes pasos:

Paso 1. Obtener el número borroso trapezoidal  $\tilde{V}_{ij} = (v_{ij}^1, v_{ij}^2, v_{ij}^3, v_{ij}^4)$  para cada criterio ASG de acuerdo con [5]:

$$v_{ij}^1 = \min_{t=1..T} (v_{ijt}^L) \quad v_{ij}^2 = \frac{1}{T} (\sum_{t=1}^T v_{ijt}^L) \quad v_{ij}^3 = \frac{1}{T} (\sum_{t=1}^T v_{ijt}^U) \quad v_{ij}^4 = \max_{t=1..T} (v_{ijt}^U) \quad (1)$$

$i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, J; t = 1, \dots, T$  donde T es el número de periodos considerados y  $[v_{ijt}^L, v_{ijt}^U]$  es el intervalo de valores de la empresa  $i$  para el criterio  $j$  en el periodo  $t$ .

Paso 2: Construir la matriz de decisión borrosa normalizada y ponderada  $[\tilde{R}_{nxJ}]$

$$\tilde{R}_{ij} = \tilde{W}_j \otimes \tilde{V}_{ij}, \quad i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, J \quad (2)$$

Paso 3: Calcular la solución ideal negativa  $\tilde{R}^-$ , y la solución ideal positiva  $\tilde{R}^+$ ,

$$\tilde{R}_j^- = \text{Min}_{1 \leq i \leq n} \{ \tilde{R}_{ij}^- \} = \left( \text{Min}_{1 \leq i \leq n} \{ r_j^1 \}, \text{Min}_{1 \leq i \leq n} \{ r_j^2 \}, \text{Min}_{1 \leq i \leq n} \{ r_j^3 \}, \text{Min}_{1 \leq i \leq n} \{ r_j^4 \} \right) = (r_j^{1-}, r_j^{2-}, r_j^{3-}, r_j^{4-}) \quad (3)$$

$$\tilde{R}_j^+ = \text{Max}_{1 \leq i \leq n} \{ \tilde{R}_{ij}^+ \} = \left( \text{Max}_{1 \leq i \leq n} \{ r_j^1 \}, \text{Max}_{1 \leq i \leq n} \{ r_j^2 \}, \text{Max}_{1 \leq i \leq n} \{ r_j^3 \}, \text{Max}_{1 \leq i \leq n} \{ r_j^4 \} \right) = (r_j^{1+}, r_j^{2+}, r_j^{3+}, r_j^{4+}) \quad (4)$$

Paso 4: Calcular las distancias al ideal positivo y negativo de cada alternativa:

$$d_i^- = d(\tilde{R}_{ij}, \tilde{R}_j^-) = \sum_{j=1}^J \sqrt{\frac{1}{4} \left[ (r_{ij}^1 - r_j^{1-})^2 + (r_{ij}^2 - r_j^{2-})^2 + (r_{ij}^3 - r_j^{3-})^2 + (r_{ij}^4 - r_j^{4-})^2 \right]} \quad (5)$$

$$d_i^+ = d(\tilde{R}_{ij}, \tilde{R}_j^+) = \sum_{j=1}^J \sqrt{\frac{1}{4} \left[ (r_{ij}^1 - r_j^{1+})^2 + (r_{ij}^2 - r_j^{2+})^2 + (r_{ij}^3 - r_j^{3+})^2 + (r_{ij}^4 - r_j^{4+})^2 \right]} \quad (6)$$

Paso 5: Obtener el indicador sintético de sostenibilidad  $IS - ASG_i$  :

$$IS - ASG_i = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+} \quad (7)$$

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La metodología propuesta se ha aplicado a la información sobre criterios ASG de los bancos españoles durante el periodo 2013-2015. Esta información se ha obtenido consultando la base de datos de Thomson Reuters EIKON que proporciona una clasificación A, B, C o D para las dimensiones ASG teniendo en cuenta un total de diez criterios. A través de estas calificaciones se mide el impacto que la actividad de la empresa genera sobre sus clientes, personal laboral, accionistas, comunidades locales, medioambiente y sobre la sociedad en general. En la Tabla 1, se presenta la calificación de cada criterio en cada año para el banco BBVA y el peso que se aplica a cada criterio.

**Tabla 1.** Información sobre los criterios ESG del BBVA 2013-2015 y pesos.

Dimensión	Criterios	2015	2014	2013	w <sub>i</sub>
Medioambiental	Resource Use	A	A	A	11%
	Emissions	A	A	A-	12%
	Innovation	A+	A+	A+	11%
Social	Workforce	A+	A+	A-	16%
	Human Rights	A	A	A	4%
	Community	A+	A+	A+	8%
	Product Resp.	A+	A+	A	7%
Gobierno	Management	A+	A+	A+	19%
	Shareholder	A	B-	A-	7%
	CSR Strategy	A+	A-	B+	4%

Fuente: Thomson Reuters EIKON

Aplicando la metodología Fuzzy TOPSIS de acuerdo con los pasos 1- 7 se calculan las distancias a los ideales positivos y negativos para obtener posteriormente el IS-ASG que permitirá ordenar los bancos de mayor a menor nivel comportamiento sostenible.

**Tabla 2.** Indicador de sostenibilidad y ranking para los bancos españoles: 2013-2015.

	$d_i^-$	$d_i^+$	IS-ASG	R
SANTANDER	0.2966	0.0530	0.9104	2
BBVA	0.3458	0.0291	0.9669	1
BANKIA	0.2614	0.0891	0.4840	5
CAIXABANK	0.2469	0.0832	0.7889	4
SABADELL	0.1652	0.1231	0.3426	6
BANKINTER	0.2831	0.0593	0.8715	3
POPULAR	0.1593	0.1262	0.1911	7

Como resultado de aplicar la metodología Fuzzy TOPSIS se obtiene que los bancos BBVA, Santander y Bankinter durante el periodo 2013-2015 han sido los mejor valorados en cuanto a su comportamiento ASG, mientras que Bankia y Caixabank tienen un nivel medio y Sabadell y Bankinter son los que peor se sitúan.

## CONCLUSIONES

Las finanzas sostenibles incorporan un enfoque ético en la toma de decisiones financieras. Si hasta ahora, las decisiones en finanzas se podían afrontar desde la perspectiva tradicional de rentabilidad y riesgo utilizando métodos de decisión bi-criterio el hecho de introducir la sostenibilidad implica avanzar en una perspectiva multidimensional en la que los modelos de decisión multicriterio proporcionan soluciones metodológicas que permiten incorporar los criterios ASG o medioambientales, sociales y de buen gobierno. Utilizando la metodología Fuzzy TOPSIS, se ha obtenido un indicador sintético de sostenibilidad que puede ser de gran utilidad para medir el componente extra financiero de las empresas y que puede tomarse como un parámetro adicional para conocer y evaluar distintas opciones de ahorro-inversión no sólo bajo los tradicionales criterios financieros.

## REFERENCIAS

- [1] Ballester, E. Pérez-Gladish, B., Garcia-Bernabeu, A. Socially Responsible Investment: A multi-criteria approach. Springer (2016).
- [2] Hwang, C. L., & Yoon, K.. Multiple attribute decision making: Methods and applications. Berlin: Springer. (1981).
- [3] El Gibari S., Gómez T., Ruiz F. Building composite indicators using multicriteria methods : a review. Journal of Business Economics,1–24 (2018).
- [4] Chen CT. Extension of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment. Fuzzy Sets and Systems, 114: 1–9 (2000).
- [5] Yu Jie Wang. A fuzzy multi-criteria decision-making model by associating technique for order preference by similarity to ideal solution with relative preference relation. Information Science, 268, 169-184, (2014).

## Mutxamel y el agua

**J. F. Picó Silvestre**

*Departament de Composició Arquitectònica, Universitat Politècnica de València*

*Plaça Ferrándiz i Carbonell s/n, Alcoi, (Alacant)*

*e-mail: juapisil@cpa.upv.es*

### RESUMEN

En la Huerta alicantina, servida por la cuenca del particular río Seco, existe una infraestructura hidráulica de alto interés patrimonial originaria del final del siglo XVI que fue realizada bajo el control de los arquitectos de la Corona de España. De entre los múltiples elementos que conforman el complejo sistema de esta infraestructura y fuera del Pantano de Tibi, su principal y más famosa obra, destacan los azudes situados en el municipio de Mutxamel (azudes de Mutxamel, de Sant Joan y de El Campello) desde donde se gestionaba todo el riego de la Huerta. La forma de estos azudes y su concepción mecánica responde y refleja los modos de hacer de la mejor tradición europea de la ingeniería hidráulica mientras actualmente luchan contra el olvido generalizado.

### INTRODUCCIÓN

La Huerta de Alicante, situada en el llano litoral desde el Noreste de la ciudad hasta la desembocadura del Riu Sec en El Campello, ha producido una agricultura paradigmática históricamente.

La cultura agrícola en este territorio ha sido ejemplar por su especial relación con sus elementos fundamentales para la vida: la tierra, el aire, pero sobre todo el agua. Curiosamente, la escasez de agua, la difícil composición de la tierra y la protección de ciertos vientos propició que sus habitantes desarrollaran una ingeniosa cultura del agua cuyos resultados fueron la producción de una agricultura muy importante en los mercados mediterráneos en los siglos pasados a través de la construcción de unas infraestructuras hidráulicas extraordinarias.

Esta potente y amplia infraestructura hidráulica merece redescubrirse para afianzarla y defenderla porque fue realmente significativa no sólo en el ámbito de la nación española sino porque constituyó la base del estilo de vida y de la idiosincrasia de las gentes de esta tierra.

### DESARROLLO

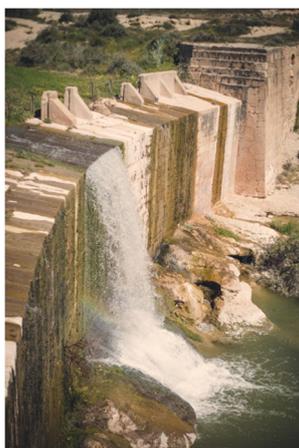
El ámbito de la Huerta alicantina anteriormente señalado es un territorio bien protegido de los vientos del Norte y del Oeste por el sistema montañoso que va desde el Maigmó hasta el barranco de Aigües de Bussot [1], con ello se asegura el resguardo a las bajas temperaturas del invierno. Por otro lado, la posición cercana de esta huerta al puerto de Alicante constituía una gran ventaja económica frente a otros terrenos agrícolas del interior de la provincia o de otras regiones con mejores condiciones de abastecimiento de agua. Con estas circunstancias naturales y el desarrollo a través de los siglos de un

sistema hidráulico inteligente basado en el control y el aprovechamiento de la poca agua de una tierra estéril de aguas [1], provocó que entre los siglos XVI y XVIII las tierras de cultivo de esta Huerta alcanzaran las 3.600 hectáreas con unos resultados económicos absolutamente notables.



**Figura 1.** Azud de Mutxamel (Foto J.F.Picó)

Esta actividad se asentó sobre una sociedad agrícola muy productiva basada no sólo en la propiedad de la tierra sino, sobre todo, en la propiedad del agua que en contrapartida había generado las infraestructuras. Así, desde las acequias principales se articularon los cascos de los municipios incluidos en la Huerta (Mutxamel y Sant Joan) y desde las casas de labranza se generaron una serie de fincas con edificios residenciales o de recreo de los personajes más influyentes de aquella sociedad. Todo el sistema hídrico y las construcciones constituyen elementos coaligados de gran interés patrimonial que evidencian el poder económico que esta actividad proporcionaba [2].



**Figura 2.** Azud de Sant Joan (Foto Somosmonos)

El pantano de Tibi se construyó entre 1580 y 1594 por los artífices de Mutxamel: Miquel Alcaras y Pere Isquierdo, bajo la supervisión de los “ingenieros” de la Corona: Jorge Fratin, Juan Bautista Antonelli y Cristobal de la Roda Antonelli [3] que construían las fortificaciones de la costa y el castillo de Santa Bárbara de Alicante. Éstos a su vez estaban a las órdenes del Inspector de los Monumentos de la Corona que desde 1579 era Juan de Herrera, el arquitecto de El Escorial.

La palabra azud es originaria del árabe y significa obstáculo o presa que sirve para desviar parte del agua del río para el riego u otros usos como molinos, batanes, etc. A lo largo del río Montnegre y del río Seco existían varios azudes ligeros contruidos con piedras, ramas, cañas, etc. que solían arruinarse con las avenidas. Los azudes de Mutxamel y Sant Joan son contemporáneos del pantano de Tibi, mientras que el de El Campello se construyó en 1811. A pesar de que se trata de grandes construcciones de fábrica, a lo largo de su vida también han ido arruinándose y reformándose por causa de las sucesivas riadas violentas que se suceden habitualmente en el tiempo.

Desde el punto de vista mecánico y en una solución de primera instancia, un obstáculo situado en el cauce de un río para embalsar agua y desviarla para el riego, necesitaría una forma de arco que se apoyara sobre dos estribos laterales suficientemente estables. Para ello habría que localizar los puntos de apoyo sobre el cauce en donde construir estos estribos. Pero la dificultad en un cauce terminal es doble, encontrar tales apoyos en tierras de aluvión y sobre todo, desviar por uno de los lados un gran aliviadero que se encauce en una gran acequia que nutra una espesa red de brazales y acequias menores. La posición de este “aliviadero” debilita la transmisión horizontal del arco y por tanto obliga a preparar un estribo extremadamente pesado para que pueda acoger la debilidad que le procurarán los agujeros para la conducción del agua desviada. Además, allí se han de alojar las compuertas para el control de los caudales. Estas compuertas solían protegerse con construcciones muy pesadas para contrarrestar con su peso la posición del aliviadero y la fuerte presión del agua a su paso. No obstante, no es el único tipo aunque sí el más elemental. Al final del siglo XVI proliferan los manuales que adaptan la tradición renacentista de los grandes arquitectos tratadistas a distintas disciplinas, también sobre las experiencias hidráulicas. Los arquitectos de la Corona los utilizarían probablemente [4].



**Figura 2.** Azud de Mutxamel con casamata y aliviaderos (Foto J.F.Picó)

Los tres azudes respondieron durante muchos años a esta forma elemental en arco que todavía se observa en el azud de Sant Joan. Pero sorprendentemente el azud de Mutxamel, modifica su forma. En 1772 todavía aparece un plano firmado por Lorenzo Chapulí con la forma tradicional y en la crónica de la visita de Cavanilles, realizada el año 1791, hay una alusión a la forma de “media luna”. Después se produjeron algunas avenidas violentas y posteriores reparaciones, pero en la documentación de la visita del ingeniero francés Maurice Aymard en 1864, aparece un azud recto con una sección transversal del tipo de una campana de Gauss, con la parte de aguas arriba colmatada

por el depósito de finos. Esta forma es más refinada y elegante aunque quizás menos efectiva frente a situaciones violentas. Esta forma más sutil provoca la laminación del agua y mecánicamente tiende a estabilizarse por el propio peso del agua que retiene. En avenidas no violentas, detiene agua para desviarla pero el agua sobrante es capaz de sobresalir por la cumbrera del azud evitando la erosión al pie de la presa en su salida. Sin embargo, aunque se trata de una gran viga recta con una sección robusta contra su torsión, mantiene la debilidad de los pasos de desvío a las acequias del lateral. Por ello, la construcción de la casamata, que contiene las esclusas, es extraordinariamente maciza y pesada. La forma más refinada del azud de Mutxamel es menos rígida geométricamente y por lo tanto menos clásica en el lenguaje formal de la tradición de estas construcciones de la Corona desde el Renacimiento.

## CONCLUSIÓN

El Pantano de Tibi y los Azudes de Mutxamel se convirtieron en modelos paradigmáticos para el estudio de ingenieros, como por ejemplo Marice Maynard, para actuar en otros territorios o para resolver patologías aparecidas en otros casos. De modo que este sistema hidráulico fue decisivo no sólo en la historia de las infraestructuras hidráulicas sino en todo aquello que de ellas deriva, como son la forma de los pueblos, de los sistemas de cultivo, de las villas, etc. y sobre todo, en el estilo de vida de un territorio que a lo largo de los siglos ha caracterizado a sus habitantes.

## AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo forma parte de las actividades que desarrolla el Aula “Riu Sec”, aula de empresa de la Universitat Politècnica de València – Campus d’Alcoi y del Ayuntamiento de Mutxamel, uno de cuyos objetivos es la divulgación del patrimonio hidráulico histórico del municipio de Mutxamel. El autor quiere agradecer a todas las personas que, vinculadas de una manera u otra, contribuyen a mantener y divulgar el conocimiento sobre este patrimonio de todos.

## REFERENCIAS

- [1] Alberola Romá A., Cuando la tierra es estéril de aguas: El Azud de Mutxamel y el Sistema Hidráulico del río Montnegre durante la Edad Moderna en Mutxamel. Patrimonio hidráulico “Aula Riu Sec” UPV-Campus d’Alcoi. 13-43 (2017).
- [2] Riquelme Quiñero M.T., Las Quintas de Recreo en la Huerta de Mutxamel Ajuntament de Mutxamel. 16-17 (2017).
- [3] Brotons i Boix A., Arquitectura hidráulica tradicional a l’horta alacantina en Salt, Revista del Instituto Juan Gil Albert, Alicante. 4-17(2011).
- [4] Marquiegui Soloaga A., El Patrimonio Hidráulico de la Provincia de Alicante. Catálogo Ilustrado de mil Quinientas Obras y Actuaciones, Diputación de Alicante. 2, 1045-1051, (2013).

## Programación lineal aplicada a la mejora de la sostenibilidad de plantas depuradoras

**M. Colomina<sup>(1)</sup>, J.R. Satorre-Aznar<sup>(3)</sup>, M. Díaz-Madroño<sup>(2)</sup>, M. Pérez-Sánchez<sup>(3)</sup>**

*(1) Universitat Politècnica de València, Ferrándiz y Carbonell, 03801, Alcoi*

*(2) Centro de Investigación en Gestión e Ingeniería de Producción. Universitat Politècnica de València, Ferrándiz y Carbonell, 03801, Alcoi*

*(3) Departamento Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente Universitat de València, Av. Tarogners, s/n, 46022, València  
e-mail: mopesan1@upv.es*

### RESUMEN

La gestión del agua es actualmente una prioridad en todas las secciones del ciclo integrado del agua, teniendo en cuenta la fuerte relación entre el agua y la energía. Las plantas de tratamiento de aguas residuales son consumidores de alta energía, siendo necesaria la reducción de estos consumos para mejorar la huella energética y reducir el costo operativo. Esta investigación presenta una estrategia combinada, que utiliza las técnicas actuales de purificación con dilución a través de agua regenerada en la propia planta de tratamiento. La estrategia utiliza un nuevo modelo que se adapta para usar el rendimiento y los costos de los procesos con el fin de minimizar los costos de explotación. Además, las condiciones de concentración operativa de entrada y salida en los procesos y unidades de regeneración que también se consideraron.

### INTRODUCCIÓN

La sostenibilidad es un concepto que es bien conocido y se enfoca en la reducción de los insumos en los diferentes procesos para reducir el consumo de recursos y emisiones no renovables. Los criterios de sostenibilidad se relacionan en términos de medio ambiente, económicos, socioculturales y de salud e higiene [1]. Las plantas de aguas residuales también las presentan tanto positivas como negativas. Por un lado, la planta de tratamiento permitió regenerar las aguas residuales para usos de riego o no potables, provocando un impacto positivo en el medio ambiente y posibilitando la reutilización del agua, que es muy importante si la falta de recursos de disponibilidad se considera particularmente en algunas áreas, y la necesidad de salvarlo globalmente [2]. Por otro lado, este beneficio se obtiene aumentando el consumo de energía y las emisiones de CO<sub>2</sub>. La necesidad de reducir estos impactos negativos promueve que las empresas de gestión del agua deben cambiar sus prácticas para mejorarlo [3].

Entre las diferentes herramientas, la optimización es una clave para reducir el consumo de energía y las emisiones de CO<sub>2</sub> en las plantas de tratamiento. La mayor eficiencia está relacionada con conocer la influencia de las variables que están dentro del tratamiento de regeneración, así como con el desarrollo de técnicas de optimización que ayuden a los gestores del sistema a aumentar la sostenibilidad. En este sentido, el modelado por computadora es una herramienta poderosa para dicho tipo de diseño y control operacional, cuando los modelos están bien realizados y validados. En esta comunicación se muestra el potencial que presenta la programación matemática dentro de la mejora de la sostenibilidad en plantas depuradoras, aplicado a un caso real de estudio.

## DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En el presente trabajo formula un modelo de programación matemática que permite determinar la capacidad óptima que deben tener los procesos de una depuradora de aguas residuales urbanas para minimizar: (i) los costes de operación, (i) de inversión, así como (iii) el consumo de agua limpia proveniente de fuera del proceso. El modelo matemático desarrollado a partir del modelo modificado de [4], considera la evolución temporal de los procesos, lo que permite un análisis discreto del funcionamiento de la planta. Para ello se ha elaborado un modelo basándose en las características de una depuradora típica, que consta de dos procesos principales y cuatro unidades de regeneración. El paso por cada una de estas supone la obtención de un agua menos contaminada y que puede ser derivada a tratamientos de anteriores que precisen de esta, con el objetivo de diluir la carga de contaminante que tienen y de este modo, no tener que emplear agua limpia de la red.

La Figura 1 muestra un esquema de las posibles conexiones por las cuales puede circular el flujo que se pretende tratar, así como las líneas correspondientes a la descarga, por las cuales se eliminan grandes cantidades de contaminante en forma de fangos y aquellas por las que el agua tratada es recirculada a procesos anteriores.

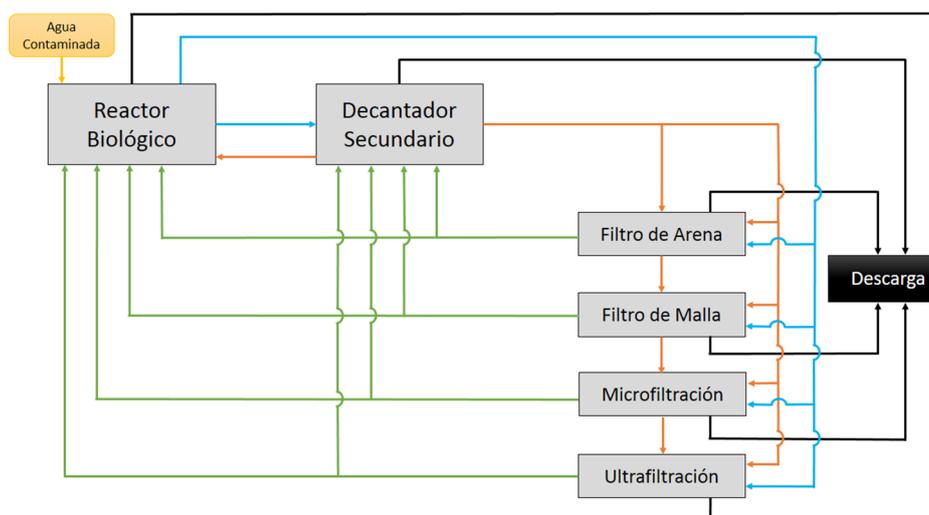


Figura 1. Líneas de flujo entre los diferentes procesos de una EDAR

## MODELO DE PROGRAMACIÓN MATEMÁTICA

Para abordar el problema descrito se ha planteado un modelo de programación lineal entera mixta con los siguientes elementos principales:

- Elementos: conjunto de periodos, conjunto de procesos, conjunto de unidades de regeneración, conjunto de contaminantes
- Parámetros de entrada: carga de cada contaminante por periodo, concentraciones máximas de entrada y salida en cada proceso, concentración máxima de salida en cada unidad de regeneración, flujos máximos y mínimos entre procesos y/o unidades de regeneración, costes de conexión, costes de consumo de agua limpia, costes de agua regenerada y costes de inversión por unidad de capacidad.

- Variables de salida: flujos entre procesos, flujos entre unidades de regeneración y flujos entre procesos y unidades de regeneración, consumo de agua limpia, capacidad de inventario en los procesos.

Así pues, el modelo de programación lineal entera mixta permite determinar de forma óptima el coste de las conexiones, el coste de agua limpia, el coste de la recirculación de agua proveniente de las unidades de regeneración y el coste de inversión en capacidad de los procesos, en una única función objetivo. Para ello, se han considerado en el modelo las restricciones asociadas a balances de materia de flujos de los procesos; balances de materia de flujos de las unidades de regeneración; balances de concentraciones; limitaciones de las conducciones; y condiciones de descarga.

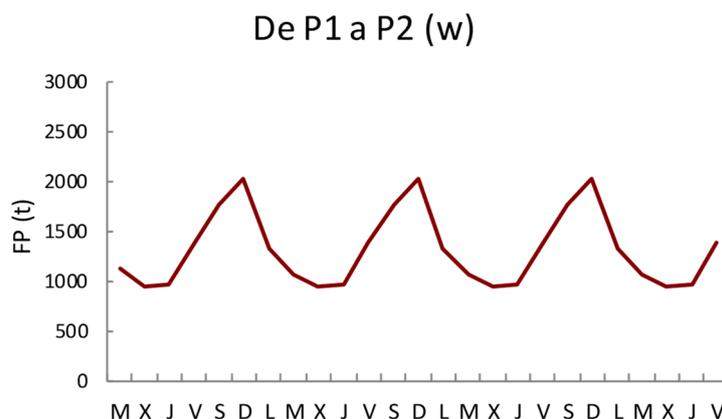
## CASO DE ESTUDIO Y RESULTADOS

El modelo de programación matemática ha sido aplicado a una EDAR situada en un municipio de la provincia de Alicante. Esta planta trata los flujos de aguas residuales de la población del municipio, con un flujo de un área industrial. Agregar el flujo industrial causa a una mayor concentración contaminante. Esta combinación da como resultado una alta carga de contaminantes de entrada con un bajo volumen de agua durante el proceso de purificación. Las restricciones consideradas en el modelo están relacionadas con las conexiones entre los procesos y las unidades de regeneración, un límite máximo de carga contaminante y el costo del volumen transferido entre los procesos. Un ejemplo de la variación del inventario en función del tiempo es mostrado en la Figura 2, permitiendo obtener el máximo y observando que tiende al máximo volumen en régimen permanente con oscilaciones que se van reduciendo a medida que aumenta el tiempo de simulación.



**Figura 2.** Ejemplo de evolución del inventario en el secundario de la EDAR

Por otro lado, como ejemplo del análisis de flujos entre procesos y unidades de regeneración, la Figura 3 muestra como los caudales son variables en el tiempo pero que se repiten de forma cíclica, lo que muestra que la depuradora alcanza el régimen permanente de funcionamiento, pudiendo definir los caudales máximo y mínimo, respectivamente, que en este caso se corresponden con 2000 y 1000 t/día. El modelo permite analizar las variaciones obtenidas en la distribución de flujos e inventario cuando se modifican algunas de las variables (concentraciones de entrada, concentraciones de operación, costes de operación).



**Figura 3.** Ejemplo de evolución de los flujos entre el proceso 1 y 2

## CONCLUSIONES

La revisión bibliográfica ha puesto de manifiesto la necesidad de considerar la programación lineal a lo largo del tiempo, considerando la entrada en los procesos de caudales y cargas contaminantes variables a lo largo del día o de la semana.

La consideración de la dilución puede ser una medida sostenible para reducir el consumo de energía en los procesos de depuración, siempre y cuando los costes por incrementar los volúmenes de inventario y distribución sean considerados.

El modelo matemático propuesto puede utilizarse como una herramienta para regular eficientemente la distribución de flujos, inventario y líneas activas entre procesos y unidades de regeneración de tal forma que en función del tiempo de permanencia (en procesos y unidades de regeneración), minimiza los costes atendiendo a las funciones objetivos establecidos.

Los resultados obtenidos muestran la oscilación de caudales en función de la entrada, lo que permite optimizar la capacidad de las infraestructuras que albergan los procesos y por lo tanto, fijar las inversiones mínimas a realizar para aumentar la eficiencia de los procesos de depuración y conocer la respuesta de los mismos a posibles fluctuaciones en la entrada de la carga contaminante.

## REFERENCIAS

- [1] Romero, L., Pérez-Sánchez, M., and López Jiménez, P. A. In AIMS Environmental Science Vol. 4, No. 3, 502-522 (2017).
- [2] Padilla-Rivera, A., Morgan-Sagastume, J.M., Noyola, A., Güereca, L.P. Environ Impact Assess. 57, 101-113 (2016).
- [3] Morera, S., Comas, J., Poch, M., Corominas, L. J. Clean. 90, 34-42. (2015).
- [4] Díaz-Madroñero, M., Pérez-Sánchez, M., Satorre-Aznar, J. R., Mula, J., and López-Jiménez, P.A. Journal of Cleaner Production, 180, 20-33 (2018).

## Estudio de un sistema de configuración híbrida para la producción de agua y energía mediante tecnología de membranas

**E.M. Choque Alex<sup>(1)</sup>, J.J. Vargas Quiroga<sup>(1)</sup>, J. Lora García<sup>(2)</sup>**

*<sup>(1)</sup>Maestría Investigación en Tecnología del Agua 2V, Universidad Católica Boliviana  
e-mail: echoque.alex@gmail.com  
e-mail: cocovargas@hotmail.com*

*<sup>(2)</sup> Departamento de Ingeniería Química y Nuclear, Universitat Politècnica de València  
Plaza Ferrándiz y Carbonell s/n, Alcoi, (Alicante)  
e-mail: jlora@iqn.upv.es*

### RESUMEN

Los recursos hídricos no convencionales como el agua de mar es un recurso renovable ya que vuelve al ciclo hidrológico del agua. En este contexto las tecnologías de membrana permiten su tratamiento ya que este recurso no se puede consumir directamente. Teniendo en cuenta la necesidad de agua potable en el mundo, se proponen tecnologías de membranas para la desalinización de agua de mar, aplicando tecnologías de osmosis directa, osmosis a presión retardada y osmosis inversa. Dichas tecnologías solucionan de manera eficiente el abastecimiento de agua potable y a su vez aportan a la reducción de consumo energético de la planta [1].

### INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso natural de una vital importancia para el ser humano y para el medio ambiente. El agua siempre ha sido determinante para la riqueza de un país, es por ello que desde los comienzos de la evolución humana, no ha cesado de avanzar la técnica para la obtención y regulación de este recurso. Debido a que el agua es un recurso de necesidad básica pero cada vez existe más demanda de agua potable, es que se ve la necesidad de ir innovando e investigando nuevas tecnologías que ayuden al abastecimiento de agua potable, pero tomando en cuenta el consumo energético que estas requieren para dicha obtención [2].

La obtención de agua mediante la osmosis inversa es muy segura y confiable logrando obtener agua ultra pura sin ningún tipo de patógeno, materia orgánica, sólidos, ni bacteriológica. Los diferentes procesos osmóticos servirán de ayuda para reducir consumo y generar energía eléctrica logrando reducir costo de producción del agua.

### OBJETIVO GENERAL

- El objetivo de este proyecto es el diseño de una instalación desaladora de agua de mar con mejoras en la reducción del consumo energético combinando técnicas de Osmosis Directa y Osmosis a Presión Retardada mediante tecnología de membranas.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Implementar la técnica de Osmosis Directa para bajar la salinidad de la alimentación.
- Implementar la técnica de Osmosis Retardada después de la Osmosis Inversa para recuperar energía mediante turbina.
- Evaluar económicamente la factibilidad del proyecto en la reducción del costo energético por m<sup>3</sup> de desalación de agua de mar.

## MÉTODOS EXPERIMENTALES

### **Análisis de los Recursos Hídricos**

En América Latina también ya se tienen plantas desalinizadoras de agua de mar, las que tienen más plantas son Perú y Chile. Bolivia no cuenta con mar, pero en marcha se encuentra la negociación en la corte internacional de la Haya. Con los países hermanos de Chile y Perú, se podrá acceder a una Zona Especial que será una franja de tierra que unirá la costa con el territorio boliviano.

La planta desalinizadora se ubicará en el norte de Chile Arica, por el lugar se encuentra una EDAR Parinacota con el cual utilizaremos sus aguas residuales tratadas para implementarlas en los procesos osmóticos.

### **Diseño basado en Procesos Osmóticos:**

El diseño que se pretende realizar es aprovechar el caudal de salida de una EDAR para diluir con el caudal de entrada de agua de mar mediante Osmosis Directa y así tener el caudal de mar con menos concentración de salinidad y reducir el proceso energético que requiere Osmosis Inversa.

El siguiente diseño es que después del tratamiento de osmosis inversa y su recuperador de energía, se pretende introducir caudal de EDAR para diluir el caudal de salmuera mediante Osmosis a Presión Retardada y a su vez producir energía mediante una turbina a la salida para poder aprovecharla y distribuirla en la planta [3].

### **Utilizar el Software de diseño de instalaciones de membrana IMS Design.**

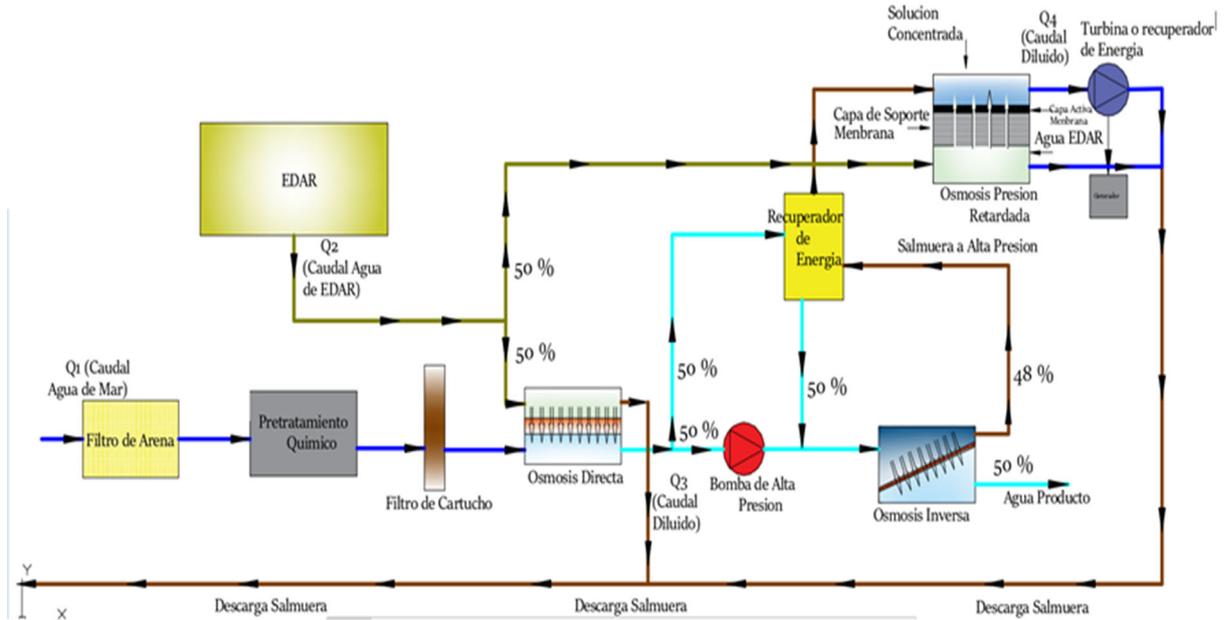
Este software permite la inserción de los parámetros de diseño como puedan ser las concentraciones del agua de alimentación, flujos, etc. Además permite realizar los cálculos correspondientes a costos, concentraciones de permeado, potencias de consumo de energía.

### **Evaluación de costo económico del consumo de energía eléctrica.**

El consumo energético se reduce al implantar las unidades de Osmosis Directa y Osmosis a Presión Retardada, con la ayuda de caudal de una EDAR para las diluciones.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Fig. 1 podemos observar en un diagrama la manera más eficiente para reducir energía de consumo y generar energía para distribuirla en la planta, ya que se cuenta con la unidad de Osmosis Directa que contribuirá con la dilución y reducirá la salinidad del agua para bajar el consumo energético en el proceso de osmosis inversa.



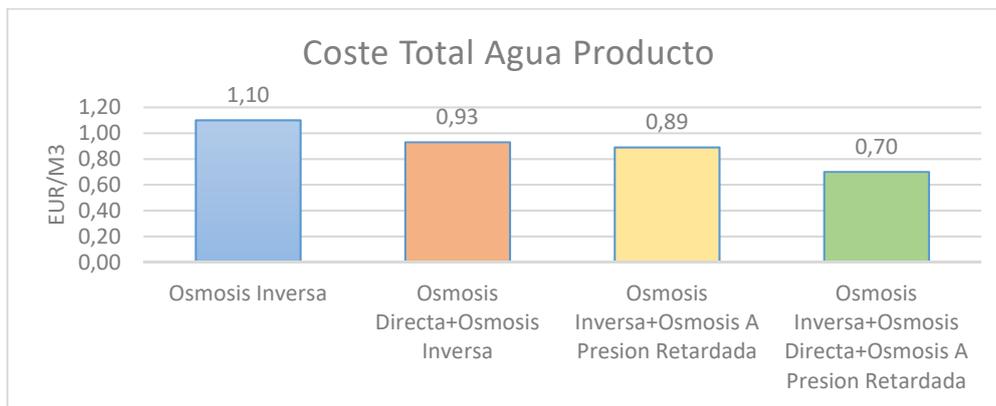
**Figura 1.** Diseño Planta Desaladora de Agua de Mar (reducción consumo energético)

El proceso de Osmosis a Presión Retardada recupera energía mediante la dilución con el agua de mar y agua de EDAR con una turbina instalada al final del proceso y así distribuir la energía a la planta desaladora.

**Tabla 1. Comparación Energética y Económica Procesos Osmóticos**

	Osmosis Inversa	Osmosis Directa + Osmosis Inversa	Osmosis Inversa + Osmosis A Presión Retardada	Osmosis Inversa + Osmosis Directa + Osmosis A Presión Retardada	Unidades
Caudal					
Producto	20000	20000	20000	20000	m <sup>3</sup> /día
Potencia Total de Bombeo	839,10	664,40	675,30	500,60	kW
Potencia Específica de Bombeo	4,03	3,19	3,24	2,40	kW·h/m <sup>3</sup>
Coste Total Agua Producto	1,10	0,93	0,89	0,70	EUR/m <sup>3</sup>

En la Tabla 1 podemos observar los resultados obtenidos de los Procesos Osmóticos Combinados. Teniendo como resultado óptimo la reducción de energía y costo por m<sup>3</sup> desalado de agua de mar si implementamos Osmosis Directa, Osmosis Inversa y Osmosis a Presión Retardada.



**Figura 2.** Consumo energético Procesos Osmóticos

La reducción del coste energético es considerable ya que reducimos el precio en 0.4 EUR/m<sup>3</sup> tratado (Fig. 2) y así podemos efectivizar el rendimiento de la planta a un menor costo.

## CONCLUSIONES

La implementación del proceso de Osmosis Directa refleja un gran aporte a la reducción del consumo energético ya que podemos comprobar que al bajar la salinidad del agua de entrada al proceso de osmosis inversa reducimos a la vez el consumo necesario para este proceso.

Utilizar EDARs cercanas al lecho marítimo es la mejor forma de evitar la contaminación al medio ambiente ya que podemos, mediante proceso osmóticos, diluir caudales y devolver al lecho marino lo mismo que se extrae para tratarlo y a su vez no contaminar ecosistemas marinos.

Añadiendo el proceso de Osmosis a Presión Retardada podemos observar que la energía de la salmuera de rechazo y del caudal de la EDAR producen una energía significativa para la reutilización en la planta desalinizadora y bajar el costo de consumo energético.

La reducción obtenida de costos de producción por m<sup>3</sup>/día es óptima ya que 0.40 EUR/m<sup>3</sup> de agua tratada es un ahorro de gran proporción para una planta desalinizadora

## AGRADECIMIENTOS

A nuestro tutor. Ph.D Jaime Lora García por su gran experiencia transmitida.  
A la Universidad Politécnica de Valencia por el apoyo académico que nos brinda.

## REFERENCIAS

- [1] Freshwater production from the motion of ocean waves –Jennifer Leijon, Cecilia Boström
- [2] Guía de Desalación: aspectos técnicos y sanitarios en la producción de agua de consumo humano-Ministerio de Sanidad y Política Social España
- [3] Osmotic power with Pressure Retarded Osmosis: Theory, performance and trends.

## **Caracterización mecánica de mezclas ternarias de poly(lactic acid) PLA, poly(caprolactone)-PCL y poly(hydrobutyrate)-PHB para aplicaciones en el sector envase y embalaje.**

**MJ. García-Campo<sup>(1)</sup>, T. Boronat<sup>(1)</sup>, L. Quiles-Carrillo<sup>(1)</sup>, R. Balart<sup>(1)</sup>**

*(1) Instituto de Tecnología de Materiales,*

*Dpto. de Ingeniería Mecánica y de Materiales, Universitat Politècnica de València,*

*Plaza Ferrándiz y Carbonell, s/n 03801 Alcoy (Alicante)*

*e-mail: mjgcampo@gmail.com*

### **RESUMEN**

El presente trabajo se centra en la utilización de mezclas ternarias de polímeros biodegradables basados en ácido poliláctico para su uso en el sector del envase y embalaje. Para ello se ha mantenido constante la cantidad de ácido poliláctico (PLA) y se han variado las cantidades de poli(3-hidroxiobutirato) (PHB) y poli(ε-caprolactona) (PCL). Se han estudiado las propiedades mecánicas de las distintas composiciones, con la finalidad de obtener las composiciones más adecuadas para este sector, intentando conseguir una mayor tenacidad y ductilidad en las composiciones.

### **INTRODUCCIÓN**

Los envases han evolucionado con el transcurso del tiempo como consecuencia del desarrollo tecnológico y la aparición de nuevas necesidades en la sociedad. Los materiales que se utilizan tradicionalmente en la fabricación de envases de alimentos son plásticos sintetizados a partir de hidrocarburos. Su uso masivo está causando serios problemas medioambientales, lo cual lleva a abrir nuevas vías de investigación para reducir su consumo. Los biopolímeros pueden contribuir positivamente en la reducción de la cantidad total de plásticos generados, sin embargo, presentan limitaciones y desventajas respecto a los polímeros sintéticos, especialmente en su rendimiento y en el elevado coste de producción. Los polímeros biodegradables se pueden clasificar en dos tipos: los que provienen directamente de organismos vivos (colágeno, almidón, etc.) y los que requieren ser sintetizados pero su procedencia es un recurso renovable, entre ellos el ácido poliláctico (PLA), el cual se trata de un biopolímero sintetizado a partir de productos agrícolas (remolacha azucarera, raíces de tapioca, almidón de maíz, etc.) [1]. El PLA muestra un comportamiento similar al de algunos polímeros sintéticos básicos (PBS, PBAT o PCL) en cuanto a sus propiedades mecánicas, térmicas y de barrera, sin embargo, es un polímero altamente frágil con una tenacidad muy baja [2-4]. Una forma de reducir la fragilidad sin comprometer otras propiedades mecánicas es mezclando diferentes polímeros. En los últimos años se han propuesto una amplia variedad de mezclas binarias y ternarias basadas en PLA, siendo estas últimas una solución técnica interesante tal y como queda reflejado en los estudios realizados por diferentes autores [5-8]. Este trabajo tiene como objetivo desarrollar mezclas ternarias basadas en PLA como componente principal, variando las cantidades de dos biopolímeros, poli(3-hidroxiobutirato) (PHB) y poli(ε-caprolactona) (PCL), con el fin de mejorar la tenacidad del PLA.

## MÉTODOS EXPERIMENTALES

### Materiales

En este estudio se parte de diferentes mezclas (Tabla 1) de ácido poliláctico (PLA), ácido polihidroxibutírico (PHB) y policaprolactona (PCL) para analizar el comportamiento de las mismas con distintas proporciones en la mezcla ternaria.

Para la realización de estas mezclas se han empleado los siguientes materiales: PLA ingeo™ Biopolymer 6201D by NatureWorks (Minnetonka, USA), PCL Capa™ 6500 by Perstorp (Warrington, UK) y PHB biomer P226.

**Tabla 1.** Proporción de mezcla de biopolímeros en las mezclas ternarias.

	Mezclas Ternarias	PLA (%)	PHB (%)	PCL (%)
1	PLA100-PHB00-PCL00	100	00	00
2	PLA060-PHB40-PCL00	60	40	00
3	PLA060-PHB30-PCL10	60	30	10
4	PLA060-PHB20-PCL20	60	20	20
5	PLA060-PHB10-PCL30	60	10	30
6	PLA060-PHB00-PCL40	60	00	40

### Caracterización mecánica

Los ensayos de dureza Shore se realizaron mediante la utilización de un durómetro 676-D (Instruments J Bot, S.A., Barcelona, Spain). En cuanto a las probetas utilizadas, así como en el desarrollo del ensayo, se cumplieron las especificaciones de la norma UNE-EN ISO 868. En todos los ensayos se utilizaron un número no inferior a 5 probetas para cada uno de los materiales ensayados y se calcularon los valores medios de los resultados obtenidos. La tenacidad se estimó mediante la prueba de impacto Charpy con un péndulo de 1 J de Metrotec (San Sebastián, España), como se indica en la norma UNE-EN ISO 179-1: 2010. Las probetas utilizadas para el desarrollo del ensayo tenían una entalla de tipo "V" con un radio de 0,25 mm. Se utilizaron un número no inferior a 5 probetas para cada prueba mecánica y se calcularon los valores medios de los resultados obtenidos. Todos los ensayos mecánicos se llevaron a cabo a temperatura ambiente.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 2 se presentan los resultados obtenidos de la medición de la dureza y de la energía de impacto absorbida de las distintas mezclas ternarias en función de su composición.

**Tabla 2.** Dureza Shore D y energía de Impacto absorbida ( $\text{KJ}\cdot\text{m}^{-2}$ ) de las mezclas ternarias.

Mezclas ternarias	Dureza SHORE D	Energía de impacto absorbida ( $\text{KJ}\cdot\text{m}^{-2}$ )
PLA100-PHB0-PCL00	$69,0 \pm 1,2$	$1,63 \pm 0,14$
PLA60-PHB40-PCL00	$69,9 \pm 0,9$	$1,79 \pm 0,10$
PLA60-PHB30-PCL10	$69,3 \pm 0,7$	$2,40 \pm 0,38$
PLA60-PHB20-PCL20	$67,0 \pm 0,9$	$2,45 \pm 0,62$
PLA60-PHB10-PCL30	$64,4 \pm 1,4$	$5,06 \pm 0,94$

PLA60-PHB00-PCL40	65,2 ± 0,3	6,13 ± 0,21
-------------------	------------	-------------

Realizando un análisis de los resultados obtenidos se observa que se produce una ligera disminución de la dureza, cuando se aumenta el porcentaje de PCL en la mezcla ternaria, y un ligero incremento de la dureza, con la incorporación del PHB. Esto se debe a que el PCL actúa como plastificante polimérico en las mezclas ternarias; se puede decir que la plastificación facilita el movimiento relativo entre las cadenas poliméricas, lo cual provoca el incremento en el alargamiento cuando el material es sometido a esfuerzos de tracción. Asimismo, cuando el esfuerzo al que es sometido el material es una penetración de otro material, como es el caso de la dureza, una mayor plastificación facilitará el movimiento de las cadenas del polímero por lo que presenta una menor dificultad a ser penetrado por el indentador del durómetro. Por el contrario, con una menor plastificación, un material más rígido provocará que las cadenas poliméricas ofrezcan mayor dificultad para sufrir una deformación superficial, lo cual llevará asociado un incremento de la dureza.

Las pruebas de impacto Charpy muestran la energía absorbida por impacto de las diferentes composiciones. Estos resultados están relacionados de manera directa con la tenacidad intrínseca del material. En la tabla se observa que el PLA absorbe una energía de 1,63 kJ·m<sup>-2</sup>. Este valor, verifica la fragilidad intrínseca que posee el PLA y es uno de los valores a tener en cuenta para analizar la mejora.

La mezcla ternaria con 40% en peso de PHB (60/40/0) muestra un ligero aumento en la tenacidad, sin embargo, la mezcla ternaria con 40% en PCL (60/0/40) muestra un aumento notable alcanzando valores de 6,13 kJ·m<sup>-2</sup>, lo que representa un aumento porcentual del 375% con respecto al PLA. En cuanto al único efecto del PHB, Zhang et al. informaron que la estructura del PHB puro se ve afectada por la presencia de PLA, y esto conduce a un ligero aumento en la tenacidad a la fractura [9]. Con respecto a la mezcla con PCL, en otros estudios se ha informado de una mejora notable en la ductilidad de las mezclas mediante la adición de PCL [10].

Esta notable mejora en la energía de impacto, tiene una gran relación con la miscibilidad existente entre los diferentes polímeros. Se puede apreciar como la ligera miscibilidad entre el PLA y el PHB genera que la mejora de la tenacidad no sea excesivamente elevada. Por el contrario, entre el PCL y el PLA parece existir una mayor miscibilidad, mejorando en más de un 375% la energía de impacto de la mezcla con únicamente un 40% de PCL.

## CONCLUSIONES

Las mezclas ternarias de PLA/PHB/PCL representan una buena solución técnica para mejorar la fragilidad intrínseca del PLA, incrementando notablemente la tenacidad y ampliando el abanico de posibles aplicaciones, sobretodo en el sector del envase y embalaje. Aparece una cierta miscibilidad parcial entre PLA y PHB, mientras que esta miscibilidad es mayor entre el PLA y el PCL. Es por eso que para la mezcla ternaria de PLA 60 – PHB 0 – PCL 40, la fase dispersa rica en PCL contribuye positivamente en la obtención de una mayor tenacidad, hasta alcanzar valores de 6,13 kJ·m<sup>-2</sup>, notablemente superior al valor de PLA puro (1,63 kJ·m<sup>-2</sup>).

Los materiales desarrollados en el presente estudio representan una solución respetuosa con el medio ambiente para obtener formulaciones de PLA con mayor ductilidad. En futuros trabajos se pretende introducir elementos compatibilizantes para mejorar de manera directa la miscibilidad entre los distintos biopolímeros, mejorando el abanico de posibilidades de los materiales desarrollados.

## AGRADECIMIENTOS

Me gustaría aprovechar esta oportunidad para agradecer a mis directores de tesis, el Dr. Rafael Balart Gimeno y el Dr. Néstor Montañés Muñoz, por su ayuda y orientación. A su vez me gustaría dar las gracias a Luis Quiles Carrillo por su ayuda y paciencia, así como al personal del Departamento de Ingeniería Mecánica y Materiales de la Escuela Politécnica Superior de Alcoy, por su asistencia y apoyo técnico, sin el que gran parte de este proyecto no hubiera sido posible.

Luis Quiles Carrillo quiere agradecer al Ministerio de Educación, Cultura y Deportes por el apoyo financiero a través de la beca FPU15 / 03812.

## REFERENCIAS

- [1] R.E. Drumright, P.R. Gruber, D.E. Henton, Polylactic acid technology, *Advanced materials*, 12 (2000) 1841-1846.
- [2] H.R.H. Al-Duhaidahwi, E.A.J. Al-Mulla, H.a.A. Ali, Enhancement of properties and biodegradability of polybutylene succinate by epoxidized palm oil, *Epitoanyag-Journal of Silicate Based & Composite Materials*, 68 (2016).
- [3] M. Nurul Fazita, K. Jayaraman, D. Bhattacharyya, M. Mohamad Haafiz, C.K. Saurabh, M.H. Hussin, A.K. HPS, Green composites made of bamboo fabric and poly (lactic) acid for packaging applications—A review, *Materials*, 9 (2016) 435.
- [4] E. Torres, V. Fombuena, A. Vallés-Lluch, T. Ellingham, Improvement of mechanical and biological properties of polycaprolactone loaded with hydroxyapatite and halloysite nanotubes, *Materials Science and Engineering: C*, 75 (2017) 418-424.
- [5] [V. Mittal, T. Akhtar, G. Luckachan, N. Matsko, PLA, TPS and PCL binary and ternary blends: structural characterization and time-dependent morphological changes, *Colloid and Polymer Science*, 293 (2015) 573-585.
- [6] S. Yang, S.A. Madbouly, J.A. Schrader, G. Srinivasan, D. Grewell, K.G. McCabe, M.R. Kessler, W.R. Graves, Characterization and biodegradation behavior of bio-based poly (lactic acid) and soy protein blends for sustainable horticultural applications, *Green Chemistry*, 17 (2015) 380-393.
- [7] M.L. Di Lorenzo, R. Oryn, M. Malinconico, P. Rubino, Y. Grohens, Peculiar crystallization kinetics of biodegradable poly (lactic acid)/poly (propylene carbonate) blends, *Polymer Engineering & Science*, 55 (2015) 2698-2705.
- [8] G.E. Luckachan, V. Mittal, Evaluation of crystallinity variation and phase dispersion in polymer blends and nanocomposites by Raman mapping, *Journal of Polymer Research*, 22 (2015) 237.
- [9] L. Zhang, C. Xiong, X. Deng, Miscibility, crystallization and morphology of poly ( $\beta$ -hydroxybutyrate)/poly (d, l-lactide) blends, *Polymer*, 37 (1996) 235-241.
- [10] C.-C. Chen, J.-Y. Chueh, H. Tseng, H.-M. Huang, S.-Y. Lee, Preparation and characterization of biodegradable PLA polymeric blends, *Biomaterials*, 24 (2003) 1167-1173.

## Selección de mercados de exportación para la quinoa: Una aproximación multicriterio

E. Parra Feijóo, A. García Bernabeu<sup>1</sup>

(1) *Departamento de Economía y Ciencias Sociales, Universitat Politècnica de València*  
Plaza Ferrándiz y Carbonell s/n, Alcoi, (Alicante)  
e-mail: [angarber@upv.es](mailto:angarber@upv.es)

### RESUMEN

En este trabajo se propone un modelo de decisión multicriterio con el fin de seleccionar las mejores alternativas para iniciar la estrategia de internacionalización de la quinoa. A partir de la información sobre variables de potencial de mercado y de accesibilidad y riesgo se aplica el método TOPSIS para obtener un ranking de países para la internacionalización. Se consideran los dos métodos para el cálculo de los pesos de las variables y por último se formula la estrategia de internacionalización y el plan de acción para 3 países: Bélgica, Irlanda y Finlandia.

### INTRODUCCIÓN

En la literatura se presentan varios métodos de cálculo para la toma de decisiones multicriterio, que se utilizan para resolver problemas de selección de mercados; entre los cuales se encuentran Analytic Hierarchie Procesese, AHP (Proceso Análítico Jerárquico) [1], Theory of Multi Attribute Utility, MAUT (Teoría de la utilidad Multi-atributo) [2], Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation, Promethee (Método de preferencia ranking organización para el enriquecimiento de la evaluación) [3], Weighted Product Model WPM (Modelo de producto ponderado) [4], Weighted Sum Model WSM (Modelo de suma ponderada) [4], Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution, TOPSIS [5].

En este análisis se trabaja con el Modelo Multicriterio TOPSIS, este método es desarrollado por Kwangsun Yoon y Hwang Ching-Lai en el año de 1980, presentado en su trabajo "Selección del sistema por múltiples atributos para la Toma de Decisiones"; es primera instancia es necesario conocer que esta técnica es conocida como de preferencia puesto que trabaja en base al orden por similitud con soluciones ideales, realmente se lo considera como uno de los métodos más utilizados para tomar decisiones de múltiples atributos (MADM). La posición de clasificación de una alternativa posible depende de su proximidad a la solución ideal positiva y a la solución ideal negativa; es decir que la alternativa elegida tendrá la distancia más corta desde la solución ideal y la más alejada de la solución negativa ideal.

### MÉTODOS EXPERIMENTALES

Las alternativas del método son  $A_i, i = 1, 2, \dots, m$ , los criterios  $C_j, j = 1, 2, \dots, n$ , los pesos de los criterios  $x_j$  y una matriz de decisión con  $x_{ij} = U_j(A_i), \forall ij$  donde  $U$  es la función de utilidad del decisor, esta trabaja en función a la maximización o minimización que considere necesaria para tomar la mejor decisión. [6]

El modelo se construye de la siguiente manera:

Construcción de la matriz de decisión: En este punto se parte de  $m$  alternativas  $A_i, i = 1, 2, \dots$  y  $n$  atributos o criterios  $C_j, j = 1, 2, \dots$ , obteniendo la siguiente matriz de decisión:

$$D = \begin{matrix} & \begin{matrix} w_1 & w_2 & \cdot & \cdot & w_n \\ C_1 & C_2 & \cdot & \cdot & C_n \end{matrix} \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \\ \cdot \\ \cdot \\ A_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdot & \cdot & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdot & \cdot & x_{2n} \\ x_{31} & x_{32} & \cdot & \cdot & x_{3n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdot & \cdot & x_{mn} \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Donde  $x_{ij}$  es representado por el valor de  $A_i$  con respecto al criterio:

- a) Normalización de la matriz de decisión [6]:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}$$

- b) Construcción de la matriz de decisión normalizada ponderada [6]

$$V_{ij} = w_j \times r_{ij}, j = 1, \dots, n, \quad i = 1, \dots, m$$

Donde  $w_j$  es el peso asociado a cada criterio.

- c) Determinación de las soluciones ideales positivas y negativas [6]

$$\begin{aligned} A^+ &= \{v_1^+, \dots, v_n^+\} = \{(max_i v_{ij}, j \in J)(min_i v_{ij}, j \in J')\} \\ A^- &= \{v_1^-, \dots, v_n^-\} = \{(min_i v_{ij}, j \in J)(max_i v_{ij}, j \in J')\} \end{aligned}$$

Donde  $J$  está asociado con los criterios de beneficio y  $J'$  está asociado a los criterios de coste.

- d) Cálculo de la distancia de separación [6]

Separación Ideal

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2} \quad i = 1, 2, \dots, m$$

Separación Ideal Negativa

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad i = 1, 2, \dots, m$$

- e) Cálculo de la cercanía relativa a la solución ideal [6]

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{(S_i^+ + S_i^-)}, \quad 0 \leq C_i^* < 1, \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$C_i^* = 1 \text{ Si } A_i = A^+$$

$$C_i^* = 0 \text{ Si } A_i = A^-$$

- f) Clasificar la orden de preferencia

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del modelo aplicando pesos de criterios con “Weight-based preferences”, es decir basado en las preferencias del centro decisor, otorga pesos de 0,1 a las variables que se consideran más importantes y repartiendo en partes iguales el porcentaje sobrante en las demás variables, en este caso en particular se ha asignado un valor de 0,1 a las variables: Valor importado, Demanda, Gasto per cápita en salud pública, PIB per cápita, Precio, Comercio, Facilidad para hacer negocios, Riesgo País; estas ocho variables al ser asignadas con un valor de 0,1 en total representan el 80% del total, de este modo el 20% o 0,20 restante se divide entre las 11 variables restantes otorgándoles un valor de 0,0181818 para cada una; a partir de esta aplicación nos da como resultante Bélgica, Irlanda y Polonia por nombrar únicamente las tres primeras posiciones.

Tabla 4. Ranking de Países con Método WBP.

Países	CC
<b>Bélgica</b>	0,733446
<b>Irlanda</b>	0,480472
<b>Finlandia</b>	0,334137
<b>Polonia</b>	0,232349
<b>República Checa</b>	0,223351
<b>Hungría</b>	0,162456
<b>Portugal</b>	0,152235
<b>Bulgaria</b>	0,114882
<b>Grecia</b>	0,110510
<b>Lituania</b>	0,100798

Se procede a calcular nuevamente el modelo aplicando los pesos de criterio con “Equal Weighting”, este tipo de criterio consiste en realizar un promedio con el número de las variables existentes para el análisis, es decir que todas las variables tendrán un peso de 0,052631579.

Tabla 5. Ranking de Países con Método EW.

