

# LA INVESTIGACIÓN DE HOY, EL FUTURO DE MAÑANA

*Editores:*  
*Ana M. Beltrán Custodio*  
*Manuel Félix Ángel*

Ingeniería y Tecnología





# **LA INVESTIGACIÓN DE HOY, EL FUTURO DE MAÑANA**

*Editores:*

*Ana M. Beltrán Custodio*

*Manuel Félix Ángel*



**Editorial Área de Innovación y Desarrollo,S.L.**

Quedan todos los derechos reservados. Esta publicación no puede ser reproducida, distribuida, comunicada públicamente o utilizada, total o parcialmente, sin previa autorización.

© del texto: **los autores**

ÁREA DE INNOVACIÓN Y DESARROLLO, S.L.

C/Alzamora, 17- 03802- ALCOY (ALICANTE) [info@3ciencias.com](mailto:info@3ciencias.com)

Primera edición: **abril 2020**

ISBN: **978-84-121459-2-2**

DOI: <https://doi.org/10.17993/IngyTec.2020.61>

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

Prólogo ..... 7

## **L1: MATERIALES Y CIENCIAS PARA LA INGENIERÍA**

DESARROLLO DE ANDAMIOS BIODEGRADABLES MEDIANTE BIOIMPRESIÓN 3D .....9

DISEÑO Y SELECCIÓN DE MATERIALES NOVEDOSOS PARA FABRICAR PILAS DE COMBUSTIBLE DE ÓXIDO SÓLIDO.....15

DISEÑO, FABRICACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES LAMINADOS BASADOS EN EL METAL DURO CON PROPIEDADES MECÁNICAS MEJORADAS .....21

EMULSIONES ACEITE-EN-AGUA BASADAS EN PROTEÍNAS DE GARBANZO .....27

ESTUDIO DE COLÁGENO Y GELATINA COMO POTENCIALES MATERIAS PRIMAS PARA INGENIERÍA TISULAR .....33

ESTUDIO DEL EFECTO DEL pH SOBRE LAS PROPIEDADES DE BIOPLÁSTICOS ABSORBENTES...37

FABRICACIÓN DE HASTELLOY C-22 MEDIANTE PLASMA TRANSFERRED ARC.....43

INNOVATIVE COMPOUNDS TO BATTLE MULTIRRESISTANCE TO ANTIBIOTICS: USE OF PVA-TANNIC ACID NANO- PARTICLES TO INHIBIT STAPHYLOCOCCUS PSEUDINTERMEDIUS GROWTH .....49

INVESTIGATION OF TITANIUM COMPOSITES PRODUCED VIA PLASMA TRANSFERRED ARC: INFLUENCE OF THE PROCESSING PARAMETERS ON THE COMPOSITES' MICROSTRUCTURES .....55

LOOKING FOR NEW COMPOUNDS TO BATTLE ANTIBIOTIC RESISTANCE: OPTIMIZATION OF ORGANIC SOLVENTS .....61

RECUBRIMIENTOS PROTECTORES APLICADOS MEDIANTE REDUCCIÓN QUÍMICA PARA ACEROS .....67

SÍNTESIS E INMOVILIZACIÓN DE NANOPARTÍCULAS DE PLATA SOBRE SUBSTRATOS DE TITANIO POROSO CON POTENCIAL USO EN MATERIALES IMPLANTABLES .....71

## **L2: PROYECTOS DE QUÍMICA INDUSTRIAL Y AMBIENTAL**

BIOFORTIFICACIÓN DE PLANTAS DE MEDICAGO SATIVA MEDIANTE EL USO DE NANOPARTICULAS CARGADAS CON HIERRO.....77

DESARROLLO DE NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDOS METÁLICOS MEDIANTE SÍNTESIS VERDE CON EXTRACTO DE HOJAS DE PHENIX DACTYLIFERA L Y EVALUACIÓN DE SU APLICACIÓN EN MATRICES BIOPOLIMÉRICAS.....83

ESTUDIO DE LA ELIMINACIÓN DEL PLASTIFICANTE EN MATRICES PROTEICAS DE SOJA CON ZINC INCORPORADO.....89

ROL DE CONJUGADOS PROTEÍNA-POLISACÁRIDOS EN LA ESTABILIDAD DE EMULSIONES PROCESADAS CON PROTEÍNA DE SUERO DE LECHE .....95

TRATAMIENTO SOSTENIBLE DE AGUAS CONTAMINADAS: MATERIALES ADSORBENTES DE DISEÑO EN LA INMOVILIZACIÓN DE CONTAMINANTES ORGÁNICOS ..... 101

### **L3: SISTEMAS INTELIGENTES Y DESARROLLO DE PRODUCTOS**

ANÁLISIS ERGONÓMICO PARA EL DISEÑO Y DESARROLLO DE UN CONTROLADOR DE ORDENADOR ..... 105

APLICACIÓN PRÁCTICA PARA LA OPTIMIZACIÓN DE RUTAS EN LA RECOGIDA DE RESIDUOS EN BASE AL NIVEL DE LLENADO PREVISTO ..... 111

ASPECTOS DE LA SIMETRÍA DE LAS TRANSFORMACIONES INTEGRALES EN LA CARACTERIZACIÓN DE SONIDOS ..... 117

CAPA DE SERVICIOS BASADA EN ESTÁNDAR PARA SISTEMA DE GESTIÓN LABORAL INTELIGENTE..... 123

DISEÑO EXPERIENCIAL ENACTIVO. UNA PERSPECTIVA NEUROCIÉNTIFICA DEL DISEÑO DE VEHÍCULOS ..... 129

DISEÑO Y DESARROLLO CONCEPTUAL DE BIO-ROV..... 133

MÉTODO DE PRIORIZACIÓN DE CARGA PARA LA INTEGRACIÓN DE FLOTAS DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN SMART GRIDS..... 139

MÉTODO PARA LA OBTENCIÓN DE SOMBRAS CON HERRAMIENTAS CAD. APLICACIÓN CON RHINOCEROS ..... 143

PRODUCTO INTUITIVO. UN ENFOQUE DESDE LA NEUROAFFORDANCE Y LA FISCALIDAD HUMANA..... 149

PROPUESTA METODOLÓGICA DE DEFINICIÓN, PLANIFICACIÓN, VALIDACIÓN Y CONTROL DE LA DOCUMENTACIÓN TÉCNICA EN PROYECTOS DE INGENIERÍA..... 155

RED DE SENSORES INALÁMBRICOS MULTIMEDIA CON ARQUITECTURA MULTIPROCESADOR HETEROGÉNEA PARA LA MONITORIZACIÓN AMBIENTAL..... 159

ALGORITMOS DE MACHINE LEARNING Y SU APLICACIÓN AL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL EN EL SECTOR AGROALIMENTARIO ..... 165

ALGORITMOS DE MODELADO Y CALIBRACIÓN DE UN PROTOTIPO DE TERMOCICLADOR PARA PCR ..... 171

OPTIMIZACIÓN DEL DESPLIEGUE DE UNA RED DE CARGADORES ELÉCTRICOS MEDIANTE SIMULACIÓN COMPUTACIONAL..... 177

## PRÓLOGO

La Unión Europea (UE) es el principal proveedor de conocimiento del mundo. Su producción representa la tercera parte de la producción total de ciencia y tecnología a nivel mundial (Tratado de Funcionamiento de la UE art.179-190). Desde 1984 la UE cuenta con su propia política de investigación e innovación que se financia a través de programas plurianuales, estando en la actualidad en el octavo programa marco (Horizonte 2020: ciencia excelente, liderazgo industrial y retos sociales), dotado con más de 77.000 millones de euros. Su fin es consolidar la primacía de Europa en innovación, fomentando la excelencia investigadora y las tecnologías innovadoras, en la que se incluyen tres prioridades estratégicas: 1) innovación abierta, 2) la ciencia abierta, y 3) la apertura al mundo. Por su parte, las políticas y estrategias de investigación en España se desarrollan al amparo de la Ley 14/2011, de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación como marco legal básico. Esta ley define que el Sistema Español de Ciencia, Tecnología e Innovación (SECTI) está integrado por el conjunto de agentes públicos y privados de coordinación, de financiación y de ejecución y sus relaciones, estructuras, medidas y acciones para la promoción, desarrollo y apoyo a la política de I+D+i en España. Finalmente, el Estatuto de Autonomía de Andalucía establece como uno de los objetivos básicos de la Comunidad Autónoma el desarrollo industrial y tecnológico basado en la investigación científica, la innovación, las iniciativas públicas y privadas y el fomento de la capacidad emprendedora, la investigación y la innovación (Ley 16/2007 - Ley Andaluza de la Ciencia y el Conocimiento. En 1987 se creó en Andalucía la Comisión Interdepartamental de Ciencia y Tecnología y se estableció el Plan Andaluz de Investigación (PAI) como instrumento para fomentar y coordinar la investigación. El Consejo de Gobierno, en abril de 1990 aprueba el I Plan Andaluz de Investigación (1990-1993), al que han seguido otros tres, estando ahora vigente el actual PAIDI 2020.

En este contexto, la Escuela Politécnica Superior (EPS) viene desarrollando jornadas de I+D+i que permite fomentar la sinergia entre los investigadores de la EPS, haciendo hincapié en la participación de estudiantes y profesores jóvenes, creándose un escenario propicio para dar a conocer los resultados de investigación obtenidos durante la realización de los TFG, TFM, etapas del doctorado, las becas de iniciación y/o colaboración, etc... Particularmente, en la VI edición de las mismas se han presentado, 5 conferencias invitadas, 32 presentaciones orales y 47 póster. En esta memoria se publican algunas de las aportaciones más relevantes presentadas.

*“La educación científica de los jóvenes es al menos tan importante, quizá incluso más, que la propia investigación”*

Glenn Theodore Seaborg



# **DESARROLLO DE ANDAMIOS BIODEGRADABLES MEDIANTE BIOIMPRESIÓN 3D**

**Rubio-Valle, José Fernando<sup>\*</sup>; Perez-Puyana, Víctor Manuel; Jiménez-Rosado, Mercedes; Romero, Alberto.**

*Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Sevilla, Sevilla.*

E-mail de correspondencia: [jrvalle@us.es](mailto:jrvalle@us.es)

## **Resumen**

A lo largo de la historia, se han desarrollado diferentes técnicas para la elaboración de andamios para Ingeniería Tisular. No obstante, en estudios recientes se ha realizado el uso de la bioimpresión 3D para esta aplicación debido a su facilidad para definir la estructura del material garantizando su reproducibilidad. Por tanto, en el presente trabajo se ha desarrollado un dispositivo, consistente en tres partes, para la inclusión de andamios de colágeno en biorreactores. Este dispositivo se compone de un soporte de policaprolactona (PCL) sobre la que se deposita una matriz de gelatina (GE) y finalmente, en la parte superior, un andamio de colágeno (C). De esta forma, se evaluaron las propiedades mecánicas y morfológicas de cada una de las partes. Los resultados obtenidos han demostrado el gran potencial de esta técnica para el desarrollo de andamios para Ingeniería Tisular, siendo un gran avance para su aplicación

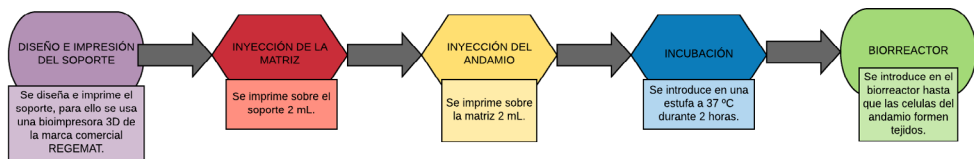
## **1. Introducción**

La Ingeniería Tisular o Ingeniería de Tejidos (IT) surgió a finales de los años 80 con los estudios pioneros de Yannas y Vacanti y, sobre todo Vacanti, quien concibió la idea de dotar a las células de un soporte para que pudieran crecer y, en último término, formar un tejido (Skalak y Fox, 1988). La Ingeniería Tisular se define como la ciencia del diseño y fabricación de nuevos tejidos para el restablecimiento funcional de órganos alterados y la sustitución de estructuras dañadas por traumatismo y enfermedades (Reddi, 2004). De forma general, la Ingeniería Tisular es un campo multidisciplinar que precisa fundamentalmente de tecnología de células cultivadas, ingeniería de materiales para el desarrollo de estructuras 3D (andamios) que pueden imitar la estructura de un órgano y factores de crecimiento, que permiten el control preciso y continuo de las condiciones de crecimiento celular.

En el presente trabajo se van a desarrollar de andamios basados en colágeno con adecuadas propiedades mecánicas y morfológicas utilizando la técnica de bioimpresión 3D (Collins y Birkinshaw, 2013). Para ello, se plantea un dispositivo formado por un soporte de policaprolactona (PCL) sobre la que se deposita una matriz de gelatina (GE) y finalmente, en la parte superior, un andamio de base colágeno (C). Se evaluarán la relación entre las composiciones y concentraciones de materia prima con las propiedades mecánicas, mediante barridos de deformación, de frecuencia a la temperatura de fabricación (22°C) y a la temperatura de aplicación (37°C), así como, las propiedades morfológicas o microestructurales mediante microscopía electrónica de barrido (Crio-SEM).

## 2. Materiales y métodos

La Figura 1 muestra el esquema de las etapas de fabricación del dispositivo el cual se realizó con una con una bioimpresora 3D (REGEMAT 3D S.L, España). En él se detallan las etapas de fabricación, de incubación la cual tiene la finalidad de eliminar la matriz mediante un tratamiento térmico y por último, la implantación en un biorreactor para favorecer el crecimiento celular mediante la aplicación de ciclos de tracción a una frecuencia de 4,7 Hz y a una temperatura de 37 °C. Cabe señalar que se opera en continuo, es decir que partimos del diseño del soporte preestablecido, de la matriz y del andamio previamente fabricados y colocados en sus respectivas jeringas, también hay que resaltar, que las condiciones de temperatura y humedad se controlan durante todo el proceso ya que este se realiza en un quirófano.



**Figura 1.** Esquema de las etapas de fabricación del dispositivo.

**Fuente:** elaboración propia.

Los andamios se realizaron de base colágeno (C) tipo I obtenido de la cola del fibroblasto L-929 (cola de ratón) y con un contenido de proteínas superior al 98%, suministrado por HENAN BOOM GELATIN CO. Se realizaron tres sistemas diferentes cada uno de ellos con distintas relaciones de colágeno y aditivos, tal y como se describe en la Tabla 1.

### Caracterización del andamio

En primer lugar, se realizó la caracterización mecánica de los andamios mediante un analizador dinámico-mecánico (DMA), modelo RSA3 (TA Instruments, USA) en modo de compresión, con un sensor de superficie circular (plato-plato) de 8 mm de diámetro. Se realizaron, en primer lugar, barridos de deformación entre 0,002 y 2% a una frecuencia constante de 1 Hz para determinar el intervalo viscoelástico lineal. A continuación, se llevaron a cabo barridos de frecuencia desde 0,02 a 2 Hz y a una deformación dentro del intervalo viscoelástico lineal antes estudiado. Ambos ensayos se realizaron a la temperatura de fabricación (22°C) y de aplicación (37°C).

Por ultimo, se observó las propiedades morfológicas (microestructura) mediante microscopía electrónica de barrido más concretamente Crio-SEM. Para este propósito, se utilizó el equipo Zeiss EVO (EE.UU.), con un detector de electrones secundario con un voltaje de aceleración de 10 kV.

### 3. Resultados y discusión

En la Tabla 1 tenemos los resultados que se obtuvieron al realizar los barridos de deformación y frecuencia. Primero nos centraremos en las propiedades obtenidas a la temperatura fabricación (22°C), se observa que el andamio que posee una mayor viscosidad compleja ( $\eta^*$ ) es el C-a' (a mayor viscosidad compleja, mayor dificultad para ser inyectado por la bioimpresora 3D). Si nos centramos ahora en los módulos elásticos a 5 Hz ( $E'_5$ ) se observa que el sistema C-MG es el que presenta módulos mayores y además también es el que presenta mayores valores de deformación crítica ( $\gamma_c$ ).

**Tabla 1.** Propiedades mecánicas de los diferentes sistemas elaborados.

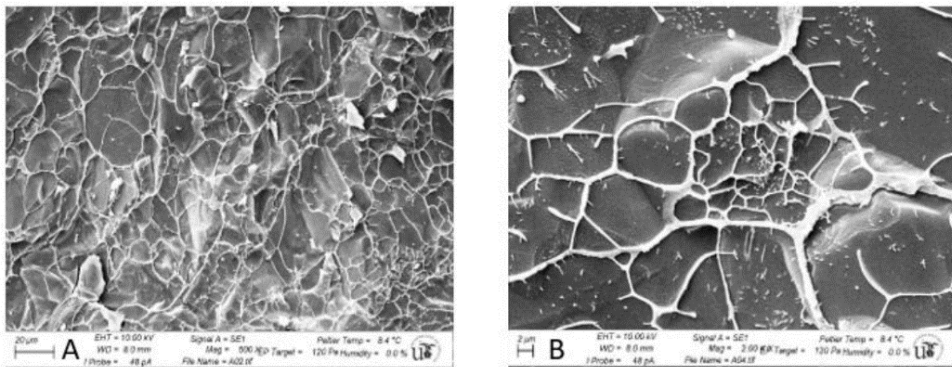
*Nota: Letras diferentes corresponden a valores significativamente diferentes.*

Tª (°C)	Composición	Sistemas	$\gamma_c$ (%)	$E'_5$ (MPa)	$\eta^*_5$ (Pa·s)
22°C	Colágeno	C	0,184 <sup>a</sup>	0,035 <sup>a</sup>	1103 <sup>aa</sup>
	Colágeno + Matrigel	C-MG	0,336 <sup>b</sup>	0,118 <sup>b</sup>	2428 <sup>bb</sup>
	Colágeno + Matrigel + Fibrina + Albumina de suero bovino	C-a'	0,243 <sup>c</sup>	0,091 <sup>c</sup>	3031 <sup>aa</sup>
37°C	Colágeno	C	0,201 <sup>d</sup>	0,027 <sup>a</sup>	-
	Colágeno + Matrigel	C-MG	0,351 <sup>e</sup>	0,085 <sup>c</sup>	-
	Colágeno + Matrigel + Fibrina + Albumina de suero bovino	C-a'	0,311 <sup>f</sup>	0,054 <sup>d</sup>	-

**Fuente:** elaboración propia.

A continuación, se aprecia que los sistemas medidos a la temperatura de aplicación (37°C), presentan un patrón similar en cuanto a las propiedades mecánicas de los sistemas medidos anteriormente, se produce un ligero descenso de los módulos elásticos pero un aumento de la deformación crítica. Todo esto conduce a pensar que la muestra C-MG será nuestro sistema de referencia debido a que es el que posee mayores módulos elásticos, mayores deformaciones críticas y aunque este no posea la menor viscosidad compleja esto no es un factor limitante, debido a la geometría y al caudal de la jeringa de la bioimpresora 3D.

En la Figura 2 se puede observar la microestructura que presenta el sistema de referencia (C-MG) que constituye macroscópicamente un hidrogel. Esta red tridimensional correspondiente a un hidrogel está formada por fibras de colágeno y matrigel constituyen una estructura organizada donde los poros en las dos imágenes están distribuidos heterogéneamente por todo el andamio; observándose una buena interconectividad entre dichos poros.



**Figura 2.** Imágenes de Crio-SEM para el andamio de referencia de gelatina (C-MG). La foto A hace referencia a una magnificación de 500x y la B a una magnificación de 2000x.

**Fuente:** Servicio de microscopia electrónica del CITIUS.

#### 4. Conclusiones

Se concluye que es posible desarrollar se han construido andamios basados en colágeno (hidrogeles) con diferentes aditivos, encontrando que los sistemas formados por colágeno y matrigel son los que presentan mejores propiedades mecánicas y microestructurales para permitir el alojamiento y crecimiento celular durante la incubación y posterior tratamiento en el biorreactor

## Agradecimientos

Este trabajo forma parte de un proyecto financiado por MICINN (RTI2018-097100-B-C21). Los autores también agradecen las becas predoctorales de Víctor M. Pérez Puyana (VPPI-US) y de Mercedes Jimenez-Rosado (FPU17/01718).

## Referencias bibliográficas

- Collins, M. N., y Birkinshaw, C.** (2013). Hyaluronic acid based scaffolds for tissue engineering- A review. *Carbohydrate polymers*, 92(2), 1262-1279. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2012.10.028>
- Reddi, A. H.** (2004). Morphogenesis and tissue engineering of bone and cartilage: inductive signals, stem cells, and biomimetic biomaterials. *Tissue Engineering*, 6(4). <https://doi.org/10.1089/107632700418074>
- Skalak, R., y Fox, C. F. (eds.)**. (1988). *Tissue engineering: proceedings of a workshop held at Granlibakken, Lake Tahoe, California, February 26-29*. Liss. <https://trove.nla.gov.au/version/22276157>



# **DISEÑO Y SELECCIÓN DE MATERIALES NOVEDOSOS PARA FABRICAR PILAS DE COMBUSTIBLE DE ÓXIDO SÓLIDO**

**Francisco José García-García<sup>1,\*</sup>, María Jesús Sayagués<sup>2</sup>, Francisco José Gotor<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Departamento de Ingeniería y Ciencia de los Materiales y del Transporte, E.T.S.I. y E.P.S., Universidad de Sevilla, Sevilla, España.*

<sup>2</sup> *Instituto de Ciencia de Materiales de Sevilla, Centro mixto CSIC - Universidad de Sevilla, Sevilla, España.*

E-mail de correspondencia: fgarcia49@us.es

## **Resumen**

Muestras en polvo de  $\text{Sr}_{1-x}\text{La}_x\text{TiO}_3$  (SLT;  $0 \leq x \leq 0.5$ ) se sintetizaron de forma rápida a temperatura ambiente vía mecano-química a partir de sus óxidos  $\text{SrO}$ ,  $\text{La}_2\text{O}_3$  y  $\text{TiO}_2$ . Se estudió su microestructura, conductividad eléctrica y compatibilidad química, así como su potencial como material para ánodo en pilas de combustible de óxido sólido (SOFCs). Los polvos obtenidos tras la molienda tenían un carácter nanométrico, que se mantenía tras su posterior calentamiento a  $900\text{ }^\circ\text{C}$ , lo que denota la bondad de esta técnica y convierte a SLT como buenos candidatos a ser usados en ánodos para SOFCs. A esta elevada temperatura, SLT demostró buena compatibilidad química con YSZ. La muestra con  $x=0.2$  mostró el mayor rendimiento en términos de conductividad eléctrica.

## **1. Introducción**

Las SOFCs son una de las tecnologías más prometedoras y respetuosas con el medio ambiente, constituyendo una seria alternativa energética de cara a reducir las emisiones de gases que contribuyen al efecto invernadero (Mahato, Banerjee, Gupta, Omar y Balani, 2015). Sin embargo, uno de los principales inconvenientes que impiden la explotación a larga escala de las SOFCs es el rápido deterioro de los ánodos en las condiciones de operación tan severas.

Los ánodos compuestos de Ni/cerámico (cermets de Ni) son los más usados en la actualidad, pues ofrecen los mayores rendimientos en términos de corriente eléctrica y potencia producida. Sin embargo, los cermets de Ni son ineficientes operando directamente con hidrocarburos, pues tienden a formar depósitos de carbono que

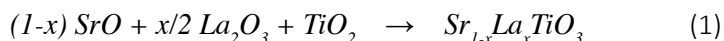
provocan la fractura de la pila tras unas horas de operación (García-García, Yubero, Espinós, González-Elípe y Lambert, 2016).

El uso de perovskitas como materiales alternativos en ánodos se ha explorado recientemente, pues en condiciones reductoras segregan nanopartículas metálicas, ofreciendo así rendimientos electroquímicos prometedores. Además presentan una baja tendencia a la formación de depósitos de carbono y al envenenamiento por azufre (Yang, Yang, Jin, Xiao, Chen y Han, 2012). Entre ellas, destacan las soluciones sólidas del tipo SLT.

Las propiedades finales de la perovskita SLT dependen enormemente de la proporción Sr/La y de su microestructura, las cuales vienen determinadas por el método de fabricación empleado (Zhou, Yan, Chuang, y Luo, 2014). Este trabajo propone por vez primera la fabricación de perovskitas del tipo SLT;  $0 \leq x \leq 0.5$  por vía mecano-química. Este método ofrece importantes ventajas a la hora de sintetizar materiales de forma barata, sencilla y en un corto plazo de tiempo. Para ello, se emplea molienda de alta energía a temperatura ambiente a partir de los óxidos correspondientes en forma de polvo.

## 2. Materiales y métodos

Los materiales en forma de polvo de  $Sr_{1-x}La_xTiO_3$  ( $0 \leq x \leq 0.5$ ) se obtienen mediante síntesis mecano-química de sus óxidos correspondientes ( $SrO$ ,  $La_2O_3$  y  $TiO_2$ ) mezclados en proporciones estequiométricas, de acuerdo con la reacción 1.



Para obtener SLT (SLT-M), se muelen los óxidos en un molino planetario (modelo Micro-Mill Pulverisette 7, Fritsch) a una velocidad de 600 rpm durante 90 min con 7 bolas de carburo de wolframio en un recipiente de acero de 45 ml. Parte del polvo obtenido se sinteriza a 900°C (SLT-H) durante 10 h con una rampa de calentamiento de 10°C/min y enfriamiento libre. Otra parte de SLT-M se compacta en discos de 12 mm de diámetro y 2 mm de grosor, y se sinteriza a 1500 °C (SLT-S) durante 10 h en atmósfera de Ar/10%H<sub>2</sub> con velocidades de calentamiento y enfriamiento de 5 °C/min.

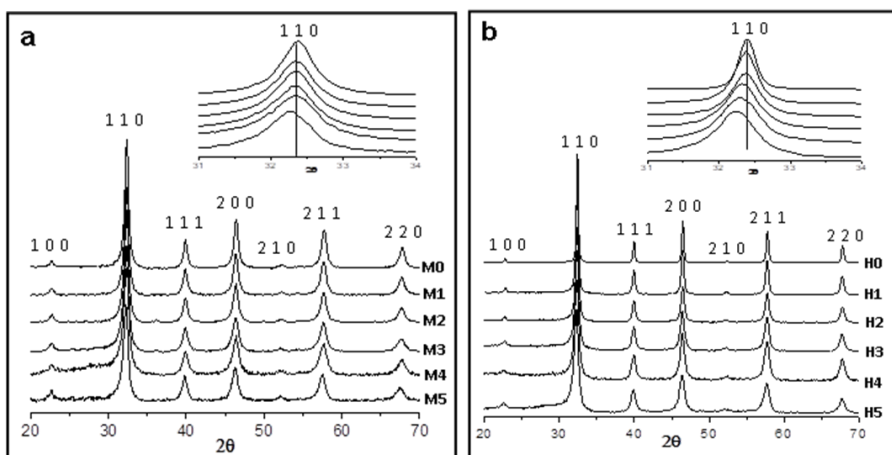
Los difractogramas de rayos X (DRX) se obtienen usando un equipo PANalytical X'Pert Pro usando radiación Cu K<sub>α</sub>, en ángulos desde 20° a 80° (2θ) con un paso de 0.05° y tiempo de conteo de 325 s/paso. Los parámetros de red y tamaño de los dominios cristalinos (Scherrer) se determinaron con el programa X'pert HighScore Plus.



La caracterización electroquímica (caracterización de una SOFC con un ánodo de SLT) se llevó a cabo usando un equipo ProboStat® conectado a una estación electroquímica AUTOLAB PGSTAT30.

### 3. Resultados y discusión

Las Figuras 1a y 1b muestran los difractogramas de las muestras SLT-M y SLT-H respectivamente. Del análisis se obtiene que todas las muestras presentan una única fase de simetría cúbica ( $Pm-3m$ ) y estructura perovskita. El engrosamiento de los máximos de difracción indica un tamaño muy pequeño de los dominios cristalinos coherentes; de hecho inferior a los 20 nm al usar el método de Scherrer, y que disminuye al aumentar el valor de  $x$  (véase la Tabla 1).



**Figura 1.** DRX de las muestras (a) SLT-M y (b) SLT-H para  $0 \leq x \leq 0.5$ .

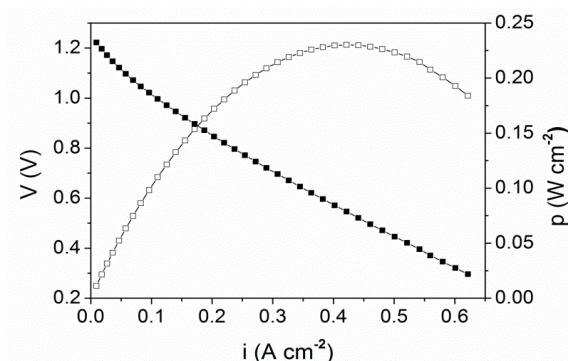
También se observa un desplazamiento del máximo de difracción a valores inferiores de  $2\theta$  al aumentar el valor de  $x$ , lo que denota parámetros reticulares mayores, como consecuencia de la formación de  $Ti^{3+}$  para conservar la electro-neutralidad al substituir estroncio por lantano. La Figura 1b muestra un menor ensanchamiento del máximo de difracción, indicando un tamaño de dominio cristalino mayor respecto de SLT-M.

**Tabla 1.** Tamaño de los dominios de difracción ( $D$ ) de SLT-M, SLT-H y SLT-S, y parámetro reticular  $a$  en las muestras SLT-S.

$x$	SLT-M	$D$ (nm)	SLT-H	$D$ (nm)	SLT-S	$D$ (nm)	$a$ (nm)
$x=0$	M0	19	H0	70	S0	267	0.3904
$x=0.1$	M1	18	H1	31	S1	258	0.3905
$x=0.2$	M2	16	H2	24	S2	250	0.3909

x	SLT-M	D (nm)	SLT-H	D (nm)	SLT-S	D (nm)	a (nm)
x=0.3	M3	13	H3	19	S3	207	0.3912
x=0.4	M4	12	H4	16	S4	138	0.3911
x=0.5	M5	13	H5	15	S5	64	0.3911

De entre las SLT-M,  $Sr_{0.8}La_{0.2}TiO_3$  (SLT-M2) posee la mayor conductividad, y por ello se la selecciona como candidata para actuar como ánodo en una SOFC. La Figura 2 muestra el rendimiento de una SOFC con un ánodo compuesto de 60 wt.% de SLT-M2 y 40% de YSZ a 900 °C, usando  $H_2$  como combustible. Esta SOFC tiene un valor máximo de densidad de corriente de 422 mA  $cm^{-2}$  (231 mW  $cm^{-2}$  de potencia máxima a 550 mV). Este máximo de potencia es muy superior a los valores reportados para SLT preparadas por otras técnicas (Sayagués, Gotor, Pueyo, Poyato y Garcia-Garcia, 2018).



**Figura 2.** Curvas V-i (símbolos sólidos) y p-i (símbolos vacíos) para una SOFC con un ánodo de SLT (x=0.2)-YSZ a 900 °C con H2 como combustible.

#### 4. Conclusiones

El método mecano-químico es una buena alternativa para sintetizar perovskitas del tipo SLT con una óptima nanoestructura y estructura cristalina, lo que conlleva un aumento de la conductividad eléctrica. De las medidas eléctricas, se obtiene que  $Sr_{0.8}La_{0.2}TiO_3$  es el mejor candidato para actuar como ánodo en una SOFC.

#### Referencias bibliográficas

**García-García, F. J., Yubero, F., Espinós, J. P., González-Elípe, A. R., y Lambert, R. M.** (2016). Synthesis, characterization and performance of robust poison-resistant ultrathin film YSZ – Ni anodes for application in SOFCs. *Journal of Power Sources*, 324, 679-686. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2016.05.124>

**Mahato, N., Banerjee, A., Gupta, A., Omar, S., y Balani, K.** (2015). Progress in material selection for SOFC technology: A review. *Progress in Materials Science*, 72, 141–337. <https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2015.01.001>

**Sayagués, M. J., Gotor, F. J., Pueyo, M., Poyato, R., y Garcia-Garcia, F. J.** (2018). Mechano-synthesis of  $\text{Sr}_{1-x}\text{La}_x\text{TiO}_3$  anodes for SOFCs: Structure and electrical conductivity. *Journal of Alloys and Compounds*, 763, 679-686. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2018.05.243>

**Yang, C., Yang, Z., Jin, C., Xiao, G., Chen, F., y Han, M.** (2012). Sulfur-tolerant redox-reversible anode material for direct hydrocarbon SOFCs. *Advanced Materials*, 24(11), 1439-1443. <https://doi.org/10.1002/adma.201104852>

**Zhou, X., Yan, N., Chuang, K. T., y Luo, J.** (2014). Progress in La-doped SrTiO<sub>3</sub> (LST)-based anode materials for SOFCs. *R.S.C. Advances*, 4, 118-131. <https://doi.org/10.1039/C3RA42666A>



# **DISEÑO, FABRICACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES LAMINADOS BASADOS EN EL METAL DURO CON PROPIEDADES MECÁNICAS MEJORADAS**

**Luis M. González<sup>1,\*</sup>, Francisco J. Gotor<sup>2</sup>, Raúl Bermejo<sup>3</sup>, Luis M. Llanes<sup>4</sup>, Yadir Torres<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Departamento de Ingeniería y Ciencia de los Materiales y del Transporte, Universidad de Sevilla, Sevilla.*

<sup>2</sup> *Instituto de Ciencia de Materiales de Sevilla, CSIC-US, Sevilla.*

<sup>3</sup> *Institut für Struktur- und Funktionskeramik, Montanuniversität Leoben, Leoben.*

<sup>4</sup> *CIEFMA, Departament de Ciència i Enginyeria de Materials, EEBE, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, Spain.*

E-mail de correspondencia: [luis.gonbec@gmail.com](mailto:luis.gonbec@gmail.com)

## **Resumen**

Los metales duros (WC-Co) y cermets son materiales muy usados como materiales de herramientas. Sin embargo, los WC-Co presentan pérdidas de propiedades mecánicas a temperaturas elevadas, mientras que la fragilidad elevada de los segundos compromete su empleo en este tipo de aplicaciones. El uso de materiales con función gradiente y laminados se plantean como una potencial solución. En este trabajo se fabrican distintos tipos de diseños de laminados (WC-Co/WC-Co y Cermet/WC-Co), que permiten alcanzar los equilibrios de comportamiento tribo-mecánico y termo-mecánico deseados. En este contexto, se realiza la caracterización macroestructural (homogeneidad e integridad estructural de las capas) y microestructural (composición química, análisis de fases, fenómenos de difusión en las intercaras). La caracterización mecánica incluye la resistencia a flexión y la tenacidad de fractura, así como la resistencia al rayado. Los resultados se discuten en el marco de la mecánica de la fractura elástica lineal, los mecanismos de aumento de tenacidad (desvío y bifurcación de las grietas) y la presencia de un umbral de resistencia mecánica asociado a la distribución de tensiones de compresión y tracción en los laminados diseñados y fabricados en este trabajo.

## 1. Introducción

El mecanizado de alta velocidad (MAV) ha adquirido en los últimos años una gran relevancia, permitiendo la mejora de la calidad de los acabados superficiales y el incremento de la productividad. Los carburos cementados (metal duro, WC-Co) y los cermetes (basados en TiCN) han cobrado gran importancia en este sector, sustituyendo a los aceros rápidos. Sin embargo, los mismos deben mejorar su comportamiento a alta temperatura y su fragilidad intrínseca, si pretenden garantizar las solicitaciones extremas que se alcanzan en las herramientas durante servicio y que pueden variar de punto a punto de esta. En la literatura se reportan varias soluciones, destacando el empleo de una o más capas de recubrimiento para evitar los problemas de desgaste por inestabilidad química a alta temperatura. Por otro lado, encontramos el uso de materiales con función gradiente (composición química o microestructura) (Bolognini, Mari, Viatte, y Benoit, 2001) (Chen, Lengauer, y Dreyer, 2000), así como el uso de materiales laminados (Bermejo y Deluca, 2012) (Lakshminarayanan, Shetty, y Cutler, 1996), que aprovechan el estado tensional y la composición de las capas para implementar las mejoras buscadas.

En este contexto, en este trabajo nos planteamos como objetivo el diseño, la fabricación y la caracterización de dos laminados distintos, uno que mejore el equilibrio tribo-mecánico (WC-Co/WC-Co) y otro que garantice el balance termo-mecánico (Cermet/WC-Co).

## 2. Materiales y procedimiento experimental

En la Figura 1 se muestra a modo de resumen las etapas del proceso de fabricación de los diseños de los laminados. En estos, se ha optimizado el espesor (diferencia de tensiones residuales de compresión y tracción), el número y la composición química de las capas de los laminados.



**Figura 1.** Etapas del proceso de fabricación de los laminados.

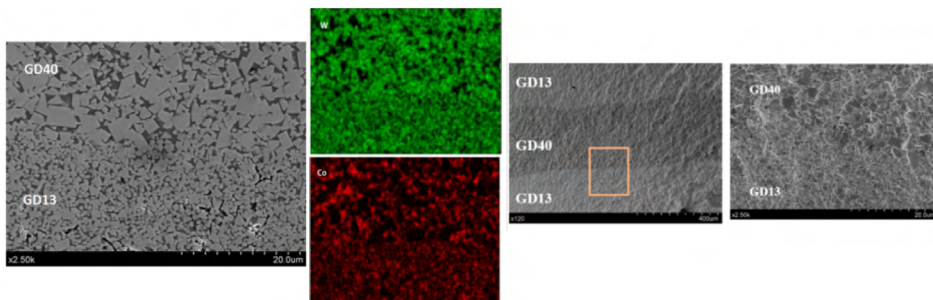
### 3. Resultados y discusión

La Figura 2 muestra a modo de ejemplo uno de los materiales laminados fabricados. Se puede observar la integridad estructural y la consecución del diseño simétrico del laminado, alternando en este caso capas de cermet y WC-Co.



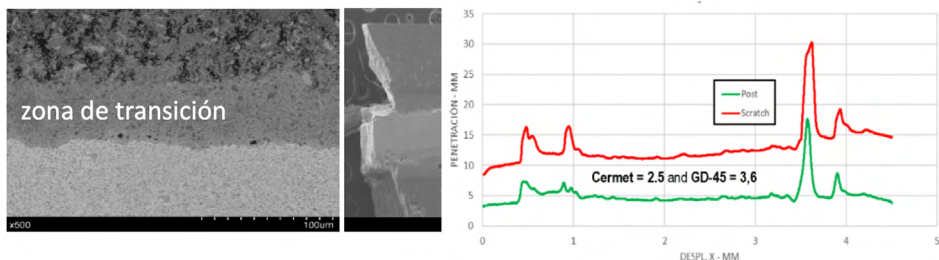
**Figura 2.** Aspecto del laminado del tipo Cermet/WC-Co, tras la etapa de sinterización.

La Figura 3 recoge detalles de imágenes SEM donde se observa la microestructura del laminado de tipo WC-Co/WC-Co, la distribución de W y Co en las capas y la calidad de la interfaz de estas. Por otro lado, las superficies de fractura permiten discernir los mecanismos responsables, particularmente la presencia de dimples en la capa del WC-Co más tenaz y de clivaje en la capa más frágil, corroborándose la calidad de las intercaras obtenidas.



**Figura 3.** Imágenes SEM, composición química, y superficie de fractura (mecanismos responsables: dimples y clivaje) del laminado WC-Co/WC-Co.

La Figura 4 resume los resultados del estudio realizado con el laminado de tipo cermet/WC-Co. En la misma se puede apreciar una zona de transición entre ambas capas (asociada a los fenómenos de difusión), el aspecto de la rotura del laminado (se pueden identificar mecanismos de desvío de las grietas por la acción de las intercaras que están a compresión), así como la correlación directa entre la dureza de las capas, la calidad de las intercaras y la resistencia al rayado de este laminado.



**Figura 4.** Imágenes SEM de la intercara, aspecto de la rotura y resistencia al rayado del laminado de tipo Cermet/WC-Co estudiado.

#### 4. Conclusiones

En este trabajo se han diseñado y fabricado laminados con equilibrio termo-mecánico (Cermet/WC-Co) y tribo-mecánico (WC-Co/WC-Co). Los mismos presentan una buena integridad estructural y calidad de la unión entre las láminas, así como la composición química, el espesor y la distribución de las tensiones residuales acordes a los diseños planteados. El comportamiento mecánico y la resistencia al rayado de los laminados es consistente con las tensiones residuales de compresión de las capas internas del laminado y con el papel de las intercaras (implementan mecanismos de detención y bifurcación de las grietas).

#### Agradecimientos

Agradecimientos a Durit Ibérica por los polvos suministrados para la fabricación de las muestras y a la Junta de Andalucía por la financiación del proyecto (P12-TEP-2622), así como a los estudiantes y técnicos de laboratorio, D. Ordoñez, E. Rodríguez, y J. Pinto, por su colaboración en la experimentación.

#### Referencias bibliográficas

- Bermejo, R., y Deluca, M.** (2012). *Layered ceramics. Handbook of advanced ceramics*. Academic Press, 733–751.
- Bolognini, S., Mari, D., Viatte, T., y Benoit, W.** (2001). Fracture toughness of coated TiCN–WC–Co cermets with graded composition. *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*, 19(4–6), 285–92. [https://doi.org/10.1016/S0263-4368\(01\)00025-7](https://doi.org/10.1016/S0263-4368(01)00025-7)
- Chen, L., Lengauer, W., y Dreyer, K.** (2000). Advances in modern nitrogen-containing hardmetals and cermets. *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*, 18(2–3), 153–61. [https://doi.org/10.1016/S0263-4368\(00\)00016-0](https://doi.org/10.1016/S0263-4368(00)00016-0)



**González, L. M.** (2016). *Obtención y caracterización de laminados Cermet/WC-Co.* (Proyecto Final de Carrera). Universidad de Sevilla. <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/5675/fichero/PFC+Luis+M.+Gonz%C3%A1lez+Becerra.pdf>

**Lakshminarayanan, R., Shetty, D. K., y Cutler, R. A.** (1996). Toughening of layered ceramic composites with residual surface compression. *Journal of the American Ceramic Society*, 79(1), 79–87. <https://doi.org/10.1111/j.1151-2916.1996.tb07883.x>



## **EMULSIONES ACEITE-EN-AGUA BASADAS EN PROTEÍNAS DE GARBANZO**

**E. Díaz-de-Marco, J. M. Aguilar\*, V. Pérez-Puyana, J. F. Rubio-Valle, M. Alonso-González.**

*Departamento de Ingeniería Química (TEP-229), Escuela Politécnica Superior (Univ. de Sevilla).*

E-mail de correspondencia: [jmaguilar@us.es](mailto:jmaguilar@us.es)

### **Resumen**

Las emulsiones aceite-en-agua han sido habitualmente estabilizadas usando proteína de huevo. Sin embargo, en los últimos años se ha incrementado considerablemente el uso de proteínas vegetales para reemplazar a las proteínas de origen animal. Esta tendencia es debida a los nuevos hábitos alimentarios de los consumidores, que demandan una mayor presencia de proteínas de origen vegetal. Por otro lado, la incorporación de sustancias bioactivas a estas nuevas emulsiones responde a una línea comercial emergente que tiene como base el concepto de “nutrición saludable”, cuestión en la que se halla cada vez más interesada un mayor número de personas.

El trabajo presentado abordó la evaluación del uso de proteína de garbanzo como agente emulsificante para la formulación y optimización de emulsiones de aceite-en-agua. También se evaluó el efecto de la concentración de proteína y el pH de la emulsión sobre la estabilidad de la emulsión. Para ello, se usó harina y concentrado proteico de garbanzo en diferentes concentraciones (2, 4 y 6 % p/p) y se eligieron valores de pH (2,5 y 8) para elaborar las emulsiones (10% aceite, 90% agua). Para favorecer la estabilidad de la emulsión se incorporó goma xantana y, una vez obtenida la pre-emulsión, se finalizó la preparación de las mismas usando un homogeneizador de alta presión.

Las emulsiones preparadas se caracterizaron mediante distribución del tamaño de gota, potencial Z, e índice de estabilidad, siendo también evaluadas sus propiedades reológicas. Las mejores propiedades se correspondieron con la emulsión preparada a pH2 con un 4% p/p de concentrado proteico de garbanzo y 0.01% p/p de goma xantana. Los resultados presentados revelan un gran potencial de uso para la elaboración de nuevas emulsiones basadas en legumbres como ingrediente proteico en sustitución de las proteínas de origen animal.

## 1. Introducción

Las proteínas son componentes esenciales de la dieta para la alimentación humana como fuentes de energía y nitrógeno. Además de su función nutricional, las proteínas son uno de los ingredientes que más contribuyen a las propiedades sensoriales de los alimentos proporcionando muchas de sus características específicas.

Entre las propiedades funcionales que presentan las proteínas, destaca la formación y estabilización de emulsiones, mediante la reducción de la tensión interfacial que facilita la formación de gotas dispersas (aceite o agua) en el seno de una fase continua mediante la creación de películas interfaciales viscoelásticas que ayudan a estabilizar las gotas de aceite.

Las emulsiones de aceite-en-agua se estabilizan normalmente con proteína de huevo. Sin embargo, debido a los nuevos hábitos alimenticios, se ha incrementado en los últimos años la demanda de proteínas vegetales, como las legumbres, para reemplazar a aquellas de origen animal. Los concentrados de proteínas vegetales son de un creciente interés para la industria debido a su progresiva aplicación en los mercados alimentarios como alternativa saludable a la proteína animal. Sin embargo, estas aplicaciones están casi limitadas a proteínas de semillas de soja, siendo menos empleadas otras proteínas vegetales. Por esta razón, proteínas vegetales como la de garbanzo (*Cicer arietinum* L.), han sido estudiadas en los últimos años, presentando resultados prometedores en cuanto a su uso como aditivo en alimentos (Sánchez-Vioque *et al.*, 1999; Kaur y Singh, 2006).

En el presente trabajo se estudian propiedades funcionales de la proteína de la harina de garbanzo y de su concentrado. Para preparar el aislado se procedió a una extracción alcalina y posterior precipitación de las proteínas en el punto isoeléctrico, siendo esta la forma más habitual en la actualidad de preparar aislados de proteína en la industria alimentaria.

## 2. Materiales y métodos

### 2.1. Materiales

Harina de garbanzo, aceite de girasol, goma xantana. Como reactivos modificadores de pH se utilizó HCl y NaOH, y como reactivos para las técnicas de caracterización se usó hexano, SDS.

## 2.2. Métodos

La preparación de la emulsión se realizó usando un 10% de aceite de girasol y un 90% de dispersión de proteína de garbanzo (harina o concentrado proteico de garbanzo), ajustando el pH hasta el valor deseado. En una primera etapa, se pre-emulsionaron ambas fase con el equipo Ultraturax y, posteriormente, se finalizó su preparación usando un homogeneizador de presión (1.7 MPa).

La composición nutricional de la harina y el concentrado se realizó mediante cuantificación de nitrógeno (proteínas), análisis gravimétrico (cenizas y humedad), y extracción con Soxhlet (lípidos), determinándose los hidratos de carbono por diferencia de porcentaje. Una vez preparadas las emulsiones se determinó su tamaño de gota (DTG) usando un equipo Mastersizer 2000 (Malvern) y el valor de potencial Z de las mismas con un equipo Zetasizer NanoZS (Malvern). Para determinar la estabilidad de las mismas se aplicó la técnica del backscattering mediante un equipo Turbiscan Lab Expert.

## 3. Resultados y discusión

### 3.1. Influencia del pH

El pH de la solución tiene una gran influencia sobre la estabilidad de la emulsión. Esto puede deberse al porcentaje de proteína disuelta en cada emulsión. A pH 5, como la solubilidad de la proteína es mínima, la emulsión no se llegó a formar. A pH 8, gracias a un mayor contenido de proteína, la emulsión se formó, pero presentó baja estabilidad y elevado tamaño de gota. Finalmente, a pH 2, donde la solubilidad de la proteína es máxima, la emulsión fue más estable y presentó menor tamaño de gota.

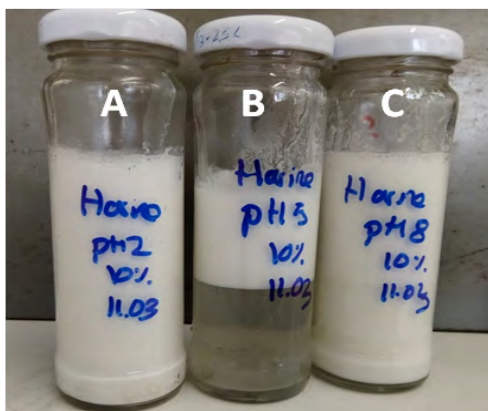


Figura 1. Emulsión pH 2 (A), pH 5 (B) y pH 8 (C).

### 3.2. Influencia de la concentración de proteína

La modificación de la concentración de proteína no presentó grandes variaciones en el tamaño de gota de las emulsiones preparadas (2%, 4% y 6%). Sin embargo, las medidas de backscattering mostraron una menor estabilidad para las emulsiones del 2 y 6 % p/p de proteína, presentando éstas un proceso de desestabilización por cremado.

### 3.3. Influencia de la presencia de goma xantana (GX)

La sustitución de harina por un concentrado proteico no mejoró la estabilidad ni el tamaño de gota de las emulsiones. Sin embargo, la presencia de GX mejoró significativamente la estabilidad de las emulsiones durante más de 30 días, reduciendo también el tamaño de gota de las mismas. Esta estabilidad puede atribuirse a una mayor presencia de fuerzas electrostáticas en la interfase, lo cual se corresponde con la disminución observada en las medidas de potencial Z para estas emulsiones.

## 4. Conclusiones

Los resultados indican la gran influencia de la fuerza iónica y la concentración de proteína sobre la capacidad y estabilidad de la emulsión. Las mejores propiedades, en términos de menor tamaño de gota sin alteración de su tamaño y estabilidad durante 30 días, fueron obtenidas para la emulsión preparada con un 4 % p/p de concentrado proteico de garbanzo y 0.01 % p/p de GX a pH2.

Estos resultados revelaron el gran potencial de las emulsiones basadas en legumbres para reemplazar aquellas de proteínas de origen animal.

## Referencias bibliográficas

- Kaur, M., y Singh, N.** (2007). Characterization of protein isolates from different Indian chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. *Food Chemistry*, 102(1), 366-374. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.05.029>
- Kinsella, J. E., y Melachouris, N.** (1976). Functional properties of proteins in foods: A survey. *C R C Critical Reviews in Food Science And Nutrition*, 7(3), 219-280. <https://doi.org/10.1080/10408397609527208>
- Lyklema, J.** (2000). *Fundamentals of Interface and Colloid Science* (Volume 5). Elsevier Science. <https://www.sciencedirect.com/bookseries/fundamentals-of-interface-and-colloid-science/vol/5/suppl/C>

**McClements, D. J.** (2004). *Food Emulsions: Principles, Practice and Techniques*. CRC Press.

**Mousazadeh, M., Mousavi, M., Askari, G., Kiani, H., Adt, I., y Gharsallaoui, A.** (2018). Thermodynamic and physiochemical insights into chickpea protein-Persian gum interactions and environmental effects. *International Journal of Biological Macromolecules*, 119, 1052-1058. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.07.168>

**Sánchez-Vioque, R., Clemente, A., Vioque, J., Bautista, J., y Millán, F.** (1999). Protein isolates from chickpea (*Cicer arietinum* L.): chemical composition, functional properties and protein characterization. *Food Chemistry*, 64, 237-243. [https://www.academia.edu/3469491/Protein\\_isolates\\_from\\_chickpea\\_Cicer\\_arietinum\\_L.\\_chemical\\_composition\\_functional\\_properties\\_and\\_protein\\_characterization](https://www.academia.edu/3469491/Protein_isolates_from_chickpea_Cicer_arietinum_L._chemical_composition_functional_properties_and_protein_characterization)





# **ESTUDIO DE COLÁGENO Y GELATINA COMO POTENCIALES MATERIAS PRIMAS PARA INGENIERÍA TISULAR**

**Víctor Manuel Perez-Puyana<sup>\*</sup>, José Fernando Rubio-Valle, Antonio Guerrero, Alberto Romero**

*Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Sevilla, Sevilla.*

E-mail de correspondencia: [vperez11@us.es](mailto:vperez11@us.es)

## **Resumen**

La Ingeniería de Tejidos es una disciplina biomédica que consta de tres elementos principales: células, factores de crecimiento y andamios. Para la elaboración de los andamios hay que considerar tanto el proceso de fabricación como las características de la materia prima utilizada. Dentro de este contexto, el objetivo principal de este trabajo fue la caracterización fisicoquímica de diferentes materias primas (concentrados proteicos de gelatina y colágeno tipo I) que se usan normalmente para la elaboración de andamios. Así, se evaluó desde su punto isoelectrónico hasta su composición química y aminoacídica. Los resultados demostraron que las proteínas analizadas presentan un alto contenido proteico (superior al 80% en peso), con un contenido aminoacídico típico de colágeno, presentando potenciales cualidades para su uso en la elaboración de andamios.

## **1. Introducción**

El campo de la ingeniería de tejidos (IT) ha crecido exponencialmente debido a las posibles soluciones presentadas para la recuperación y regeneración de tejidos (Zohora y Azim, 2014). Uno de los elementos más estudiados en IT es el andamio, que es la estructura tridimensional en la que las células se insertan con factores de crecimiento para desarrollar su crecimiento y diferenciación. Las propiedades de los andamios dependen de la materia prima utilizada para su elaboración.

Los polisacáridos (quitosano, alginato, agarosa, etc.) y proteínas (colágeno, gelatina, fibrina, fibronectina, etc.) son los biopolímeros más utilizados para el desarrollo de andamios (Perez-Puyana, Rubio-Valle, Jiménez-Rosado, Guerrero, y Romero, 2020) derived from the fabrication of hydrogels and freeze-drying. The scaffolds were produced with 1 wt% of two different biopolymers, i.e. gelatin (GE. Entre ellos, el colágeno es uno de los polímeros más utilizados para la fabricación de andamios.

La estructura básica del colágeno es similar para todos ellos, basada en 3 cadenas poliméricas que forman una triple hélice (Perez-Puyana, Romero, y Guerrero, 2016).

Por todo eso, el objetivo principal de este estudio es la caracterización fisicoquímica de concentrados de proteína de colágeno tipo I de diferentes fuentes (cerdo y pescado) como potenciales materias primas de andamios para IT.

## **2. Materiales y métodos**

### ***2.1. Materiales***

Se utilizaron concentrados de proteína de colágeno y gelatina de dos fuentes diferentes, respectivamente: cerdo (HI95 y T95) y pescado. Los dos primeros fueron suministrados por Essentia Protein Solutions (Dinamarca), mientras que el colágeno de pescado fue suministrado por Henan Boom Gelatin Co. Ltd (China).

### ***2.2. Caracterización de los concentrados proteicos***

#### ***Composición química***

Cuantificación de proteínas: el contenido de proteínas se determinó utilizando un microanalizador LECO CHNS-932 (Leco Corporation, EE. UU.).

Cuantificación de lípidos: se utilizó el método Soxhlet para cuantificar el contenido de lípidos. En el presente estudio, consistió en calentar y volatilizar un solvente (hexano) a 80 °C y, posteriormente, condensar el disolvente para ponerlo en contacto con el colágeno (durante 4 h). El contenido de lípidos se calculó con la diferencia del peso inicial y final tras realizar el método Soxhlet.

Cuantificación de cenizas: Primero, se calcinaron 2 g de CG a 550 °C en un horno de mufla durante 4-5 h. El contenido de cenizas se calculó a partir de la diferencia en peso del aislado de proteína antes y después del tratamiento.

#### ***Solubilidad proteica***

La solubilidad de la proteína se determinó a diferentes valores de pH. Se prepararon dispersiones acuosas (aproximadamente 1 g de proteína / 40 ml) con tampones a diferentes valores de pH. Las muestras se homogeneizaron y posteriormente se centrifugaron durante 20 min a 15000 rpm y 10 °C. Los sobrenadantes se recogieron para medir el contenido de proteínas por el método de Markwell (Markwell, Haas, Bieber, y Tolbert, 1978).

### 3. Resultados y discusión

#### 3.1. Estudio de la composición

La composición química de las proteínas de colágeno se resume en la **Tabla 1**. Curiosamente, las tres muestras mostraron un contenido proteico superior al 90 %. Por lo tanto, la composición química del colágeno obtenido de la materia prima de cerdo (cerdo HI95 y cerdo T95) fue similar al colágeno de pescado. El resto hasta completar el 100% corresponde a la humedad de las muestras.

**Tabla 2.** Composición química de los colágenos estudiados.

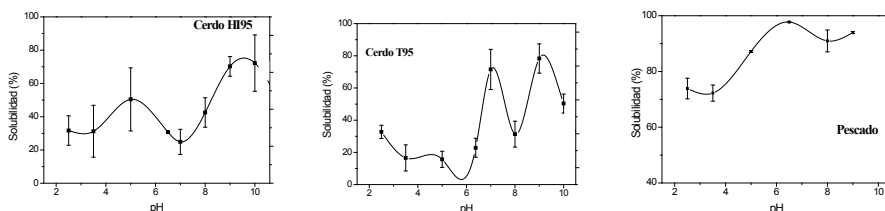
Proteína Origen	PROTEÍNAS (%)	LÍPIDOS (%)	CENIZAS (%)
Cerdo (HI95)	94,2 $\alpha$	0,7A	0,3a
Cerdo (T95)	90,4 $\beta$	0,8A	0,7b
Pescado	97,9 $\alpha$	0,6A	0,3a

**Fuente:** elaboración propia.

Nota: Letras diferentes corresponden a valores significativamente diferentes.

#### 3.2 Solubilidad proteica

Los valores de solubilidad de proteínas para los concentrados de proteínas de colágeno en función del pH se muestran en la Figura 1.



**Figura 2.** Solubilidad proteica de las materias primas analizadas en función del pH.

**Fuente:** elaboración propia.

La solubilidad de colágeno alcanzó un máximo de aproximadamente un 80% para proteínas de colágeno de cerdo, presentando una mayor solubilidad a un valor de pH básico. Los perfiles obtenidos fueron similares, con un gran aumento en la solubilidad más allá del pH 7 y un mínimo en el rango de pH 5-7. Sin embargo, el colágeno de pescado presentó la mayor solubilidad en todo el rango de pH, alcanzando los valores máximos (aproximadamente 95%) a pH básico al igual que los otros.

#### 4. Conclusiones

Como conclusión general, la caracterización de las diferentes proteínas de colágeno tipo I revela altos contenidos en proteínas, obteniendo valores de concentración de más del 90% para las proteínas de pescado y cerdo (HI95 y T95) en base seca. Además, la solubilidad de la proteína alcanza un máximo del 80% en condiciones básicas para la proteína de cerdo, mientras que el colágeno de pescado presenta un máximo de aprox. 100% observando una disminución a pH 8 debido a la presencia de proteínas miofibrilares en la composición.

#### Agradecimientos

Este trabajo forma parte de un proyecto financiado por MICINN (RTI2018-097100-B-C21). Los autores agradecen su apoyo financiero. A su vez, los autores agradecen la beca predoctoral de Víctor Manuel Pérez Puyana (VPPI-US).

#### Referencias bibliográficas

- Markwell, M. A. K., Haas, S. M., Bieber, L. L., y Tolbert, N. E.** (1978). A modification of the Lowry procedure to simplify protein determination in membrane and lipoprotein samples. *Analytical Biochemistry*, 87(1), 206–210. [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(78\)90586-9](https://doi.org/10.1016/0003-2697(78)90586-9)
- Perez-Puyana, V., Romero, A., y Guerrero, A.** (2016). Influence of collagen concentration and glutaraldehyde on collagen-based scaffold properties. *Journal of Biomedical Materials Research Part A*, 104(A), 1462–1468. <https://doi.org/10.1002/jbm.a.35671>
- Perez-Puyana, V., Rubio-Valle, J. F., Jiménez-Rosado, M., Guerrero, A., y Romero, A.** (2020). Alternative processing methods of hybrid porous scaffolds based on gelatin and chitosan. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 102, 103472. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2019.103472>
- Zohora, F. T., y Azim, A. Y. M. A.** (2014). Biomaterials As Porous Scaffolds for Tissue Engineering Applications: a Review. *European Scientific Journal*, 10(21), 186–209. <https://ejournal.org/index.php/esj/article/view/3853>

# **ESTUDIO DEL EFECTO DEL PH SOBRE LAS PROPIEDADES DE BIOPLÁSTICOS ABSORBENTES**

**Estefanía Álvarez-Castillo\*, Carlos Bengoechea, Antonio Guerrero**

*Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Sevilla.*

E-mail de correspondencia: malvarez43@us.es

## **Resumen**

En este trabajo se estudia la influencia del pH en bioplásticos de plasma sanguíneo, en los que ya ha sido demostrada su capacidad superabsorbente. Una modificación en el pH tiene una fuerte influencia en el comportamiento de las proteínas y, por tanto, en las propiedades de los bioplásticos que se obtienen a partir de ellas. Así, el cambio más notable en las propiedades mecánicas y capacidad de absorción se observa al acidificar el pH.

## **1. Introducción**

La sustitución de plásticos derivados del petróleo por materiales obtenidos de una fuente natural y biodegradable es parte de la cada vez más importante conciencia medioambiental. En este sentido, se ha estudiado el uso de subproductos y residuos de la industria alimentaria como materiales superabsorbentes, con la consiguiente revalorización de estos. En el trabajo se presentan los efectos del cambio del pH sobre las propiedades termomecánicas y de absorción de agua de bioplásticos basados en un concentrado de proteína de plasma porcino, procesados por moldeo por inyección. Resulta especialmente interesante el efecto del pH sobre el reforzamiento térmico de los bioplásticos, que resulta inhibido a pH ácido, al favorecerse previamente una gelificación física.

## **2. Materiales y métodos**

### **2.1. Materiales**

Para el presente estudio se ha utilizado una harina de proteína de plasma sanguíneo, aportada de forma altruista por PROANDA S.A., con un contenido en proteína del 78 %. Como plastificantes se utilizó una glicerina de la casa Panreac Química S.A. Además, se utilizaron ácido clorhídrico e hidróxido sódico, de Sigma Aldrich, ambos en concentración 1 M.

## 2.2. Métodos

### 2.2.1. Obtención de bioplásticos:

Para la preparación de harinas a diferentes valores de pH, se pusieron en disolución acuosa (1/10 g/g), añadiendo después un ácido o una base fuerte monoprótico (HCl y NaOH, respectivamente) hasta conseguir el pH deseado: 3, 8 (pH nativo de la harina) y 10. Posteriormente, los bioplásticos se obtuvieron a través de un proceso de inyección por moldeo de dos etapas: primero, mezclado en un reómetro mezclador HAAKE POLYLAB (Thermo Scientific, Alemania); y segundo, inyección de la masa homogénea en un molde (1x10x60 mm<sup>3</sup>) mediante una inyectora neumática de laboratorio Mini Jet II (Thermo Scientific).

### 2.2.2. Ensayos reológicos a masas:

Las masas fueron sometidas a ensayos de barridos de temperatura en un reómetro RSA3 de deformación controlada (TA Instruments). Este es un ensayo dinámico en el que las masas son sometidas a una deformación y frecuencia constante (0,02 % y 1 Hz, respectivamente), a la vez que la temperatura se va modificando a lo largo del ensayo desde 20 hasta 140 °C.

### 2.2.3. Ensayo a tracción:

Las probetas rectangulares fueron ensayadas a tracción a velocidad de deformación constante (1 mm·min<sup>-1</sup>) hasta rotura en un equipo RSA3 (TA Instrument), que proporciona la curva esfuerzo-deformación.

### 2.2.4. Absorción de agua:

El ensayo de absorción de agua consiste en una relación entre las masas de la muestra seca ( $m_2$ ) con la de la muestra cuando ha sido sumergida en agua durante 24 horas ( $m_1$ ). Como masa seca se tomará aquella que tiene la probeta tras ser sometida a un proceso de secado en horno (50°C, 24 h) tras la inmersión. Los cálculos se realizaron según la fórmula 1:

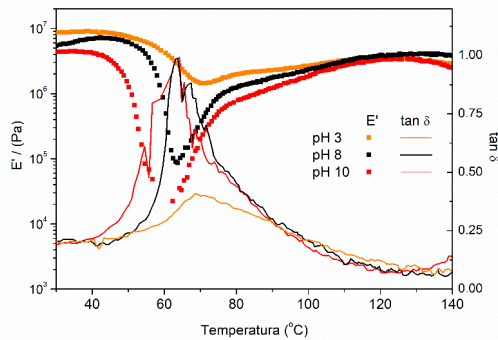
**Fórmula 1.** Capacidad de absorción de agua.

$$ABS(\%) = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \cdot 100 \quad (1)$$

### 3. Resultados y discusión

#### 3.1. Ensayos reológicos a masas

En este ensayo se observan (Figura 1) tres zonas diferenciadas: una primera donde se mantienen aproximadamente constantes los valores del módulo elástico ( $E'$ ); una segunda, donde hay un descenso drástico hasta un mínimo, asociado al incremento de la movilidad de las cadenas debido a la acción de la temperatura; finalmente, se produce un aumento debido a la gelificación de las albúminas (Álvarez-Castillo *et al.*, 2019). A pH 3 no se observa una disminución de  $E'$  tan drástica, debido a que las fuerzas de repulsión positivas existentes facilitan una gelificación física previa (Aguilar *et al.*, 2019).