Países	CC
<b>Bélgica</b>	0,559282
<b>Polonia</b>	0,435813
<b>Irlanda</b>	0,422113
<b>Hungría</b>	0,383920
<b>Finlandia</b>	0,336537
<b>República Checa</b>	0,295983
<b>Bulgaria</b>	0,221392
<b>Portugal</b>	0,212024
<b>Lituania</b>	0,195747
<b>Grecia</b>	0,194944

El resultado de ranking de los países aplicando los dos tipos de pesos presentados en el modelo, determinan que Bélgica e Irlanda siguen manteniendo sus lugares en la escala como las mejores opciones para la internacionalización.

## CONCLUSIONES

Se han analizado los resultados, teniendo en cuenta que la valoración otorgada por el decisor dependerá del grado de importancia en el cual considere a la variable, de modo que teniendo en cuenta este criterio se opta por la elección del ranking del método WBP, eligiendo a Bélgica, Irlanda y Finlandia como países de análisis para la internacionalización, la justificación de esta decisión se basa en que la tasa de crecimiento del sectores elevada, además sus calificaciones por temas de riesgo país y facilidad para hacer negocios son excelentes. Siendo así que el modelo es adecuado para tomar esta decisión. Cabe mencionar que el modelo presentado podría servir en un futuro como comparativo ante un nuevo modelo multicriterio aplicado a la internacionalización.

## AGRADECIMIENTOS

La autora desea agradecer a su tutora del Trabajo de Fin de Máster Ana María García Bernabeu por la dirección y apoyo al proyecto “Plan de Internacionalización de quinua procedente de Ecuador a Europa”.

## REFERENCIAS

- [1] Osorio, J.C, Orejuela, J.P. (2008), “El proceso de análisis jerárquico (AHP) y la toma de decisiones multicriterio. Ejemplo de aplicación”. *Scientia et Technica* Año XIV, No 39, pp 247-252
- [2] Gómez-Limón, J.A., y Riesgo, L. “Utilidad multiatributo en el uso de los factores productivos. El caso del agua de riego”, E.T.S.II.AA. Universidad de Valladolid, Palencia.
- [3] Sánchez L, R. (2001), “La toma de decisiones con múltiples criterios: Un resumen conceptual y teórico, CEPLAG, Agosto, Bolivia.
- [4] Gaviria Castrillón, A. & Quintero Ramírez, S. (2017). Propuesta metodológica para la evaluación del portafolio de proyectos caso de estudio “Oleaginosas promisoras”. *I+D Revista de Investigaciones*, 10(2), p.26-39
- [5] Pei, Z. (2015), “A note on the TOPSIS method in MADM problems with linguistic evaluations”, November, Pages 24-35.
- [6] Ceballos, B., Lamata, M., Pelta D., y Sánchez, J.,(2013), El método TOPSIS Relativo vs. Absoluto, *Revista Electrónica de Comunicaciones y Trabajos de ASEPUMA*, Volumen 14, Páginas 181 a 192.

## Estudio de la viabilidad de la implantación de aplicaciones educativas en el aula infantil

V. Vallés, B. Micó-Vicent<sup>(1)</sup>, J. Orta<sup>(2)</sup>, J. Linares-Pellicer<sup>(2)</sup>, J. Jordán<sup>(1)</sup>

(1) *Departamento de Estadística e Investigación Operativa Aplicadas y Calidad, Universitat Politècnica de València*  
*Plaza Ferrándiz y Carbonell s/n, Alcoi, (Alicante)*  
*e-mail: barmivi@eio.upv.es*

(2) *Instituto Tecnológico de Informática, Universitat Politècnica de València*  
*Plaza Ferrándiz y Carbonell s/n, Alcoi, (Alicante)*

### RESUMEN

En este trabajo se va a realizar un estudio sobre la aplicación e introducción de nuevas aplicaciones informáticas educativas las aulas de educación infantil. Primero se realizó un estudio del mercado de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) a nivel global (europeo), y a nivel Estatal. Seguidamente se realizó un estudio de campo en concreto, empleando una aplicación desarrollada en el Campus de Alcoi de la UPV, para el aprendizaje de conceptos matemáticos básicos en infantil. La aplicación está activa en Noruega, y cuenta con más de 100.000 descargas. Dicha aplicación se facilitó a profesores de alumnos de infantil para la distribución a los padres, y el posterior análisis mediante encuestas (a padres y profesores) de los resultados obtenidos tras su empleo. Finalmente se concluye que un modelo de negocio de esta clase es interesante y viable en España, pero no en la Comunidad Valenciana, sino en Andalucía o Cataluña, donde las inversiones en educación están por encima de forma significativa al compararlas con el resto de Comunidades Autónomas del país.

### INTRODUCCIÓN

Las TIC ofrecen muchas ventajas en una gran variedad de ámbitos, como en el de la educación, el cual es el objeto de estudio, y se definen como el conjunto de tecnologías que permiten el acceso, producción, tratamiento y comunicación de información presentada en diferentes códigos (texto, imagen, sonido...) [1]. Las TIC están transformando escenarios educativos tradicionales, la cantidad de dispositivos electrónicos/recursos existentes facilitan el trabajo de los docentes a la hora de utilizarlos/ponerlos en práctica en las aulas y debido a su efectividad se puede plantear el método de aprendizaje y mejorar la tarea de enseñanza para evaluar el rendimiento escolar empezando desde la infancia.

En concreto, las TIC sirven para fomentar la cooperación, desarrollar espacios de colaboración, reforzar y enriquecer el conocimiento, introducir una forma de trabajar más interactiva, comunicarse, generar contenidos y compartirlos [2].

Un informe titulado "III Estudio sobre el uso de la Tecnología en el Aula – Datos España", realizado por BlinkLearning en colaboración con la Universidad Rey Juan Carlos y publicado el 19 de junio de 2017, ha demostrado que para un 80% de los profesores, las principales ventajas del uso de las tecnologías en el curso han sido el acceso a un mayor número de contenidos y recursos, pero también, y según el 66%, la motivación que generan en el aula. Así, más de un 83% de los encuestados señalan que la

motivación de los niños aumenta en clase cuanto mayor es el uso de la tecnología. Por otro lado, sobre la aceptación de los padres del uso de la tecnología en el aula, el 50% asegura que es muy alto. Con esta realidad, el uso de las TIC lleva para los profesores un cambio implícito en la metodología de trabajo [3]. En este trabajo en concreto se plantea un caso de estudio con una aplicación para la didáctica infantil en matemáticas, conocida como Tella. Dicha aplicación cuenta a día de hoy con participación activa en Noruega y más de 100.000 descargas [4]. El planteamiento del estudio será tratar de motivar algún colegio situado en la localidad de Alcoi para que la prueben, y tanto profesores como padres den sus valoraciones.

## MÉTODOS EXPERIMENTALES

### Construcción de la base de datos

Para la obtención del objetivo planteado se ha realizado un estudio que se ha dividido en dos puntos, por una parte, la investigación de datos y, por otra, un caso práctico. Primero, la parte de investigación ha sido necesaria para observar cómo está el sistema educativo en España y en Europa, mediante la recopilación de datos sobre las variables más influyentes en relación con las TIC y la Educación. La mayoría de los datos se han obtenido de la página oficial del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, en concreto del anuario estadístico “Las cifras de la educación en España”.

### Encuestas para valoración de la aplicación Tella

Para el caso de estudio se han elaborado dos cuestionarios con el fin de obtener resultados fiables sobre el uso de una aplicación educativa por alumnos de infantil de 3 a 6 años y la predisposición de los profesores por la utilización de las TIC en el centro educativo:

- Cuestionario para los padres:  
<https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSfHdsUrP8dPy7ns64pnB9mCG6JPfEfoIB9ynlMOJshC0p3ILA/viewform?c=0&w=1>
- Cuestionario para profesores:  
<https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSds02pmJQKYc9cRTlwa5dyWbSpvf3QZ8KO4Avo89tr52aZhWg/viewform?c=0&w=1>).

### Análisis estadísticos

Tanto los datos obtenidos mediante la búsqueda de información para el análisis de la situación del entorno estatal y europeo de las TIC, como las respuestas de las encuestas, se plantean análisis estadísticos descriptivos (Univariante), búsquedas de correlaciones entre los factores estudiados (Bivariante), y la aplicación de modelos de predicción del comportamiento de las variables teniendo en cuenta su evolución temporal (modelos ARIMA) [5].

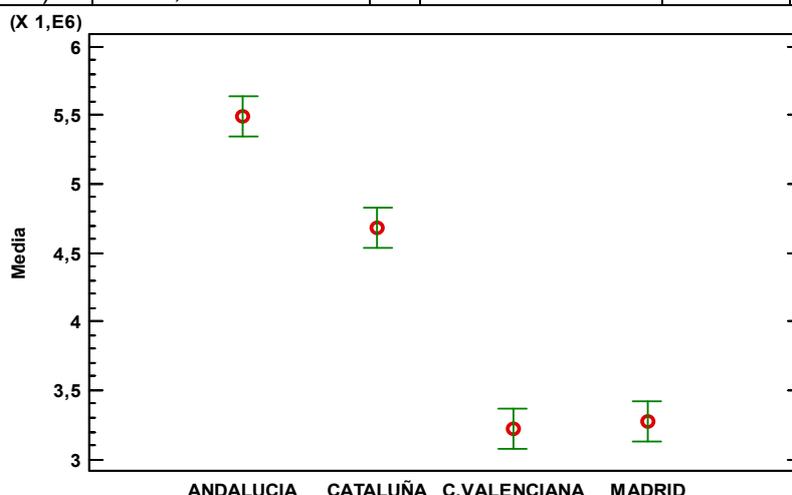
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En primer lugar, se analiza el Gasto Público en Educación en millones de euros por Comunidad Autónoma en los últimos 10 años en España. Se trata de la variable más interesante porque se podrá conocer en qué comunidad autónoma convendría implantar el modelo de negocio de aplicaciones educativas.

En la Tabla 1. Puede verse que al realizar la comparación de medias del gasto público en educación por CCAA, al menos la media de una de las comunidades es distinta de las demás. En la Figura 1. Puede verse como con diferencia la inversión en los últimos años ha sido superior en Andalucía, seguida por Cataluña. Entre la Comunidad Valenciana y Madrid no hay diferencias significativas, y quedan muy por debajo en la inversión educativa con respecto a las dos comentadas anteriormente.

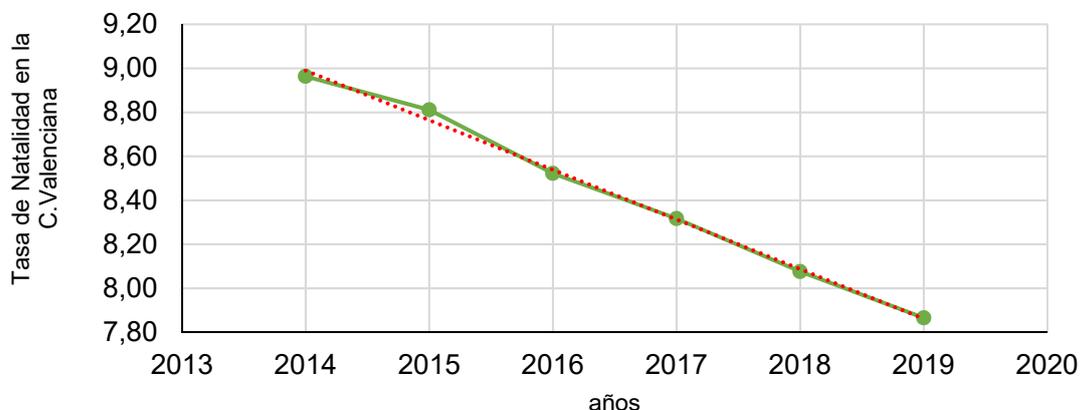
**Tabla 1.** Tabla resumen ANOVA para el gasto público en educación ente CCAA de España.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	3,72426E13	3	1,24142E13	116,42	0,0000
Intra grupos	3,83887E12	36	1,06635E11		
Total (Corr.)	4,10814E13	39			



**Figura 1.** Gráfico de comparación de medias entre el gasto público en educación de las CCAA de España.

Por otro lado, se plantea realizar predicciones sobre la evolución la natalidad en la Comunidad Valenciana, puesto que es la zona donde se realiza el estudio, y dicho factor también se considera crítico a la hora de plantear la viabilidad del modelo de negocio. Se valida un modelo ARIMA (1, 2, 0), a partir de 42 observaciones, con una Varianza estimada de ruido blanco de 0,110302. Dicho modelo proporciona predicciones con una alarmante tendencia negativa para los próximos años (Figura 2).



**Figura 2.** Gráfico de predicciones del modelo ARIMA (1,2,0) para la Tasa de Natalidad en la Comunidad Valenciana a partir de 2014.

Por último, en cuanto al caso práctico destacar que en las preguntas de la encuesta donde se valoran las cualidades positivas de la aplicación Tella, entre [1-5], se obtienen muy buenas valoraciones de los padres que han realizado el seguimiento. En concreto se destacan los resultados en las cuestiones “¿Le ha gustado a su hijo/a?” y “¿Qué le ha parecido este método de aprendizaje mediante (app tecnológica/educativa) para su hijo/a?” P3, y P10 (Figura 3).

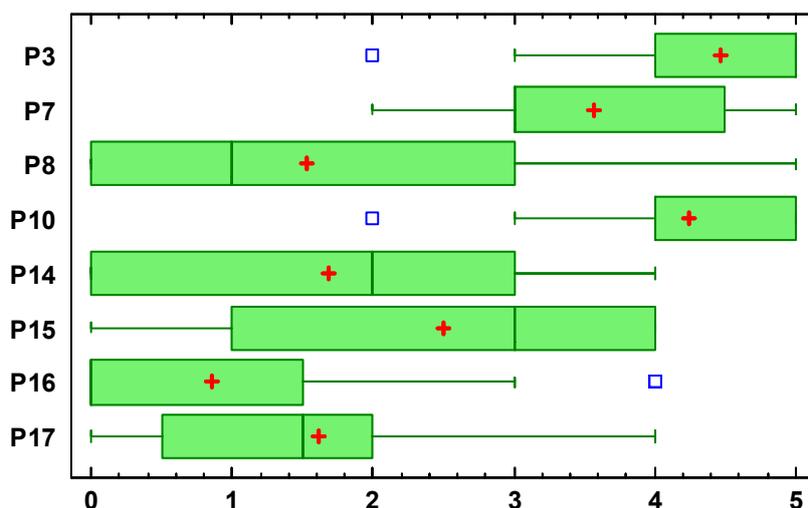


Figura 3. Resultados con los aspectos valorados de la aplicación Tella.

## CONCLUSIONES

En general, se han obtenido respuestas positivas sobre la introducción de las TIC en el aula infantil por parte de padres, alumnos y profesores y se puede concluir que el método de aprendizaje basado en aplicaciones educativas resulta útil al conocer las opiniones de los padres. Por lo que, se podría decir que el modelo de negocio propuesto resulta de interesante aplicación en Andalucía, ya que en dicha comunidad autónoma se invierte en educación y se pueden facilitar recursos tecnológicos a los centros docentes. Queda descartada la Comunidad Valenciana por el momento por la baja inversión en Educación y la clara tendencia a la baja en la Tasa de Natalidad.

## REFERENCIAS

- [1] UNIVERSIDAD DE VALENCIA. Las Tecnologías De La Información y Comunicación. <<https://www.uv.es/~bellochc/pdf/pwtic1.pdf>> [Última consulta junio 2018]
- [2] SLIDESHARE<<https://es.slideshare.net/mlandereggen/llegaron-las-tic-al-aula>>[Última consulta junio 2018]
- [3] REALINFLUENCERS (2017). “III Estudio sobre el uso de la Tecnología en el Aula – Datos España”. <[https://www.realinfluencers.es/2017/06/19/estudio\\_tic\\_aula/](https://www.realinfluencers.es/2017/06/19/estudio_tic_aula/)> [Última consulta junio 2018][4] “Tella - Mattespill for de minste”. <<http://www.statped.no/fagomrader-og-laringsressurser/finn-laringsressurs/sammensatte-larevansker/Tella---Mattespill-for-de-minste/>> [Última consulta junio 2018]
- [5] CHIRIVELLA GONZÁLEZ, V. (2005) “UNIDAD 10. MODELOS DE SERIES TEMPORALES UNIVARIANTES”. Apunte de Econometría. Valencia: Editorial UPV. p. 271

## Aplicación de técnicas de análisis estadístico para la predicción de los valores de las pensiones en España y Europa

I. Pascual, B. Micó-Vicent<sup>(1)</sup>, J. Jordán<sup>(1)</sup>,

*(1) Departamento de Estadística e Investigación Operativa Aplicadas y Calidad, Universitat Politècnica de València  
Plaza Ferrándiz y Carbonell s/n, Alcoi, (Alicante)  
e-mail: barmivi@eio.upv.es*

### RESUMEN

En este trabajo se va a realizar un análisis de los factores que pueden afectar al valor de las pensiones en España, tratando de realizar predicciones de las mismas. Se va a tener en cuenta la evolución temporal de las pensiones, y otros factores críticos extraídos de estudios previos. Se buscarán comparaciones con otros países de la Unión Europea, con modelos similares y/o dispares de financiación de las pensiones. Además, se dotará de perspectiva de género al análisis comparando la evolución y previsión del gasto en pensiones entre mujeres y hombres en España.

### INTRODUCCIÓN

En el año 1900 nació la seguridad social, la entidad pública encargada de pagar y gestionar las pensiones públicas en España. Ésta sufre diversos cambios hasta la constitución, donde se define como un sistema social universal que garantiza prestaciones económicas, sociales y sanitarias ante situaciones de necesidad. Las pensiones de jubilación son el gasto más alto para la seguridad social.

El mayor reto de la economía española en la actualidad es hacer frente a los gastos generados por la seguridad social. El sistema se encuentra en déficit desde hace siete años y el gobierno ha vaciado casi completamente el Fondo de reserva dejándolo en poco más de 8.000 millones de euros de los 66.815 millones que alcanzó en 2011 [1]. Esto está afectando directamente a las pensiones impidiendo subidas proporcionales al IPC y, por lo tanto, disminuyendo el poder adquisitivo de los pensionistas. Como consecuencia de esta situación se han realizado dos grandes reformas en el periodo 2011-2013: “Ley sobre la actualización, adecuación y modernización del sistema de Seguridad Social”, aprobada en 2011 y la reforma “reguladora del Factor de Sostenibilidad y del Índice de Revalorización de las Pensiones del Sistema de Pensiones de la Seguridad Social” [4], que se aprobó en el año 2013 para complementar la ya aprobada en 2011.

El principal problema de las pensiones es el factor demográfico. A partir de la segunda mitad del siglo XX disminuye la natalidad y aumenta la esperanza de vida, por lo que la pirámide poblacional se está invirtiendo. Esto significa que habrá más pensionistas y menos personas en edad de trabajar. En el año 2060 se calcula que por cada jubilado habrá menos de dos personas en edad de trabajar mientras que, en la actualidad, la media es de 3.5 trabajadores por cada jubilado. En este estudio se pretende saber qué factores afectan realmente al sistema actual de las pensiones en España y tratar de modelizarlas para poder hacer predicciones.

## MÉTODOS EXPERIMENTALES

### Base de datos

En primer lugar, se decidió analizar las pensiones en España separadas por sexo, para analizar su comportamiento. Los datos han sido obtenidos en la página de la seguridad social donde se pueden encontrar todos los datos desde 2005 hasta la actualidad. En segundo lugar, se realizarán series temporales para saber cómo va a seguir su evolución, en este caso la fuente también ha sido la página de la seguridad social. En tercer lugar, se hará una regresión múltiple dónde se analizará el comportamiento de España frente al resto de países europeos. Se propusieron muchas variables, pero muchas de ellas no ha sido posible encontrarlas ya que no había información sobre todos los países. La fuente de información ha sido el Eurostat.

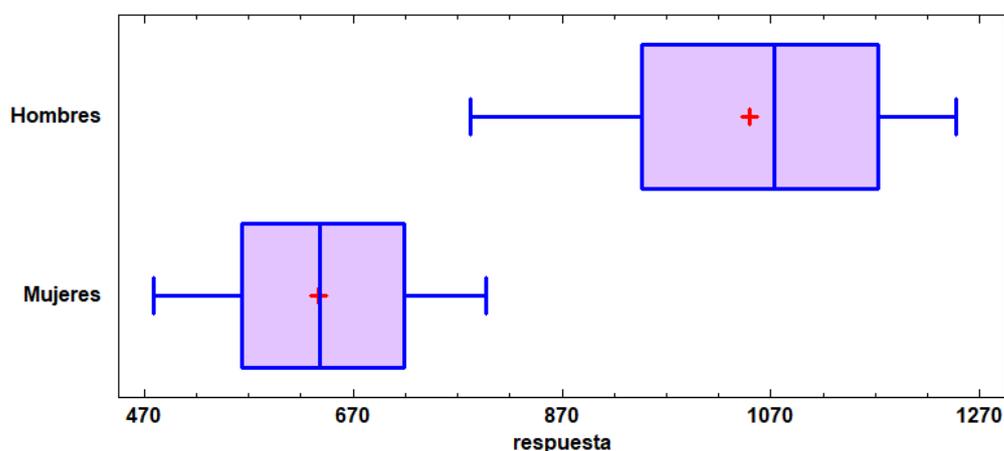
### Análisis estadístico

Se van a realizar un análisis univariante y bivariante simultáneamente ya que en cada caso se va a analizar el sexo y las altas y bajas de jubilación. Se realizarán los análisis por separado y comparando las variables consideradas entre sí. De este modo se realizará un tanto de las correlaciones y dependencias existentes en la base de datos, a la vez que se resumirá la información, detectando y comparando valores medios (o medianos), viendo las deferencias en la dispersión de los datos en cada caso, y sobre todo tratando de detectar información errónea o distorsionada mediante la búsqueda de puntos anómalos.

Por otro lado, se pretende realizar predicciones del valor esperado de las pensiones en función de tiempo (nivel estatal con modelos ARIMA), y de los factores que se espera que afecten al valor de las mismas (nivel europeo modelos de regresión múltiple).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El resultado más destacable del análisis univariante y bivariante es la brecha significativa entre el valor de las pensiones entre hombres y mujeres (Tabla 1), con datos tomados desde enero del 2005 a febrero del 2018. Se puede ver que el máximo valor medio que cobran las mujeres en España coincide con lo que cobraban los hombres hace 15 años (Figura 1).



**Figura 1.** Gráfico de cajas y bigotes del valor medio de las pensiones en dos grupos, hombres y mujeres, con datos desde 2005 a 2018.

**Tabla 1.** Prueba de Kruskal- Wallis para diferenciar entre el valor de las medianas para los grupos de hombres y mujeres.

	<i>Tamaño de Muestra</i>	<i>Rango Promedio</i>
Hombres	158	237,297
Mujeres	158	79,7025

Estadístico = 235,043 Valor-P = 0

En cuanto a la series temporales, destacar que se consigue modelizar el valor medio en general de las pensiones con un modelo ARIMA (0,1,0)x(0,2,1) con constante, con una desviación estándar estimada de ruido blanco = 1,36603. El valor de las predicciones (Tabla 2) revela una ligera tendencia alcista, pero muy poco acusada, con lo que la pérdida de poder adquisitivo de los pensionistas seguirá agravándose, a no ser que se tomen medidas al respecto.

**Tabla 2.** Predicciones Medias del valor de las pensiones en España (en miles de €) con el modelo ARIMA (0,1,0)x(0,2,1) con constante.

Periodo	Pronóstico	Inferior	Superior	2017	2018
mar-18	933,334	930,586	936,081	916,61	933,57
abr-18	934,452	930,566	938,337	917,71	934,63
may-18	936,415	931,657	941,174	919,55	936,60
jun-18	937,062	931,568	942,557	920,22	

Por último, se plantean dos modelos de regresión múltiple para evaluar la inversión de los diferentes países en Europa en los sistemas de pensiones en función de las siguientes variables: Tasa de dependencia (Cada 100 personas), Población activa (15 a 25 años) en %, Total, población activa (%), población activa (55 a 65 años) en %, PIB (en millones), Salario mínimo (euros/mes), IPC, y Beneficiarios (personas). Como es evidente que estas variables no van a cumplir el principio de independencia para entrar en un modelo de regresión múltiple, se reagrupan en Componentes Principales (Tabla 3), generando nuevas variables independientes entre sí.

**Tabla 3.** Pesos de los componentes principales para la regresión múltiple

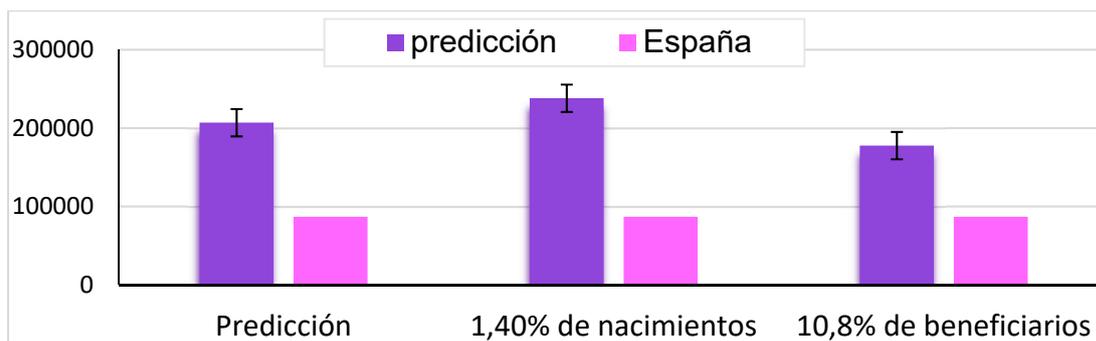
	CMPWGT_1	CMPWGT_2	CMPWGT_3	CMPWGT_4
	Pesos de Componente	Pesos de Componente	Pesos de Componente	Pesos de Componente
tasa de natalidad	0,481047	-0,0562922	0,198506	-0,178831
Esperanza de vida	0,143402	0,339242	0,0954106	0,550518
tasa de dependencia	0,0155858	0,240166	-0,589581	-0,117357
población activa (15 a 25 años)	-0,0444122	0,495443	0,382579	0,129282
total población activa	-0,084278	0,487872	-0,0605556	-0,163327
población (activa 55 a 64 años)	-0,100045	0,534314	0,0679023	-0,214937
PIB	0,454516	0,200248	-0,137454	-0,0566348
salario minimo	0,239994	-0,0396959	-0,123188	0,703303
paro	0,443889	-0,0392717	-0,0737559	-0,130708
ipc	0,174326	-0,0721246	0,625761	-0,135007
BENEFICIARIOS	0,486923	0,0816978	-0,134745	-0,168628

El mejor modelo se obtiene prescindiendo de los datos de España, ya que éstos suponen un punto anómalo (1), consiguiendo un ajuste del 96,40%. Aun así, modificando la estructura del modelo inicial se consigue una propuesta que incluya los valores de España (2) a costa de perder ajuste  $R^2=93,81\%$ .

$$\frac{pensión}{PCOMP\_1^{0.5}} = \frac{38429,3*1}{PCOMP\_1^{0.5}} + \frac{7508,9*PCOMP\_1}{PCOMP\_1^{0.5}} + \frac{23756,4*PCOMP\_2}{PCOMP\_1^{0.5}} \quad (1)$$

$$pensión = 46600 + 39237,1PCOMP\_1 \quad (2)$$

Al realizar las predicciones con los valores que debería tener un país que se comportase como el resto de Europa, con las características de España, se observa que el modelo de pensiones dista mucho de lo que debería ser, y que se invierte menos de la mitad de lo que harían con otros modelos en Europa (Figura 2).



**Figura 2.** Gráfico de la predicción con el modelo sin España, con los datos de las Xi del país eliminado, y aumentando 1,40% los nacimientos o 10,8% los beneficiarios.

## CONCLUSIONES

Respecto a la media del valor de las pensiones en España cabe señalar la diferencia que hay entre la media de los hombres y las mujeres ya que la diferencia es muy elevada, se puede entender que la diferencia viene porque a principios del siglo XX las mujeres no trabajaban, por tanto, no cotizaban, lo mismo que los hombres, pero, por consiguiente, la diferencia de medias en los próximos años debería disminuir ya que desde hace décadas las mujeres están cotizando igual que los hombres. Por otro lado, después de realizar las regresiones múltiples, se vuelve a corroborar, que las pensiones no son sostenibles ya que, destacamos respecto al resto de Europa negativamente ya que el único país que nos daba problemas para hacer los modelos válidos. Se puede afirmar que solo aumentado la población activa no sería una solución ya que, si nos basamos en los resultados de las predicciones, es verdad que las pensiones mejorarían mucho, pero aún no llegaríamos a poder destinar la cantidad que la previsión nos indica. A la vez, basándonos en las predicciones si el total de beneficiarios se redujera, no alcanzaríamos la cifra que la predicción nos señala, pero estaríamos cerca. España debería aumentar la población activa, generar trabajos, para a la vez aumentar la producción, y así incrementar el PIB para poder hacer frente a que todos tuvieran unas pensiones dignas.

## REFERENCIAS

- [1] [https://www.elespanol.com/espana/politica/20171201/266224191\\_0.html](https://www.elespanol.com/espana/politica/20171201/266224191_0.html) (última consulta junio 2018)
- [2] [http://www.seg-social.es/Internet\\_1/Normativa/index.htm?dDocName=150460](http://www.seg-social.es/Internet_1/Normativa/index.htm?dDocName=150460) (última consulta junio 2018)

## Caracterización de la diabetes gestacional en el Hospital de Alcoy

**P. Miró-Matínez<sup>(1)</sup>, P. Navarro-Téllez<sup>(2)</sup>, B. Micó-Vicent<sup>(1)</sup>, S. Oltra-Crespo<sup>(3)</sup>,  
J. Jordán-Núñez<sup>(1)</sup>, R. Falip-Barangue<sup>(2)</sup>, N. Añó-Bernat<sup>(2)</sup>, M.L. Martínez-Santamaría<sup>(2)</sup>, C. Sellés-López<sup>(2)</sup>**

*(1) Departamento de Estadística e Investigación Operativa Aplicadas y Calidad, Universitat Politècnica de València, Campus d'Alcoi  
Plaza Ferrándiz y Carbonell s/n, Alcoi, (Alicante)  
e-mail: jorjornu@eio.upv.es*

*(2) Departamento de Endocrinología y Nutrición, Hospital Virgen de los Lirios de Alcoy  
Calle Caramanxel s/n, Alcoy, (Alicante)*

*(3) Departamento de Matemática Aplicada, Universitat Politècnica de València, Campus d'Alcoi  
Plaza Ferrándiz y Carbonell s/n, Alcoi, (Alicante)*

### RESUMEN

El departamento de Endocrinología y Nutrición del hospital de Alcoy emplea en la actualidad los criterios del National Diabetes Data Group (NDDG) para el diagnóstico de la Diabetes Gestacional (DG). Se ha detectado algunas carencias en el criterio que pueden estar dejando sin atender a pacientes que quizás lo necesiten. El objetivo que se plantea trata de evaluar la necesidad y consecuencias de cambiar el criterio por el propuesto por Carpenter y Coustan. Se cree que es necesaria la evaluación del incremento en la prevalencia de DG, al emplear los nuevos criterios en cuanto al consumo de recursos en general. Además, valorar el beneficio para las pacientes que en la actualidad no reciben tratamiento para la DG. En caso de que el grupo no tratado tenga un peor pronóstico que las pacientes diagnosticadas actualmente con los criterios de la NDDG, indicaría que es necesario un cambio de criterio de diagnóstico independientemente del coste requerido.

### INTRODUCCIÓN

En los últimos tiempos ha habido una evolución negativa en la obesidad de las mujeres conjuntamente con la Diabetes Mellitus (DM) tipo 2, que ha variado la diabetes en gestantes. El sufrimiento de DM tipo 2 en mujeres de menor edad y el retraso en la edad de embarazo genera una prevalencia de mujeres con DM tipo 2 pregestacional que no se detecta hasta la primera analítica del embarazo [1,2].

Tradicionalmente, en caso de detección de cambios en la glucosa de cualquier clase por primera vez durante la gestación, se diagnosticaba como una DG [1,3]. En la actualidad, una gestante diagnosticada por primera vez durante los tres primeros meses no se clasifica como DG sino como Diabetes Pre-Existente que suele ser DM tipo 2 en un elevado porcentaje de los casos, que tiene un pronóstico de riesgo de malformaciones congénitas y pérdida del feto. Ésta es por tanto distinta a la tradicional DG que puede generar macrosomía por hiperinsulinismo fetal, enfermedad hipertensiva, hipoglucemia neonatal y muchos más riesgos [1,4]. Por ello, resulta necesario encontrar algún criterio o herramienta que logre diagnosticar a esas gestantes que son diabéticas pregestacionales [1].

El riesgo para la madre y el feto relacionado con el exceso de glucemia es continuo, por este motivo, permanece en el aire el debate acerca del cambio de criterios para el diagnóstico de la sobrecarga oral de glucosa. Cambiar de los criterios del NDDG a los criterios de Carpenter y Coustan produciría un aumento sustancial de la cantidad de mujeres que serían diagnosticadas con DG.

Los objetivos propuestos en este trabajo son:

- Descripción de las características de la población de mujeres gestantes atendidas en el hospital de Alcoy.
- Asociación Diabetes-Embarazo.
- Pronóstico materno-fetal de las mujeres atendidas.

## MÉTODOS EXPERIMENTALES Y RESULTADOS

### Descripción de la muestra

Se trabaja con un base de datos facilitada por el Hospital Virgen de los Lirios de Alcoy que cuenta con mujeres gestantes con fecha de parto prevista durante el año 2016. Consta de 965 mujeres, de las cuales se descartan 127 (12 por aborto, 20 no estudiadas, 95 mal estudiadas). De las 838 gestantes que están bien estudiadas 46 presentaron DG y NDDG, 792 no tenían DG. Las gestantes se clasifican en tres grupos que se describen en la Tabla 1:

- Clase 1: madres que mantienen el metabolismo de la glucosa.
- Clase 2: mujeres diagnosticadas según los criterios NDDG, y que se las ha tratado.
- Clase 3: mujeres clasificadas como solo por los nuevos criterios de Carpenter y Coustan que no han recibido tratamiento.

**Tabla 1.** Descripción de las características de las mujeres por Clases. p3 comparación de los tres grupos (Anova). p1-2 comparación Grupo 1 y Grupo 2. p1-3 comparación Grupo 1 y Grupo 3. p2-3 comparación Grupo 2 y Grupo 3. \*se han considerado solo gestaciones únicas.

Clasificación	Clase 1	Clase 2	Clase 3	p <sup>3</sup>	p <sup>1-2</sup>	p <sup>1-3</sup>	p <sup>2-3</sup>
N (%)	774 (92,4)	46 (5,5)	18 (2,1)				
Edad	32,0 ± 5,3	35,2 ± 4,4	31,6 ± 4,0	< 0,01	< 0,01	0,76	0,014
Edad≥35	29,2%	58,7%	22,2%	<0,01	<0,01	0,52	<0,01
IMC	23,9±4,3	27,1±6,7	27,6±7,8	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,68
IMC≥30	9,6%	26,1%	33,3%	<0,01	<0,01	<0,01	0,56
RN vivo previo	52,7%	63,0%	38,9%	0,49	0,38	0,56	0,08
TRA Si	6,2%	11,4%	0%	0,22	0,18	0,29	0,14
Caucasiana	82,6%	75,0%	82,4%	0,44	0,20	0,97	0,54
HTAi	2,7%	6,7%	5,6%	0,26	0,13	0,47	0,87

Gemelar	1,2%	6,7%	0%	0,01	0,03	0,64	0,26
Cesáreas*	26,7%	38,1%	44,4%	0,075	0,11	0,094	0,64
EG media*	39,5±1,7 Me=39,71	39,1±2,0 Me=39,35	39,1±1,6 Me=39,21	0,27 0,69			
EG < 37 sem*	5,7%	11,9%	11,1%	0,18	0,1	0,33	0,93
PRN > 4kg*	5,2%	0%	22,2%	0,002	0,13	0,002	0,002
PRNP > 90*	12,4%	12,2%	27,8%	0,16	0,96	0,055	0,14
PRN < P10*	16,5%	7,3%	5,6%	0,14	0,12	0,22	0,80
Apgar < 7*	2,2%	0%	11,1%	0,02	0,35	0,01	0,03
Muerte > 20 sem – 28d postnatales*	0,4%	2,4%	5,6%	<0.01	0,07	<0.01	0,54
Ingreso Unidad Neonatal*	7,5%	15,0%	5,6%	0,22	0,08	0,75	0,31

### Modelo de regresión logística

Se ha estimado un modelo de regresión logística con el fin de determinar qué factores pueden ayudar a clasificar entre las gestantes que se diagnosticarían con cada criterio.

**Tabla 2.** Resultados del modelo de regresión logística.

Observado	Pronostico		Porcentaje
	Diabetes		
	DG x NDDG	DG CC	
DG x NDDG	28	14	66,7
DG CC	6	12	66,7
% global			66,7

En la Tabla 2 se muestran los resultados del modelo de regresión logística que, aunque no se trata de un elevado ajuste, permite clasificar entre los dos grupos. Se ha empleado un punto de corte de 0,25 para la clasificación entre grupos.

## DISCUSIÓN

Se encuentran diferencias significativas en cuanto a la edad media de las mujeres que reciben o no técnicas de reproducción asistida ya que el resultado del test de comparación de medias (ANOVA) entre los grupos de mujeres con una media de edad de  $36,83 \pm 4,62$  y  $32,18 \pm 5,17$  años, da un p-valor inferior a 0,05. Además, se observa que de las mujeres con gemelares el 73,3% reciben TRA. Como cabía esperar reciben TRA un porcentaje superior de las mujeres de mayor edad. Las cesáreas se aplican con diferencias significativas también, a los grupos clasificados como prematuros (p-valor < 0,01), pero no se pueden relacionar las intervenciones con cesárea y la macrosomía de los bebés. Hay diferencias entre las mujeres diagnosticadas con el criterio convencional NDDG y el nuevo criterio plantado de Carpenter y Coustan. En concreto 18 mujeres que no han sido tratadas en base a los criterios de DG pasarían a ser tratadas, incrementando cerca del 40% el diagnóstico con respecto a los criterios iniciales. La DG se diagnostica en una edad media de  $23,5 \pm 6,8$  semanas y las pacientes diagnosticadas inician el tratamiento con una edad media de dos semanas. Todas las pacientes que se diagnostican se les aplica tratamiento con dieta y ejercicio y además con insulina, pero ninguna es tratada con hipoglucemiantes orales.

## CONCLUSIONES

Se ha concluido finalmente que el cambio de criterio de NDDG a Carpenter y Coustan es realmente necesario, ya que se demuestra que mejora la detección en mujeres con Diabetes Gestacional de forma más eficaz, con lo que se las podrá poner en tratamiento antes de que produzca problemas serios en el feto. El tratamiento precoz que permite el nuevo criterio disminuirá la morbilidad perinatal, y disminuirá los costes que derivan del tratamiento requerido cuando no se logra un diagnóstico con la suficiente antelación.

## AGRADECIMIENTOS

A la Fundació per al Foment de la Invetigació Sanitaria i Biomédica de la Comunitat Valenciana, y al Campus d'Alcoi de la UPV, por conceder y cofinanciar la Ayuda para acciones preparatorias de apoyo a la exploración y formulación de proyectos de investigación o de innovación coordinada (UPV-FISABIO), al proyecto de Diabetes Gestacional.

## REFERENCIAS

- [1] Classification and Diagnosis of Diabetes: Standards of Medical Care in Diabetes. American Diabetes Association. Diabetes Care 2018, 41(suppl.1):S13-S27 (2018).
- [2] Lawrence J.M., Contreras R., Chen W., Sacks D.A., Trends in the prevalence of preexisting diabetes and gestational diabetes mellitus among a racially/ethnically diverse population of pregnant women 1999-2005. Diabetes Care 2008; 31:889-904 (2008).
- [3] Expert Committee on the Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus. Diabetes Care; 20 :1183-1197 (1997).
- [4] Toth E.L., Keith K.L., Littlechild R., et al. High frequency of Pre-Existing type 2 Diabetes in a series of pregnant women referred for « Gestational Diabetes » in a large Canadian indigenous community. Can J Diabetes; 40 :487-489 (2016).

## **mshw : software de previsión de demanda eléctrica basado en Holt-Winters múltiple Estacional**

**O. Trull, J.Carlos García-Díaz**

*Departamento de Estadística e Investigación Operativa Aplicadas y Calidad,  
Universitat Politècnica de València  
e-mail: otrull@eio.upv.es*

### **RESUMEN**

La precisión en la realización de pronósticos para la demanda eléctrica a corto plazo es un factor clave en la gestión del sistema eléctrico español. La energía producida debe estar en consonancia con la demandada, y cualquier desfase entre ambas produce grandes pérdidas para los productores y distribuidores. Como consecuencia de ello, se está realizando un esfuerzo enorme por parte de las administraciones y empresas por producir metodologías y software que realice mejores previsiones.

En este documento se presenta una herramienta de dedicada a la previsión de demanda eléctrica basado en modelos de Holt-Winters múltiple estacionales y se muestra su funcionamiento y resultados.

### **INTRODUCCIÓN**

La necesidad de los operadores del sistema de realizar previsiones más precisas para ajustar los programas de producción a la demanda real motiva el desarrollo de nuevos modelos de predicción basados en series temporales. Weron analiza las principales metodologías y los factores que influyen en la demanda [1]. Los modelos utilizados tradicionalmente por el operador del sistema español, Red Eléctrica de España (REE), se basan en sistemas complejos ARIMA con gran variedad de parámetros exógenos. Cancelo et al. [2] describen el sistema de trabajo y cómo existen 24 modelos de previsión horaria y un modelo diario para más largo plazo. Otras técnicas se basan en modelos de espacios de estado.

Sin embargo, particularizando para la demanda eléctrica, el análisis sobre la fuerte componente estacional implica que los modelos de Holt-Winters sean muy adecuados para esta tarea (Taylor and McSharry [3]). Y en concreto, la inclusión de modelos con más de una estacionalidad (Taylor [4,5]) supone una mejora sustancial en la precisión. El desarrollo de software específico para este tipo de metodología no está muy difundido. Únicamente R en su paquete forecast [6] incluye una versión muy simple doble estacional de Holt-Winters, y modelos basados en los espacios de estado. García-Díaz y Trull [7] generalizan este modelo.

En este documento se presenta una nueva aplicación, construida como una toolbox del software MATLAB (The Mathworks, Inc.) para el estudio y explotación de los modelos desarrollados. Se describe su funcionamiento y los métodos de validación realizados.

## IMPLEMENTACIÓN

En la actualidad el único software que incluye modelos de Holt-Winters doble estacional es R. De hecho, es el único software que incluye modelos con más estacionalidades. Únicamente, algunas aplicaciones como ECOTOOL [8] desarrollan modelos ARIMA múltiple estacionales.

Para la implementación se usó MATLAB. Este software tiene una gran serie de ventajas sobre el resto de lenguajes de programación:

- Está pensado específicamente para desarrollos matemáticos.
- El lenguaje es de alto nivel.
- Dispone de una gestión excelente de matrices de tamaños significativos.
- 

Teniendo en cuenta que las series temporales que se trabajan pueden tener del orden de 300.000 datos, esta opción fue la elegida. El formato inicial era con ventanas, pero se decidió trabajar en formato de comandos para poder ampliar el desarrollo de sus posibilidades.

### Modelos de Holt-Winters múltiple estacionales

La implementación incluye todos los modelos definidos en [7]. Se incluyen hasta un total de 30 modelos múltiple estacionales descritos en la Tabla 1. Estos modelos además se han implementado con la posibilidad de realizar estacionalidades móviles de intervalo discreto (DIMS), intervenciones, y el uso de covariables.

**Tabla 6.** Resumen de los modelos implementados. Notación utilizada: La primera letra define el método de tendencia (N: None, A:Aditiva, d:Ad. Amortiguada, M:Multiplicativa, D:Mult. Amortiguada); la segunda para el método estacional (N: None, A:Aditiva, M:Multiplicativa) y la última para el ajuste AR(1) (L: sin ajuste, C: ajustada).

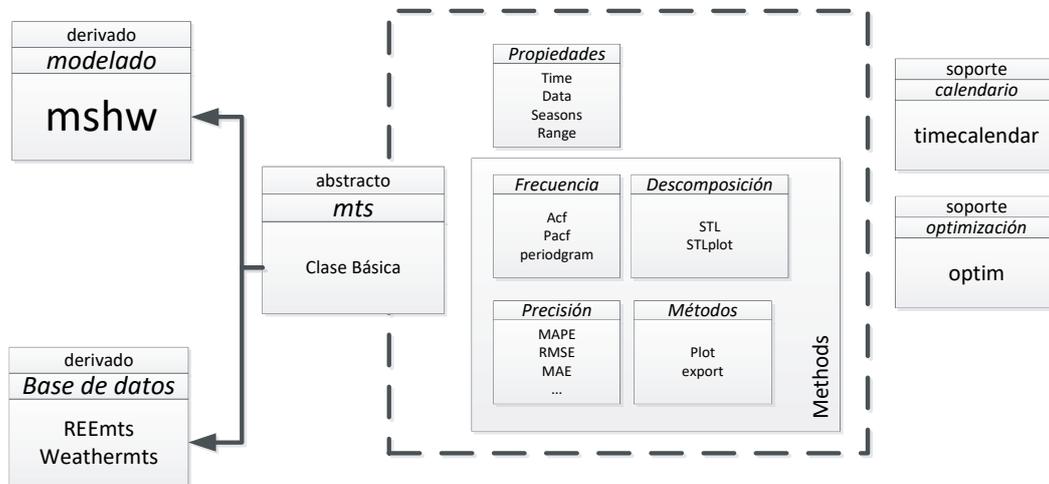
Estacional Tendencia	Ninguna	Aditiva	Multiplicativa	Ninguna	Aditiva	Multiplicativa
	Normal			AR(1) Ajuste		
Ninguna	NNL	NAL	NML	NNC	NAC	NMC
Aditiva	ANL	AAL	AML	ANC	AAC	AMC
Aditiva amort.	dNL	dAL	dML	dNC	dAC	dMC
Multiplicativa	MNL	MAL	DML	MNC	MAC	MMC
Multiplicativa amort.	DNL	DML	DML	DMC	DAC	DMC

Además, se necesitan establecer semillas para la inicialización de los modelos. Segura y Vercher [9] realizan una recopilación que será la base para la implementación de la aplicación.

### Estructura de la aplicación

La aplicación está estructurada en clases que parten de una clase base denominada *mts*. Esta clase es la que dispone de las funciones fundamentales de la serie. Guarda los datos, gestiona las descomposiciones y trabaja los indicadores de precisión y gráficos. Derivando de ella se encuentran dos tipos de clases: *mshw*, encargada de realizar la modelización, optimización y pronósticos utilizando la metodología de Holt-Winters y otras que se encargan de gestionar las bases de datos como fuentes de las series temporales. Adicionalmente existen clases soporte, de las que destacan la clase *timecalendar*, utilizado para los eventos especiales, y *optim*, dedicada a la optimización.

En la Figura 1 se puede apreciar esta organización.



**Figura 4.** Organización estructural de clases de la aplicación. La clase básica *mts* en el centro, con clases soporte a la derecha del gráfico. En la izquierda, clases derivadas de *mts*. En los cuadros se nombra el objeto de cada clase.

### Ensayos de validación

Para validar la aplicación se ha trazado un plan de validación. Este plan tiene como objetivo poder determinar el buen funcionamiento de la aplicación y su resultado para la explotación. Se realizaron comparativas entre los pronósticos dados por la aplicación y las alternativas: el modelo propuesto por Taylor y el software R. Hay que tener en cuenta que no sólo los modelos debían ser adaptados, sino también los métodos de inicialización y optimización. La comparación se realizó mediante el indicador de precisión de los pronósticos más común, el MAPE (Mean Average Percentage Error). La Figura 2 muestra los resultados obtenidos. Se puede apreciar cómo la precisión de las previsiones realizadas con los diferentes modelos se encuentra en un rango de error inferior al propuesto por la aplicación R, y al mismo nivel y en algunos casos superando al propuesto por Taylor.

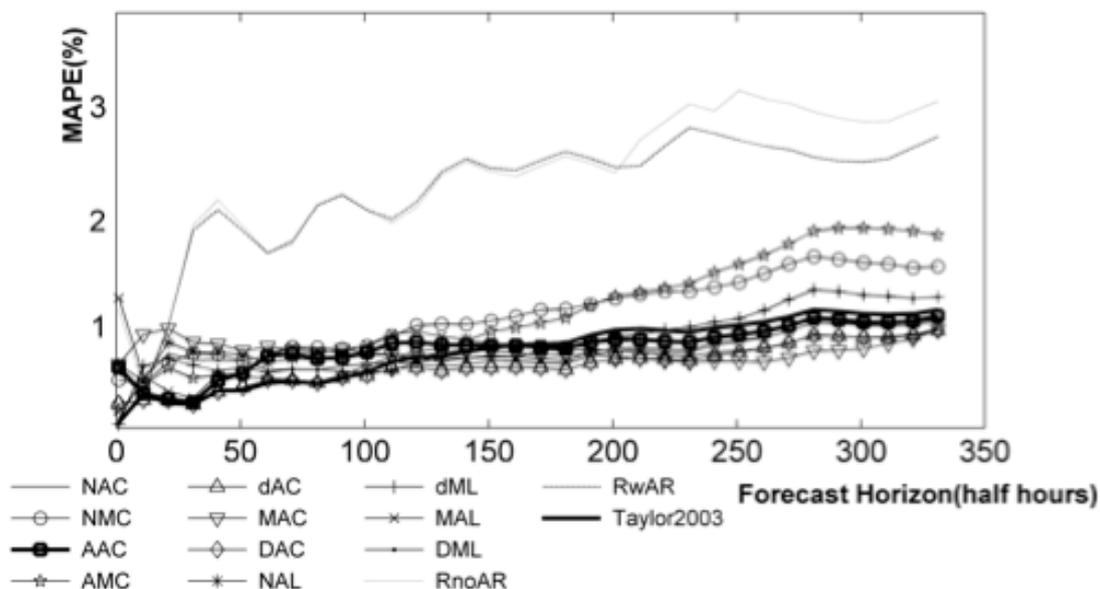
Del mismo modo se realizaron ensayos con 2 y 3 estacionalidades.

### CONCLUSIONES

Los ensayos muestran que la aplicación es una aplicación estable para la realización de pronósticos. Los pronósticos ofrecidos por el software reflejan un error en la predicción por debajo del software actual.

Además, la utilización de más de dos estacionalidades es una opción no disponible en otras aplicaciones. Además, la posibilidad de utilizar estacionalidades discretas permite un abanico amplio de posibilidades que está en exploración, como la modelización de eventos especiales y situaciones como Pascua, Navidades, etc.

En futuros trabajos se debe poner especial énfasis en la utilización de covariables y poder introducir conceptos de temperatura en el modelo.



**Figura 5.** Comparativa de la precisión de pronósticos para los modelos utilizados por la aplicación frente a alternativas disponibles (software R, propuesta inicial de Taylor).

## REFERENCIAS

- [1] Weron R. Modeling and Forecasting Electricity Loads and Prices: A Statistical Approach. Chichester, England: Wiley; (2006).
- [2] Cancelo JR, Espasa A, Grafe R. Forecasting the electricity load from one day to one week ahead for the Spanish system operator. *Int J Forecast* 2008;24:588-602. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.ijforecast.07.005 (2008).
- [3] Taylor JW, McSharry PE. Short-term load forecasting methods: An evaluation based on european data. *Power Syst IEEE Trans* ;22:2213-9.(2007).
- [4] Taylor JW. Short-term electricity demand forecasting using double seasonal exponential smoothing. *J Oper Res Soc* ;54:799-805.(2003).
- [5] Taylor JW. Triple seasonal methods for short-term electricity demand forecasting. *Eur J Oper Res* 2010;204:139-52. doi:10.1016/j.ejor.10.003. (2009).
- [6] Hyndman RJ, Khandakar Y. Automatic time series forecasting: The forecast package for R. *J Stat Softw*. doi:10.18637/jss.v027.i03 (2008).
- [7] García-Díaz JC, Trull Ó. Competitive Models for the Spanish Short-Term Electricity Demand Forecasting. En: Rojas I, Pomares H, editores. *Time Ser. Anal. Forecast. Sel. Contrib. from ITISE Conf.*, Cham: Springer International Publishing; p. 217-31. doi:10.1007/978-3-319-28725-6\_17 (2016).
- [8] Pedregal DJ, Contreras J, de la Nieta AAS. ECOTOOL: A general MATLAB Forecasting Toolbox with Applications to Electricity Markets :151-71. doi:10.1007/978-3-642-23193-3\_6 (2012).
- [9] Segura J V, Vercher E. A spreadsheet modeling approach to the Holt–Winters optimal forecasting. *Eur J Oper Res* ;131:375-88. doi:http://dx.doi.org/10.1016/S0377-2217(00)00062-X (2008).

## Diseño simulación y análisis de una guía de triskate

**V. Sanz, M.A. Sellés, S. Sánchez-Caballero**

*Departamento de Ingeniería Mecánica y de Materiales, Universitat Politècnica de València, Campus d'Alcoi. Plaza Ferrandiz y Carbonell s/n, Alcoi (Alicante)  
email:maselles@dimmm.upv.es*

### RESUMEN

El patinaje en línea esta constantemente en evolución desde sus primeras apariciones en el siglo XVIII, pero es en los últimos años donde ha aparecido una de las revoluciones más importantes, la aparición del triskate. El triskate es un patín que solo incorpora tres ruedas, las cuales tienen un diámetro bastante elevado que permite alcanzar mayores velocidades y reducir el esfuerzo de empuje en cada movimiento debido a la reducción del número de ruedas. Se ha diseñado un chasis que permite aumentar la sensación de estabilidad y maniobrabilidad de la que suele carecer dicho tipo de patines, sin renunciar a elevadas velocidades de patinaje.

### INTRODUCCIÓN

Los triskate fueron algunos de los prototipos que aparecieron primeramente al comienzo del desarrollo del patinaje en línea, pero por la falta de avances tecnológicos, sobre todo en materiales, quedaron relegados. Es a partir de 2013 cuando vuelven a aparecer en competiciones internacionales, donde se demuestra que pueden ser más rápidos que los patines utilizados en la actualidad en los campeonatos mundiales, y es entonces donde empieza la batalla para conseguir diseñar un patín de triskate que convenza a toda la sociedad por diseño y prestaciones.

El uso de este tipo de patines está restringido a patinadores con un nivel más avanzado, debido a la dificultad de controlar el patín a altas velocidad donde se reduce drásticamente su maniobrabilidad y estabilidad. Uno de los objetivos principales es conseguir un chasis que pueda cubrir las necesidades de los patinadores más exigentes, pero a la vez que permita ser manejado por cualquier usuario de patines de nivel medio que desee mejorar su técnica y adentrarse en nuevos retos, sin renunciar a ofrecer un producto económico [1-4].

Por todo ello se decidió diseñar un chasis que pudiese combinar el uso más fitness o freeskate, con un patinaje más centrado en la velocidad. El resultado fue un chasis que permite el montaje de 4 ruedas de 80mm de diámetro o 3 ruedas de 110 mm.

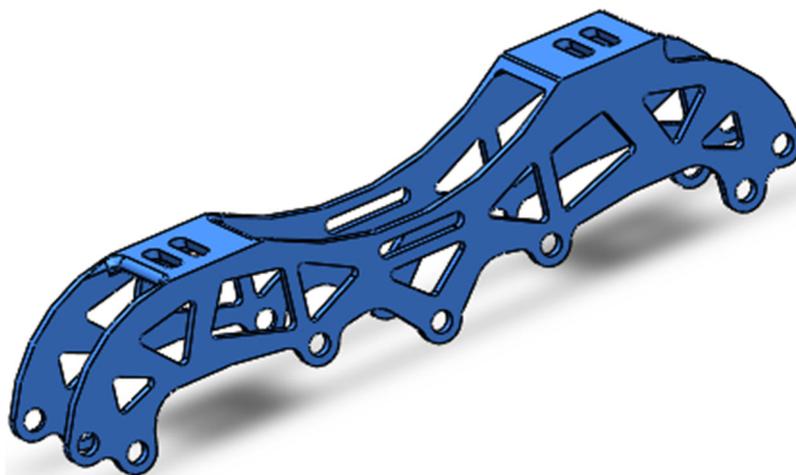
### MÉTODOS EXPERIMENTALES

#### Diseño

Para realizar el diseño CAD del chasis se recurrió al uso del software de dedicado para ello SolidWorks (Figura 1). En él, no solo se realizará el diseño, sino que servirá de apoyo para realizar los cálculos de las distintas simulaciones realizadas. Se realizarán

simulaciones de cargas estáticas para ambos usos del chasis, simulaciones de impacto según la norma UNE-EN 13843:2010 y dos simulaciones aerodinámicas.

El diseño está realizado para ser usado con los complementos que existen actualmente en el mercado, para que puede acoplar a la perfección y resulte un producto más económico.



**Figura 1.** Diseño CAD del chasis estudiado

### Simulaciones realizadas

Para corroborar la integridad de la pieza dándole el uso para el que está destinada y satisfacer las necesidades del consumidor, se realizaron diversas simulaciones, las cuales mostrarían la respuesta del chasis frente a diversas situaciones.

El primer ensayo realizado fue de cargas estáticas en las que se simularía la fuerza realizada por el patinador sobre el chasis. Los resultados fueron plenamente satisfactorios. Se realizó la simulación con el peso de una persona de 100kg. El estudio fue realizado con la teoría de las tensiones de Von Mises (Tabla 1).

**Tabla 1.** Tabla de resultados del análisis estático

Simulación estática del peso del patinador			
Diseño con tres ruedas	Valor	Diseño con cuatro ruedas	Valor
Tensión máxima	34,3 Mpa	Tensión máxima	35,5 MPa
Tensión mínima	0,065MPa	Tensión mínima	0,0096 Mpa
Deformación máxima	0,027mm	Defromación máxima	0,025mm

Teniendo en cuenta la normativa vigente que rige al patinaje en línea, se debían realizar dos estudios de impacto uno frontal y otro vertical, en este caso con todos los componentes del patín montados (Tabla 2).

Por último, se debía conocer la reacción del chasis frente a la acción del viento, para obtener resultados sobre su maniobrabilidad y estabilidad y de su resistencia al viento para obtener mayor velocidad (Tabla 3).

**Tabla 2.** Tabla de resultados simulaciones de impacto

Simulación de impacto frontal			
Diseño con tres ruedas	Valor	Diseño con cuatro ruedas	Valor
Tensión máxima	307 Mpa	Tensión máxima	281 Mpa
Tensión mínima	0,18 MPa	Tensión mínima	0,24 Mpa
Deformación máxima	1,01mm	Deformación máxima	1,1mm
Simulación de impacto vertical			
Diseño con tres ruedas	Valor	Diseño con cuatro ruedas	Valor
Tensión máxima	426 Mpa	Tensión máxima	364 Mpa
Tensión mínima	0,16 Mpa	Tensión mínima	0,14 Mpa
Deformación máxima	1,1mm	Deformación máxima	0,8mm

**Tabla 3.** Tabla de resultados de la simulación aerodinámica

Simulación de aerodinámica			
Aerodinámica frontal	Valor	Aerodinámica lateral	Valor
Presión máxima	283 Pa	Presión máxima	978 Pa
Fuerza frontal	0,141N	Fuerza lateral	0,711 N
Coeficiente aerodinámico	0,357	Coeficiente aerodinámico	2,15

### Selección de materiales y proceso de fabricación

Una de las decisiones más importantes en este proyecto fue la de decidir el material para la fabricación del chasis. Debía ser un material ligero, pero a la vez lo más resistente posible, con unas buenas propiedades mecánicas y con un precio ajustado. Se pasó a la filtración de todas esas características en un software dedicado a la selección de los materiales y a sus procesos de fabricación llamado CES Edupack. El programa restringió los parámetros introducidos y proporcionó un pequeño listado con los materiales posibles, principalmente materiales compuestos con fibra de vidrio y de carbono, aluminios y titanios. Por los objetivos principales del proyecto se seleccionó el aluminio 7075 con un tratamiento térmico T6 (Tabla 4).