**Figura 1.** Barrido de temperatura a masas PPP/Glicerina obtenidas a partir de harinas a distintos pH.

**Fuente:** elaboración propia.

#### 3.2. Ensayo de tracción

Se obtuvieron menores propiedades mecánicas para los bioplásticos cuando el pH de la harina fue ácido (Tabla 1), mostrando valores de módulo de Young, esfuerzo y deformación máxima notablemente menores. Esto puede deberse a que las repulsiones físicas a pH ácido dificultan las interacciones químicas de enlace.

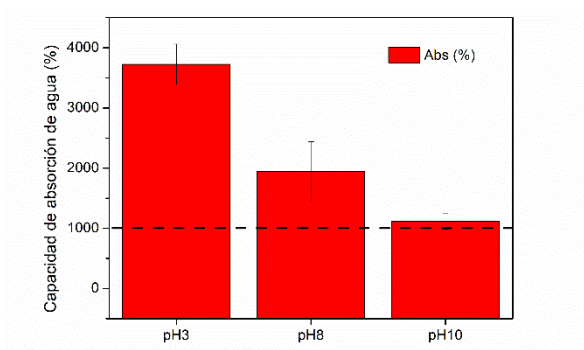
**Tabla 3.** Parámetros resultantes de los ensayos a tracción de bioplásticos obtenidos a distintos pH.

	Módulo de Young (MPa)	Esfuerzo máximo (MPa)	Deformación máxima (%)
pH 3	$0,62 \pm 0,07$	$0,78 \pm 0,17$	$4,6 \pm 0,7$
pH 8	$0,78 \pm 0,06$	$1,74 \pm 0,41$	$13,3 \pm 1,1$
pH 10	$0,48 \pm 0,08$	$1,36 \pm 0,67$	$65,3 \pm 12,3$

**Fuente:** elaboración propia.

### 3.3. Ensayo de absorción de agua

Todos los bioplásticos obtenidos, independientemente del pH que poseían, obtuvieron capacidades absorción de agua mayores del 1000 % (Figura 2) suficiente para poder ser considerados superabsorbentes (Zohuriaan y Kabiri, 2008). La mayor capacidad de absorción se obtuvo a pH ácido (3).



**Figura 1.** Capacidades de absorción para bioplásticos obtenidos a partir de harinas a distintos pH.

**Fuente:** elaboración propia.

## 4. Conclusiones

El pH tiene un indudable efecto en las interacciones entre las cadenas de proteínas que da a los bioplásticos obtenidos a distintos valores de pH diferencias significativas en su comportamiento. Las masas obtenidas a partir pH ácido sufrieron una gelificación física, dando bioplásticos con mayores capacidades superabsorbentes, aunque menores propiedades mecánicas.

## Agradecimientos

Los autores agradecen al MICINN por la financiación facilitada para el proyecto con referencia: RTI2018-097100-B-C21.

## Referencias bibliográficas

**Aguilar, J. M., Cordobés, F., Bengochea, C., y Guerrero, A.** (2019). Heat-induced gelation of egg yolk as a function of pH. Does the type of acid make any difference? *Food Hydrocolloids*, 87, 142-148. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.07.045>



- Álvarez-Castillo, E., Bengoechea, C., Rodríguez, N., y Guerrero, A.** (2019). Development of green superabsorbent materials from a by-product of the meat industry. *Journal of Cleaner Production*, 223, 651-661. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.055>
- Zohuriaan, J., y Kabiri, K.** (2008). Superabsorbent polymer materials: A review. *Iranian Polymer Journal*, 17, 451–477.



# FABRICACIÓN DE HASTELLOY C-22 MEDIANTE PLASMA TRANSFERRED ARC

**Eva María Pérez-Soriano<sup>1</sup>, Cristina Arévalo Mora<sup>1</sup>, Isabel Montealegre-Meléndez<sup>1\*</sup>, Enrique Ariza Galván<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Departamento de Ingeniería y Ciencia de los Materiales y del Transporte. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Sevilla, Sevilla.*

<sup>2</sup> *RHP-Technology GmbH, A-2444, Seibersdorf (Austria).*

E-mail de correspondencia: [imontealegre@us.es](mailto:imontealegre@us.es)

## Resumen

La técnica de fabricación aditiva conocida como *Plasma Transferred Arc* (PTA), permite el procesado de piezas con geometrías muy complejas mediante la deposición capa a capa del material. En esta técnica, la fuente de energía encargada de la fusión de cada capa es un plasma. En esta investigación, una pieza de la aleación de base níquel conocida como Hastelloy C-22, ha sido fabricada a partir de polvo. Dicho polvo atomizado fue fabricado mediante la técnica de *Plasma Atomization Process* (50–150  $\mu\text{m}$ ). Tras la producción de las piezas en aire, algunas muestras representativas fueron extraídas y sometidas a dos tratamientos térmicos diferentes, con el fin de analizar su influencia sobre las propiedades mecánicas finales en dicha aleación. Como conclusión, quedó demostrada la posible fabricación de piezas de Hastelloy mediante la técnica de PTA y cómo los tratamientos térmicos no fueron suficientes para modificar sustancialmente las propiedades finales de dicha aleación.

## 1. Introducción

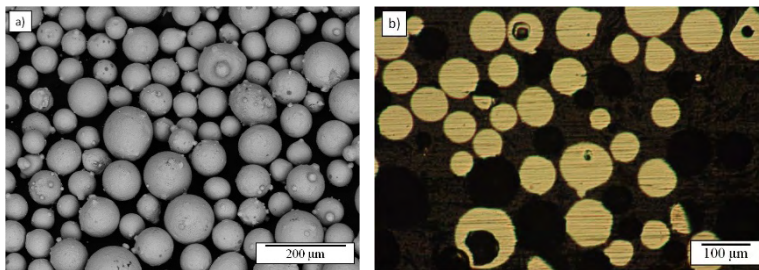
Las aleaciones conocidas comercialmente como Hastelloy son superaleaciones de níquel-molibdeno-cromo con adición de wolframio, diseñadas para tener una excelente resistencia a la corrosión en un rango amplio de ambientes severos. El alto contenido de níquel y molibdeno hacen que este tipo de aleaciones sea especialmente resistente a las picaduras y a la corrosión en hendiduras bajo ambientes reductores, mientras que el cromo las hace resistentes a medios oxidantes. El bajo contenido en carbón minimiza la precipitación de carburos durante los procesos de soldadura. La aleación Hastelloy C-22 entra dentro de este grupo de aleaciones de alto valor industrial (Chen y Shu-Bai, 2018). Debido al alto coste de las aleaciones con base níquel, la posibilidad de fabricar piezas de esta aleación mediante procesos de

fabricación aditiva, conocidos como *Additive Manufacturing*, potenciaría su uso y promovería el poder optar a diseños estructurales geoméricamente complejos; en este sentido, se podría obtener un ahorro significativo de material.

En este trabajo se ha conseguido fabricar una pared de Hastelloy C-22 con dimensiones 100 x 40 x 15 mm<sup>3</sup>. A continuación, se han extraído una serie de muestras localizadas para ser analizadas bajo diferentes condiciones: i) sin tratamiento térmico, ii) con tratamiento térmico 1; iii) con tratamiento térmico 2. Los parámetros fijados para llevar a cabo estos tratamientos térmicos han sido seleccionados valorando los tratamientos comúnmente empleados en este tipo de aleaciones (ASTM, 2018). Los resultados obtenidos tras la caracterización de dichas muestras revelan, no sólo la importancia del polvo de partida para obtener buenas propiedades finales, sino también que el hecho de realizar tratamientos térmicos no implica mejoras significativas en las propiedades finales.

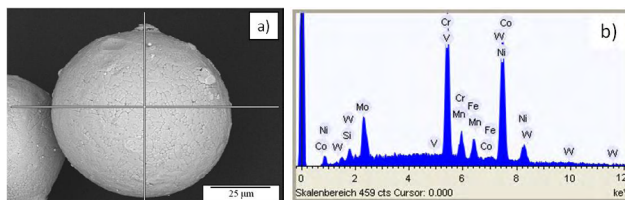
## 2. Materiales y métodos

El polvo de la aleación Hastelloy C-22 ha sido fabricado mediante la técnica tradicional pulvimetalúrgica conocida como *Plasma Atomization*. La composición del polvo se verificó previamente a la fabricación de la pared. En las siguientes Figuras 1 y 2 se pueden observar los resultados obtenidos tras la caracterización del mismo.



**Figura 3.** Polvo de Hastelloy C-22: a) Imagen SEM; b) Sección transversal.

**Fuente:** elaboración propia.

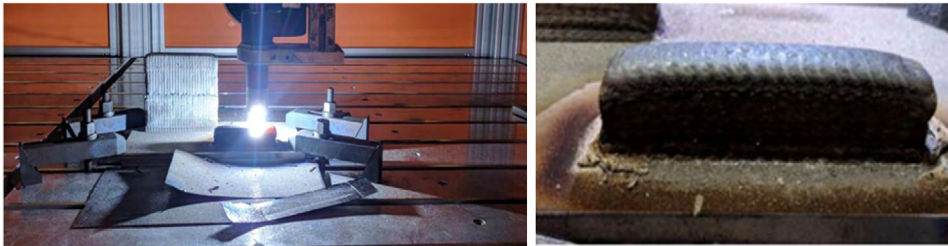


**Figura 2.** Análisis EDS del polvo de Hastelloy: a) Imagen SEM del punto de análisis; b) Espectro EDS del polvo.

**Fuente:** elaboración propia.

Una vez analizado el polvo de partida, se llevó a cabo un protocolo establecido por RHP-Technology GmbH, mediante el cual se estudiaba la fluidez del polvo para proceder a la fabricación aditiva; además, se realizó un estudio preliminar para determinar los parámetros de fabricación óptimos, bajo los cuales se produciría la pared de Hastelloy. En paralelo, se realizó el diseño de las dimensiones de la pared a fabricar.

El equipo de fabricación aditiva empleado fue diseñado por RHP-Technology; la pared fue fabricada en condiciones ambientales mediante la técnica *Plasma Transferred Arc*. La Figura 3 muestra la fabricación y apariencia final de dicha pared. Tras la producción de la pared se le midió en una sección transversal su dureza y la densidad obtenidas. Además, se extrajeron muestras cortadas con geometrías prefijadas para realizar ensayos de tracción. Parte de las muestras cortadas con dichas geometrías se sometieron a tratamientos térmicos.



**Figura 3.** a) Proceso de fabricación mediante plasma; b) Pared de Hastelloy C-22.

**Fuente:** elaboración propia.

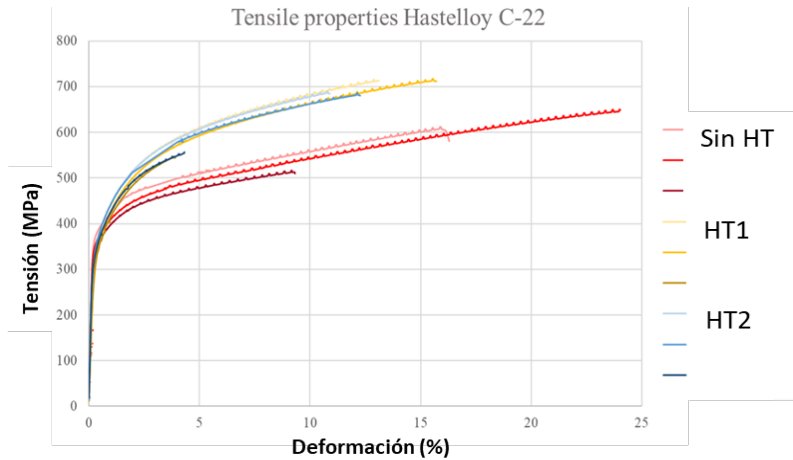
De acuerdo con la bibliografía relativa a tratamientos térmicos realizados a este tipo de material, Hastelloy C-22, dos tratamientos térmicos diferentes fueron estudiados: a) tratamiento térmico 1 consistía en un calentamiento de  $10\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$  hasta  $1121\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante 20 min con un enfriamiento  $100\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ; b) tratamiento térmico 2, calentamiento de  $10\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$  hasta  $1121\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante 20 min con un enfriamiento  $5\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ .

### 3. Resultados y discusión

Los resultados obtenidos de las medidas de densidad y dureza de la pared después de su fabricación indican una densidad en torno al 98 % y una dureza de 230 HV. El valor de densidad observada en la pared podría deberse a la porosidad que trae el polvo de origen. Las propiedades mecánicas medidas se pueden valorar en la Figura 4. Del estudio de las curvas tracción-deformación se puede ver como el tratamiento térmico 2 no presentó ningún tipo de influencia positiva en las propiedades finales

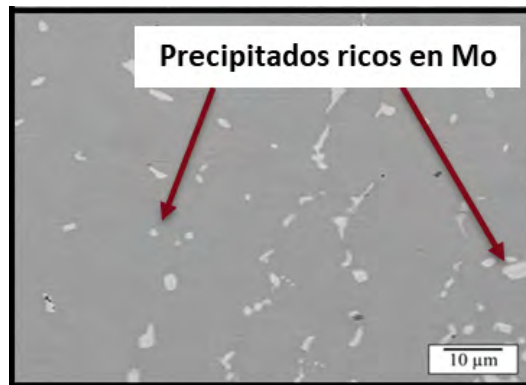
del material, sino todo lo contrario. En el caso del tratamiento térmico 1, hubo un descenso de ductilidad, respecto a las muestras que no recibieron ningún tratamiento.

Tras el estudio microestructural de muestras sin tratamiento térmico, se apreciaron precipitados de molibdeno, posiblemente formados durante la etapa de fabricación (ver Figura 5).



**Figura 4.** Curva tracción-deformación para muestras de Hastelloy C-22, sin y con tratamientos térmicos.

**Fuente:** elaboración propia.



**Figura 5.** Imagen SEM de muestras de Hastelloy C-22 sin tratamiento térmico.

**Fuente:** elaboración propia.

#### 4. Conclusiones

Como conclusiones se pueden resumir: i) Se ha fabricado con éxito una pared de Hastelloy C-22 con propiedades de tracción muy cercanas a las estándares; los tratamientos térmicos no mejoraron excesivamente las propiedades mecánicas; ii)

La densidad no llegó al 100 % por la existencia de porosidad en el polvo de partida; iii) Aparecieron precipitados ricos en molibdeno, disgregados de forma uniforme en la microestructura observada, como consecuencia del proceso de fabricación

### Referencias bibliográficas

**ASTM and SAE-AMS.** (2018). Standards and Specifications for Nickel based alloys, ASTM B574.

**Chen L., y Shu-Bai, L.** (2018). The anti-corrosion behaviour under multi-factor impingement of Hastelloy C22 coating prepared by multilayer laser cladding. *Applied Surface Science*, 437. 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2017.12.108>





## **INNOVATIVE COMPOUNDS TO BATTLE MULTIRRESISTANCE TO ANTIBIOTICS: USE OF PVA-TANNIC ACID NANO- PARTICLES TO INHIBIT STAPHYLOCOCCUS PSEUDINTERMEDIUS GROWTH**

**María Pérez-Aranda<sup>1,\*</sup>, Ana Alcudia<sup>1</sup>, Belén Begines<sup>1</sup>, Eloísa Pajuelo<sup>2</sup>, Ignacio Rodríguez<sup>2</sup>, Guillermo Martínez<sup>1</sup>, M. Jesús Martín<sup>3</sup>, Salvadora Navarro<sup>2</sup>.**

<sup>1</sup>Departamento de Química Orgánica Y Farmacéutica. Facultad de Farmacia. Universidad de Sevilla. C/ Profesor García González, s/n cp.: 41012 (Sevilla).

<sup>2</sup> Departamento de Microbiología y Parasitología. Facultad de Farmacia. Universidad de Sevilla. C/ Profesor García González, s/n cp.: 41012 (Sevilla).

<sup>3</sup> Departamento de Química Analítica. Facultad de Química. Universidad de Sevilla. C/ Profesor García González, s/n cp.: 41012 (Sevilla).

E-mail de correspondencia: [mariapar89@gmail.com](mailto:mariapar89@gmail.com)

### **Abstract**

Antibiotic resistance is an increasing public health problem that affects to numerous pathogens, including *Staphylococcus pseudintermedius*, which has a high prevalence of methicillin resistance and can be transmitted to humans.

The development of new compounds to prevent the appearance of antibiotic resistances and find alternatives to classic therapies is essential to health protection.

The main objective of the present study is to determine whether the nanoparticles of polyvinyl alcohol and tannic acid “PVA-TA NPs” are effective to inhibit *Staphylococcus pseudintermedius* and can be considered as an alternative therapy.

The study includes increasing concentration essays of the nanoparticles and establishes, using the determination of turbidity by refractometry that could be a useful tool to inhibit bacterial growth, resulting successful.

Nonetheless, further studies to identify the underlying action mechanisms of these nano-particles are going on in our group.

## 1. Introduction and objectives of the study

*Staphylococcus pseudintermedius* is a relevant pathogen due to the high prevalence of antibiotic resistance, particularly to methicillin and its zoonotic potential.

In this sense, searching for new molecules or compounds to act as bactericides in order to prevent the apparition of tolerance or resistance to them has become a world-wide top priority.

Therefore, the purpose of the present relevant study is to determine the potential capacity of nanoparticles of polyvinyl alcohol and tannic acid to inhibit *Staphylococcus pseudintermedius* growth in vitro to be considered as an alternative drug to classic antibiotherapy.

## 2. Materials and Methods

The essay included four different concentrations of PVA-tannic acid nano-particles with TSB liquid culture medium and sterile water. The TSB was prepared at triple concentration, to be at normal concentration when mixed with the other compounds.

The denominated “stock solutions” are prepared with the following proportions:

- A. Blanc. 600µl of 3xTSB and 1.2 ml of sterile H<sub>2</sub>O.
- B. 600µl of 3xTSB, 900 µl of sterile H<sub>2</sub>O and 300 µl of NPs.
- C. 600 µl of 3xTSB, 600 µl of sterile H<sub>2</sub>O and 600 µl of NPs.
- D. 600 µl of 3xTSB, 300 µl of sterile H<sub>2</sub>O and 900 µl of NPs.
- E. 600 µl of 3xTSB and 1.2 ml of NPs.

Once they were prepared, a volume of 300 µl of them was poured in epperndorf tubes. Finally, 5 µl of an overnight grown *Staphylococcus pseudintermedius* liquid culture were inoculated per tube, except the first of each (negative control). The experiment included four repetitions of each solution to obtain statistically significant results. Once the dilutions were prepared, they were incubated for 24 hours at 37 °C using a rotatory wheel to homogenize them. Then, 200µl of each eppendorf were transferred to 96-well microtiter plate for determination of absorbance at 600nm as a measurement of bacterial growth (turbidity) in a microplate absorbance reader.

### 3. Results

The results of bacterial growth (Table 1) show a great diminution of the absorbance rate from the second dilution with 33.3  $\mu$ l of nano-particles (B) and the average of the determinations were very similar to the control, suggesting that the bacterial growth was inhibited.

**Table 1.** Absorbance at 600nm of cultures of *Staphylococcus pseudintermedius* incubated in the presence of increasing concentrations (0-133 $\mu$ l) of PVA-tannic acid nanoparticles (PVA-TA NPs).

Stock solutions	Control	Rep. 1	Rep.	Rep. 3	Rep. 4	Average
A (0 $\mu$ l NPs)	0.210	1.025	1.12	1.057	1.064	0.895
B (33,3 $\mu$ l NPs)	0.182	0.254	0.197	0.209	0.196	0.208
C (66,67 $\mu$ l NPs)	0.191	0.258	0.207	0.234	0.214	0.221
D (100 $\mu$ l NPs)	0.178	0.242	0.186	0.252	0.212	0.214
E (133,3 $\mu$ l NPs)	0.192	0.238	0.195	0.234	0.190	0.210

**Source:** own elaboration.

In consequence, the experiment was repeated by lowering down the volume of NPs added from 10 to 60  $\mu$ l, in order to determine the minimum inhibitory concentration (MIC) of PVA-tannic acid NPs. Results are shown in Table 2.

**Table 2.** Absorbance at 600nm of cultures of *Staphylococcus pseudintermedius* incubated in the presence of increasing concentrations (0-60  $\mu$ l) of PVA-tannic acid nanoparticles (PVA-TA NPs).

Stock solutions	Control	1	2	3	Average
A (10 $\mu$ l NPs)	0.26	0.77	0.748	0.718	0.624
B (20 $\mu$ l NPs)	0.291	0.55	0.73	0.625	0.549
C (30 $\mu$ l NPs)	0.227	0.341	0.392	0.452	0.353
D (40 $\mu$ l NPs)	0.223	0.264	0.347	0.276	0.278
E (50 $\mu$ l NPs)	0.217	0.220	0.247	0.221	0.226
F (60 $\mu$ l NPs)	0.241	0.211	0.294	0.214	0.24

**Source:** own elaboration.

These new data show a significant reduction of the absorbance rate from of nano – particles, determining the MIC as 50  $\mu$ l.

### 4. Discussion and Conclusions

Although *Staphylococcus pseudintermedius* has been commonly associated with skin and soft tissue infections (SSTIs) in dogs, however some human cases have been described. Approximately 90% of healthy dogs are colonized with S.

*S. pseudintermedius*, in this sense is an opportunistic pathogen in dogs and the leading cause of pyoderma and otitis externa and is also the most commonly isolated pathogen in urinary tract infections. As an example, methicillin resistance is rapidly emerging in *S. pseudintermedius* with a higher incidence amongst clinical isolates in dogs, and this may have treatment implications in human infections (Somayaji *et al.*, 2016).

As a result, there is a remarkable increasing problem with this pathogen and consequently, related with the potential risk to human health, thus it is critical to study and work out a possible solution combining biocompatible, chemical structures and polymers.

For instance, PVA (Polyvinyl alcohol) is a water-soluble synthetic polymer. Polymers based on naturally occurring products are promising new materials, with novel technical potential and enhanced properties about biocompatibility and biodegradability (Galbis, *et al.*, 2016). Besides, it is being used, in combination with other products for inhibition of bacterial growth (Yang *et al.*, 2018; Wu *et al.*, 2017). At the same time, tannic acid, existing in plant tissues, has been reported to possess natural antioxidant, antimicrobial and antiviral activity (Ivanova *et al.*, 2018). Finally, Nanoparticles as well, have been demonstrated to be very useful structures, due to their physical and chemical properties and interactions in biomedicine (Dong *et al.*, 2018). Thus, the presentation of both compounds in the form of nanoparticles may offer new therapeutic possibilities such as controlled delivery of the compounds, increased toxicity to bacteria, etc. (Wu *et al.*, 2017).

We consider that a combination of these factors could be a useful tool to inhibit bacterial growth, resulting successful.

Nonetheless, further studies to identify the underlying action mechanisms of these nano-particles are going on in our group.

Although, this is a pilot study, our findings provided insights into the importance of PVA-tannic acid nano-particles in the treatment of bacterial infections and potential use of this combination that would need further studies that will be conducted in a near future.

## References

- Dong, G., Liu, H., Yu, X., Zhang, X., Lu, H., Zhou, T., & Cao, J.** (2018). Antimicrobial and anti-biofilm activity of tannic acid against *Staphylococcus aureus*. *Natural Product Research*, 32(18), 2225-2228. <https://doi.org/10.1080/14786419.2017.1366485>
- Duim, B., Verstappen, K., Kalupahana, R. S., Ranathunga, L., Fluit, C., & Wagenaar, J. A.** (2018). Methicillin-resistant *Staphylococcus pseudintermedius* among dogs in the description of novel SCCmec variants. *Veterinary Microbiology*, 213, 136-141. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2017.11.022>
- Galbis, J. A., García-Martín, M. D. G., de Paz, M. V., & Galbis, E.** (2016). Synthetic Polymers from Sugar-Based Monomers. *Chemical Reviews*, 116(3), 1600–1636. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.5b00242>
- Ivanova, A., Ivanova, K., Hoyo, J., Heinze, T., Sanchez-Gomez, S., & Tzanov, T.** (2018). Layer-By-Layer Decorated Nanoparticles with Tunable Antibacterial and Antibiofilm Properties Against Both Gram-Positive and Gram-Negative Bacteria. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 10(4), 3314-3323. <https://doi.org/10.1021/acsami.7b16508>
- Somayaji, R., Priyantha, M. A. R., Rubin, J. E., & Church, D.** (2016). Human infections due to *Staphylococcus pseudintermedius*, an emerging zoonoses of canine origin: report of 24 cases. *Diagnostic Microbiology and Infectious Disease*, 85(4). <https://doi.org/10.1016/j.diagmicrobio.2016.05.008>
- Walther, B., Tedin, K., & Lübke-Becker, A.** (2017). Multidrug-resistant opportunistic pathogens challenging veterinary infection control. *Veterinary Microbiology*, 200, 71-78. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2016.05.017>
- Wu, Z., Wu, J., Peng, T., Li, Y., Lin, D., Xing, B., Li, C., Yang, Y., Yang, L., Zhang, L., Ma, R., Wu, W., Lv, X., Dai, J., & Han, G.** (2017). Preparation and Application of Starch/Polyvinyl Alcohol/Citric Acid Ternary Blend Antimicrobial Functional Food Packaging Films. *Polymers*, 9(3), 102. <https://doi.org/10.3390/polym9030102>

**Yang, W., Fortunati, E., Bertoglio, F., Owczarek, J. S., Bruni, G., Kozanecki, M., Kenny, J. M., Torre, L., Visai, L., & Puglia, D.** (2018). Polyvinyl alcohol/chitosan hydrogels with enhanced antioxidant and antibacterial properties induced by lignin nanoparticles. *Carbohydrate Polymers*, 181(1), 275-284. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.10.084>

# **INVESTIGATION OF TITANIUM COMPOSITES PRODUCED VIA PLASMA TRANSFERRED ARC: INFLUENCE OF THE PROCESSING PARAMETERS ON THE COMPOSITES' MICROSTRUCTURES**

**Enrique Ariza Galván<sup>2</sup>, Isabel Montealegre-Meléndez<sup>1</sup>, Cristina Arévalo<sup>1,\*</sup>, Eva M. Pérez-Soriano<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Departamento de Ingeniería y Ciencia de los Materiales y del Transporte. Escuela Politécnica Superior, Universidad de Sevilla, Sevilla.*

<sup>2</sup> *RHP-technology GmbH, A-2444, Seibersdorf (Austria).*

E-mail de correspondencia: [carevalo@us.es](mailto:carevalo@us.es)

## **Resumen**

Los materiales compuestos de base titanio son materiales muy valorados por sus excelentes propiedades específicas. El interés por desarrollar estos materiales mediante técnicas aditivas, en particular con el método conocido como *Plasma Transferred Arc*, es el punto de partida de esta investigación. Por ello, se estudiaron especímenes con idénticas concentraciones de partida de partículas de B<sub>4</sub>C (30% vol.), producidos bajo diferentes parámetros de fabricación. Los resultados verificaron la gran influencia de los parámetros, intensidad de corriente (A) y velocidad de fabricación, en las propiedades finales de especímenes monocapa. Análisis microestructurales centrados en la zona de contacto de los especímenes con el sustrato de deposición mostraron que, a mayor intensidad de corriente de fabricación, el sustrato se vio más afectado por la intensidad de este parámetro, incluso a un elevado valor de velocidad de fabricación.

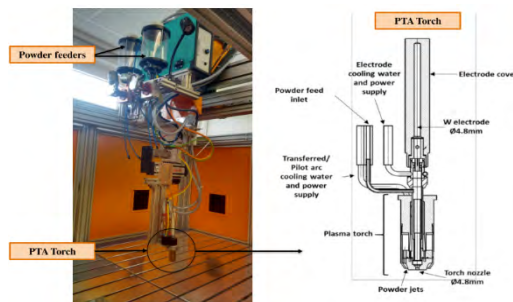
## **1. Introducción**

Los materiales compuestos de base titanio, son excelentes candidatos para aplicaciones en el sector aeroespacial; en dicho campo se requieren materiales con buenas propiedades específicas y a la corrosión, es por ello por lo que investigaciones en torno a estos materiales son cada vez más numerosas. Por otro lado, técnicas de fabricación aditiva están emergiendo con el objetivo de satisfacer diseños complejos de piezas donde los costes de material-fabricación son relevantes. La conjunción del desarrollo de técnicas aditivas para la fabricación en el sector aeroespacial de piezas de titanio reforzado enmarca la investigación realizada en este trabajo. Piezas de

titanio grado 5 (Ti6Al4V) reforzadas con un 30 % en peso de  $B_4C$ , se han producido mediante la técnica aditiva conocida como *Plasma Transferred Arc*. Debido a la complejidad del material y a la técnica de fabricación empleada, sólo se han producido piezas monocapa. La novedad que presenta este estudio se basa en los diferentes parámetros empleados para la consolidación de dichas piezas. Considerando los parámetros más relevantes, variaciones de los mismos conllevan resultados diversos; evaluando la influencia de dichos parámetros sobre la microestructura y dureza de los especímenes producidos, los resultados muestran el fenómeno de crecimiento de grano, no sólo en el espécimen fabricado, sino también en el sustrato donde se realiza la deposición de la capa.

## 2. Materiales y métodos

Como materiales de partida se seleccionaron polvo de titanio Grado 5, empleado por los autores en trabajos anteriores (Ariza-Galván *et al.*, 2019), y partículas cerámicas de  $B_4C$ . La composición del 30 % en peso y las características de estas partículas se fijaron considerando resultados obtenidos en investigaciones previas (Ariza-Galván *et al.*, 2017). La técnica aditiva empleada para la fabricación de los especímenes fue *Plasma Transferred Arc*.



**Figura 4.** Equipo empleado en la fabricación aditiva: Plasma Transferred Arc.

**Fuente:** elaboración propia.

En la Figura 1 se puede observar el equipo empleado para la consolidación y las partes de las que se compone; la antorcha, donde se produce el plasma, así como el dispositivo alimentador, por donde se suministra el polvo soplado. El desplazamiento del brazo móvil permite la construcción de las piezas. La mesa de trabajo de aluminio consta de sujeciones para los sustratos, sobre los cuales se fabrican los distintos especímenes. Los parámetros de procesamiento fueron variándose con objeto de evaluar su influencia a nivel microestructural y sobre las propiedades finales de los especímenes. En la Tabla 1 se presentan los valores bajo los cuales se fabricaron las diferentes muestras; en todas ellas se partió de la misma mezcla de polvo y



condiciones ambientales. Además, la fabricación de todos los especímenes se realizó mediante la deposición de una única capa de material sobre un sustrato comercial de titanio grado 5 (Ti6Al4V). Una vez fabricadas las muestras éstas fueron caracterizadas y, para ello, se cortaron transversalmente. Se analizó la microestructura mediante la técnica de microscopía óptica y además se midió la dureza Vickers en distintos puntos de la sección estudiada.

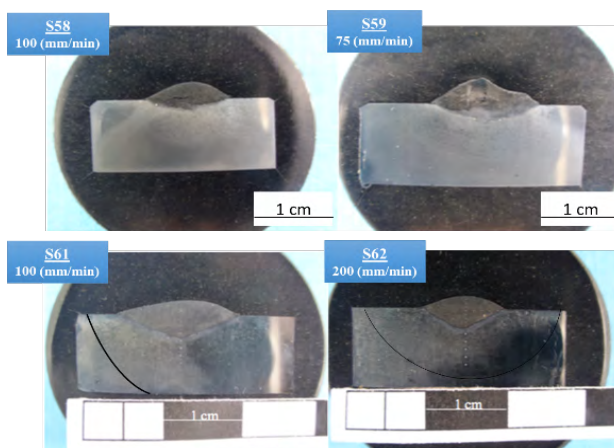
**Tabla 4.** Parámetros de procesamiento de los especímenes de TMCs vía PTA.