**Tabla 4.** Tabla resumen de propiedades del material seleccionado

ALUMINIO 7075-T6	
Módulo de Young	76 Gpa
Límite elástico	480 Mpa
Límite de rotura	540 MPa
Coeficiente de Poisson	0,33
Dureza Brinell	165 HB
Resistencia a propagación de grietas (impacto)	26,8 MPa.m <sup>0,5</sup>
Densidad	
2800 kg/m <sup>3</sup>	

Con el material seleccionado, debía elegirse el proceso productivo que mejor se adaptase al material y al diseño de la pieza. Fueron diversos procesos los estudiados, dos procesos de procesado de chapa para crear cada una de las caras de la pieza, bien por corte por agua o realizando la forma con una troqueladora. Una vez obtenidas las caras se procedería a la unión mediante soldadura. El otro proceso estudiado fue el

mecanizado, el cual fue el elegido finalmente debido a las características de acabado y de reducción de tiempos al realizarlo toda la fabricación con un solo proceso, además la soldabilidad del aluminio seleccionado es muy baja lo que incrementaría su coste de fabricación con los anteriores procesos.

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en las simulaciones fueron satisfactorios ya que en ninguna de ellas se supera la tensión máxima elástica del material seleccionado, con lo que se asegura la integridad de chasis al hacer un uso continuado del mismo.

Se consiguió bajar el centro de masas al máximo para incrementar la estabilidad del patinador, optimizando al máximo la altura del chasis con el diámetro de las ruedas. Las perforaciones realizadas en los laterales permiten mantener la estabilidad del patín frente a rachas de viento lateral, además de contribuir enormemente a la reducción de peso del chasis, que se redujo finalmente hasta los 170g, convirtiéndose en una de las más ligeras del mercado y la única capaz de incorporar diferentes números de ruedas con diferentes tamaños.

## AGRADECIMIENTOS

El autor desea agradecer al profesor director de este trabajo de final de grado Miguel Ángel Sellés Cantó, de la Universitat Politècnica de València, su ayuda inestimable y su aporte de conocimientos e ideas para conseguir un resultado plenamente satisfactorio del proyecto. También agradecer a la empresa Mecanizados Fransal S.L su aportación en conocimientos técnicos para la selección del material y posterior fabricación del chasis. Por último, dar las gracias a la tienda Rollertown de Granada por sus aportaciones sobre las características fundamentales del mundo del patinaje en línea.

## REFERENCIAS

- [1] Ossa, J. A. V., Goez, L. M. B., and Peña, J. G. D. Revista Politécnica, 10(19), 47-53. (2015).
- [2] De Koning, J. J., Foster, C., Lampen, J., Hettinga, F., and Bobbert, M. F. Journal of Applied Physiology, 98(1), 227-233 (2005).
- [3] Chartier, A. Rollerlignage In press .<http://www.rollerlignage.com/articles-473-histoire-du-roller-et-du-patin-a-roulettes-de-1760-a-nos-jours.html> (2015)
- [4] Patineros.Blogspot In press. <http://patineros.blogspot.com.es/2015/01/diccionario-de-patinaje-en-linea.html> (2018).

## El efecto humping en la soldadura láser.

**J. Paralera<sup>(2)</sup>, J.E. Crespo<sup>(1)</sup>, F. Parres<sup>(1)</sup>**

*(1) Departamento de Ingeniería Mecánica y de Materiales, Escuela Politécnica Superior de Alcoy, Universidad Politécnica de Valencia  
Plaza Ferrándiz i Carbonell, 1 03801 Alcoy (Alicante)  
e-mail: jocream@dimmm.upv.es*

*(2) Departamento de producción de inoxidable y corte láser, Flejes industriales s.a  
Ctra Ibi –Alicante Km, 1.5, Ibi, (Alicante)*

### RESUMEN

El resultado de la soldadura láser del tipo de CO<sub>2</sub> depende de muchos parámetros, pero hay un fenómeno que es muy limitante de la eficiencia del proceso y este se llama “efecto humping”, este fenómeno impide que se pueda superar una cierta velocidad que va a depender del material en cuestión a soldar sin que se pierda calidad de soldadura.

### INTRODUCCIÓN

La calidad del proceso de soldadura mediante sistemas láser de CO<sub>2</sub> no está compuesta de un único parámetro, sino que depende de una serie de configuraciones y regulaciones que hacen que si todos estos no están dentro de unos rangos la soldadura sea de calidad óptima y adecuada para someterla a esfuerzos sin que esta sufra ningún daño.

Se puede pensar que la potencia sea un factor limitante a la hora de aumentar velocidad en la línea de producción, pero la realidad es otra bien diferente como demuestran muchos estudios relacionados con el “efecto humping”, [3] donde se deja ver que este fenómeno está relacionado con la cinética de solidificación en la soldadura, y sobre cómo estén situado los sopladores, y sus caudales de gas.

Además de las relaciones que hay entre la longitud del cordón de soldadura y su anchura, como dice la investigación Research on Humping Tendency in High Speed Laser Welding of SUS304 Austenitic Stainless Steel.

### MÉTODOS EXPERIMENTALES

#### Toma y análisis de las muestras

Para simular el fenómeno “humping”, se ha decidido escoger un material inoxidable ferrítico, grado 1.4512, y se han fijado unos parámetros óptimos de soldadura, estos parámetros han sido:

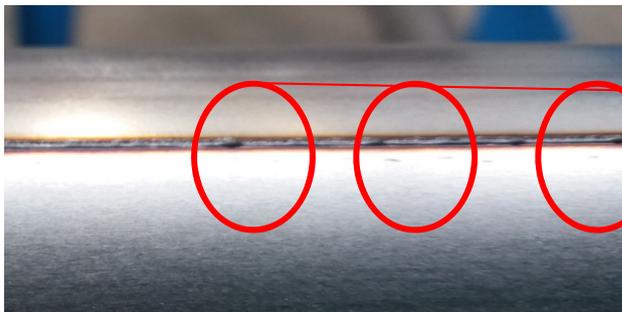
- Velocidad de línea
- Punto focal
- Posición en X
- Potencia láser
- Presión de forja
- Caudal del gas de protección

El proceso de soldadura se ha llevado a cabo en una línea de soldadura láser de CO<sub>2</sub> de 8000W de potencia efectiva.



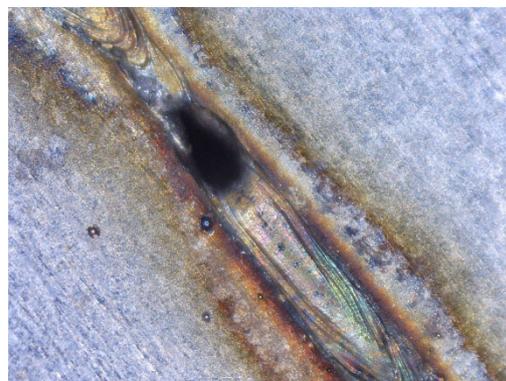
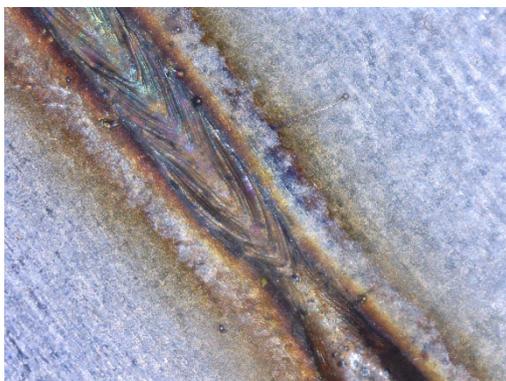
Cuando ya se han tenido los parámetros optimizados para una velocidad determinada del 50% de la velocidad máxima de línea, se ha ido incrementado la velocidad y reajustando los parámetros de proceso hasta ver cuando aparecía una desestabilización de la soldadura siendo inestable y comenzando a parpadear la luz de la soldadura.

En ese momento se han tomado muestras de la soldadura observando lo siguiente:



**Defecto provocado por el fenómeno Humping.**  
Se pueden observar como dentro de la continuidad de la soldadura, de forma aleatoria se producen unos resaltos y bajadas de material, causando puntos débiles en la soldadura.

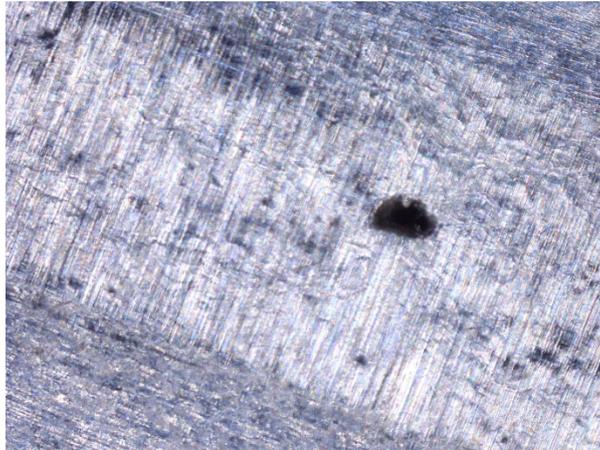
Estos defectos si los aumentamos se pueden ver lo siguiente:



a)

b)

**Figura 1.** Zona interior 1 del tubo.



**Figura 2.** Zona exterior 2 del tubo, lijado.

En la Figura 1, imagen a) “zona interior 1”, se puede observar una merma en la anchura de la zona de soldadura, y un cambio en las líneas de flujo del material fundido, dando como resultado una discontinuidad de la soldadura.

En la segunda imagen b), el defecto es el mismo, pero más pronunciado, lo que ha llevado a ser expulsado todo el material fundido por la parte superior del tubo, dejando en la zona interior una falta aún mayor que en la primera imagen.

La Figura 2, muestra la última imagen es de la zona exterior del tubo. Se puede apreciar de manera clara como hay una falta de material, en este caso ha sido producto del proceso de lijado que ha arrancado la “bola” de material que fluyo del interior del tubo, dando como resultado un poro o agujero.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de las pruebas no han aclarado nada nuevo, se ha ratificado que aun que se tengan los parámetros perfectamente optimizados, el fenómeno “humping” para velocidades superiores a 12 m/min, va a ser difícil de reducir, incluso pasar de 10 m/min en determinados espesores y calidades va a ser difícil.

Sólo se ha podido reducir dicho fenómeno cuando hemos incluido en la entrada de soldadura una fuente de calor que haga un pre-tratamiento térmico en los bordes, dependiendo de la potencia calorífica se puede incrementar la velocidad hasta un máximo de 20m/min.

## CONCLUSIONES

El “efecto humping” aún no está perfectamente estudiado, y hay fenómenos que se siguen escapando, aunque hay bastantes grupos de investigación trabajando en el camino para un mejor entendimiento, aún no se termina de entender perfectamente el fenómeno.

Hay un gran número de modelos que siguiendo la teoría de investigaciones de Rayleigh en la estabilidad de un fluido incompresible no viscoso que está suspendido libremente en el espacio y se mantiene sólo por la tensión superficial. Haciendo simulaciones pero que no terminan de dar un resultado perfectamente adecuado, o describir todo lo bien que se espera el fenómeno, también hay otras variables como la estabilidad del plasma, los vapores de la soldadura, etc, que afecta de alguna manera y hay que encontrar el cómo se pueden relacionar.

Por lo que dentro de este mundo aún quedan muchas incógnitas por descubrir.

## AGRADECIMIENTOS

Este autor y su equipo quieren agradecer a la empresa Flejes Industriales, por colaboración y su disposición a trabajar en esta línea de investigación.

## REFERENCIAS

- [1] Manual de aceros inoxidables de Euro Inox , Serie materiales y sus aplicaciones, V1; Pierre-jean Cunat; (2002).
- [2] *ASM Handbook VOLUME 9; METALLOGRAPHY AND MICROSTRUCTURES.*; George F. Vander Voort, 5TH 2012. (2012).
- [3] Menglei Caia, Chenhui Wu and Xin Gao,( MSEE 2017), Advances in Engineering Research, volume 125. (2017).
- [4] E.H. Amara, Humping Modelling in Deep Penetration Laser Welding ,Lasers in Eng., Vol. 5, pp. 299–308 (2010).

---

---

**COMUNICACIONES EN POSTER**

---

---



## Utilización de membranas de UF en la valorización de los residuos procedentes de la producción del aceite de oliva

Maria-Fernanda López-Pérez<sup>(1)</sup>, J. Lora<sup>(1)</sup>, A. Arques<sup>(2)</sup>, P. García-Negueroles<sup>(2)</sup>,  
S. García-Ballesteros<sup>(2)</sup>

*(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: malope1@iqn.upv.es*

*(2) Departamento Textil y Papelero, Universitat Politècnica de València  
Plaza Ferrándiz y Carbonell s/n, Alcoi, (Alicante)*

### RESUMEN

En la fase de revalorización de los residuos de la aceituna se empleará como técnica de separación un sistema novedoso como es la ultrafiltración secuencial (UFS), y el objetivo general será definir las condiciones operativas óptimas (concentración de alimentación, presión transmembrana, velocidad de flujo transversal, temperatura y factor de concentración), así como las condiciones de minimización del ensuciamiento de las membranas. A partir de los resultados obtenidos se optimizarán modelos de UF conocidos adaptados al comportamiento de las sustancias húmicas. Con ello se dispondrá de una herramienta fundamental para el escalado del proceso de obtención de las fracciones deseadas para establecer la viabilidad económica de un proceso a mayor escala.

### INTRODUCCIÓN

Entre los objetivos de la valorización de los residuos agrícolas y de la industria agroalimentaria se encuentra la obtención de las denominadas sustancias tipo húmicas (HLS). Las HLS están formadas por grupos de pequeñas moléculas heterogéneas de varios orígenes que se autoorganizan en conformaciones supramoleculares. En su composición elemental los grupos funcionales de ácido húmico (HA) y ácido fúlvico (FA) están bien establecidos, pero la heterogeneidad de las estructuras macromoleculares de HLS y sus funciones químicas de acuerdo con su distribución de tamaño molecular siguen siendo bastante controvertidas [1].

Por tanto, cuando se trabaja con HLS, los procedimientos apropiados para su extracción y fraccionamiento son de fundamental importancia para disponer de una comprensión más clara de sus propiedades. En este contexto, la ultrafiltración secuencial (UFS) de flujo tangencial es un proceso que utiliza membranas con diferentes tamaños de poro, y ha sido usada para dividir las HLS en fracciones de diferentes tamaños moleculares (de 5 a 100 kD), lo cual es importante para investigar sus características individuales y reducir la polidiversidad de dichas sustancias [2,3,4].

Este trabajo se centra en la obtención de sustancias húmicas de diferentes pesos moleculares utilizando membranas de UF. También se estudió de los permeados y condiciones de operación en el proceso de separación de las diferentes fracciones de ácidos húmicos

## MÉTODOS EXPERIMENTALES

### Preparación de disoluciones

Las disoluciones utilizadas son las resultantes de la digestión básica con KOH a 65°C. En todos los casos, la digestión básica es seguida de diferentes procesos de filtración, en primer lugar, pasa por un filtrado a vacío para la eliminación de todas las sustancias gruesas. Posteriormente pasa a una filtración fina desde 150µm a 5µm, para evitar que lleguen sólidos en suspensión al proceso de ultrafiltración

### Módulo membrana

Se trabajará a recirculación total con diferente presión transmembranal (2 bar), velocidad tangencial (1 m/s), y temperatura (20°C). El tiempo de cada ensayo se fijará en las horas necesarias para concentrar el retentato y obtener un volumen de aproximadamente 500 mL (Figura 1).

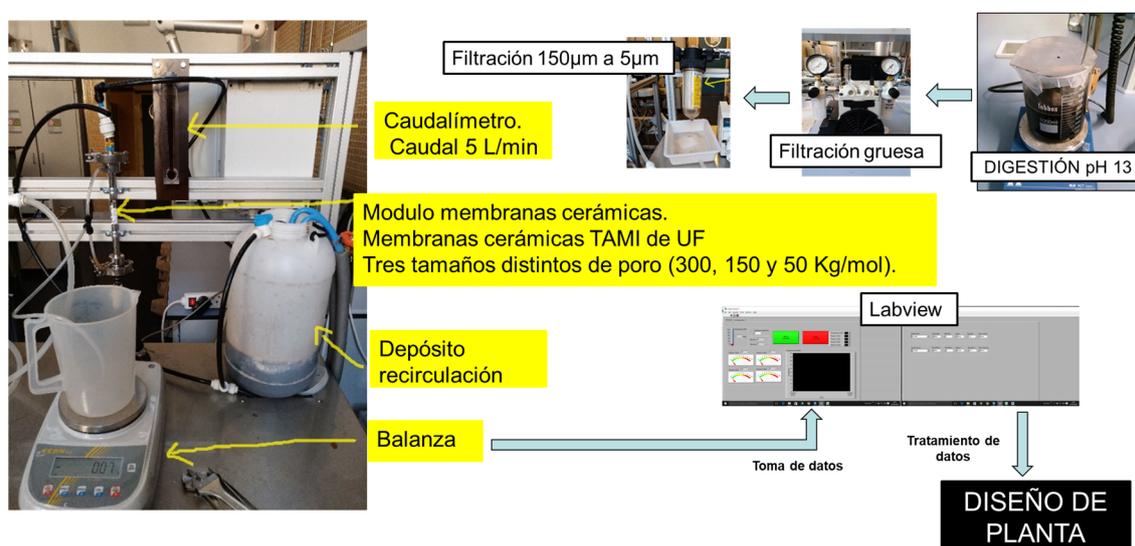


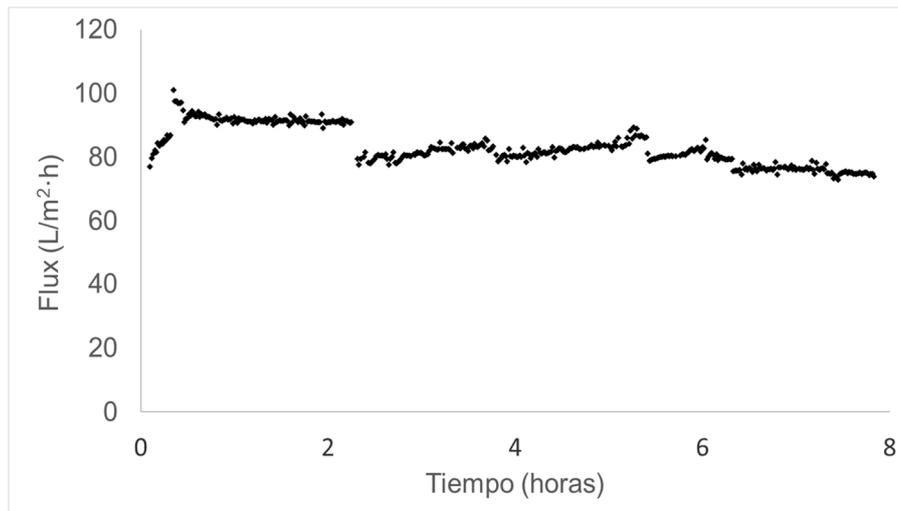
Figura 1. Esquema de la planta de UF con membranas cerámicas de laboratorio.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

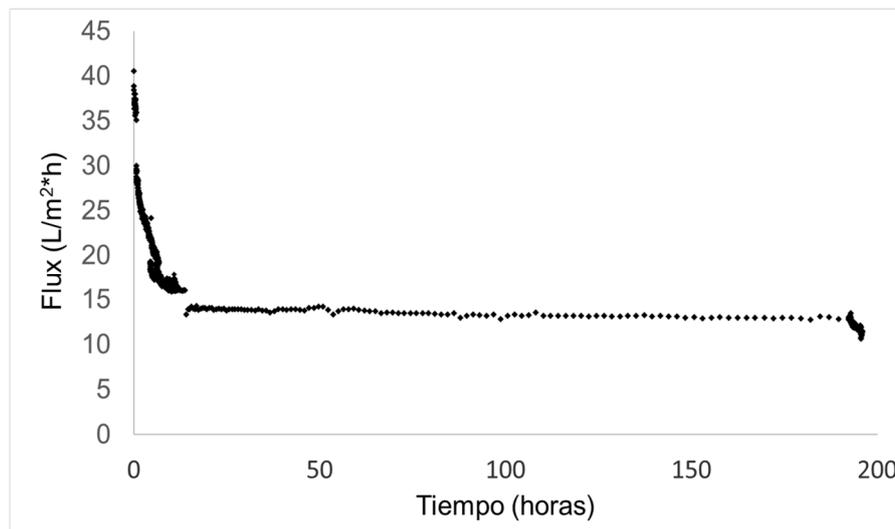
Con objeto de realizar el fraccionamiento de las sustancias húmicas (HLs) es necesario caracterizar las membranas de UF para definir tanto su permeabilidad como su MWCO promedio. De acuerdo con los resultados de caracterización de las membranas de UF se diseñará y se pondrá a punto una unidad de laboratorio para el estudio del proceso de UFS en sus dos etapas: operación y limpieza. El primer paso ha sido, estudiar el flux durante el tiempo necesario para la concentración máxima de los rechazos para obtener las fracciones mayores del MWCO. Como se ha comentado anteriormente, se han utilizado 3 membranas para la obtención de tres fracciones de HLs. En la primera concentración (membrana de 300 KDa) se obtienen flux de 80 L/m<sup>2</sup>·h, sin indicios de ensuciamiento. La masa obtenida en esta fracción es de 20.1317 g con un volumen de 400 mL (Figura 2). En la segunda etapa de concentración, con una membrana de 150 kDa, se observa un ensuciamiento muy acusado en las primeras horas de funcionamiento. Aunque se mantuvo el experimento hasta la concentración deseada, en condiciones de operación adecuadas, debería haberse parado y limpiado con NaOH, para recuperar el flux inicial de 40 L/m<sup>2</sup>·h, debido a que, aunque posteriormente, el flux

se mantiene sobre  $12 \text{ L/m}^2\cdot\text{h}$ , este valor es demasiado bajo para mantener como flujo de trabajo adecuado. Las sustancias húmicas obtenidas en el retentado son  $9,0033 \text{ g}$  en un volumen de  $405 \text{ mL}$  (Figura 3).

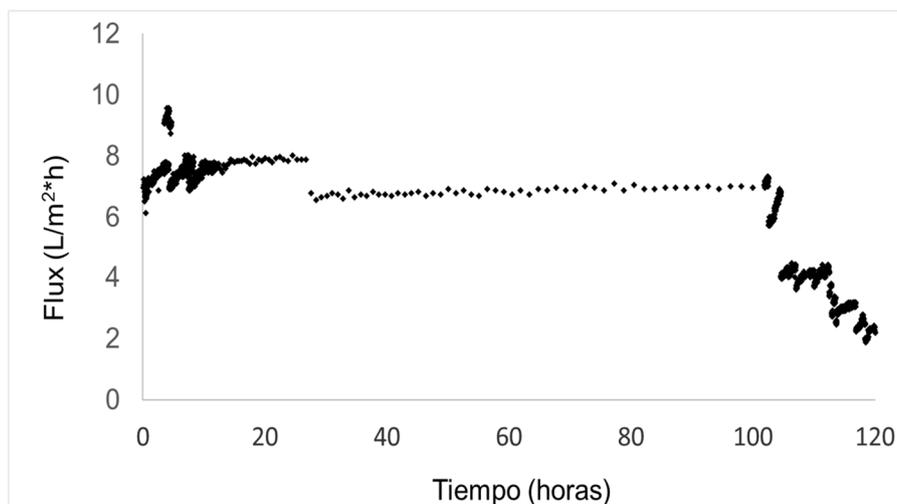
Cuando pasamos al último proceso de concentrado de esta separación en serie, se observa un flux de  $8 \text{ L/m}^2\cdot\text{h}$ . Se mantiene constante durante casi 100 horas, aunque después de una parada larga, la limpieza con agua fue insuficiente para obtener un flux adecuado para la operación, ya que disminuyó hasta valores de  $2 \text{ L/m}^2\cdot\text{h}$ . En este proceso es necesario un protocolo de lavado con  $\text{NaOH}$ . Los sólidos secos obtenidos en esta etapa son de  $24.0941 \text{ g}$ , para un retentado de  $900 \text{ mL}$  (Figura 4)



**Figura 2.** Flux obtenido en la membrana de 300 KDa



**Figura 3.** Flux obtenido en la membrana de 150 KDa



**Figura 4.** Flux obtenido en la membrana de 50 KDa

## CONCLUSIONES

Se ha determinado de forma experimental, las variables de diseño más importantes: flux, conversión del sistema y la concentración final del lodo, de 6.199 hasta 25.01 Kg/m<sup>3</sup>, y diluyendo la salmuera desde 84.44 a 42.21 Kg/m<sup>3</sup>.

Se han obtenido los puntos críticos de ensuciamiento de las membranas para poder definir los protocolos de limpieza de las mismas. Se observa que el ensuciamiento en las membranas de 150 KDa y 50 KDa es muy acusado y que necesita limpiezas de NaOH para el buen funcionamiento de las mismas.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer el aporte financiero de la Unión Europea H2020-MSCA-RISE-2014, Mat4treat, así como al Ministerio español de Educación y Ciencia CTQ2015-69832-C4-4-R.

## REFERENCIAS

- [1] F.J. Rodríguez et al. Sci. Total Env. 476–477 (2014).
- [2] G. Pantano Org. Geoch. 43, 156–161 (2012).
- [3] W. Gao, et al. Desalination 272, 1–8 (2011).
- [4] K F. Xiao et al. J. Mem.Sci., 447, 144 -152 (2013).

## Influencia del recubrimiento con polvo de turmalina en la absorción acústica de un material compuesto a base de yute

M. P. Segura-Alcaraz, E. Bou-Belda<sup>(1)</sup>, J. G. Segura-Alcaraz<sup>(2)</sup>, J. Gisbert-Payá<sup>(1)</sup>

*(1) Departamento de Ingeniería Textil y Papelera, Universitat Politècnica de València  
Plaza Ferrándiz y Carbonell s/n, Alcoi, (Alicante)*

*(2) Departamento de Mecánica de los Medios Continuos y Teoría de Estructuras, Universitat Politècnica de València  
Plaza Ferrándiz y Carbonell s/n, Alcoi, (Alicante)*

### RESUMEN

La modificación de la capa resistiva de un material absorbente acústico formado por una capa de guata de poliéster y un tejido de yute, por recubrimiento con polvo de turmalina, mejora la capacidad de absorción del sonido del conjunto. El polvo de turmalina es aplicado mediante pulverización sobre el tejido recubierto con una capa de resina acrílica, empleada como ligante. Se estudian dos espesores de guata diferentes y dos tamaños de partículas distintos.

### INTRODUCCIÓN

La fibra de vidrio y las espumas poliméricas son los materiales acústicos mayormente empleados. Estos materiales no son biodegradables. El yute es una fibra textil vegetal, y por tanto biodegradable, que está comenzando a ser utilizada en campos como la automoción, la construcción, el mueble, etc. [1]. El yute es un material no abrasivo, poroso, higroscópico, que puede ser combinado con otros materiales para mejorar sus propiedades térmicas y acústicas [2,3].

No se han encontrado trabajos sobre el empleo de polvo de turmalina como tratamiento en absorción acústica. En acabados superabsorbentes de tejidos se emplean materiales como caolín, atapulgita, humatos, mica, bentonita, montmorillonita y silicato de sodio [4]. También se fabrican paneles absorbentes de sonido empleando tablero de silicato de calcio [5]. La turmalina es un silicato con propiedades piezoeléctricas naturales.

Las resinas acrílicas se utilizan como ligantes en no tejidos. También para recubrimientos textiles, proporcionando impermeabilidad, resistencia a la abrasión, solidez a la limpieza en seco, etc. En este trabajo se utiliza una resina para fijar el polvo de turmalina. Entre sus ventajas destaca la resistencia a las radiaciones UV, al frote, a algunos productos químicos y al agua, junto a su bajo precio. El empleo de este tipo de resina no altera significativamente la absorción de sonido [6].

### MÉTODOS EXPERIMENTALES

#### Materiales

El no tejido empleado es una guata de poliéster, cuyas fibras tienen un grosor de 12,33 dtex. El no tejido tiene una densidad de 160 g/m<sup>2</sup> y un grosor de 45 mm.

Se emplea un tejido de yute, con ligamento tafetán. La densidad de urdimbre está alrededor de 6 h/cm y la de trama de 5 h/cm. La densidad superficial es de 30 g/cm<sup>2</sup>. La resina aplicada es el ligante de estampación pigmentaria Resina Center BC. Es un copolímero acrílico/estireno. El polvo de turmalina blanca utilizado es de dos tipos, como aparece en la tabla 1.

**Tabla 1.** Características del material de recubrimiento empleado

Material	Tamaño de las partículas de polvo	Fórmula
Polvo de turmalina blanca	< 3 µm	Na(LiAl) <sub>3</sub> Al <sub>6</sub> (BO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> Si <sub>6</sub> O <sub>18</sub> (OH) <sub>4</sub>
Polvo de turmalina blanca	40 - 50 µm	Na(LiAl) <sub>3</sub> Al <sub>6</sub> (BO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> Si <sub>6</sub> O <sub>18</sub> (OH) <sub>4</sub>

### Preparación de las muestras

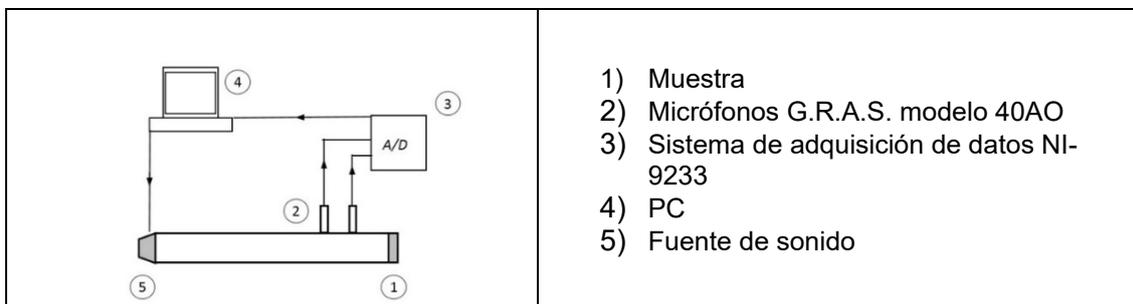
Se trata únicamente el tejido. Se aplica la resina por estampación con la concentración mostrada en la tabla 2. Seguidamente se espolvorean las partículas de silicato. Estas partículas son de dos tamaños distintos: 3 y 40 µm. A continuación, el tejido se seca y polimeriza 5 min en cinta a 110°C.

**Tabla 2.** Composición de la pasta de estampación

	Concentración (g/kg)
Lutexal CSN liq	30
Resina Center BC	10

### Ensayo en tubo de impedancia

Se mide el coeficiente de absorción del material formado por una capa de tejido tratado y una capa de no tejido, situando el tejido con la cara recubierta en la parte más cercana a la fuente de sonido. Se utiliza un espesor de no tejido de 45 mm, sin cámara de aire posterior. Las mediciones se realizan según el método descrito en la Norma ISO 10534-2: Determinación del coeficiente de absorción acústica y de la impedancia acústica en tubos de impedancia, parte 2: Método de la función de transferencia. Se emplea la configuración mostrada en la Figura 1.

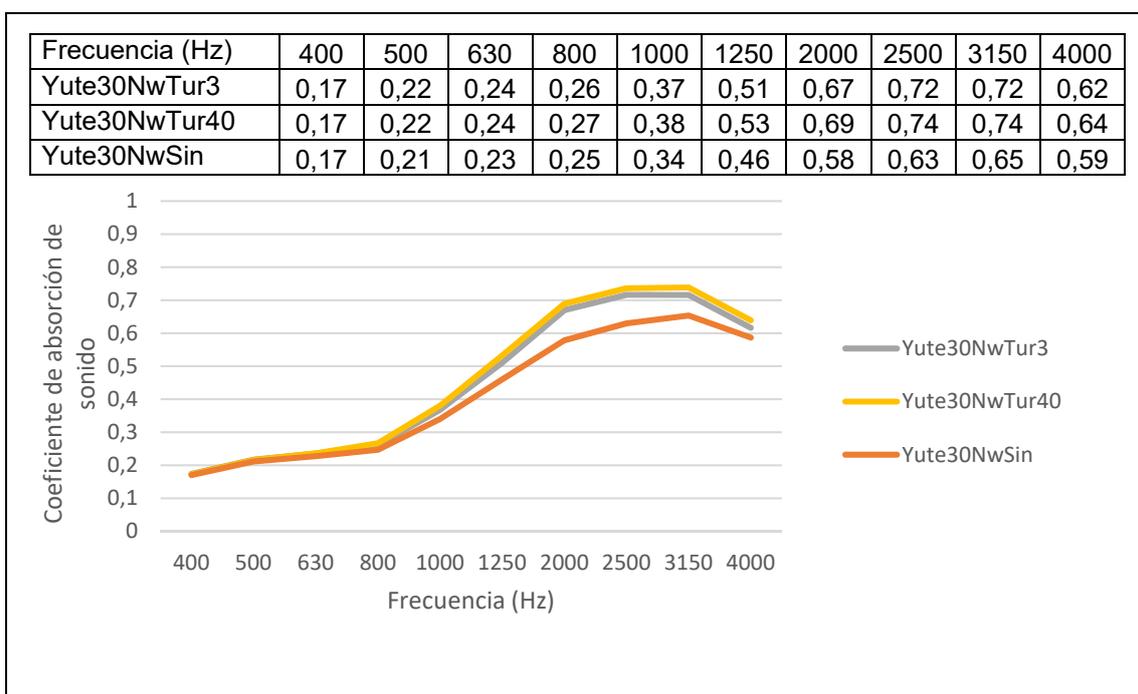


**Figura 1.** Esquema del tubo de impedancia empleado para medir el coeficiente de absorción de sonido.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se ha medido la absorción acústica de las muestras formadas por: una capa de no tejido más una capa de tejido tratado con polvo de turmalina de 3 y 40  $\mu\text{m}$ , y la de una capa de no tejido más una capa de tejido sin tratar.

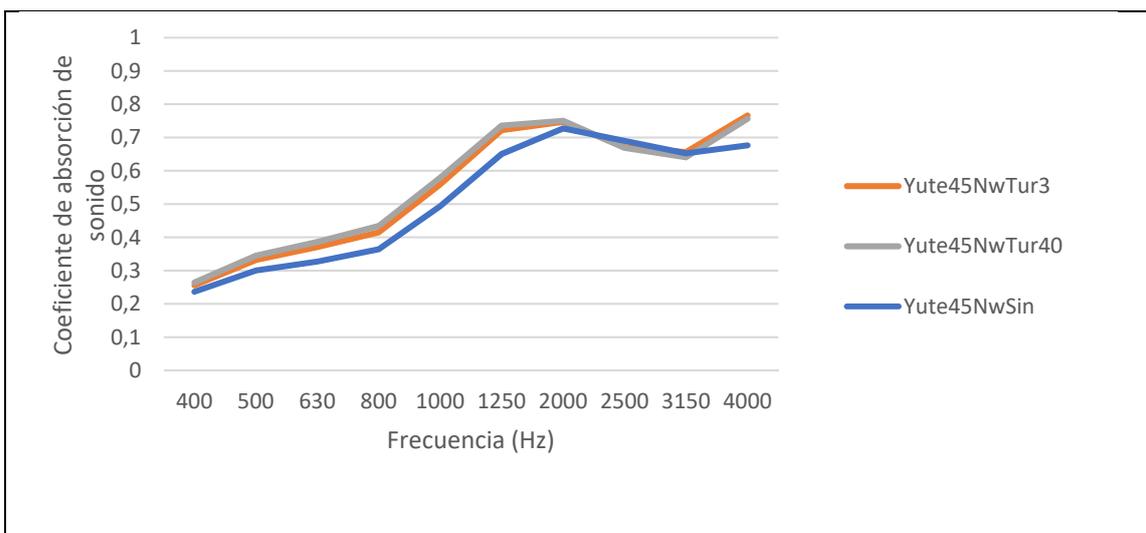
La Figura 2 muestra los coeficientes de absorción del conjunto formado por una capa de tejido más una capa de no tejido de poliéster de 30 mm de espesor. En ella se muestra que la aplicación de turmalina sobre una cara del tejido de yute aumenta la capacidad de absorción de sonido del conjunto, sobre todo entre 1000 y 4000 Hz. El tamaño mayor de las partículas mejora muy escasamente la absorción en todas las frecuencias.



**Figura 2.** Coeficiente de absorción de sonido para el conjunto formado por tejido de yute y no tejido de poliéster de 30 mm de espesor. Yute30NwTur3: tejido de yute más no tejido de poliéster y turmalina de 3  $\mu\text{m}$ ; Yute30NwTur40: tejido de yute más no tejido de poliéster y turmalina de 40  $\mu\text{m}$ ; Yute30NwSin: tejido de yute sin tratar más no tejido de poliéster.

La Figura 3 muestra los coeficientes de absorción del conjunto formado por una capa de tejido más una capa de no tejido de poliéster de 45 mm de espesor. El tamaño mayor de las partículas mejora ligeramente la absorción hasta 2000 Hz. En la octava de 2500 Hz, la mayor absorción se obtiene con el yute sin tratar, y a partir de ahí, el tejido tratado con partículas de 3  $\mu\text{m}$  es el que proporciona mejores resultados.

Frecuencia (Hz)	400	500	630	800	1000	1250	2000	2500	3150	4000
Yute45NwTur3	0,26	0,33	0,37	0,42	0,56	0,72	0,75	0,67	0,66	0,77
Yute45NwTur40	0,26	0,35	0,39	0,43	0,58	0,74	0,75	0,67	0,64	0,76
Yute45NwSin	0,24	0,30	0,33	0,36	0,49	0,65	0,73	0,69	0,65	0,68



**Figura 3.** Coeficiente de absorción de sonido para el conjunto formado por tejido de yute y no tejido de poliéster de 45 mm de espesor. Yute45NwTur3: tejido de yute más no tejido de poliéster y turmalina de 3  $\mu\text{m}$ ; Yute45NwTur40: tejido de yute más no tejido de poliéster y turmalina de 40  $\mu\text{m}$ ; Yute45NwSin: tejido de yute sin tratar más no tejido de poliéster.

## CONCLUSIONES

Se ha estudiado la absorción acústica de un material compuesto formado por una capa de guata de poliéster de 30 y 45 mm de espesor y una capa resistiva de tejido de yute. Se ha modificado la capa resistiva mediante la aplicación de partículas de turmalina de dos tamaños sobre el tejido. Se ha observado que el recubrimiento con partículas de turmalina de 3 y 40  $\mu\text{m}$  mejora la absorción del conjunto, especialmente si el espesor de la guata es de 30 mm. Al aumentar el espesor de la guata a 45 mm, el tratamiento no afecta tanto a la absorción, llegando a producir el efecto contrario al deseado alrededor de 2500 Hz. En ninguno de los casos se han obtenido absorciones superiores a 0,5 a frecuencias inferiores a 1000 Hz. Como líneas futuras se propone emplear una guata de yute para mejorar la sostenibilidad del compuesto. También se debería de probar otra forma de aplicación de la turmalina y otras disposiciones.

## REFERENCIAS

- [1] S. Fatima and A. R. Mohanty, *Applied Acoustics*, 72, 108–114 (2011).
- [2] K. G. Satyanarayana et al., *Cement and Concrete Composites* 12, 117–136 (1990).
- [3] Mohamed Zakriya et al., *Journal of Reinforced Plastics and Composites* 36, 206–213 (2017).
- [4] P. Glampedaki and V. Dutschk, *Functional Finishes for Textiles*, 283–302 (2015).
- [5] Jiangsu Kanghui Calcium Silicate Board CO LTD, CN202227623 (U) - Sound-absorption calcium silicate board.
- [6] Segura et al., *V Congreso I+D+i Campus de Alcoi. Creando sinergias* (2017).

## **Learningtex: Control de calidad de tejidos mediante visión artificial**

**E.Bou-Belda, P.Díaz-García, I.Montava-Seguí**

*Departamento de Ingeniería Textil y Papelera, Universitat Politècnica de València  
Plaza Ferrándiz y Carbonell s/n, Alcoi, (Alicante)  
e-mail: pdiazga@txp.upv.es*

### **RESUMEN**

La falta de experiencia en el lugar de trabajo y las habilidades y competencias es uno de los factores que contribuyen a la brecha de habilidades en la Unión Europea en la actualidad. Con este desajuste en el mercado de trabajo cinco instituciones de Austria (BEST), España (AITEK, ANTECUIR y UPV) y Portugal (CITEVE) han puesto en marcha el Proyecto LEARNINGTEX. El proyecto pretende ayudar a mejorar la contratación de mano de obra en el sector textil, especialmente en países con bajas tasas de empleo como Portugal y España, proporcionando a las empresas trabajadores altamente cualificados que ayude a competir frente a terceros países.

### **INTRODUCCIÓN**

La industria textil europea necesita adaptarse a los nuevos tiempos y las nuevas tecnologías para competir contra terceros países para ello debe generar productos de gran valor añadido. Esto se consigue mediante la adaptación de tecnologías al proceso productivo textil. La puesta en marcha de dichas tecnologías implica no sólo el desarrollo de las mismas y su adaptación a las particularidades del sector textil, sino que lleva implícito la formación del personal que debe emplearlas. Dicha formación debe ser actualizada con cierta frecuencia con el fin de mantener a las empresas a la vanguardia de los avances y optimizar de este modo los sistemas productivos.

Según los estudios de la CE [1] "los textiles y el vestido son un sector diverso que desempeña un papel importante en la industria manufacturera europea, emplean a 1,7 millones de personas y producen una facturación de 166.000 millones de euros. El sector ha experimentado cambios radicales recientemente para mantener su competitividad al avanzar hacia "productos de alto valor añadido".

En un informe publicado por la Comisión Europea (CE) [2] 5,6 millones de jóvenes en la Unión Europea (UE) sufren las consecuencias del desempleo, y el 36% de los empleadores informan que tienen dificultades para encontrar nuevos reclutas con las habilidades que necesitan. Esta situación se observa en dentro del sector industrial en general pero centrándonos en el sector textil en particular, se observa un problema de relevo generacional a nivel de técnicos en la industria textil [3].

Los trabajadores de las empresas deben adquirir nuevas destrezas que les permitan adaptarse a los nuevos tiempos y las nuevas tecnologías para asegurar que las empresas desarrollen productos competitivos. Esta falta de conocimiento es muy notable en el sector textil y los programas WBL parecen ser una posible solución a este problema. En países como Austria, Dinamarca y Alemania, WBL predomina llegando a

más del 30% de los estudiantes, mientras que en el sector textil especialmente en España y Portugal se exige más trabajadores calificados, que tienen dificultades para encontrarlos en la marca debido a la falta de habilidades causadas por -efectivos programas WBL.

Una adaptación parcial se logrará gracias a los contenidos de aprendizaje del MOOC textil titulado LEARNINGTEX. LEARNINGTEX promueve la flexibilidad y adaptabilidad combinada con el trabajo activo, la satisfacción y la motivación de los alumnos mediante un MOOC en una plataforma UPVx de aprendizaje online que permitirá al trabajador mantenerse actualizado en unos conocimientos específicos mientras concilia la vida profesional y social / familiar. Este curso está dirigido tanto a desempleados como para profesionales del sector que precisen de un cierto reciclaje formativo.

El proyecto LEARNINGTEX tiene por objetivo crear un curso según “Work based learning” (WBL) para contribuir parcialmente a solucionar el problema previamente mencionado. En este caso se pretende desarrollar un MOOC que permita formar al personal en el control de calidad de productos textiles mediante sistemas avanzados como es la visión artificial.

## DESARROLLO DEL PROYECTO

### Definición del temario

Para el desarrollo del programa se realizaron diversas reuniones que derivaron en el diseño de cuestionarios que se distribuyeron entre más de 30 empresas textiles de los diferentes países implicados en el desarrollo del proyecto (Portugal, Austria y España).



**Figura 1.** Imágenes de una jornada de preparación del proyecto en el centro de formación BEST en Viena (Austria)

Como resultado se definió un temario estructurado en cuatro unidades dentro de las cuales se habilitarían las lecciones que se estimaran oportunas. Las lecciones resultantes fueron:

- UNIT 1: Introduction to woven fabrics / Introducción a los tejidos de calada)
- UNIT 2: Major defects in woven fabrics / Principales defectos en los tejidos de calada)
- UNIT 3: Introduction to the most advanced technologies for quality control: Artificial Vision / Introducción a las tecnologías más avanzadas para el control de calidad: Visión artificial.

**UNIT 4: Using Artificial Vision for woven fabrics defects detection/ Empleo de visión artificial para la detección de defectos en tejidos de calada.**

Cada lección se dotará de los recursos necesarios para el correcto aprendizaje ONLINE, para ello se realizan videos explicativos, así como material complementario a las explicaciones y diversos cuestionarios para evaluar el grado de avance en el aprendizaje del alumno.

**Elaboración de recursos**

Los contenidos de las grabaciones se han dividido en función del tipo de recurso generado. Los videos con contenidos se han realizado en las instalaciones de la UPV en los estudios Polimedia.



**Figura 2.** Miembros del equipo del proyecto en el estudio de grabación Polimedia

**Traducciones**

Las grabaciones así como el material complementario se han realizado en inglés, sin embargo, el sistema de traducciones TRANSLECTURES ha permitido subtítular los videos en inglés y se ha procedido a la traducción a otros idiomas de los países participantes (Español, Portugués y Alemán).




---



Hello welcome to this lesson. The aim of this lesson is to	Hola bienvenidos a esta lección. El objetivo de esta lección es
present the different kind of fabrics that you can find.	presentar los diferentes tipos de tejidos que puedes encontrar.
The different technologies and the different results and applications	Las distintas tecnologías y los diferentes resultados y aplicaciones.
The first subdivision is the one that differentiates	La primera subdivisión es el que diferencia



**Figura 3.** Imagen de la generación de subtítulos en castellano

### Acciones de difusión

Una vez realizados los materiales, se procederá al montaje del MOOC que será lanzado en la plataforma de aprendizaje online de la UPV, [www.upvx.es](http://www.upvx.es).

Entre los distintos socios se generó un sistema de control de calidad de los materiales, estableciendo un sistema de revisión por pares. Todos aquellos materiales que presentaban un defecto o error se clasificaban en grave, medio o leve y se evaluaba la necesidad de corrección. En paralelo cada uno de los países de los distintos socios se han realizado jornadas de difusión.



**Figura 4.** Imágenes de una jornada de difusión en el centro tecnológico CITEVE en Vilanova de Famalição (Portugal)

## CONCLUSIONES

El proyecto Learningtex se iniciaba en octubre de 2016 y finalizará el próximo septiembre de 2018 con la publicación del MOOC y su puesta en funcionamiento. Al no haberse lanzado todavía, no es posible indicar el grado de aceptación del mismo, pero se espera que se inscriba un alto número de profesionales del sector.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer al Programa de Ayudas de la Unión Europea “European Union’s Erasmus + Programme”, la financiación del proyecto nº 2016-1-ES01-KA202-025640.

## REFERENCIAS

- [1] <http://ec.europa.eu/growth/>
- [2] [http://ec.europa.eu/dgs/education\\_culture/repository/education/policy/vocational-policy/doc/alliance/work-based-learning-in-europe\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/dgs/education_culture/repository/education/policy/vocational-policy/doc/alliance/work-based-learning-in-europe_en.pdf)
- [3] Asociación Española de Químicos y Coloristas Textiles. Newsletter 24 abril 2017.

## Material absorbente acústico textil a base de un no tejido de yute y carbón activado

M.P. Segura-Alcaraz, J. Gisbert-Payá<sup>(1)</sup>, J.G. Segura-Alcaraz<sup>(2)</sup>, P. Díaz-García<sup>(1)</sup>

*(1) Departamento de Ingeniería Textil y Papelera, Universitat Politècnica de València  
Plaza Ferrándiz y Carbonell s/n, Alcoi, (Alicante)*

*(2) Departamento de Mecánica de los Medios Continuos y Teoría de Estructuras, Universitat  
Politécnica de València*

*Plaza Ferrándiz y Carbonell s/n, Alcoi, (Alicante)*

*e-mail: [piseal@doctor.upv.es](mailto:piseal@doctor.upv.es)*

### RESUMEN

Se ha obtenido un material textil compuesto a base de no tejido de yute reciclado, y tejido de yute como capa resistiva. Se ha modificado la capa resistiva, aplicando gránulos de carbón activado, y duplicando dicha capa. Se ha estudiado su absorción acústica. Los resultados muestran una capacidad de absorción de sonido aceptable para frecuencias desde 846 Hz, con un material favorable al medio ambiente.

### INTRODUCCIÓN

El empleo de materiales absorbentes acústicos respetuosos con el medio ambiente es una de las características de la construcción sostenible. La fibra de yute es una fibra natural de origen vegetal, que también es reciclable. Su uso también se extiende a campos como la automoción, la construcción, el mueble, etc. [1]. El yute es un material no abrasivo, poroso, higroscópico, que se puede combinar con otros materiales para mejorar sus propiedades [2,3].

El carbón activado tiene una superficie específica muy alta, hasta 2500 m<sup>2</sup>/g y un volumen de microporos de hasta 1.6 ml/g [4]. El carbón granulado es un material abundante y de bajo precio, que se obtiene a partir de madera [5]. El carbón activado puede ser aprovechado para aumentar la absorción del sonido a bajas frecuencias [6].

En este trabajo se emplea una resina acrílica como medio de fijación de gránulos de carbón, por su disponibilidad en el laboratorio. El tratamiento de textiles con resinas acrílicas puede proporcionar impermeabilidad, resistencia a la abrasión, etc. Entre sus ventajas destaca la resistencia a las radiaciones UV, al frote, a algunos productos químicos y al agua, junto a su bajo precio. El empleo de este tipo de resina no altera significativamente la absorción de sonido [7]. También sería posible emplear distintas resinas a base de semillas vegetales [8,9,10].

### MÉTODOS EXPERIMENTALES

#### Materiales

El no tejido empleado es una guata de yute, procedente de yute reciclado de sacos de alimentos. Tiene una densidad de 480 g/m<sup>2</sup> y un grosor de 30 mm. El tejido de yute emplea un ligamento tafetán. Tiene una densidad de urdimbre de 6,2 h/cm y una densidad de trama de 5,2 p/cm, y una densidad superficial de 30 g/cm<sup>2</sup>.

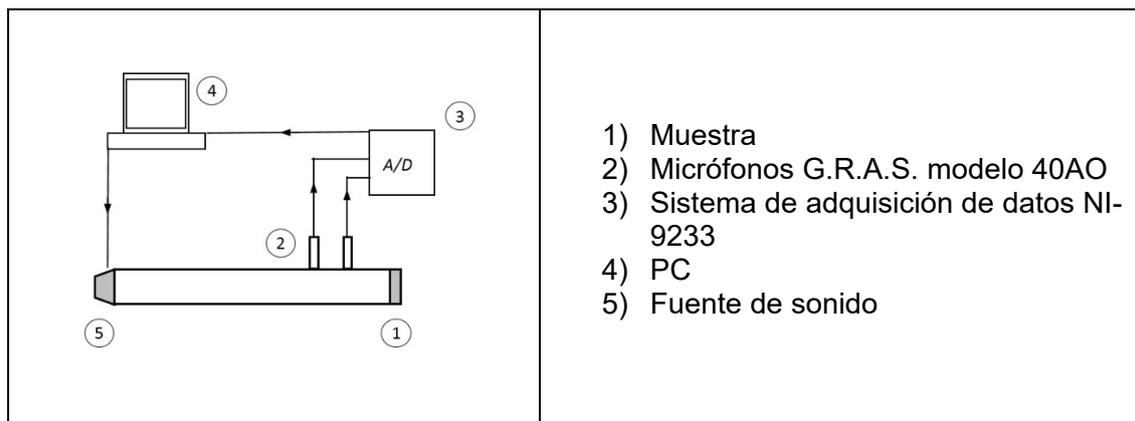
La resina empleada es el copolímero acrílico/estireno Resina Center BC. Su uso común es como ligante de estampación pigmentaria.

### Preparación de las muestras

Se aplican los gránulos de carbón activado sobre el tejido. Para fijarlos se emplea una resina acrílica. La resina se aplica mediante estampación con una concentración de 30 g/kg de ligante Lutexal CSN liq, y 10 g/kg de Resina Center BC. Seguidamente se espolvorean las partículas de carbón activado. Estas partículas han sido previamente tamizadas, separando dos tamaños de grano. A continuación, el tejido se seca y polimeriza 5 minutos en cinta a 110°C.

### Ensayo en tubo de impedancia

Se mide el coeficiente de absorción de las distintas muestras de tejido tratado, junto con el no tejido, situando el tejido con la cara recubierta en la parte más cercana a la fuente de sonido. Se mide el conjunto formado por una y dos capas de tejido, más una capa de no tejido. Se utiliza un espesor de no tejido de 30 mm, sin cámara de aire posterior. Las mediciones se realizan siguiendo el método descrito en la Norma ISO 10534-2: Determinación del coeficiente de absorción acústica y de la impedancia acústica en tubos de impedancia, parte 2: Método de la función de transferencia. Se emplea la configuración mostrada en la Fig. 1.

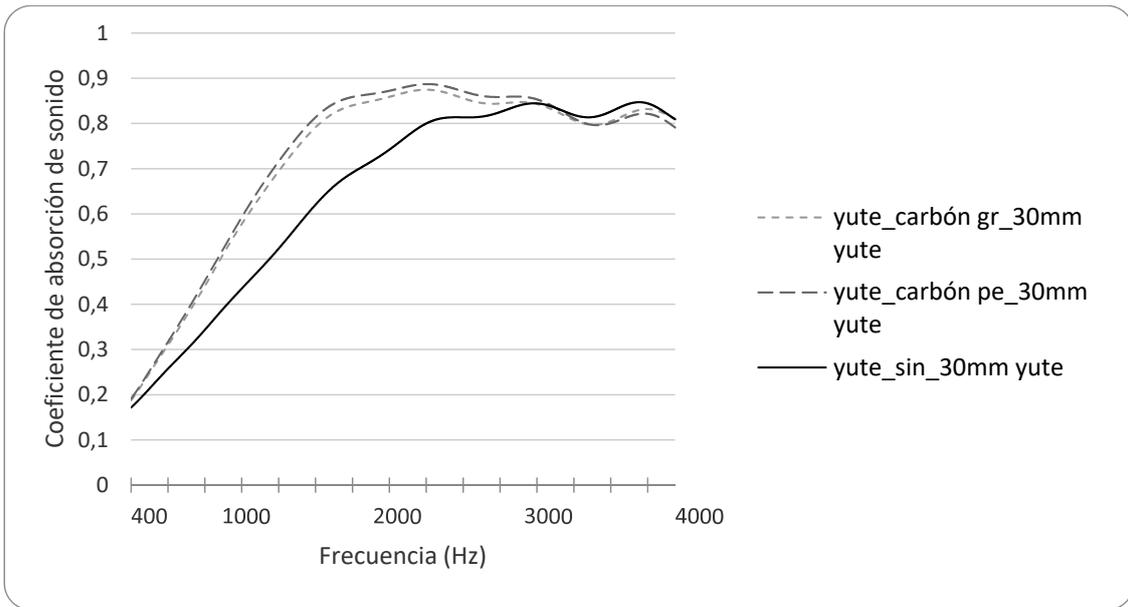


**Figura 1.** Esquema del tubo de impedancia empleado para medir el coeficiente de absorción de sonido.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

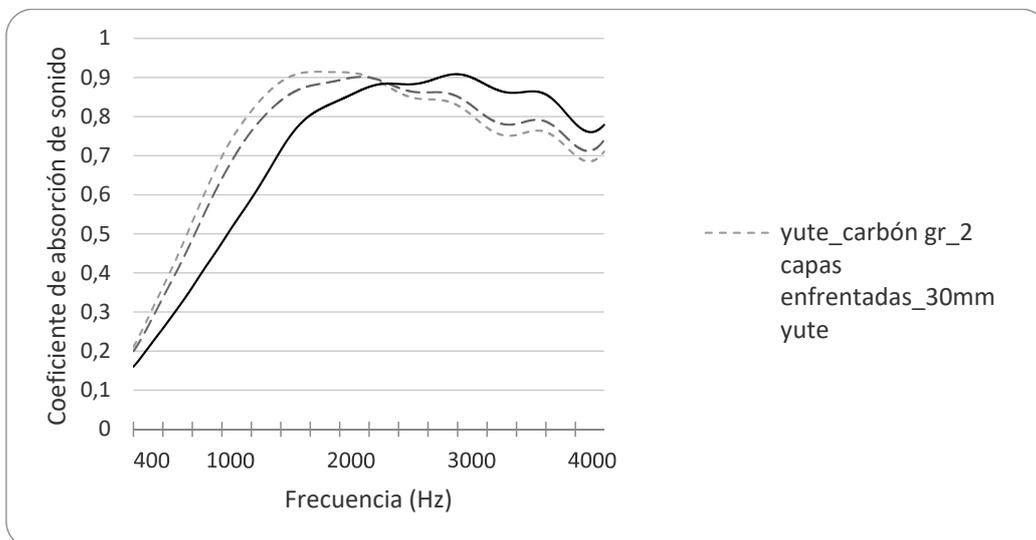
Se ha medido la absorción de sonido de las muestras formadas por: una capa de no tejido más una capa de tejido tratado y sin tratar, y por una capa de no tejido más dos capas de tejido tratado y sin tratar con carbón activado.

La Fig. 2 muestra los coeficientes de absorción del conjunto formado por una capa de tejido más una capa de no tejido. En ella se observa que la aplicación de gránulos de carbón activado sobre una cara del tejido de yute mejora la absorción a todas las frecuencias hasta 3000 Hz aproximadamente, independientemente del tamaño de los gránulos. El tamaño menor de los gránulos mejora muy ligeramente la absorción.



**Figura 2.** Coeficiente de absorción de sonido para el conjunto formado por tejido de yute y no tejido de yute de 30 mm de espesor.

La Fig. 3 muestra los coeficientes de absorción del conjunto formado por dos capas de tejido tratado con gránulos grandes más una capa de no tejido. El valor de 0,5 para el coeficiente de absorción de sonido se alcanza a los 846 Hz cuando las capas están enfrentadas, alcanzándose una absorción de 0,91 a 1842 Hz. La absorción mejora a la del tejido sin tratar significativamente en todas las frecuencias hasta alrededor de 2475 Hz.



**Figura 3.** Coeficiente de absorción de sonido para el conjunto formado por dos capas de tejido de yute y no tejido de yute de 30 mm de espesor.

## CONCLUSIONES

Se ha preparado un material textil compuesto, formado por una capa de tejido de yute que actúa como capa resistiva y un no tejido a base de fibras recicladas de yute. Se ha estudiado la capacidad de absorción de este material y del mismo tras modificar la capa resistiva añadiendo partículas de carbón activado. Se ha comprobado que la aplicación de carbón activado permite alcanzar valores de absorción acústica superiores a frecuencias menores.

Como mejoras se propone variar el recubrimiento de la capa resistiva, disminuyendo el tamaño de los gránulos, y aumentando su cantidad mediante otro método de aplicación. Para mejorar la sostenibilidad del material se propone emplear bio resinas para dicha aplicación. Por otra parte, sería interesante poder observar qué se produce en frecuencias por encima de 4000 Hz.