	Intensidad de corriente [A]	Velocidad [mm/min]	Altura antorcha-sustrato [mm]
S58	150	100	10
S59	150	75	10
S60	180	75	10
S61	210	100	10
S62	210	200	10

**Fuente:** elaboración propia.

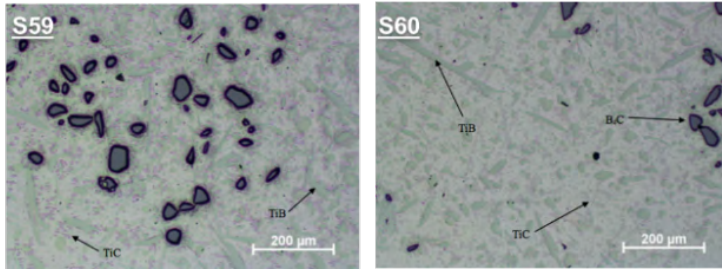
### 3. Resultados y discusión

Los resultados obtenidos del estudio microestructural revelaron la importancia de los parámetros de fabricación, tal y como se había previsto. En la Figura 2 se pueden comparar los efectos de la velocidad de avance de fabricación (mm/min) durante la deposición. Los sustratos menos afectados son aquellos donde este parámetro es mayor. La concentración de calor hace que el grano crezca y que se engrose el tamaño de grano; esto ocurre en las muestras S58 y S59, donde la velocidad de avance presenta el menor valor.



**Figura 2.** TMCs producidos bajo distintos valores de velocidad de avance (mm/min).

**Fuente:** elaboración propia.



**Figura 3.** Microestructura de TMCs procesados con diferente intensidad de corriente.  
**Fuente:** elaboración propia.

En el caso de la intensidad de corriente (A) del arco transferido, las diferencias se aprecian en los precipitados de TiB y TiC que aparecen. El tamaño del  $B_4C$  resultante es menor y el tamaño de los productos mayor en la zona inferior de la soldadura, ya que el calor no llega en igual medida (ver Figura 3).

#### 4. Conclusiones

Como conclusiones de la investigación realizada, se pueden valorar: i) A mayor velocidad de avance, se tiene una menor exposición al calor, aumenta el tamaño de grano y, por tanto, disminuye la dureza. Por otro lado, al disminuir la velocidad, la zona afectada térmicamente es mayor y disminuye la cantidad de gas ocluido en el cordón, al residir durante más tiempo el calor transmitido; en cuanto al  $B_4C$  y a los productos de la reacción, se puede concluir que al disminuir la velocidad de avance, mayor cantidad de  $B_4C$  reacciona con la matriz de titanio, creando mayor número de productos de reacción y de mayor tamaño, con sus formas características; ii) La intensidad de corriente del arco transferido es el parámetro con más influencia. Al aumentar, el calor generado es mayor, afectando a las propiedades de la probeta. La altura del cordón de soldadura es menor y la anchura es mayor, como consecuencia de una mejor soldadura. El tamaño de grano aumenta gracias a la adición de calor, provocando que la dureza sea menor. La porosidad esférica disminuye cuando aumenta, ya que el tiempo de enfriamiento aumenta permitiendo salir al gas ocluido; en cuanto al  $B_4C$  y a los productos de reacción, se observa una mayor cantidad de  $B_4C$  transformado a mayor intensidad, así como más TiB y TiC de mayor tamaño, con sus formas características de aguja o placa y dendritas respectivamente.

## **Referencias bibliográficas**

- Ariza-Galván, E., Montealegre-Meléndez, I., Arévalo, C., Kitzmantel, M., y Neubauer, E.** (2017). Ti/B4C Composites Prepared by In Situ Reaction using Inductive Hot Pressing. *Key Engineering Materials*, 742, 121-128. [https://www.researchgate.net/publication/318117457\\_TiB4C\\_Composites\\_Prepared\\_by\\_In\\_Situ\\_Reaction\\_Using\\_Inductive\\_Hot\\_Pressing](https://www.researchgate.net/publication/318117457_TiB4C_Composites_Prepared_by_In_Situ_Reaction_Using_Inductive_Hot_Pressing)
- Ariza-Galván E., Montealegre-Meléndez I., Pérez-Soriano E.M., Arévalo C., Neubauer E., Kitzmantel M.** (2019). Secondary Phases Study in Titanium Matrix Reinforced with TiB<sub>2</sub>. *Proceedings of EuroPM 2019 Conference*. [https://www.researchgate.net/publication/336275330\\_Secondary\\_Phases\\_Study\\_In\\_Titanium\\_Matrix\\_Reinforced\\_With\\_TiB2](https://www.researchgate.net/publication/336275330_Secondary_Phases_Study_In_Titanium_Matrix_Reinforced_With_TiB2)



## LOOKING FOR NEW COMPOUNDS TO BATTLE ANTIBIOTIC RESISTANCE: OPTIMIZATION OF ORGANIC SOLVENTS

**María Pérez-Aranda<sup>1,\*</sup>, Ana Alcludia<sup>1</sup>, Belén Begines<sup>1</sup>, Eloísa Pajuelo<sup>2</sup>, Ignacio Rodríguez<sup>2</sup>, Guillermo Martínez<sup>1</sup>, M<sup>a</sup> Jesús Martín<sup>3</sup>, Salvadora Navarro<sup>2</sup>.**

<sup>1</sup>*Departamento de Química Orgánica Y Farmacéutica. Facultad de Farmacia. Universidad de Sevilla. C/ Profesor García González, s/n cp.: 41012 (Sevilla).*

<sup>2</sup>*Departamento de Microbiología y Parasitología. Facultad de Farmacia. Universidad de Sevilla. C/ Profesor García González, s/n cp.: 41012 (Sevilla).*

<sup>3</sup>*Departamento de Química Analítica. Facultad de Química. Universidad de Sevilla. C/ Profesor García González, s/n cp.: 41012 (Sevilla).*

E-mail de correspondencia: [mariapar89@gmail.com](mailto:mariapar89@gmail.com)

### Abstract

A high number of pathogens have shown the capacity of resist to the action of antibiotics. This fact presents a very important problem to public health and highlights the necessity of looking for new substances as alternative to antibiotics.

Since some of these substances have a hydrophobic nature they need to be solved in organic solvents. Some of these solvents are also toxic to bacteria, mainly affecting membranes. For these reasons it is necessary to perform a study of the toxicity of organic solvents to bacteria, which has been the aim of this work.

Five organic solvents, DMF (dimethylformamide), TBME (tert-butyl methyl ether), THF (tetrahydrofuran), DMSO (dimethyl sulfoxide) and CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> (dichloromethane), have been tested, using two of the most prevalent pathogens (*Staphylococcus pseudintermedius* and *Pseudomonas aeruginosa*,) both in animals and humans.

The results show that, when possible, DMSO followed by TBME are the best options for testing new compounds in *Staphylococcus pseudintermedius*, whether DMF followed by TBME are the preferred solvents for testing hydrophobic compounds in *Pseudomonas aeruginosa*.

## 1. Introduction and objectives of the study

Due to the emerging problem of antibiotics resistance, looking for new compounds to inhibit bacterial growth has become indispensable (Somayaji *et al.*, 2016; Fungwithaya *et al.*, 2017; Vingopoulou *et al.*, 2018). In order to test a big number of compounds with different chemical properties it is necessary the use of organic solvents (Galvao *et al.*, 2014; Radošević *et al.*, 2018). The main objective of the present study is to determine the toxicity rate and impact of these organic solvents in bacterial cultures of *Staphylococcus pseudintermedius* and *Pseudomonas aeruginosa*, two of the most frequent multiresistant pathogens in small animals and potential zoonoses (Somayaji *et al.*, 2016; Fungwithaya *et al.*, 2017; Vingopoulou *et al.*, 2018). This study lays the foundations for further investigation using polymers and nanoparticles for the same purpose.

## 2. Material and Methods

Two bacterial strains have been tested, *Staphylococcus pseudintermedius* from the Belgium Collection of Bacterial Cultures (LMG22219) and *Pseudomonas aeruginosa* from the Spanish Collection of Bacterial Cultures (CECT 110).

The essay includes five organic solvents: DMF (Dimethylformamide), TBME (*tert*-butyl methyl ether), THF (Tetrahydrofuran), DMSO (Dimethyl sulfoxide) and CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> (dichloromethane).

Three serial dilutions of liquid bacterial cultures (TSB) per solvent were used:

- 1/1000 dilution: 1ml of TSB and 1μl of pure solvent.
- 1/100 dilution: 1ml of TSB and 10μl of pure solvent.
- 1/10 dilution: 900μl of TSB and 100μl of pure solvent.

As controls, we use TSB medium alone (negative control) and TSB medium inoculated (positive control). A total of 34 tubes were tested, 17 for each strain (3 dilutions x 5 repetitions, together with two positive and negative controls). Once the dilutions were prepared, they were incubated for 24 hours at 37 °C. After that, the presence of bacterial growth was evaluated using both qualitative and quantitative methods. As a qualitative indicator, the turbidity of the dilution was used; the more turbid the medium is, the more bacterial growth is present. As quantitative method the absorbance at 600 nm of wavelength was measured, obtaining a turbidity value, which is directly proportional to bacterial growth.

### 3. Results

An easy and quick visual evaluation of the samples showed that turbidity was present in all the tubes, being considerably less intense in the most concentrated ones (1/10 dilution), suggesting that these five solvents interfered with bacterial growth at high concentrations, but did not achieve a complete inhibition of it.

Interestingly, the absorbance rates indicate:

In **TBME** both strains had a similar response. At 1/1000 and 1/100 concentrations, absorbance rates were significantly higher than the positive control, whereas, at 1/10 concentration the absorbance rates turned lower than the control, indicating that at high concentration TBME were capable of restraining bacterial growth of the strains essayed.

In **CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>**, at 1/1000 concentrations absorbance rates were similar to the positive control. At 1/100 concentration, while in *Staphylococcus pseudintermedius* we find a much higher rate than the positive control, in *Pseudomonas aeruginosa* were just similar to it.

When the concentration increases, both rates decreased under the positive control, remarkably in *Staphylococcus pseudintermedius*, indicating that while bacterial growth of both strains have been compromised, *Pseudomonas aeruginosa* tolerated higher rates of this solvent. .

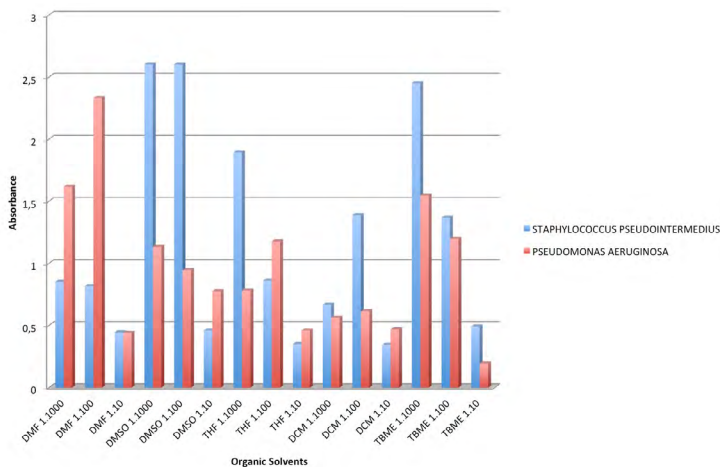
Analyzing **DMF** rates it showed that *Pseudomonas aeruginosa* tolerated much higher concentrations of it than *Staphylococcus pseudintermedius*. At 1:1000 concentration *Staphylococcus pseudintermedius* rates are very similar to the control, while in *Pseudomonas aeruginosa* were considerably higher.

When the concentration increased to 1:10, both strains showed a remarkably drop of the rates under the control, indicating a restriction of bacterial growth.

In case of **DMSO**, in both 1:1000 and 1:100 concentrations the absorbance rates were higher than the positive control in both strains. However, when the concentration increased to 1:10, *Staphylococcus pseudintermedius* experimented a remarkable drop of the values down the control, while *Pseudomonas aeruginosa* remained similar to the control, indicating that toxicity of DMSO in *Staphylococcus pseudintermedius* was more intense than in *Pseudomonas aeruginosa*, which showed a higher tolerance.

About **THF**, *Staphylococcus pseudintermedius* showed higher sensitivity to the solvent, being the absorbance rates similar to the control at 1:100 concentrations and much

lower at 1:10 concentration. On the other hand, *Pseudomonas aeruginosa* showed high tolerance, remaining similar to the positive control at 1:10 concentration.



**Figure 1.** Results of absorbance.

**Source:** own elaboration.

#### 4. Discussion and Conclusions

Analyzing the toxicity of the most frequent organic solvents used in chemical synthesis is indispensable to continue with further investigation of new molecules to inhibit bacterial growth.

The aim of this study is to establish the limits of concentration for bacterial toxicity of five organic solvents and analyze the behavior of bacterial growth in presence of foreign substances.

Analyzing the results we can conclude that the 1:1000 concentration is the one that is safe to use to solve hydrophobic substances, since it guaranteed good bacterial toleration. When not possible, the best option for *Staphylococcus pseudintermedius* is using DMSO or TBME at 1/100 dilution. By contrast, the best solvents for solving organic compounds for *Pseudomonas aeruginosa* were DMF and TBME at 1/100 dilution.

We consider the present study a first and very necessary step in the development of a new generation of substances to battle antibiotic resistant bacteria.



## References

- Fungwithaya, P., Chanchaithong, P., Phumthanakorn, N., & Prapasarakul, N.** (2017). Nasal carriage of methicillin-resistant *Staphylococcus pseudintermedius* in dogs treated with cephalexin monohydrate. *Canadian Veterinary Journal*, 58(1), 73–77. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5157743/>
- Galvao, J., Davis, B., Tilley, M., Normando, E., Duchon, M., & Cordeiro, F.** (2014). Unexpected low-dose toxicity of the universal solvent DMSO. *Federation of American Societies for Experimental Biology Journal*, 28(3), 1317-1330. <https://doi.org/10.1096/fj.13-235440>
- Radošević, K., Čanak, I., Panić, M., Markov, K., Bubalo, M. C., Frece, J., Srček, V. G., & Redovniković, I. R.** (2018). Antimicrobial, cytotoxic and antioxidative evaluation of natural deep eutectic solvents. *Environmental Science and pollution research International*, 25(14), 14188-14196. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-1669-z>
- Somayaji, R., Priyantha, M.A.R, Rubin, J. E., & Church, D.** (2016). Human infections due to *Staphylococcus pseudintermedius*, an emerging zoonoses of canine origin: report of 24 cases. *Diagnostic Microbiology and Infectious Disease*, 85(4), 471-6. <https://doi.org/10.1016/j.diagmicrobio.2016.05.008>
- Vingopoulou, E., Delisb, G., Batziasb, G., Kaltsogianni, F., Koutinas, A., Kristo, I., Pournaras, S., Saridomichelakis, M. N., & Siarkou, V. I.** (2018). Prevalence and mechanisms of resistance to fluoroquinolones in *Pseudomonas aeruginosa* and *Escherichia coli* isolates recovered from dogs suffering from otitis in Greece. *Veterinary Microbiology*, 213, 102-107. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2017.11.024>



# **RECUBRIMIENTOS PROTECTORES APLICADOS MEDIANTE REDUCCIÓN QUÍMICA PARA ACEROS**

**María Alonso-González<sup>1,2,\*</sup>, Mercedes Jiménez-Rosado<sup>1</sup>, Víctor Manuel Pérez-Puyana<sup>1</sup>, Alicja Stankiewicz<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Sevilla, Sevilla.*

<sup>2</sup> *Edinburgh Napier University. The School of Engineering & the Built Environment.*

E-mail de correspondencia: [maralonso@us.es](mailto:maralonso@us.es)

## **Resumen**

Científicos de todo el mundo trabajan para lograr formas más eficientes de proteger los metales de la corrosión. Una de las formas más empleadas por mejorar otras propiedades además de la resistencia a la corrosión en aceros, es la reducción química de níquel. Cuando se emplea hipofosfito como agente reductor en este proceso, se desarrollan recubrimientos cuyas propiedades pueden mejorarse aún más tras un tratamiento térmico. Para evitar los problemas asociados a estos tratamientos, se pueden codepositar durante el mismo proceso partículas cerámicas duras que proporcionan a la pieza las propiedades deseadas en la deposición. Este trabajo tiene como objetivo diseñar un procedimiento adecuado para el desarrollo de recubrimientos de níquel, fósforo y nanopartículas de ceria en aceros.

## **1. Introducción**

Proteger los metales contra la corrosión es de muy importante y, para ello, existen infinidad de métodos entre los que es posible destacar los recubrimientos protectores por su elevada eficacia. Uno de los procesos más empleados para desarrollar recubrimientos protectores es la reducción química, que implica la introducción del sustrato en una solución (baño) que contenga iones del metal que compondrá el recubrimiento además de un agente reductor de forma que estos iones son reducidos a metal en la superficie del sustrato sin necesidad de corriente eléctrica.

La reducción química de níquel empleando hipofosfito como agente reductor es de los procesos más empleados para dar lugar a recubrimientos con elevadas propiedades superficiales (Alberth, 1979). Estos recubrimientos se pueden mejorar para englobar otras aplicaciones. En este sentido, una de las principales líneas de investigación es la codeposición de nanopartículas cerámicas de elevada dureza. En estudios recientes se ha demostrado que la adición de nanopartículas de ceria

(CeO<sub>2</sub>) da lugar a recubrimientos protectores de alta dureza (Jin, Jiang, y Zhang, 2008) aunque se requiere más conocimiento del proceso para optimizar las condiciones de procesado y las propiedades de los recubrimientos obtenidos. Con este objetivo, en este trabajo se desarrollan recubrimientos protectores de níquel, fósforo y nanocería sobre la superficie de aceros mediante tres métodos diferentes para la adición de la fase cerámica. El éxito de los procesos vendrá dado por la eficiencia de obtención de los recubrimientos y las propiedades de estos.

## **2. Materiales y métodos**

### ***2.1. Composición y condiciones del baño***

La composición del baño incluye una fuente de iones de níquel (NiO<sub>4</sub>S·6H<sub>2</sub>O), un agente reductor (H<sub>2</sub>NaO<sub>2</sub>P·H<sub>2</sub>O) y un agente complejante (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>Na<sub>3</sub>·2H<sub>2</sub>O), todos ellos en concentraciones adecuadas según la literatura. Ningún otro reactivo se tuvo en cuenta aunque en estudios similares otras sustancias como reguladores del pH y aceleradores son añadidas frecuentemente. Dada la composición, el valor del pH (8,0, ajustado empleando NaOH y HCl) y temperatura (70 °C) fueron escogidas como aquellas que daban una mayor estabilidad al baño.

### ***2.2. Procesos de recubrimiento***

En estas condiciones de referencia se depositaron recubrimientos únicamente de níquel y fósforo (Ni-P) para posteriormente seguir el mismo protocolo para la codeposición de nanocería. La fase cerámica se añadió de tres formas diferentes: en forma de nanopartículas, nanodispersión y sol, siempre en la misma concentración dada por Balaraju (2003).

### ***2.3. Caracterización de los recubrimientos***

En primer lugar se midió el grosor de los recubrimientos para calcular la velocidad de deposición. A continuación, la morfología y composición de los mismos fueron evaluadas empleando el microscopio de barrido electrónico (SEM) y análisis de rayos X (EDX). Finalmente, la dureza de los recubrimientos, su resistencia a la abrasión y a la corrosión fueron evaluados.

## **3. Resultados y discusión**

En la Tabla 1 se muestran los resultados obtenidos para cada uno de los procesos para las velocidades de deposición, composición y dureza. Como se puede apreciar, solo se incluyen dos procesos con nanocería además del recubrimiento de referencia

pues el baño con la adición de ceria en forma de sol no resultó en deposición. El proceso con mayor velocidad de deposición es el correspondiente a la adición de nanopartículas seguido por el de referencia y finalmente el llevado a cabo con nanodispersión, que resultó ser el más lento. En cuanto a la composición (el contenido no indicado corresponde a Ni y O), el único proceso que dio lugar a la deposición de la fase cerámica fue el que incluía la nanodispersión con un contenido en Ce del 6.8 wt. % y en P ligeramente superior al de referencia. La adición de nanopartículas no causó la deposición de Ce pero aumentó el contenido en P del 3.2 al 5.2 wt.%. El efecto sobre la morfología se puede observar en la Figura 1 donde se ve que las nanopartículas parecen aportar sitios para la nucleación resultando en un tamaño de grano menor en comparación con el recubrimiento de referencia. Por el contrario, la nanodispersión no afina el tamaño de grano además de producir pequeños depósitos en sus superficies. Aquí es donde se ve que los parámetros escogidos resultan en un proceso de codeposición diferente que se hace patente en la morfología de los depósitos obtenidos pues difieren considerablemente de los obtenidos por Balaraju (2003).

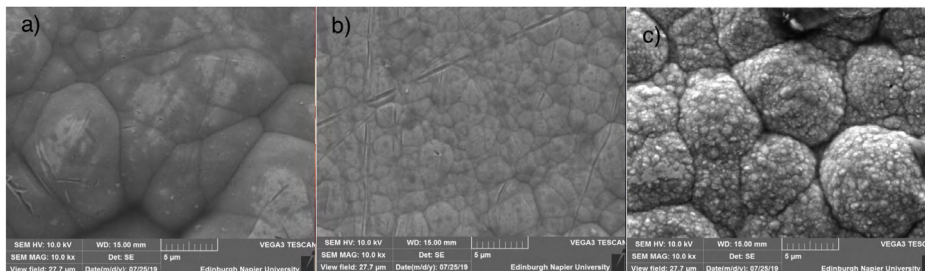
**Tabla 5.** Velocidad de deposición, composición y dureza de los distintos procesos.

Recubrimiento	Ni-P	Ni-P/CeO <sub>2</sub> nanopartículas	Ni-P/CeO <sub>2</sub> nanodispersión
Velocidad de deposición (mm/min)	0,175	0,233	0,058
Composición P (wt. %) Ce (wt. %)	3,2 -	5,2 0,1	3,7 6,8
HV	469	327	318

**Fuente:** elaboración propia.

Siguiendo con las propiedades mecánicas, la dureza disminuye cuando aumenta el contenido de P de los depósitos (baño con nanopartículas), como cabe esperar según la literatura (Jin *et al.*, 2008). Por el contrario, la deposición de nanocería nos lleva a un resultado similar al del proceso de codeposición, es decir, por debajo del resultado de referencia siendo el contenido en P similar, lo que no era el resultado esperado. La resistencia a la abrasión sigue un comportamiento similar al de la dureza, como cabe esperar para este tipo de materiales sin diferencias significativas en los índices de abrasión obtenidos, por ello no se muestran explícitamente. Finalmente, la resistencia a la corrosión se evaluó mediante la observación de los recubrimientos sometidos a unas condiciones corrosivas durante 48 h. Las primeras muestras en fallar fueron las correspondientes al baño con nanodispersión, es decir, aquellas con ceria. De nuevo la codeposición no resulta en una mejora de los recubrimientos.

Posteriormente comenzaron a ser visibles marcas de corrosión en los recubrimientos de referencia quedando los recubrimientos con alto contenido en P, es decir, los correspondientes al baño con nanopartículas, intactos. Como era de esperar, estos últimos presentan la mayor resistencia.



**Figura 1.** Imágenes SEM de los recubrimientos de a) Ni-P b) Nanopartículas de Ni-P/CeO<sub>2</sub> c) Nanodispersión de Ni-P/CeO<sub>2</sub>.

**Fuente:** elaboración propia.

#### 4. Conclusiones

Se concluye que los parámetros escogidos para el desarrollo del proceso no eran los adecuados para la codeposición de nanocería distribuida sobre la matriz conteniendo níquel y fósforo ya que las propiedades medidas no mejoran las del recubrimiento de referencia.

#### Agradecimientos

Los autores agradecen el tiempo y dedicación de Alicja supervisando el trabajo en todo momento así como las becas predoctorales de Víctor M. Pérez Puyana (VPPI-US) y de Mercedes Jiménez Rosado (FPU17/01718).

#### Referencias bibliográficas

- Alberth, W.** (1979). *Chemical (Electroless) Nickel Plating*. GALVANOTECHNIK.
- Balaraju, J.** (2003). Electroless Ni-P composite coatings. *Journal of Applied Electrochemistry*, 33, 807–816. <https://doi.org/10.1023/A:1025572410205>
- Jin, H. M., Jiang, S. H., y Zhang, L. N.** (2008). Microstructure and corrosion behavior of electroless deposited Ni-P/CeO<sub>2</sub> coating. *Chinese Chemical Letters*, 19(11), 1367-1370. <https://doi.org/10.1016/j.ccllet.2008.06.040>

# **SÍNTESIS E INMOVILIZACIÓN DE NANOPARTÍCULAS DE PLATA SOBRE SUBSTRATOS DE TITANIO POROSO CON POTENCIAL USO EN MATERIALES IMPLANTABLES**

**Juliana Gaviria<sup>1</sup>, Junes Abdul<sup>1</sup> Yadir Torres<sup>2</sup> José Antonio Rodríguez-Ortiz<sup>2</sup>  
Freimar Segura<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> *Grupo de Biomateriales Avanzados y Medicina Regenerativa, BAMR 1, Programa de Bioingeniería, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.*

<sup>2</sup> *Departamento de Ingeniería y Ciencia de los Materiales y del Transporte, Escuela Politécnica Superior, Universidad de Sevilla, España.*

<sup>3</sup> *Grupo de Investigación Biopolímer, Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Alimentarias, Universidad de Antioquia, Colombia.*

## **Resumen**

Los biomateriales como el titanio (Ti) c.p desempeñan un papel clave en el éxito actual de los procedimientos de implantes. En general, los implantes de Ti son biocompatibles y permiten el crecimiento óseo de manera ordenada, pero, en los cinco años posteriores a la implantación, 5-10% fracasan a raíz de una osteointegración deficiente. En este trabajo se sintetizaron nanopartículas de plata (NpsAg) para su posterior inmovilización sobre sustratos de Ti poroso (100-500  $\mu\text{m}$ ). Las NpsAg se sintetizaron por reducción química húmeda con  $\text{NaBH}_4$ , a partir de  $\text{AgNO}_3$ . Se obtuvo una suspensión coloidal de NpsAg (30-119.5 nm), por metodologías “*in situ*” y “sumergido”. La inmovilización en los sustratos de Ti poroso se realizó por silanización con APTES ( $\text{C}_9\text{H}_2\text{3NO}_3\text{Si}$ ), previa hidroxilación con hidróxido de sodio o solución piraña ( $\text{NaOH}$  y  $\text{H}_2\text{O}_2$  /  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Los sustratos funcionalizados con NpsAg mostraron actividad antibacteriana en cultivos de *Staphylococcus aureus*.

## **1. Introducción**

El hueso es el tejido del sistema músculo-esquelético con una mayor frecuencia de reemplazos (Torres *et al.*, 2018). Los biomateriales implantados desempeñan un papel clave en el éxito actual de los procedimientos ortopédicos. La modificación química superficial es utilizada en la conversión química de Ti bioinerte a bioactivo (Souza *et al.*, 2019). The main aim of this review study was to report the state of art on the nano-scale technological advancements of titanium implant surfaces to enhance the osseointegration process. Several methods of surface modification

are chronologically described bridging ordinary methods (e.g. grit blasting and etching). El tratamiento superficial de Ti poroso con NpsAg puede ser ideal debido a su actividad antibacteriana (Benčina *et al.*, 2018), como lo indican estudios reportados por Shibata y Tanimoto (2015) whether such concepts are in the form of sufficiently evidence-based, and highlights the related experimental tools. Study selection: A strong emphasis was placed on the enhanced biological responses to titanium implants by modifying the surface finishing process. On this basis, a clear partition of surface chemistry and topography was critical. Results: The intrinsic host tissue response to titanium implants is facilitated by the chemistry or topography of a passive oxide film, although the extent to which the surface characteristics enable rapid osseointegration is still uncertain. Conclusion: Besides the fundamental requirements, such as the promotion of osteogenic differentiation, the titanium implant surface should accelerate wound-healing phenomena prior to bone ingrowth toward the surface. Moreover, because initial bacterial attachment to the implant surface is unavoidable, infection control by surface modification is also an important determinant in reducing surgical failure. A desirable surface-biological relationship often needs to be characterized at the nanoscale by means of advanced technologies (Shibata & Tanimoto, 2015). El objetivo central de este trabajo fue obtener una ruta de elaboración de NpsAg y deposición sobre sustratos de Ti poroso con propiedades antibacterianas.

## 2. Materiales y métodos

La síntesis de NpsAg por reducción química se llevó a cabo utilizando Nitrato de plata ( $\text{AgNO}_3$ , pureza 99.9%) y Borohidruro de sodio ( $\text{NaBH}_4$ , pureza 96%). Para la hidroxilación de la superficie de Ti se empleó Peróxido de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{O}_2$ , pureza 97%) y Ácido Sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ , pureza 99.99%) de J.T. Baker®. Para la silanización superficial de Ti, Acetona 3-aminopropil-trietoxisilano (APTES, pureza 99,5%) marca Sigma Aldrich. Se realizó un ensayo preliminar de actividad antibacteriana en superficies de Ti contra la bacteria gram positiva, *Staphylococcus aureus*.

## 3. Resultados y discusión

### 3.1. Sistema coloidal de NpsAg

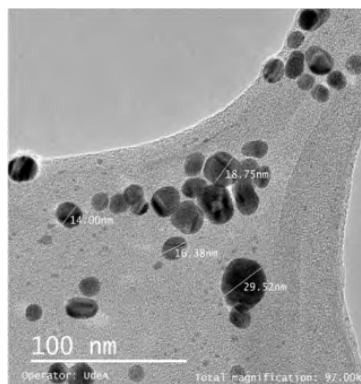
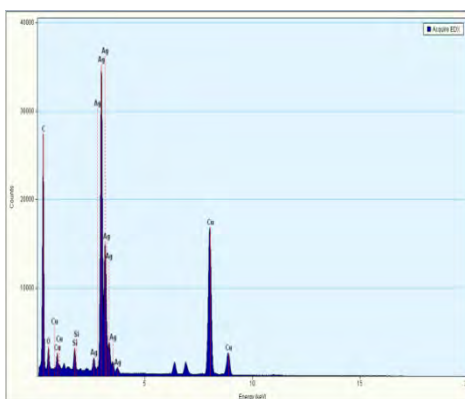
El resultado de la elaboración de la suspensión coloidal de NpsAg correspondió a un típico color amarillo pálido provenientes de la reducción de la sal de plata ( $\text{AgNO}_3$ ). Gonzales *et al.* (2014) 78



shape, and optical properties of silver nanoparticles is proving to be very useful in a range of high performance applications. Considerable effort and investment are focused on delivering silver nanoparticles with precise morphologies. However, the reliability of these particles is contingent upon the morphological stability, particularly against variations in the thermodynamic environment, such as changes in temperature. Using a combination of computational and theoretical approaches, we have constructed a size- and shape-dependent phase diagram of nanoscale silver and projected the optical emission spectrum to produce a detailed structure/property map at thermal equilibrium. This map demonstrates that faceted near-spherical shapes and spheres are the predominant morphologies in a Ag NPs colloidal sample at low and high temperatures, showing a light yellow color. However, samples with more faceted shapes such as cubes or tetrahedrons, which gain stability at sizes smaller than 8 nm at intermediate temperatures, will present brighter yellow hues and dark red colors, respectively (González, Noguez, Beránek, & Barnard, 2014) reportaron la elaboración de suspensiones con tonos amarillos más brillantes. En la Tabla 1 se puede observar que en ambos casos los resultados son consistentes.

**Tabla 6.** Potencial Zeta (ZP), Tamaño de Partícula (T), Índice de Polidispersidad (Pdl) de suspensión coloidal de Ag.

Reducción Química NpsAg 25 °C				
Hidroxilación	ZP mV	Tamaño d. nm	Pdl	Pdl
Ti-(L-a)	-29,6	116,2	0.332	7
Ti-(L-b)	-36.4	119,5	0.402	7



a)

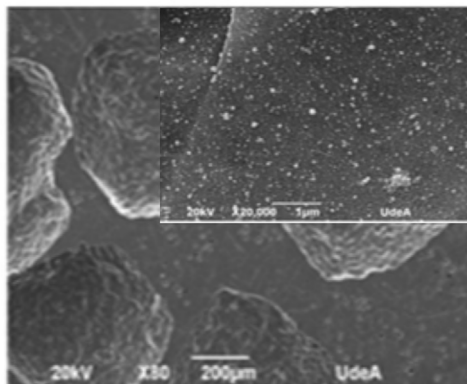
b)

**Figura 1.** NpsAg sintetizadas por la metodología “in situ” (a) EDX (b) TEM.

Las nanopartículas sintetizadas durante la fase de elaboración de la suspensión coloidal observadas son pequeñas cuasiesferas y composición de Ag elaborada (Figura 1).

### *3.2. Modificación superficial Titanio con NpsAg*

La inmovilización y deposición de NpsAg se observó con éxito en todos los sustratos de Ti poroso. La Figura 2 recoge este hecho a modo de ejemplo para el disco fabricado un 30% en volumen de espaciador. Por otro lado, la arquitectura porosa obtenida permite el transporte de sustancias, nutrientes y el crecimiento del hueso hacia el interior. Por otro lado, la textura superficial inherente a la fabricación y el proceso de modificación superficial permite la adhesión de osteoblastos y la potencial osteointegración del implante.



**Figura 2.** Micrografías SEM del sustrato de titanio-30% espaciador. Detalle de las NpsAg inmovilizadas sobre la superficie del titanio poroso grabada con “solución de piraña” durante 1.5 h a 75 °C.

### *3.3 Evaluación capacidad bactericida de Ti poroso modificado NpsAg*

En general, los sustratos de Ti funcionalizado con NpsAg presentaron actividad antibacteriana. La formación de una zona de inhibición para Ti modificado con NpsAg observado, son atribuibles a factores como la presencia de las NpsAg y/o iones de plata liberados. Dicho comportamiento se puede explicar ya que la NpsAg por su escala nano tendría una mayor exposición de contacto a la bacteria.

## **4. Conclusiones**

Los métodos utilizados por reducción química en la obtención de nanopartículas de plata fueron efectivos, arrojando diversos resultados, gracias a una adecuada

selección del tipo de agente reductor y agente estabilizador que permitió obtener nanopartículas cuasi esféricas, homogéneamente distribuidas y de tamaño nanométrico. Los resultados de Sem-EDX, Potencial Z, Tamaño de partícula muestran una interacción entre las NpsAg y las superficies de Ti. La actividad antibacteriana en general dependió de la presencia de Ag y la formación de una región de inhibición, básicamente de la exposición superficial del Ti nano y micro texturizado a las NpsAg.

## **Agradecimientos**

Mi agradecimiento a mi familia, en particular a mi hermana Verónica y Madre Ángela Patricia Restrepo, quien en todo momento acompañó la construcción del trabajo de grado con su amor y paciencia. Al profesor Juan José Pavón, así como al excelente comité asesor, quienes fueron mi motor, indispensable en búsqueda de recursos necesarios para la elaboración del trabajo.

## **Referencias bibliográficas**

- Benčina, M., Mavrič, T., Junkar, I., Bajt, A., Krajnović, A., Lakota, K., ... Iglič, A.** (2018). The Importance of Antibacterial Surfaces in Biomedical Applications. *Advances in Biomembranes and Lipid Self-Assembly*, 28, 1–51. <https://doi.org/10.1016/bs.abl.2018.05.001>
- González, A. L., Noguez, C., Beránek, J., y Barnard, A. S.** (2014). Size, shape, stability, and color of plasmonic silver nanoparticles. *Journal of Physical Chemistry C*, 118(17), 9128–9136. <https://doi.org/10.1021/jp5018168>
- Shibata, Y., y Tanimoto, Y.** (2015). A review of improved fixation methods for dental implants. Part I: Surface optimization for rapid osseointegration. *Journal of Prosthodontic Research*, 59(1), 20–33. <https://doi.org/10.1016/j.jpor.2014.11.007>
- Souza, J. C. M., Sordi, M. B., Kanazawa, M., Ravindran, S., Henriques, B., Silva, F. S., ... Cooper, L. F.** (2019). Nano-scale modification of titanium implant surfaces to enhance osseointegration. *Acta Biomaterialia*, 94, 112–131. <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2019.05.045>

**Torres, Y., Sarria, P., Gotor, F. J., Gutiérrez, E., Peon, E., Beltrán, A. M., y González, J. E.** (2018). Surface modification of Ti-6Al-4V alloys manufactured by selective laser melting: Microstructural and tribo-mechanical characterization. *Surface and Coatings Technology*, 348, 31–40. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2018.05.015>

# BIOFORTIFICACIÓN DE PLANTAS DE MEDICAGO SATIVA MEDIANTE EL USO DE NANOPARTÍCULAS CARGADAS CON HIERRO

**Manuel Merinero de los Santos<sup>1,2,\*</sup>, María Pérez-Aranda Redondo<sup>1,2</sup>, Belén Begines Ruiz<sup>1</sup>, María Jesús Martín Valero<sup>3</sup>, Salvadora Navarro-Torre<sup>2</sup>, Ignacio D. Rodríguez Llorente<sup>2</sup>, Eloísa Pajuelo Domínguez<sup>2</sup>, Ana Alcudia Cruz<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Facultad de Farmacia, Química orgánica y farmacéutica, Universidad de Sevilla, Sevilla.

<sup>2</sup>Facultad de Farmacia, microbiología y parasitología, Universidad de Sevilla, Sevilla.

<sup>3</sup>Facultad de química, Química analítica, Universidad de Sevilla, Sevilla.

E-mail de correspondencia: [lolo191995@gmail.com](mailto:lolo191995@gmail.com)

## Resumen

El concepto de biofortificación se basa en incrementar el valor nutricional de los diferentes alimentos por medio de métodos de selección, mejora de cultivos o ingeniería genética. En este sentido, el trabajo que presentamos ha utilizado nanopartículas cargadas con hierro como parte de la disolución de riego, con el objeto de evaluar cómo se incorpora este elemento en plantas de cultivo destinadas a la alimentación animal. En este trabajo se empleó como planta experimental la especie *Medicago sativa*, cuyo nombre común es alfalfa y suele usarse como alimento de forrajeo para los animales de granja. Los experimentos mostraron que las nanopartículas tenían efectos muy positivos sobre el crecimiento y se observaba un aumento importante en la concentración de la clorofila de la propia planta.

## 1. Introducción

La falta de micronutrientes, también llamada “The hidden hunger”, es un problema mundial generalizado (Elemike *et al.*, 2019). En este sentido, la biofortificación, es decir, el aumento del contenido de micronutrientes (como Fe, Zn, Se o vitaminas) en las plantas para la mejora nutricional alimentaria, está surgiendo como una solución a este problema. Actualmente, se ha desarrollado como una estrategia muy conveniente, el uso de nanopartículas híbridas orgánico-metálicas (NP) para mejorar el contenido de Zn en las plantas (Bouis y Saltzman, 2018). En particular, sería interesante investigar si las NP mejorarían la capacidad de la planta para acumular más Fe cuando se suministra en forma de alcohol polivinílico combinado con ácido

tánico y nanopartículas de Fe. Vale la pena mencionar que el ácido tánico puede formar complejos con hierro (Fu y Chen, 2019), lo que aumenta las posibilidades de entregar Fe a la planta desde nanopartículas. De hecho, los NP de Zn-quitosano se han utilizado con éxito para proporcionar Zn a las plantas en proyectos de biofortificación (Dapkekar *et al.*, 2018). En el presente trabajo, se abordaron estos objetivos principales: analizar la capacidad de los NP de PVA / TA / Fe para promover el crecimiento, la fisiología de la alfalfa y para aumentar el contenido de Fe en las plantas.

## **2. Materiales y métodos**

### ***2.1. Síntesis de nanopartículas cargadas con hierro***

Al PVA / TA / Fe Nps descrito por Aguilera *et al.*, (2016) se añadió  $\text{FeCl}_3$  anhidro sólido a la suspensión de PVA / TA NPs cambiando la mezcla de blanco a azul verdoso oscuro. La suspensión obtenida se dializó usando una membrana de celulosa contra agua destilada para eliminar el exceso de Fe no cargado en el Nps. Sorprendentemente, después de 48 a temperatura ambiente y agitación, no pudo salir Fe de la membrana, ya que no apareció un color marrón. El protocolo de análisis para el contenido de Fe en el Nps se llevó a cabo siguiendo el procedimiento colorimétrico típico descrito por Burriel *et al.*, (2008) para medir  $\text{Fe}^{2+}$ . En primer lugar,  $\text{Fe}^{3+}$  se redujo a  $\text{Fe}^{2+}$  con ácido ascórbico, que reacciona con o-fenantrolina para obtener un complejo naranja rojizo. La absorbancia de este complejo se mide a 512 nm utilizando un espectrofotómetro. La absorbancia está relacionada con la concentración de Fe usando la ley de Beer-Lambert, para revelar 2200 ppm de concentración total de Fe.

### ***2.2. Condiciones a las que se sometieron las plantas de *Medicago sativa****

Semillas de *Medicago sativa* germinadas previamente se plantaron en macetas (10 semillas por maceta) llenas con 1/3 de arena, 1/3 de vermiculita y 1/3 de perlita blanca, mezcladas y esterilizadas previamente en un autoclave. Las plantas se regaron con la solución estándar de nutrición vegetal (Broughton y Dilworth, 1971) suplementada con  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ . Por otro lado, parte del experimento fue regado con una tercera parte de la solución mencionada anteriormente para simular un suelo pobre. El experimento fue concebido como un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones de cada condición. Cada semana, las plantas se regaron dos veces con las soluciones correspondientes, como se muestra en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Condiciones a las que fueron sometidas las plantas de Medicago sativa.

Condiciones a las que fueron sometidas las plantas de Medicago sativa			
	Solución de riego	Nanopartículas	Componentes de las NPs sin formarlas
<b>Macetas 1</b>	100%	No	No
<b>Macetas 2</b>	100%	Si	No
<b>Macetas 3</b>	100%	No	Si
<b>Macetas 4</b>	33%	No	No
<b>Macetas 5</b>	33%	Si	No
<b>Macetas 6</b>	33%	No	Si

**Fuente:** elaboración propia.

### 3. Resultados y discusión

#### *3.1. Efectos de las nanopartículas en el crecimiento y fisiología de las plantas de Medicago sativa*

El análisis de los datos del crecimiento condujo a la conclusión de que tanto las nanopartículas como la solución de sus componentes tuvieron un efecto positivo en la mayoría de los parámetros de crecimiento de las plantas, en ambos regímenes de riego. Los datos de la fisiología muestran que el efecto es variable, dependiendo de los regímenes de riego y el parámetro fisiológico particular. Por ejemplo, en las plantas regadas con 33% de la solución de riego, tanto las nanopartículas como la solución de las componentes de las mismas mejoraron el estado fisiológico de las plantas.

#### *3.2. Efecto de los componentes de las nanopartículas en la clorofila*

Las plantas regadas con solución de riego al 100% y cultivadas en presencia las componentes de las nanopartículas mostraron un color verde muy oscuro en comparación con sus contrapartes de control (Figura 1). Por estas razones, se analizó el contenido de clorofilas a y b en estas plantas. Los datos indicaron un fuerte incremento de ambos picos de absorbancia a 645 y 664 nm. Esto corresponde a niveles aumentados en el contenido de clorofilas a y b (entre 2-3 veces en comparación con los controles). Es de destacar que este efecto no se observó en las plantas regadas con la solución de riego al 33%. Se revisaron también los niveles de clorofila en las plantas regadas con nanopartículas y a pesar de ser menor la cantidad de las mismas, también se vio una mejora en las mismas en comparación con el control.



**Figura 1.** Plantas de *Medicago sativa* control (izquierda) y con las componentes de las nanopartículas (derecha).

**Fuente:** elaboración propia.

#### 4. Conclusiones

Se concluyó que, la adición de nanopartículas o sus componentes en solución de sus componentes a las plantas tuvo un efecto positivo en el crecimiento. Además, estas plantas también presentaban una mejora en la cantidad de clorofila a y b.

#### Agradecimientos

A las personas que ayudaran a realizar este trabajo repartidas entre los departamentos de microbiología y química orgánica de la facultad de farmacia

#### Referencias bibliográficas

**Aguilera, J. R., Venegas, V., Oliva, J. M., Sayagués, M. J., de Miguel, M., Sánchez-Alcázar, J. A., Arévalo-Rodríguez, M., y Zaderenko, A. P.** (2016). Targeted multifunctional tannic acid nanoparticles. *RSC Advances*, 6, 7279. <https://doi.org/10.1039/C5RA19405A>

**Bouis, H. E., y Saltzman, A.** (2017). Improving nutrition through biofortification: A review of evidence from Harvest Plus, 2003 through 2016. *Global Food Security*, 12, 49-58. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2017.01.009>

**Dapkekar, A., Deshpande, P., Oak, M. D., Paknikar, K. M., y Rajwade, J. M.** (2018). Zinc use efficiency is enhanced in wheat through nanofertilization. *Scientific Reports*, 8, Article number: 6832. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-25247-5>



**Elemike, E. E., Uzoh, I. F., Onwudiwe, D. C., y Babalola, O. O.** (2019). The Role of Nanotechnology in the Fortification of Plant Nutrients and Improvement of Crop Production. *Applied Sciences*, 9(3), 499. <https://doi.org/10.3390/app9030499>



# **DESARROLLO DE NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDOS METÁLICOS MEDIANTE SÍNTESIS VERDE CON EXTRACTO DE HOJAS DE PHENIX DACTYLIFERA L Y EVALUACIÓN DE SU APLICACIÓN EN MATRICES BIOPOLIMÉRICAS**

**Johar Amin Ahmed Abdullah\*, Antonio Guerrero, Alberto Romero**

*Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Sevilla, Sevilla.*

E-mail de correspondencia: [johabd@alum.us.es](mailto:johabd@alum.us.es)

## **Resumen**

El desarrollo de la nanotecnología verde está generando el interés de los investigadores en la biosíntesis ecológica de las nanopartículas. Las nanopartículas de óxidos metálicos, como hierro o cinc, resultan particularmente interesantes en la investigación moderna sobre nanotecnología. Debido a sus propiedades únicas permite su integración en una extensa gama de aplicaciones, desde la industria médica pasando por la industria de cosméticos hasta su uso en agricultura y horticultura mediante la aportación de micronutrientes esenciales para el desarrollo de cultivos. El objetivo principal de este trabajo es desarrollar un proceso de síntesis “verde” de nanopartículas de óxidos metálicos usando extracto de hojas de Phoenix dactylifera L, que (NPs) sea capaz de sustituir a aquellos procesos convencionales basados en el uso de disolventes tóxicos. Además, se procede a la evaluación de las nanopartículas mediante ultravioleta visible (UV-vis), rayos X (XRD) y espectroscopía (FTIR), obteniendo buenos rendimientos y demostrando sus adecuadas propiedades.

## **1. Introducción**

En los últimos años, la fabricación de nanomateriales y sus usos se están convirtiendo en una tecnología esencial con aplicaciones en muchos sectores industriales (Parveen, Misra, y Sahoo, 2012). Las nanopartículas, debido a sus propiedades eléctricas, ópticas, magnéticas, químicas y mecánicas específicas, se utilizan actualmente en muchas áreas de alta tecnología. Las nanopartículas de óxido de hierro son particularmente interesantes en la investigación moderna en nanotecnología debido a sus propiedades únicas, que pueden integrarse en una amplia gama de aplicaciones extendidas (Noruzi *et al.*, 2011). Existen diferentes métodos de sintetizar nanopartículas, tales como los métodos físicos y químicos. Sin embargo, estos métodos son complicados y contaminantes. Se presenta la alternativa de la síntesis

verde porque es simple, económica, rápida, eficiente y generalmente conduce a la formación de nanopartículas cristalinas con una variedad de formas (esferas, varillas, prismas, placas, agujas, hojas o dendritas), con tamaños entre 1 y 100 nm. Las técnicas para obtener nanopartículas de metal reactivos como microorganismos y plantas (hojas, raíces, látex, semillas y tallos) podrían considerarse para la síntesis de nanopartículas de metal. Los materiales de base vegetal parecen ser los mejores candidatos, que son adecuados para gran escala (Ghodake *et al.*, 2010).

El objetivo principal de este trabajo es desarrollar un proceso de síntesis “verde” de nanopartículas de hierro usando extracto de hojas de Phoenix Dactylifera L, que sea capaz de sustituir a aquellos procesos convencionales basados en el uso de disolventes tóxicos.

## **2. Materiales y métodos**

### **2.1. Preparación**

En el desarrollo experimental se ha empleado el método de síntesis verde de NPs por extracto de Phoenix. Las etapas que seguir son: Las hojas de Phoenix Dactylifera L se han limpiado, secado a temperatura ambiente y protegido de la luz solar y después se han molido con la batidora hasta obtener un polvo fino. Posteriormente, 100 g de este polvo se mezclan con agitación magnética durante una noche con 800 ml de solución de agua/metanol (1/8). La mezcla obtenida se ha pasado por la filtración con papel de filtración Whatman 40, y después se centrifuga. Una vez obtenido el extracto se preparan tres soluciones de cloruro de hierro ( $\text{FeCl}_3$ ) a diferentes concentraciones (0,03; 0,02 y 0,01 M), se ha agregado 50 ml de extracto a 50 ml de cada concentración calentándolas en una placa caliente a 70 °C durante 1 hora. Una vez obtenidas las nanopartículas se han secado en horno a 70 °C y finalmente se obtienen tras tratarlas a 400 °C durante 1 h.

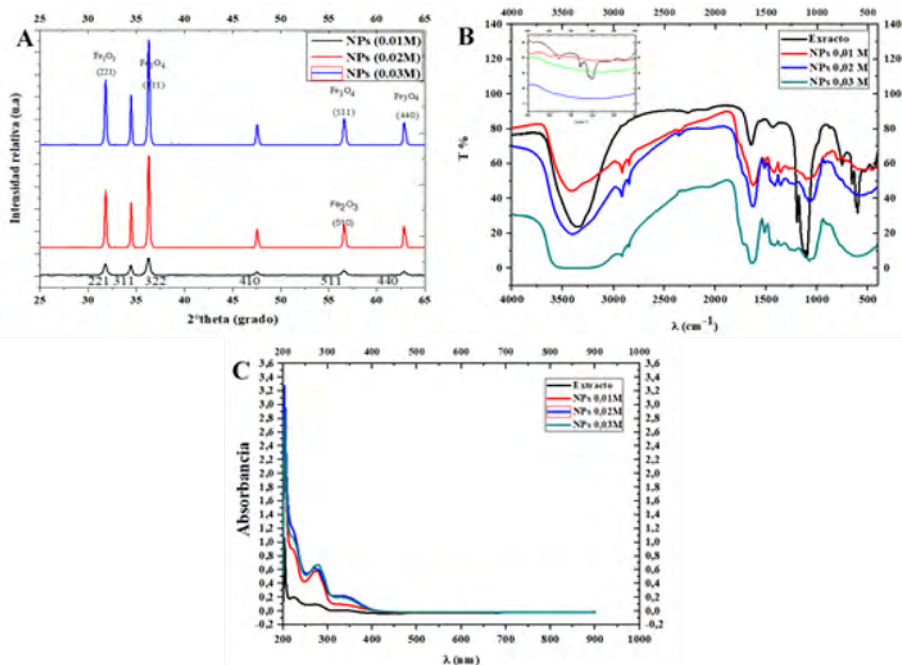
### **2.2. Caracterización**

Se han caracterizado las nanopartículas mediante, espectroscopia ultravioleta visible (UV-vis) e infrarroja (FTIR), y difracción de rayos X (XRD).

## **3. Resultados y discusión**

La Figura 1.A. se presenta los difractogramas de rayos X de nanopartículas. Las muestras obtenidas con 0,03 M, 0,02 M y 0,01 M de  $\text{FeCl}_3$  para magmita tienen un tamaño promedio de  $2,03 \pm 0,1$  nm,  $6,71 \pm 0,6$  nm y  $22,16 \pm 0,7$  nm, respectivamente. Estos resultados se obtuvieron en condiciones similares a las utilizadas para magnetita.

En cualquier caso, la intensidad de los picos de difracción indica buena cristalinidad de las NPs y todos los picos de difracción observados en el difractograma pueden atribuirse a la estructura de la espinela.



**Figura 1. A.** DRX de NPs sintetizadas por el extracto de Phoenix a 70 °C. **B.** Espectro FTIR. **C.** Espectro UV-visible de la absorbancia de NPs sintetizadas a 70 °C a partir de diferentes concentraciones de  $FeCl_3$  y del extracto

**Fuente:** elaboración propia.

En la Figura 1.B. se observa los resultados obtenidos en la espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) de las nanopartículas NPs obtenidas a partir de diferentes concentraciones (0,03 M, 0,02 M y 0,01 M) y se compararon con el extracto de Phoenix dactylifera L. De manera general, se pueden distinguir tres zonas distintas cuyas bandas de absorbancia se pueden atribuir a las cadenas de alquilo superficiales ( $3000-2800\text{ cm}^{-1}$ ), el grupo COO- de oleatos ( $1800-900\text{ cm}^{-1}$ ) y los enlaces Fe-O. ( $800-400\text{ cm}^{-1}$ ) en óxido de hierro. La magnetita ( $Fe_3O_4$ ) tiene una banda ancha con un máximo de  $573\text{ cm}^{-1}$  y un hombro alrededor de  $700\text{ cm}^{-1}$  atribuido a la oxidación de la superficie. El espectro de magmita es más complejo, con seis bandas en el rango de  $800-500\text{ cm}^{-1}$ , con la banda más fuerte en  $638\text{ cm}^{-1}$ . Como resultado, las nanopartículas tienen una composición intermedia entre la de magnetita y la de magmita, y a medida que aumenta el tamaño de las nanopartículas aumenta la proporción de magnetita.

En la Figura 1.C. se observa una amplia banda de absorción en todo el rango espectral, especialmente entre 350 y 500 nm. Los tres espectros de las partículas preparadas tienen una banda de absorción de alrededor de 350 nm que corresponde a la brecha de magnetita ( $\sim 3,25$  eV).

#### 4. Conclusiones

Se ha demostrado un método que se puede utilizar para la biosíntesis rápida y respetuosa con el medio ambiente de nanopartículas estables de óxido de hierro. Se ha observado que el extracto de hoja de palmera (*Phoenix Dactylifera* L.) puede reducir los iones de hierro dando lugar a nanopartículas de óxido de hierro en una hora de reacción a 70 ° C. La intensidad de los picos de difracción DRX indica buena cristalinidad de las nanopartículas. Los resultados de FTIR muestran que las nanopartículas tienen una composición intermedia entre la de magnetita y la de magmita, y que a medida que aumenta el tamaño de las nanopartículas aumenta la proporción de magnetita. La espectroscopía ultravioleta se ha utilizado para controlar el desarrollo de la formación de nanopartículas de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  y muestra que el espectro de absorción con una banda alrededor de 350 nm que corresponde al espacio de magnetita

#### Agradecimientos

Este trabajo forma parte de un proyecto financiado por MICINN (RTI2018-1097100-B-C21). Los autores también agradecen las beca predoctoral De Johar Amin Ahmed Abdullah (CODES).

#### Referencias bibliográficas

- Ghodake, G. S., Deshpande, N. G., Lee, Y. P., y Jin, E. S.** (2010). Pear fruit extract-assisted room-temperature biosynthesis of gold nanoplates. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 75(2), 584–589. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2009.09.040>
- Noruzi, M., Zare, D., Khoshnevisan, K., y Davoodi, D.** (2011). Rapid green synthesis of gold nanoparticles using *Rosa hybrida* petal extract at room temperature. *Spectrochimica Acta - Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 79(5), 1461-1465. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2011.05.001>

**Parveen, S., Misra, R., y Sahoo, S. K.** (2012). Nanoparticles: A boon to drug delivery, therapeutics, diagnostics and imaging. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology, and Medicine*, 8(2), 147-166. <https://doi.org/10.1016/j.nano.2011.05.016>





# **ESTUDIO DE LA ELIMINACIÓN DEL PLASTIFICANTE EN MATRICES PROTEICAS DE SOJA CON ZINC INCORPORADO**

**Mercedes Jiménez-Rosado\*, María Alonso-González, Antonio Guerrero, Alberto Romero**

*Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Sevilla, Sevilla (España).*

E-mail de correspondencia: [mjimenez42@us.es](mailto:mjimenez42@us.es)

## **Resumen**

Actualmente, existe la necesidad de desarrollar nuevas técnicas más sostenibles para la incorporación de fertilizantes al cultivo. Así se ha planteado la liberación controlada de estos fertilizantes a partir de matrices proteicas biodegradables de soja. No obstante, su técnica de obtención se debe optimizar, ya que supone una incorporación inicial de micronutrientes muy elevada con respecto a la que queda retenida en la matriz. Por este motivo, el objetivo del presente trabajo fue mejorar la etapa de eliminación del plastificante para no perder tanto micronutriente en el proceso. Para ello, se cambió el medio acuoso usado para la eliminación del plastificante, en matrices proteicas de soja, con glicerina (plastificante) y sulfato de zinc heptahidratado ( $\text{ZnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ), por otro en el que el micronutriente fuera menos soluble (etanol) y se evaluó la capacidad del medio para la eliminación del plastificante y la retención de micronutriente por parte de la matriz. Los resultados demostraron que es posible optimizar el proceso, obteniendo matrices con mayor retención de micronutriente.

## **1. Introducción**

Últimamente, la producción hortícola ha aumentado, registrándose un aumento del 22,9% en los últimos 10 años (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2018). No obstante, el terreno de cultivo no ha variado, haciendo que los agricultores tengan que sobreexplotarlos para abastecer al mercado.

Para poder realizar esta sobreexplotación, los agricultores usan fertilizantes para nutrir a los suelos de los nutrientes necesarios para el crecimiento de los cultivos, que no son capaces de regenerarse tan rápidamente. Este amplio uso de fertilizantes ha llevado a la contaminación de aguas subterráneas y subsuelo, haciendo que sea interesante

buscar una alternativa a su uso (Havlin *et al.*, 1999). En esta línea, hay investigaciones que lo incorporan en matrices proteicas para que tengan una liberación controlada que no contamine el medio. No obstante, su obtención no está optimizada, teniendo una gran pérdida de nutrientes cuando se elimina el plastificante (Jiménez-Rosado *et al.*, 2018) economic and environmental benefits, these biopolymer matrices are highly attractive for the incorporation and subsequent release of micronutrients that are essential for the development and health of plants, avoiding the typical excesses of conventional fertilizers. In addition, soy protein isolate (SPI).

Por este motivo, el objetivo principal de este trabajo es la optimización de la etapa de eliminación de plastificante para minimizar la pérdida de nutrientes en esta etapa. Para ello, se han usado matrices proteicas de soja con zinc incorporado.

## **2. Materiales y métodos**

### **2.1. Materiales**

El aislado proteico de soja (APS) se utilizó como matriz proteica. Este fue suministrado por Protein Technology International (Bélgica) con un mínimo de 91% en peso de proteína. Como plastificante se utilizó la glicerina (G). Por último, el sulfato de zinc monohidratado ( $\text{ZnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) se usó como sal que incorpora el micronutriente. Tanto G como  $\text{ZnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  fueron suministrados por Panreac Química S.A. (España).

### **2.2. Preparación de las matrices**

La preparación de las matrices siguió el mismo protocolo realizado en estudios anteriores (M. Jiménez-Rosado *et al.*, 2018) economic and environmental benefits, these biopolymer matrices are highly attractive for the incorporation and subsequent release of micronutrients that are essential for the development and health of plants, avoiding the typical excesses of conventional fertilizers. In addition, soy protein isolate (SPI). Así un 45% de APS, 45% de G y un 10%  $\text{ZnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  se homogenizaron en una mezcladora PolyLab QC (ThermoHaake, Alemania) a 50 rpm en condiciones adiabáticas durante 10 min. Luego, la masa obtenida se procesó mediante un moldeo por inyección usando una inyectora MiniJet Piston Injection Moulding System II (ThermoHaake, Alemania) para conseguir bioplásticos. En esta etapa, los parámetros seleccionados fueron una temperatura de cilindro y molde de 40 y 90 °C respectivamente; una presión de inyección de 600 bar durante 20 s y una presión de post-inyección 200 bar durante 300 s. Estos bioplásticos se sometieron a un tratamiento térmico en un horno a 50 °C durante 24 h para reforzar su estructura.

Una vez obtenidos los bioplásticos reforzados, se debe eliminar la glicerina de los mismos. Para ello, se evalúan tres etapas de inmersión diferentes: agua ( $H_2O$ ), etanol (EtOH) y una mezcla 1:1 de ambas (1:1  $H_2O$ :EtOH) usando 300 ml de extractante durante 12 h. Cabe mencionar, que el EtOH se eligió debido a la poca solubilidad del  $ZnSO_4 \cdot H_2O$  en él, planteando la hipótesis de que con este medio se conseguían tener matrices finales con más carga de micronutriente.

Finalmente, las matrices obtenidas tras la inmersión pasan por una etapa de liofilizado para eliminar el medio por sublimación y obtener así las matrices finales. Para ello, se usó un liofilizador LyoQuest (Teslta, España) donde las muestras se sometieron a 0,1 mbar y -80 °C durante 24 h.

### **2.3. Caracterización de las matrices**

#### *Control de la eliminación del plastificante*

Mediante estudios anteriores se sabe que G se elimina completamente mediante una inmersión en  $H_2O$  (Jiménez-Rosado *et al.*, 2019). Para comprobar que con EtOH también se elimina completamente se realizó un análisis termogravimétrico (TGA) de la muestra. Para ello, se usó un analizador termogravimétrico Q600 donde la muestra se sometió a un tratamiento térmico desde 25 a 600 °C con una velocidad de calentamiento de 10 °C/min.

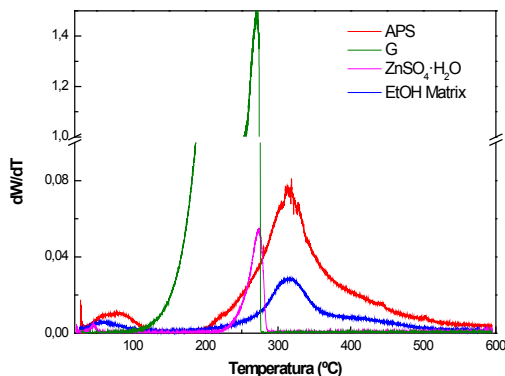
#### *Determinación de la cantidad de zinc incorporado*

La cantidad de zinc incorporado en las matrices después de ser sometidas a los diferentes medios de extracción se obtuvo mediante espectrometría de emisión atómica plasmática acoplada inductivamente (ICP-AES). Para ello, las matrices se sometieron a una digestión ácida para luego pasar en forma de aerosol por una antorcha de plasma a 6000 K. Todo esto, se realiza en un espectrómetro SpectroBlue-TI (Alemania).

## **3. Resultados y discusión**

### **3.1. Control de la eliminación del plastificante**

Los TGA de las diferentes materias primas y la matriz tratada con EtOH se muestran en la Figura 1. Como se puede observar, la matriz tras la inmersión en etanol presenta los picos característicos de la sal y la proteína, solapados entre 250 y 400 °C, pero no presenta el pico característico de la glicerina (100-250 °C). Esto demuestra que tras 12 h de inmersión en EtOH, la matriz queda sin glicerina retenida, siendo por tanto un medio válido para la eliminación del plastificante.



**Figura 5.** Análisis termogravimétrico de las materias primas y la matriz tras su inmersión en EtOH.

**Fuente:** elaboración propia.

### *3.2. Determinación de la cantidad de zinc incorporado*

Tras los ensayos de ICP-AES se puede confirmar la hipótesis propuesta ya que tras la inmersión con EtOH la retención de Zn en la matriz es de un 61%, siendo superior a la retención que se obtenía con la inmersión en agua (19%). La mezcla 1:1 H<sub>2</sub>O:EtOH tiene una retención del 39%, que aun siendo superior que la de la inmersión en agua, no llega a los valores de la inmersión en EtOH debido a la cantidad de agua que hay en el medio que solubiliza la sal.

## **4. Conclusiones**

Las matrices proteicas de soja han demostrado ser materiales con un elevado potencial para su uso en horticultura debido a su capacidad para la retención y posterior liberación de zinc. Además, se ha podido optimizar su procesado para mejorar su rendimiento a la hora de retener micronutrientes gracias a la inmersión en etanol. Todo esto llevando a una mejor acogida de estas matrices en el sector industrial actual.

## **Agradecimientos**

Este trabajo forma parte de un proyecto financiado por MICINN (RTI2018-097100-B-C21). Los autores agradecen su apoyo financiero. A su vez, los autores agradecen la beca predoctoral de Jiménez-Rosado (FPU2017/01718). Finalmente, los autores también agradecen al CITIUS (Universidad de Sevilla, España) por proporcionar todo el acceso y asistencia al servicio de microanálisis.