## REFERENCIAS

- [1] Fatima S., Mohanty A. R., *Applied Acoustics* 72:2–3, 108–122 (2011).
- [2] Satyanarayana K. G. et al., *Cement and Concrete Composites* 12:2, 117–153 (1990).
- [3] Zakriya M. et al., *Journal of Reinforced Plastics and Composites* 36:3, 206–219 (2017).
- [4] Suzuki M., Elsevier Science Ltd 32:4 577–86 (1993).
- [5] Jiang N., Chen J. Y., Parikh D. V., *Bioresource Technology* 100:24, 6533–6569 (2009).
- [6] Bechwati F. et al., *The Journal of the Acoustical Society of America* 132:1, 239-287 (2012).
- [7] Segura P. et al., V Congreso I+D+i Campus de Alcoi. Creando Sinergias, 237-240 (2017).
- [8] Williams G.I., Wool R.P., *Applied Composite Materials* 7:5/6, 421-453 (2000).
- [9] Tran P., Graiver D., Narayan R., *Journal of Applied Polymer Science* 102:1, 69–75 (2006).
- [10] Liu Z. et al., *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54:6, 2134–2171 (2006).

## **Desarrollo de un Programa de Formación en Herramientas TIC Avanzadas para la Mejora de las Competencias de Planificación de Procesos de Fabricación en PYMES del Sector del Plástico. El Proyecto ICTPlast.**

**R. Sanchis<sup>(1)</sup>, A. Boza<sup>(2)</sup>, L. Cuenca<sup>(2)</sup>, M. Díaz-Madroñero<sup>(1)</sup>, R. Poler<sup>(1)</sup>**

*Centro de Investigación en Gestión e Ingeniería de la Producción*

*Universitat Politècnica de València*

*(1) Calle Alarcón nº1 – Ed. Georgina Blanes, 03801 Alcoy (Alicante)*

*(2) Camino de Vera s/n - Ed. 8B - 2ª Planta Acc. L, Ciudad Politécnica de la Innovación, 46022 Valencia*

*e-mail: {rsanchis, aboza, llcuenca, fcodiama, rpoler@cigip.upv.es}*

### **RESUMEN**

El Proyecto ICTPlast, financiado en la convocatoria "Erasmus + 2016 KA2 " tiene como principal objetivo mejorar las capacidades del personal del sector del plástico relacionadas con las actividades de planificación de los procesos de producción. Para ello, el proyecto ofrece formación en herramientas TIC avanzadas a través de la definición de un programa formativo alineado con las necesidades de la industria que se imparte de forma *online* en la plataforma de formación electrónica [ICTPlast](#).

### **INTRODUCCIÓN**

El sector plástico Europeo da empleo directo a más de 1,45 millones de personas en Europa, con más de 60.000 empresas operando, la mayoría de ellas Pequeñas y Medianas Empresas (PYMES) con una facturación de 320 billones de euros en 2013 [1]. Dicho sector tiene una gran importancia estratégica en Europa y precisa evolucionar y modernizar sus procesos de producción para poder competir en el actual entorno global. Para ello, se requiere mayor flexibilidad y vínculos más robustos entre investigación e innovación, con el objetivo de dotar a los productos y procesos productivos de un mayor valor añadido, y al mismo tiempo, reducir el impacto medioambiental de dichos productos, así como de los procesos que los fabrican. Por ello, la investigación de los procesos de producción es un aspecto clave, y cualquier acción dirigida a fomentar su mejora, tendrá un impacto muy positivo en la industria del plástico [2].

Las Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs) son un factor crítico para mantener la competitividad, ya que no solo facilitan el diseño eficiente y el desarrollo de nuevos productos; sino que también mejoran la eficiencia, adaptabilidad y sostenibilidad de los sistemas de fabricación, y ayudan a una mejor integración de los procesos comerciales en un contexto industrial cada vez más globalizado. Sin embargo, el uso de herramientas TIC avanzadas no es generalizado, sino que son pocas las empresas del sector plástico que utilizan estas herramientas para dar soporte a sus actividades de planificación de los procesos de fabricación. Esto es debido principalmente a la falta de habilidades y conocimiento del personal de las PYMES del sector plástico en cuanto a la gestión de la producción con herramientas avanzadas así como la falta de experiencia práctica sobre qué herramientas TIC avanzadas se pueden usar y cómo.

Por ello, el principal objetivo del proyecto ICTPlast es capacitar al personal de las PYMES del sector plástico para mejorar sus habilidades (conocimientos, capacidades y

aptitudes) relacionadas con la planificación de los procesos de fabricación y herramientas TIC avanzadas.

## PROYECTO ICTPLAST

ICTPlast "Desarrollo de un programa de formación sobre herramientas TIC avanzadas para mejorar las competencias de planificación de procesos de fabricación en las PYMES de industrias plásticas" es un proyecto financiado en la convocatoria: "Erasmus + 2016 KA2 - Cooperación para la innovación e intercambio de buenas prácticas mediante asociaciones estratégicas para la educación y formación vocacional". El consorcio del proyecto está compuesto por 4 Asociaciones de la Industria Plástica: Asociación Valenciana de Empresarios de Plásticos AVEP (España), Consorcio por la Promoción de la Cultura Plástica PROPLAST (Italia), Associacao Pool-Net Portuguese Tooling Network Pool-Net (Portugal), Gospodarsko Interesno Zdruzenje Grozd Plasttehnika PCS (Eslovenia) y 2 universidades: Universitat Politècnica de València UPV (España) y Université de Bordeaux UB (Francia).

### Programa Formativo

La definición del programa formativo se basa en la detección de las carencias de habilidades del sector del plástico, y se estructura en 6 módulos, que fueron identificados como prioritarios, aunque si bien es cierto que cualquier sector industrial puede beneficiarse de dicho programa formativo pues ha sido desarrollado de forma genérica y tan solo los casos de uso son específicos de cada sector. El programa formativo se encuentra disponible en 6 idiomas diferentes (inglés, italiano, español, portugués, esloveno y francés). La Tabla 1 detalla en qué consiste cada uno de los módulos del programa formativo de ICTPlast.

**Tabla 1.** Módulos del Programa Formativo del Proyecto ICTPlast

#	Título Módulo	Objetivo
1	Previsión de la Demanda	Prever la demanda futura de los productos de la compañía.
2	Planificación Agregada de la Producción	Definir los niveles de capacidad de producción en un horizonte de planificación a largo plazo.
3	Programa Maestro de Producción	Fijar la cantidad de productos que se producirán en cada período, en un horizonte de planificación a medio plazo.
4	Secuenciación de Operaciones de Producción	Establecer el orden en que se fabricarán y ensamblarán los diferentes productos, en un horizonte de planificación a corto plazo.
5	Planificación del Suministro	Determinar la adquisición de materias primas a corto y medio plazo.
6	Planificación de Entregas	Establecer la entrega de bienes y servicios terminados para satisfacer la demanda de los clientes; gestión de pedidos, gestión de transporte y gestión de distribución.

### Organización de las Sesiones de Formación

Las sesiones de formación son el núcleo principal del programa formativo y abarcan todo el ciclo de planificación del proceso de fabricación. Dichas sesiones están diseñadas y programadas en diferentes actividades en las que el objetivo primordial es proporcionar visibilidad al personal de las PYMES del plástico sobre una visión más aplicada y real de las actividades de planificación de la fabricación y de sus herramientas TIC avanzadas asociadas. Estas actividades de capacitación práctica se basan en los

6 módulos mencionados anteriormente y se estructuran en 4 sesiones, de la siguiente manera:

- *Sesión 1:* Introducción a los conceptos básicos y herramientas. Dicha sesión consta de: (i) Trabajo en la empresa (4 horas) para leer y analizar los materiales didácticos de capacitación y (ii) Seminario web (1 hora) para resumir y sintetizar los conceptos clave y afianzar el conocimiento.
- *Sesión 2:* Trabajo con casos de estudio. La sesión 2 está compuesta por: (i) una sesión presencial (en cada uno de los países participantes) (dicha sesión también estará disponible a través de la plataforma de formación electrónica) (3 horas); y (ii) sesión práctica de aplicación de las herramientas TIC avanzadas a casos de estudio y problemas específicos de las empresas.
- *Sesión de trabajo en la empresa:* en la que se trabajan casos reales de las compañías. Los capacitadores están disponibles a través de la plataforma de formación electrónica para la aplicación real de los casos específicos (4 horas).
- *Sesión 3:* Lecciones aprendidas, revisión y cierre. Sesión presencial a través de la plataforma de formación electrónica (3 horas) en la que se tratan las conclusiones, resultados y lecciones aprendidas. Asimismo, se ofrece una vista global de las herramientas TIC y sus ventajas.

### **Plataforma de Formación Electrónica**

La plataforma de formación electrónica ([ictplast.cigip.upv.es](http://ictplast.cigip.upv.es)) consiste en un sistema de gestión de aprendizaje, desarrollado en Moodle, que almacena los diferentes contenidos de formación, gestiona el registro de los cursos, administra los cursos, y permite su seguimiento. Asimismo, la plataforma ofrece diferentes opciones para el entorno de aprendizaje con el fin de aumentar la interacción entre los alumnos y los capacitadores. Estas opciones incluyen: foros de discusión, chat, wiki, encuestas, *quizzes*, herramientas de redes sociales...

La plataforma de formación electrónica ofrece a los alumnos los recursos didácticos necesarios y relacionados con los 6 módulos. Los recursos son presentaciones dinámicas que poseen una explicación audible generada a través de aplicaciones de texto a voz (TextAloud: [nextup.com](http://nextup.com) e Ivona: [ivona.com](http://ivona.com)), de forma que se intenta evitar la fatiga debido a la lectura de toda la información del material didáctico. Para que los materiales didácticos estén disponibles a través de la plataforma de formación electrónica y sean compatibles con múltiples dispositivos y sistemas operativos, el proyecto ICTPlast utiliza aplicaciones de compilación como Articulate ([articulate.com](http://articulate.com)).

Para cada uno de los módulos descritos en la Tabla 1, la plataforma ofrece herramientas TIC avanzadas para poner en práctica los conocimientos aprendidos y que las empresas del sector plástico sean capaces de utilizar dichas herramientas para resolver sus problemas reales de planificación de las operaciones de fabricación. Las herramientas TIC disponibles a través de la plataforma son versiones gratuitas y funcionales alineadas con el programa formativo: (i) Módulo 1: Eforcst, EXOS Solutions ([exos-solutions.com](http://exos-solutions.com)); (ii) Módulo 2: WinQSB ([winqsb.en.uptodown.com](http://winqsb.en.uptodown.com)); (iii) Módulo 3 and 5, Frepple, ([frepple.com](http://frepple.com)); (iv) Módulo 4, LEKIN, Stern School of Business ([stern.nyu.edu](http://stern.nyu.edu)) y Módulo 6, ODL Studio, Open Door Logistics ([opendoorlogistics.com](http://opendoorlogistics.com)).

Finalmente, para llevar a cabo las sesiones de formación, la plataforma de formación electrónica ICTPlast ofrece recursos síncronos para facilitar la colaboración en tiempo real entre alumnos y capacitadores con el objetivo de resolver dudas y preguntas,

compartir pantallas, etc. En este caso la tecnología utilizada es Hubl.in ([hubl.in/](http://hubl.in/)). Además, también se ofrecen las diferentes herramientas TIC avanzadas que se encuentran en máquinas virtuales de forma que los alumnos puedan utilizarlas en línea. La Figura 1 muestra la plataforma de formación electrónica, en este caso el acceso al Módulo 3 del curso en inglés.

### ICTPlast Courses - English

The screenshot displays the ICTPlast online training platform interface. At the top, a breadcrumb trail reads: "Área personal > ICTPlast > ICTPlast Active Courses > ICTPlast\_Courses\_English > Module 3: Master Production Schedule".

The interface is divided into several sections:

- NAVEGACIÓN (Navigation):** A sidebar menu on the left showing the site structure. The current course is "ICTPlast\_Courses\_English", and the selected module is "Module 3: Master Production Schedule".
- Avísos (Notifications):** A small icon in the top right corner.
- Module Navigation:** A horizontal bar with arrows pointing to "Module 2: Aggregated Production Planning" and "Module 4: Production Operations Sequencing", with "Module 3: Master Production Schedule" centered.
- Concepts:** A list of course topics: Introduction, Part A: Introduction, Part B: MPS configuration, Part C: MPS development, Part E: MPS Capacity Analysis, Part H: Material Requirement Planning (MRP), and Part I: Capacity Requirement Planning (CRP).
- Tools:** A list of software tools: FREPPLE, FREPPLE, and Frepple Windows Installer.
- Lessons Learnt:** A list of learning activities: Module 3. Discussion.
- General:** A list of general resources: Module 3. Chat, Module 3. Wiki, and Module 3. Survey.

Figura 1. Plataforma de formación electrónica ICTPlast.

## CONCLUSIONES

ICTPlast tiene como principal objetivo mejorar las competencias del personal, particularmente personal técnico de las PYMEs de la industria del plástico, para una eficiente planificación de los procesos de fabricación a través de un programa formativo compuesto por 6 módulos muy solicitados por las empresas y accesibles a través de la plataforma de formación electrónica ICTPlast.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer al Programa Erasmus + de la Unión Europea por la financiación del proyecto nº 2016-1-ES01-KA202-025686 "Development of a Training Program on Advanced ICT Tools for enhancing Manufacturing Process Planning competences in Plastic Industries SMEs" (ICTPlast).

## REFERENCIAS

- [1] EuropePlastics. An analysis of European plastics production, demand and waste data (2015). Disponible en: <https://www.plasticseurope.org/>
- [2] European Commission, Research in Production (2018). Disponible en: [http://ec.europa.eu/research/industrial\\_technologies/production\\_en.html](http://ec.europa.eu/research/industrial_technologies/production_en.html)

## El Proyecto Europeo H2020: “vf-OS Sistema Operativo Abierto de la Fábrica Virtual”

**R. Sanchis<sup>(1)</sup>, B. Andres<sup>(1)</sup>, J. Mula<sup>(1)</sup>, R. Poler<sup>(1)</sup>**

*(1) Centro de Investigación en Gestión e Ingeniería de la Producción  
Universitat Politècnica de València. Calle Alarcón nº1 – Ed. Georgina Blanes, 03801 Alcoy  
(Alicante)  
e-mail: {rsanchis, bandres, fmula, rpoler@cigip.upv.es}*

### RESUMEN

El proyecto vf-OS es una acción de innovación e investigación del programa H2020 de la Comisión Europea cuyo objetivo principal es el desarrollo de un sistema operativo abierto, desplegado en una plataforma en la nube, soportando un ecosistema basado en un *MarketPlace* que proporciona un conjunto de servicios para la fábrica conectada del futuro, y que permite a las empresas industriales desarrollar e integrar sus procesos productivos y logísticos. vf-OS facilitará a los desarrolladores de *software* las herramientas necesarias para el desarrollo rápido de aplicaciones informáticas para la industria pudiendo utilizar *drivers* vf-OS desarrollados para la conexión a equipos industriales y las APIs vf-OS para la conexión al software propietario.

### INTRODUCCIÓN

El mundo se enfrenta a la cuarta revolución industrial basada en las Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs), específicamente arquitecturas y servicios, como impulsores clave de la innovación para las empresas industriales. Las fábricas tradicionales necesitan evolucionar y transformarse en entornos inteligentes de fabricación digital para poder seguir compitiendo en el entorno actual. Sin embargo, actualmente, el potencial total de las TICs en la industria está lejos de ser explotado por completo [1]. Las empresas son sistemas complejos compuestos por otros sistemas, y cada vez es más necesario definir una plataforma que facilite el desarrollo de futuras aplicaciones que den soporte a los procesos de fabricación de las compañías. Europa pretende alcanzar el liderazgo en el desarrollo de plataformas digitales para la industria, con el fin de crear valor a través del desarrollo de sistemas operativos integrados, componentes autónomos de desarrollo de sistemas, plataformas en la nube, etc. Ya existen algunos ejemplos de ese tipo de plataformas en sectores industriales como: AUTOSAR (automoción), ISOBUS (maquinaria agrícola), SmartAgriFood (agroalimentación), sin embargo, actualmente se carece de plataformas transversales basadas en estándares abiertos para crear un ecosistema cooperativo de innovación. Plataformas abiertas que atraigan el talento de los desarrolladores de soluciones y aplicaciones inteligentes de fabricación accesibles a las Pequeñas y Medianas Empresas (PyMEs) Europeas son ejemplos del tipo de soluciones que se persiguen. Las necesidades TICs de las PyMEs Europeas en el sector industrial no tienen una fácil solución en términos de tiempo y coste con las soluciones actuales. Toda esta problemática es la promotora y sirvió de base para la definición del proyecto vf-OS.

## PROYECTO EUROPEO vf-OS

### Antecedentes

El Proyecto vf-OS (*Virtual Factory Open Operating System*) es una acción de innovación e investigación del programa H2020 de la Comisión Europea en la convocatoria H2020-IND-CE-2016-17 (Industria 2020 en la Economía Circular), específicamente dentro del subtema de “Automatización Digital”. El proyecto se define con la base de contribuir al estado del arte en las fábricas del futuro, proporcionando nuevos resultados de investigación, aplicaciones concretas y demostraciones de los avances tecnológicos en casos de uso específicos. El proyecto no se limita en proporcionar conceptos teóricos, sino que facilita los mecanismos tecnológicos necesarios para ser implementados en una solución *software*.

vf-OS tiene una duración de 3 años, iniciándose en octubre de 2016. El consorcio está compuesto por 14 entidades, entre las que destacan empresas desarrolladoras de *software*, centros de investigación, universidades y empresas industriales que proporcionan los requerimientos de *software* actúan como validadores de las soluciones desarrolladas.

### Objetivo principal de vf-OS

vf-OS tiene como objetivo principal convertirse en el sistema *software* de referencia para gestionar los recursos de *hardware* y *software* de las fábricas Europeas y proporcionar servicios comunes para los programas informáticos de fábrica. Este sistema operativo es el componente del sistema de *software* en la fábrica real donde se ejecutan todos los programas y aplicaciones de fábrica. Esto incluye la gestión completa a través de la virtualización de toda la fábrica y sus redes de suministro, incluidas tareas como cronogramas de tiempo compartidos para un uso eficiente del sistema.

Para ello, el sistema operativo es un sistema abierto, desplegado como una plataforma en la nube, soportando un ecosistema basado en un *MarketPlace* que proporciona un conjunto de servicios para la fábrica conectada del futuro, y que permite a las empresas fabricantes desarrollar e integrar sus procesos productivos y logísticos.

### Plan de trabajo y resultados esperados

El plan de trabajo del proyecto se basa principalmente en la implementación de la plataforma vf-OS y requiere del trabajo de distintas áreas estructurándose en 11 Paquetes de Trabajo (PT). Estos paquetes especifican, implementan y validan la plataforma vf-OS y sus elementos, herramientas clave y servicios, tal y como se muestra en la Figura 1.

El PT1 proporciona la base para los paquetes de trabajo centrales de investigación, desarrollo e innovación de vf-OS. Por lo tanto, el trabajo realizado en este paquete de trabajo es el núcleo del primer año del proyecto. El PT2 define la arquitectura global de vf-OS mientras que los paquetes de trabajo PT3-PT7 proporcionan el sistema operativo abierto para fábricas virtuales. Las aplicaciones desarrolladas se testean y validan en un conjunto de casos de uso del mundo real en las compañías industriales que pertenecen al consorcio y en los dominios objetivo del proyecto (equipos de automatización, construcción, y fabricación de componentes de plástico / metal) (PT8). Las actividades de explotación (PT9), e impacto y diseminación (PT10) fomentan, entre la comunidad del proyecto, la difusión adecuada de la información, conceptos y técnicas, así como la exposición apropiada de los resultados del proyecto. Asimismo, las actividades del PT9 identifican y cuantifican las oportunidades de explotación así como

las características y los métodos para explotar de manera correcta y coherente los resultados del proyecto. Las actividades de gestión (PT11) se centran en la coordinación de todos los actores del proyecto con el fin de garantizar que el proyecto cumpla con los compromisos de calidad, tiempo y costes programados.

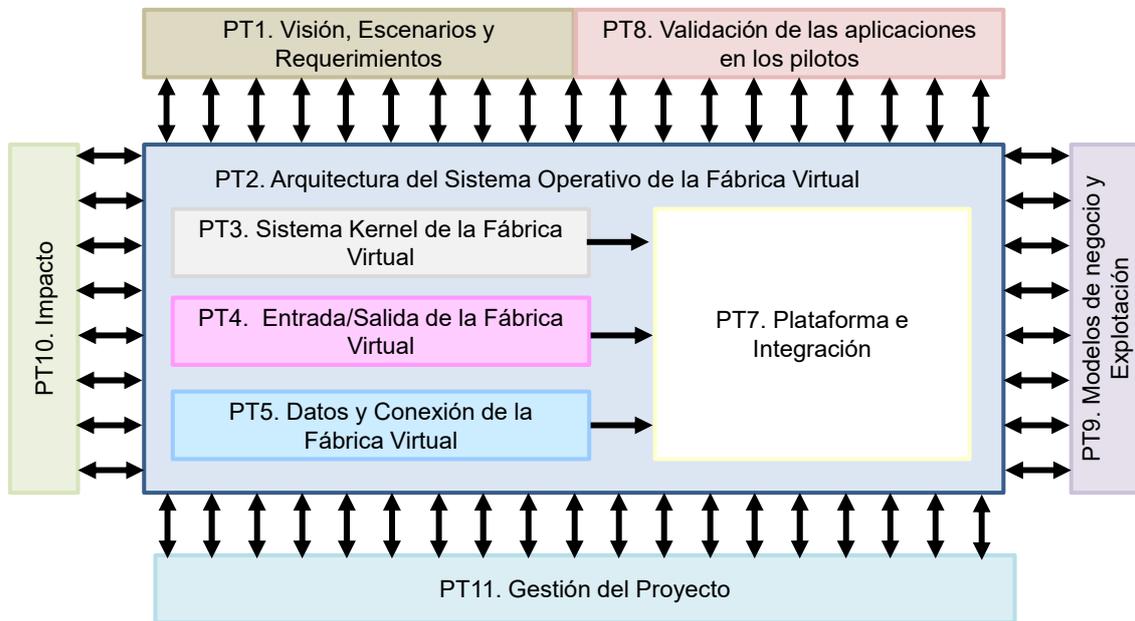


Figura 1. Plan de trabajo del proyecto vf-OS.

El trabajo de los paquetes de trabajo proporciona el desarrollo de los siguientes resultados:

- La Plataforma de la Fábrica Virtual (vf-P) es una plataforma de servicios integrales, y es la base para todos los servicios y aplicaciones que los usuarios finales podrán utilizar y que vf-OS proporciona. La plataforma encapsula y actúa como interfaz entre los componentes, conectores, las funciones del *kit* de desarrollo de aplicaciones abiertas, el *MarketPlace*, el marco de servicio y las aplicaciones. Además, la plataforma puede ejecutarse localmente y en entornos de nube. Por último, destacar que la plataforma puede ser utilizada por una sola compañía o por toda una cadena de suministro. Además, la solución ofrecida a los clientes puede estar altamente personalizada para satisfacer los requerimientos específicos de cada usuario final.
- El Toolkit de Desarrollo de Aplicaciones Abiertas (vf-OAK) está compuesto por un conjunto de diferentes herramientas que soportan el desarrollo de aplicaciones (vApps). Una de estas herramientas es el Kit de Desarrollo de Software (vf-SDK) que brinda soporte a los desarrolladores con servicios que ayudan a definir, diseñar y desarrollar soluciones compuestas y servicios dirigidos a los procesos de fabricación. Comprende un amplio marco de interfaces de programación de aplicaciones (API) completamente documentado que proporciona a los desarrolladores los medios para generar fácilmente aplicaciones y servicios. Otra de las herramientas es el Estudio de Desarrollo de Aplicaciones, que consiste en un entorno de desarrollo integrado que permite que las aplicaciones se desarrollen sin problemas utilizando una interfaz gráfica de usuario, lo que simplifica el trabajo del desarrollador. Cualquier desarrollador

de *software*, tanto autónomos y/o empresas externas, como personal propio de una empresa, se puede beneficiar de la utilización de dicho resultado para el desarrollo de sus propias aplicaciones o para la personalización de las aplicaciones de vf-OS (vApps) para satisfacer requerimientos específicos de los usuarios finales.

- Los Activos de vf-OS (vAssets) compuestos por diferentes productos integrados en la plataforma vf-P y que pueden ser adquiridos a través del *MarketPlace* de vf-OS (vf-Store). El principal resultado dentro de esta categoría son las aplicaciones dirigidas al usuario final (vApps), que son un conjunto de aplicaciones de fabricación inteligente, totalmente personalizadas, que atienden a las necesidades y solicitudes de los clientes. Los vAssets también abarcan otros servicios, que son invocados por las aplicaciones, pero que se ejecutan en la plataforma vf-P en lugar de en el entorno de la aplicación. Finalmente, destacar que los vAssets también son productos intrínsecos al ecosistema vf-OS como por ejemplo almacenamiento de datos, los *enablers* desarrollados en el proyecto *FIWARE* y utilizados en los desarrollos de vf-OS.

vf-OS también ofrece a cualquier organización interesada en sus soluciones, servicios de alojamiento web y computación, así como programas de formación y/o servicios de consultoría.

## CONCLUSIONES

El proyecto vf-OS ofrece un sistema operativo abierto a través de una plataforma en la nube para ayudar a que las empresas industriales gestionen sus procesos productivos y logísticos de forma eficiente. Además, los resultados del proyecto vf-OS permiten el desarrollo de aplicaciones relacionadas con requerimientos de las empresas industriales que pueden ser desarrolladas por la propia empresa que precisa la aplicación o por desarrolladores externos, ofreciendo, de esta forma, un gran abanico de posibilidades de desarrollo.

## AGRADECIMIENTOS

Este artículo presenta los trabajos desarrollados en el ámbito del proyecto "*Virtual Factory Open Operating System*" (vf-OS). Este proyecto ha recibido financiación del programa de investigación e innovación Horizonte 2020 de la Unión Europea en virtud del acuerdo de subvención no. 723710. El contenido de este documento no refleja la opinión oficial de la Unión Europea. La responsabilidad de la información y puntos de vista expresados en este documento recae completamente en los autores.

## REFERENCIAS

- [1] Road4FAME (2015), Digital Revolution in Europe: Converging Visions for a Smarter World, Consultation Event. 22nd May 2015, Brussels.

## Diseño, obtención y comportamiento biológico de un velo de nanofibras a dos caras para el tratamiento de la enfermedad periodontal

**Bruno Marco** <sup>(1)</sup>, **Íñigo Morales**<sup>(2)</sup>, **María Blanes**<sup>(3)</sup>, **Carlos Pascual**<sup>(4)</sup>

*Técnicos de investigación del grupo de Acabados Técnicos, Salud y Biotecnología de la Asociación de Investigación de la Industria Textil AITEX, Alcoy, España.*

*e-mail: (1) bmarco@aitex.es (2) imorales@aitex.es (3) mblanes@aitex.es (4) cpascual@aitex.es*

### RESUMEN

La terapia periodontal tiene como objetivo la regeneración del periodonto. El conjunto del periodonto está compuesto por la encía, el hueso alveolar y los ligamentos periodontales. El método con mayor eficacia como terapia para tratar enfermedades periodontales es, en la actualidad, la Regeneración Tisular Guiada (RTG). Básicamente consiste en colocar una barrera física sobre el defecto periodontal, excluyendo así a los tejidos gingivales durante las etapas tempranas de curación.

Debido a la morfología 3D (óptima para la viabilidad celular) y a la capacidad de liberación de fármacos y/o principios activos de los velos de nanofibras, hacen que su utilización como barrera en la RTG pueda justificar una alternativa óptima a las membranas sin aditivos que se utilizan actualmente.

### INTRODUCCIÓN

Mediante la tecnología de electrospinning se ha desarrollado un velo de nanofibras bioabsorbible a dos caras, capaz de aportar por cada una de ellas propiedades específicas para el tratamiento de las distintas zonas afectadas por la enfermedad periodontal.

Para el tratamiento de la zona ósea se han utilizado sales inorgánicas de calcio que provoquen la diferenciación de células en osteoblastos y para el tratamiento de la zona del ligamento periodontal se utilizan proteínas capaces de intervenir en la diferenciación de células en cementoblastos.

### MÉTODOS EXPERIMENTALES

#### **Preparación de disoluciones precursoras.**

Todos los polímeros utilizados son biodegradables, biocompatibles, no inmunogénicos y con perfiles de liberación controlables que van desde varias semanas a meses (tales como DL-PLGA, Gelatina, PCL...). Los disolventes utilizados son de carácter orgánico (DMF, CH<sub>3</sub>COOH, CH<sub>3</sub>CN...).

#### **Obtención de muestras y prototipos mediante Electrospinning.**

Inicialmente se realizan muestras sin fármaco y se caracterizan mediante microscopía electrónica de barrido (SEM). Tras la caracterización de las primeras muestras obtenidas, se seleccionan los mejores candidatos para cada una de las caras y se realizan nuevas muestras para estudio de viabilidad celular y citotoxicidad.

Una vez definidas las disoluciones óptimas para utilizar en cada cara del prototipo, se realizan pruebas de electrospinning para obtener velos de nanofibras a 2 caras.

Para los prototipos el proceso de electrospinning se realiza en 2 tiempos, repitiéndose íntegro para cada lado, una capa sobre la anterior. Ambas caras o velos de nanofibras quedan unidas uniformemente a lo largo de todo el prototipo debido al entrecruzamiento entre las nanofibras de la primera capa con las de la segunda; propiciado por tipo de estructura similar a un tejido no tejido.

Posteriormente se realizan nuevas disoluciones, a partir de las seleccionadas como óptimas para cada cara y se les añaden sus correspondientes aditivos para el tratamiento de cada zona periodontal; produciéndose así nuevas muestras por cada cara por separado.

El proceso se finaliza con la obtención de muestras o prototipos de velos de nanofibras a 2 caras, aditivados por principios activos distintos en cada una de ellas.

### **Caracterización.**

De cada disolución se obtienen varias muestras y sobre la óptima se realizan estudios de caracterización mediante microscopía electrónica de barrido (SEM).

Una vez obtenidas las morfologías adecuadas, se eligen las disoluciones precursoras ideales y se les aditiva con los fármacos necesarios, a cada cara, para el tratamiento periodontal.

Tras obtener los prototipos de velos a 2 caras, se repite el proceso de caracterización SEM para ambas caras. Con todas las muestras y prototipos obtenidos se realizan estudios sobre mediciones de las nanofibras, obteniendo histogramas de los diámetros de las mismas. Paralelamente se realizan estudios de viabilidad celular (Bioburden y citotoxicidad).

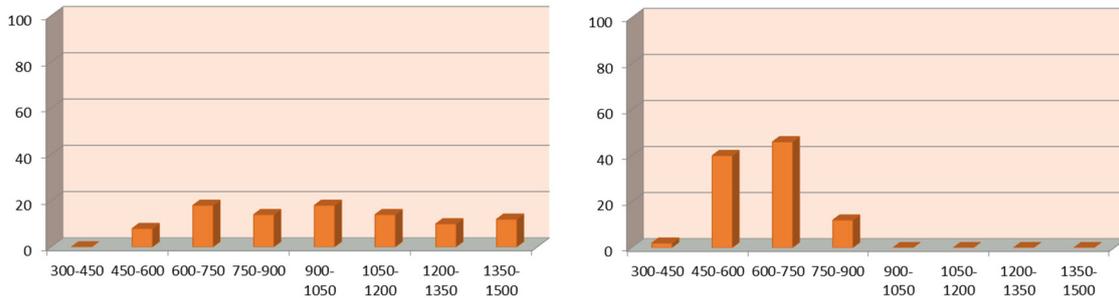
El Bioburden se basa en las normas UNE-EN ISO 11737-1: 2007 + UNE-EN 11737-1: 2007/AC:2009, UNE-EN 13795:2011+A1:2013 o en la Farmacopea Española o Europea. El objetivo de este ensayo es determinar el número de microorganismos viables en el producto, o crecimiento total de microorganismos, (recuento total de gérmenes aeróbios y de mohos y levaduras). Se evalúa de este modo la calidad sanitaria de los productos analizados, además de las condiciones higiénicas de la materia prima y de la manipulación del mismo.

El ensayo de citotoxicidad se realiza según la norma UNE-EN ISO 10993-5:2009. Este ensayo evalúa el potencial citotóxico de los productos. Este método 'in vitro' especifica la incubación de células de cultivo en contacto con un producto y/o extractos de un producto durante un período de tiempo, tras el cual se valora cuantitativa y cualitativamente la respuesta biológica de las células.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Las nanofibras obtenidas con el prototipo poseen un rango que se encuentra entre los 450 y 1200 nm. Dichos valores dependen de los materiales empleados en las disoluciones precursoras y de las variables de producción en el electrospinning.

**Figura 1.** Prototipo I. Histogramas de diámetros de nanofibras de cara una de las caras que conforman el prototipo. Imagen izq. (CARA A), imagen der. (CARA B).



Una de las ventajas en la utilización de velos de nanofibras es la relación superficie/volumen, por lo que en poco gramaje pueden cubrir grandes superficies. En el prototipo el gramaje obtenido es en total 30.19 g/m<sup>2</sup>, siendo la cara A de 15.09 g/m<sup>2</sup> y la cara B de 15.10 g/m<sup>2</sup> (Figura 1).

En el estudio del Bioburden de los prototipos realizados, se han analizado tanto los gérmenes como los hongos y el resultado se reporta como la suma de las colonias que aparecen en las placas del control de bacterias, más los hongos que aparecen en el control de hongos.

**Tabla 1.** Los resultados del ensayo se expresan en: Unidades = ufc/100 cm<sup>2</sup>

Muestras y acabados	Bacterias aerobias	Mohos y levaduras
Prototipo de velo a 2 caras de nanofibras con VACÍO + PLASMA + E-BEAM	<1	<1
	<1	<1

Atendiendo a los requisitos de la UNE-EN 13795:2011+A1:2013, la suma de los resultados obtenidos (suma de bacterias+ mohos y levaduras) deben encontrarse en los valores de la Tabla 2:

**Tabla 2.** Tabla requisitos norma UNE-EN 13795:2011+A1:2013

Parámetro	Unidades	Requisito
Limpieza microbiana	cfu /100 cm <sup>2</sup>	≤ 300

Los resultados están muy por debajo del nivel máximo del requisito, por lo que los velos de nanofibras obtenidos cumplen la norma.

Para evaluar el efecto citotóxico de los velos, se ha seleccionado el método de contacto directo, ya que es el que más se asemeja al contacto real que tendrían los velos con el tejido humano.

El ensayo consiste en poner en contacto directo un velo sobre una monocapa de la línea celular L-929, durante un período de tiempo de 24 h a 37 °C en una atmosfera al 5 % de CO<sub>2</sub>. Transcurrido este período de tiempo se elimina la muestra de la superficie del cultivo, y se realiza un recuento de la viabilidad celular así como una observación

microscópica del estado de las células, para evaluar el grado de citotoxicidad tanto en forma cuantitativa como en forma cualitativa

**Tabla 3.** Valoración según la norma UNE-EN ISO 10993-5:2009

Muestras y acabado	% Viabilidad	Grado
Prototipo de velo a 2 caras de nanofibras con VACÍO + PLASMA + E-BEAM	100	0

En la valoración cuantitativa (% Viabilidad), un valor inferior a 70 % de células viables se considera efecto citotóxico. Mientras que, en la valoración cualitativa, se considera efecto citotóxico un grado superior a 2. Por lo que, las muestras estudiadas, cumplen exitosamente la norma UNE-EN ISO 10993-5:2009 de citotoxicidad (Tabla 3).

## CONCLUSIONES

Se ha desarrollado el proceso de electrospinning para obtener un velo de nanofibras compuesto por 2 caras de distintos polímeros y se ha conseguido encapsular en el interior de las nanofibras principios activos para el tratamiento de la enfermedad periodontal de forma específica para cada zona.

Además, el producto final cumple con las normativas de calidad sanitaria y responde de forma muy favorable a la viabilidad celular.

## AGRADECIMIENTOS

El proyecto DENTALTEX “Diseño, obtención y comportamiento biológico de un velo de nanofibras a dos caras para el tratamiento de la enfermedad periodontal” cuenta con el apoyo de la Conselleria d’Economia Sostenible, Sectors Productius, Comerç i Treball de la Generalitat Valenciana a través del IVACE.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Hae-Won Kim, H.W.J, Ju-Ha Song, J.H.S, Hyoun-Ee Kim, H.E.K. Nanofiber Generation of Gelatin-Hydroxyapatite Biomimetics for Guided Tissue Regeneration. DOI: 10.1002/adfm.200500116
- [2] Hankyu Cho, H.C, Solaiman Tarafder, S.T, Michael Fogge, M.F, Kristy Kao, K.K, Chang H. Lee, C.H.L. Periodontal ligament stem/progenitor cells with protehin-releasing scaffolds for cementum formation and integration on dentin surface. DOI: 10.1080/03008207.2016.1191478
- [3] Sühan Gürbüz, S.G, T. Tolga Demirtas, T.T,D, Emre Yüksel, E.Y, Ayse Karakeçili, A.K, Altan Dogan, A.D, Menemse Gümüsderelioglu, M.G. Multi-layered functional membranes for periodontal regeneration: Preparation and characterization. Materials letters.178 256-259. (2016)
- [4] Hongliang Jiang, H.J, Liqun Wang, L.W, Kangjie Zhu, K.Z. Coaxial electrospinning for encapsulation and controlled release of fragile water-soluble bioactive agents. Journal of Controlled Release 193 296-303. (2014)

## Encapsulación de Aceite de Palmarosa mediante Spray Drying para usos cosméticos

M. Ferrándiz <sup>(1)</sup>, M. García<sup>(1)</sup>, C. Gimenez<sup>(1)</sup>, M. Blanes<sup>(1)</sup>

*(1) Grupo de Acabados Técnicos, Salud y Biotecnología  
Instituto Tecnológico Textil (AITEX)  
Plaza Emilio Sala, 1, Alcoy (Alicante)  
e-mail: mferrandiz@aitex.es*

### RESUMEN

Las propiedades antimicrobianas de los aceites esenciales están cobrando gran importancia en la formulación de los productos cosméticos naturales, ya que hasta ahora éstos habían sido utilizados principalmente por su función como esencias. Para evitar la volatilización y degradación de las sustancias orgánicas que lo componen, se ha utilizado la técnica de microencapsulación que permite protegerlos, aumentar su estabilidad y, además conseguir una liberación controlada en el tiempo. Se ha encapsulado el Aceite Esencial de Palmarosa mediante la técnica de secado por pulverización y, se han caracterizado las microcápsulas obtenidas con la finalidad de cuantificar la cantidad encapsulada para poder incluirlo en formulaciones cosméticas.

### INTRODUCCIÓN

En la última década ha surgido un interés creciente por parte de los consumidores por los productos de cosmética natural. La formulación de estos productos se basa en el uso de recursos de origen natural con la finalidad de aprovechar sus efectos beneficiosos para la salud y el cuidado de la piel y conferir un valor añadido a los productos [1].

Los aceites esenciales son metabolitos secundarios sintetizados por plantas aromáticas [2] que se extraen usando varias técnicas: destilación al vapor, hidrodestilación, extracción con solvente, extracción de fluido supercrítico...[3]. Están compuestos por una mezcla de compuestos volátiles, lipofílicos y odoríferos [1] y presentan propiedades antibacterianas y antifúngicas que pueden resultar muy prometedoras para los productos cosméticos [3]. No obstante, tienen una vida útil corta, ya que son volátiles y reactivos en presencia de luz, calor, humedad y oxígeno. Para prevenir la degradación por estos agentes y que mantengan sus propiedades intactas, la microencapsulación se ha considerado como una de las técnicas más efectivas. Además, la microencapsulación proporciona una liberación controlada y mejora el manejo de estos aceites [1].

El objetivo del presente trabajo es la encapsulación del Aceite Esencial de Palmarosa con un polímero sensible a pH mediante secado por pulverización y su cuantificación. El Aceite Esencial de Palmarosa contiene principalmente alcoholes, geraniol (78%) y linalool y un éster, acetato de geraniol (10%) [4] que le confiere propiedades antibacterianas y antifúngicas.

## MÉTODOS EXPERIMENTALES

### Encapsulación Aceite Esencial de Palmarosa

La encapsulación del Aceite de Palmarosa (Esencias Lozano, España) se ha realizado mediante la técnica de secado por pulverización o spray-drying en el equipo de encapsulación Mini Spray Dryer B-290 de Buchi. Se ha empleado como membrana un copolímero de acrilato de etilo-ácido metacrílico (1:1) (Evonik, Alemania) que permite una liberación controlada con pH. La liberación del principio activo se produce cuando el pH del medio es mayor de 5,5. La microencapsulación del Aceite de Palmarosa ha sido realizada con un ratio polímero:aceite previamente optimizado.

Para determinar la morfología óptima de las microcápsulas se ha observado la preparación mediante Microscopía Electrónica de Barrido (Scanning Electron Microscopy, SEM). Las muestras se han obtenido con Phenom Pure Microscope (Phenom-World, Holanda).

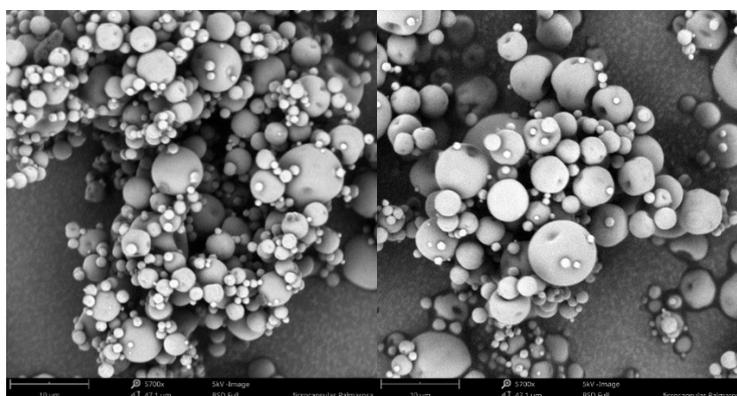
Para el análisis de la distribución de tamaño de las cápsulas se ha empleado el Mastersizer 3000E (Malvern Instruments Ltd, UK) basado en el principio físico de dirección láser con un rango de medida entre 0.1 y 1000 micras con una unidad de dispersión vía líquida.

### Cuantificación de activo encapsulado. Método UV-Visible

Para la cuantificación del activo encapsulado, se ha determinado en primer lugar el espectro de absorción del aceite de Palmarosa en etanol utilizando un espectrofotómetro UV-visible (SCANPEC SP110070, SCANSCI) y así determinar la longitud de onda de máxima absorción. Seguidamente, se ha realizado la recta de calibrado con 6 patrones, cuyas concentraciones han variado de 0,25 a 0,80 ml/L de aceite en etanol. Posteriormente, se ha realizado el lavado de las microcápsulas añadiéndoles una suspensión ácida y centrifugando. Se ha separado el sobrenadante (aceite no encapsulado), se ha suspendido en etanol el "pellet" y se le ha aplicado ultrasonidos para la liberación del aceite contenido en las microcápsulas. Finalmente, se han realizado tres medidas espectrofotométricas a  $\lambda$  de máxima absorción.

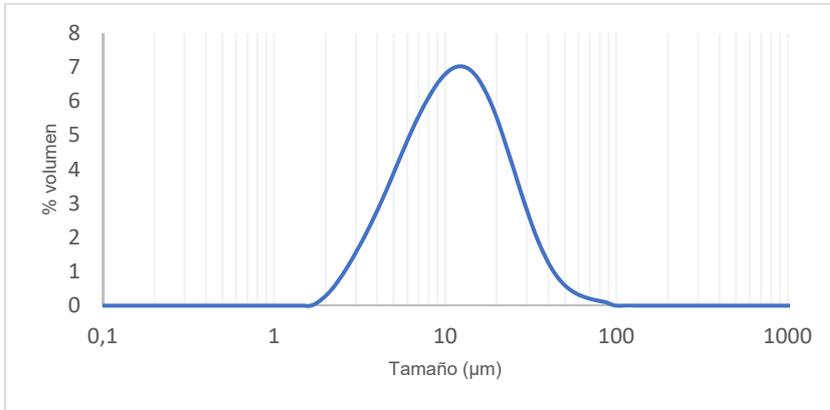
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Han sido optimizadas las concentraciones de polímero y aceite y las condiciones del proceso hasta obtener una morfología adecuada de las microcápsulas (Figura 1).



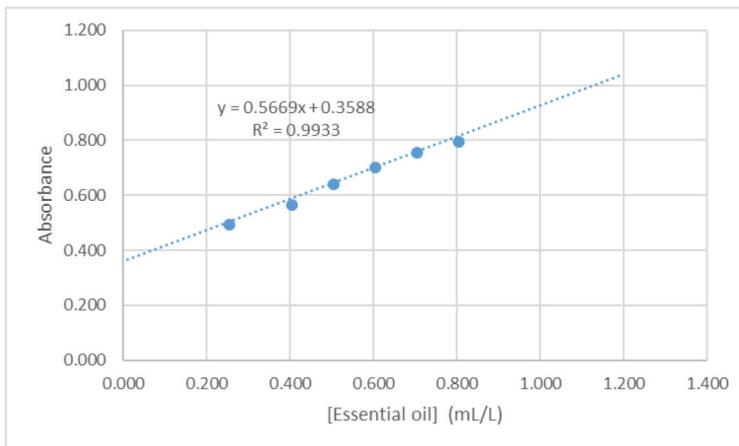
**Figura 1.** Imágenes obtenidas mediante Microscopía Electrónica de Barrido de las microcápsulas de Aceite Esencial de Palmarosa.

La distribución de tamaño de las cápsulas obtenida mediante el Mastersizer 3000E (Malvern Instruments Ltd, UK) aparece representada en la siguiente imagen (Figura 2).



**Figura 2.** Análisis de la distribución de tamaños de las microcápsulas de Palmarosa.

En la cuantificación del activo encapsulado, la recta de calibrado (Figura 3) obtenida para los distintos patrones preparados, teniendo en cuenta que la longitud de onda de máxima absorción es 240 nm, es la siguiente:



**Figura 3.** Recta de calibrado del Aceite Esencial de Palmarosa.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en cuanto a cantidad de aceite encapsulado, teniendo en cuenta la masa inicial de microcápsulas (Tabla 1). El contenido de aceite en peso en las microcápsulas se ha calculado en 17% (V/w).

**Tabla 1.** Porcentaje de aceite encapsulado.

	Masa inicial microcápsulas (g)	Conc. Aceite en la suspensión de etanol (mL aceite/L)	Cantidad aceite liberado (mL)	% (V/w) aceite liberado/masa de microcápsulas
Ensayo 1	0,06041	0,6660	0,0100	16,54
Ensayo 2	0,06075	0,6948	0,0104	17,15
Ensayo 3	0,06022	0,7001	0,0105	17,44
Promedio				<b>17,04</b>

## CONCLUSIÓN

A partir del trabajo realizado se puede concluir que la tecnología de secado por atomización permite encapsular el Aceite de Palmarosa de forma estable y homogénea, con un tamaño de partícula medio alrededor de 12 micras. La espectrofotometría ha permitido identificar el aceite en la superficie de la microcápsula y el aceite contenido en su interior, con el fin de poder definir futuras aplicaciones cosméticas.

## AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Fernando Rocha y a la Dra. Berta N. Estevinho de la Universidad de Porto por la ayuda técnica.

El proyecto “COSMÉTICA: SOLUCIONES DE ALTO VALOR AÑADIDO PARA EL SECTOR DE LA COSMÉTICA” cuenta con el apoyo de la Conselleria d'Economia Sostenible, Sectors Productius, Comerç i Treball de la Generalitat Valenciana a través del IVACE.

## REFERENCIAS

- [1] Carvalho I. T., Estevinho B. N., and Santos L., *International Journal of Cosmetic Science*, 38, 109-119, (2016).
- [2] Manou I., Bouillard L., Devleeschouwer M. J., and Barel A. O., *J Appl Microbiol*, 84, 368-76, (1998).
- [3] Dreger M. and Wielgus K., *Herba Polonica*, 59, 142, (2013).
- [4] Lodhia M. H., Bhatt K. R., and Thaker V. S., *Indian J Pharm Sci*, 71, 134-6, (2009).

## **Tecnología innovadora y económica para maximizar las moléculas basadas en biomasa acuática para aplicaciones en cosmética, alimentos y piensos**

**S. Moldovan, M. Ferrándiz García**

*Instituto Tecnológico Textil (AITEX)*

*Plaza Emilio Sala, 1, E-03801, Alcoy (Alicante), España, [www.aitex.es](http://www.aitex.es),*

*e-mail: [smoldovan@aitex.es](mailto:smoldovan@aitex.es)*

### **RESUMEN**

El proyecto BIOSEA se centra en la demostración y validación de compuestos sostenibles, de alto valor añadido, procedentes de microalgas y macroalgas, con función de sustitutos para los compuestos empleados a día de hoy en industrias como alimentaria, piensos y cosmética. El punto de partida está representado por 3 microalgas y 2 macroalgas como fuente de proteínas, lípidos, ácidos grasos, carbohidratos, carotenoides, y ficobiliproteínas, para su empleo en las industrias anteriormente mencionadas.

### **INTRODUCCIÓN**

La creciente competitividad para el uso de la tierra y sus limitaciones está generando la búsqueda de alternativas, tal como el potencial del medio acuático, las algas, que pueden representar un sustituto competitivo para la producción de compuestos activos destinados a alimentación, piensos u otras aplicaciones industriales como la cosmética, farmacéutica o biocombustibles. A día de hoy, se cultivan aproximadamente 25 millones de toneladas de macroalgas u otros tipos de algas, anualmente, para su empleo como productos alimentarios, en cosmética y como fertilizantes, siendo procesadas para extracciones de espesantes y aditivos para piensos [1]. En el mismo tiempo existen actividades centradas en la obtención de los productos anteriormente mencionados, en paralelo con la obtención de los compuestos necesarios para obtener biocombustibles [2].

En concreto, las algas como materia prima se sitúan en un mercado caracterizado en estado de desarrollo incipiente, desde el punto de vista tecnológico, con respecto a la producción y las tecnologías que no son específicamente destinadas a las biorrefinerías [3]. La evolución del proceso de cultivación de algas es muy importante porque las mejoras en productividad, calidad y composición de biomasa son parámetros importantes en procesos iniciales de obtención de biomasa y en el precio de mercado [4], y también en los pasos siguientes a su manipulación hasta la obtención de los compuestos deseados. Por otro lado, las biorrefinerías de biomasa de algas representan el siguiente paso hacia su comercialización a nivel industrial. Los productos comerciales de ahora se basan simplemente en la cosecha y el secado de biomasa o en la extracción y purificación solo de lípidos especiales como los ácidos grasos de omega-3 o pigmentos como la astaxantina [4], perdiendo las otras fracciones presentes en la biomasa, de esta manera perdiendo un potencial muy alto.

Por lo anteriormente mencionado, se identifica la necesidad de demostrar y validar un proceso completo de obtención de un número cuanto más alto posible de compuestos utilizables en industrias como la alimentaria, cosmética y piensos, basándose en el concepto de cascada.

## MÉTODOS EXPERIMENTALES

### Objetivos del proyecto

El objetivo general del proyecto BIOSEA es el desarrollo y la validación de procesos innovadores, competitivos y económicos, de cultivo, extracción y purificación, para el cultivo de 3 microalgas (*Spirulina platensis*, *Isochrysis galbana* y *Nannochloropsis sp.*) y 2 macroalgas (*Ulva ohnoi* y *Saccharina latissima*) para producir y extraer al menos 6 principios activos de alto valor añadido a bajo coste (hasta un 55% menos que en los procesos actuales) para ser utilizados en industrias como la alimentaria, piensos y cosmética.

De esta manera, BIOSEA contribuirá a la reducción de la dependencia europea en la importación de materia prima, disminuyendo, al mismo tiempo, la presión sobre los recursos de la tierra y abriendo nuevos nichos de mercado y negocios.

El alcance de los objetivos se realizará mediante la ejecución de tareas como: cultivo y optimización del cultivo; extracción, separación y purificación; evaluación de las propiedades de los principios activos; formulación de productos; evaluación de propiedades de los productos finales, LCA.

### Actividades realizadas en el proyecto

El punto de partida del proyecto está representado por el cultivo y la optimización del cultivo de las microalgas y macroalgas seleccionadas, en medios diferentes, empezando con el cultivo a nivel de laboratorio, donde se optimiza la producción y se incrementa el contenido de principios activos de la biomasa, para su posterior escalado, para la obtención de producciones mayores.

Las siguientes algas se han seleccionado para su desarrollo en el proyecto, presentadas en la Tabla1, junto con detalles sobre su clase perteneciente y tipo.

**Tabla 2.** Características cepas de algas seleccionadas para el proyecto

Cepa de alga	Filo	Tipo		Principio activo predominante
<i>Spirulina platensis</i> [5]	Cianobacteria	Micro	Verde/azul	proteínas y el pigmento azul ficocianina
<i>Isochrysis galbana</i> [5]	Haptofita	Micro	Marrón	DHA, fucoxantina
<i>Nannochloropsis sp</i> [5]	Ocrofita	Micro	Marrón	EPA
<i>Ulva ohnoi</i> [5]	Clorófitas	Macro	Verde	Proteínas y azúcares
<i>Saccharina latissima</i> [5]	Laminareacea	Macro	Marrón	Carbohidratos, polifenoles/carotenoides

El cultivo de las microalgas seleccionadas (*Spirulina platensis*, *Isochrysis galbana* y *Nannochloropsis sp.*) realizado por IGV, a nivel de laboratorio se desarrolla en fotobiorreactores, llegándose a estar escalado hasta niveles de 4000 L volumen.

Las dos macroalgas seleccionadas (*Ulva ohnoi* y *Saccharina latissima*) fueron cultivadas inicialmente a nivel de laboratorio para que el cultivo sea posteriormente escalado a:

- cultivo en cilindros de 75 L de volumen, para el alga verde *Ulva ohnoi*, cultivada por CTAQUA.

- cultivo en mar abierto, utilizando sistemas con cuerdas textiles, en Asturias, para el alga marrón, *Saccharina latissima*, cultivada por At-sea technologies.

La caracterización de la composición bioquímica se realizó para todas las cepas de algas seleccionadas en el proyecto con el objetivo de identificación de la necesidad y formas de optimización del cultivo y del siguiente proceso de extracción.

Partiendo de la biomasa de algas obtenida, se desarrollan procesos de extracción en cascada para la obtención de un número máximo de principios activos. Los principios activos, de alto valor añadido, deseados a obtener se destacan en la Tabla 1.

Inicialmente se han obtenido extractos ricos en azúcares, lípidos y proteínas. Los extractos no están purificados, ya que según los ensayos preliminares de aplicación se decidirán las necesidades de pureza.

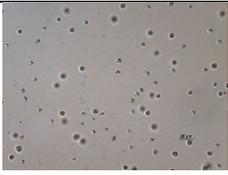
Desde los extractos ricos en principios activos de interés, se han realizado ensayos preliminares de encapsulación, en términos de compatibilidades de los compuestos con membranas, y caracterización de las propiedades de los principios activos obtenidos.

## RESULTADOS OBTENIDOS

Entre los resultados más importantes obtenidos en los primeros doce meses del proyecto, se destacan (Tabla 2):

- cultivo de las tres microalgas y dos macroalgas seleccionadas y su optimización

**Tabla 3.** Cultivo de micro y macroalgas

Microalgas		
		
<i>Spirulina platensis</i>	<i>Isochrysis galbana</i>	<i>Nannochloropsis sp</i>
Macroalgas		
		
<i>Ulva ohnoi</i>	<i>Saccharina latissima</i>	

- obtención de los extractos preliminares, sin purificación, presentados en la la Figura 1.



Figura 4. Extractos preliminares ricos en proteínas

## CONCLUSIONES

Hasta el momento, el proyecto ha demostrado la posibilidad de cultivo de algas para la obtención de principios activos para las industrias alimentaria, piensos y cosmética, y tiene como objetivo final, la demostración y validación de la producción de productos con los ingredientes anteriormente mencionados,

## AGRADECIMIENTOS

Este proyecto ha recibido financiación de Bio Based Industries Joint Undertaking en el marco del Programa de Investigación e Innovación Horizon 2020 de la Unión Europea bajo el contrato No745622.



## REFERENCIAS

- [1] Food and Agriculture Organization of The United Nations, FAO, 2014. <http://www.fao.org/3/a-i3720e.pdf>.
- [2] Aquatic Biofuels Working group, FAO, Julio, 2010. [http://www.fao.org/fileadmin/templates/aquaticbiofuels/docs/1007\\_FAO\\_ABB\\_REPORT\\_2010.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/aquaticbiofuels/docs/1007_FAO_ABB_REPORT_2010.pdf).
- [3] Draaisma R.B., Wijffels R.H., Slegers P.M.E., Brentner L. B., Roy A., Barbosa M. J. Curr. Opin. Biotechnol, 169–177 (2013).
- [4] Ruiz J., Olivieri G., de Vree J., Bosma R., Willems P., Reith J.H., Eppink M.H.M., Kleinegriss D.M.M., Wijffels R.H., Barbosa M. J. "Towards industrial products from microalgae." Energy and environmental science, August 19, 2016.
- [5] Guiry, Guiry &. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. Julio 2018. <http://www.algaebase.org>.

## Acabado funcional de prendas deportivas mediante tecnología de nanoburbujas

**M. Blanes, S. Rosello, J. Llopis, L. Cappelli, M. Canet, O. Calvo**

*AITEX – Textile Research Institute*

*G.I. Acabados Técnicos, Salud, Confort, Deporte y Medio Ambiente*

*Plaza Emilio Sala, 1. Alcoi (Alicante)*

*e-mail: ocalvo@aitex.es*

### RESUMEN

Se han desarrollado y aplicado sobre prendas, mediante nanoburbujas, diferentes acabados textiles aportando funcionalidad repelente a líquidos y antimicrobiana, con un mínimo consumo de formulación por prenda.

### INTRODUCCIÓN

El subsector de los acabados textiles es de los que más efluentes contaminantes y aguas residuales genera, siendo intensivo en consumo de agua, productos químicos y energía. Por ello resulta de interés para investigar, desarrollar e implementar soluciones técnicas destinadas a promover el ahorro de recursos hídricos, reducir el consumo de químicos y la emisión de aguas residuales.

Diferentes tecnologías de acabado textil, desde maduras y ya consolidadas como proceso productivo a otras de carácter más emergente, que aportan ventajas de carácter medioambiental ya que permiten ahorros significativos de agua, energía, químicos, pueden encontrarse en empresas acabadoras: procesos de tintura sin agua, que emplean CO<sub>2</sub> supercrítico como medio de transporte del colorante [1], tecnologías de acabado sonoquímico o por ultrasonidos [2], equipos de acabado en prenda mediante láser u ozono, especialmente para la industria del denim [3], etc.

Aun así, en la mayoría de las empresas textiles con procesos de acabado pueden encontrarse tecnologías convencionales como la impregnación directa (fulardado), la estampación con mallas y rotativa o el dip-coating (impregnación de prendas), que consumen grandes cantidades de agua y productos químicos y en las cuales la carga contaminante de los vertidos que producen es elevada. Frente este último proceso de acabado en prenda confeccionada, la tecnología de nanoburbujas se presenta como una alternativa sostenible [4] para la industria textil.

Siendo una tecnología que ya encuentra aplicaciones interesantes en sectores industriales tales como tratamiento de aguas, la industria alimentaria o la medicina/farmacéutica [5], está empezando a penetrar en el sector textil gracias al desarrollo de maquinaria específica, con la cual pueden aplicarse también las formulaciones de acabado textil habitualmente destinadas a fulardado o dip-coating. AITEX está desarrollando y aplicando formulaciones repelentes a líquidos y antimicrobianas sobre tejidos y prendas diversas, incluyendo las de uso deportivo, alcanzando niveles de funcionalidad y solidez al lavado similares a los que se obtienen con procesos tradicionales de acabado textil.

## DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS Y PROCESOS

### Tecnología de nanoburbujas

El equipo utilizado para la aplicación de acabados funcionales en prendas es un reactor de nanoburbujas eFlow de Jeanologia (Paterna, Valencia) instalado en AITEX (Alcoi, Alicante), conectado a una lavadora industrial de 250 L de capacidad. El reactor de nanoburbujas tiene un volumen de 100 L, con una capacidad de generación de nanoburbujas de  $10^6 - 10^9/\text{cm}^2$  y 1 kW de potencia media de consumo.

### Horno de secado y polimerización

Para el secado y polimerización de las prendas una vez acabadas se ha empleado un horno vertical Tupesa (Cornellà del Terri, Girona), con capacidad de carga de hasta 10 prendas y temperatura máxima de trabajo de 180 °C. El volumen de la cámara interna es de 0,8 m<sup>3</sup> y sistema de calentamiento eléctrico con resistencias de 18 kW.

### Procesos de formulación y acabado

Se ha trabajado con dos productos repelentes a líquidos y un antimicrobiano:

- Polyguard NIN de Polysistec (Castellar del Vallés, Barcelona). Repelente C6.
- Nuva 2214 de Archroma (El Prat de Llobregat, Barcelona). Repelente C6.
- Sanitized AM 2116 (Burgdorf, Suiza). Antimicrobiano base piritonato de zinc.

Los productos de acabado funcional se formularon siguiendo las recomendaciones de receta de cada hoja técnica, para obtener las concentraciones siguientes (Tabla 1):

**Tabla 1.** Fórmulas de acabado desarrolladas

Producto	g/L	
Polyguard NIN	50	75
Nuva 2214	50	75
Sanitized AM 2116	20	40

Las fórmulas de acabado desarrolladas se aplicaron mediante el equipo eFlow sobre las prendas deportivas de poliéster tipo camiseta (previamente asegurando el carácter hidrofílico de las mismas), en las condiciones indicadas en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Condiciones de aplicación de acabados y su secado/polimerizado

Parámetro de proceso	Valor
NBP (pick-up teórico)	100%
Prendas por lote	25
Tiempo de micronizado	8 min
Temperatura y tiempo de polimerizado	150 °C / 2 min

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

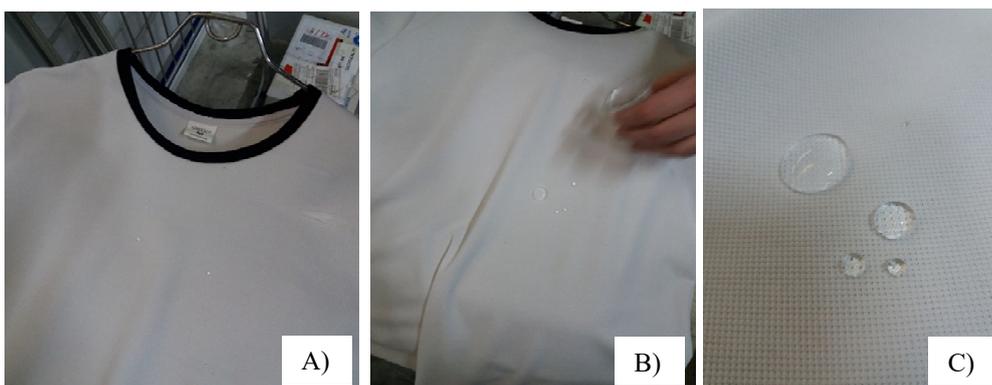
Primeramente, se comprobó el pick-up real obtenido. Teniendo en cuenta que el pick-up teórico (NBP) al que se programó el eFlow fue del 100%, para las aplicaciones con repelentes a líquidos se obtuvo un pick-up real medio del 100%, mientras que para las aplicaciones de antimicrobianos fue del 85%.

La repelencia al agua y al aceite se comprobó, en las prendas de poliéster acabadas con fórmulas Polyguard NIN y Nuva 2214, mediante los estándares AATCC 193 y AATCC 118, respectivamente. La Tabla 3 muestra los resultados obtenidos (siendo los valores máximos de repelencia al agua 10 y al aceite 8, respectivamente).

**Tabla 3.** Repelencia al agua y aceite de las muestras desarrolladas

Acabado aplicado	Repelencia	
	Agua	Aceite
ninguno	0	0
Polyguard NIN 50 g/L	8	4
Polyguard NIN 75 g/L	9	4
Nuva 2214 50 g/L	8	6
Nuva 2214 75 g/L	9	4

Se observa muy buena repelencia para todos los acabados aplicados en las prendas de poliéster. El hecho de incrementar la concentración de 50 a 75 g/L de producto funcional no incrementa significativamente el nivel de repelencia alcanzado. El comportamiento de las prendas así acabadas por tecnología de nanoburbujas, como el buen aspecto de las prendas de color blanco, sin amarillamiento alguno, se muestra en la Figura 1.



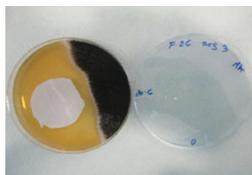
**Figura 1.** A) Aspecto de una de las prendas, tras el acabado por nanoburbujas. B) Repelencia al agua aportada por el acabado aplicado (Polyguard NIN 50 g/L). C) Detalle del buen nivel de repelencia alcanzado.

Por otra parte, la actividad antibacteriana y antifúngica se comprobó, en las prendas de poliéster acabadas con fórmulas Sanitized AM 2116, mediante los estándares AATCC 100 y AATCC 30, respectivamente. La Tabla 4 muestra los resultados obtenidos en la evaluación de la funcionalidad antimicrobiana.

**Tabla 4.** Actividad antibacteriana y antifúngica de las muestras desarrolladas

Acabado aplicado	Nivel de actividad	
	Antibacteriana ( <i>S. aureus</i> )	Antifúngica. Nivel de crecimiento ( <i>A. niger</i> )
ninguno	0,0%	5
Sanitized AM 2116 20 g/L	99,9%	0
Sanitized AM 2116 40 g/L	99,9%	0

Con solo 20 g/L de producto funcional, se tiene muy buena actividad antibacteriana frente al microorganismo indicado, así como muy buena actividad antifúngica frente al hongo seleccionado, ya que se evita su crecimiento total sobre la muestra (Figura 2).



**Figura 2.** Comportamiento de una muestra de tejido extraída de la prenda PES acabada con 20 g/L del producto antimicrobiano seleccionado, frente al hongo *A. niger*.

## CONCLUSIONES

Formulaciones de acabado repelente a líquidos y antimicrobiano han podido ser aplicadas por nanoburbujas (micronizado) con niveles de pick-up similares a procesos a la continua, observando niveles de funcionalidad adecuados en las prendas acabadas. Pese a que las concentraciones de producto funcional empleadas son similares a las de procesos convencionales, el total de fórmula de acabado preparada se ajusta a la cantidad consumida en todo el proceso (con el parámetro NBP, pick-up teórico), de manera que la cantidad remanente en el reactor tras finalizar el proceso de acabado es mínima. Por el peso de cada prenda y el nivel de pick-up real obtenido, puede afirmarse que cada prenda ha sido acabada con solo 1 vaso de fórmula de acabado (150 - 200 ml), lo cual da idea del ahorro que esta tecnología puede aportar.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer al Programa de Ayudas dirigidas a centros tecnológicos CV para proyectos de I+D en cooperación con empresas, de la Conselleria d'Economia Sostenible, Sectors Productius, Comerç i Treball de la Generalitat Valenciana, a través del IVACE, y que está cofinanciado por los fondos FEDER de la UE, dentro del Programa Operativo FEDER de la Comunitat Valenciana 2014-2020, la financiación del proyecto "FUN2GARMENT - I+D de nuevos acabados funcionales sobre tejidos técnicos y prendas, de alto componente sostenible, años I y II" (2017 – 2018).



GENERALITAT  
VALENCIANA

IVACE  
INSTITUTO VALENCIANO DE  
COMPETITIVIDAD EMPRESARIAL

UNIÓN EUROPEA  
Fondo Europeo de  
Desarrollo Regional  
Una manera de hacer Europa

## REFERENCIAS

- [1] <http://www.textileworld.com/textile-world/dyeing-printing-finishing-2/2013/12/nike-implements-dyecoo-co2-dye-technology-in-taiwan-plant/> (2013).
- [2] Perelshtein I., et al. *Beilstein Journal of Nanotechnology*. 7, 1-8 (2016).
- [3] ON-NA Hung, et al. Comparison of Color Properties of CO<sub>2</sub> Laser Treated Cotton Fabric Before and After Dyeing. *Journal of Textile Engineering*. 60:2, 23-25 (2014).
- [4] Khalil E. Nano Bubble Technology: A New Way to Sustainable Jeans Finishing. 56th Convention of Institution of Engineers, Bangladesh (IEB) (2016).
- [5] Oshita S., Liu. S. Nanobubble Characteristics and Its Application to Agriculture and Foods. *Proceedings of AFHW* (2013).

## Caracterización de tejidos acabados con nanopartículas por vía sonoquímica

**M. Blanes, M. Martínez, F. Fernández, O. Calvo**

*AITEX – Textile Research Institute*

*G.I. Acabados Técnicos, Salud, Confort, Deporte y Medio Ambiente*

*Plaza Emilio Sala, 1. Alcoi (Alicante)*

*e-mail: ocalvo@aitex.es*

### RESUMEN

Diferentes tejidos acabados con un proceso sonoquímico, que permite la deposición de nanopartículas metálicas sobre las fibras textiles, han sido caracterizados respecto de su morfología superficial (mediante microscopía SEM) y contenido en metal.

### INTRODUCCIÓN

Los procesos de acabado textil, además de proveer de color y efectos estéticos y de diseño a los tejidos (tinturas, estampaciones) también permiten aportar funcionalidades de interés (repelencia a líquidos, suavidad, tactos blandos/duros, protección UV, retardancia de llama, efecto antimicrobiano, etc.). Estos procesos de funcionalización por acabado textil suelen realizarse mediante procesos de impregnación o recubrimiento empleando para ello dispersiones de base acuosa [1]. Para el caso concreto de los acabados antimicrobianos, suele distinguirse entre acabados bactericidas o fungicidas. En el caso de los acabados antibacterianos los compuestos más comúnmente empleados son amonios cuaternarios, base plata, etc. [2] y siempre por vía húmeda.

En el proyecto PROTECT se investigan y desarrollan nuevos procesos de acabado antibacteriano por tecnología sonoquímica [3]. Se emplean disoluciones precursoras metálicas (por ejemplo, de cobre) que generan nanopartículas metálicas que son proyectadas a gran velocidad anclándose y fijándose con gran fuerza sobre las fibras textiles [4]. La caracterización mediante diferentes técnicas y ensayos permite evaluar la efectividad de estos nuevos procesos de acabado textil, alternativa a los actuales aplicados con productos convencionales y cuya durabilidad a lavados es limitada.

### DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS Y MÉTODOS DE CARACTERIZACIÓN

#### Muestras textiles

Tejido de algodón/poliéster 35/65 de 210 g/m<sup>2</sup> de Klopman International Srl (Frosinone, Italia). Este tejido es acabado mediante dos disoluciones diferentes (normal e integrada) que incluyen cobre en su composición, empleando el equipo prototipo R2R (roll-to-roll) que se instaló en Klopman durante el pasado proyecto FP7 SONO. Los procesos sonoquímicos se desarrollaron a velocidades de paso del tejido de 0,5, 5 y 10 m/min.

#### Microscopía SEM

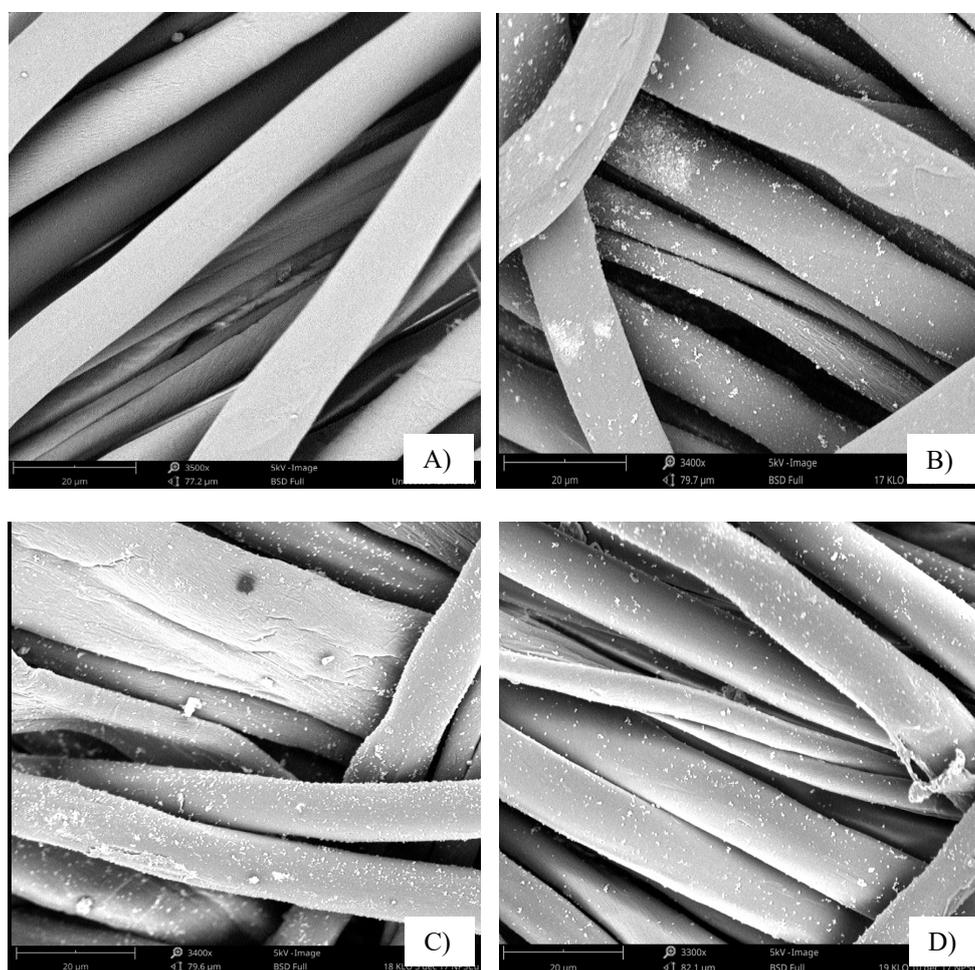
Para la caracterización morfológica de los tejidos recubiertos con nanopartículas de cobre, a partir de las disoluciones precursoras, se ha empleado un microscopio electrónico de barrido SEM Phenom Pure (de Phenom World. Eindhoven, Países Bajos).

### Método de determinación de metales

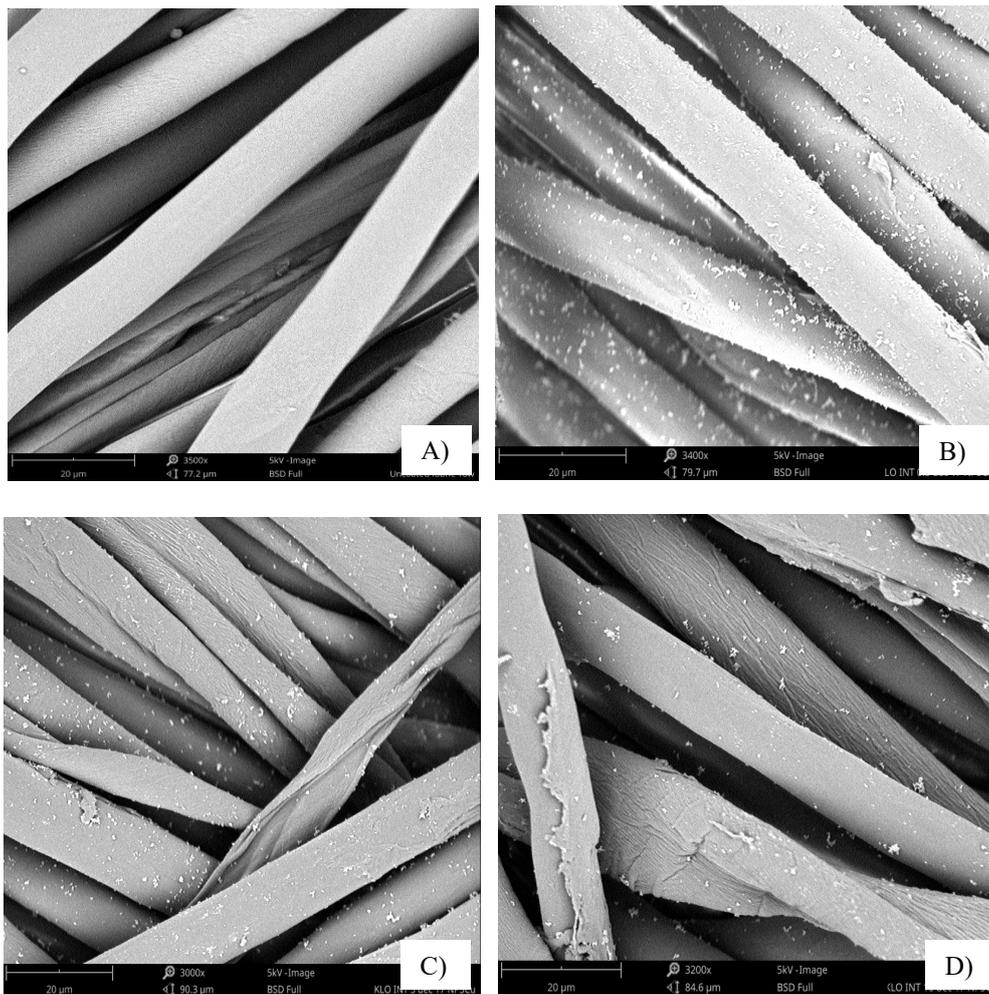
Para la determinación de metales se ha empleado el ensayo descrito en el estándar UNE-EN 16711-1:2016. Textiles. Determinación del contenido en metales. Parte 1: Determinación de los metales por digestión en microondas (*Textiles - Determination of metal content - Part 1: Determination of metals using microwave digestion*). Se ha determinado la cantidad de cobre presente en las muestras, expresándolo en mg/kg.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los tejidos aportados por Klopman International Srl acabados por vía sonoquímica con dos disoluciones de cobre diferentes (fórmulas 'normal' e 'integrada'), fueron caracterizados primeramente con SEM. El aspecto de los recubrimientos con nanopartículas de cobre obtenido por vía sonoquímica se muestra en las Figuras 1 y 2.



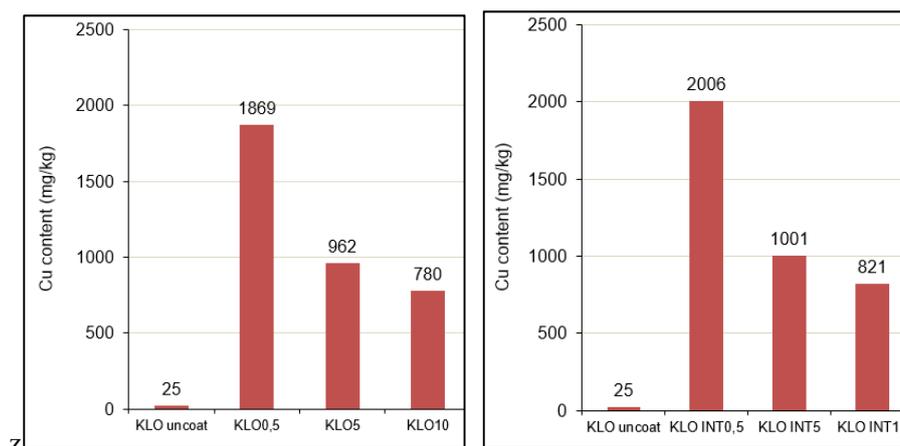
**Figura 1.** Aspecto de las muestras recubiertas con 'fórmula normal' por vía sonoquímica: A) Tejido sin recubrir. B) Tejido recubierto a 0,5 m/min. C) Tejido recubierto a 5 m/min. Tejido recubierto a 10 m/min.



**Figura 2.** Aspecto de las muestras recubiertas con 'fórmula integrada' por vía sonoquímica: A) Tejido sin recubrir. B) Tejido recubierto a 0,5 m/min. C) Tejido recubierto a 5 m/min. Tejido recubierto a 10 m/min.

La observación microscópica de las muestras permite localizar las nanopartículas de cobre distribuidas de manera homogénea sobre las fibras de algodón/poliéster. Si bien en aquellas muestras acabadas con la 'fórmula normal' no se aprecian diferencias significativas entre muestras recubiertas a diferentes velocidades, en las muestras acabadas con 'fórmula integrada' se observa mayor cantidad de recubrimiento de nanopartículas en la muestra recubierto a 0,5 m/min.

Por otra parte, la determinación del contenido de cobre en las diferentes muestras estudiadas dio los resultados mostrados en la Figura 3.



**Figura 3.** Contenido en cobre (mg/kg) de las muestras recubiertas. Izquierda) con 'fórmula normal'. Derecha) con 'fórmula integrada'.

Se observa el efecto de aplicar diferentes velocidades en el proceso de acabado, al respecto de obtener un mayor o menor contenido de cobre en el recubrimiento. A menor velocidad, más cantidad de cobre se deposita sobre las fibras.

## CONCLUSIONES

El acabado sonoquímico permite la deposición de nanopartículas de cobre sobre textiles, el cual se aprecia de forma uniforme sobre las fibras. Debe encontrarse un compromiso entre velocidad de proceso y cantidad depositada sobre las fibras, a fin de asegurar en el futuro la actividad antimicrobiana y la durabilidad a lavados de estos recubrimientos nanoestructurados.

## AGRADECIMIENTOS

“Este proyecto ha recibido financiación del Programa de Investigación e Innovación Horizon 2020 de la Unión Europea bajo el contrato No 720851”.

La información y las opiniones representadas en este sitio web sólo reflejan las opiniones de los autores y no las opiniones de la Unión Europea. Ni las instituciones ni los organismos de la Unión Europea ni ninguna persona que actúe en su nombre pueden ser responsables del uso que se pueda hacer de la información que contiene.

Más información: <http://protect-h2020.eu/>

## REFERENCIAS

- [1] W. D. Schindler and P. J. Hauser. Chemical Finishing of Textiles. Woodhead Publishing (2004).
- [2] Gupta, Deepti & Bhaumik, Somes. (2007). Antimicrobial treatments for textiles. Indian Journal of Fibre & Textile Research. 32. 254-263.
- [3] Perelshtein I, et al. Beilstein Journal of Nanotechnology. 2016;7:1-8. doi:10.3762/bjnano.7.1.
- [4] Jamie Beddow, Gagandeep Singh, María Blanes, Korina Molla, Ilana Perelshtein et al. Sonochemical coating of textile fabrics with antibacterial nanoparticles. AIP Conf. Proc. 1433, 400 (2012); doi: 10.1063/1.3703213.

## **Investigación y Desarrollo de composites inteligentes basados en la implementación de elementos textrónicos y materiales funcionales**

**V. Sanz Buades<sup>(1)</sup>, E. Gonga Roselló<sup>(1)</sup>, E. Fages Santana<sup>(1)</sup>, M. Valor Cerdá<sup>(2)</sup>,  
G. Martínez Beltrán<sup>(2)</sup> y J. Campos Payá<sup>(2)</sup>**

*Instituto Tecnológico Textil (AITEX),*

*(1) Departamento de I+D. Grupo de investigación de nuevos materiales y sostenibilidad.*

*(2) Departamento de I+D. Grupo Textiles Inteligentes y Soluciones TIC.*

*Plaza Emilio Sala, 1, 03801 Alcoy, (Alicante)*

*e-mails: [vsanz@aitex.es](mailto:vsanz@aitex.es), [egonga@aitex.es](mailto:egonga@aitex.es), [efages@aitex.es](mailto:efages@aitex.es), [mvalor@aitex.es](mailto:mvalor@aitex.es),*

*[GMartinez@aitex.es](mailto:GMartinez@aitex.es), [jcampos@aitex.es](mailto:jcampos@aitex.es)*

### **RESUMEN**

El proyecto SMARTCOMP “INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE COMPOSITOS INTELIGENTES BASADOS EN LA IMPLEMENTACIÓN DE ELEMENTOS TEXTRÓNICOS Y MATERIALES FUNCIONALES”, en su segunda anualidad, busca el pleno desarrollo de composites de matriz termoestable multifuncionales, orientados al sector de la decoración, interiorismo, hábitat e industrias creativas en general, mediante el desarrollo de estructuras textiles dotadas de inteligencia.

Una de las líneas de desarrollo de textil funcional se centra en la obtención de un material compuesto con capacidad de apantallar ondas electromagnéticas en un rango de frecuencias entre 400 MHz y 3 GHz.

### **INTRODUCCIÓN**

Los esfuerzos de I+D en los últimos años en el ámbito de textiles con aplicación en composites pasan por la obtención de estructuras textiles de elevadas prestaciones mecánicas y de bajo coste. El ámbito textil, a través de los denominados textiles inteligentes, ofrece numerosas posibilidades de innovación en términos de nuevas propiedades multifuncionales en el ámbito de los materiales compuestos.

Por otro lado, el interés social por la contaminación electromagnética a la que diariamente nos vemos sometidos, y los efectos negativos que numerosos estudios afirman ocasionar sobre la salud de los seres humanos, promueven el crecimiento del estudio de soluciones para apantallar determinadas frecuencias electromagnéticas.

Uno de los retos asociados al presente proyecto de I+D pasa por la obtención de textiles inteligentes con capacidad de apantallamiento electromagnético, susceptibles de ser integrados en la estructura multicapa de un material compuesto que deba ser resinado mediante el proceso de infusión de resina asistida por vacío. Por lo que ha sido de vital

importancia, la investigación y el desarrollo de elementos textiles funcionales y de refuerzo con determinadas características técnicas capaces de soportar las condiciones habituales del proceso de infusión de resina.

## **TECNOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE TEXTILES INTELIGENTES**

### **Tecnología de bordados/circuitería textil**

El bordado consiste en la ornamentación, por medio de hebras textiles, de una superficie flexible. Mediante esta tecnología, se dispone de capacidad para insertar hilos de altas prestaciones como pueden ser hilos con propiedades conductoras de electricidad, en distintos tipos de tejido. Se trata de una herramienta eficaz para la integración de sensores, actuadores, interconexión y transporte de energía en tejidos, así como, para el desarrollo de nuevas estructuras textiles técnicas de alto valor añadido.

Al mismo tiempo, permite la utilización de hilos de seda, lana, lino, etc., la inserción de lentejuelas de diámetros y formas varias, así como, la inserción de cintas y cordones. Todas estas capacidades que aporta la bordadora, posibilitan el desarrollo de tejidos inteligentes con los que poder desarrollar materiales compuestos.

## **TECNOLOGÍAS PARA EL DESARROLLO DE COMPOSITES.**

### **Infusión de resina mediante vacío asistido**

Los nuevos composites de interés para el proyecto SMARTCOMP se realizan principalmente mediante el proceso de infusión de resina asistida por vacío. Este proceso consiste en inyectar resina en un molde cerrado sobre el que se ha aplicado vacío y en el que se encuentran las capas de textil con las que se pretende fabricar el material compuesto; de manera que, cuando la resina penetra en el molde debido a la fuerza de vacío, fluye por las capas de textil colocadas sobre el molde e impregnándolas por completo. Una vez la resina ha curado, se obtiene la pieza de material compuesto.

La infusión de resina es un proceso simple y económico que permite fabricar piezas de gran tamaño con una gran calidad de acabado superficial. Se trata de una técnica comúnmente utilizada en el sector naval, aeronáutico, automoción o eólico, entre otros, ya que permite la obtención de piezas de poco peso con elevadas prestaciones mecánicas.

### **Tecnología de laminación en continuo.**

La tecnología de laminación en continuo se basa en un sistema ininterrumpido que mediante presión y temperatura se consigue la adhesión entre distintos tipos de sustratos, como pueden ser textiles, espumas, conglomerados, etc., tanto rígidos como flexibles y de distinto espesor, peso y comportamiento; controlando parámetros de presión, temperatura, velocidad y apertura entre cintas. El proceso se desarrolla a través de un túnel por donde se desplazan los materiales sobre una cinta sinfín teflonada. En

el sistema existen secciones de calentamiento y enfriamiento totalmente diferenciadas, de manera que los materiales y posibles adhesivos son calentados y ligeramente comprimidos para conseguir una consolidación óptima entre ellos, y posteriormente se enfrían para la estabilización entre las láminas adheridas que conforman el material.

Este sistema de producción en continuo se diferencia de los demás en la posibilidad de obtención de grandes longitudes de material compuesto donde se pueden incorporar diferentes tipos de materiales de unión (adhesivos en formato polvo, films, net, etc.) que además de actuar como elemento adherente entre los sustratos textiles, aporta al laminado diferentes características mecánicas que dependen del polímero termoplástico empleado y del gramaje utilizado en la laminación.

Este sistema representa un potencial de aplicación elevado para al desarrollo de materiales compuestos laminados a partir de elementos textiles inteligentes.



**Figura 1.** Proceso de infusión de resina (izq.) y laminación en continuo (dcha.)

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante la primera anualidad (2017), se ha realizado con éxito el diseño de los textiles apantallantes a las ondas electromagnéticas, así como el diseño y el proceso de fabricación de los materiales compuestos fabricados con ellos, con el fin de conseguir apantallamiento electromagnético en un rango de frecuencias entre 400 MHz y 3 GHz, frecuencias habitualmente utilizadas por teléfonos móviles, antenas WIFI, etc.

La caracterización de las propiedades físico-mecánicas y funcionales del material compuesto resultante está siendo completada esta anualidad, año 2018, período en el que se tiene previsto completar la ejecución del proyecto. Para ello, se están realizando ensayos de tracción y flexión. En cuanto a la caracterización en términos funcionales, se está llevando a cabo en una cámara anecoica en la que se realizan mediciones de ondas transmitidas y reflejadas entre dos antenas enfrentadas entre sí y orientadas copolarmente.

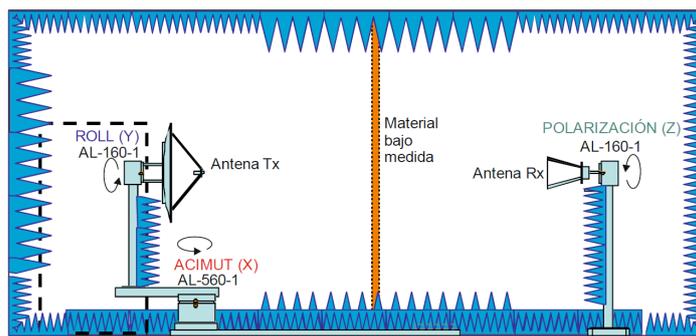


Figura 2. Esquema montaje de ensayo en cámara anecoica.

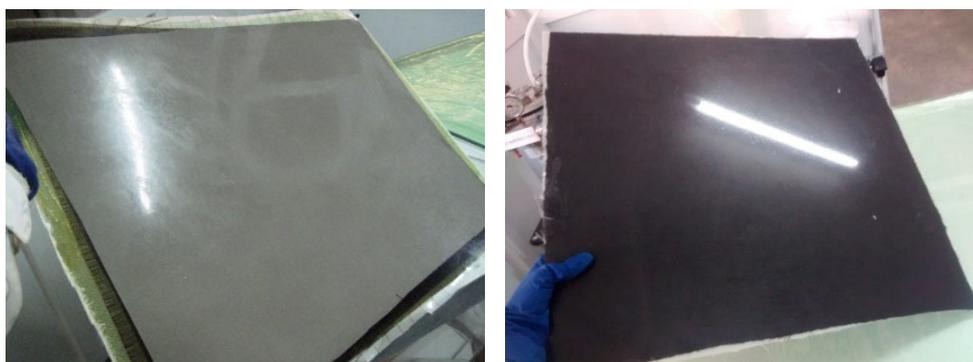


Figura 3. Ejemplos de composites apantallantes.

## AGRADECIMIENTOS

El proyecto SMARTCOMP “Investigación y Desarrollo de composites inteligentes basados en la implementación de elementos textrónicos y materiales funcionales” cuenta con el apoyo de la Conselleria d’Economia Sostenible, Sectors Productius, Comerç i Treball de la Generalitat Valenciana, a través del IVACE, y está cofinanciado por los fondos FEDER de la UE, dentro del Programa Operativo FEDER de la Comunitat Valenciana 2014-2020.



## Investigación y desarrollo de materiales avanzados para la mejora de la calidad de vida de las personas mayores

**R. Baeza-García, J.V. Gisbert, M.M. Ortiz**  
*Asociación de la investigación textil (AITEK)*  
*Grupo de investigación de materiales y sostenibilidad.*  
*Plaza Emilio Sala, 1, Alcoi, (Alicante)*  
*e-mail: rbaeza@aitex.es*

### RESUMEN

La salud es una de las principales fuentes de preocupación de las personas mayores, y se identifica como la capacidad para desenvolverse en la vida cotidiana de manera autónoma, por lo que disponer de buena salud es un requisito decisivo para el bienestar. En esta línea de investigación se ha utilizado la tecnología de laminación para realizar combinaciones de diferentes tipos de tejidos para formar una estructura textil multicapa con propiedades de alta transpirabilidad, correcta gestión de la humedad, elevada distribución de presiones y propiedades asépticas aplicables en la fabricación de artículos destinados a estar en contacto con la piel y que en un momento dado puedan aumentar la calidad de vida de las personas mayores.

### INTRODUCCIÓN

En lo que respecta al cuidado de la piel, cabe decir que el textil se puede considerar como una segunda piel en las personas. El 90% de la superficie corporal durante la mayor parte del año se encuentra recubierta por tejidos. La piel es el órgano humano más grande y el responsable de permitir la regulación de la temperatura corporal, por lo que la interacción piel-tejido adquiere una importancia destacada. Se presenta crucial que el textil, aporte las propiedades que ésta va perdiendo, y así no limitar la calidad de vida de las personas. Uno de los principales problemas que se presenta en las personas de edad avanzada son las heridas producidas por presión en la piel, también llamadas escaras [1]. Aparecen con más frecuencia cuando la persona está encamada o permanece mucho tiempo tumbada o sentada. Estos factores sumados a la alta delicadeza de la piel, se convierte en un problema de alto riesgo, pudiendo finalizar en úlceras subcutáneas e incluso afectar al propio hueso. Por lo que sectores textiles como la tapicería o el sector descanso, toman una gran importancia a la hora de combatir dicho problema.

Las propiedades que debe presentar un textil para favorecer la salud de la piel son la transpirabilidad, para favorecer una aireación entre la piel y el exterior, manteniendo así la piel fresca. La correcta evacuación de humedades [2], para alejar de la piel cualquier tipo de humedades que puedan perjudicarla. La comodidad como factor que permita evitar roces agresivos a causa del propio tejido, así como, anulando puntos de presión continuada que la puedan perjudicar. Y finalmente, propiedades asépticas [3] para que, en caso de rotura o herida en la dermis, existan las condiciones perfectas que ayuden a su regeneración. Dado la imposibilidad de que un textil aúne todas estas propiedades beneficiosas, este proyecto se ha basado en la composición de estructuras con tres dimensiones producto de la superposición, por medio del proceso laminación, de diferentes capas de tejido funcional, tejidos 3D "Spacer" [4], espumas o membranas que, por unión sinérgica, permitan alcanzar los distintos requerimientos.

## MÉTODOS EXPERIMENTALES

### Proceso de laminación de prototipos.

Los prototipos desarrollados han sido realizados mediante proceso de laminación utilizando para la unión de los materiales, adhesivos de naturaleza termoplástica en formato lámina. Este sistema permite el pegado de tres sustratos simultáneamente, la activación de la lámina adhesiva se realiza en el interior del túnel de calandrado, donde se ajusta la velocidad de paso, temperatura y presión, dependiendo del sustrato y adhesivo que se esté utilizando. Esta tecnología tiene como ventajas la no contaminación y la uniformidad de aplicación de forma constante y continua. El equipo de laminación consta de los siguientes parámetros variables: velocidad de paso, 0.5-5.0 (m/min); Altura de túnel, 0-250 (mm); Abertura de rodillo, 0-250 (mm); Presión del cilindro, 0-7 (bar). Las láminas adhesivas termoplásticas van a depender de su formato, film homogéneo, web no tejida o net “malla”, así como de su densidad ( $\text{g/m}^2$ ).



Figura 1. Detalle del equipo de laminación Reliant.

### Ensayo de resistencia al vapor de agua $R_{et}$ .

Este ensayo se realiza para determinar la resistencia que ofrece un tejido al paso del vapor de agua. La norma de ensayo es la UNE-EN 31092:1996 y el equipo es el SKIN MODEL. La superficie de ensayo se encuentra en el interior de una cámara climática a unas condiciones ambientales de 35°C y 40% HR. La superficie de medida consta de una placa de área conocida, cuyas dimensiones son de 20x20 cm, lo cual supone un área de 0.04  $\text{m}^2$ ; para intentar reproducir el comportamiento del sistema de sudoración de la piel, la placa es calentada a una temperatura de 35° y se le suministra por su parte inferior un caudal controlado de agua. La dosificación se realiza a través de dos tubos comunicantes, uno que llega a la base del plato poroso y otro que llega hasta un electrodo que por contacto para la dosificación manteniendo así siempre el mismo nivel de agua en la placa porosa. El agua que llega por la parte inferior de la placa emerge a la superficie porque el plato es poroso.



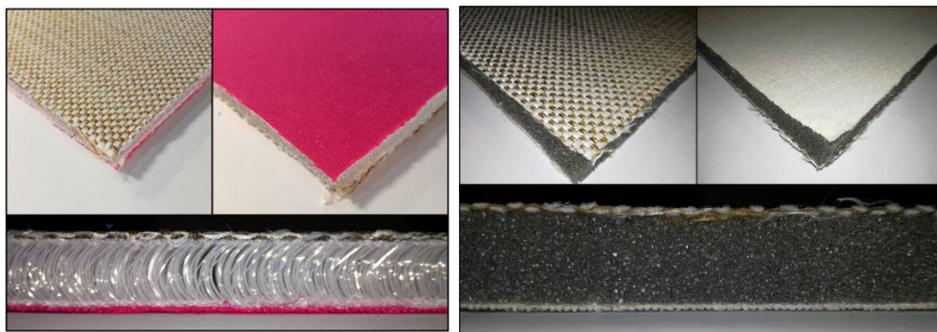
Figura 2. Detalle del equipo SKIN MODEL.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con la finalidad de estudiar de manera comparativa dos estructuras de material multilaminado diferentes, se ha decidido desarrollar por un lado, un multilaminado de tres capas el cual presenta en la parte superior un tejido comúnmente utilizado para el sector tapicería de PES, un núcleo de tejido 3D "Spacer" y un tejido de algodón en la capa interior. Por otro lado, se ha desarrollado un multilaminado con la misma estructura, pero con diferente núcleo, en este caso una espuma de PU convencional utilizada en tapicería.

**Tabla 1.** Detalle de la composición de cada multilaminado

Referencia	Capa superior	Núcleo	Capa interior
Multilaminado Spacer	Tejido de calada para tapicería 100% PES	Tejido Spacer 100% PES; 15 mm de grosor	Tejido hidrófilo 100% algodón
Multilaminado espuma	Tejido de calada para tapicería 100% PES	Espuma PU; 15 mm grosor	Tejido hidrófilo 100% algodón



**Figura 3.** Izqda. Detalle del multilaminado Spacer. Dcha. Detalle del multilaminado con espuma.

Una vez obtenidos los materiales multilaminados se ha procedido a su caracterización a nivel de resistencia al vapor de agua  $R_{et}$ . La siguiente tabla muestra los resultados obtenidos del ensayo:

**Tabla 2.** Resultados obtenidos del ensayo de resistencia al vapor de agua  $R_{et}$ .

Referencia	Resistencia al vapor de agua $R_{et}$ ( $m^2Pa/W$ )
Multilaminado Spacer	19.53
Multilaminado espuma	30.63

El ensayo se basa en el estudio de la energía que hay que suministrar en el área determinada para mantener el gradiente de presión. Si se observa que existe un consumo energético, es porque el agua que llega en estado líquido puede convertirse en gas, ya que el tejido no impide su difusión, con lo cual, aparece un flujo energético elevado en el denominador de la ecuación, y por lo tanto la resistencia al vapor de agua es pequeña y se considera como material transpirable. Si por el contrario el tejido fuese menos transpirable, el agua líquida que quiere pasar al ambiente no puede, con lo cual

no se produce el cambio de fase y el consumo energético es mínimo, con lo cual la resistencia al vapor de agua crece y se considera un material con baja transpirabilidad.

El valor obtenido del ensayo es inversamente proporcional a el consumo energético medido, por lo que los valores más bajos consideran un material con mayor capacidad de transpiración. De esta manera se puede observar claramente la mayor capacidad de transpiración del multilaminado fabricado con Spacer, frente al desarrollado con espuma de PU, siendo cuantificada en un 37% más transpirable.

## CONCLUSIONES

Mediante el desarrollo del estudio se han podido comprobar varios aspectos a tener en cuenta. En primer lugar se ha determinado que el material multilaminado desarrollado con núcleo de tejido Spacer presenta unas mayores prestaciones a nivel de capacidad de transpirabilidad que el desarrollado con espuma de PU convencional. Además de esta propiedad, se ha llegado a la conclusión de que es viable la fabricación de este tipo de materiales multilaminados Spacer, utilizando la tecnología de laminación en continuo, pudiendo considerarse materiales con mejores prestaciones a los empleados convencionalmente, y mas si cabe, cuando van a ser utilizados por personas mayores.

## AGRADECIMIENTOS

El proyecto SENIOR18 "Investigación y desarrollo de materiales avanzados para la mejora de la calidad de vida de las personas mayores" cuenta con el apoyo de la Conselleria d'Economia Sostenible, Sectors Productius, Comerç i Treball de la Generalitat Valenciana a través del IVACE, y está cofinanciado por los fondos FEDER de la UE, dentro del Programa Operativo FEDER de la Comunitat Valenciana 2014-2020.



## REFERENCIAS

- [1] Levine., Jeffrey M., MD., AGSF., CMD. 31, 139-141 (2018).
- [2] Manshahia M., Das A. 15, 1221-1229 (2014).
- [3] X. Hui., H. Zhu., G. Sun. 64-74 (2016).
- [4] Bagherzadeh R., Gorji M., Latifi P., Payvandy L., Kong X. 13, 529-534 (2012).

## Obtención de no-tejidos wet-laid procedentes del residuo de alfombras.

**E. Franco<sup>(1)</sup>, E. Fages<sup>(1)</sup>, M.M. Ortiz<sup>(1)</sup>,**  
 (1) *Asociación de la investigación textil (AITEX)*  
*Grupo de investigación de Sostenibilidad y materiales.*  
*Plaza Emilio Sala,1, Alcoi, (Alicante)*  
*e-mail: efranco@aitex.es*

### RESUMEN

El objeto de este experimental es el estudio de la revalorización del residuo de alfombra generado en el propio proceso productivo, donde se eliminan los laterales para la confección de la alfombra, convirtiéndolo en un no-tejido que puede ser empleado como aislante en construcción.

### INTRODUCCIÓN

La sociedad cada vez se encuentra más concienciada con la protección del medio ambiente y principios como la sostenibilidad, la biodegradabilidad o la reciclabilidad son factores tenidos en cuenta por los consumidores a la hora de elegir un producto.

En los países desarrollados se genera una gran cantidad de residuos que representan una enorme pérdida de recursos tanto en materiales como en energía, además del impacto medioambiental que supone su gestión y eliminación. Los vertederos ocupan terreno y pueden contaminar aire, agua y suelo, mientras que la incineración puede dar lugar a emisiones de contaminantes. El objetivo de las políticas de gestión de residuos actualmente consiste en los conceptos reducir, reciclar y reutilizar.

Un elevado volumen de alfombras post-consumo son desechadas cada año a nivel mundial, poniendo una importante presión en los vertederos por el volumen que ocupan y permitiendo el desperdicio del valioso material contenido en las alfombras [1]. Alcanzando las 400.000 toneladas en Reino Unido [2] [3] [4] y los más de 1.5 millones de toneladas de USA.

Las alfombras son materiales compuestos formados por distintas capas, materiales y rellenos inorgánicos por lo que generalmente son difíciles y caros de reciclar [2] [3]. La estructura de una alfombra se compone de:

- Mat o felpa: Superficie visible y de uso.
- Base primaria: Base sobre la que se teje la alfombra.
- Base secundaria: Envés y responsable de la estabilidad proporcionando forma, protección y soporte.
- Backing, capa adhesiva que emplea habitualmente Látex.

A su complicada estructura se une la diversidad de materiales empleados en su fabricación. Las fibras empleadas para construir los mats o felpa de las alfombras son generalmente: Lana, Algodón, Polipropileno, Poliamida y Poliéster.

Los conceptos relacionados con la sostenibilidad han ido evolucionando de la economía lineal a la circular, hasta el actual cradle to cradle que pretende no sólo la generación de residuos cero, sino que el producto sea diseñado para servir como materia prima en nuevos procesos al final de su vida útil.

Para que este tipo de economía sea eficaz es necesario un buen diseño del producto que facilite la reciclabilidad de sus componentes y posteriormente una red logística que recupere y gestione la recogida del producto tras su vida útil para emplear los materiales que lo componen nuevamente como materia prima. Si no existe una red bien desarrollada y no se informa adecuadamente a los usuarios es inevitable que estos productos sigan acabando en el vertedero [1].

El sector alfombras a pesar de ser bastante tradicional va paso a paso para incrementar la sostenibilidad de sus productos. En el mercado ya se encuentran alfombras que emplean en su composición fibras recicladas, principalmente de poliéster y poliamida.

Dependiendo de los materiales empleados existen diferentes estrategias para su recuperación o aprovechamiento. En las alfombras de poliamida por ejemplo se despolimeriza en  $\epsilon$ -caprolactama para posteriormente volver a polimerizarla, es un proceso complejo que permite obtener poliamida con las mismas propiedades que el material virgen. [5] [6]. En los casos en los que se emplea fibras naturales existen desarrollos en los que se emplean como fertilizantes [7].

## MÉTODOS EXPERIMENTALES

### Materiales

El residuo de alfombra empleado presenta un gramaje de 1,93 Kg/m<sup>2</sup> y se presenta como una tira de unos 7cms de ancho.



**50,00% Lana**



**42,00% Yute**



**6,75% Viscosa**



**1,25% Latex**

**Figura 1.** Superior residuo de alfombra. Inferior composición del residuo.

Para el no tejido se ha empleado 70% residuo de alfombra, 10% Lyocell y 20% PLA

**Procesos:**

Para la obtención del no-tejido se han realizado dos procesos:

- **Triturado** para adecuar el residuo al formato fibra que necesita el proceso de wet-laid. El corte se realiza por el cizallamiento del material entre la base del equipo y las cuchillas del cilindro que no tienen filo. Finalmente el material triturado cae por un tamiz cuando ha alcanzado la medida, para este experimental de 5 mm.
- **Wet-laid** Los no-tejidos son láminas manufacturadas, velos o napas de fibras orientadas o no, producidas y unidas por medios mecánicos, químicos o físicos. El Wet-laid se basa en un proceso de obtención de no-tejidos en el cual las fibras textiles son suspendidas en un medio acuoso y posteriormente son depositadas en una cinta transportadora que conduce el velo a la estación de consolidado formando la tela no-tejida. Las condiciones empleadas en la formación del velo han sido:

**Tabla 1.** Condiciones de formación del no-tejido por el proceso wet-laid.

SISTEMA DE DISPERSIÓN		SISTEMA DE FOURDRINIER	
Tiempo premezcla	10 min	Bomba Fibra	102 l/min
Agitación premezcla	2400 rpm	Bomba dilución	204 l/min
Dilución premezcla	15,7 g/l	Bomba recirculación	306 l/min
Dilución en tanque	1,1 g/l	Velocidad cinta	1 m/min
		Temperatura secadero	180 °C
		Tiempo de secado	7 min

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

La formación del no-tejido fue homogénea. Durante el proceso de secado se producía un ligero humo, teniendo que aumentarse la velocidad, siendo probable que el PLA no se haya fundido en su totalidad, disminuyendo la resistencia del no-tejido.

El no-tejido obtenido presenta un gramaje de 215 g/m<sup>2</sup> y una composición de:

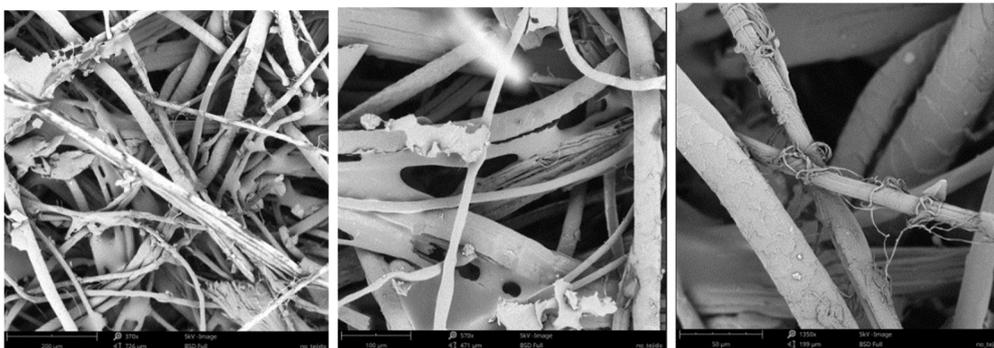
35,00% Lana  
29,40% Yute  
20,00% PLA

10,00% Lyocell  
4,73% Viscosa  
0,87% Látex



**Figura 2.** Izq. residuo de alfombra tras el proceso de triturado. Dcha. No-tejido.

A continuación, se muestran las imágenes SEM obtenidas.



**Figura 3.** Izq. No-tejido a 370 aumentos. Centro detalle de del PLA fundido y restos de látex a 570 aumentos. Dcha. Detalle de fibra de lana y yute a 1350 aumentos

## CONCLUSIONES

El presente experimental demuestra la viabilidad de utilizar residuos de alfombra en el proceso de obtención de no-tejidos wet-laid tras un proceso previo de triturado. Estos tejidos son susceptibles de ser empleados como aislantes.

## AGRADECIMIENTOS

El proyecto ECO&TECNO CARPET "Aplicación de nuevas tecnologías de funcionalización y de reducción del impacto ambiental en el sector alfombra", cuenta con el apoyo de la Conselleria d'Economia Sostenible, Sectors Productius, Comerç i Treball de la Generalitat Valenciana a través del IVACE, y está cofinanciado por los fondos FEDER de la UE, dentro del Programa Operativo FEDER de la Comunitat Valenciana 2014-2020.



## REFERENCIAS

- [1] Sas, I., et al., Sustainable fashion supply chain management from sourcing to retailing, 2015, pp. 3-30.
- [2] Adeavo Sotavo, Sarah Green, Geoffrey Turvey, Journal of cleaner production, pp. 686-697, 2018.
- [3] Adeavo Sotayo, Sarah Green, Geoffrey Turvey, Environmental Technology & Innovation, pp. 97-107, 2015.
- [4] M. J. e. a. Bucci, Journal of the textile institute, pp. 1300-1311, 2014.
- [5] J. e. a. Chen, Journal of analytical and applied pyrolysis, pp. 50-55, 2010.
- [6] C. e. a. Miht, Polymer engineering and science, pp. 1457-1470, 2001.
- [7] S. e. a. McNeil, Resources conservation and recycling, pp. 220-224, 2007.

## Sostenibilidad de las botellas de polietilentereftalato

**M.D. Samper<sup>(1)</sup>, M.F. Aldas<sup>(2)</sup>, N.J. Rouault<sup>(3)</sup>, D. Garcia-Garcia<sup>(2)</sup>**

*(1) Instituto de Tecnología de Materiales (ITM), Universitat Politècnica de València (UPV)  
Plaza Ferrándiz y Carbonell s/n, Alcoi, (Alicante)  
e-mail: [masammad@upvnet.upv.es](mailto:masammad@upvnet.upv.es)*

*(2) Departamento de Ciencia de Alimentos y Biotecnología, Facultad de Ingeniería Química y Agroindustria, Escuela Politécnica Nacional, 170517 Quito, Ecuador*

*(3) École nationale Supérieure d'Ingenieurs de Caen (ENSI CAEN).  
Boulevard Maréchal Juin, 14000 CAEN, France*

### RESUMEN

El polietilentereftalato (PET) es uno de los plásticos más empleados en la fabricación de envases en el sector de la alimentación, principalmente, es empleado en aplicaciones con ciclos de vida muy cortos, como es el caso de las botellas de un solo uso o las películas transparentes para el envasado de alimentos, lo cual genera una elevada cantidad de residuos plásticos, de los cuales una gran mayoría acaba depositada en vertederos, dando lugar a un elevado impacto medioambiental. El creciente aumento social por la preocupación medioambiental ha promovido la investigación y desarrollo de metodologías para reducir el efecto negativo de los envases de PET sobre el medio ambiente, así como la reducción de la huella de carbono que estos generan. El presente trabajo muestra las principales tendencias empleadas para mejorar la sostenibilidad y el impacto ambiental de las botellas de PET.

### INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años ha aumentado la preocupación ambiental de la sociedad. Esta preocupación no pasa desapercibida por las empresas y muchas de ellas desarrollan nuevos productos reduciendo el impacto ambiental que generan. Este es el caso del polietilentereftalato (PET) que representa el 7,4 % de la demanda de plástico en Europa, siendo mayoritariamente utilizado en el sector del envase para alimentación, especialmente en botellas para el envasado de agua, refrescos, leche, etc.

Las tendencias durante los últimos años para mejorar la sostenibilidad y el impacto ambiental de las botellas de PET se pueden resumir en:

- El uso de PET reciclado (rPET) como parte de la formulación del material empleado en la fabricación de preformas y, por tanto, botellas de PET.
- Empleo de material biodegradable.
- Aligeramiento de botellas de PET (bottle lightweighting).

La producción de botellas de PET se realiza mediante el proceso de inyección-soplado, este tipo de conformado se realiza en dos etapas, primero se moldea la preforma en un proceso de moldeo por inyección, este procesado asegura la correcta formación de la zona roscada de la botella y se controla con precisión la distribución del espesor de pared de la preforma a lo largo de la pieza. El segundo paso es el proceso de soplado y estirado, en este proceso la preforma se atempera por encima de la temperatura de transición vítrea (Tg), en el caso del PET se debe calentar por encima de 80°C, se estira utilizando una varilla de estiramiento y soplado. Este proceso genera un estiramiento

axial del material proporcionando propiedades físicas mejoradas como la de barrera a gases.

## MÉTODOS EMPLEADOS PARA LA MEJORA DE LA SOSTENIBILIDAD DE LAS BOTELLAS DE PET

### Aligeramiento de botellas de PET

Una de las vías para hacer que el PET sea más sostenible es el aligeramiento de envases de PET, que en inglés se conoce como “bottle lightweighting”, siendo una tarea continua de los ingenieros de procesos desde la aparición de la botella de PET, ligando un ahorro del coste final de producto al ahorro de peso. Un ejemplo de cómo las empresas aplican las nuevas normativas sobre la sostenibilidad de este tipo de materiales se pudo contemplar en 2010 en la Conferencia de Nova-Pack celebrada en Orlando, Florida (USA), donde se hizo un gran debate y exposición sobre sostenibilidad, siendo uno de los mensajes transmitidos el siguiente: “mientras los envases más ligeros ofrezcan ahorros de costes, los responsables de mercado y ventas, tanto de las grandes marcas como de las marcas de los distribuidores, deben reflexionar sobre el impacto que tales cambios tendrán en la aceptación de sus productos por los consumidores”.

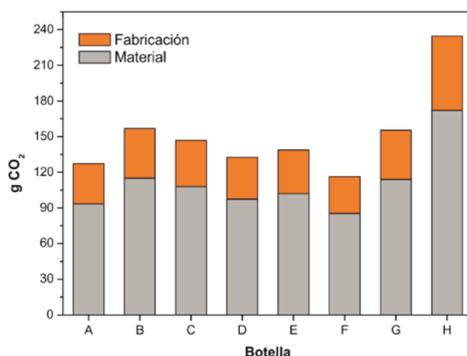
La tendencia de minimizar la cantidad de material se ha enfocado, en mayor medida, en botellas de PET de un solo uso para envasado de agua. A día de hoy, el mercado aún sigue implicándose para minimizar el material necesario para la fabricación de botellas, aunque se encuentra cerca de alcanzar el límite posible. En 2010 la masa media para botellas de 0,5 litros era de 10 gramos. Un estudio reciente realizado por la organización medioambiental ECOEMBES aporta valores de masa de alrededor de 30 gr para las botellas de 1,5 litros.

Por otra parte, el Instituto Tecnológico de Materiales (ITM) de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV) demuestra, en el estudio que se muestra a continuación, que la mayoría de botellas de PET de distintas marcas comerciales (Figura 1) tienen masas inferiores a 30 g. Solamente una marca comercial supera, con creces, dicho valor (muestra H). Sin embargo, se observa que otras marcas comerciales necesitan alrededor de 21 g, lo que nos hace pensar que aún queda camino y grandes esfuerzos para minimizar la masa necesaria para su fabricación.



**Figura 1.** Botellas de PET disponibles comercialmente y su peso.

En la Figura 2 se observa una comparativa sobre la huella de carbono que tiene la fabricación de cada una de estas botellas. Si comparamos los gramos de CO<sub>2</sub> emitidos para la fabricación de las botellas F y H, se observa que se duplican las emisiones en el caso de la muestra H. Por tanto, aunque existen algunas botellas que aún no cumplen con los criterios de sostenibilidad, la mayoría de fabricantes tienen una huella de carbono que sí que cumple el propósito buscado. Sin embargo, aún se necesita aumentar los esfuerzos para minimizar el material necesario y así poder aumentar la sostenibilidad de dicho material.



**Figura 2.** Gráfica de estimación de la huella de carbono del material y el proceso de fabricación de cada una de las botellas de PET obtenida mediante CES EduPack 2017.

### Uso de PET reciclado en botellería

Una alternativa, si se desea aumentar la sostenibilidad del PET, es utilizar PET reciclado (rPET) proveniente de envases postconsumo, ya que la normativa permite utilizar contenidos de hasta el 50% de rPET de la masa total de las botellas si es con el fin alimentario. Tanto es así que en torno a un tercio (34%) del PET reciclado se utiliza para la fabricación de nuevas botellas de PET consiguiendo una importante reducción del consumo de PET virgen desde 2013. Sin embargo, hay que tener en cuenta que las empresas que utilicen rPET deben notificar a las autoridades sanitarias el uso de este material para proceder a un riguroso control de seguridad. Además, la grana de rPET debe ser sometida a un proceso de limpieza especial, también conocido como “super limpieza”. Existen normas publicadas por la FDA (Food and Drug Administration) como la “Use of Recycled Plastics in Food Packaging: Chemistry Considerations. 2006” y normas que se deben consultar en el ILSI (International Life Science Institute) como “Recycling of Plastics for Food Contact Use 1998”, entre otras. Los procesos que se pueden utilizar para la limpieza o descontaminación del PET pueden ser: 1) Por descontaminación térmica, sometiendo el material a una extrusión a 280°C durante un tiempo determinado; 2) mediante tratamiento químico/físico, decapando o eliminando una primera capa de la superficie de las botellas mediante una solución alcalina; y 3) mediante extracción con disolventes, aún a escala piloto, se trataría de disolver el PET, eliminar impurezas y volver a precipitar.

En términos cuantitativos, solamente el ahorro en materias primas que tienen las empresas que utilizan rPET es de entre un 20% y un 40% dependiendo del contenido de material que se utilice en la formulación de botellas PET/rPET [1].