## **Referencias bibliográficas**

- Havlin, J. L., Beaton, J. D., Tisdale, S. L., y Nelson, W. R.** (1999). *Soil fertility and fertilizers: an introduction to nutrient management*. Prentice Hall.
- Jiménez-Rosado, M., Pérez-Puyana, V., Cordobés, F., Romero, A., y Guerrero, A.** (2018). Development of soy protein-based matrices containing zinc as micronutrient for horticulture. *Industrial Crops and Products*, 121, 345–351. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.05.039>
- Jiménez-Rosado, M., Perez-Puyana, V., Cordobés, F., Romero, A., y Guerrero, A.** (2019). Development of superabsorbent soy protein-based bioplastic matrices with incorporated zinc for horticulture. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(10), 4825-4832. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9738>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.** (2018). Data on food and agriculture. Recuperado el 13 de octubre de 2019, de: <http://www.fao.org/>



# **ROL DE CONJUGADOS PROTEÍNA-POLISACÁRIDOS EN LA ESTABILIDAD DE EMULSIONES PROCESADAS CON PROTEÍNA DE SUERO DE LECHE**

**Maria Cermeño<sup>1</sup>, Manuel Félix<sup>1,2,\*</sup>, Alan Connolly<sup>1</sup>, Elaine Brennan<sup>1</sup>, Bernadette Coffey<sup>1</sup>, Edel Ryan<sup>1</sup>, Richard J. FitzGerald<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Department of Life Sciences, University of Limerick, Limerick.*

<sup>2</sup> *Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Sevilla, Sevilla.*

E-mail de correspondencia: [mfelix@us.es](mailto:mfelix@us.es)

## **Resumen**

Recientemente las propiedades bioactivas de los distintos alimentos han despertado un gran interés. En el presente trabajo se pretende establecer una relación entre propiedades bioactivas de emulsiones y la estabilidad de éstas. Para preparar estas emulsiones, se ha empleado proteína de suero de leche conjugada con carragenano, el cual es un hidrocoloide conocido por su capacidad de formar conjugados con proteínas, así como de aumentar la viscosidad de los sistemas donde está presente. Tras establecer una relación tiempo/temperatura óptima para la conjugación. Tras llevar a cabo un diseño de experimento, se seleccionaron cuatro sistemas para establecer aquel que mantuviera las propiedades bioactivas y funcionales en una mejor proporción. Los resultados obtenidos ayudan a determinación de una concentración óptima de proteína de suero de leche y de carragenano (polisacárido) en sistemas las emulsiones empleadas. Además de las propiedades bioactivas logradas con este sistema, estos resultados son fundamentales para la posible encapsulación de ingredientes activos en alimentos funcionales.

## **1. Introducción**

Tradicionalmente se han empleado las proteínas provenientes de la leche como un agente con excelentes propiedades para la estabilización de sistemas dispersos (Dickinson, 2001). Debido al carácter anfifílico que tienen, éstas se localizan en la interfase, creando fuerzas de repulsión electrostática y estérica entre las gotas de aceite que estabilizan el sistema. Además, la estabilidad de este tipo de sistemas puede mejorar mediante la adición de polisacáridos (hidrocoloides) de alto peso molecular, lo que conduce a una mejor separación entre las gotas de aceite, además de reducir la cinética de desestabilización de este tipo de sistemas mediante

el aumento de la viscosidad de la fase continua (Tadros, 2013). Además, cuando concurre la presencia de polisacáridos y proteínas hay que considerar la posibilidad de formación de conjugados (Pilosof, 2017). La conjugación de la proteína de suero de leche y polisacáridos mediante la reacción de Maillard conduce a la generación de glucoproteínas, que previamente han demostrado mejorar las propiedades emulsionantes de las emulsiones. Por otra parte, la hidrólisis conlleva no solamente a mejorar la actividad de la emulsión (McCarthy *et al.*, 2013), sino que también estas fracciones proteicas de pequeño tamaño puede llevar a lograr sistemas con altas actividades antioxidantes (Chatterjee *et al.*, 2015) emulsifying and foaming properties, degree of hydrolysis, molecular weight distribution, antioxidant and {ACE} inhibitory activity of sesame protein hydrolysates prepared with pepsin, papain and alcalase enzymes were evaluated. The rate of degree of hydrolysis was found to reach maximum (25–30%).

El objetivo principal del presente estudio ha sido determinar el efecto de la conjugación sobre las propiedades emulsionantes de la proteína de suero de leche, así como determinar el efecto de la conjugación sobre las propiedades antioxidantes de los conjugados resultantes.

## **2. Materiales y métodos**

El concentrado de suero de leche (Whey Protein Concentrate 80, WPC) fue obtenido por Carberry Food Ingredients Limited (Cork, Irlanda). La enzima Alcalasa (2.4L) y Flavourzyme fueron suministrados por Kerry Group (Kerry, Irlanda). Para las emulsiones se empleó aceite de maíz (Mazola, ACH Food Companies INC, Norteamérica). Todos los demás reactivos empleados en este estudio fueron suministrados por Sigma-Aldrich (Dublín, Irlanda).

### **2.1 Obtención de los hidrolizados**

La hidrólisis enzimática se llevó a cabo a una dispersión de WPC (10% (p/v)) manteniendo el pH constante durante toda la hidrólisis mediante el equipo pH stat (902 Titrand, Metrohm, Suiza). El valor de pH se mantuvo constante a 7,0, mientras que la temperatura se mantuvo constante a 50 °C mediante el empleo de un baño termostático. Las enzimas proteolíticas Alcalase 2.4L y Flavourzyme se añadieron a una concentración de 1.0% y 0.5% (p/v), respectivamente. La hidrólisis enzimática se detuvo incubando la muestra durante 20 minutos a 80 °C. Se generaron tres muestras, WPC no hidrolizado, una muestra con un bajo grado de hidrólisis (5,7 ± 0,4%) y una muestra con un alto grado de hidrólisis (11,7 ± 0,9%).



## **2.2 Capacidad de absorción de radicales de oxígeno (ORAC)**

La actividad antioxidante de las muestras no conjugadas y conjugadas se determinó mediante el ensayo ORAC siguiendo el método descrito por Cermeño, FitzGerald y O'Brien (2016). Los resultados se expresaron como  $\mu\text{mol}$  equivalentes de Trolox.

## **2.3 Reología de las emulsiones**

Para determinar las propiedades reológicas de las emulsiones se realizaron ensayos de cizalla de pequeña amplitud (SAOS) en un reómetro DHR-2 (New Castle, EE.UU.). Se llevaron a cabo barrido de frecuencia (de 0,05 a 30 Hz) en el intervalo viscoelástico lineal. La geometría utilizada fueron placas paralelas de 40 mm de diámetro.

## **3. Resultados y discusión**

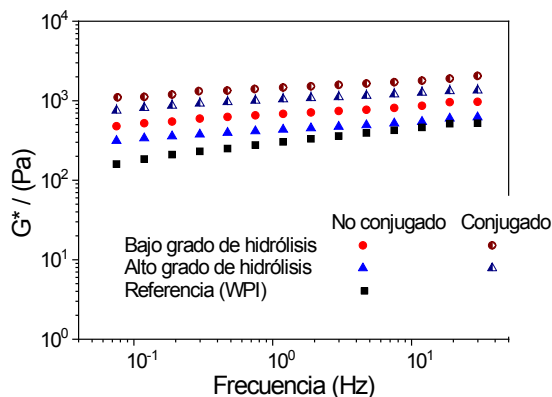
La Tabla 1 muestra la capacidad de absorción de radicales de oxígeno (ORAC) de las emulsiones estabilizadas con suero de leche (WPI) y carragenano (CGN) conjugadas y sin tratamiento de conjugación

**Tabla 7.** Resultados ORAC para dispersiones proteína/polisacáridos.

ORAC ( $\mu\text{moles eq. de Trolox}$ )		
Sistema	No conjugado (NC)	Conjugado (C)
No hidrolizado	$45 \pm 2$	(-)
Bajo grado de hidrólisis	$60 \pm 3$	$570 \pm 7$
Alto grado de hidrólisis	$180 \pm 9$	$720 \pm 11$

**Fuente:** elaboración propia.

Las muestras no conjugadas y conjugadas se analizaron para determinar la actividad antioxidante. Los resultados de ORAC muestran que los sistemas con conjugados sufrieron un aumento significativo ( $p < 0,05$ ) en la actividad antioxidante en comparación con las muestras no conjugadas. Esta tendencia fue anteriormente observada por Hiller y Lorenzen (2010) lactose, pectin and dextran and analysed for changes in molar mass distribution and functional properties. The study revealed that oligomeric (20,000–200,000g/mol para WPI y dextrano, relacionándolo con la exposición de grupos con capacidad antioxidante tras la conjugación de la proteína con el hidrocoloide.



**Figura 6.** Evolución del módulo complejo en función de la frecuencia.

**Fuente:** elaboración propia.

Los resultados reológicos muestran que todas las emulsiones presentan un comportamiento tipo gel, donde el módulo complejo exhibe una dependencia baja con la frecuencia. Esta respuesta se ha obtenido previamente para otras emulsiones estabilizadas con proteínas, especialmente en presencia de un polisacárido (Félix, Romero, y Guerrero, 2017). Por otra parte, la caracterización reológica también muestra que los mayores módulos se obtuvieron para los sistemas conjugados, donde un elevado grado de hidrólisis no es deseable.

## Conclusiones

Los resultados obtenidos muestran que el empleo de proteína de leche con un hidrocoloide mejora tanto las propiedades antioxidantes, como la reología de la emulsión formada. En este sentido, cabe destacar que la conjugación de estos sistemas es deseable, sin embargo, un elevado grado de hidrólisis puede mejorar las propiedades antioxidantes, pero perjudicar la reología de las emulsiones generadas.

## Referencias bibliográficas

**Cermeño, M., FitzGerald, R. J., y O'Brien, N. M.** (2016). In vitro antioxidant and immunomodulatory activity of transglutaminase-treated sodium caseinate hydrolysates. *International Dairy Journal*, 63, 107–114. [https://www.researchgate.net/publication/307997351\\_In\\_vitro\\_antioxidant\\_and\\_immunomodulatory\\_activity\\_of\\_transglutaminase-treated\\_sodium\\_caseinate\\_hydrolysates](https://www.researchgate.net/publication/307997351_In_vitro_antioxidant_and_immunomodulatory_activity_of_transglutaminase-treated_sodium_caseinate_hydrolysates)

- Chatterjee, R., Dey, T. K., Ghosh, M., y Dhar, P.** (2015). Enzymatic modification of sesame seed protein, sourced from waste resource for nutraceutical application. *Food and Bioproducts Processing*, 94, 70–81. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2015.01.007>
- Dickinson, E.** (2001). Milk protein interfacial layers and the relationship to emulsion. *Colloids and Surfaces B-Biointerfaces*, 20(3), 197–210. [https://doi.org/10.1016/S0927-7765\(00\)00204-6](https://doi.org/10.1016/S0927-7765(00)00204-6)
- Félix, M., Romero, A., y Guerrero, A.** (2017). Influence of pH and Xanthan Gum on long-term stability of crayfish-based emulsions. *Food Hydrocolloids*, 72, 372–380. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.06.018>
- Hiller, B., y Lorenzen, P. C.** (2010). Functional properties of milk proteins as affected by Maillard reaction induced oligomerisation. *Food Research International*, 43(4), 1155–1166. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.02.006>
- McCarthy, A. L., O’Callaghan, C. Y., Piggott, O. C., FitzGerald, J. R., y O’Brien, M. N.** (2013). Brewers’ spent grain; Bioactivity of phenolic component, its role in animal nutrition: A review. *Proceedings of the Nutrition Society*, 72(1), 117–125. <https://doi.org/10.1017/S0029665112002820>
- Pilosof, A. M. R.** (2017). Potential impact of interfacial composition of proteins and polysaccharides. *Food Hydrocolloids*, 68, 178–185. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.08.030>
- Tadros, T.** (2013). *Emulsion Formation and Stability*. Wiley.



# **TRATAMIENTO SOSTENIBLE DE AGUAS CONTAMINADAS: MATERIALES ADSORBENTES DE DISEÑO EN LA INMOVILIZACIÓN DE CONTAMINANTES ORGÁNICOS**

**Julia Martín<sup>1,\*</sup>, María del Mar Orta<sup>2</sup>, Santiago Medina-Carrasco<sup>3</sup>, Juan Luis Santos<sup>1</sup>, Irene Aparicio<sup>1</sup>, Esteban Alonso<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Departamento de Química Analítica. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Sevilla.*

<sup>2</sup>*Departamento de Química Analítica. Facultad de Farmacia. Universidad de Sevilla.*

<sup>3</sup>*Laboratorio de Rayos-X (CITIUS). Universidad de Sevilla.*

Autor de correspondencia: [jbueno@us.es](mailto:jbueno@us.es)

## **Resumen**

En este trabajo se evalúa la eficacia de dos nuevos materiales adsorbentes, una mica de alta carga expansible (Na-Mica-4) y un filosilicato derivado del anterior con cationes de octadecilamonio (C<sub>18</sub>-Mica-4), para la eliminación de un grupo de compuestos orgánicos persistentes. Los materiales fueron caracterizados por difracción de rayos-X, potencial Z y análisis termogravimétrico. Se determinaron las condiciones óptimas de operación para la correcta eliminación de los contaminantes. Se ensayaron variables como tiempo de adsorción, efecto salino o pH del medio. Las mejores condiciones obtenidas para la eliminación significativa (70-100%) de los contaminantes, se dieron para el filosilicato C<sub>18</sub>-Mica-4 en un tiempo de 24 horas. Además, se observó una correlación significativa entre las propiedades fisicoquímicas de los contaminantes y la adsorción sobre el material. Este estudio pone de manifiesto el potencial de estos materiales para su utilización en el tratamiento industrial de aguas afectadas por diferentes tipos de contaminación.

## **1. Introducción**

Disponemos a nuestro alcance de herramientas cada vez más sensibles que nos han alertado de la presencia de unos contaminantes previamente desconocidos o no reconocidos como tales, potencialmente peligrosos, denominados globalmente como contaminantes emergentes. Estos compuestos tienen en común su elevada producción y uso o consumo y, consecuentemente, una continua introducción como contaminantes en el medio ambiente. Además de esta particularidad, muchos

de ellos se caracterizan por su persistencia y toxicidad siendo, por ello, objeto de vigilancia legislativa, en algunos casos, y de profundo seguimiento científico.

Muchos grupos de investigación trabajan actualmente en el desarrollo de tecnologías avanzadas que puedan eliminar estos compuestos de manera eficiente. Entre estas técnicas destaca la adsorción como proceso eficiente, de fácil operación y bajo coste, y que además no genera compuestos intermedios de degradación (Martín *et al.*, 2018). En este trabajo, se evalúa por primera vez la eficacia de dos nuevos materiales adsorbentes, en diferentes condiciones operativas, para la eliminación de un grupo de compuestos orgánicos persistentes clasificados como contaminantes emergentes en aguas. Concretamente se han evaluado dos materiales: una mica de alta carga expansible (Na-Mica-4), y un filosilicato derivado del anterior con cationes de octadecilamonio (C<sub>18</sub>-Mica-4).

## **2. Materiales y métodos**

La estrategia metodológica diseñada contó con tres elementos: 1º) Síntesis de materiales adsorbentes de diseño: Na-Mica-4 y C<sub>18</sub>-Mica-4; 2º) Caracterización de los materiales: Difracción de rayos-X, potencial Z, superficie específica y análisis termogravimétrico; 3º) Ensayos de adsorción de los contaminantes: Evaluación del tiempo de adsorción, efecto salino y pH del medio; así como su aplicación a muestras reales contaminadas.

## **3. Resultados y discusión**

### **3.1. Síntesis Na-Mica-4 y C18-Mica-4**

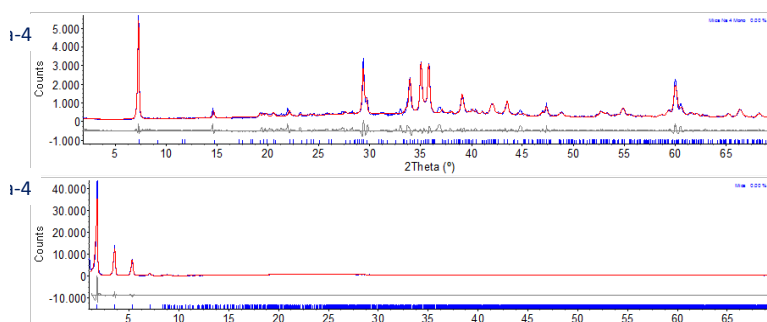
La mica sódica de alta carga corresponde a la Na-Mica-4 con fórmula química Na<sub>4</sub>[Si<sub>4</sub>Al<sub>4</sub>]Mg<sub>6</sub>O<sub>20</sub>F<sub>4</sub> · 3·nH<sub>2</sub>O. Como materiales de partida se emplearon dióxido de silicio, hidróxido de aluminio, fluoruro de magnesio y cloruro sódico en cantidades estequiométricas. Los reactivos fueron mezclados enérgicamente en mortero de ágata. Posteriormente, se calentaron en crisol de platino a 900 °C durante 15 horas. El producto obtenido se lavó con agua destilada y el sólido se separó por filtración y se dejó secar a temperatura ambiente.

La C<sub>18</sub>-Mica-4 se sintetizó por reacción de intercambio catiónico entre la Na-Mica-4 y un exceso de sal de octadecilamonio disuelta en HCl 0,1 M. La disolución obtenida se agitó durante 3 h a 80 °C. A continuación, se añadió agua desionizada a 50 °C durante 30 min. El sólido obtenido se filtró y se disolvió en una mezcla de etanol-

agua (1:1) en caliente. Por último, se filtró el producto y se dejó secar el precipitado a temperatura ambiente.

### 3.2. Caracterización del sólido

La Figura 1 muestra los difractogramas correspondientes a la Na-Mica-4 y C<sub>18</sub>-Mica-4. Los resultados mostraron un aumento de 12 Å (Na-Mica-4) a 49.9 Å (C<sub>18</sub>-Mica-4) en el espacio entre capas. Así mismo, la diferencia en el espacio interlaminar de la C<sub>18</sub>-Mica-4 antes y después de los ensayos de adsorción fue de 1 Å. Esta diferencia se explica por la variación en el ángulo de inclinación ( $\alpha$ ) (de 62.93° a 60.92°) entre el eje de alquilamonio y la superficie sólida después de la adsorción por la posible incorporación de los contaminantes estudiados en el espacio interlaminar.



**Figura 1.** Difractogramas correspondientes a la Na-Mica-4 y C<sub>18</sub>-Mica-4 mica antes y después del ensayo de adsorción. En azul se muestra el resultado experimental, en rojo el ajuste por el método de Le Bail.

**Fuente:** elaboración propia.

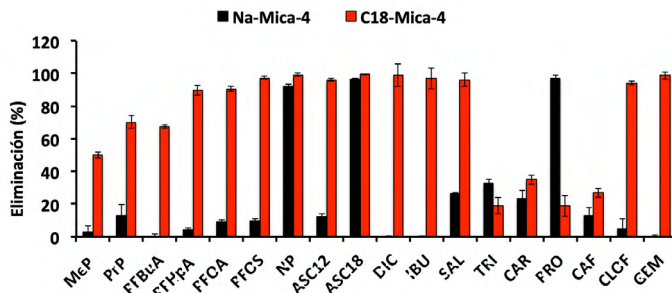
Por otro lado, la carga superficial externa de C<sub>18</sub>-Mica-4 antes y después de los ensayos de adsorción se estudió utilizando el potencial Zeta:  $55.60 \pm 1.04$  mV y  $55.1 \pm 1.09$  mV, respectivamente. Estos valores junto con los resultados del análisis de superficie específica:  $3.1918 \pm 0.1302$  m<sup>2</sup>/g y  $3.3215 \pm 0.1188$  m<sup>2</sup>/g, respectivamente, indican que no hay adsorción de contaminantes en la superficie.

### 3.3. Ensayos de adsorción

Los experimentos de adsorción se realizaron poniendo en contacto 20 mg de cada material con la disolución de los contaminantes (tres surfactantes, cuatro compuestos perfluorados, dos conservantes y nueve principios activos farmacológicos) a una concentración de 10 mg/L.

Las mejores condiciones obtenidas para la eliminación significativa (70-100%) de los contaminantes estudiados, se dieron para la C<sub>18</sub>-Mica-4 y un tiempo de adsorción de 24 horas, con escasa influencia del intervalo de valores ensayados para las otras

variables analizadas: efecto salino y pH del medio (Figura 2). Se observó, además, una alta correlación entre las propiedades fisicoquímicas de contaminantes emergentes seleccionados ( $\log K_{ow}$ ) y la adsorción en C<sub>18</sub>-Mica-4, de modo que los compuestos con  $\log K_{ow} > 2.5$  se eliminaron de manera eficiente.



**Figura 2.** Rendimientos de eliminación de los contaminantes emergentes tras los ensayos de adsorción. Fuente: elaboración propia.

#### 4. Conclusiones

La capacidad de expansión de las organomicas, así como su disponibilidad inmediata, bajo costo, control de la composición y pureza son características prometedoras para un futuro prometedor en el campo de la tecnología de adsorción. Se pone así de manifiesto el potencial de ciertos materiales adsorbentes para su utilización en el tratamiento industrial de aguas afectadas por diferentes tipos de contaminación.

#### Agradecimientos

Este trabajo ha sido desarrollado en el marco de un proyecto de I+D del Ministerio de Economía y Competitividad (referencia CTM2017-82778-R).

#### Referencias bibliográficas

**Martín, J., Orta, M. M., Medina-Carrasco, S., Santos, J. L., Aparicio, I., y Alonso, E.** (2018). Removal of priority and emerging pollutants from aqueous media by adsorption onto synthetic organo-functionalized high-charge swelling micas. *Environmental Research*, 164, 488-494. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.03.037>



# **ANÁLISIS ERGONÓMICO PARA EL DISEÑO Y DESARROLLO DE UN CONTROLADOR DE ORDENADOR**

**Javier Casas Barrado<sup>1,\*</sup>, Antonio Córdoba Roldán<sup>2,\*</sup>, Ana de las Heras García de Vinuesa<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Estudiante egresado, Universidad de Sevilla, Sevilla.*

<sup>2</sup> *Departamento de Ingeniería del Diseño, Universidad de Sevilla, Sevilla.*

E-mail de correspondencia: [javier.casas.95@gmail.com](mailto:javier.casas.95@gmail.com), [acordoba1@us.es](mailto:acordoba1@us.es)

## **Resumen**

En el presente trabajo se establece una propuesta de evaluación del uso y rediseño de producto en el ámbito de la ergonomía y biomecánica con el objetivo de mejorar la interacción del usuario con el producto, tratando de disminuir los posibles trastornos músculo esqueléticos (TME) derivados del diseño y uso del mismo.

Se establece una propuesta de evaluación del uso del producto para analizar y extraer las propiedades formales y funcionales que tienen incidencia sobre posibles trastornos y fatigas. El objeto de análisis y rediseño será un dispositivo de control o ratón de ordenador.

Para la propuesta de evaluación se han analizado diferentes soluciones de producto mediante técnicas termográficas y electrogoniométricas llevadas a cabo en el Laboratorio de Ergonomía Industrial de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Sevilla. Con los datos obtenidos de la evaluación se ha planteado un *briefing* de rediseño de producto apoyado por el uso de cuestionarios de conformidad mediante evaluación Kano.

## **1. Introducción**

El principal objetivo del presente proyecto es el estudio, diseño y desarrollo innovador en controladores de ordenador para un uso exclusivamente profesional. Dichos controladores se corresponden con el ratón del ordenador. El uso del ratón surgió de la necesidad de establecer un vínculo intermediario entre el usuario y la computadora tratando de minimizar la complejidad de aplicación de dicho vínculo.

El presente proyecto surge de la necesidad de diseñar y desarrollar un controlador para usuarios que desarrollen actividades profesionales de larga duración frente al ordenador, siendo necesario que se disminuyan los posibles trastornos, cargas y

fatigas que puedan producirse por la interacción directa del usuario con el producto durante largos periodos de tiempo (UGT, 2016).

### **1.1 Objetivos**

En base al Estado del Arte y Estudio de Mercado realizado sobre el diseño de controladores se ha detectado la posibilidad de mejorar el diseño del producto mediante análisis ergonómico al segmento objetivo. Se plantea como objetivo general el diseño y desarrollo de un producto innovador, incluyendo los siguientes objetivos particulares: análisis de usuario, análisis de riesgos y trastornos musculoesqueléticos (TME), análisis de actividades y tareas, así como evaluar las mejores técnicas disponibles para realizar evaluaciones ergonómicas (Veiga y Ramos, 2014).

## **2. Metodología de evaluación ergonómica**

Para el correcto desarrollo del proyecto, se comenzará estudiando el mercado de soluciones disponibles, los antecedentes de dichos controladores, así como los principales datos históricos de productos que hayan sido catalogados como estrella en el mercado en base a la metodología propuesta por la *Boston Consulting Group* (matriz BCG) y al *benchmarking* realizado. Dado que dicho controlador corresponde con el ratón del ordenador, será necesario realizar un análisis de tareas con el fin de estudiar los procedimientos cognitivos que desarrolla el usuario mediante el uso del producto. Para dicho propósito se utilizará el análisis jerárquico de tareas, así como diagramas UML de secuencias y actividades.

Por otro lado, se realizará un estudio de posibles trastornos músculo esquelético (TME) que puedan presentarse durante el ciclo de uso del producto. Dicho estudio se realizará con el objetivo de evitar el riesgo de padecer dichas enfermedades, obteniendo del mismo especificaciones de diseño para en el desarrollo del producto.

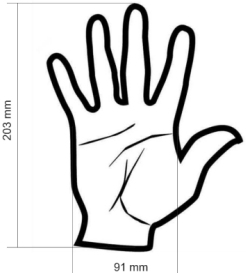

Una vez analizados todos estos puntos, se procederá a realizar un estudio y análisis de las técnicas de evaluación ergonómica que se llevan a cabo para este tipo de productos (Odell y Johnson, 2015). En el presente proyecto se ha optado por realizar evaluaciones termográficas y electrogoniométricas durante el uso del producto, así como diferentes test, incluyendo un test de conformidad para analizar aspectos subjetivos del uso del producto, una encuesta por método Kano para establecer requerimientos funcionales y un Focus Group para analizar el diseño formal del producto.

Posteriormente, se planteará el desarrollo mediante modelo virtual de varias alternativas de diseño en base a los requerimientos formales y funcionales



En la Tabla 2 se puede apreciar un extracto del estudio mediante electrogoniometría dividido en tres fases. La primera fase se analiza la antropometría de la mano del encuestado (Longitud y anchura de mano), en la segunda fase se recopilan datos de uso del usuario sobre la dimensión flexión palmar tanto para una postura neutra y una postura forzada. Por último, se tabulan los ángulos medios para los diferentes modelos de controlador.

**Tabla 2.** Extracto de datos del análisis electrogoniométrico durante el uso.

Fase 1. Percentil de usuario	Fase 2. Medición de ángulo flexión dorsal	Fase 3. Obtención de resultados																														
		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3" data-bbox="795 542 1103 566">SUJETO 1</th> </tr> <tr> <th data-bbox="795 569 834 611"></th> <th data-bbox="839 569 967 611">POSICION NEUTRAL</th> <th data-bbox="972 569 1103 611">POSICION FORZADA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="795 615 834 638">A</td> <td data-bbox="839 615 967 638">-40°</td> <td data-bbox="972 615 1103 638">-49°</td> </tr> <tr> <td data-bbox="795 642 834 666">B</td> <td data-bbox="839 642 967 666">-28°</td> <td data-bbox="972 642 1103 666">-43°</td> </tr> <tr> <td data-bbox="795 669 834 693">C</td> <td data-bbox="839 669 967 693">-35°</td> <td data-bbox="972 669 1103 693">-45°</td> </tr> <tr> <td data-bbox="795 697 834 720">D</td> <td data-bbox="839 697 967 720">-34°</td> <td data-bbox="972 697 1103 720">-41°</td> </tr> <tr> <td data-bbox="795 724 834 748">E</td> <td data-bbox="839 724 967 748">-35°</td> <td data-bbox="972 724 1103 748">-42°</td> </tr> <tr> <td data-bbox="795 751 834 775">F</td> <td data-bbox="839 751 967 775">-32°</td> <td data-bbox="972 751 1103 775">-44°</td> </tr> <tr> <td data-bbox="795 778 834 802">G</td> <td data-bbox="839 778 967 802">-34°</td> <td data-bbox="972 778 1103 802">-41°</td> </tr> <tr> <td data-bbox="795 806 834 829">H</td> <td data-bbox="839 806 967 829">-38°</td> <td data-bbox="972 806 1103 829">-46°</td> </tr> </tbody> </table>	SUJETO 1				POSICION NEUTRAL	POSICION FORZADA	A	-40°	-49°	B	-28°	-43°	C	-35°	-45°	D	-34°	-41°	E	-35°	-42°	F	-32°	-44°	G	-34°	-41°	H	-38°	-46°
SUJETO 1																																
	POSICION NEUTRAL	POSICION FORZADA																														
A	-40°	-49°																														
B	-28°	-43°																														
C	-35°	-45°																														
D	-34°	-41°																														
E	-35°	-42°																														
F	-32°	-44°																														
G	-34°	-41°																														
H	-38°	-46°																														

Fuente: elaboración propia.

#### 4. Conclusiones

En base a los estudios realizados se obtiene un briefing de diseño para el ángulo de inclinación, superficies de apoyo, grado de curvatura superior del controlador etc., con el que se propone un diseño innovador de controlador ajustable al usuario. Las alternativas de diseño propuestas son prototipadas mediante fabricación aditiva con el objetivo de realizar una evaluación ergonómica de las propuestas de diseño con el objetivo de obtener el diseño óptimo.

#### Referencias bibliográficas

- Odell, D., y Johnson, P.** (2015). Evaluation of flat, angled, and vertical computer mice and their effects on wrist posture, pointing performance, and preference. *Work*, 52, 245-2253. <https://content.iospress.com/articles/work/wor2167>
- UGT (Unió General de Treballadors de Catalunya).** (2016). Estudio de adaptabilidad de los ratones de ordenador y recomendaciones para su elección y uso. Fundación para la prevención de riesgos laborales. Depósito Legal B 26286-2016.

**Veiga, P. R., y Ramos, E.** (2014). Biomechanics and performance when using a standard and a vertical computer mouse. *Ergonomics*, 56(8), 1336-1344. [https://www.researchgate.net/publication/239946498\\_Biomechanics\\_and\\_performance\\_when\\_using\\_a\\_standard\\_and\\_a\\_vertical\\_computer\\_mouse](https://www.researchgate.net/publication/239946498_Biomechanics_and_performance_when_using_a_standard_and_a_vertical_computer_mouse)



# **APLICACIÓN PRÁCTICA PARA LA OPTIMIZACIÓN DE RUTAS EN LA RECOGIDA DE RESIDUOS EN BASE AL NIVEL DE LLENADO PREVISTO**

**Juan Manuel Ramos Cueli<sup>1,\*</sup>, Amalia Luque Sendra<sup>2</sup>, Diego Francisco Larios Marín<sup>3</sup>, Julio Barbancho Concejero<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> *Doctorado en Instalaciones y Sistemas para la Industria, Universidad de Sevilla.*

<sup>2</sup> *Departamento de Ingeniería del Diseño, Universidad de Sevilla, Sevilla.*

<sup>3</sup> *Departamento de Tecnología Electrónica, Universidad de Sevilla, Sevilla.*

E-mail de correspondencia: [jramos8@us.es](mailto:jramos8@us.es)

## **Resumen**

El objetivo ha sido el diseño de un sistema de ayuda a la decisión para la planificación del servicio de recogida de residuos sólidos urbanos de una ciudad. El sistema recoge datos de sensores ubicados en algunos contenedores (volumen) y cada vez que se vacía un contenedor (peso).

La principal novedad del sistema consiste en la obtención de un modelo del nivel de llenado de cada contenedor. Con ello se permite conocer el nivel actual y previsto, y en base a ello, obtener rutas óptimas. El sistema permite obtener esta información sin necesidad de instalar sensores en cada contenedor. Este sistema permite instalar un sólo sensor por cada camión recolector frente a sensorizar los cientos o miles de contenedores que recogería dicho camión, lo que supone un ahorro considerable.

## **1. Introducción**

Una de las dificultades que nos encontramos en la implantación de nuevas tecnologías es que no se acometen de forma completa, sino que habitualmente se desarrollan parcialmente por lo que no puede validarse la solución en su conjunto. Este trabajo muestra, desde el punto de vista del usuario final, el caso de uso de un sistema de ayuda a la toma de decisión para la planificación del servicio de recogida de residuos de una ciudad.

Las características del sistema desarrollado son:

- Visualización del estado de nivel de llenado de los contenedores en las próximas recogidas  $d+1$ ,  $d+2$ ..., siendo del día actual.

- Realización de simulaciones para la toma de decisiones en  $d+1$ ,  $d+2$  permitiendo analizar resultados en posteriores recogidas:  $d+2$ ,  $d+3$ .
- Cálculo de rutas óptimas generando una serie de indicadores y modificando las condiciones de simulación.

## **2. Materiales y métodos**

A modo de síntesis la metodología seguida ha sido la siguiente. Sobre un conjunto de datos de partida, se han aplicado unos modelos de predicción previamente obtenidos sobre datos históricos. Los resultados se muestran en una herramienta interactiva que permite simular diferentes escenarios.

Los conjuntos de datos usados como puntos de partida han sido:

- Peso de un contenedor en el momento de su recogida procedente de sensores de pesaje instalados en 2 camiones de recogida.
- Nivel de llenado de un contenedor en intervalos horarios procedentes de sensores volumétricos en una muestra de 6 contenedores (usados como elementos de verificación).
- Información del servicio de recogida: situación de los contenedores, tipo de residuo, frecuencia, número de camiones, rutas, etc.
- Datos de contexto de la ciudad: callejero, catastro, costes de desplazamiento, población, negocios y meteorología.

Sobre estos conjuntos de datos históricos se elaboró, en trabajos previos, un modelo de predicción de llenado, que obtiene la predicción del nivel de llenado en  $d+1$ ,  $d+2$ ,  $d+3$ ... (siendo del día actual). En este modelo se determinó qué series de datos influyen y cuáles no.

El trabajo se ha realizado en una ciudad de 150.000 habitantes, durante 15 meses, considerando 345 contenedores de envases y 223 de papel/cartón.

El proceso seguido consiste en determinar cuándo conviene vaciar cada contenedor, realizar simulaciones y comparar con los ensayos reales.

La parametrización del sistema consiste en definir las decisiones a tomar en función de los últimos datos reportados y de las predicciones. Posteriormente, se simulan rutas a varios días vista y el sistema propone rutas óptimas generando los indicadores asociados.

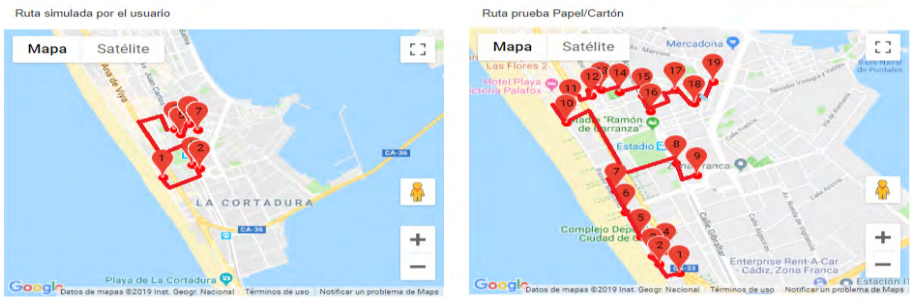




**Figura 1.** Predicción del estado de contenedores y decisión, 17 y 18/01/2019.

**Fuente:** elaboración propia.

Se programan ensayos en 5 semanas consecutivas. Estos se realizan en un entorno reducido con 17 contenedores de envases y 19 de papel/cartón.



**Figura 2.** Ruta simulada por el usuario (izquierda) frente a ruta base.

**Fuente:** elaboración propia.

El sistema recoge como indicadores el número de contenedores, el tiempo empleado, el peso de los residuos recogidos y la distancia recorrida.

La concesionaria del servicio de recogida de residuos considera el ahorro de tiempo como indicador clave y en base a ello se programan los ensayos, de forma que esta variable sea la función objetivo a minimizar. Durante los ensayos se coordinó con la concesionaria las decisiones a tomar (recoger o no recoger cada contenedor y la ruta óptima a seguir).

Se consideraron cuestiones específicas sobre cada tipo de residuo:

- Contenedores de envases: producen olores, por lo que no deben pasar más de dos días sin recogerse.
- Contenedores de papel/cartón: menor precisión en la relación peso-volumen, y por el contrario no se producen olores, por lo que no hay limitación de un número máximo de días sin recoger.

Además, los ensayos permitieron comparar las predicciones realizada frente a los datos recogidos por los sensores de pesaje.

### **3. Resultados y discusión**

Tras los ensayos realizados, se obtienen ahorros de tiempo entre el 25% y el 50% en envases, y entre el 45% y el 70% en papel/cartón. Como primera conclusión podemos decir que, al manejar mayor información y en base a ella establecer diferentes escenarios, se pueden establecer nuevas estrategias de cara a optimizar el servicio.

No obstante, es importante considerar las dificultades que se han encontrado relativas a problemas con los datos (ruido en las medidas, fallos ocasionales en la recogida o envío de datos) y el establecimiento de la correlación peso-volumen (motivado por los dos tipos de sensores utilizados), la cual es crítica para el caso de papel/cartón por la mayor variabilidad de los datos, motivado porque se introducen cajas de cartón sin plegar en los contenedores. Estos problemas se minimizaron ajustando los parámetros adecuadamente.

### **4. Conclusiones**

Se ha desarrollado una solución que, junto con las nuevas fuentes de datos procedentes de los sensores instalados, ha permitido evaluar diferentes estrategias de optimización obteniéndose mejoras significativas. Se ha de tener en cuenta que el alcance de los ensayos ha sido limitado y estos resultados deberán corroborarse en el futuro.

Como resultado del proceso seguido, se han fortalecido los algoritmos y la metodología utilizados, lo cual aporta una interesante capacidad de adaptación a nuevos escenarios (ciudades).

### **Agradecimientos**

Los autores agradecen el apoyo financiero recibido para la realización de este trabajo por parte del CDTI y el programa FEDER (expediente IDI-20160974), y a las empresas UTE Sufi Cointer, Azvi y Soltel.

### **Referencias bibliográficas**

**Beliën, J., De Boeck, L., y Van Ackere, J.** (2014). Municipal solid waste collection and management problems: A literature review. *Transportation Science*, 48(1), 78-102. <https://doi.org/10.1287/trsc.1120.0448>

- Cole, C., Quddus, M., Wheatley, A., Osmani, M., y Kay, K.** (2014). The impact of Local Authorities' interventions on household waste collection: A case study approach using time series modelling. *Waste Management*, 34(2), 266-272. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2013.10.018>
- Golden, B., Raghavan, S., y Wasil, E.** (2008). *The vehicle routing problem: Latest Advances and New Challenges*. Springer.
- Jalili, M., y Noori, R.** (2008). Prediction of municipal solid waste generation by use of artificial neural network: A case study of Mashhad. *International Journal of Environmental Research*, 2(1), 13-22. [https://www.researchgate.net/publication/27794359\\_Prediction\\_of\\_Municipal\\_Solid\\_Waste\\_Generation\\_by\\_Use\\_of\\_Artificial\\_Neural\\_Network\\_A\\_Case\\_Study\\_of\\_Mashhad](https://www.researchgate.net/publication/27794359_Prediction_of_Municipal_Solid_Waste_Generation_by_Use_of_Artificial_Neural_Network_A_Case_Study_of_Mashhad)
- Lüer, A., Benavente, M., Bustos, J., y Venegas, B.** (2009). El problema de rutas de vehículos: Extensiones y métodos de resolución estado del arte. En *Workshop Internacional EIG2009*. <https://pdfs.semanticscholar.org/e47e/71d4f7470d69dd987190286cfd48eeabae61.pdf>



# **ASPECTOS DE LA SIMETRÍA DE LAS TRANSFORMACIONES INTEGRALES EN LA CARACTERIZACIÓN DE SONIDOS**

**Jesús Gómez Bellido<sup>1,\*</sup>, Amalia Luque Sendra<sup>1</sup>, Alejandro Carrasco Muñoz<sup>2</sup>, Julio Barbancho Concejero<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Departamento de Ingeniería del Diseño. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Sevilla.*

<sup>2</sup> *Departamento de Tecnología Electrónica. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática. Universidad de Sevilla.*

E-mail de correspondencia: [jesgombel@outlook.es](mailto:jesgombel@outlook.es)

## **Resumen**

La aplicación de técnicas de aprendizaje automático a señales de sonido requiere la caracterización previa de dichas señales. A menudo, la descripción del espectro sonoro se realiza utilizando coeficientes cepstrales. En este trabajo, se compara el desempeño en la obtención de coeficientes cepstrales mediante dos transformaciones integrales, la Transformación discreta de Fourier (DFT) y la Transformación discreta de coseno (DCT). Se puede demostrar que DCT supera a DFT en la tarea de representar los espectros de sonido. Esta mejora se debe a la simetría del espectro y no a ninguna ventaja intrínseca de DCT. Además, las características de MFCC obtenidas con DCT están notablemente menos correlacionadas que las obtenidas con DFT, lo que hará que las funciones MFCC basadas en DCT sean más potentes en algoritmos de clasificación posteriores.

## **1. Introducción**

El procesamiento automático de las señales de sonido es un tema muy activo en muchos campos de la ciencia y la ingeniería que tiene aplicaciones en múltiples áreas. Estas aplicaciones suelen incluir, entre sus primeros pasos, la caracterización del sonido: un proceso que se conoce comúnmente como extracción de características.

Los Coeficientes Cepstrales de Frecuencia Mel (MFCC) son probablemente el conjunto de características más ampliamente utilizados en la caracterización del sonido y la mayoría de las aplicaciones de procesamiento de sonido mencionadas anteriormente se basan en su uso.

En trabajos previos del grupo de investigación, se han propuesto varios clasificadores para clasificación de sonidos que utilizan procedimientos no secuenciales (Luque *et al.*, 2018b) o algoritmos con conciencia temporal (Luque *et al.*, 2018a). En Luque *et al.* (2017) la comparación de MPEG-7 y MFCC se realiza tanto en términos de rendimiento de clasificación como de coste computacional.

Finalmente, los valores óptimos de las opciones de MFCC para la clasificación de nuestro caso de estudio, los cantos de anuros se derivan en Luque *et al.* (2018).

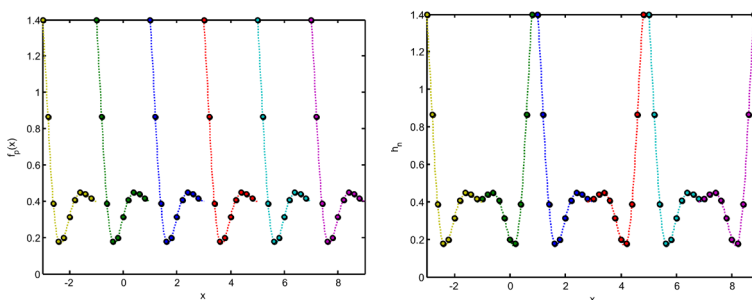
## 2. Materiales y métodos

El proceso de extracción de las características MFCC de las  $n$  muestras de un determinado sonido requiere 7 pasos en 3 dominios diferentes (tiempo, frecuencia, cepstral).

En este proceso, las transformaciones integrales se utilizan dos veces: en primer lugar, para pasar del dominio del tiempo al dominio de la frecuencia, haciendo uso de la DFT; y finalmente para pasar al dominio cepstral.

En este estudio, se va a analizar las propiedades simétricas de la DFT de la primera transformación para encontrar la selección de la transformación integral más apropiada para el último cambio de dominio.

Por la propia definición de la DFT, para representar el espectro de un fragmento de una señal de sonido se supone una repetición periódica del fragmento a analizar (Luque *et al.*, 2019), como se representa en la Figura 1 (panel A). Mientras que DCT considera una repetición periódica de este fragmento y su simétrica (Luque *et al.*, 2019), como se representa en la Figura 1 (panel B).



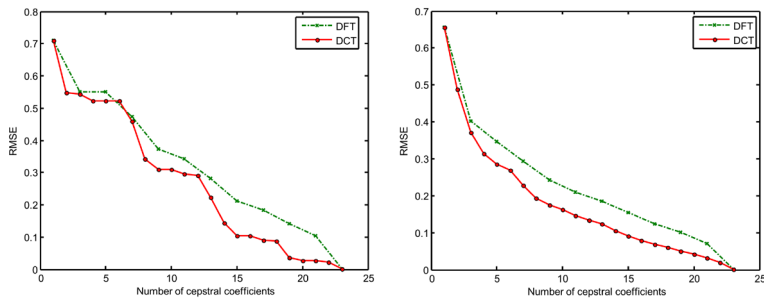
**Figura 1.** A) Representación periódica de un fragmento conocido. B) Representación periódica de un fragmento conocido y su simetría.

### 3. Resultados y discusión

En la Figura 2, podemos ver el valor de la raíz del error cuadrático medio en función del número de coeficientes cepstrales utilizados para la recuperación del espectro para cada una de las transformadas

En la figura de la izquierda, sería para un sólo *frame* elegido aleatoriamente, mientras que a la derecha vemos la representación del error para todo el conjunto de datos.

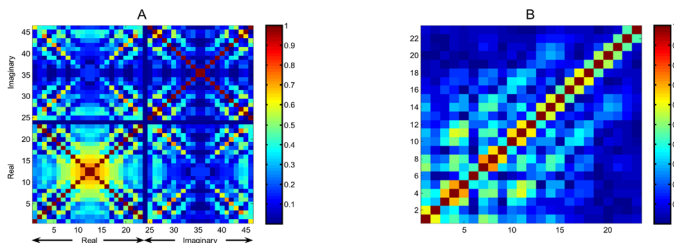
Como se puede ver, el error por norma general es significativamente menor en el caso de la DCT.



**Figura 2.** Error cuadrático medio empleando DFT y DCT utilizando un número  $C$  de coeficientes cepstrales a) para un *frame*, b) para todo el conjunto de dato.

Otra de las características de los clasificadores es que obtienen mejores resultados si sus características de entrada están relacionadas con un bajo nivel de correlación. Puesto que un algoritmo de clasificación que incluye una nueva característica altamente correlacionada con características anteriores no aporta nueva información significativa y, por lo tanto, casi no se espera mejora en la clasificación.

En la Figura 3, vemos en la imagen de la izquierda las correlaciones correspondientes a la DFT, mientras que en la imagen derecha se muestran las correspondientes a la DCT.



**Figura 3.** Correlación entre los coeficientes cepstrales que describen los espectros de mel-FBE para DFT (izquierda) y DCT (derecha).

Simplemente considerando los colores en estas imágenes, está claro que los coeficientes DCT están menos correlacionados.

#### 4. Conclusiones

- La Transformada Coseno Discreta (DCT) supera a la Transformada Discreta de Fourier (DFT) en la tarea de representar espectros de sonido. Esta mejora se debe a la simetría del espectro y no a ninguna ventaja intrínseca de la DCT.
- Las características MFCC obtenidas mediante la DCT están notablemente menos correladas que las obtenidas mediante la DFT. Este resultado hará que las características MFCC basadas en Transformada Coseno Discreta sean más potentes en algoritmos de clasificación posteriores.
- Puede comprobarse como la DCT tiene un tiempo de computación mayor que la DFT, pero que no afecta a la clasificación en tiempo real.

#### Agradecimientos

A los grupos de investigación TEP022 y TIC150 de la Universidad de Sevilla por los conocimientos adquiridos y los trabajos previos realizados.

A la Escuela Politécnica Superior de Sevilla por la organización de la Jornadas Doctorales que ha permitido la publicación del presente trabajo.

#### Referencias bibliográficas

- Luque, A., Gómez-Bellido, J., Carrasco, A., Personal, E., y León, C.** (2017). Evaluation of the processing times in anuran sound classification. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2017. Article ID 8079846. <https://doi.org/10.1155/2017/8079846>
- Luque, A., Gómez-Bellido, J., Carrasco, A., y Barbancho, J.** (2018). Optimal Representation of Anuran Call Spectrum in Environmental Monitoring Systems Using Wireless Sensor Networks. *Sensors*, 18(6), 1803. <https://doi.org/10.3390/s18061803>
- Luque, A., Gómez-Bellido, J., Carrasco, A., y Barbancho, J.** (2019). Exploiting the Symmetry of Integral Transforms for Featuring Anuran Calls. *Symmetry*, 11(3), 40. <https://doi.org/10.3390/sym11030405>



**Luque, A., Romero-Lemos, J., Carrasco, A., y Barbancho, J.** (2018a). Improving Classification Algorithms by Considering Score Series in Wireless Acoustic Sensor Networks. *Sensors*, 18(8), 2465. <https://doi.org/10.3390/s18082465>

**Luque, A., Romero-Lemos, J., Carrasco, A., y Barbancho, J.** (2018b). Non-sequential automatic classification of anuran sounds for the estimation of climate-change indicators. *Expert Systems with Applications*, 95(1), 248-260. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2017.11.016>



# CAPA DE SERVICIOS BASADA EN ESTÁNDAR PARA SISTEMA DE GESTIÓN LABORAL INTELIGENTE

**Javier Antonio Guerra Coronado\***, Juan Ignacio Guerrero Alonso, Julio Barbancho Concejero, Carlos León de Mora

*Departamento de Tecnología Electrónica, Escuela Politécnica Superior, Universidad de Sevilla.*

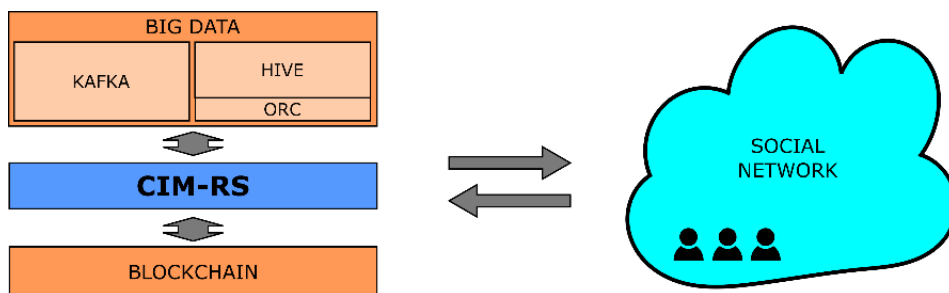
E-mail de correspondencia: [jgcoronado@us.es](mailto:jgcoronado@us.es)

## Resumen

En este trabajo se presenta el desarrollo de una capa de servicios basado en el estándar Common Information Model- RESTful Services (CIM-RS), que permite implementar servicios Representational State Transfer (REST), expresados conforme al estándar de información Distributed Management Task Force Common Information Model (DMTF CIM). De esta forma, la capa de servicios se sitúa dentro de un Sistema de Gestión Laboral Inteligente (SGLI), como elemento que permite la comunicación entre una infraestructura Big Data, que almacena toda la información del sistema de gestión laboral y operaciones de analítica de datos; y una infraestructura Blockchain, que verifica todas las transacciones realizadas en el sistema y la documentación laboral.

## 1. Introducción

En los últimos años ya se consideran asentadas tecnologías de almacenamiento de datos como Big Data (Shadroo y Rahmani, 2018), o tecnologías de trazabilidad de la información como Blockchain (Dittmann y Jelitto, 2019). Sin embargo, no existe ningún proyecto que integre completamente ambas tecnologías. Por ello, se propone la creación de un Sistema de Gestión Laboral Inteligente que integre tanto a Big Data como a Blockchain, y que pueda comunicarse con sistemas externos (Figura 1). Para ello, se propone el desarrollo de una capa de servicios, que integra de forma eficiente ambas tecnologías.



**Figura 1.** Sistema de Gestión Laboral Inteligente.

**Fuente:** elaboración propia.

## 2. Capa de servicios - Diseño

La capa de servicios de este Sistema de Gestión Laboral Inteligente está diseñada conforme al estándar CIM-RS, que implementa servicios REST. Este estándar provee servicios de consulta (GET), creación (POST), actualización (PUT) o eliminación (DELETE) de distintos recursos del sistema, funcionando sobre Hypertext Transfer Protocol (HTTP). CIM-RS es un protocolo que queda especificado en los documentos *CIM-RS Payload Representation in JSON v.2.0.0* (2015); *CIM-RS Protocol Specification v.2.0.0* (2015); y *CIM-RS White Paper v. 2.0.0* (2015).

CIM-RS proporciona acceso a cualquier información que se sea conforme al metamodelo DMTF CIM (*Common Information Model (CIM) Metamodel (v 3.0.1)*, 2014).

DMTF CIM es un estándar de información para representar todo el conocimiento relacionado con la gestión y administración de cualquier tipo de sistema software. Para ello, propone un modelo orientado a objetos, representado mediante el lenguaje unificado de modelado (UML). En este proyecto ha implementado toda la información que puede contener el SGLI conforme a DMTF CIM. Esto es, se ha utilizado todas las clases del modelo que han sido posibles para cubrir toda la información del sistema.

En el caso de que haya partes del SGLI que no estén modeladas en el estándar DMTF CIM, se ha realizado una extensión del modelo. Esta posibilidad de ampliación está recogida en el estándar, y se ha realizado respetando la especificación del metamodelo de DMTF CIM.

La principal ventaja de utilizar el estándar CIM, es la independencia total del modelo de información con la capa de servicios, implementada siguiendo el estándar CIM-RS. De esta forma, la ampliación del modelo de información especificado por el estándar

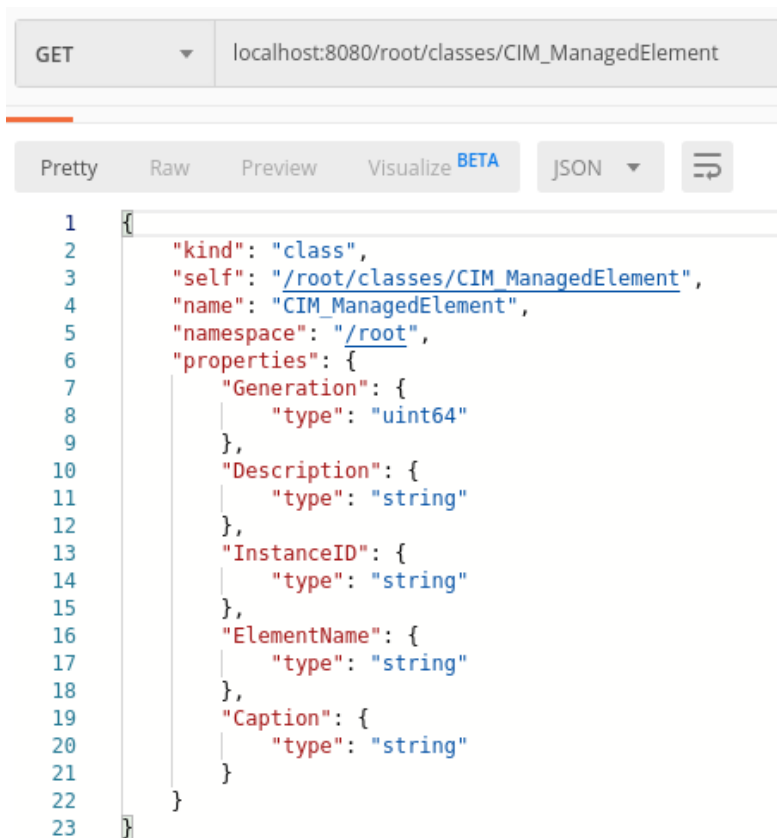
CIM siguiendo el metamodelo no tiene necesidad de ningún servicio, actualización de implementación o capa adicional en el sistema.

### **3. Capa de servicios - Implementación y prueba**

Para implementar esta capa de servicios se ha diseñado una arquitectura Big Data. Las aplicaciones que forman este diseño son: el sistema de almacenamiento distribuido Apache Hadoop, el motor de base de datos que proporciona Apache Hive y el sistema de gestión de base de datos columnar y orientado a transacciones Apache ORC. En esta arquitectura se almacena toda la información, estructurada conforme al estándar DMTF CIM. Esta arquitectura Big Data es la que va a hacer uso de la capa de servicios CIM-RS, desarrollada usando el lenguaje de programación Java y el contenedor web Apache Tomcat.

Para las pruebas se han implementado los servicios GET class y GET instance, tal y como se desarrolla en el estándar CIM-RS. Estos servicios se han probado mediante la plataforma Postman.

En estas pruebas de funcionamiento, se han ejecutado diversas consultas GET class y GET instance, a clases del estándar DMTF CIM (Figura 2) y a clases del modelo extendido realizado, obteniendo en todas ellas un resultado satisfactorio. También se han realizado diversas pruebas de consultas a clases e instancias no existentes en el modelo, devolviendo la capa de servicios el mensaje de error esperado en cada caso.



```
1  {
2    "kind": "class",
3    "self": "/root/classes/CIM_ManagedElement",
4    "name": "CIM_ManagedElement",
5    "namespace": "/root",
6    "properties": {
7      "Generation": {
8        "type": "uint64"
9      },
10     "Description": {
11       "type": "string"
12     },
13     "InstanceID": {
14       "type": "string"
15     },
16     "ElementName": {
17       "type": "string"
18     },
19     "Caption": {
20       "type": "string"
21     }
22   }
23 }
```

**Figura 2.** Prueba de servicio GET class realizado con éxito.

**Fuente:** elaboración propia.

Así mismo, se ha comprobado que la capa de servicios CIM-RS ofrece el resultado con independencia de la clase solicitada. Esto es debido a la extensión del modelo a partir de su metamodelo. Por tanto, la capa de servicios no tendrá que ser modificada en caso de ampliación la estructura de la información, siempre que respete dicho metamodelo.

#### 4. Conclusiones

La capa de servicios desarrollada garantiza el flujo de información correcto desde cualquier actor del sistema hacia la arquitectura Big Data, permitiendo la integración en este sentido. El flujo de información desde la arquitectura Big Data hacia otros sistemas también funciona, aunque no se puede garantizar que sea posible en todos los casos; esto es debido a que se desconoce si otros sistemas podrían trabajar con

una cantidad grande de datos, los cuales podrían ser enviados por la arquitectura Big Data mediante la capa de servicios.

El hecho de respetar el estándar de DMTF CIM hace que la implementación de servicios utilizando CIM-RS sean totalmente independientes. Es decir, permite que el estándar CIM-RS sea compatible tanto con el modelo que proporciona DMTF CIM, como con los modelos realizados a partir de la extensión del modelo de dicho estándar.

### Referencias bibliográficas

- CIM-RS Payload Representation in JSON v.2.0.0.** (2015, 6 de marzo). DMTF.
- CIM-RS Protocol Specification v.2.0.0.** (2015, 6 de marzo). DMTF.
- CIM-RS White Paper v. 2.0.0.** (2015, 19 de febrero). DMTF.
- Common Information Model (CIM) Metamodel (v 3.0.1).** (2014, 30 de agosto). DMTF.
- Dittmann, G., y Jelitto, J.** (2019). A Blockchain Proxy for Lightweight IoT Devices. En *2019 Crypto Valley Conference on Blockchain Technology (CVCBT)*, 82-85. [https://www.truprojects.in/admin/imgs/pro\\_img/A%20Blockchain%20Proxy%20for%20Lightweight%20IoT%20Devices.pdf](https://www.truprojects.in/admin/imgs/pro_img/A%20Blockchain%20Proxy%20for%20Lightweight%20IoT%20Devices.pdf)
- Shadroo, S., y Rahmani, A. M.** (2018). *Systematic survey of big data and data mining in internet of things*. Computer Networks.





# **DISEÑO EXPERIENCIAL ENACTIVO. UNA PERSPECTIVA NEUROCIENTÍFICA DEL DISEÑO DE VEHÍCULOS**

**Raúl Núñez Romero\***, **Francisco Aguayo González**, **Ana Isabel Morales García**.

*Departamento de Ingeniería del Diseño, Escuela Politécnica Superior, Universidad de Sevilla.*

E-mail de correspondencia: [rnromero@us.es](mailto:rnromero@us.es)

## **Resumen**

Las investigaciones orientadas a la determinación de las bases científicas del diseño, ha llevado a distintas propuestas desde la psicología cognitiva, determinando un enfoque de diseño cognitivos de productos, que junto a la base teórica de la neurociencia, ha alumbrado el ámbito de investigación del neurodiseño cognitivo. Además, se han planteado alternativas desde la cognición encarnada o perspectiva enactiva. Esta propone un enfoque para estudiar la experiencia objetual desde una doble perspectiva. Por una parte, el diseño enactivo es considerado para abordar la profunda conexión del organismo y el mundo objetual de la cultura material en una relación activa y dinámica. Lo cual enfatiza en los problemas de encarnación de la cognición y en los factores de motivación como componentes subyacentes de las interacciones Cuerpo-Objeto. Este enfoque del diseño permite la comprensión activa del acoplamiento relacional entre el esquema corporal y las posibilidades de la usabilidad de productos. Un segundo aspecto del enactivismo tiene un fuerte punto de apoyo en el pensamiento fenomenológico correspondiente con la teoría objetual y los enfoques de diseño cualitativo. De esta manera, el enfoque enactivo reconoce el terreno común disponible entre la neurociencia y el diseño del entorno-producto y, por lo tanto, permite una definición más precisa de los objetivos de investigación en diseño seudocientífico. Con estas bases científicas y fenomenológicas se formula una propuesta del diseño industrial de vehículos en conjunción con Ingeniería Kansei-Chisei.

## **1. Introducción**

La forma de experimentar el uso de un producto tiene una dimensión cognitiva. Hay un proceso mental, donde los estímulos captados por los sentidos son procesados como información en el cerebro, y este emite unas respuestas en forma de acciones.

Otra forma de experimentar el uso de un producto es en la dimensión del sentimiento. Más allá de la respuesta física del cuerpo, bien sea consciente o inconsciente, hay una evocación emocional. El usuario siente sensaciones y sentimientos.

Se han diferenciado dos aspectos (pensar y sentir) en la forma de interpretar la experiencia de uso de un producto, pero la experimentación es más compleja. Las cosas son vividas más que pensadas (Bruner, 1966). El término vivir comprendería toda la dimensión de la experiencia, tanto en su aspecto racional como emocional, junto con otras dimensiones del usuario y las relaciones con el entorno. Hay que contemplar la usabilidad de un producto en un campo multidimensional. Es una interrelación del conjunto *mente-cuerpo-producto-entorno*.

Cabe preguntarse: ¿Cómo diseñar para satisfacer los requerimientos del producto?

En el campo metodológico, para satisfacer requerimientos racionales se emplea la Ing. Chisei. Para cumplir requerimientos emocionales se utiliza Ing. Kansei, y la conjunción de ambas metodologías da lugar a técnica Ing. Kansei-Chisei. No obstante, se puede innovar en las tareas de diseño desde un enfoque que cuantifique las subjetividades del usuario, su consciencia, sus vivencias, sus aprendizajes, su intuición, etc. Desde este punto de partida se propone un enfoque enactivo para beneficiar el proceso de diseño.

El enactivismo está dentro de las cuatro “Es”, que definen las nuevas ciencias cognitivas: Enactiva, (enacted), Embebida (embedded), Encarnada (embodied) y Extendida (extended), y que sitúan la mente en el mundo, la saca de los límites del cráneo y la pone en relación con el resto de las partes del cuerpo y con el entorno (Pérez, 2010).

El enactivismo es uno de los enfoques post-cognitivos que tratan de explicar las estrechas relaciones del usuario con su entorno, y cómo estos vínculos son el origen de su cognición (Carretié Arangüena, 2011).

## **2. Materiales y métodos**

Para abordar el diseño de vehículo con perspectiva neurocientífica se requerirá del conocimiento de los marcos teóricos y modelos de la neurociencia cognitiva, y las técnicas neurocientíficas y biométricas para la recopilación y evaluación de datos neurológicos desencadenados por el diseño experiencial. Junto a estos dos pilares se podrá obtener apoyo de estudios y conocimientos previos derivados del desarrollo de productos biomecánicos.

Desde el contexto de la neurociencia cognitiva será fundamental asentar un conocimiento del cerebro y sistema neurológico, en base a sus estructuras formales y de procesos, y cómo se comportan las áreas funcionales, así como tener una visión del origen y generación los pensamientos, las emociones y sentimientos, que permitan establecer relaciones e interacciones ponderables que cimienten una metodología de neurodiseño (Rowland, 2010).