### **Bioplásticos usados en botellería**

Alrededor del año 2005 estuvo en auge el uso de materiales biodegradables para la obtención de botellas de agua, es el caso del desarrollo de botellas utilizando como material ácido poliláctico (PLA) por la empresa Biota [2]. Sin embargo, hay que tener en cuenta que Gironi y col. realizaron un estudio de ciclo de vida donde comparaba botellas de PET y PLA para envasar agua, y llegaron a la conclusión de que la ventaja de las botellas de PLA con respecto a las botellas de PET es que el primero procede de recursos renovables, pero este beneficio tiene consecuencias medioambientales ya que tiene un impacto sobre la salud humana y el ecosistema debido al uso de pesticidas, consumo de tierra de cultivo y agua para la producción de las materias primas [3]. Por otro lado, Papong y col. también realizaron un estudio del ciclo de vida de botellas de PET y de PLA procedente de la Yuca y determinaron que las botellas de PLA presentaron un rendimiento ambiental mejor que las de PET en términos de calentamiento global, reducción de la dependencia de la energía fósil y toxicidad humana [4].

Además de las botellas de agua realizadas con PLA se han presentado botellas de agua realizadas con papel o desarrollo de materiales basados en algas marinas, aunque este último material aún no se ha testado para poder usarlo en el mercado del agua embotellada.

### **CONCLUSIONES**

Durante los últimos años las empresas productoras de botellas de PET han realizado un esfuerzo considerable para mejorar la sostenibilidad de sus productos, básicamente han seguido tres líneas de sostenibilidad: uso de rPET en la formulación de su material, minimizando la cantidad de material que utilizan en el conformado de las botellas y con el uso de bioplásticos.

Actualmente, las empresas se decantan por el uso de rPET en sus formulaciones y en la minimización de peso como las principales estrategias para mejorar la sostenibilidad de las botellas. Sin embargo, posiblemente en un futuro no muy lejano la alternativa será el uso de bioplásticos, ya que estos además de ser biodegradables podrían también reciclarse como ocurre con el PET.

### **AGRADECIMIENTOS**

Este trabajo cuenta con el apoyo del Ministerio de Economía y Competitividad de España, PROMADEPCOL (MAT2017-84909-C2-2-R).

### **REFERENCIAS**

- [1] R. de Francisco y A. Imbernón. Revista de plásticos modernos: Ciencia y tecnología de polímeros, 700, 16-20 (2015).
- [2] G. Kale, R. Auras, S.P. Singh y R. Narayan. Polymer Testing, 26, 1049-1061 (2007).
- [3] F. Gironi, y V. Piemonte. Environmental Progress & Sustainable Energy, 30, 459-468 (2011).
- [4] S. Papong, P. Malakul, R. Trungkavashirakun, P. Wenunun, T. Chom-In, M. Nithitanakul y E. Sarobol. Journal of Cleaner Production, 65, 539-550 (2014).

## **Metodología experimental para el estudio del equilibrio, cinética y curvas de ruptura en la adsorción de colorantes sobre carbón activo**

**M.C. Fernandez<sup>(1)</sup>, L.M. Maldonado<sup>(1)</sup>, María-Fernanda Lopez-Pérez<sup>(2)</sup>,  
S.C. Cardona<sup>(2)</sup>**

*(1) Universidad Católica Boliviana San Pablo*

*(2) Universitat Politècnica de València*

*Plaza Ferrándiz y Carbonell s/n, Alcoi, (Alicante)*

*e-mail: [marcel.f.q.1.1@gmail.com](mailto:marcel.f.q.1.1@gmail.com) - [lydia.bj@gmail.com](mailto:lydia.bj@gmail.com)*

### **RESUMEN**

En el proceso de tratamiento de aguas es común encontrar situaciones en las que con metodologías de tratamiento convencionales no se llega a eliminar distintos tipos de sustancias presentes en ella, siendo que estas pueden ser tóxicas y peligrosas. El trabajo consiste en optimizar la metodología de ensayos realizados en laboratorio para la obtención de datos en el diseño de columnas de adsorción con carbón activo granulado e identificar que parámetros son los que tienen mayor influencia en el mismo. El carbón activado granular es un material resultante del proceso de calcinado de materiales carbónicos naturales, por lo que es un excelente adsorbente de sustancias diluidas, coloidales y en forma de partículas. Lo que el carbón hace es atraerlas y retenerlas en su superficie. En el trabajo se realizó la optimización del proceso de adsorción de colorante sobre carbón activo siguiendo cuatro pasos principales; caracterización del carbón activo, equilibrio, cinética y dinámica del proceso de adsorción.

### **INTRODUCCIÓN**

El tratamiento de aguas residuales es un tema de gran relevancia para controlar el contenido de contaminantes en el agua. Su objetivo es, en general, reducir la carga contaminante del vertido para que así no afecte de forma nociva al medio ambiente. Para alcanzar este objetivo se cuentan con diferentes métodos de tratamiento. Entre las opciones alternativas para la eliminación de contaminantes se tiene al proceso de adsorción. Este proceso consiste en la captación de sustancias solubles en la superficie de un sólido, es por eso que ha sido identificada como un proceso eficiente de eliminación de diferentes contaminantes.

En el caso de adsorción de un colorante sobre carbón activo, es importante tomar en cuenta los siguientes aspectos:

Caracterización del carbón activo: Se trabajó con carbón granular (GAC) obteniendo sus propiedades de forma experimental, para obtener información precisa acerca de las características del adsorbente.

**Equilibrio de adsorción:** En general, la cantidad de sustancia adsorbida por unidad de masa del adsorbente es función de la concentración, hasta el punto de saturación del adsorbente a una temperatura determinada. Este punto se denomina como punto de equilibrio. Esta relación se puede expresar de forma matemática por medio de las isothermas de adsorción. El conocimiento del punto de equilibrio es la base para poder caracterizar la capacidad de adsorción que tendrá el carbón sobre el colorante para realizar la cinética y diseño de un prototipo de columna de adsorción.

**Cinética de adsorción:** El equilibrio de adsorción no se produce de forma instantánea debido a que está limitada por resistencias de transferencia de masa que determinan el tiempo necesario para alcanzar el equilibrio. A este proceso de adsorción en función del tiempo se denomina cinética de adsorción.

**Curvas de ruptura del proceso de adsorción:** Cuando el agua con colorante fluye de forma continua a través de una columna, el contaminante se separará de forma gradual y a la salida de esta columna se obtendrá agua con menor grado de contaminante. Estos cambios pueden ser expresados en las curvas de ruptura. En este procedimiento se puede obtener información acerca de la capacidad de adsorción del carbón empleado.

## METODO EXPERIMENTAL

La optimización del proceso experimental de adsorción de colorante sobre carbón activo se realizó siguiendo cuatro pasos principales:

### Caracterización del carbón activo granular:

**Tamaño efectivo de partícula,** Se determinó mediante proceso de tamizado, con Potencia: 6, Ciclo: 9, Tiempo: 30 minutos. Se tomó como tamaño de partícula efectiva lo retenido en los tamices 14, 16 y 20. Para quitar el exceso de posible material fino se procedió a lavar el carbón con agua destilada y su posterior secado a temperatura ambiente.

**pH,** se determinó mediante proceso de agitación a temperatura ambiente por un tiempo de 30 minutos.

**Humedad,** se determinó tomando una cantidad de carbón conocida en una capsula y su secado en el horno a 150°C

**Porosidad,** La porosidad viene dada por la expresión:

$$\varepsilon = \frac{\rho_{\text{real}} - \rho_{\text{aparente}}}{\rho_{\text{real}}} \quad (1)$$

**Densidad real,** se utilizó el método del picnómetro que consiste en:

- i. Pesar el picnómetro vacío ( $m_p$ ) y añadir una cierta masa de carbón y pesar en conjunto ( $m_{p+c}$ )
- ii. Cubrir el carbón con agua y someter el conjunto a baja presión en un desecador conectado a una bomba de vacío. Completar el llenado con agua destilada y enrasar. Anotar la masa ( $m_{p+c+w}$ ).
- iii. Llenar el picnómetro de agua y enrasar. Pesar y anotar su masa ( $m_{p+w}$ ).

Con las siguientes expresiones se determina la masa real y el volumen real del GAC:

$$m = m_{p+w} - [m_{p+a+w} - (m_{p+a} - m_p)] \quad (2)$$

$$V_{\text{real}} = \frac{m}{\rho_w} \quad (3)$$

Densidad aparente, se utilizó el método de las probetas, y se aplicó la siguiente relación:

$$\rho_{\text{aparente}} = \frac{m_{\text{probeta+carbon}} - m_{\text{probeta}}}{V_{\text{aparente}}} \quad (4)$$

Superficie aparente, se determina según la ecuación:

$$S_{\text{MB}} = \frac{N_g \cdot a_{\text{MB}} \cdot N_A \cdot 10^{-20}}{M_{\text{MB}}} \quad (5)$$

Donde:

$S_{\text{MB}}$ : Superficie aparente (m<sup>2</sup>/g)

$N_g$ : cantidad de azul de metileno adsorbido (mg/g)

$a_{\text{MB}}$ : área ocupada de una molécula de azul de metileno = 197.2 Å<sup>2</sup>

$N_A$ : Número de Avogadro (6.02\*10<sup>23</sup> mol<sup>-1</sup>)

$M_{\text{MB}}$ : Peso molecular azul de metileno 373.9 (g/mol)

### Equilibrio de adsorción – Isoterma de adsorción

Para calcular el equilibrio se trabaja con isotermas de adsorción y el ajuste del modelo de Freundlich, de acuerdo al siguiente procedimiento:

- i. Se preparó colorante a 4 diferentes concentraciones (0.02, 0.03, 0.04 y 0.05 g/l)
- ii. En 6 botellas de 500ml se agregó diferentes cantidades de CAG (0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1 y 1.5 g). Se dejó en remojo con agua destilada por un periodo de 24 horas para desgasificar el CAG.
- iii. Se completó a un volumen de 500 ml con cada concentración de colorante y se dejó en agitación a 400 rpm por 24 horas y se midió la Adsorbancia en periodos de 20 minutos para ver la variación.

### Cinética de adsorción

La determinación de la cinética de adsorción de colorante sobre CAG, se sigue un proceso similar al realizado para las isotermas de adsorción:

- i. En botellas de 500 ml se añade 500 ml colorante con la dosis de CAG que obtuvo el mejor resultado en el ensayo de equilibrio
- ii. Se agita y se toma muestras en intervalos de tiempo establecidos, hasta que el resultado no presente variación significativa.

### Curvas de ruptura proceso de adsorción.

Para esta prueba se aplicó el siguiente procedimiento:

- i. Se puso sobre la columna una cantidad de 10 g de CAG para que se realice el proceso de desgasificación ya mencionada en el ensayo de equilibrio,
- ii. Se hace circular el colorante hacia abajo a través de la columna de carbón con una velocidad de flujo constante.
- iii. Cada intervalo de tiempo de 1 minuto se mide la Adsorbancia del líquido que pasa por la columna hasta que la concentración del efluente sea 80% del influente o este alcance la saturación.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Caracterización del carbón activo granular:

Denominación: Carbón activo granular N°3

pH:	<b>9.46</b>	
Humedad:	<b>4</b>	%
Porosidad:	<b>0.38</b>	%
Densidad real:	<b>1</b>	g/ml
Densidad aparente:	<b>0.9962</b>	g/ml
Superficie aparente:	<b>80.9</b>	m <sup>2</sup> /g

### Equilibrio y Cinética de adsorción:

El estudio de las isotermas de adsorción nos permite determinar el grado de separación y la sensibilidad del proceso respecto a la concentración del soluto [1]. La cinética describe la velocidad de adsorción del adsorbato en el adsorbente y determinó el tiempo en que se alcanza el equilibrio [2].

### Curvas de ruptura proceso de adsorción:

En las curvas de ruptura se ve un punto a partir del cual la concentración del colorante no deja de aumentar con el tiempo, hasta igualar el valor que tiene en el ingreso del sistema. Si se realiza una gráfica con las concentraciones con respecto al tiempo se trazará la curva conocida como curva de ruptura.

## CONCLUSIONES

El tamaño de partícula efectivo de CAG utilizado fue el retenido en los tamices 14, 16 y 20. El modelo de Freundlich fue utilizado para el ajuste de datos experimentales. El modelo cinético se ajusta con un coeficiente de correlación próximo a 1. Con la curva de ruptura se determinó de forma experimental el comportamiento del CAG como adsorbente en un sistema continuo, y en qué momento este se produce la saturación en este.

## AGRADECIMIENTOS

A Dios, a la Universidad Politécnica de Valencia y a los profesores de ella por toda su colaboración.

## REFERENCIAS

- [1] Ochoa, S. H. Planta Piloto de Fermentaciones, 31 (2015).
- [2] Murillo, Y., Giraldo, L., & Moreno, J. Determinación de la cinética de adsorción de 2,4-dinitrofenol en carbonizado de hueso bovino por espectrofotometría UV-VIS. 40, 91-104 (2013).

## Tratamiento de la lana para su uso como refuerzo en green composites

N.J. Rouault<sup>(1)</sup>, D. Garcia-Garcia<sup>(2)</sup>, H. De la Rosa Ramirez<sup>(2)</sup>, J.M. Ferri<sup>(2)</sup>

(1) *École nationale Supérieure d'Ingenieurs de Caen (ENSI CAEN).*

*Boulevard Maréchal Juin, 14000 CAEN, France*

*e-mail: [rouault.nicolas.56@gmail.com](mailto:rouault.nicolas.56@gmail.com)*

(2) *Instituto de Tecnología de Materiales (ITM)*

*Departamento de Mecánica y Materiales, Universitat Politècnica de València*

*Plaza Ferrándiz y Carbonell s/n, Alcoi, (Alicante)*

### RESUMEN

El objetivo de este trabajo es buscar aplicaciones de la lana de ovejas “Lacha” que, a día de hoy, es un rechazo después de la extracción de lanolina. Para conseguir dar utilidad a dichas fibras, antes hay que tratarlas. En este trabajo se estudia diferentes métodos de limpieza, cardado y cortado de fibras para, en un futuro, poder adecuar dichas fibras como refuerzo en un compuesto 100% biobasado cuya matriz podría ser un polímero biodegradable.

### INTRODUCCIÓN

La lana es una fibra natural basada principalmente por keratina que se obtiene de los caprinos (principalmente ovejas) y se utiliza mayoritariamente en el sector textil. No obstante, no todas las lanas sirven para este fin. Concretamente, la lana de la especie Lacha, originaria del País Vasco, no es apta para su uso textil y solamente es conocida por la calidad de su leche.

Varios trabajos de investigación analizan el potencial como carga de refuerzo de diversos tipos de lana, modificando su química superficial para aumentar la interacción química entre la matriz polimérica y dichas fibras. Algunos de estos autores han realizado materiales compuestos con matriz de polipropileno [1] y poliéster [2]. En el presente trabajo se pretende evaluar la aptitud de la lana de la especie “Lacha” como fibras de refuerzo para su uso en composites. Para ello, se han realizado diferentes tratamientos de lavado para eliminar tierras, hierbas, excrementos y suciedades de todo tipo, incluido la grasa o lanolina que produce la oveja y que representa en torno a un 20% en peso de las fibras [3]. Posteriormente se alinean las fibras mediante una cardadora manual y para finalizar se cortan las fibras mediante diferentes técnicas (tijeras, guillotina o centrífuga).

### MÉTODOS EXPERIMENTALES

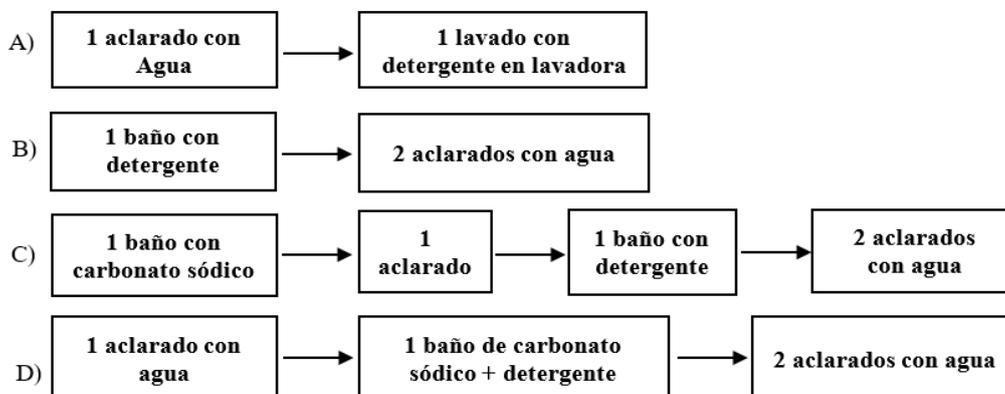
#### Lavado de la lana bruta

El primer paso antes de lavar la lana fue separar las fibras, ya que las fibras están entrelazadas (Figura 1). Esto facilita el lavado de las mismas. Se han probado diferentes metodologías obtenidas de la bibliografía, para poder comparar y optimizar cuál de ellos

es el más eficiente. En la industria, así como en el sector textil se ha observado que la lana suele ser lavada principalmente con NaOH (sosa) y detergente. En las primeras pruebas se ha probado limpiar la lana con una sucesión de baños de agua destilada a 60°C y con NaOH (hasta llegar a pH=12) y con detergente. Como resultado se obtenía una aglomeración de las fibras y un deterioro de las mismas que descartó este proceso tradicional. En sustitución del agente NaOH, que resultó ser muy agresivo, se utilizó carbonato sódico ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) (Figura 2-Método C, y Figura 2-Método D) y varios métodos sencillos y tradicionales que consisten en un baño con detergente y aclarados con agua (Figura 2-Método A y Figura 2-Método B). Para cada lavado con detergente se utilizan 10 ml de éste por cada 0,5 litros de agua. En el caso de utilizar carbonato sódico, se utiliza la cantidad necesaria para llevar la solución a pH9 (1 gr por litro aproximadamente). La cantidad de lana que se utiliza es de 15 gr por cada medio litro de agua. La temperatura a la que se somete el lavado es de 45°C para aumentar la eficiencia del mismo y el tiempo se fija en 30 minutos.



**Figura 1.** Lana de oveja Lacha entrelazada.



**Figura 2.** Esquema de las cuatro metodologías llevadas a cabo para eliminar la suciedad de la lana.

El lavado D se realizó también a gran escala, en recipientes de 30l de capacidad, 1kg de lana por cada 30 litros de agua y en 4 etapas sucesivas:

1. 20h de decantación en agua (45°C) para quitar la mayoría de la tierra.
2. 5h en agua (45°C) con 30g de carbonato de sodio (pH=9) y 200ml de detergente para quitar la grasa.
3. 14h en agua (45°C) como primer aclarado para eliminar la espuma.
4. 4h en agua a 20°C para acabar de eliminar restos de agentes químicos.

### Proceso de edición de las fibras

Una vez limpia, la lana se secó a temperatura ambiente durante dos días. El sistema de alineado de fibras se realizó por medio de una cardadora manual como se observa en la Figura 3.



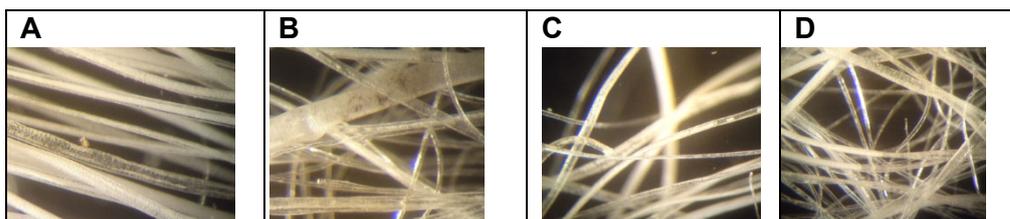
**Figura 3.** Cardadora manual para alinear fibras.

Finalmente, diferentes sistemas de corte fueron llevados a cabo para conseguir fibras de varios tamaños. La guillotina, tijeras y una o dos pasadas en centrifuga con un tamiz de 0.5mm, fueron los sistemas utilizados.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Lavado de la lana bruta

Los lavados más eficientes o en los que se elimina mayor cantidad de ácidos grasos y suciedad son los métodos A y D. Sin embargo, el método A, muestra una aglomeración de las fibras que imposibilita su posterior etapa de cardado. Las imágenes que se muestran en la Figura 4, realizadas mediante lupa estereoscópica, nos aportan información del grado de limpieza que se obtiene con cada uno de los métodos realizados. El método D es el que mayor suciedad elimina, ya que no se observan partículas adheridas a las fibras. Para corroborar la afirmación anterior, se justifica mediante la pérdida de masa obtenida (Tabla 1).



**Figura 4.** Imágenes obtenidas de la lupa estereoscópica de muestras de lana lavada mediante diferentes metodologías, con un zoom de 56X.

**Tabla 1.** Pérdida de masa en los cuatro métodos de limpieza llevados a cabo.

Tipo de lavado	Pérdida de masa (%)
A	34
B	18
C	23
D	31

### Proceso de edición de las fibras

El corte mediante guillotina o tijeras es poco viable a nivel industrial. Mediante centrifuga se consiguen tamaños medios reproducibles ( $3,25 \pm 0,65$  mm con un centrifugado durante 30 min y  $1,05 \pm 0,14$  mm en dos centrifugados). Este último, es un proceso escalable industrialmente con el que se puede obtener diferentes tamaños de fibras, dependiendo del tiempo de centrifugado, número de centrifugados y tamices utilizados.



**Figura 5.** Corte de la fibra de lana con tijera o guillotina (Imagen de la izquierda), corte mediante centrifuga (imagen central) y gráfica de tamaño medio de las fibras dependiendo del número de centrifugados.

## CONCLUSIONES

El tratamiento de la lana ha sido optimizado teniendo en cuenta su viabilidad a nivel industrial y minimizando el uso de agentes tóxicos para el medio ambiente. El método de lavado D resultó ser el más eficiente sin que su aplicación resultara en un deterioro de la fibra. El tamaño de la fibra obtenido del triturado por centrifugación es el que mayor aplicabilidad puede tener a nivel industrial. Se obtienen dos tamaños bien diferenciados; 1º) de tamaño grande, en torno a  $3,25 \pm 0,65$  mm y un 2º) con tamaño de  $1,05 \pm 0,14$  mm. El primero de ellos puede ser utilizado para hacer paneles con propiedades retardantes a la llama y el segundo puede utilizarse como carga de refuerzo en biocompuestos, como podrían ser los “*wood composites*” o compuestos que simulan a la madera, también aportándole mayor resistencia frente al fuego.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo cuenta con el apoyo del Ministerio de Economía y Competitividad de España, PROMADEPCOL (MAT2017-84909-C2-2-R).

## REFERENCIAS

- [1] Conzatti L., Giunco F., Stagnaro P., Patrucco A., Marano C., Rink M., Marsano E., Composites, Part A., 47, 165-171 (2003).
- [2] Conzatti L., Giunco F., Stagnaro P., Capobianco M., Castellano M., Marsano E., Composites, Part A., 43, 1113-1119 (2002).
- [3] Sánchez Patrocinio A., Tesis doctoral : Mejoras en el proceso industrial de extracción de lanolina del efluente procedente del lavado de la lana en base a un tratamiento físico – químico., (2016).

## Modelización GAM de la temperatura en el reactor de una central nuclear durante un transitorio de pérdida de refrigerante

**F. Sanchez-Saez, S. Carlos, S. Martorell, I. Martón**

*Departamento de Ingeniería Química y Nuclear,  
Universitat Politècnica de València  
Camí de Vera s/n (Valencia)  
e-mail: frasansa@etsii.upv.es*

### RESUMEN

Se ha modelado la temperatura máxima de vaina (PCT, por sus siglas en inglés) que se alcanza en un transitorio de pérdida de refrigerante en una central nuclear mediante un modelo aditivo generalizado (GAM, por sus siglas en inglés). Para obtener las distintas observaciones de la PCT se han simulado diferentes evoluciones del transitorio mediante el código termohidráulico TRACE variando algunos de los parámetros de entrada del código según su función de distribución. El modelo aditivo generalizado se construye en el paquete estadístico 'R' con la función 'GAM' incluida dentro de la librería 'mgcv'. Una vez construido el modelo, éste, se alimenta con una colección de 10000 entradas (de las cuales no se tiene resultados de la simulación termohidráulica) con el objetivo de obtener una aproximación de la distribución de la PCT y calcular el percentil 95 de la misma.

### INTRODUCCIÓN

En las centrales nucleares son fundamentales los análisis de seguridad. Uno de ellos es la caracterización de los accidentes base de diseño donde se debe garantizar que la probabilidad de que se produzca daño al núcleo esté acotada. En este estudio, se va a analizar un transitorio de pérdida de refrigerante por rotura en doble guillotina de una tubería en rama fría de una central PWR de 4 lazos, donde la central de referencia para el transitorio es la planta Zion de diseño Westinghouse, localizada en Illinois. Según el criterio de los organismos reguladores, en este tipo de transitorio se debe garantizar que el valor de la PCT sea inferior a 1477K con un límite de tolerancia con un nivel 95/95. Es decir, que el valor que garantiza una cobertura del 95% de la distribución con una confianza del 95% sea inferior a 1477K [1].

### OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

El objetivo de este trabajo es obtener la función de distribución de la PCT y caracterizar el percentil 95 de la misma, ya que cuando el número de observaciones  $n$  es suficientemente elevado, el percentil 95 de la distribución  $\approx$  límite de tolerancia 95/95.

Los pasos a seguir para la consecución del objetivo son:

- Caracterización de las variables explicativas y su función de distribución o rango de variabilidad.

- Muestreo de 1000 valores de cada una de las variables explicativas y simulación del código Termohidráulico para la obtención de la variable respuesta.
- Ajuste mediante un modelo GAM y muestreo de 10000 valores de cada una de las variables explicativas y predicción mediante el modelo GAM. Cálculo del percentil 95 de la función de distribución de la PCT.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Caracterización de las variables explicativas

Las variables explicativas se han obtenido mediante un análisis de la fenomenología implicada durante el transitorio y sus funciones de distribución han sido obtenidas mediante el estudio de la bibliografía disponible y a través del juicio de expertos. En un primer momento se obtuvieron un total de 68 variables posiblemente influyentes en la PCT que se muestran en la tabla 1.

**Tabla 1.** Variables explicativas 'a priori'.

Variable	Valor	Mínimo	Máximo
Thermal power (PAR 1)	3250 (MW)	0.98	1.02
Peaking factor (PAR 2)	1.2468 (-)	0.95	1.05
Hot gap size average (PAR 3)	5.4e-5 (m)	0.8	1.2
Hot gap size hot rod (PAR 4)	5.4e-5 (m)	0.8	1.2
....	.....	.....	.....
Mass flow rate (PAR 68)	17357 (kg/s)	0.96	1.04

Tras un primer 'screening', el número de variables explicativas significativas se redujo hasta 45 [2].

### Muestreo y simulación

Se obtiene una matriz (de dimensiones 1000x45) de valores de las variables explicativas mediante muestreo aleatorio simple de las funciones de densidad de dichas variables explicativas y después se ejecutan con el código termohidráulico TRACE [3] 1000 simulaciones, introduciendo en cada simulación del código una fila de valores de las variables explicativas.

### Ajuste del GAM

Una vez que se han obtenido los resultados de las simulaciones, construimos el modelo GAM mediante la librería 'mgcv'. Para un mismo número de variables, la función 'gam' de la librería 'mgcv' construye el mejor modelo minimizando el estadístico GCV [4]. Como la librería 'mgcv' no dispone de una función que facilite la selección de modelos, se ha realizado una optimización del modelo teniendo en cuenta el siguiente algoritmo:

- [1] Se realiza un ajuste aditivo de todas las variables explicativas.
- [2] Si algunas de las variables explicativas presentan un ajuste lineal ( $edf=1$ ), se pasan a ajustar de manera paramétrica.
- [3] Se elimina la variable menos significativa de las ajustadas paramétricamente. Se comprueba que el  $GCV_{new} \leq GCV_{old}$ : si se cumple, seguimos con las instrucciones; si no, devolvemos la variable al modelo y quitamos la siguiente menos significativa.
- [4] Una vez que no se puede minimizar el estadístico GCV quitando variables del ajuste paramétrico, probamos a quitar variables del ajuste aditivo y comprobamos la GCV.

[5] Cuando no podemos minimizar la GCV sacando ninguna variable, ni paramétrica ni aditiva, hemos concluido la optimización del modelo.

Se obtienen los siguientes GCV, que se muestran en la tabla 2, para los distintos modelos obtenidos siguiendo el algoritmo de optimización.

**Tabla 2.** GCV en cada iteración

GCV1	GCV2	GCV3	GCV4	GCV5	GCV6	GCV7	GCV8
75.896	75.850	75.850	75.616	75.608	75.608	75.499	75.458
GCV9	GCV10	GCV11	GCV12	GCV13	GCV14	GCV15	
75.458	75.304	75.281	75.148	75.081	75.072	75.053	

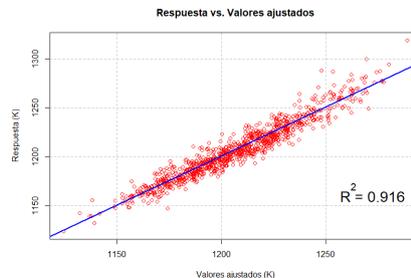
Después del modelo 'ct15' no es posible disminuir la GCV sacando variables del modelo, por lo que consideramos este ajuste, como el ajuste óptimo:

Family: gaussian Link function: identity

Formula:  $PCT \sim s(\text{Par4}) + s(\text{Par5}) + (\text{Par9}) + s(\text{Par10}) + (\text{Par11}) + (\text{Par12}) + s(\text{Par13}) + s(\text{Par14}) + s(\text{Par15}) + (\text{Par16}) + s(\text{Par17}) + (\text{Par19}) + (\text{Par20}) + (\text{Par21}) + s(\text{Par24}) + (\text{Par26}) + (\text{Par27}) + s(\text{Par28}) + s(\text{Par30}) + s(\text{Par35}) + s(\text{Par39}) + (\text{Par40}) + (\text{Par41}) + s(\text{Par42}) + (\text{Par43}) + s(\text{Par44}) + (\text{Par46}) + s(\text{Par51}) + s(\text{Par52}) + (\text{Par53}) + (\text{Par55}) + s(\text{Par56}) + (\text{Par63}) + (\text{Par64}) + s(\text{Par65}) + (\text{Par67})$ . n = 1000.

R-sq.(adj) = 0.916 Deviance explained = 92.3% GCV = 75.053 Scale est. = 68.611

Como vemos, el modelo consigue un muy buen ajuste, ya que consigue explicar el 92.3% de la desviación y el  $R^2$ ajustado=0.916. En la figura 2 se muestran los valores de la PCT obtenidos con el código TRACE frente a los ajustados por el modelo GAM ct15.



**Figura 2.** Ajuste GAM ct15.

Una vez obtenido el GAM óptimo, muestreamos 10000 conjuntos de variables de entradas y las ajustamos para obtener la predicción de la PCT mediante el GAM. En la figura 3 se muestra una aproximación de la función de densidad de la PCT, con los 1000 valores obtenidos con TRACE, y con los 10000 valores obtenidos con el GAM donde se observa cómo las 2 distribuciones obtenidas (y los valores del percentil 95) son muy similares.

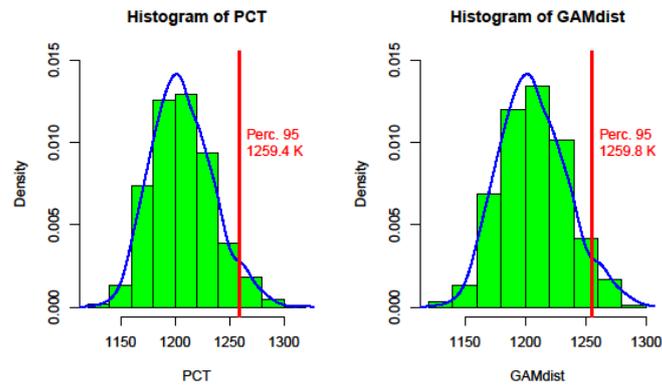


Figura 3. Histogramas.

## CONCLUSIONES

El percentil 95 de la función de distribución de la PCT es menor que 1477K.

El modelo GAM permite ajustar la PCT con las variables de entrada igual de bien que el código termohidráulico.

El tiempo de computación es mucho menor. El GAM es capaz de ajustar 10000 casos en pocos segundos, mientras que para correr los 1000 casos con TRACE se necesitaron 2 meses.

Comparado con otros métodos de obtención del límite de tolerancia 95/95 (p.e. Wilk), el GAM tiene la ventaja añadida de que también puede predecir una salida ante un conjunto de entradas concreto. Esto puede ser muy útil, si por ejemplo se produce una rotura en la realidad, y la central nuclear no tiene del tiempo disponible para correr el código termohidráulico. El modelo GAM le dará una predicción de la temperatura que se va a alcanzar en el núcleo.

## REFERENCIAS

- [1] USNRC. Regulatory guide 1.157 best-estimate calculations of emergency core cooling system performance. Washington DC, 13(52):123–456, (1989).
- [2] Francisco Sanchez-Saez. Tesis Doctoral: Aportaciones al Análisis Determinista de Seguridad de las centrales nucleares mediante metodología Best Estimate. Universitat Politècnica de València, (2017).
- [3] USNRC. Trace v5.0 user's manual. Modeling guidelines, vol. 2. Washington DC, (2010).
- [6] [4] S. Wood. Mixed gam computation vehicle with gcv/aic/reml smoothness estimation. <https://cran.rproject.org/package=mgcv>. (2016).

## Proyecto SMARTLIFE - Smart Clothing Gamification to promote Energy-related Behaviours among Adolescents

**Josué Ferri<sup>(1)</sup>, Jorge Moreno<sup>(1)</sup>, Jorge Doménech<sup>(1)</sup>, Ruben Costa<sup>(2)</sup>, Pedro Oliveira<sup>(2)</sup>, Antonio Grilo<sup>(2)</sup>, Greet Cardon<sup>(3)</sup>, Ann DeSmet<sup>(3)</sup>, Ayla Schwarz<sup>(3)</sup>, Jeroen Stragier<sup>(3)</sup>, Andrew Pomazanskyi<sup>(4)</sup>**

*(1) AITEX – Asociación de Investigación de la Industria Textil, Alicante, Spain  
e-mail: [josue.ferri@aitex.es](mailto:josue.ferri@aitex.es)*

*(2) KB Consulting, and Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade NOVA, Lisbon, Portugal*

*(3) Department of Movement and Sport Sciences, Ghent University, Ghent, Belgium  
(4) Nurogames GmbH, Cologne, Germany*

### RESUMEN

La inactividad y el comportamiento sedentario entre los adolescentes son los principales problemas sociales. Los estilos de vida poco saludables representan una gran carga para la sociedad y, por lo tanto, promover estilos de vida saludables son claves para la salud, el bienestar y la prosperidad económica. Además, las enfermedades no transmisibles y estilos de vida poco saludables ocurren con mayor frecuencia entre los grupos socioeconómicos más bajos, lo que indica la necesidad de programas de promoción del estilo de vida saludable para ayudar a reducir las desigualdades en salud y mejorar la inclusión social. El proyecto SmartLife tiene como objetivo crear un juego para dispositivos móviles que requiera movimiento corporal y se personalice mediante mediciones fisiológicas realizadas por textiles inteligentes. La personalización a través de textiles inteligentes permite ajustar el nivel del juego, ya que es posible considerar el nivel de condición física actual del jugador y adecuar los niveles del juego a dichas condiciones. Este enfoque permitirá incrementar el número de ejercicios actuales del adolescente para lograr un mayor nivel de intensidad en la actividad física, necesaria para crear un impacto en la salud, y puede hacerlo teniendo en cuenta lo que se puede lograr para cada persona y, por lo tanto, reducir los riesgos de abandono y lesiones.

### INTRODUCCIÓN

Los comportamientos relacionados con el consumo energético asociados con la actividad física o comportamiento sedentario son los principales determinantes modificables ante determinadas condiciones de salud como por ejemplo diabetes tipo II, sobrepeso y obesidad [1]. Promover comportamientos realizando actividad física periódicamente entre los jóvenes puede tener grandes beneficios para la salud y la sociedad, por lo que son altamente recomendables. El cumplimiento de estas recomendaciones sufre un fuerte descenso en la adolescencia, y es especialmente bajo entre las adolescentes y adolescentes de menor nivel socioeconómico. Se sabe que estos estilos de vida poco saludables obstaculizan varias áreas del desarrollo físico [2] y psicosocial para los jóvenes, y se asocian con un menor rendimiento académico [3]. Por lo tanto, una intervención para promover comportamientos relacionados con la actividad física entre los adolescentes es positiva, y puede también influir positivamente en la inclusión social.

Los exergames, que requieren movimientos para ser jugados, tienen un gran potencial infrautilizado para promover estos comportamientos. Para aprovechar al máximo este potencial, los exergames deben promover una actividad física moderada a vigorosa; necesidad de ser adaptados al usuario de forma individual; y además necesitan ser más atractivos [4]. El proyecto SmartLife tiene como objetivo crear dicho exergame considerando diferentes factores.

## DISEÑO

SmartLife es un juego sobre plataforma móvil, que requiere movimientos corporales de la parte baja del cuerpo. El juego se combina con un textil que incorpora sensores inteligentes que ofrece un método válido para medir la actividad física [5] y, por ejemplo, proporcionar retroalimentación inmediata y asegurando que los ejercicios se realicen de forma adecuada con un nivel de intensidad de actividad física de moderada a vigorosa. Los sensores envían la información registrada al teléfono inteligente del usuario, y el juego se adapta a las condiciones físicas del jugador para promover hábitos de vida saludables y evitar conductas sedentarias en los adolescentes de manera que se reduzca el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares a una edad temprana.

El juego se adapta a las necesidades del usuario individual, utilizando los datos obtenidos a través de un textil inteligente y basándose en la evidencia disponible y el procesamiento mediante técnicas de análisis de datos.

Además, SmartLife ha sido diseñado de forma especial agregando una información narrativa y de contexto que sea atractiva para los usuarios. Para ello se ha considerado las diferentes sugerencias de adolescentes obtenidas mediante *focus groups* y reuniones aplicando un desarrollo participativo durante la fase inicial de desarrollo [6]. El proyecto tendrá dos productos principales, el propio juego sobre plataforma para uso sobre teléfonos móviles inteligentes y el desarrollo de una prenda inteligente en la que se integran sensores de actividad física. Con el fin de alcanzar los objetivos descrito se ha seguido la siguiente estructura de pilares tecnológicos dentro del proyecto.

### **Pilar I. Sistema de tejido sensorizado**

El pilar I se centra en el desarrollo de un sistema sensorizado llevable integrado en una camiseta textil. Este elemento monitoriza la actividad física y el comportamiento sedentario de los adolescentes al obtener datos tales como el movimiento del usuario mientras juega el juego SmartLife. Estos sensores integrados en textiles envían la actividad física y los parámetros de comportamiento sedentario del jugador al juego y el juego adapta las actividades a la condición física del jugador. Esto permite controlar diferentes aspectos del juego como velocidad, dificultad, etc. de acuerdo con la actividad física que realiza el jugador.

### **Pilar II. SmartLife exergame**

Este pilar tiene como objetivo desarrollar el exergame en sí mismo. El juego consiste en un juego móvil que requiere un movimiento del cuerpo inferior donde el jugador debe realizar diferentes pruebas para cumplir con el desafío del juego. Las características específicas del juego se han probado de diferentes tests junto con el grupo objetivo. Gracias a este juego SmartLife promoverá hábitos activos y saludables entre los adolescentes, incentivado el realizar actividad física. El juego se sincroniza con el

sistema de sensores *wearable* y permite conectarse a una comunidad de jugadores donde los jugadores pueden compartir sus resultados con otros jugadores, alentándolos a mejorar y obtener mejores resultados.

### **Pilar III. Desarrollo participativo, basado en la evidencia e inclusión social**

Este tercer pilar proporcionará la base en la evidencia para la efectividad y el atractivo motivador del exergame, y esto teniendo en cuenta ciertos grupos en riesgo como los adolescentes de bajo nivel socioeconómico y las adolescentes. Los principales resultados serán las recomendaciones de diseño basadas en la evidencia y el usuario, incluidas las de ejercicios, métodos y funciones de juego; consejos y comentarios personalizados; y evidencia de factibilidad, aceptabilidad y efectividad superior del producto en comparación con ninguna actividad o ejercicios comerciales existentes. Los resultados de este pilar ayudarán a tener un juego de ejercicios que se adapte a las necesidades y preferencias de los usuarios, se adapte a su nivel de condición física y habilidades para prevenir lesiones, y sea lo suficientemente atractivo y capaz de cumplir con las recomendaciones de salud para adolescentes.

### **Pilar IV. Análisis de datos del juego**

El análisis de juegos ha ganado una gran cantidad de atención en el desarrollo de juegos y la investigación de juegos en los últimos años. La adopción generalizada de prácticas de inteligencia de negocios impulsadas por datos a niveles operacionales, tácticos y estratégicos en la industria de los juegos, combinada con la integración de medidas cuantitativas en la investigación de juegos orientada al usuario, ha causado un cambio de paradigma. SmartLife presenta la incorporación de técnicas de análisis de datos de juegos, que incluyen minería de datos, visualización y herramientas para aumentar el uso de análisis para tomar decisiones y de diseño, así como para estudiar el comportamiento humano.

## **CONCLUSIONES**

Este artículo presenta un enfoque conceptual que se aborda en el proyecto SmartLife, con el objetivo de proporcionar a los adolescentes europeos una herramienta de gamificación adaptada individualmente, basada en la evidencia y atractiva para promover la actividad física, la forma física y reducir el comportamiento sedentario utilizando textiles inteligentes. Todo ello contribuyendo a la prevención de enfermedades no transmisibles y las condiciones relacionadas con estilos de vida poco saludables, como el sobrepeso y la obesidad, la diabetes tipo II y los trastornos mentales comunes.

Nuestros hallazgos iniciales indican que, los ejercicios actuales que apuntan a promover comportamientos relacionados con la energía han resultado en un nivel demasiado bajo de gasto de energía para afectar la salud, y con frecuencia no fueron suficientemente motivadores para continuar jugando. Con SmartLife apostamos por ofrecer un juego atractivo que puede alcanzar recomendaciones para la actividad física moderada a vigorosa y el comportamiento sedentario, pero adoptando un enfoque adaptado en un ejercicio que requiere movimientos corporales inferiores, con características inmersivas adicionales como una información narrativa y contextual.

Desde una perspectiva más técnica y de desarrollo, SmartLife utiliza el proceso de descubrimiento de conocimiento adaptado al contexto del análisis del juego. Históricamente, el desarrollo de los juegos no se ha basado en datos, pero dentro de

SmartLife, adoptamos y adaptamos técnicas de análisis para obtener un mejor conocimiento sobre los usuarios: los jugadores.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Comisión Europea por su apoyo y co-financiación y a los socios del proyecto de investigación. Este proyecto está co-financiado por el Programa Horizon 2020 de la Comisión Europea bajo el Grant Agreement Nr. 732348. SmartLife. La información y las opiniones representadas en esta publicación sólo reflejan las opiniones de los autores y no las opiniones de la Unión Europea. Ni las instituciones ni los organismos de la Unión Europea ni ninguna persona que actúe en su nombre pueden ser responsables del uso que se pueda hacer de la información que contiene.



## REFERENCIAS

- [1] Craigie AM, Lake AA, Kelly SA, Adamson AJ, Mathers JC. Tracking of Obesity-Related Behaviours from Childhood to Adulthood: A Systematic Review. *Maturitas* 2011.0:266-84.
- [2] Hills AP, King NA, Armstrong TJ. The contribution of physical activity and sedentary behaviours to the growth and development of children and adolescents: implications for overweight and obesity. *Sports Medicine* 2007; 37(6):533-46.
- [3] Biddle, S.J.H., & Asare, M. (2011). Physical activity and mental health in children and adolescents: a review of reviews. *Br J Sports Med* 45, 886-895.
- [4] Isbister K, Mueller F. Guidelines for the Design of Movement-Based Games and Their Relevance to HCI. *Human-Computer Interaction* 2015, 30, 366-399
- [5] Evenson, K. R., Goto, M. M., and Furberg, R. D. Systematic Review of the validity and reliability of consumer-wearable activity trackers. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 2015, No. 12, 159-181
- [6] Baek EO, Cagiltay K, Boling E, Frick T: User-centered design and development. *Handbook of research on educational communications and technology* 2008, 660-668

## **VOLFIL - I+D De Nuevos Monofilamentos en Base a Biopolímeros Avanzados y de Altas Prestaciones. Desarrollo de Bio-materiales Destinados a Regeneración de Tejidos Vivos.**

**E.Torres<sup>(1) (2)</sup>**

*(1) AITEX - Instituto Tecnológico Textil; Pl. Emilio Sala n1, Alcoy (Alicante)  
e-mail: [etorres@aitex.es](mailto:etorres@aitex.es)*

*(2) Departamento de Biomateriales e Ingeniería Tisular, Universitat Politècnica de València ;  
Camí de Vera s/n, Valencia*

### **RESUMEN**

Los bio-materiales osteogénicos son una alternativa a las técnicas tradicionales de reparación ósea. La aditivación de varios bio-polímeros como Poli( $\epsilon$ -caprolactona) (PCL), ácido Poliláctico (PLA) y el Polihidroxibutilato (PHB) con cargas como la Hidroxiapatita (HA) y nano-esferas de sílice ( $\text{SiO}_2$ ), se ha llevado a cabo con tal de estudiar la viabilidad celular y bio-absorción de cada material para poder relacionarlo con su estructura química.

### **INTRODUCCIÓN**

Las lesiones craneales son los traumas más frecuentemente observados en los centros médicos, generalmente producidos en gente de la tercera edad. Estos traumas aumentan el peligro de derrame cerebral, lo cual es una de las mayores causas de muerte y discapacidad a nivel mundial [1]. Según el National Institute on Aging (US Department of Health and Human Services), el porcentaje de personas mayores de 61 años (8,1% en 2014) se triplicará para el 2050. Por consiguiente, existe un gran esfuerzo centrado en el estudio y desarrollo de materiales bio-compatible y bio-absorbibles capaces de cumplir con los requisitos para la remodelación de fracturas óseas.

Polímeros bio-absorbibles, como la Poli( $\epsilon$ -caprolactona) (PCL), ácido Poliláctico (PLA) y el Polihidroxibutilato (PHB) son ampliamente utilizados en biomedicina debido a su fácil moldeo y su bio-compatibilidad [2]. Estudios previos se centran en la aditivación de matrices poliméricas con cargas con tal de mejorar propiedades mecánicas de los scaffolds para resistir las fuerzas que se ejerce durante la reconstrucción de los huesos dañados. A su vez, dichas cargas proporcionan propiedades osteoinductivas que mejoran la adhesión de las células sobre las matrices poliméricas, acelerando el proceso de regeneración ósea. Aditivar la matriz polimérica con cargas como la Hidroxiapatita (HA) y nano-esferas de sílice ( $\text{SiO}_2$ ), es una manera interesante de mejorar las propiedades biológicas y mecánicas del material. La HA es el mineral que se encuentra en mayor proporción en los huesos, está presente en la naturaleza en grandes cantidades y es económico. La HA se utiliza en este tipo de estudios debido a su biocompatibilidad además de sus propiedades osteoconductoras y osteoinductivas, lo cual acelera el proceso de regeneración del hueso dañado. Estudios previos utilizan la adición de HA y  $\text{SiO}_2$  a la matriz polimérica de PCL, PLA y PHB, aumentando sus valores de resistencia a la tracción hasta un 38%, 150% y 40% respectivamente. Este aumento de propiedades mecánicas se adscribe a un efecto sinérgico entre el polímero y la carga,

debido a fuertes interacciones químicas entre los grupos funcionales del polímero y de las cargas.

Durante el desarrollo de este trabajo se estudiará la afinidad y viabilidad celular sobre los materiales desarrollados, la biocompatibilidad, la biodegradabilidad de los compuestos en un ambiente fisiológico y las propiedades mecánicas con tal de correlacionar la geometría de los andamios moleculares y la adición de las cargas inorgánicas.

## MÉTODOS EXPERIMENTALES

### Preparación de los híbridos de poliéster

Los polímeros y las cargas PCL, PLA, PHB, HA y SiO<sub>2</sub> fueron previamente secados en un horno de aire (PCL 50°C, PLA 60°C, PHB a 70°C, HA a 200°C y SiO<sub>2</sub> a 200°C durante 24 horas). Todas las mezclas fueron posteriormente mezcladas mediante extrusión a 40 rpm, con una dosificación de 2,5 Kg/h. Los polímeros vírgenes y los híbridos (1:1) se usaron como control. Los materiales híbridos se aditivaron con un 2,5% de cargas. El perfil de temperatura fue para las mezclas de PCL 65°C/75°C/85°C/90°C, para las mezclas de PLA 170°C/173°C/175°C/180°C, y las mezclas de PHB 150°C/155°C/160°C/165°C. Para los híbridos de PCL/PLA y PHB/PLA el perfil de temperatura utilizados fue 170°C/173°C/175°C/180°C. En la tabla se presentan las mezclas de materiales obtenidos.

**Tabla 4** Mezclas y híbridos obtenidos especificando el porcentaje de aditivación de HA y SiO<sub>2</sub>.

<b>Mezclas</b>		<b>Híbridos</b>	
1	PCL	3	PCL/PLA
1a	PCL 2,5% HA	3a	PCL/PLA 2,5% HA
1b	PCL 2,5% SiO <sub>2</sub>	3b	PCL/PLA 2,5% SiO <sub>2</sub>
1c	PCL+ 2,5%HA+ 2,5%SiO <sub>2</sub>	3c	PCL/PLA + 2,5%HA+ 2,5%SiO <sub>2</sub>
2	PLA	5	PHB/PLA
2a	PLA 2,5% HA	5a	PHB/PLA 2,5% HA
2b	PLA 2,5% SiO <sub>2</sub>	5b	PHB/PLA 2,5% SiO <sub>2</sub>
2c	PLA+ 2,5%HA+ 2,5%SiO <sub>2</sub>	5c	PHB/PLA + 2,5%HA+ 2,5%SiO <sub>2</sub>
4	PHB		
4a	PHB 2,5% HA		
4b	PHB 2,5% SiO <sub>2</sub>		
4c	PHB + 2,5%HA+ 2,5%SiO <sub>2</sub>		

### Impresión 3D de los scaffolds

Se imprimieron mallas circulares (scaffolds) con un diámetro de 8mm y una altura de 1,5mm, tamaño de poro de 150-200 µm, porosidad del 75%. La impresión 3D de los scaffolds se llevo a cabo con una impresora Ultimaker 3 con un cabezal de 0,25 mm de diámetro. Los parámetros de impresión se optimizaron según lo siguiente: Temperatura del cabezal 165°C, Temperatura de la placa 45°C, Velocidad de impresión 27,5 mm/s, para el PHB. Temperatura del cabezal 180°C, Temperatura de la placa 45°C, Velocidad de impresión 27,5 mm/s, para el PLA. Temperatura del cabezal 60°C, Temperatura de la placa 25°C, Velocidad de impresión 27,5 mm/s, para la PCL.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Impresión 3D de los scaffolds

Inicialmente se optimizó el proceso de impresión 3D para el polímero PHB. Para ello se modificaron diferentes parámetros tales como la temperatura de extrusión, temperatura de la placa, caudal, la velocidad de impresión.

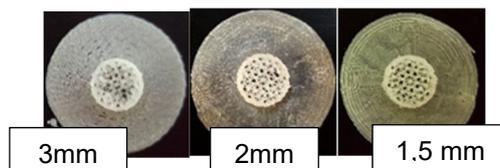
**Tabla 5** Optimización de los parámetros de Impresión 3D para un scaffold de PHB con 3mm de altura

3 mm de altura									
Prueba	Temperatura de extrusión	Temperatura de la placa (T <sup>a</sup> )	caudal	Velocidad de impresión	Prueba	Temperatura de extrusión	Temperatura de la placa (T <sup>a</sup> )	caudal	Velocidad de impresión
1	155	5	100	100	11	165	15	100	100
2	160	5	100	100	12	170	45	125	50
3	165	5	100	100	13	160	45	100	100
4	170	5	100	100	14	165	45	125	100
5	175	20	100	100	15	165	45	125	75
6	180	20	100	100	16	165	45	125	50
7	185	15	100	100	17	160	45	125	100
8	160	20	100	100	18	165	45	115	50
9	165	20	100	100	19	165	45	115	50
10	160	30	100	100	20	170	45	100	50
					21	165	45	135	50

El PHB es un polímero muy sensible a la temperatura debido a que su temperatura de degradación es 180-185°C, 20°C por encima de su temperatura de fusión. Por lo tanto, se optimizó la temperatura de impresión a 165°C. Se observó que, al aumentar la temperatura de la placa, la geometría de la malla mejoraba debido a que la adhesión del polímero a la placa era mejor y no se contrae al tocar la superficie de la placa, por lo tanto, la temperatura óptima de la placa fue de 45°C. El caudal y la velocidad de impresión son dos parámetros complementarios, al aumentar el caudal y disminuir la velocidad de impresión, se observó que la estructura final de la malla era más definida. Sin embargo, la altura de 3mm de la malla provocaba que las capas superficiales no tuvieran un soporte apropiado y por tanto los filamentos se rompían, es por ello por lo que se decidió reducir la altura a 2mm y finalmente a 1,5 mm.

**Tabla 6** Optimización de los parámetros de Impresión 3D para un scaffold de PHB con 2mm y 1,5mm de altura

2 mm de altura					1,5 mm de altura				
Prueba	Temperatura de extrusión	Temperatura de la placa (T <sup>a</sup> )	Caudal	Velocidad de impresión	Prueba	Temperatura de extrusión (T <sup>a</sup> )	Temperatura de la placa (T <sup>a</sup> )	Caudal	Velocidad de impresión
22	155	5	100	100	24	165	15	100	100
23	160	5	100	100	25	170	45	125	50
					26	160	45	100	100



**Figura 5** Scaffolds impresos variando la altura de la malla (3mm, 2mm y 1mm).

Finalmente, los parámetros de impresión óptimos fueron:

- Para el PHB: Temperatura del cabezal 165°C, Temperatura de la placa 45°C, Velocidad de impresión 27,5 mm/s, altura 1,5 mm.
- Para el PLA: Temperatura del cabezal 180°C, Temperatura de la placa 45°C, Velocidad de impresión 27,5 mm/s, altura 1,5 mm.
- Para la PCL: Temperatura del cabezal 60°C, Temperatura de la placa 25°C, Velocidad de impresión 27,5 mm/s, altura 1,5 mm.

### Ensayos Biológicos

Los ensayos biológicos planteados están en proceso. Todavía no se han obtenido resultados.

## CONCLUSIONES

Finalmente se imprimieron 60 mallas circulares (scaffolds) con un diámetro de 8mm y una altura de 1,5 mm, tamaño de poro de 150-200  $\mu\text{m}$ , porosidad del 75% para cada tipo de material. Se optimizaron los parámetros de impresión ajustando las temperaturas, velocidades y caudal. Las muestras obtenidas se esterilizarán y se estudiarán biológicamente para correlacionar cómo afecta la química y geometría del material a la afinidad y viabilidad celular, la biocompatibilidad, la biodegradabilidad de los compuestos en un ambiente fisiológico.

## AGRADECIMIENTOS

El proyecto "VOLFIL. I+D DE NUEVOS MONOFILAMENTOS EN BASE A BIOPOLÍMEROS AVANZADOS Y DE ALTAS PRESTACIONES" cuenta con el apoyo de la Conselleria d'Economia Sostenible, Sectors Productius, Comerç i Treball de la Generalitat Valenciana a través del IVACE



GENERALITAT  
VALENCIANA

TOTS  
A UNA  
VEU

IVACE  
INSTITUTO VALENCIANO DE  
COMPETITIVIDAD EMPRESARIAL

## REFERENCIAS

- [1] E. Torres, V. Fombuena, A. Valles-Lluch, and T. Ellingham, "Improvement of mechanical and biological properties of Polycaprolactone loaded with Hydroxyapatite and Halloysite nanotubes," *Materials Science & Engineering C-Materials for Biological Applications*, vol. 75, pp. 418-424, Jun 2017.
- [2] E. Torres, A. Valles-Lluch, V. Fombuena, B. Napiwocki, and T. Lih-Sheng, "Influence of the Hydrophobic-Hydrophilic Nature of Biomedical Polymers and Nanocomposites on In Vitro Biological Development," *Macromolecular Materials and Engineering*, vol. 302, no. 12, Dec 2017, Art. no. 1700259.

## VOLFIL - I+D De Nuevos Monofilamentos en Base a Biopolímeros Avanzados y de Altas Prestaciones. Desarrollo de Fibra Óptica con geometrías especiales.

E.Torres<sup>(1) (2)</sup>, J.Pascual<sup>(1)</sup>, D.Sartiano<sup>(3)</sup>

(1) AITEX - Instituto Tecnológico Textil, Pl. Emilio Sala n1, Alcoy (Alicante)

e-mail: [etorres@aitex.es](mailto:etorres@aitex.es)

e-mail: [jp.medrano@aitex.es](mailto:jp.medrano@aitex.es)

(2) Departamento de Biomateriales e Ingeniería Tisular, Universitat Politècnica de València  
Camí de Vera s/n, Valencia

(3) Instituto de Telecomunicaciones y Aplicaciones Multimedia (ITAM), Universitat Politècnica de València. Camí de Vera s/n, Valencia  
e-mail: [desar@teleco.upv.es](mailto:desar@teleco.upv.es)

### RESUMEN

El incipiente interés en el desarrollo de sensores ópticos avanzados mediante la adaptación de Fibra Óptica Polimérica (POF) crece incesantemente debido a su versátil aplicación en campos como Biomedicina, Ingeniería Civil, Textil, entre otros. Se han desarrollado fibras bi-componentes en forma de core/sheath con geometría circular y geometrías especiales para su uso como fibra óptica polimérica aplicada al desarrollo de sensores ópticos avanzados.

### INTRODUCCIÓN

La primera POF se comercializó en 2005 bajo el nombre de ESKA® por Mitsubishi mediante un proceso que implica dos pasos: extrusión monofilamento de PMMA y un proceso posterior de deep-coating para recubrir la fibra con PVDF. La Innovación del proyecto VOLFIL se centra en dos elementos: Simplificar el proceso de fabricación de POF en un solo paso mediante extrusión bi-componente core-sheath abaratando los costes de producción; y, por otro lado, debido a la simplicidad del proceso, obtener nuevas geometrías que proporcionen nuevas posibilidades y que hasta el momento no han sido comercializadas.

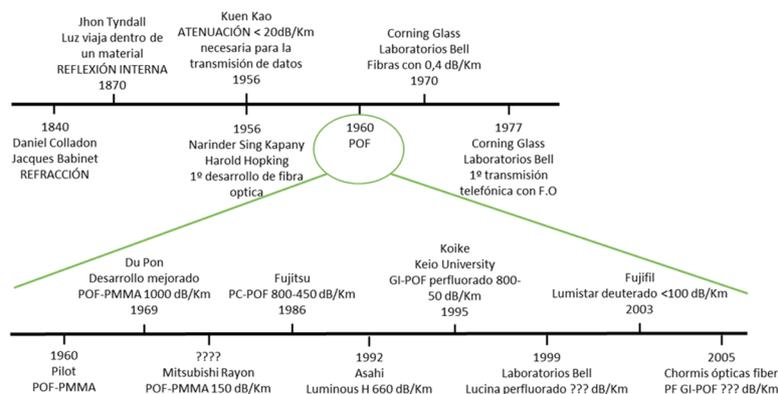


Figura 6 Desarrollo de la fibra óptica convencional y la Fibra Óptica Polimérica

El material más frecuentemente utilizado para fibras poliméricas es el polimetilmetacrilato (Pexiglas®) material amorfo por lo tanto transparente. Las fibras poliméricas POF están incrementando su uso comercial debido a su mayor flexibilidad y propiedades mecánicas, las cuales permiten embeber la fibra POF en tejidos. El interés transmitido por el Instituto de Telecomunicaciones y Aplicaciones Multimedia (ITAM) de la UPV en el desarrollo de sensores ópticos avanzados mediante la adaptación de Fibra Óptica Polimérica (POF), dio lugar al desarrollo de POF mediante la extrusión monofilamentos bi-componentes en forma de core/sheath con geometría circular y geometrías especiales.

## MÉTODOS EXPERIMENTALES

### Extrusión monofilamento bicomponente

Se utilizó PMMA Pexyglass 6N y PMMA Pexyglass 8N (Guzman y Global) como polímero óptico y PVDF Kynarflex® 2500-20 (Arkema) como material de cladding para reducir las pérdidas. El PMMA se secó previo a la extrusión durante 10 horas a 75°C en un horno de aire. Se pretende obtener una fibra bi-componente con un diámetro interno de 1.1mm y un diámetro externo de 2.2mm. Las temperaturas de extrusión a lo largo del tornillo se optimizaron a 225/235/235 con una velocidad de bomba para el PMMA de 12 rpm y 36 rpm para el PVDF.

### Medición de la transmitancia de la luz

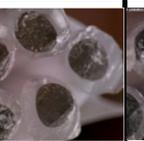
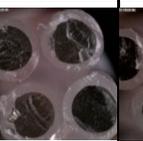
Para medir la transmitancia de la luz, se midieron las pérdidas ( $\alpha$  (dB/m)) de las fibras desarrolladas. Para ello se utilizó un LED para inyectar la luz en las fibras POF. El espectro se produjo con un cabezal AlGaInP a una absorción de 645nm. El LED se dirigió con una corriente constante, implementado con un conversor digital-a-analógico de 12-bit (DAC) (MCP4822 (Microchip, Chandler, AZ, USA)), un amplificador operacional general (LM358 (Texas Instrument, Dallas, TX, USA)), un transistor de silicón BJT (2N2222A (STMicroelectronics, Geneva, Switzerland)) y un resistor.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Extrusión monofilamento bi-componente [1]

*Pruebas iniciales PMMA/PP*

**Tabla 7** Pruebas iniciales de extrusión bi-componente sección circular para el PMMA/PP

PMMA/PP	1	2	3	4	5	8	9
	Cabezal inclinado			Cabezal perpendicular		Cabezal perpendicular/ tanque profundo	
							
Vel <sub>pump</sub> PMMA	12	12	12	12	12	12	12
Vel <sub>pump</sub>	26	49	49	49	49	36	36

PP							
Vel <sub>godet</sub>	40/41/41,5	20/21/21,5	12	20	21	16	16
$\alpha$ (dB/m)	-	<b>58.33</b>	<b>28.95</b>	<b>31.26</b>	<b>36.86</b>	-	-

Las primeras pruebas se realizaron con un cabezal con canal de salida de 40° de inclinación para reducir en la mayor medida el codo que se forma al introducirse el polímero en el baño. Para fibras mono-componentes, usando este tipo de cabezal, se obtiene una geometría regular con sección circular. Sin embargo, cuando se extruye una fibra bi-componente, actúan las fuerzas de la gravedad obteniendo una geometría ovalada para el polímero interno (Tabla 7). Al observar la geometría irregular del polímero, se decidió utilizar un cabezal con caída perpendicular. Aunque la geometría mejoró ligeramente, seguía presentando una geometría ovalada. Finalmente se decidió usar un baño profundo para evitar la deformación de la fibra a la recogida del material.

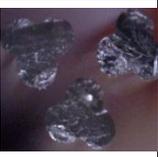
#### Pruebas iniciales PMMA/PVDF

**Tabla 8** Pruebas iniciales de extrusión bi-componente sección circular para el PMMA/PVDF

PMMA/PVDF	S1	S2	S3	S4	S5
	Cabezal perpendicular/ tanque profundo				
					
Vel <sub>pump</sub> <b>PMMA</b>	6	6	6	6	6
Vel <sub>pump</sub> <b>PVDF</b>	40	40	40	40	40
Vel <sub>godet</sub>	8	8	8	8	16
T <sup>a</sup> tanque	22°C	42°C	42°C	9°C	9°C
$\alpha$ (dB/m)	<b>57.86</b>	<b>40.79</b>	<b>45.13</b>	<b>20.82</b>	<b>19.78</b>

Una vez optimizado el proceso de extrusión bi-componente con sección circular, usando como cladding PP, se procedió a optimizar el proceso usando PVDF como cladding. En las pruebas preliminares (Tabla 8), se decidió modificar el parámetro de temperatura de enfriamiento; ya que, si el enfriamiento es lento (T<sup>a</sup> de baño alta 42°C), el polímero posee mayor grado de cristalinidad. Sin embargo, si el enfriamiento es rápido (T<sup>a</sup> baño baja 9°C), el polímero interno es más amorfo (conduce mejor la luz) y el cladding se enfría antes, enfriando rápidamente al núcleo y evitando la deformación de la estructura interna. En vista de los resultados (Tabla 8), efectivamente se observa que con un enfriamiento rápido (baño a 9°C) y aplicando estiraje, las pérdidas disminuyen ( $\alpha$  (dB/m)), dando mejores resultados.

*Pruebas iniciales PMMA sección trilobal***Tabla 3** Pruebas iniciales de extrusión mono-componente sección trilobal para el PMMA

PMMA/PP	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM6
	Plexiglas 8N				Plexiglas 6N	
						
Vel <sub>pump</sub> PMMA	12	12	8	8	10	10
Vel <sub>godet</sub>	18	18	20	20	24	24
T <sup>a</sup> <sub>aire</sub>	-	3	-	3	-	3
$\alpha$ (dB/m)	27.66	28.18	25.29	19.61	21.58	20.28

Inicialmente, se extruyó fibra mono-componente de PMMA con geometría trilobal usando un cabezal con geometría final trilobal. Los resultados muestran que la aplicación de estiraje (24 m/min) reduce la sección de la fibra consiguiéndose un enfriamiento más rápido y por lo tanto la estructura del polímero es más amorfa y las pérdidas de luz disminuyen. En trabajos futuros se pretende añadir el polímero que actúa como cladding (PVDF) y observar como afecta la geometría del polímero interno.

## CONCLUSIONES

Se han desarrollado fibras bi-componentes en forma de core/sheath con geometría circular y se ha medido las pérdidas de luz según los parámetros de procesado. Se utilizó un cabezal con una caída perpendicular al suelo y un baño profundo para minimizar la deformación de la geometría del polímero interno. Se ha observado que aplicando estiraje el espesor del cladding disminuye; y al enfriar rápidamente, manteniendo el baño a 9°C, el polímero interno PMMA se enfría rápidamente dando una estructura amorfa la cual transmite mejor la luz. En futuros trabajos se pretende obtener geometrías especiales y estudiar sus pérdidas variando los parámetros de procesado.

## AGRADECIMIENTOS

El proyecto "VOLFIL. I+D DE NUEVOS MONOFILAMENTOS EN BASE A BIOPOLÍMEROS AVANZADOS Y DE ALTAS PRESTACIONES" cuenta con el apoyo de la Conselleria d'Economia Sostenible, Sectors Productius, Comerç i Treball de la Generalitat Valenciana a través del IVACE

## REFERENCIAS

- [1] Sartiano D., Sales S., "Low Cost Plastic Optical Fiber Pressure Sensor Embedded in Mattress for Vital Signal Monitoring" in: Sensors vol.17, nº. 12, Dec, art. nº. 2900 (2017)

## Metodología para el Diseño Óptimo de Columnas de Adsorción

B. Sanjines-Silva<sup>(1)</sup>, S. Matta-Catacora<sup>(1)</sup>, S.C. Cardona<sup>(2)</sup>,  
María-Fernanda López-Pérez<sup>(2)</sup>

(1) Universidad Católica Boliviana "San Pablo"  
e-mail:bsanjines5@gmail.com - silmatcat@gmail.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

A partir de datos experimentales de ensayos de adsorción se obtienen los parámetros de ajuste de las isotermas de equilibrio de Freundlich ( $K$  y  $n$ ) y Langmuir ( $q_m$  y  $B$ ).

Utilizando la isoterma de equilibrio más adecuada y tomando en cuenta la transferencia de materia soluto – adsorbente, aplicando el modelo Linear Driving Force (LDF) se obtienen  $k_s$  y  $k_F$ , que son los coeficientes de transferencia de materia interna y externa respectivamente, mediante ajuste a datos experimentales de cinética de adsorción.

Una vez que se obtengan los parámetros necesarios, se procederá al modelado, simulación y diseño óptimo de la columna, considerando la parte económica, que es el objetivo principal de este trabajo.

### INTRODUCCIÓN

Las moléculas de que se unen a una superficie procedentes de una fase líquida o gaseosa, pertenecen al proceso de adsorción. De acuerdo a los fundamentos de la adsorción, es útil distinguir dos maneras en las que se comporta éste proceso, estas son: la adsorción física, que toma en cuenta las fuerzas intermoleculares relativamente débiles, y por otra parte la quimisorción que implica fundamentalmente la formación de un enlace químico entre la molécula de sorbato y la superficie del adsorbente utilizado. La distinción entre las fuerzas físicas y químicas de la adsorción, no es posible categorizar de forma definitiva, ya que en muchos casos existen procesos intermedios. [1].

Las isotermas de equilibrio estiman el grado de purificación que puede ser alcanzado, la cantidad de adsorbente requerido, y la sensibilidad del proceso respecto a la concentración del producto.

Para el modelado de las isotermas se utilizarán las ecuaciones de *Freundlich* (adsorción por intercambio iónico) y la de *Langmuir* (adsorción por afinidad).

Las simulaciones se realizarán utilizando Matlab, el cual facilitará el hallazgo de las constantes de equilibrio y de transferencia de materia, además de otros parámetros que consideran la dinámica del proceso.

## CARACTERÍSTICAS DEL MODELO PARA ISOTERMAS DE EQUILIBRIO

### **Isoterma de Freundlich:**

La isoterma de Freundlich se utiliza ampliamente para describir la adsorción de soluciones acuosas. Ésta no puede definir el intervalo lineal en concentraciones muy bajas o el efecto de saturación a concentraciones muy altas, por ello se debe emplear en concentraciones intermedias. La ecuación de esta isoterma es [2]:

$$q_{eq} = K * C_{eq}^n$$

Donde:

- $K$  = Coeficiente de adsorción. Cuanto mayor es el valor de  $K$ , mayor es la carga adsorbente que se puede lograr.
- $n$  = se encuentra relacionado con la heterogeneidad energética de la superficie adsorbente y determina la curvatura de la isoterma. Cuanto menor sea el valor de  $n$ , más cóncava es la forma isotérmica y si la  $n=1$ , la gráfica se vuelve lineal. Las isotermas con un  $n<1$  se consideran favorables, ya que muestran las altas cargas adsorbentes en concentraciones bajas. Si  $n>1$  se considera desfavorable.

### **Isoterma de Langmuir**

La isoterma de Langmuir no es adecuada para describir los datos de isotermas experimentales para soluciones acuosas, debido a que la derivación teórica se basa en suposiciones que casi siempre no se cumplen, como la cobertura de la monocapa de la superficie del adsorbente y la homogeneidad energética de los sitios donde tienen lugar la adsorción [2].

La ecuación de Langmuir viene dada por:

$$q_{eq} = \frac{q_m * B * C_{eq}}{1 + B * C_{eq}}$$

Donde:

- $q_m$  es el valor máximo al que tiende  $q_{eq}$ . Representa la concentración del adsorbato sobre el adsorbente cuando se completa una capa monomolecular en la superficie del mismo.
- $B$  se trata de un parámetro de la ecuación. Cuando  $B * C_{eq} \ll 1$ , la ecuación se reduce a lineal, mientras que a altas concentraciones  $B * C_{eq} \gg 1$ , se obtiene un valor de saturación constante, obteniendo resultados de carga máxima.

## COMPORTAMIENTO CINÉTICO

La transferencia de masa, desde la solución a los sitios de adsorción dentro de las partículas adsorbentes, está limitada por resistencias de transferencia de masa que

determinan el tiempo requerido para alcanzar el estado de equilibrio. El progreso en el tiempo del proceso de adsorción, se denomina cinética de adsorción. La velocidad de adsorción está usualmente limitada por procesos de difusión hacia la superficie adsorbente externa y dentro de las partículas adsorbentes porosas [2].

Para el estudio del comportamiento cinético se tomará en cuenta el modelo Linear Driving Force (LDF). Este modelo es una simplificación del modelo de difusión superficial, donde el gradiente de concentración empleado se reemplaza por una diferencia de concentración lineal.

## METODOLOGÍA

1.- Obtención de las isothermas de equilibrio utilizando las ecuaciones de: Freundlich, donde se definen las constantes de  $K$  (Coeficiente de adsorción) y  $n$  (determina la curvatura de la isoterma), y Langmuir donde se concretan las constantes de  $q_m$  (es el valor máximo al que tiende la carga en equilibrio) y  $B$  (se trata de un parámetro de la ecuación). Este punto requiere de datos experimentales de isothermas de adsorción.

2.- Mediante el estudio de la cinética, se evalúa los parámetros característicos de transferencia de masa, hallando las constantes  $k_S$  (constante transferencia interna) y  $k_F$  (constante transferencia externa). Para ello se necesitarán datos experimentales de ensayos de cinéticas de adsorción, generalmente en tanque agitado, así como la isoterma de equilibrio más adecuada al binomio adsorbente-adsorbato que se esté estudiando.

3.- Estudiar la dinámica característica de la columna de adsorción. La simulación del comportamiento de la columna de adsorción requiere de la isoterma de adsorción más adecuada y del coeficiente de transferencia de materia interna  $k_S$  determinado a partir de los experimentos cinéticos. En cuanto al coeficiente de transferencia de materia externa en la columna  $k_{FC}$ , deberá estimarse a partir de correlaciones empíricas en vez de utilizar el determinado con los experimentos cinéticos  $k_F$ . Ello es debido al diferente comportamiento hidrodinámico en una columna o en un tanque agitado.

4.- Finalmente, se obtendrá el diseño óptimo de la columna considerando aspectos económicos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

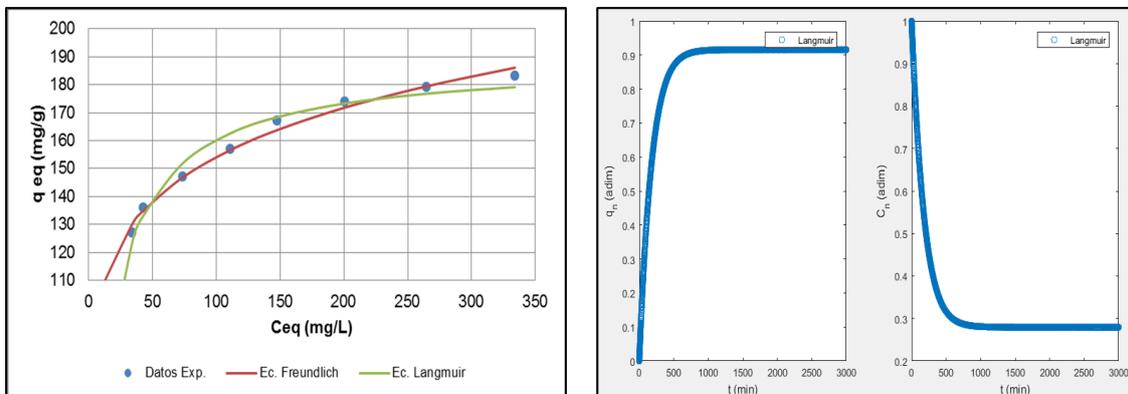
Para validar el procedimiento desarrollado, se parte de datos experimentales reportados en artículos científicos [3], donde exponen sus datos experimentales y los resultados obtenidos.

**Tabla 1.** Comparación de ajustes con diferentes isothermas de equilibrio

Resultados publicados en artículo [3]				Resultados obtenidos en este trabajo			
Freundlich		Langmuir		Freundlich		Langmuir	
$K$	$n$	$q_m$ (mg/g)	$B$ (L/mg)	$K$	$n$	$q_m$ (mg/g)	$B$ (L/mg)
70.06	0.1684	193.8	0.0429	74.90	0.1566	188.7	0.0560

Los datos comparados entre los dos resultados, muestran una buena aproximación, demostrando que el método utilizado es confiable y útil, para el desarrollo de optimizaciones, utilizando cualquier base de datos experimentales.

La anterior metodología descrita se utilizará para encontrar las constantes óptimas de la cinética de adsorción.



**Figura 2.** Comportamiento cinético utilizando la ecuación de Langmuir

Los resultados expresados en estas figuras, muestran el comportamiento de las ecuaciones de equilibrio y cinética.

## CONCLUSIÓN

Se obtuvo las isothermas de equilibrio y cinética mediante el uso de datos experimentales de artículos publicados, donde las simulaciones realizadas se aproximan a los datos experimentales extraídos; verificándose que esta metodología es adecuada para una optimización de las constantes.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer al programa MITA, Dr. Salvador C. Cardona Navarrete y la Dra. María Fernanda López Pérez por el apoyo brindado.

## REFERENCIAS

- [1] RUTHVEN D. M. Principles of Adsorption and Adsorption Processes. Canada, John Wiley & Sons, Inc. p29 (1984).
- [2] BAÑÓN J H., Diseño de un sistema de adsorción en carbón activado para la eliminación de cromo hexavalente en disolución acuosa. p 21-22, p25 (2017).
- [3] CHANG G., BAO Z., ZHANG Z., XING H., SU B., YANG Y. y REN Q. Adsorption of 2-Butyl-2-ethyl-1,3-propanediol from Aqueous Solutions on Activated Carbon: Salt-Out Effect on Equilibrium, Kinetics, and Dynamics. I&EC, 53, p8594, p8596 (2014)

## Pigmentos naturales para Ácido Poliláctico (PLA) derivados de resinas de pino.

De La Rosa-Ramírez. H<sup>(1)</sup>, M. Aldas<sup>(2)</sup>, J. M. Ferri<sup>(1)</sup>, M. D. Samper<sup>(1)</sup>

(1) *Instituto de Tecnología de Materiales, Universitat Politècnica de València.  
Plaza Ferrándiz y Carbonell s/n, Alcoi, (Alicante)  
e-mail: hardela@epsa.upv.es*

(2) *Departamento de Ciencia de Alimentos y Biotecnología, Facultad de Ingeniería Química y Agroindustria, Escuela Politécnica Nacional, 170517 Quito, Ecuador*

### RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se analizan varias propiedades reológicas, térmicas y de color sobre mezclas basadas en ácido poliláctico (PLA) con 5, 10 y 15 phr de gum rosin (GR) como pigmento natural. Como resultados, se observó un descenso de la temperatura de transición vítrea ( $T_{gPLA}$ ) de hasta 4,6°C y de la temperatura de fusión ( $T_{mPLA}$ ) de hasta 6,8°C para la formulación con un 15 phr de GR. En consecuencia, se observó un aumento considerable del índice de fluidez de las formulaciones a medida que aumenta el contenido de aditivo en la matriz del PLA. Además, se midió el potencial de GR como colorante en las diferentes formulaciones, lo que demuestra su viabilidad para ser utilizado como pigmento natural.

### INTRODUCCIÓN

El PLA representa uno de los polímeros de origen bio más utilizados por la industria. Su biodegradabilidad, excelentes propiedades mecánicas y propiedades barrera hacen de dicho material un excelente candidato para ser utilizado en sectores como el del envase de alimentos, embalaje, agricultura e impresión 3D, entre otros. Sin embargo, muchos estudios intentan mejorar sus propiedades térmicas y reológicas para mejorar su procesabilidad [1]. Además, el PLA está considerado un material frágil y es por eso que varios estudios intentan aumentar su ductilidad mediante diferentes metodologías, entre estas destaca el blending con otros polímeros biodegradables más dúctiles, como el almidón termoplástico (TPS) cuyos resultados mostraron un notable incremento del alargamiento a la rotura [2]. El uso de plastificantes naturales, como aceite de coco, produce un descenso de la permeabilidad del vapor de agua y una mejora la fluidez del PLA [3], y el uso de ácidos grasos o aceites vegetales epoxidados aumentan el alargamiento a la rotura y la hidrofiliad del PLA presentando una baja migración[4]. Como resultado de estas técnicas, se mejoran las propiedades reológicas del PLA y, por tanto, su procesabilidad.

En este trabajo, se ha realizado un estudio del comportamiento de mezclas de PLA con diferentes cantidades de gum rosin (GR), un derivado de la resina de pino, y se ha estudiado la variación del índice de fluidez (MFI) y sus principales transiciones térmicas mediante calorimetría diferencial de barrido (DSC). Además, se ha evaluado su potencial como colorante mediante colorimetría.

## MÉTODOS EXPERIMENTALES

### Materiales y preparación de muestras

Las formulaciones se realizaron con matriz termoplástica de PLA, cuya marca comercial es Ingeo™ Biopolymer, grado comercial 6201D suministrado por NatureWorks LLC (Minnetonka, EE.UU.) y un derivado de resina de pino Gum Rosin (GR), suministrada por Sigma-Aldrich (Móstoles, España) con contenidos de 5, 10 y 15 phr. Las formulaciones de PLA/GR se realizaron mediante extrusión en una extrusora de doble husillo co-rotativo de Dupra, S.L. (Alicante, España). El perfil de temperatura programado desde la tolva de alimentación hasta la boquilla de salida fue de 180, 170, 160 y 150 °C, con una velocidad de rotación de husillo de 20 rpm. Los materiales extruidos se trituraron y posteriormente se moldearon en probetas normalizadas de ensayos, mediante moldeo por inyección en una maquina inyectora Sprinter 11t de Erinca S.L (Barcelona, España) usando un perfil de temperatura de 185 °C (cámara) y 175 °C (boquilla de inyección).

### Ensayos de Caracterización

Las principales transiciones térmicas de las probetas normalizadas se determinaron mediante un calorímetro diferencial de barrido (DSC), marca Mettler-Toledo 821 (Schwerzenbach, Suiza). El análisis térmico se programó en tres ciclos: (1) calentamiento inicial de 25°C a 180°C, (2) enfriamiento de 180°C a -50°C y (3) calentamiento de -50°C a 350°C. La rampa de calentamiento-enfriamiento fue de 10°C min<sup>-1</sup> en atmosfera de N<sub>2</sub>.

La medida del índice de fluidez (MFI) se realizó con un plastómetro de marca Metrotec modelo Ars Faar, a una temperatura de 190°C con una carga nominal de 2,16 Kg. El MFI se determinó a partir de las diferentes formulaciones inyectados y posteriormente triturados, así como la granza de referencia del PLA virgen. Para la determinación de este parámetro se tomaron un mínimo de 8 medidas en un intervalo de 10 s, que fueron promediadas para el cálculo del índice de fluidez.

La medición del índice de color de las muestras se realizó con un espectrofotómetro Konica CM-3600d Colorflex-DIFF2 de Hunter Associates Laboratory, Inc. (Reston, Virginia, EE. UU.), Para ello se utilizó el tipo de escala CIELAB, Iluminado 65/10, evaluando los índices de color según los criterios de (L\*, a\* y b\*); L\* = 0, oscuridad; L\* = 100, claridad; + a\* = rojo, -a\* = verde y + b\* = amarillo, -b\* = azul.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del análisis térmico realizados a las diferentes formulaciones de PLA/GR se muestran en la Tabla 1. Los valores obtenidos de las curvas DSC corresponden a las formulaciones de PLA virgen y PLA/GR cuyos términos son los de temperatura de transición vítrea (T<sub>g</sub>), temperatura de cristalización en frío (T<sub>cc</sub>), entalpía de cristalización en frío (ΔH<sub>cc</sub>), temperatura de fusión (T<sub>m</sub>) y entalpía de fusión normalizada (ΔH<sub>m</sub>).

Se observa una importante disminución tanto de la T<sub>g</sub> (hasta de 4,6°C) como de la T<sub>m</sub> (hasta de 6,8°C) del PLA al incorporar la resina GR, proporcionando una mayor movilidad en las cadenas del PLA y una mejor procesabilidad.

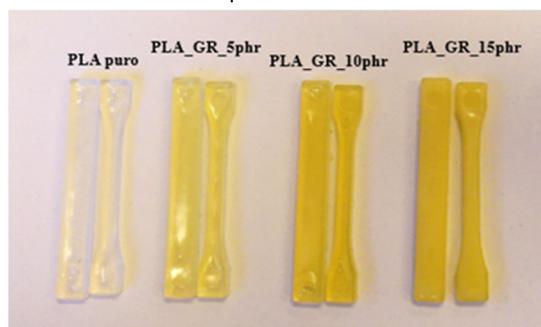
**Tabla 1.** Propiedades térmicas obtenidas por DSC.

Mezclas	Tg (°C)	Tcc (°C)	$\Delta H_{cc}$ (Jg <sup>-1</sup> )	Tm (°C)	$\Delta H_m$ (Jg <sup>-1</sup> )
PLA	59,9	109,7	25,2	172,0	33,8
PLA_GR_5	58,1	115,3	34,2	170,5	35,5
PLA_GR_10	56,4	119,5	33,2	167,9	36,4
PLA_GR_15	55,1	113,9	40,3	165,2	38,1

En cuanto a los resultados del índice de fluidez, Tabla 2, se observa un aumento del valor en todas las mezclas PLA/GR. El MFI del PLA puro fue de 12,9 g/10 min, experimentando un incremento del 790 % con tan solo la adición de 5 phr de GR, relacionado con una menor interacción entre moléculas de PLA.

**Tabla 2.** Variación del índice de fluidez de las muestras PLA\_GR.

Mezclas	Índice de fluidez (g/10 min)
PLA	12,9 ± 0,9
PLA_GR_5	115,3 ± 3,9
PLA_GR_10	169,9 ± 7,5
PLA_GR_15	205,5 ± 6,9

**Figura 1.** Aspecto de color de las piezas inyectadas.

Por otra parte, la Figura 1 muestra el aspecto de las probetas conformadas mediante moldeo por inyección. Se observa que la adición de GR al PLA aporta como resultado muestras con una tonalidad de color amarillo, siendo más intensa la coloración en las piezas con mayor contenido de GR. La coloración va desde amarillo traslucido para las piezas de menor contenido de GR, hasta amarillo opaco para las piezas de mayor contenido de GR. La Tabla 2 resume los índices de color ( $L^* a^* b^*$ ) de las piezas moldeadas por inyección. La pieza con el color más oscuro, es decir, la muestra con la menor transparencia corresponde a la mezcla de PLA con 15 phr de GR, teniendo un valor L de 63,3, mientras que las coordenadas de color  $a^*$  y  $b^*$  fueron -3,6 y 29,8, respectivamente. Siendo estos valores mucho menores en las mezclas de PLA con 5 y 10 phr de GR.

**Tabla 3.** Índice de color de las probetas normalizadas conformadas por moldeo por inyección.

Mezclas	L*	a*	b*
PLA	38,3 ± 0,3	-0,2 ± 0,1	2,4 ± 0,4
PLA_GR_5	42,4 ± 0,5	-3,3 ± 0,1	9,9 ± 0,5
PLA_GR_10	43,1 ± 0,4	-3,5 ± 0,2	17,6 ± 0,4
PLA_GR_15	63,3 ± 0,4	-3,6 ± 0,4	29,8 ± 0,4

## CONCLUSIONES

Se ha comprobado que aditivando con resina GR al PLA se produce una disminución de la  $T_g$  y la  $T_m$ , aumentado notablemente la movilidad de las moléculas del PLA, lo que genera una mayor fluidez del material por la poca interacción entre las moléculas de éste. Por medio de colorimetría se evaluó la coloración, siendo esta amarilla translúcida al adicionar cantidades igual o inferior a 5 phr de GR y la obtención de piezas amarillas opacas al adicionar cantidades igual o superiores a 10 phr.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo cuenta con el apoyo del Ministerio de Economía y Competitividad de España, PROMADEPCOL (MAT2017-84909-C2-2-R).

## REFERENCIAS

- [1] T. A. Osswald and J. P. Hernández-Ortiz, *Polymer Processing*, vol. 93. 1990.
- [2] J. M. Ferri, D. Garcia-Garcia, L. Sánchez-Nacher, O. Fenollar, and R. Balart, "The effect of maleinized linseed oil (MLO) on mechanical performance of poly(lactic acid)-thermoplastic starch (PLA-TPS) blends," *Carbohydr. Polym.*, vol. 147, pp. 60–68, Aug. 2016.
- [3] S. M. Bhasney, R. Patwa, A. Kumar, and V. Katiyar, "Plasticizing effect of coconut oil on morphological, mechanical, thermal, rheological, barrier, and optical properties of poly(lactic acid): A promising candidate for food packaging," *J. Appl. Polym. Sci.*, vol. 134, no. 41, pp. 1–12, 2017.
- [4] C. Vasile, A. Irimia, and R. Lips, "Evaluation of some eco-friendly plasticizers for PLA films processing," vol. 43223, pp. 1–11, 2016.

## Estrategias para evitar el despoblamiento rural. Caso estudio de un municipio valenciano.

**Jordi Capó Vicedo<sup>1</sup>, Antonio Giménez-Morera<sup>2</sup>**

(1) *Centre for Research in Business Management (CEGEA), Universitat Politècnica de València, Spain. [jorcavi0@esp.upv.es](mailto:jorcavi0@esp.upv.es)*

(2) *Universitat Politècnica de València, Department of Economy and Social Sciences, Camino de Vera s/n, 46022, Valencia, Spain [angimo1@doctor.upv.es](mailto:angimo1@doctor.upv.es)*

### RESUMEN

El presente estudio, se presenta con el objetivo de analizar la problemática creada por la cada vez más preocupante situación de las áreas rurales de España, acuciadas por una constante pérdida de habitantes como consecuencia del interminable éxodo rural. Además de analizar el problema sociopolítico que la despoblación y el envejecimiento de la población rural supone, se analizará un caso concreto de un municipio valenciano en el que, a partir del estudio de sus puntos fuertes y débiles, así como de las amenazas y oportunidades, se plantearán una serie de estrategias para intentar paliar esta problemática.

Con el estudio de este caso se pretende extraer una serie de estrategias que, si bien estarán enfocadas al municipio objeto del análisis, también puedan ser extrapoladas a otros casos similares.

### INTRODUCCIÓN

De acuerdo con los últimos datos de población actualizados por el INE, en 36 de las 50 provincias españolas se ha perdido población en los últimos años y más de 4.000 municipios están en peligro más o menos grave de extinción en el medio y largo plazo.

Esta pérdida de habitantes se ha centrado principalmente en las poblaciones situadas en zonas rurales, agravando una situación que viene perdurando en el tiempo. Además, el número de municipios que pierden población y se sitúan con menos de 100 habitantes sigue creciendo situándose en 1.286 municipios en 2016, lo que supone el 15,8 % de los municipios españoles.

Otro dato a tener en cuenta es el paulatino envejecimiento de la población, que se produce de manera constante en el estado español. De hecho, en los últimos 10 años, los octogenarios son el colectivo que más crece. De acuerdo con las previsiones del INE más de 6 millones de personas tendrán más de 80 años en España en el año 2050, previsión que también se aplica en el caso de la Comunidad Valenciana.

Este declive demográfico que afecta a las zonas rurales es considerado como el resultado de las dificultades en la adaptación a los cambios estructurales que han afectado a la economía desde el siglo XIX hasta los momentos actuales, convirtiendo estos territorios en zonas menos competitivas [1,2].

Ante esta situación es necesario buscar nuevas salidas para los espacios rurales, buscando nuevas estrategias, por ejemplo, basadas en la diferenciación por calidad y su vinculación a dinámicas de desarrollo rural territorial que permitan no sólo la supervivencia de estos espacios, sino también su desarrollo [3].

## METODOLOGÍA

A la hora de elegir una estrategia de investigación existen tres aspectos fundamentales a considerar, la naturaleza de la pregunta de investigación planteada, el control del investigador sobre los acontecimientos a estudiar y el grado de actualidad de la cuestión a analizar [4].

Dado que la finalidad del presente trabajo es analizar la situación de las zonas rurales valencianas con el objeto de ver cuál es su situación y proponer estrategias que permitan una mejora de sus condiciones actuales, se ha optado por el estudio de un caso que nos permita una aproximación entre la teoría y la práctica.

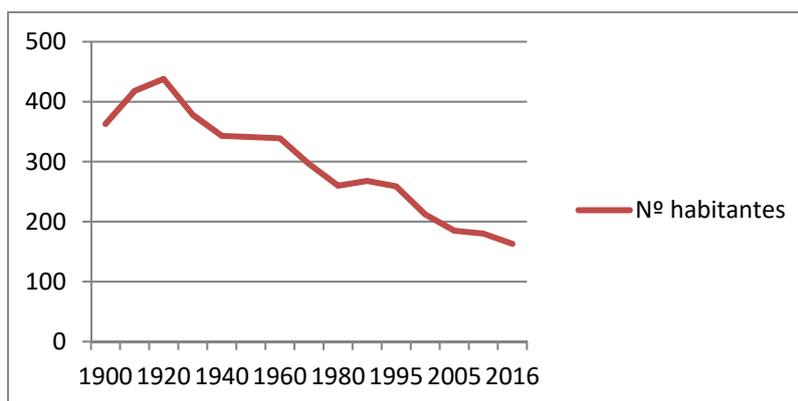
En cuanto a la obtención de las estrategias, la caracterización de los planes estratégicos es la de ser un instrumento que pretende la adquisición o posicionamiento concreto de un territorio a partir de las capacidades que el mismo tenga para establecer estrategias meditadas entre los agentes sociales que estén consensuadas para su posterior puesta en marcha que permita un mejor progreso social y sobre todo económico.

La redacción de los planes estratégicos se debe de realizar estableciendo tres partes que son fundamentales para el desarrollo del mismo. La primera sería un análisis del entorno, la segunda un análisis interno del objeto del estudio y por último una planificación estratégica que vendría derivada de los dos primeros apartados.

## RESULTADOS

El primer apartado que conformará el plan estratégico se basará en la aproximación al territorio objeto del estudio. Dentro de este apartado analizaremos la zona en la que vamos a intervenir, haciendo un breve análisis del entorno.

Pinet es un municipio valenciano, situado al Noreste de la comarca de la Vall d'Albaida. Actualmente Pinet tiene una población de 170 habitantes, cifra que viene experimentando un progresivo descenso desde los años 1920, y que ha conllevado la desaparición de numerosos servicios como el colegio público, lo que a su vez produce que las familias con hijos se vayan a vivir a localidades cercanas con más servicios.



Fuente: INE

**Figura1.** Evolución del número de habitantes de Pinet.

Una vez situados en la zona objeto de estudio se pasará al estudio del entorno mediante el análisis del entorno general o macroentorno, el cual está compuesto por el medio externo que rodea la población y en el que se analizan los factores que afectan a la

población desde un punto de vista global. Para su análisis se utilizan el modelo PEST en el que se analizan analizar la dimensión Político-legal, económica, sociocultural y tecnológica que influyen en la población.

Por otra parte, el entorno específico o microentorno, que constituye la parte más próxima a la población, y para cuyo análisis se utiliza el modelo de las cinco fuerzas de Porter, en el que se estudian cinco fuerzas de presión competitiva: productos sustitutivos, nuevos competidores y competidores actuales (Horizontales), proveedores y clientes (Verticales) [5].

Para completar el análisis estratégico, se realizará un análisis interno, donde se investigarán los recursos y factores.

Una vez realizados estos análisis se obtienen las principales debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades que se presentan para el municipio objeto de estudio y a partir de las cuáles se puede construir una matriz DAFO que permita la elaboración de estrategias a partir de la combinación de éstas variables.

**Tabla1.** Tabla DAFO (Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades).

<b>FORTALEZAS</b>	<b>DEBILIDADES</b>
<p><b>F1:</b> La economía local del ayuntamiento de Pinet.</p> <p><b>F2:</b> En Pinet se puede disfrutar de la tranquilidad y el silencio, los paisajes, la armonía, calidad de vida.</p> <p><b>F3:</b> El Surar, único en la Comunidad Valenciana. Y las 2 micro-reservas de flora.</p> <p><b>F4:</b> Microclima diferente al resto de pueblos cercanos.</p> <p><b>F5:</b> La amabilidad y hermandad del pueblo.</p> <p><b>F6:</b> Formaciones kársticas, fuentes y corrales de pasto</p> <p><b>F7:</b> Jardín Botánico.</p> <p><b>F8:</b> Red de caminos y sendas.</p> <p><b>F9:</b> La llata.</p> <p><b>F10:</b> Granjas avícolas en desuso.</p> <p><b>F11:</b> Tierras en desuso, algunas propiedad municipal.</p> <p><b>F12:</b> Local y terreno de la escuela pública actualmente en desuso propiedad del ayuntamiento.</p>	<p>D1: Carencia de escuela pública.</p> <p>D2: Carencia de servicio de hospedaje.</p> <p>D3: Carencia de transporte público.</p> <p>D4: Tierras en desuso.</p> <p>D5: Es el municipio más pequeño del cercando y el más aislado.</p> <p>D6: Es el municipio con menos servicios públicos del cercando.</p> <p>D7: Local y terreno de la escuela pública actualmente en desuso propiedad del ayuntamiento.</p>
<b>OPORTUNIDADES</b>	<b>AMENAZAS</b>
<p>O1: Consejería de turismo fomenta el turismo rural.</p> <p>O2: Subvenciones de ámbito autonómico destinadas a reformas y crear nuevos puestos de trabajo para fomentar el turismo.</p> <p>O3: El paro en la CV es donde más ha bajado en el último cuatrimestre de 2016.</p> <p>O4: La CV trae 2 años liderando el aumento del PIB.</p> <p>O5: Turismo rural experimenta un importante incremento.</p> <p>O6: Turismo rural crece entre un 10 y un 15% .</p> <p>O7: La crisis es un obstáculo, pero es beneficioso para el turismo rural.</p> <p>O8: Turismo a la CV considerado recurso de prestigio.</p> <p>O9: Conocer la situación exacta a través de la tecnología</p> <p>O10: Posibilidad de difundir y darnos a conocer a través de las redes sociales e Internet.</p> <p>O11: Turismo de montaña rutas en bici.</p> <p>O12: Subvencionar medidas para el aumento de población.</p> <p>O13: Formar Grupo de escalada.</p>	<p>A1: Inestabilidad política actual.</p> <p>A2: Varios procesos electorales crean inestabilidad política y desconfianza.</p> <p>A3: 33% menos de presupuesto anual a la comunidad valenciana.</p> <p>A4: Actual situación de crisis.</p> <p>A5: Necesidad de evitar la despoblación a ámbitos rurales.</p> <p>A6: Rutas a pie o en bici.</p> <p>A7: Turismo Cultural.</p> <p>A8: Posibles nuevos habitantes.</p> <p>A9: Inversiones de nuevos negocios.</p> <p>A10: Clientes (turistas).</p> <p>A11: Proveedores.</p> <p>A12: Productos sustitutivos.</p>

A partir de la matriz DAFO, se desarrollaron 12 opciones estratégicas que combinaban todas las variables anteriormente estudiadas, de estas opciones a su vez se analizaron su ajuste, aceptabilidad, viabilidad y factibilidad con el fin de poder seleccionar aquellas que mejor se ajustaran a las características del municipio objeto de estudio, quedando finalmente 7 estrategias de las que posteriormente se desarrollaron los planes de acción con el fin de que se pudieran aplicar y desarrollar posteriormente.

## CONCLUSIONES

Ante el continuo e imparable proceso de despoblación y envejecimiento de la población rural tanto a nivel español cómo a nivel de la Comunidad Valenciana, es necesario analizar la situación y plantear alternativas que permitan subsanar esta situación.

La implantación de planes estratégicos para el desarrollo de la población rural es necesaria para lograr buenos resultados en los procesos de potenciación de los mismos, pero estos planes estratégicos pueden y deben de apoyarse en otros mecanismos que permitan su implantación y desarrollo.

En el caso objeto de estudio, se han planteado una serie de estrategias mediante las cuáles se pretende la dinamización del municipio tanto con la potenciación del turismo rural ligado al mismo, cómo con la búsqueda de nuevos habitantes, para ello se han estudiado las características tanto de su entorno cómo las internas propias del mismo intentado potenciar sus fortalezas y minimizando sus debilidades.

## REFERENCIAS

- [1] Sáez Pérez L.A., Pinilla Navarro V. y Ayuda Bosque M.I. *Ager* 1: 211-232 (2001).
- [2] Ramos E., Garrido, D., *Revista de Estudios Regionales*. 100, 101-129 (2014).
- [3] Pazo A. J. y Moragón, M.P. *Ager*. 24, 123-154 (2018).
- [4] Yin R.K. Sage Publications, Thousand Oaks, CA. (1989).
- [5] Porter M.E. *Harvard Business Review* 57:2, 137-145 (1979).

## Mejora del uso de los recursos hídricos en comunidades de regantes mediante programación matemática

M. Díaz-Madroño<sup>(1)</sup>, M. Pérez-Sánchez<sup>(2)</sup>.

(1) Centro de Investigación en Gestión e Ingeniería de Producción. Universitat Politècnica de València, Ferrándiz y Carbonell, 03801, Alcoi  
e-mail: [fcodiama@cigip.upv.es](mailto:fcodiama@cigip.upv.es)

(2) Departamento Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente Universitat de València, Av. Tarogners, s/n, 46022, València

### RESUMEN

Las herramientas de desarrollo para optimizar el proceso y ayudar a la gerencia a obtener margen se usan dentro de la fabricación industrial. La gestión de redes de agua no es ajena a esta necesidad. La optimización del recurso hídrico se realiza actualmente en grandes cuencas, pero no es una práctica general en las redes de riego que operan como compañías de distribución de agua para abastecer la demanda de los agricultores. Hoy en día, esta gestión no está optimizada y los costes no se minimizan. Esta investigación introduce un modelo de programación matemática para optimizar el proceso de reabastecimiento en una red de riego local con el objetivo de decidir qué volumen se adquiere (fuente, cantidad y horario) y qué volumen se almacena, al tiempo que se minimizan los costes totales involucrados, mejorando la sostenibilidad de los sistemas de agua. El uso de la programación matemática redujo el coste del agua de 0,23 €/m<sup>3</sup> a 0,11 €/m<sup>3</sup>.

### INTRODUCCIÓN

Las herramientas de desarrollo que se utilizan para mejorar la gestión del agua adquieren especial relevancia, en particular, cuando el área presenta un alto déficit del recurso hídrico. Actualmente, esta cuestión está presente en muchos países como consecuencia del aumento de la población, la disminución de los recursos hídricos y el aumento de los precios de la energía [1]. Estas restricciones se unen a la necesidad de aumentar la sostenibilidad en la gestión agrícola. Esta sostenibilidad incluye la viabilidad de los agricultores y, por lo tanto, la mejora de los recursos hídricos beneficia tanto a los recursos naturales como a la rentabilidad de los agricultores. En el área mediterránea, estos problemas principales (escasez de agua y bajo beneficio) son soportados por los agricultores. Ambos problemas están relacionados porque el agua puede alcanzar un porcentaje significativo en los costes de producción [2]. En todo el mundo, este coste es variable, y depende de la ubicación geográfica, que varía incluso dentro de la misma país o provincia. En algunos casos, el coste del riego puede alcanzar hasta el 25% de los costes de producción [3].

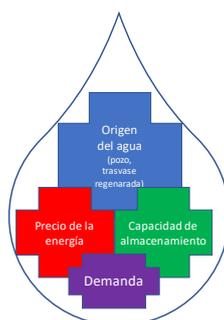
El desarrollo de la herramienta de apoyo a la decisión para gestionar el recurso hídrico de una cuenca fue revisado por muchos investigadores utilizando técnicas lineales y no lineales [4], particularmente en la escala de cuencas fluviales [5, 6]. La gestión correcta del río la cuenca causa impactos sostenibles significativos y significativos (p. ej., ahorro de agua, económico, social) cuando los programas directivos están bien definidos por los gestores del agua [7]. Sin embargo, si los parámetros de sostenibilidad quieren mejorarse en la gestión total del recurso hídrico, este análisis también tiene que hacerse a pequeña escala. Uno de estos sistemas, y el más importante, es la agricultura, ya que consume el 80% del volumen mundial utilizado [8] cuando se considera el uso del agua. Por lo tanto, se desarrollaron varias investigaciones para establecer el apoyo a la

decisión que maneja las necesidades de riego de los cultivos [9], pero hay pocas referencias para ayudar a los administradores del agua de redes de agua de riego en pequeña escala para implementar estrategias herramientas para tomar decisiones relacionadas con el volumen y el origen del agua, programar para hacerlo, así como considerar el almacenamiento mínimo en el depósito.

La programación matemática es un procedimiento analítico para determinar la asignación óptima de los recursos escasos. Estos problemas de asignación se pueden presentar de maneras muy diferentes. En este sentido, las técnicas de programación matemática se emplean en una gran cantidad de problemas, como planificación de producción [10], selección de proveedores [11], problemas de transporte [12], distribución [13], planificación financiera [14], planificación forestal [15], programación de vuelos [16], entre otros. Una de las razones por las cuales la programación matemática es una herramienta ampliamente utilizada es el progreso significativo realizado por el software de optimización debido a la mayor capacidad de cálculo de las computadoras y al menor coste del hardware [17].

## DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La modernización del riego llevada a cabo en los países desarrollados ha aumentado la eficiencia hidráulica pero también ha aumentado el consumo de energía [18]. La modernización del riego ha hecho que los recursos hídricos se mezclen en los diferentes embalses que se suministrarían en la red de acuerdo con la demanda de los agricultores. Como consecuencia, el agua tiene diferentes orígenes y, por lo tanto, tiene precios diferentes. En algunos casos, los administradores del agua no tienen suficiente volumen para abastecer la demanda y tienen que usar todos los recursos hídricos y todas las tarifas eléctricas disponibles para garantizar el consumo. Sin embargo, hay situaciones en las que el administrador del agua tiene la posibilidad de elegir el volumen de agua utilizada de cada origen, así como la tarifa eléctrica utilizada para bombear el agua, ya sea que sea necesario distribuir los flujos demandados. La falta de desarrollo en las comunidades de riego, hace que sus gestores del agua no lleven a cabo estrategias para adaptar el volumen y el programa bombeado a la nueva situación, en general, y continúen desarrollando la gestión del agua que se desarrolló cuando los precios de la energía eran más bajos o el agua era distribuida por gravedad.



**Figura 1.** Esquema conceptual de las variables de decisión del gestor

Por lo tanto, una gestión sostenible del agua debe enfocarse en obtener el volumen de agua necesario para satisfacer la demanda a lo largo del tiempo, minimizando el precio de venta del agua. Para hacerlo, los gestores deben decidir el origen del agua, el volumen, la necesidad de almacenarlo en los embalses y el programa de bombeo de acuerdo con la tarifa eléctrica (Figura 1). Por lo tanto, el enfoque propuesto resuelve el problema para decidir el volumen utilizado de cada origen en la red, minimizando los costes de aprovisionamiento o adquisición y, por lo tanto, el precio de venta del agua al agricultor y minimizando el volumen almacenado.

El problema abordado en este estudio se centra en la optimización de la gestión de las redes de distribución de agua presurizada de riego. Para desarrollar la optimización se deben conocer: (i) los recursos de abastecimiento de agua, así como los posibles métodos de adquisición para cada fuente de agua (depurada, subterránea, superficial, entre otras); (ii) la demanda de agua durante el horizonte de planificación, (iii) las capacidades para cada fuente por período y método, (iv) el nivel de inventario inicial en el depósito, (v) capacidad del tanque para almacenar agua, (vi) existencias mínimas de seguridad, (vi) coste de mantenimiento del agua de inventario y (vii) los costes fijos y variables de adquisición de cada fuente y método.

## CASO DE ESTUDIO.

El caso de estudio muestra una red de riego real donde se aplicó el modelo de optimización desarrollado. La comunidad de regantes está localizada en un municipio de Alicante (España). La red suministra 260 hectáreas, donde el cultivo más extendido es el viñedo y con producciones de olivo. El agua es embalsada en una balsa de riego con una capacidad próxima a 0.5Hm<sup>3</sup>. El caudal es distribuido mediante conducciones de polietileno de alta densidad y fundición. El agua procede de cinco orígenes diferentes para abastecer la demanda del agricultor. Los recursos 1 y 2 suministran recursos desde una transferencia externa a otras cuencas. La Fuente 3 corresponde a los recursos hídricos de la desalinización y tenía un alto precio, particularmente 0.60 €/m<sup>3</sup>. Los recursos 4 y 5 se relacionaron con agua de diferentes pozos, cuyo coste es variable y depende del horario eléctrico, con costes entre 0.25 y 0.76 €/m<sup>3</sup>. Una vez aplicado el modelo a los datos propuestos, la mejora principal estuvo relacionada con el inventario final y los costes de adquisición variables porque es una práctica común para los gestores del agua tener el depósito en nivel máximo, aunque este volumen no sea necesario y, por lo tanto, excesivo en la mayoría del tiempo. En la Tabla 1 se pueden observar los resultados.

**Tabla 1.** Comparativa entre coste actual y coste optimizado

	Coste Actual (€)	Coste Optimizado (€)
Coste total de la gestión	128108.80	61181.31
Coste final del inventario	52740.70	11203.75
Costes variables	72168.09	46777.56
Costes fijos	3200.00	3200.00

El modelo propuesto reduce el 52.2% de los costes totales de gestión del agua cuando se compara con la gestión actual. La diferencia del volumen almacenado final entre la gestión actual y el modelo propuesto es 166147.8 m<sup>3</sup>. Por lo tanto, permite la reducción de los costes finales de inventario significativamente.

## CONCLUSIONES

El uso del modelo de programación matemática permite a los gestores del agua diferenciar los recursos necesarios y, por lo tanto, el administrador podrá definir las estrategias para gestionar el resto de los recursos. Esta herramienta también se puede usar para definir el programa eléctrico cuando los recursos deben ser bombeados para llegar al depósito. Esta discretización es muy importante ya que hay algunos períodos (p. Ej., P1, P2) que tienen un precio elevado para ser utilizados.

La herramienta de programación matemática se aplicó con éxito en una red de riego real que actualmente funciona sin herramienta de apoyo según la experiencia del

administrador del agua y con criterios que no son adecuados ya que están desactualizados. El uso de esta herramienta redujo los costes en un 52.2% y permitió seleccionar el recurso necesario y el programa eléctrico a lo largo del año. Esta definición optimizó el funcionamiento de la red, reduciendo el precio del agua de 0.23 €/m<sup>3</sup> (gestión actual del agua) a 0.11 €/m<sup>3</sup> (modelo propuesto).

## REFERENCIAS

- [1] N.-S. Hsu, W.-C. Cheng, W.-M. Cheng, C.-C. Wei, W. W.-G. Yeh, Optimization and capacity expansion of a water distribution system, *Advances in Water Resources* 31 (2008) 776–786.
- [2] P. Rogers, Water is an economic good: How to use prices to promote equity, efficiency, and sustainability, *Water Policy* 4 (2002) 1–17.
- [3] L. Romero, M. Pérez-Sánchez, P. López-Jiménez, International Journal of Energy and Environment 8 (2017) 51–62.
- [4] G. Mendoza, H. Martins, Multi-criteria decision analysis in natural resource management: A critical review of methods and new modelling paradigms, *Forest Ecology and Management* 230 (2006) 1–22.
- [5] S. Suárez-Almiñana, M. Pedro-Monzonis, J. Paredes-Arquiola, J. Andreu, A. Solera, Linking Pan-European data to the local scale for decision making for global change and water scarcity within water resources planning and management, *Science of the Total Environment* 603-604 (2017) 126–139.
- [6] R. Warren, The role of interactions in a world implementing adaptation and mitigation solutions to climate change., *Philosophical transactions. Series A, Mathematical, physical, and engineering sciences* 369 (2011) 217–41.
- [7] F. A. Ward, M. Pulido-Velázquez, Efficiency, equity, and sustainability in a water quantity–quality optimization model in the Rio Grande basin, *Ecological Economics* 66 (2008) 23–37.
- [8] M. Pérez-Sánchez, F. Sánchez-Romero, H. Ramos, P. López-Jiménez, Energy Recovery in Existing Water Net- works: Towards Greater Sustainability, *Water* 9 (2017) 97.
- [9] S.-F. Kuo, G. P. Merkle, C.-W. Liu, Decision Support for Irrigation Project Planning Using a Genetic Algorithm, *Agricultural Water Management* 45 (2000) 243–266.
- [10] M. Díaz-Madroñero, J. Mula, B. Andres, R. Poler, S. Sanchis, *Capacitated Lot-Sizing and Scheduling Problem for Second-Tier Suppliers in the Automotive Sector*, Springer, Cham, 2018, pp. 121–129.
- [11] M. Díaz-Madroñero, D. Peidro, P. Vasant, Vendor selection problem by using an interactive fuzzy multi-objective approach with modified S-curve membership functions, *Computers & Mathematics with Applications* 60 (2010) 1038–1048.
- [12] M. Díaz-Madroñero, D. Peidro, J. Mula, A fuzzy optimization approach for procurement transport operational planning in an automobile supply chain, *Applied Mathematical Modelling* 38 (2014) 5705–5725.
- [13] J. Hegeman, D. Peidro, M. del Mar Alemany, M. Díaz-Madroñero, *A Decentralized Production and Distribution Planning Model in an Uncertain Environment*, Springer, Berlin, Heidelberg, 2014, pp. 317–353.
- [14] A. Bilbao-Terol, M. Arenas-Parra, V. Cañal-Fernández, Selection of socially responsible portfolios using goal programming and fuzzy technology 189 (2012) 110–125.
- [15] C. Alayet, N. Lehoux, L. Lebel, M. Bouchard, Centralized supply chain planning model for multiple forest companies, *INFOR: Information Systems and Operational Research* 54 (2016) 171–191.
- [16] M. Bazargan, Flight scheduling through optimizing flight block and ground times: A case study 21 (2015) 299–315.
- [17] R. Poler, J. Mula, M. Díaz-Madroñero, Linear Programming, in: *Operations Research Problems*, Springer London, London, 2014, pp. 1–48.
- [18] J. Corominas, Agua y Energía en el riego en la época de la sostenibilidad, *Ingeniería del Agua* 17 (2010) 219–233.

## Obtención de materiales laminados a partir de no-tejidos wet-laid procedentes del residuo de borra textil.

**S.Girones, E. Fages, O. Gutierrez, M.M. Ortiz**  
*Asociación de la investigación textil (AITEX)*  
*Grupo de investigación de Sostenibilidad y materiales.*  
*Plaza Emilio Sala, 1, Alcoi, (Alicante)*  
*e-mail: sgirones@aitex.es*

### RESUMEN

El objetivo de este estudio experimental es la revalorización de residuos textiles (borra textil), subproducto procedente de la industria de hilatura para la obtención de materiales aislantes aplicados en el sector de la construcción. En primer lugar, se han fabricado no tejidos utilizando como materia prima el residuo de borra textil junto con fibras termoplásticas utilizando la tecnología wet laid. Las telas no tejidas obtenidas han sido transformadas en un material aislante por adhesión de varias capas de no tejido wet laid utilizando procesos de laminado en continuo.

### INTRODUCCIÓN

Actualmente se está impulsando cada vez más el fomento de la generación o la transformación de una economía circular mas respetuosa con el ecosistema y el medio ambiente. Es por ello que cada vez más se están realizando estudios de revalorización de residuos. Es sabido por todos que se generan una gran cantidad de residuos en la industria textil, ya que actualmente la velocidad de la *fast fashion* de renovar la moda continuamente genera que se produzcan gran cantidad de residuos o subproductos en los procesos de fabricación de las propias prendas.

Se están generando una media de 3 millones de toneladas de residuos textiles por año en Europa y se prevé que en los próximos años esta cifra se vaya incrementando [1]. Otra gran problemática de la utilización de algodón reside en que su cultivo y producción se necesitan de gran cantidad de agroquímicos, que la mayoría de los cuales provocan un gran impacto ambiental. Su cultivo ocupa el 2,4% de la superficie de cultivo mundial, pero consume el 24% de los insecticidas y el 11% de los pesticidas producidos a nivel mundial [2].

Otro gran impacto ambiental que conlleva la producción de algodón es la huella hídrica. La producción mundial de algodón emplea 222 mil millones de metros cúbicos de agua, que posteriormente en su procesado, contamina 50 mil millones de metros cúbicos. Esto representa el 3,5% del consumo mundial en el sector agrícol [3].

Es por todo esto el presente estudio representa una oportunidad de poder reaprovechar residuos de borra textil de algodón procedente como subproducto de proceso de hilatura para la generación de nuevos materiales, contribuyendo a la reducción de generación de residuos y de contaminación del medio ambiente

## MÉTODOS EXPERIMENTALES

En este estudio se ha pretendido la revalorización de residuos de borra textil, más concretamente borra de algodón, subproducto procedente de procesos de hilatura. Para dicha revalorización y desarrollo de materiales aislantes para la construcción se han realizado los siguientes trabajos.

- **Preparación del residuo:** Se ha realizado un proceso de triturado del residuo de borra textil con el objetivo de obtener la granulometría homogénea para poder transformarlo en no tejido vía wet laid. Para ello se ha hecho uso de una trituradora de cortado por cizalla obteniendo un tamaño de residuo de 1-3 mm. A continuación, se muestran unas imágenes de del residuo de borra textil.

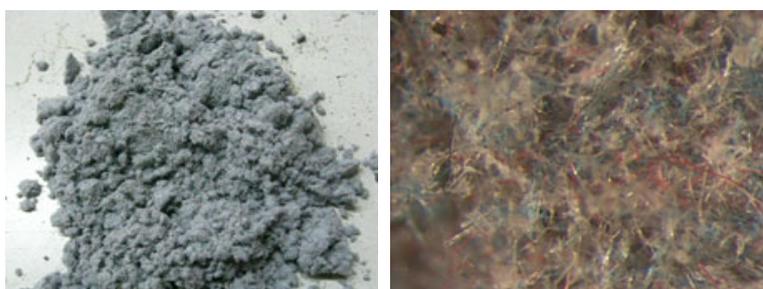


Figura 1. Residuo de borra textil.

- **Obtención de no tejidos Wet laid:** La tecnología wet laid es utilizada para el desarrollo de no tejidos compuestos por todas las fibras que tengan la capacidad de dispersarse en fluidos. Para la obtención del no tejido las fibras textiles o residuos son suspendidas en un medio acuoso y posteriormente son depositadas en una cinta transportadora que conduce el velo a la estación de consolidado formando la tela no tejida. A continuación, se muestran los no tejidos wet laid obtenidos.



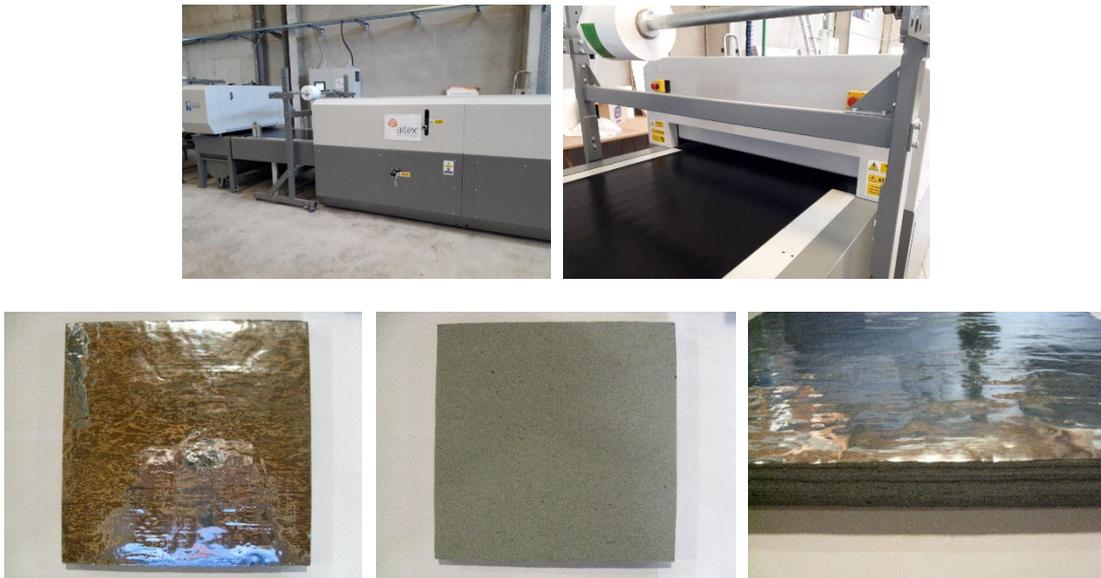
Figura 2. Fabricación de no tejidos wet laid a partir del residuo de borra textil.

Tabla 1. Composición del no tejidos de residuo de borra textil.

Residuo borra textil	Composición %(p/p)		Gramaje teórico (g/m <sup>2</sup> )
	Lyocell	PLA	
70	10	20	200

- **Obtención del laminado:** Posteriormente a la obtención del no tejido se pasó a la formación del laminado mediante la tecnología de laminado en continuo. Mediante

esta tecnología se pueden realizar adhesiones de varios no tejidos junto con láminas termofusibles con la aplicación de cierta presión y temperatura para la adhesión de todas las capas. También se consideró la incorporación de una lámina de aluminio para aumentar el efecto aislante térmico y acústico. El proceso de laminado se realizó a una temperatura de 150°C con la utilización de un film de PU para la adhesión de las capas de no tejido. A continuación, se muestran unas imágenes donde se puede observar el proceso de laminado.



**Figura 3.** Fabricación del material aislante mediante laminado en continuo a partir de la utilización de no tejidos de residuo de borra textil.

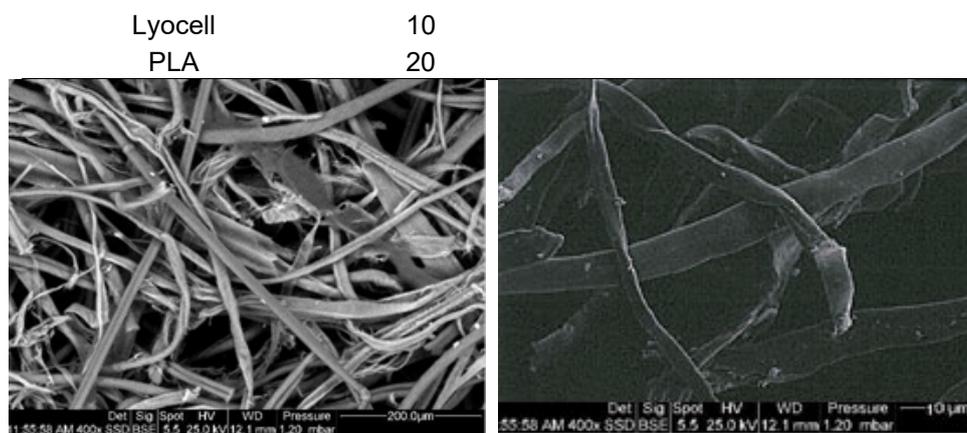
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como bien se ha podido comprobar el desarrollo del no tejido mediante la tecnología de wet laid a partir de borra textil se ha realizado sin ninguna problemática, obteniendo un velo perfectamente formado homogéneo y con cierta resistencia. Posteriormente, se han realizado procesos de laminación en continuo con la utilización del no tejido de residuo de borra textil. La adhesión de las capas de velo se ha podido realizar exitosamente mediante el empleo de films termofusibles de PU, incorporando en la última capa una lámina de aluminio para incrementar en efecto aislante térmico y e sonido.

Finalmente se ha podido obtener un material aislante con las características que se muestran en la tabla. También se muestran unas imágenes SEM de la propia estructura interna del material aislante obtenido.

**Tabla 2.** Características del material aislante desarrollado

Material no tejido	Comp. %	Nº Capas	Espesor (mm)	Gramaje (g/m <sup>2</sup> )
Residuo de borra textil	70	10	20	2.280



**Figura 3.** Izq. Capa inferior material aislante x200 aumentos. Dcha. Capa inferior material aislante x800 aumentos.

## CONCLUSIONES

En la presente investigación se ha podido demostrar la viabilidad técnica de desarrollo de materiales aislantes a partir de residuo de borra textil mediante la tecnología de wet laid y posteriores procesos de laminado en continuo. Hay que destacar que este tipo de borra textil no tiene aplicación actualmente dada sus dimensiones tan reducidas, su eliminación pasa por ser desechados en vertederos e incineración, por lo que la reutilización de este subproducto para el desarrollo de materiales aislantes dota al estudio de un remarcado carácter ecológico de y protección del medio ambiente.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer el apoyo de la Conselleria d'Economia Sostenible, Sectors Productius, Comerç i Treball de la Generalitat Valenciana a través del IVACE, la financiación del proyecto CIRCLE "Investigación y desarrollo de un modelo económico para basado en la revalorización de residuos/subproductos entre los principales sectores productivos de la comunidad valenciana".



**GENERALITAT  
VALENCIANA**

**TOTS  
A UNA  
VEU**

**IVACE**  
INSTITUTO VALENCIANO DE  
COMPETITIVIDAD EMPRESARIAL



## REFERENCIAS

- [1] Well dressed?. The present and future sustainability of clothing and textiles in the United Kingdom. Julian M Allwood, J.M., Laursen S.E., Rodriguez, C.M., Bocken, N.M.P. University of Cambridge. Institute for Manufacturing. Cambridge 2006.
- [2] Walters,A., Santillo, D. & Johnston, P. El tratamiento de textiles y sus repercusiones ambientales. Greenpeace 2005.
- [3] Mekonnen, M.M. & Hoekstra, A.Y. "National water footprint accounts: The green, blue and grey water footprint of production and consumption". In Value of Water Research Report Series. No. 50, Apéndices II, VIII y IX.UNESCO-IHE, Delft, Países Bajos, 2011.

## C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> sólido. Características físicas y relevancia astrofísica

C. Santonja<sup>(1)</sup>, M. Domingo<sup>(1)</sup>, C. Millán<sup>(1)</sup>, R. Luna<sup>(1)</sup>, M.Á. Satorre<sup>(1)</sup>

(1) Centro de Tecnologías Físicas, Universitat Politècnica de València

46022 València

e-mail: msatorre@fis.upv.es

### RESUMEN

En el sistema solar exterior se ha demostrado presencia de C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>. El objetivo del presente trabajo es el estudio de la estructura cristalina de esta molécula en condiciones de baja temperatura (13 K a 65 K) y de baja presión (10<sup>-7</sup> mbar). Se analizará la estabilidad de la estructura cristalina del etano (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>), a partir de la densidad ( $\rho$ ) y el índice de refracción ( $n$ ).

### INTRODUCCIÓN

Se buscan las propiedades del C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, depositando sobre una micro-balanza de cuarzo y analizando la muestra simultáneamente por interferometría (633 nm). Los valores de densidad aumentan desde 0,41 g·cm<sup>-3</sup> hasta alrededor de 0,60 g·cm<sup>-3</sup>. La componente real del índice de refracción varía desde 1,27 hasta 1,47. Se produce un aumento de  $\rho$  y  $n$  con la temperatura de depósito desde 13 K hasta alcanzar un “plateau” a 40 K, indicando una estructura amorfa por debajo de 40 K y cristalina por encima de esta temperatura. Dichas temperaturas son relevantes para el Sistema Solar externo.

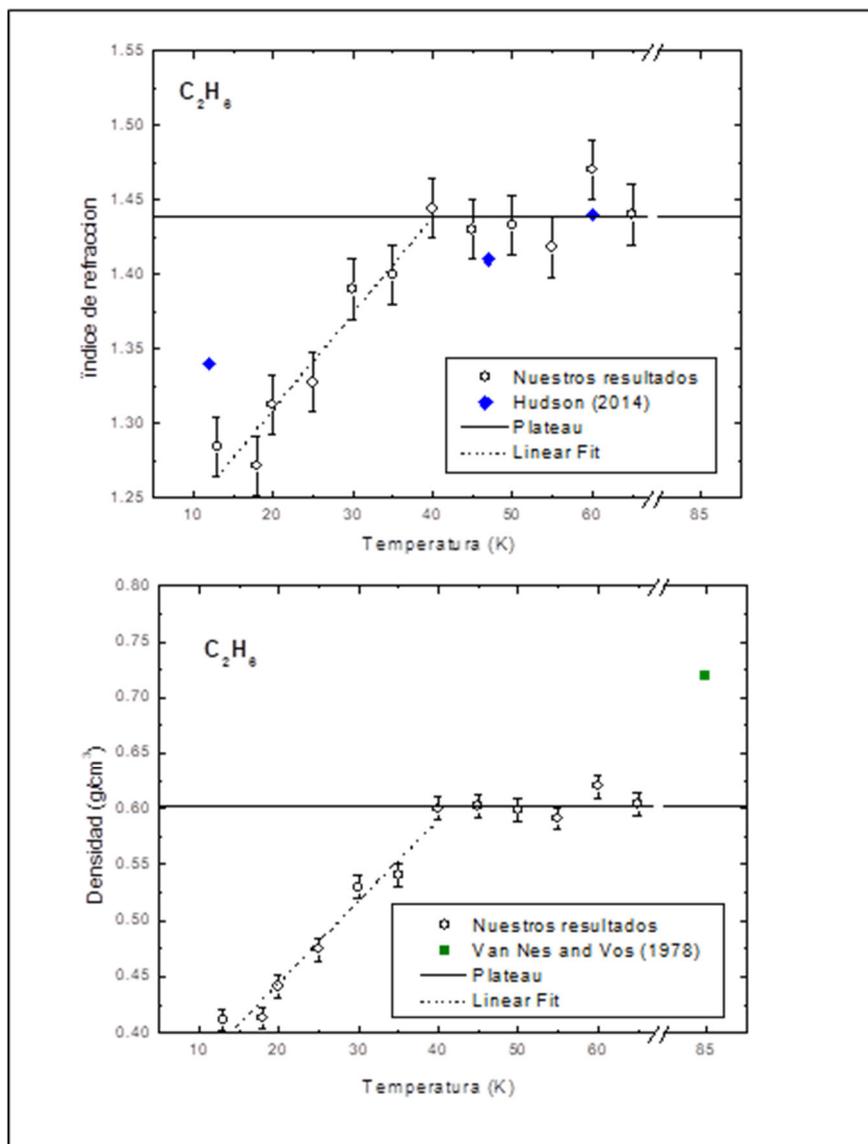
### EXPERIMENTAL

Se forma a velocidad constante una película plana de C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> sólido a  $T \leq 65,0$  K de unas 2,0 micras. La temperatura se obtiene con un compresor tipo Gifford-McMahon, cuya segunda etapa de expansión está colocada en una cámara de alto vacío que evita los contaminantes. La presión base es 5·10<sup>-8</sup> mbar obtenida con dos bombas turbomoleculares colocadas en paralelo. El C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> se introduce a través de una válvula de guillotina desde una pre-cámara limpia con C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> ultrapuro 99,99 % de PRAXAIR. Dos láseres de He-Ne inciden con diferentes ángulos sobre la muestra mientras se deposita sobre una microbalanza de cuarzo ópticamente plana. La formación de la película a velocidad constante permite obtener, a partir de la señal de los láseres, la parte real del índice de refracción del hielo y la densidad de la señal del cuarzo.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se representan los resultados obtenidos a las diferentes temperaturas de depósito comprendidas en el rango 13-65 K (superior, índice de refracción ( $n$ ); inferior, densidad ( $\rho$ )). La temperatura inferior es la mínima que alcanza el equipo experimental y la máxima siempre viene limitada por la sublimación del C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>. A temperaturas mayores, la velocidad de desorción no es despreciable frente a la de depósito y los experimentos no pueden realizarse en las mismas condiciones. Durante el depósito la temperatura se mantiene constante ( $\pm 0,5$  K). Para el conjunto de experimentos el error

se ha determinado estadísticamente a partir de la distribución de t-Student. El intervalo de confianza (95%) se ha aplicado a los resultados cuyo valor promedio es constante ( $T \geq 40$  K) y repitiendo cada valor más de dos veces (hasta 7 veces para 30 K) por temperatura.



**Figura 1.**  $n$  (gráfica superior) y  $\rho$  (gráfica inferior) del etano, en el rango de temperaturas de depósito de 13 a 65 K

El comportamiento de  $n$  y  $\rho$  con la temperatura de depósito es similar al de otras moléculas. Para las temperaturas mayores el valor obtenido se mantiene aproximadamente constante. Los valores de estabilización dependen de cada molécula. Para el caso del  $C_2H_6$  el índice de refracción alcanza un valor máximo de 1,47 y su densidad  $0,60 g \cdot cm^{-3}$ . Estos valores aparecen en las gráficas señalados con una línea horizontal que permite visualizar desviaciones de los resultados respecto a este valor. Para  $T \leq 40$  K, ambos parámetros disminuyen su valor al descender la temperatura de depósito, alcanzando el valor mínimo en 18 K y manteniéndose también para 13 K.

La variación del índice de refracción y de la densidad está relacionada con la estructura del hielo y con las variaciones que sufre esta estructura con las condiciones de formación y con las variaciones de temperatura. En la Figura 1 se han incorporado los valores de índice de refracción de Hudson et al [1] y los de densidad de van Nes y Vos [2] respectivamente, que son los únicos aparecidos en la literatura hasta el momento formados en condiciones similares a las de nuestros experimentos. El valor de van Nes y Vos [2], es claramente más alto que los nuestros a 65 K, debido posiblemente a las condiciones experimentales de formación. Ellos formaron cristales perfectos a 85 K ya que el hielo se formaba descendiendo la temperatura paulatinamente desde el estado líquido hasta su formación. La densidad además se deducía, estableciendo los espacios y el sistema cristalino a partir de difractogramas. Por ello sus resultados corresponderían a hielos en los que cada molécula ocupa exactamente una posición determinada. En dicha estructura no hay lugar para huecos (poros), ni defectos en dicha red. Nuestras muestras son crecidas estableciendo una presión en la cámara de depósito sin una dirección preferente. Esto hace que se formen poros en la estructura [3], haciendo que los hielos formados en el espacio sean más consistentes con nuestros resultados.

Si en experimentos de relevancia astrofísica se utilizase el valor  $0,75 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ , los resultados podrían tener errores de hasta el 40% a bajas temperaturas, o del 15% para el caso de muestras depositadas a temperaturas mayores de 40 K (cristalinas). El índice de refracción sigue un comportamiento similar a la densidad, coincidiendo con los resultados presentados por Hudson et al. [1]. Las mayores discrepancias se producen para la temperatura más baja probablemente debido a que la estructura amorfa es más sensible a diferencias en las condiciones de formación tal como han demostrado Loeffler et al. [4]. Estos autores presentaron una serie de experimentos en los que variaban las condiciones de depósito de hielos, demostrando que, si éste es perpendicular a la superficie del portamuestras, se obtienen valores más altos de  $n$ , que para depósitos sin dirección preferente. También mostraron en su trabajo que, al aumentar la temperatura de depósito, el orden molecular en la estructura aumenta y las diferencias entre distintas formas de depósito tienden a desaparecer. Esto podría explicar las diferencias encontradas a baja temperatura entre nuestros resultados y los de Hudson et al. [1] y porque éstas desaparecen para altas temperaturas. Nuestros resultados están relacionados con la estructura del hielo y aportan información sobre ésta. Complementando nuestros resultados con estudios en el infrarrojo para la misma molécula (Wisnosky et al. [5] y Hudson et al. [1]) podemos establecer dos zonas diferenciadas, una relacionada con la estructura amorfa ( $T < 40 \text{ K}$ ) y otra cristalina para mayores temperaturas. Los estudios infrarrojos establecían la posibilidad de que la estructura encontrada a 50 K correspondiese con una estructura cristalina meta-estable. De nuestros resultados no podemos afirmar que encontramos dicha estructura, ni cuál es el rango de temperaturas en el que debe presentarse. Aunque sí que encontramos que nuestros valores de índice y densidad a esa temperatura son más altos que la media por encima de nuestro error experimental a 60 K, que es la temperatura a la que Hudson y colaboradores [1] encuentran que la estructura es cristalina estable.

## CONCLUSIONES

En las observaciones espaciales es esencial conocer las constantes ópticas de las moléculas observadas, así como la absorbancia integrada de las mismas para obtener las abundancias en cada contexto astrofísico. Para ello, se estudian en el laboratorio

películas finas de hielos. El índice de refracción determinado permite, por ejemplo, medir espesores en los laboratorios o determinar la profundidad de penetración de iones en el espacio. Los resultados obtenidos para  $\rho$  y  $n$ , permiten dilucidar la estructura que presenta el etano cuando se forma a diferentes temperaturas. Los valores experimentales permiten distinguir dos fases diferentes: amorfa (para temperaturas menores de 40 K) y cristalina para temperaturas iguales o mayores. Aunque los valores obtenidos para temperaturas mayores de 60 K son superiores a la media y los comprendidos entre 40 y 55 K, son inferiores a la media, no es posible asegurar que existan diferencias significativas de  $n$  y  $\rho$ , para asegurar que corresponden a la estructura cristalina meta-estable encontrada, para 47 K [1], mediante espectroscopia IR. En ambos casos, los valores obtenidos para el índice de refracción coinciden con los publicados [1]. Respecto a la densidad, se han obtenido los valores correspondientes al rango 13-65 K de relevancia astrofísica. Anteriormente en la bibliografía se había utilizado el único valor disponible [2], aunque estaba formado a 85 K y en condiciones que difícilmente corresponden a las astrofísicas. Esto hacía que los valores obtenidos presentasen imprecisiones que podían llegar al 40% en caso de ser utilizado para temperaturas por debajo de 20 K, relevantes en el medio interestelar. Los resultados obtenidos se encuentran también dentro del rango de interés en el Sistema Solar externo, donde pueden darse temperaturas entre 20 y 50 K relevantes para objetos Trans-Neptunianos (TNOs), mientras que las más altas podrían ser importantes en el estudio de hielos presentes en cometas en su paso por el perihelio. La necesidad de nuevos datos adaptados a los diferentes ambientes astrofísicos es muy importante por diferentes razones. La instrumentación utilizada actualmente hace que la señal-ruido sea suficiente [6] para necesitar mejores datos de laboratorio. Además, se han llevado a cabo campañas de observación [7] durante años que han permitido obtener resultados con resolución imposible hasta el momento. Las misiones con naves espaciales [8], han conseguido determinar la presencia de etano en el Sistema Solar externo. Se espera que los resultados que aquí se presentan sirvan para estudiar con mayor precisión todos estos datos obtenidos en los últimos años. Además de permitir una mejor explotación de nuevos resultados como los que obtendrán los telescopios extremadamente grandes, ya proyectados, o nuevos telescopios espaciales como el James Webb Space Telescope.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha contado con financiación del Ministerio de Economía y Competitividad, proyectos FIS2013-48087-C2-2-P, FIS2016-77726-C3-3-P y AYA2015-71975-REDT.

## REFERENCIAS

- [1] Hudson R.L., Gerakines P.A., Moore M.H., *Icarus*, 243, 148–157 (2014).
- [2] van Nes G.J.H., Vos. A., *Acta Crys*, B35, 2593–2601 (1979).
- [3] Bossa J.B., et al., *Astrophys. J.*, 814 (47), 14 (2015).
- [4] Loeffler M.J., Moore M.H., Gerakines P.A., *Astrophys. J.*, 827 (98), 7 (2016).
- [5] Wisnosky M.G., Eggers D.F., Fredrickson L.R., Decius J.C., *J. Chem. Phys*, 79, 3513–3516 (1983).
- [6] Brown M.E., Schaller E.L., Blake G.A., *Astron. J*, 149 (105), 6 (2015).
- [7] Holler B.J., Young L.A., Grundy W.M., Olkin C.B., Cook J.C., *Icarus*, 243, 104–110 (2014).
- [8] Stern S.A., *Science*, 350 (2015).

## Material absorbente acústico textil a base de un no tejido de yute y carbón activado

M.P. Segura-Alcaraz, J. Gisbert-Payá<sup>(1)</sup>, J.G. Segura-Alcaraz<sup>(2)</sup>, P. Díaz-García<sup>(1)</sup>

*(1) Departamento de Ingeniería Textil y Papelera, Universitat Politècnica de València  
Plaza Ferrándiz y Carbonell s/n, Alcoi, (Alicante)*

*(2) Departamento de Mecánica de los Medios Continuos y Teoría de Estructuras, Universitat  
Politècnica de València*

*Plaza Ferrándiz y Carbonell s/n, Alcoi, (Alicante)*

*e-mail: piseal@doctor.upv.es, jaigispa@txp.upv.es, jsegura@mcm.upv.es,  
pdiazga@txp.upv.es*

### RESUMEN

Se ha obtenido un material textil compuesto a base de no tejido de yute reciclado, y tejido de yute como capa resistiva. Se ha modificado la capa resistiva, aplicando gránulos de carbón activado, y duplicando dicha capa. Se ha estudiado su absorción acústica. Los resultados muestran una capacidad de absorción de sonido aceptable para frecuencias desde 846 Hz, con un material favorable al medio ambiente.

### INTRODUCCIÓN

El empleo de materiales absorbentes acústicos respetuosos con el medio ambiente es una de las características de la construcción sostenible. La fibra de yute es una fibra natural de origen vegetal, que también es reciclable. Su uso también se extiende a campos como la automoción, la construcción, el mueble, etc. [1]. El yute es un material no abrasivo, poroso, higroscópico, que se puede combinar con otros materiales para mejorar sus propiedades [2,3].

El carbón activado tiene una superficie específica muy alta, hasta 2500 m<sup>2</sup>/g y un volumen de microporos de hasta 1.6 ml/g [4]. El carbón granulado es un material abundante y de bajo precio, que se obtiene a partir de madera [5]. El carbón activado puede ser aprovechado para aumentar la absorción del sonido a bajas frecuencias [6].

En este trabajo se emplea una resina acrílica como medio de fijación de gránulos de carbón, por su disponibilidad en el laboratorio. El tratamiento de textiles con resinas acrílicas puede proporcionar impermeabilidad, resistencia a la abrasión, etc. Entre sus ventajas destaca la resistencia a las radiaciones UV, al frote, a algunos productos químicos y al agua, junto a su bajo precio. El empleo de este tipo de resina no altera significativamente la absorción de sonido [7]. También sería posible emplear distintas resinas a base de semillas vegetales [8,9,10].

### MÉTODOS EXPERIMENTALES

#### Materiales

El no tejido empleado es una guata de yute, procedente de yute reciclado de sacos de alimentos. Tiene una densidad de 480 g/m<sup>2</sup> y un grosor de 30 mm. El tejido de yute emplea un ligamento tafetán. Tiene una densidad de urdimbre de 6,2 h/cm y una densidad de trama de 5,2 p/cm, y una densidad superficial de 30 g/cm<sup>2</sup>.

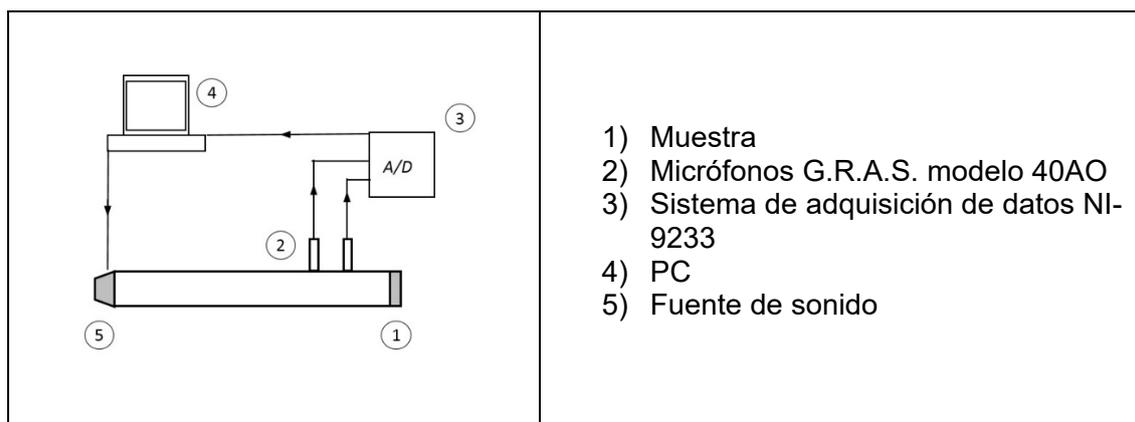
La resina empleada es el copolímero acrílico/estireno Resina Center BC. Su uso común es como ligante de estampación pigmentaria.

### Preparación de las muestras

Se aplican los gránulos de carbón activado sobre el tejido. Para fijarlos se emplea una resina acrílica. La resina se aplica mediante estampación con una concentración de 30 g/kg de ligante Lutexal CSN liq, y 10 g/kg de Resina Center BC. Seguidamente se espolvorean las partículas de carbón activado. Estas partículas han sido previamente tamizadas, separando dos tamaños de grano. A continuación, el tejido se seca y polimeriza 5 minutos en cinta a 110°C.

### Ensayo en tubo de impedancia

Se mide el coeficiente de absorción de las distintas muestras de tejido tratado, junto con el no tejido, situando el tejido con la cara recubierta en la parte más cercana a la fuente de sonido. Se mide el conjunto formado por una y dos capas de tejido, más una capa de no tejido. Se utiliza un espesor de no tejido de 30mm, sin cámara de aire posterior. Las mediciones se realizan siguiendo el método descrito en la Norma ISO 10534-2: Determinación del coeficiente de absorción acústica y de la impedancia acústica en tubos de impedancia, parte 2: Método de la función de transferencia. Se emplea la configuración mostrada en la Fig. 1.

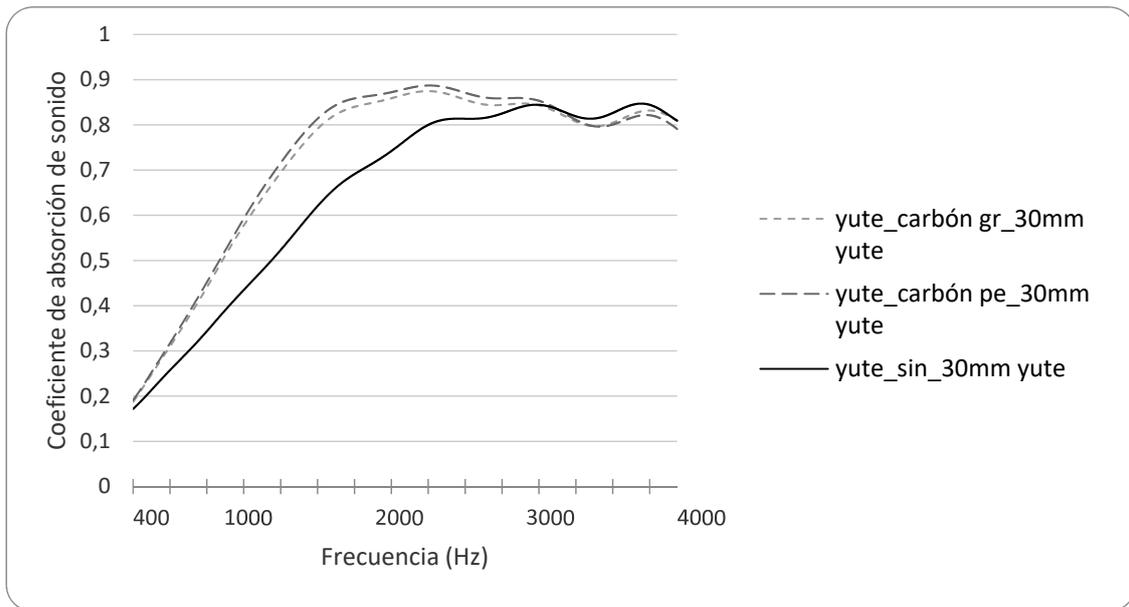


**Figura 1.** Esquema del tubo de impedancia empleado para medir el coeficiente de absorción de sonido.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

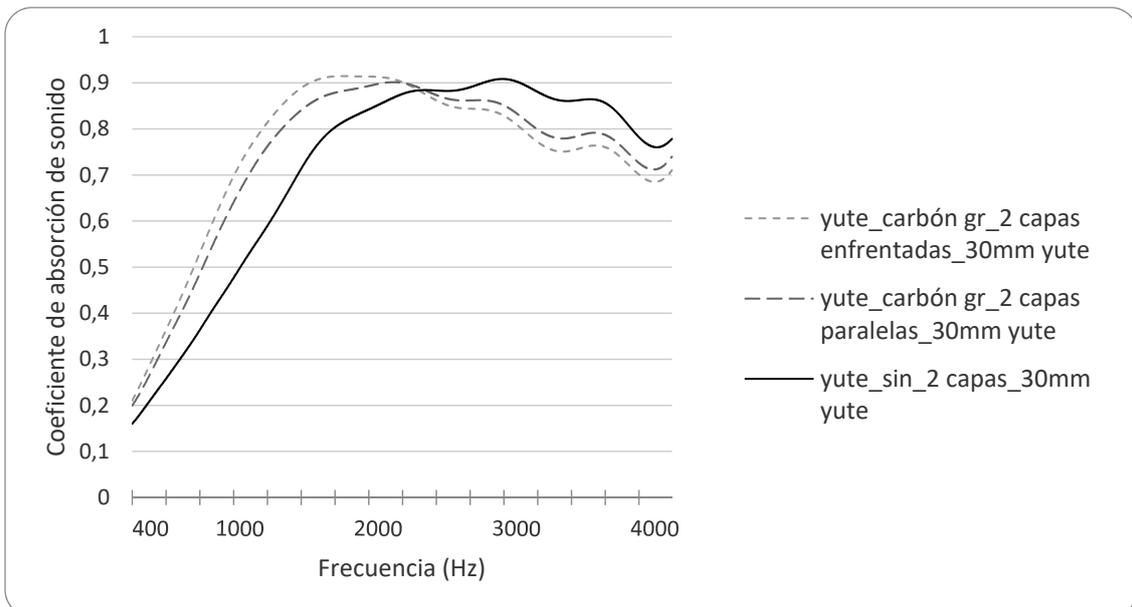
Se ha medido la absorción de sonido de las muestras formadas por: una capa de no tejido más una capa de tejido tratado y sin tratar, y por una capa de no tejido más dos capas de tejido tratado y sin tratar con carbón activado.

La Fig. 2 muestra los coeficientes de absorción del conjunto formado por una capa de tejido más una capa de no tejido. En ella se observa que la aplicación de gránulos de carbón activado sobre una cara del tejido de yute mejora la absorción a todas las frecuencias hasta 3000 Hz aproximadamente, independientemente del tamaño de los gránulos. El tamaño menor de los gránulos mejora muy ligeramente la absorción.



**Figura 2.** Coeficiente de absorción de sonido para el conjunto formado por tejido de yute y no tejido de yute de 30 mm de espesor.

La Fig. 3 muestra los coeficientes de absorción del conjunto formado por dos capas de tejido tratado con gránulos grandes más una capa de no tejido. El valor de 0,5 para el coeficiente de absorción de sonido se alcanza a los 846 Hz cuando las capas están enfrentadas, alcanzándose una absorción de 0,91 a 1842 Hz. La absorción mejora a la del tejido sin tratar significativamente en todas las frecuencias hasta alrededor de 2475 Hz.



**Figura 3.** Coeficiente de absorción de sonido para el conjunto formado por dos capas de tejido de yute y no tejido de yute de 30 mm de espesor.

## CONCLUSIONES

Se ha preparado un material textil compuesto, formado por una capa de tejido de yute que actúa como capa resistiva y un no tejido a base de fibras recicladas de yute. Se ha estudiado la capacidad de absorción de este material, y del mismo, tras modificar la capa resistiva añadiendo partículas de carbón activado. Se ha comprobado que la aplicación de carbón activado permite alcanzar valores de absorción acústica superiores a frecuencias menores.

Como mejoras se propone variar el recubrimiento de la capa resistiva, disminuyendo el tamaño de los gránulos, y aumentando su cantidad mediante otro método de aplicación. Para mejorar la sostenibilidad del material se propone emplear bio resinas para dicha aplicación. Por otra parte, sería interesante poder observar qué se produce en frecuencias por encima de 4000 Hz.

## REFERENCIAS

- [1] Fatima S., Mohanty A. R., *Applied Acoustics* 72:2–3, 108–122 (2011).
- [2] Satyanarayana K. G. et al., *Cement and Concrete Composites* 12:2, 117–153 (1990).
- [3] Zakriya M. et al., *Journal of Reinforced Plastics and Composites* 36:3, 206–219 (2017).
- [4] Suzuki M., *Elsevier Science Ltd* 32:4 577–86 (1993).
- [5] Jiang N., Chen J. Y., Parikh D. V., *Bioresource Technology* 100:24, 6533–6569 (2009).
- [6] Bechwati F. et al., *The Journal of the Acoustical Society of America* 132:1, 239-287 (2012).
- [7] Segura P. et al., *V Congreso I+D+i Campus de Alcoi. Creando Sinergias*, 237-240 (2017).
- [8] Williams G.I., Wool R.P., *Applied Composite Materials* 7:5/6, 421-453 (2000).
- [9] Tran P., Graiver D., Narayan R., *Journal of Applied Polymer Science* 102:1, 69–75 (2006).
- [10] Liu Z. et al., *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54:6, 2134–2171 (2006).

## El estudio de “casos”. Su evaluación conjunta

**A. Giménez-Morera<sup>(1)</sup>, Jordi Capó i Vicedo<sup>(2)</sup>,**

*(1) Departamento de Economía y Ciencias Sociales, Universitat Politècnica de València  
Plaza Ferrándiz y Carbonell s/n, Alcoi, (Alicante)  
e-mail: angimo1@doctor.upv.es*

*(2) Departamento de Economía y Ciencias Sociales, Universitat Politècnica de València  
Plaza Ferrándiz y Carbonell s/n, Alcoi, (Alicante)  
e-mail: jorcavi0@esp.upv.es*

### RESUMEN

La metodología del estudio de “casos” tiene una amplia historia en la enseñanza. Podríamos afirmar que la educación ha utilizado de manera sistemática “los ejemplos” o “problemas prácticos” que podrían ser claros precursores de la metodología del caso. Otro de los antecedentes podríamos encontrarlo en el *método Socrático* ya que el mismo es un método de demostración lógico para la indagación o búsqueda de nuevas ideas, conceptos o prismas que subyacen en la información.

Aunque la aplicabilidad del método en nuestros días en la enseñanza universitaria está más que comprobada, bien es cierto que tenemos un déficit en cuanto a la forma de evaluar en el aula cuando trabajamos con este tipo de metodología docente. En el artículo que nos ocupa se estudia un método de evaluación conjunto entre profesor-alumno que muestra “una forma más de evaluación”.

### INTRODUCCIÓN

El método del caso en su acepción mas estricta comienza a ser utilizado sobre el año 1913-1915 en Harvard en su programa de Derecho. Se pretendía que los alumnos buscaran una solución a una historia concreta y que la misma fuera defendida delante de sus compañeros. El rol del profesor es el de moderador que además puede rectificar los planteamientos del alumno en el caso de que los mismos sean erróneos. A partir de estas primeras experiencias el estudio de casos se generalizó.

La técnica del estudio de casos consiste en relatar una situación empresarial que ya ha sido resuelta o no por un equipo de dirección de una empresa. En la situación expuesta se presentarán una serie de hechos donde se expondrán los temas y se desarrollarán situaciones acompañadas de opiniones, juicios, problemas de mercado o problemas técnicos y económicos.

El profesor selecciona un caso que tiene que ver con la materia “Marketing Internacional” combinando la clase activa con la discusión del caso que se haya marcado estudiar la semana anterior.

Los casos serán resueltos y expuestos en clase por los alumnos estableciéndose un turno de preguntas, críticas a la resolución u aclaraciones que provocan feedback entre los propios alumnos y el profesor que intermediará entre los mismos [1].

## MÉTODOS EXPERIMENTALES

En esta experiencia se han seleccionado tres casos en concreto:

- Caso ficticio que corresponde a una empresa irreal con una serie de condicionantes que establecen las pautas necesarias para que el alumno ejercite el pensamiento crítico y analice situaciones complicadas en el mundo de la empresa.
- Caso que corresponde con el análisis del lanzamiento de un producto “estrella” en el mercado que con posterioridad resulta ser un fraude. Ayuda a que el alumno sepa distinguir “producto estrella” de “producto fraude”.
- Caso de una compañía familiar real, en el que se analicen opciones de lanzamiento de nuevos productos al mercado y las causas de su fracaso. Análisis de las empresas familiares, análisis de las técnicas de marketing internacional utilizadas.

Para el estudio de estos casos el profesor indicó las reglas básicas para su estudio que se esquematizaron de la siguiente manera:

- Lectura completa del caso. Durante esta primera lectura no tome ningún tipo de decisión, simplemente hay que situarse en el entorno de la acción.
- Releer el caso apuntando aquellos aspectos que parecen más interesantes para poder contestar a las dudas que se planteen en el mismo.
- No tomar decisiones precipitadas.
- Determina;
  - ¿Cuál es el problema?, ¿Dónde se origina el problema?, Posible solución del problema, Objetivos, Determinar las variables endógenas y exógenas que pueden afectar al resultado, Alternativas de intervención, Determinación de las decisiones correctas argumentando y justificando las mismas, Preparación de la presentación del resultado.

En el estudio del caso resultará imprescindible la participación de toda la clase, tanto para la transmisión de mensajes entre los alumnos, como para evaluar conjuntamente con el profesor el estudio del caso presentado por sus compañeros.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de los resultados tratados a través del programa DYANE en el primero de los casos;

Variable 1: El estudiante muestra en su exposición habilidades adquiridas en el curso

Código	Significado	Frecuencia	%
3	Ni de acuerdo ni en desacuerdo (5)	1	4,76
4	De acuerdo (8)	12	57,14
5	Totalmente de acuerdo (10)	8	38,10

Variable 2: Se han aplicado conocimientos adquiridos

Código	Significado	Frecuencia	%
--------	-------------	------------	---

Código Significado	Frecuencia	%
3 Ni de acuerdo, ni en desacuerdo (5)	4	19,05
4 De acuerdo (8)	8	38,10
5 Totalmente de acuerdo (10)	9	42,86

Variable 3: Se han resuelto problemas en el entorno del caso estudiado

Código Significado	Frecuencia	%
3 Ni de acuerdo, ni en desacuerdo (5)	3	14,29
4 De acuerdo (8)	13	61,90
5 Totalmente de acuerdo (10)	5	23,81

Variable 4: Cree que los alumnos podrían dirigir eficientemente entornos complejos dinámicos y altamente competitivos

Código Significado	Frecuencia	%
3 Ni de acuerdo, ni en desacuerdo (5)	5	23,81
4 De acuerdo (8)	9	42,86
5 Totalmente de acuerdo (10)	7	33,33

Variable 5: Los alumnos han demostrado capacidad para mejorar las posibilidades del negocio planteado en su caso

Código Significado	Frecuencia	%
2 En desacuerdo (3)	1	4,76
3 Ni de acuerdo ni en desacuerdo (5)	4	19,05
4 De acuerdo (8)	11	52,38
5 Totalmente de acuerdo (10)	5	23,81

Variable 6: Los alumnos han sabido procesar, analizar e interpretar los datos que formaban parte del caso

Código Significado	Frecuencia	%
2 En desacuerdo (3)	1	4,76
3 Ni de acuerdo ni en desacuerdo (5)	3	14,29
4 De acuerdo (8)	10	47,62
5 Totalmente de acuerdo (10)	7	33,33

Variable 7: Se han tomado decisiones estratégicas mediante la aplicación de técnicas de marketing

Código Significado	Frecuencia	%
3 Ni de acuerdo ni en desacuerdo (5)	4	19,05
4 De acuerdo (8)	10	47,62
5 Totalmente de acuerdo (10)	7	33,33

Variable 8: Los alumnos han mostrado capacidad para la búsqueda, el análisis y la selección de las fuentes de información

Código Significado	Frecuencia	%
2 En desacuerdo (3)	1	4,76
3 Ni de acuerdo ni en desacuerdo (5)	1	4,76

4 De acuerdo (8)	14	66,67
5 Totalmente de acuerdo (10)	5	23,81

Variable 9: Los alumnos tienen adquirida la capacidad de organización y planificación para la dirección empresarial

Código Significado	Frecuencia	%
3 Ni de acuerdo ni en desacuerdo (5)	5	23,81
4 De acuerdo (8)	9	42,86
5 Totalmente de acuerdo (10)	7	33,33

Variable 10: Han demostrado habilidad para la búsqueda, análisis y síntesis de la solución propuesta

Código Significado	Frecuencia	%
2 En desacuerdo (3)	1	4,76
3 Ni de acuerdo ni en desacuerdo (5)	2	9,52
4 De acuerdo (8)	12	57,14
5 Totalmente de acuerdo (10)	6	28,57

Variable 11: Han sido originales en su propuesta de solución

Código Significado	Frecuencia	%
3 Ni de acuerdo ni en desacuerdo (5)	2	9,52
4 De acuerdo (8)	12	57,14
5 Totalmente de acuerdo (10)	7	33,33

Variable 12: Han resuelto el caso con una solución viable y que pueden compartir

Código Significado	Frecuencia	%
3 Ni de acuerdo ni en desacuerdo (5)	6	30,00
4 De acuerdo (8)	11	55,00
5 Totalmente de acuerdo (10)	3	15,00

## CONCLUSIONES

Aunque de los resultados de los análisis realizados todavía no se puedan desprender resultados concluyentes debido fundamentalmente a que en el estudio deben de participar más grupos y distintos niveles, se desprende una conclusión clara; los alumnos no puntúan de manera objetiva los trabajos. Existe una gran competitividad entre los grupos lo que hace que las respuestas de los alumnos con respecto a la evaluación de sus compañeros no sean acordes con las puntuaciones del profesor. Es curioso observar claras competencias entre determinados grupos que se repiten a lo largo de los tres casos. La filosofía de evaluación conjunta debe todavía de ser explicada con mayor detenimiento y convencimiento para que los alumnos la utilicen como herramienta de evaluación.

## REFERENCIAS

[1] Llamazares, O. Casos de Marketing Internacional., Global Marketing. (2015).

## Diagnóstico de la calidad de agua de las principales fuentes de abastecimiento para consumo humano de la cuenca alta del río Guadalquivir - Tarija-Bolivia

S. Martínez<sup>(1)</sup>, W. Rivera<sup>(1)</sup>, E. Villena<sup>(2)</sup>, V. Lo Iacono<sup>(2)</sup>, J.I. Torregrosa

*(1) Universidad Católica Boliviana "San Pablo"*  
*Calle colón entre Bolívar e Ingavi s/n, Tarija, Bolivia*  
*e-mail: [soraya\\_07.015@hotmail.com](mailto:soraya_07.015@hotmail.com)*

*(2) Instituto en Seguridad Industrial, Radiofísica y Medioambiental (ISIRYM) –*  
*Universitat Politècnica de València*  
*Plaza Ferrándiz y Carbonell s/n, (03801) Alcoi-España*

### RESUMEN

El proceso de contaminación hídrica en cuencas hidrográficas no solo repercute en el deterioro medioambiental y su entorno, sino que genera un constante detrimento de los recursos vitales para el ser humano como el acceso al agua potable. Para lograr un mejor entendimiento de la problemática es necesario identificar los agentes y elementos contaminantes. El presente trabajo realiza un diagnóstico preliminar de la calidad del agua; de las fuentes de agua más importantes de la alta cuenca del río Guadalquivir, en particular en el entorno de las presas de San Jacinto y Huacata.

### INTRODUCCIÓN

La alta cuenca del río Guadalquivir se encuentra en el Departamento de Tarija, ubicada al sur de Bolivia. Tiene una superficie aproximada de 1700 km<sup>2</sup> y una extensión de 70 km. El río Guadalquivir y sus principales afluentes son las fuentes de agua más importantes de la cuenca suministrando la mayor cantidad de agua de consumo [1].

El sistema de abastecimiento de agua potable para la población de Tarija cuenta con varias fuentes superficiales, aunque insuficientes en época de estiaje. La demanda restante se cubre con la explotación de los acuíferos mediante pozos ubicados en distintas zonas del municipio [2].

El déficit hídrico en época seca es una de las razones principales del estiaje, sin embargo, la sospecha de la presencia de contaminantes desató alertas en el lago San Jacinto deteniendo su operación hace varios años. La presa de Huacata proporciona un caudal importante a la cuenca del Guadalquivir. Este caudal, aunque ya está disponible para su uso, todavía no tiene ejecutado el sistema de tratamiento y conducción limitando su uso [3].

### OBJETIVO

El objetivo de este estudio es elaborar un diagnóstico preliminar de la calidad de las aguas de las represas de Huacata, San Jacinto y otras fuentes superficiales de la cuenca del Guadalquivir.

### ESTADO DEL ARTE

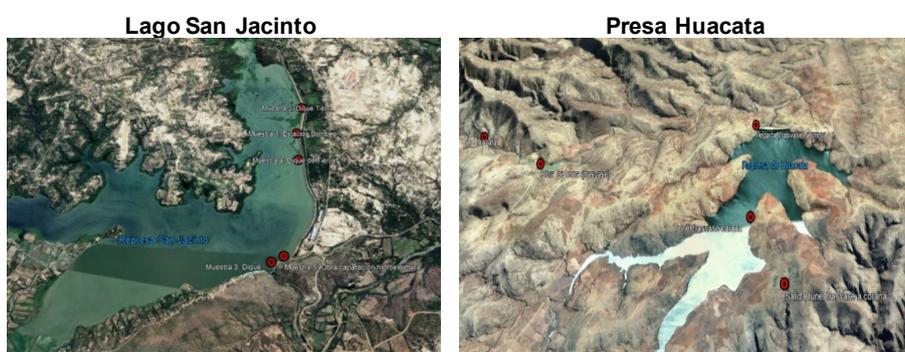
La cuenca alta del río Guadalquivir, cuenta con varias represas destinadas a la provisión de agua para riego, generación de energía y agua de consumo, de entre los cuales destacan las presas de San Jacinto y Huacata [3], [4], [5].

Medina (2006) y Gutiérrez (2017), señalan que las actividades socioeconómicas, turísticas, como también agrícolas que se realizan en los bordes y cercanías de la represa San Jacinto, trajo como consecuencia la contaminación por uso de plaguicidas y agentes microbiológicos [3] y [4]. Hay indicios de que existan vertidos provenientes de la explotación minera (aguas arriba) del río Huacata que es el principal afluente de la represa del mismo nombre [6].

El déficit hídrico en época seca obligó a las autoridades departamentales a implementar el “Proyecto Huacata”, que trasvasa el agua a la cuenca del Río Guadalquivir, generando un aporte al caudal y aumento del volumen de agua de abastecimiento para consumo en las inmediaciones de la cuenca [8].

## METODOLOGÍA Y MUESTREO

La metodología de este estudio consiste en un muestreo en 15 puntos (figuras 1 y 2) tanto en la presa de San Jacinto como de Huacata y principales fuentes de explotación de agua para consumo. Se aplicó la Norma Boliviana NB 496 [7].



**Figura 1.** Puntos de muestreo Lago San Jacinto y Huacata (Fuente: Google Earth)



**Figura 2.** Puntos de muestreo Fuentres-Guadalquivir (Fuente: Google Earth)

Las muestras se extrajeron entre mayo y junio del 2018 (época seca), dado que es la época más crítica. Se realizaron dos tomas de cada punto para su posterior análisis. Los ensayos de pH, temperatura, conductividad, oxígeno disuelto y turbiedad han sido efectuados en los laboratorios de la Universidad Católica Boliviana – Regional Tarija y contrastados en la Universitat Politècnica de Valencia – Campus de Alcoy.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 se recopilan los resultados preliminares obtenidos para los 15 puntos de muestreo.

**Tabla 1.** Caracterización de las muestras (Fuente: elaboración propia)

Código muestra	pH	Temperatura °C	Conductividad (µS/cm)	Oxígeno Disuelto (mg/l)	Turbiedad
M1-SJ	6.84	20.4	35.2	6.12	
M2-SJ	6.75	20.4	34.5	5.74	
M3-SJ	6.93	20.4	34.5	6.15	
M4-SJ	6.58	19.7	40.8	4.43	
M5-SJ	6.72	19.6	35.4	5.54	
M1-H	6,64	19.41	38.09	4.855	
M2-H	6,60	19.18	38.76	4.608	
M3-H	6,56	18.95	39.43	4.361	
M4-H	6,52	18.72	40.1	4.114	
M5-H	6,48	18.49	40.77	3.867	
M1-RG	6.32	8.7	74.4	8.49	0.58
M2-RG	8.89	15.9	724	8.81	6.14
M3-RG	7.5	18.1	1253	7.68	0.84
M4-RG	7.24	15.1	1655	7.24	57.8
M5-RG	7.02	16.6	915	6.76	13.8

El pH más alto se identifica en las Tipas (M2-RG) con un valor alcalino de 8.89. Los valores alcalinos en el agua suelen deberse a la presencia de la actividad fotosintética, respiración celular y el efecto de descargas de origen antropogénico [9]. Este valor clasifica a este cuerpo de agua como Clase "B" que establece que las aguas son de utilidad general y que para consumo humano requieren tratamiento físico y desinfección bacteriológica según la ley 1333 del Medio Ambiente de Bolivia [12].

La temperatura en el agua es un parámetro vinculado a la existencia de vida acuática., Las tasas de respiración de plantas y animales aumenta en aguas cálidas, por lo tanto, requieren más oxígeno para su supervivencia, mientras que en aguas más frías hay más oxígeno disponible [10]. La temperatura más baja se identificó en el río Victoria (M1-RG) a 8.7 °C. La temperatura más alta se registró en el lago San Jacinto, zona de bombeo (M1-SJ) con un valor de 20.4°C. En relación a la conductividad, el valor más alto se identificó en el Angosto de San Luis (M4-RG) con un valor de 1655 µS/cm. La conductividad en este punto excede el valor máximo permisible de acuerdo a la normativa de 1500 µS/cm NB 512 [11]. Se trabaja con la hipótesis de que este valor puede ser debido al vertido de las aguas tratadas de las lagunas de oxidación de San Luis en este punto de muestreo. Respecto al oxígeno disuelto se identificó que la represa San Jacinto presenta condiciones adecuadas para los organismos acuáticos, no obstante, la muestra (M4-SJ) presentó un porcentaje de saturación de oxígeno disuelto de 60,75% el cual clasificaría en la categoría clase "C" según la Ley 1333 [12]. En las muestras de Huacata, "Obra de Toma", "salida del túnel trasvase" (M5-H) se presentó un valor de 3.867 mg/l que en términos de porcentaje de saturación representa una valor de 58,14% el cual entra en una categoría de clase "D" [12], presentando condiciones pobres para la vida acuática. Por otro lado, el Río Guadalquivir presenta porcentajes de saturación altas, lo cual se traduce en que las mismas son excelentes para la vida acuática, esto debido al movimiento continuo del agua y su auto oxigenación. Sin embargo, cabe mencionar que en la toma (M2-RG), zona de Las Tipas

se presentó una saturación elevada con un valor de 112,31%, lo cual puede llegar a ser dañino para algunos organismos acuáticos.

La muestra de la Tipas (M2-RG) identifica un valor de 6.14 NTU, el Angosto de San Luis (M4-RG) un valor de 57.8 NTU y el puente San Bernardo (M5-RG) un valor de 13.8 NTU, según la NB512 “Reglamento Nacional para Control de la calidad del agua para consumo humano” la turbidez permisible para agua de consumo es 5 NTU. Las muestras mencionadas presentan valores que sobrepasan el límite permisible según lo que establece la normativa. La ley 1333 del Medio Ambiente clasifica a la muestras (M5-RG) como clase “B” por ser mayor a los 10 NTU, por tanto requiere tratamiento físico y desinfección bacteriológica, por otro lado la muestra (M4-RG) como clase “C” por ser mayor a 50 NTU en consecuencia requiere tratamiento físico-químico completo y desinfección bacteriológica. Estas alteraciones podrían deberse a los vertidos de aguas residuales en estos puntos de muestreo.

## CONCLUSIONES

La conductividad, pH, turbidez y el oxígeno disuelto presentan valores fuera de los límites máximos establecidos por la normativa local para consumo. Existen variaciones significativas entre los distintos puntos de muestreo en la mayoría de parámetros. El presente trabajo tiene carácter preliminar y tiene por objeto dar un primer diagnóstico que permita planificar un estudio más exhaustivo. Los resultados obtenidos justifican un estudio pormenorizado de estos parámetros y otros no contemplados como DBO5, la presencia de metales pesados y otros contaminantes.

## REFERENCIAS

- [1] Programa Estratégico de Acción (PEA). (1999). *Estudio de Saneamiento Ambiental del Río Guadalquivir Cercado y San Lorenzo*. Tarija, Bolivia, Retrieved 01/04/2018 from <https://goo.gl/nPpuH8>.
- [2] Plan de Seguridad de agua para Tarija (2007), *Resumen Ejecutivo, Cooperativa de Agua Potable y Saneamiento de Tarija*, Tarija, Bolivia
- [3] Medina, R. I. (2006). Contaminación del Río Pilcomayo y el moderno proceso de flotación en el distrito minero de Potosí - Bolivia: Una propuesta metodológica de evaluación de la contaminación minera. *Grupo tar (I+D)-US*, 2.
- [4] Gutierrez, V. (2017). Analysis of water quality and environmental pollution factors in lake San Jacinto de Tarija. *Revista ventana científica*, 1.
- [5] ENDE. (2016, septiembre). ENDE VALLE HERMOSO. Retrieved from <http://www.evh.bo/index.php/proyectos-de-generacion/proyectos-hidroelectricos/evh/huacata>
- [6] Observatorio Boliviano de los Recursos Naturales (2009). Bolivia.
- [7] Norma Boliviana NB 496 (2005), *Toma de muestras*, Bolivia
- [8] Urquidi, F. Desafíos del Agua Urbana en las Américas. Academia Nacional de Ciencias de Bolivia. Bolivia.
- [9] *Parametros fisico-químicos:pH.* (s.f.). Obtenido de <https://www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/p2-ph>
- [10] <http://watermonitoring.uwex.edu/pdf/level1/VideoScripts/Spanish%20Level%201%20Script%20Temperatura.pdf>
- [11] Norma Boliviana NB 512 (2010), *Reglamento Nacional para el Control de la calidad del Agua para Consumo Humano*, Bolivia
- [12] Ley 1333 (1994). *Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica*.

---

---

## **LISTADO DE PARTICIPANTES**

---

---



<u>Listado de autores</u>	<u>Páginas</u>
Alba, J.	43
Aldas, M.F.	197 229
Alvizuri, P.A.	87
Amat, A.M.	27
Andrés, B.	161
Añó-Bernat, N.	123
Arques, A.	141
Azorin Penalva, A.	71
Baeza García, R.	189
Balart, R.	59 107
Blanes, M.	165 169 177 181
Boronat, T.	107
Bou-Belda, E.	145 149
Boza, A.	157
Calvo, O.	177 181
Campos Payá, J.	185
Canet, M.	177
Cantó, B.	67
Cantó, R.	67
Capó-Vicedo, J.	233 253
Cappelli, L.	177
Cardon, G.	213
Cardona, S.C.	201 225
Carlos, S.	47 55 209
Choque Alex, E.M.	103
Colomina, M.	99
Costa, R.	213
Crespo, J.E.	43 135
Cuenca, L.	157
de la Rosa Ramirez, H.	205 229
de Smet, A.	213
del Rey, R.	43
Díaz-García, P.	149 153 249
Díaz-Madroñero, M.	99 157 237
Domenech, A.	27
Doménech, J.	213
Domingo, M.	75 245
Fages, E.	23 185 193 241
Falip-Barangue, R.	123
Fenollar, O.	15 19
Férrandez, F.	181
Fernández, M.C.	201
Ferrándiz, M.	169 173

Ferri, J.	213			
Ferri, J.M.	205	229		
Fombuena, V.	19	59		
Fontoba-Ferrándiz, J.	43			
Franco, E.	193			
García, M.	169			
García-Ballesteros, S.	27	35		
García-Bernabeu, A.	79	83	91	111
García-Campo, M.J.	107			
García-Díaz, J.C.	127			
García-García, D.	197	205		
García-Negueroles, P.	27	35	141	
García-Sanoguera, D.	15	39	141	
Gimenez, C.	169			
Giménez-Morera, A.	233	257		
Ginestar, D.	47			
Gironés, S.	241			
Gisbert J.V.	189			
Gisbert-Payá, J.	145	153	249	
Gonga Roselló, E.	185			
Gril, A.	213			
Gutiérrez, O.	23	241		
Gutierrez, R.J.	87			
Guzman-Landa, D.	51			
Jordán, J.	115	119	123	
Jorda-Vilaplana, A.	39	59		
Kadrispahic, H.	27			
Limiñana, P.	59			
Linares-Pellicer, J.	115			
Llopis, J.	177			
Lo Iacono, V.G.	87	257		
López-Pérez, María-Fernanda	141	201	225	
Lora-García, J.	51	103	141	
Luna, R.	75	245		
Maldonado, L.M.	201			
Manriquez, A.	87			
Marco, B.	165			
Martínez Beltrán, G.	185			
Martínez, M.	181			
Martinez, S.	257			
Martínez-Santamaría, M.L.	123			
Martón, I.	55	209		
Martorell, P.	55			
Martorell, S.	209			

Martorrel, S.	47	55	
MattaCatacora, S.	225		
Mayor-Vitoria, F.	79	83	
Micó-Vicent, B.	115	119	123
Miró-Martinez, P.	123		
Moldovan, S.	173		
Montanes-Muñoz, N.	19	39	
Montava, I.	149		
Mora, M.	35		
Morales, I.	165		
Moreno, J.	213		
Mula, J.	161		
Navarro-Tellez, P.	123		
Nina-Rosso, B.	51		
Oliveira, P.	213		
Oltra-Crespo, S.	123		
Orta, J.	115		
Ortiz, M.M.	189	193	241
Paralera, J.	135		
Parra-Feijóo	111		
Parres, F.	135		
Pascual, C.	165		
Pascual, I.	119		
Pascual, J.	221		
Pérez-Sánchez, M.	99	237	
Picó Silvestre, J.F.	95		
Pla-Santamaría, D.	79	83	91
Poler, R.	157	161	
Pomazanskyi, A.	213		
Quiles-Carrillo, L.	15	39	107
Reig-Mullor, J.	91		
Rivera, W	257		
Roselló, S.	177		
Rouault, N.J.	197	205	
Sáez-Muñoz, M.	47		
Salas-Molina, F.	79	83	91
Samper, M.D.	197	229	
Sánchez, A.	55		
Sánchez, L.	15	19	23
Sanchez-Caballero, S.	135		
Sanchez-Saez, F.	209		
Sanchis, R.	157	161	
Sankines-Silva, B.	225		
Santonja, C.	75	245	

Sanz Buades, V.	185		
Sanz, V.	131		
Sartiano,D.	221		
Satorre, M.Á.	71	75	245
Satorre-Aznar, J.R.	99		
Schwarz, A.	213		
Segura-Alcaraz, J.G.	145	153	249
Segura-Alcaraz, M.P.	145	153	249
Sellés, M.A.	131		
Sellés-López, C.	123		
Stragier, J.	213		
Torregrosa, J.I.	87	257	
Torres, E.	217	221	
Trull, O.	127		
Urbano, A.M.	67		
Vallés, V.	115		
Valor Cerdá. M.	185		
Vargas Quiroga, J.J.	103		
Vercher, R.	27		
Vicente, R.	35		
Villena, E.	257		