Por otro lado, desde el contexto de las técnicas neurocientíficas, para la obtención de datos relevantes y mesurables, se validarán técnicas biométricas y psicométricas con instrumentación y procesos específicos de este campo de estudio. Véase como bioinstrumentación útil: la electroencefalografía (EEG), la oscilometría (EY), y la electromiografía (EMG). Estas pueden verse complementadas por técnicas específicas a nivel de software o herramientas informáticas, como por ejemplo el análisis de expresiones faciales. Todas o cada una se tendrán que enmarcarse en ensayos experimentales debidamente propuestos, y complementados si cabe, con técnicas de realidad aumentada o virtual.

### **3. Resultados y discusión**

La acción de conducir es llevada a cabo mediante respuestas adecuadas, ya que el usuario es capaz de percibir directamente las *affordances* o posibilidades de acción que le brinda el medio ambiente en cada situación (Gibson, 1986). Somos capaces de tomar una decisión instantánea y correcta al esquivar un coche que es una amenaza, en tan sólo una fracción de segundo. ¿Cómo podemos ser capaces de captar, codificar y descodificar la información para percibir el vehículo, de seleccionar y de recuperar un programa motor almacenado en memoria acorde a la necesidad surgida, y finalmente de programar los parámetros exactos de la respuesta para evitar la colisión en una ventana temporal tan limitada? Desde el conocimiento enactivo se hace emerger el sentido a partir de un trasfondo de comprensión (Varela, Thompson y Rosch, 2005).

Así desde un enfoque neurocientífico, poniendo el foco en el conocimiento enactivo del usuario, y con análisis fenomenológico, se pretende captar la esencia del experiencial enactivo, y obtener requerimientos cuantificables que se puedan integrar e implementar en la metodología de diseño de vehículo, donde cabe destacar la posibilidad de comunicación corporal bidireccional entre el objeto como sistema ciberfísico y los usuarios, mediante entornos inmersivos de realidad virtual.

## 4. Conclusiones

El modelo esbozado de usuario de producto en términos enactivos, determina un modelo de un ser humano como agente encarnado, enactivo y situado, proponiéndolo como base de la interpretación neurocientífica y fenomenológica de la experiencia de uso de producto y entorno. Se formula una propuesta de su proyección en el diseño industrial de vehículos bajo *neuroaffordances* enactivas y su posible proyección en la Ingeniería Kansei-Chisei. En conclusión, el método de diseño basado en esta propuesta daría lugar a que el vehículo vaya más allá de cumplirlas funcionalidades clásicas. Poseería unas cualidades de usabilidad inequívocas, crearía un acoplamiento físico-sensorial trascendente con el usuario, mejoraría el confort de uso, y en resumen crearía una experiencia de uso con un enfoque transhumanista.

## Referencias bibliográficas

- Bruner, J.** (1966). *Studies in Cognitive Growth*. Jonh Wiley & Sons Inc.
- Carretié Arangüena, L.** (2011). *Anatomía de la mente: emoción, cognición y cerebro*. Ediciones Pirámide.
- Gibson, J. J.** (1986). *The ecological approach to visual perception*. Psychology Press.
- Pérez, D.** (2010). Los límites de las tesis de la mente extendida: Agencia, autonomía y autoridad epistémica. *Factótum: Revista de filosofía*, (7), 62-75. [http://www.revistafactotum.com/revista/f\\_7/articulos/Factotum\\_7\\_6\\_David\\_Perez.pdf](http://www.revistafactotum.com/revista/f_7/articulos/Factotum_7_6_David_Perez.pdf)
- Rowland, M.** (2010). *The New Science of the Mind. From extended mind to embodied phenomenology*. The MIT Press.
- Varela, F., Thompson, E., y Rosch, E.** (2005). *De cuerpo presente: Las ciencias cognitivas y la experiencia humana*. Editorial Gedisa.

# DISEÑO Y DESARROLLO CONCEPTUAL DE BIO-ROV

**Teresa Ramos Calderón<sup>1,\*</sup>, Antonio Córdoba Roldán<sup>2,\*</sup>, María Jesús Ávila Gutierrez<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Estudiante egresada, Universidad de Sevilla, Sevilla.

<sup>2</sup> Ingeniería del Diseño, Universidad de Sevilla, Sevilla.

E-mail de correspondencia: [teresa.ramoscv@gmail.com](mailto:teresa.ramoscv@gmail.com), [acordoba1@us.es](mailto:acordoba1@us.es)

## Resumen

En el presente trabajo se establece una propuesta de aplicación y desarrollo de las etapas tempranas del proceso de diseño y desarrollo del producto (PDDP). El objeto de análisis y desarrollo será un vehículo submarino de tipo ROV (Remote Operated Vehicle) con enfoque bio innovador.

En base al estado del arte realizado se ha detectado una carencia de desarrollo y profundidad en las etapas tempranas del PDDP en ROVs. Las diferentes etapas serán desarrolladas bajo el modelo de diseño *Total Design* de Pugh, focalizando el interés en el análisis de mercado, descripción de especificaciones y diseño conceptual. Dichas etapas se desarrollan para un producto genérico utilizando técnicas como educación de requisitos, FAST, matrices de dominancia y correlación, QFDs y Matriz DSM. En base al *briefing* de diseño establecido se realizarán propuestas de *layout* conceptual y además se conceptualizará una propuesta de diseño innovador biomimético mediante TRIZ.

## 1. Introducción

El ser humano ha tenido siempre el deseo de exploración de las diferentes regiones del planeta, siendo el medio acuático y en concreto el medio marino, el más inaccesible. Esta inaccesibilidad se debe a la necesidad de emplear sistemas tecnológicos de apoyo para permanecer bajo agua.

Una de las mejores soluciones han sido los ROVs, desarrollados desde mediados del S.XX. El término ROV, acrónimo del inglés *Remote Operated Vehicle*, hace referencia a un vehículo submarino dirigido por control remoto, el cual reduce el riesgo humano al evitar en muchos casos la sumersión de un equipo de buzos.

El trabajo realizado se ha dividido en tres etapas en base a las fases abordadas. Una primera fase de búsqueda de información de diferente índole para el planteamiento

del proyecto. Una segunda fase en la que se desarrollan las etapas centrales del PDDP y finalmente la fase de resultados, que engloba diseño preliminar, innovación, conclusiones y trabajos futuros.

### **1.1. Objetivos**

En relación al objeto y alcance del trabajo, cabe decir que, dada la complejidad del sistema integral de un ROV, el desarrollo se centra en el PDDP del vehículo.

Al realizar el estado del arte de revisión de artículos y estudios actuales se ha detectado una carencia de análisis y planteamiento en las fases tempranas del PDDP de ROVs, ya que estos estudios previos se centran en las fases de diseño de detalle y desarrollo tecnológico.

Por tanto, el objetivo principal del presente proyecto es el desarrollo de las fases tempranas del PDDP, como son las fases de análisis de mercado, definición de especificaciones y el diseño conceptual. Como objetivos particulares se establecen el análisis actual de mercado, establecer un listado de necesidades genéricas en ROVs de exploración marina, establecer un listado de funciones, desarrollar el dominio físico del producto proponiendo un listado de componentes básicos, desarrollar propuestas de *lay-out* de producto, diseño preliminar y de detalle del sistema estructural básico y definir una propuesta de diseño innovador por biomimesis. Todos estos objetivos se desarrollan bajo el enfoque eco-innovador.

## **2. Propuesta metodológica**

El primer aporte de este proyecto consiste en la definición de una estrategia idónea para el PDDP de un ROV. Se plantea una estrategia *Push-Pull* ya que se establece como oportunidad el desarrollo de un ROV para investigación combinando tecnología y mercado desde la fase inicial del proceso. En base a la tipología de proyecto y a las etapas de interés del PDDP se valoraron diferentes modelos metodológicos, siendo el Modelo Total Design de Pugh el que mejor satisface los objetivos y alcance del proyecto (Villanueva, Lostado-Lorza, y Corral, 2016). El modelo propuesto establece un núcleo de diseño para la definición de especificaciones o parámetros de diseño (PDS) idóneo para el desarrollo del proyecto.

Las fases desarrolladas del modelo propuesto son el análisis de mercado, centrandose la atención en el estudio de necesidades, especificaciones de diseño y diseño conceptual. Para el desarrollo de dichas fases se proponen una serie de técnicas y herramientas metodológicas tales como benchmarking, técnicas de educación de requisitos, análisis de afinidad, matriz de dominancia, matriz de correlación,

diagrama FAST, QFD-I, QFD-II, matriz DSM y la teoría de resolución de problemas y de invención (TRIZ).

### 3. Aplicación metodológica

La aplicación metodológica se ha centrado en desarrollar las fases tempranas de un PDDP para un ROV de inspección e investigación.

#### 3.1. Análisis de mercado

Como primera fase del Modelo de Pugh se establece el análisis de mercado. Se ha propuesto la estructuración en tres bloques: búsqueda de información del mercado en la actualidad, *tecnology push* o análisis tecnológico y análisis de necesidades. Destaca el interés en la fase de análisis de necesidades mediante la aplicación de técnicas de educación de requisitos para conocer qué herramientas resultarían más idóneas para este proyecto. Como resultado, las técnicas adecuadas fueron la entrevista abierta y estructurada, cuestionarios y casos de uso. Se han realizado entrevistas a expertos en el sector, tanto a nivel empresarial como a nivel de investigación. En base a la información recopilada en las entrevistas, se realizó un estudio de necesidades, definiendo una estructura jerárquica según el grado de especificación de la necesidad. Posteriormente se estableció una clasificación de necesidades adaptando la clasificación que plantea la Metodología de Organización de Especificaciones en Ingeniería (MOOSE). Esta clasificación incluye necesidades corporativas, de usuario final, técnicas, básicas, eco-innovadoras y derivadas del marco normativo legal (Hedge, Utne, y Schjøllberg, 2015).

A partir de las necesidades definidas anteriormente y con apoyo de diagrama FAST y QFD-I, se propone un listado de funciones, clasificadas en tres grupos, funciones operacionales, utilitarias y por eco-innovación. Las funciones eco-innovadoras son propuesta propia ya que no aparecen en productos actuales, por ello se plantea un proceso de validación con los expertos consultados.

A partir de las funciones definidas anteriormente, se propone la definición del dominio físico estableciendo un listado de componentes en base al estado del arte, el estudio de mercado, la consulta a expertos y aplicación de técnicas como QFD-II. En relación a las funciones eco-innovadoras fueron establecidos los siguientes componentes: carcasa para la mimetización en el medio, focos LED y luz infrarroja con regulador de intensidad para la captación de imagen, focos de luz ultravioleta para el estudio del coralígeno, y propulsores adaptados con hélices silenciosas y toberas para una mejor canalización del flujo y evitar laceraciones en especies marinas.

### 3.2. Diseño conceptual

Para estudiar las dependencias físicas y con el objetivo de analizar los componentes propuestos y establecer propuestas de lay-out conceptual, se ha optado por aplicar una matriz DSM. Se ha obtenido la agrupación de componentes en siete sistemas: sistema de propulsión, de alimentación, de geolocalización, audiovisual, de soporte y sujeción, de estanqueidad y de extracción de información. En base a esta propuesta se han establecido diferentes lay-out conceptuales para los ROVs de tipo torpedo y tipo prismático.

### 3.3. Diseño innovador biomimético

Con el objetivo de mejorar la durabilidad, la autonomía y la recopilación de información en un área del lecho marino durante exploraciones prolongadas se propone un diseño innovador basado en biomimesis para la mimetización del módulo en el entorno. Para ello se aplica la metodología TRIZ bajo los principios inventivos de segmentación y separación (Fayemi *et al.*, 2014). Se propone la solución conceptual de un módulo autónomo y acoplable al ROV para la captación y almacenamiento de información.

## 4. Conclusiones

Mediante la aplicación de herramientas metodológicas de diseño industrial se ha conseguido aportar un listado de especificaciones básicas para el diseño y desarrollo de ROVs desde las etapas tempranas del PDDP supliendo la carencia percibida en los artículos y estudios del ámbito y aportando propuestas eco-innovadoras para el dominio funcional y físico.

## Referencias bibliográficas

- Fayemi, P. E., Maranzana, N., Aoussat, A., y Bersano, G.** (2014). Bio-inspired Design characterisation and its links with problem solving tools. *Proceedings of the 13th International Design Conference*. [https://www.researchgate.net/publication/279866725\\_Bio-inspired\\_design\\_characterisation\\_and\\_its\\_links\\_with\\_problem\\_solving\\_tools](https://www.researchgate.net/publication/279866725_Bio-inspired_design_characterisation_and_its_links_with_problem_solving_tools)
- Hedge, J., Utne, I. B., y Schjøberg, I.** (2015). Applicability of current remotely operated vehicle standards and guidelines to autonomous subsea IMR operations. *International Conference on Ocean*. <https://doi.org/10.1115/OMAE2015-41620>



**Villanueva, P. M., Lostado-Lorza, R., y Corral, M.** (2016). Pugh's Total Design. *Concurrent Engineering Research and Applications*, 24(3), 227-239. <https://doi.org/10.1177/1063293X16638710>



# MÉTODO DE PRIORIZACIÓN DE CARGA PARA LA INTEGRACIÓN DE FLOTAS DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN SMART GRIDS

**Juan Ignacio Guerrero, Antonio Parejo\*, Sebastián García, Enrique Personal, Carlos León**

*Departamento de Tecnología Electrónica, Escuela Politécnica Superior, Universidad de Sevilla, Sevilla.*

E-mail de correspondencia: [aparejo@us.es](mailto:aparejo@us.es)

## Resumen

Las flotas de vehículos eléctricos y las *Smart Grids* son dos tecnologías emergentes muy prometedoras que han provisto nuevas formas de reducir la polución e incrementar la eficiencia energética. Naturalmente, estos elementos aumentan la complejidad de gestión del sistema eléctrico puesto que dichos vehículos pueden ser considerados como cargas móviles, aumentando así su carácter distribuido.

El presente trabajo propone una metodología de priorización de carga distribuida basada en el concepto de *virtual power plant* y el uso de algoritmos de computación evolutiva. Adicionalmente, para evaluar la arquitectura propuesta, se comparan varios de dichos algoritmos, como el genético, genético con control evolutivo, *particle swarm optimization* y una solución híbrida. La solución propuesta se presenta como una forma de evitar la sobrecarga de la red planificando la priorización de la carga.

Palabras clave: Smart Grids; vehículo eléctrico, Vehicle-to-grid, Computación evolutiva.

## 1. Introducción

El paradigma de la *Smart Grid* (SG) está cada vez más presente en el mundo actual, ya que representa un gigantesco paso hacia un sistema eléctrico más seguro, distribuido y eficiente en el que los recursos de energía distribuidos (*distributed energy resources*, DERs) cobran protagonismo.

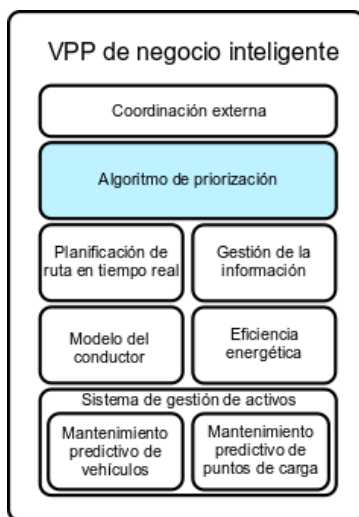
Una de las tecnologías troncales de este cambio es el vehículo eléctrico y la integración vehículo-red (*vehicle-to-grid*, V2G), que además representa una dificultad extra para la gestión de la red. Estos vehículos pueden considerarse como cargas móviles dentro del sistema, puesto que su punto de recarga podrá ser variable, provocando

consumos en distintos lugares según la ruta que sigan (o incluso devolviendo energía a la red si fuere necesario). Este hecho introduce una variabilidad aún mayor que debe tenerse en cuenta para lograr una correcta gestión de esta red distribuida.

El presente trabajo propone una solución para la priorización de carga de flotas de vehículos basado en el concepto de central eléctrica virtual (*virtual power plant*, VPP) y aplicando algoritmos de computación evolutiva para optimizar dicha priorización dentro del ecosistema de la SG (Guerrero *et al.*, 2019).

## 2. Arquitectura propuesta

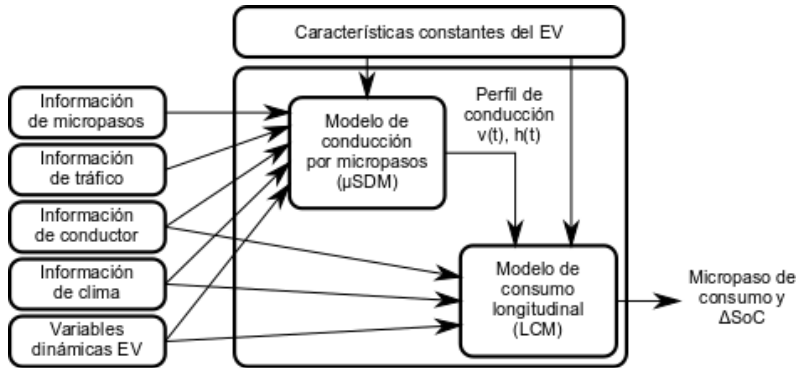
Como se explicó anteriormente, el sistema de priorización propuesto se engloba dentro de una VPP, puesto que esto permite una mejor integración de todos los sistemas eléctricos (de generación y de consumo) conectados a ella. Este sistema, llamado plataforma distribuida evolutiva de priorización (Distributed Evolutionary Prioritization Framework, DEPF) tiene la estructura mostrada en la Figura 1.



**Figura 7.** Módulos de la plataforma DEPF.

**Fuente:** elaboración propia.

En ella puede distinguirse el bloque del algoritmo de priorización, objeto de este trabajo. Uno de los núcleos centrales para el algoritmo será la información del estado de carga (*state of charge*, SoC) de los vehículos implicados. La estimación de los incrementos y decrementos del estado de carga de dichos vehículos se lleva a cabo usando la información disponible (sobre el tráfico, conductor, ruta, tipo de vehículo, etc.) gracias al modelo de consumo, tal y como se aprecia en la Figura 2.



**Figura 8.** Arquitectura del modelo de consumo para la obtención del SoC.

**Fuente:** elaboración propia.

La información suministrada por este modelo es usada después por el algoritmo de gestión de priorización para realizar la optimización de las cargas a realizar por cada vehículo en función de las rutas planificadas.

### 3. Algoritmos

Cuatro algoritmos han sido aplicados en este trabajo:

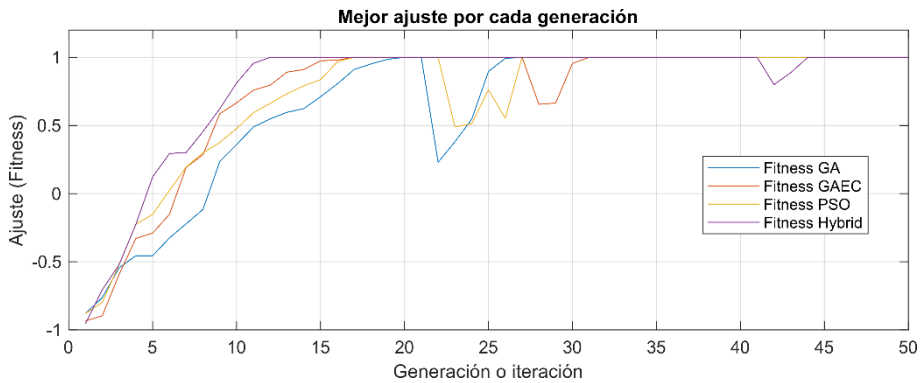
- Algoritmo genético (*genetic algorithm*, GA).
- Algoritmo genético con control evolutivo (*genetic algorithm with evolution control*, GAEC) basado en evolución de la curva de ajuste (*fitness curve*).
- Optimización por enjambre de partículas (*particle swarm optimization*, PSO).
- Algoritmo híbrido. Es una combinación de los anteriores.

Los algoritmos genéticos se basan en dos principios procedentes de la evolución natural biológica: la mutación (*mutation*) y el cruce (*crossover*). Esto significa que los individuos obtenidos pueden alterarse y combinarse entre sí para obtener nuevos tipos de individuos, siendo estos individuos posibles escenarios de solución para la priorización de la carga.

### 4. Resultados y discusión

Para comprobar el desempeño de cada uno de los algoritmos se ha realizado una serie de simulaciones, obteniendo los resultados observados en la Figura 3.

Los “valles” que se observan durante la simulación son cambios aleatorios que se han provocado en las rutas con objeto de observar la velocidad de la respuesta a cambios realizados en las condiciones de contorno del problema.



**Figura 9.** Curvas de mejor ajuste.

**Fuente:** elaboración propia.

Como puede verse, el algoritmo que logra un mejor ajuste para resolver la planificación es el algoritmo híbrido.

## 5. Conclusiones

El sistema eléctrico distribuido presenta grandes ventajas, entre las que destacan un mejor aprovechamiento de las energías renovables gracias a los DERs y la expansión del vehículo eléctrico. No obstante, esto conlleva un gran incremento en la complejidad de gestión.

Este trabajo propone un sistema de optimización de priorización de carga de vehículos que se encarga de gestionar cuándo y dónde debe cargar la batería una flota de vehículos eléctricos para cumplir con las rutas previstas.

De todos los algoritmos aplicados, se observa que una combinación de algoritmos genéticos y PSO proporciona muy buenos resultados, siendo posible aplicar la plataforma incluso en *near-real time*.

## Referencias bibliográficas

**Guerrero, J. I., Personal, E., García, A., Parejo, A., Pérez, F., y León, C.** (2019). Distributed Charging Prioritization Methodology Based on Evolutionary Computation and Virtual Power Plants to Integrate Electric Vehicle Fleets on Smart Grids. *Energies*, 12(12), 2402. <https://doi.org/10.3390/en12122402>

# MÉTODO PARA LA OBTENCIÓN DE SOMBRAS CON HERRAMIENTAS CAD. APLICACIÓN CON RHINOCEROS

**Fernando Mateo Carballo, Julián Llorente Geniz, Amanda Martín Mariscal,  
Manuel Ángel Monge Vera**

*Escuela Politécnica Superior, Dpto. Ingeniería del Diseño, Universidad de Sevilla,  
Sevilla.*

E-mail de correspondencia: [fmateoc@us.es](mailto:fmateoc@us.es)

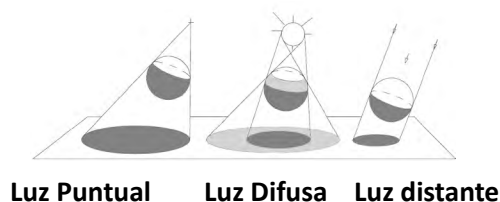
## Resumen

Con la herramienta de CAD Rhinoceros® hemos diseñado un método para obtener las curvas separatrices en 3D mediante la obtención de superficies circunscritas a los cuerpos y posterior uso de intersecciones entre superficies, consiguiendo las curvas separatrices en 3D para posterior representación en vistas 2D ortogonales, axonométricas o cónicas.

En consecuencia, establecemos una traducción entre los comandos del software y la ciencia de la Geometría Descriptiva para la resolución de problemas de sombras en cuerpos geométricos.

## 1. Introducción. Marco teórico.

Cuando una fuente de iluminación incide en un objeto, aparecen áreas o volúmenes bien diferenciados: el área o volumen donde incide la luz se corresponde con el área o volumen iluminados y el área o volumen donde no incide la luz es el área en sombra o volumen en sombra. Estas dos áreas o volúmenes están separados por la denominada línea separatriz que como tal, determina la separación del área iluminada del área en sombra. Esta línea vendrá condicionada por el tipo de fuente de luz, según su tamaño, posición y distancia así como el tipo de fuente de luz según puede se puede observar en la Figura 1.

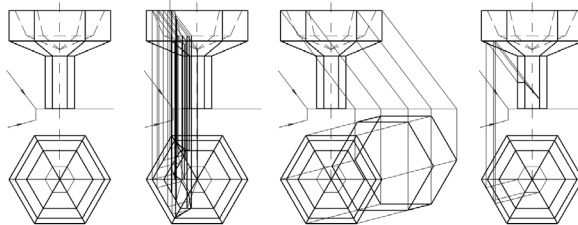


**Figura 1.** Tipos de fuentes de luz.

**Fuente:** elaboración propia.

En cualquier caso para la determinación de la línea separatriz, impera un principio fundamental: “Todo punto del espacio que se interponga a un rayo luminoso generará un rayo de sombra con la misma trayectoria” (Giménez, 2014). Es por ello por lo que la determinación de la representación de sombras se basa en intersecciones entre elementos geométricos (Recta/Plano–Superficie/Plano–Superficie/Superficie) según el tipo de elementos geométricos dados. Es decir, obtener figuras planas (proyecciones) proyectando geoméricamente sobre otra superficie (González *et al.*, 1977). Para obtener la sombra propia sobre el objeto hacemos uso del concepto de “línea de contorno aparente en el espacio, que obtendremos al trazar infinitas rectas tangentes a la superficie y paralelas a la dirección del rayo de luz obteniendo una superficie circunscrita al objeto denominada “cilindro proyectante” como se muestran en la Figura 4. La línea de contacto entre el cilindro proyectante y el objeto dado divide a ésta en dos volúmenes: la más próxima a la fuente de luz está iluminada y la más distante está en sombra (González *et al.*, 1977). Esta línea de contacto la denominamos la “línea separatriz” (contorno aparente en el espacio).

Para nuestro caso, aplicaremos al objeto (depósito de agua) una fuente de iluminación distante, mediante líneas/rayos paralelos y descendiente sobre el depósito.



**Figura 2.** Enunciado y trazado solución.

**Fuente:** (Enunciado: Izquierdo, 2009 – Solución: elaboración propia).

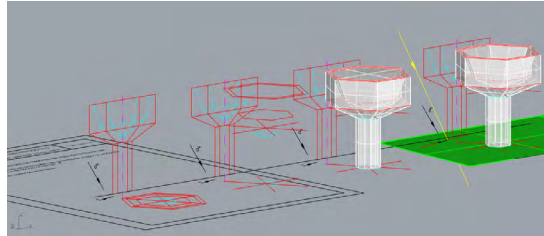
En nuestro caso hemos tomado un problema de un libro típico de Geometría Descriptiva (Izquierdo, 2009), Figura 2; en el cual se nos pide representar las proyecciones principales de la sombra propia y arrojada según la dirección de la luz “d”.

## 2. Método

Realizamos un método basado en la Geometría Descriptiva adaptado a una herramienta de CAD, en este caso a Rhinoceros®, aplicando un procedimiento sencillo que toma como base el proceso para el cálculo de sombras traducido a Rhinoceros® adaptando los comandos que ofrece el software para tal finalidad. En primer lugar realizaremos un modelo 3D del depósito disponiendo la dirección de

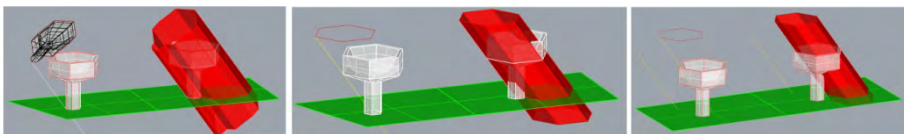


la fuente de luz en 3D, realizando para ello el *giro 3D* de la proyección vertical y empleo de construcción de Geometrías Básicas, Desplazamientos 3D, Generación de superficies regladas desarrollables mediante la Extrusión Recta de las formas poligonales 2D y superficie de transición para la superficie piramidal. Empleo de operaciones Booleanas de diferencia y unión, siendo el resultado según Figura 3:



**Figura 3.** Modelado 3D.  
**Fuente:** elaboración propia.

Las sombras a determinar y representar son:



**Sombra 1**

**Sombra 2**

**Sombra 3**

**Figura 4.** Sombras a obtener. Determinación de superficies circunscritas.  
**Fuente:** (elaboración propia)

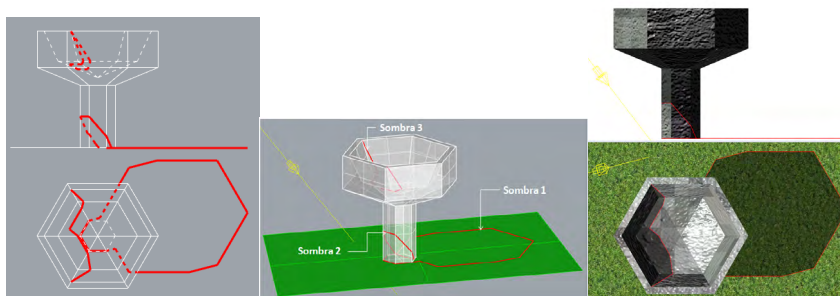
**Sombra 1** Proyectada o arrojada sobre los Planos de Proyección: Plano Horizontal. Plano de suelo; **Sombra 2** Propia. Área en sombra del depósito; **Sombra 3** Interior, arrojada sobre sí mismo o sombra autoarrojada: Área en sombra interior del depósito; **Sombra 4** Arrojada sobre otros objetos. No procede, depósito aislado.

Obtención **Sombra 1**: Prisma oblicuo de directriz poligonal irregular (*Siluet*a del contorno aparente rasante) obtenida mediante vista perpendicular a la dirección del rayo de luz en un *Plano de Construcción* Auxiliar proyectando el depósito en dicho Plano de Construcción (*ProyectarEnPlanoC*). Eje del prisma paralelo al rayo de luz. *Superficie de Barrido por un carril*. Obtención **Sombra 2**: Prisma oblicuo de directriz poligonal regular (exterior inferior) y eje de dirección paralela al rayo de luz. *Superficie de Barrido por un carril*. Obtención **Sombra 3**: Prisma oblicuo de directriz poligonal regular (interior) y eje de dirección paralela al rayo de luz. *Superficie de Barrido por un carril*.

Para la obtención de las líneas separatrices nos basamos en las intersecciones de cada una de las *superficies circunscritas* con el plano de suelo y depósito (equivalente a trazar líneas rectas paralelas al rayo de luz que siendo rasantes a las superficies del depósito hasta que se encuentren con el plano de suelo, soporte o pared del depósito. Según corresponda, tendremos: **Sombra 1**: Prisma oblicuo de directriz poligonal irregular intersección con el plano de suelo (PH). **Sombra 2**: Prisma oblicuo de directriz poligonal regular intersección con prisma recto regular (soporte del depósito). **Sombra 3**: Prisma oblicuo de directriz poligonal regular intersección con pirámide interior (vaso del depósito).

### 3. Resultados y discusión

Una vez conseguidas las líneas separatrices en el modelo 3D como consecuencia del estudio de las intersecciones entre superficies y obtención de las mismas mediante el comando "Crear Dibujo 2D" que nos ofrece la herramienta, configurado de forma adecuada, obtendremos la solución en proyecciones según se puede observar en la Figura 5. Por lo que conseguimos como resultados:



**Figura 5.** Resultado del problema planteado.

**Fuente:** elaboración propia.

- Efectividad, exactitud y estética en el trazado propios del empleo de una herramienta de CAD.
- Favorecer el desarrollo de la Habilidad Espacial de los estudiantes.
- Aumentar la satisfacción en el proceso de enseñanza-aprendizaje combinando reducción de tiempo, agrado y atención de los estudiantes

### Referencias bibliográficas

**Giménez, V.** (2014). *Diédrico Directo. Tomo II (Superficies, Intersecciones, CAD, Sombras.* Ed. Regina Cabello-Algeciras. p. 203.

**González, V., López, R., y Nieto, M.** (1977). *Sistemas de Representación. Sistema Diédrico. Tomo I.* Ediciones Texgraf. Valladolid. p. 13.

**Izquierdo, F.** (2009). *Ejercicios de geometría descriptiva (sistema diédrico)* (16ª ed.). Francisco Javier Izquierdo Ruiz de la Peña. p. 129.



# PRODUCTO INTUITIVO. UN ENFOQUE DESDE LA NEUROAFFORDANCE Y LA FISICALIDAD HUMANA

**Lucía Recio Rubio\***, **Francisco Aguayo González**, **Antonio Córdoba Roldán**, **Ana Isabel Morales García**

*Escuela Politécnica Superior, Departamento de Ingeniería del Diseño, Universidad de Sevilla, Sevilla.*

E-mail de correspondencia: [lrecio@us.es](mailto:lrecio@us.es)

## Resumen

Cuando lo digital se fusiona con el mundo físico, e incorpora inteligencia y conectividad, dando lugar a los productos inteligentes conectados como sistemas ciberfísicos; las percepciones del espacio, el tiempo y lo físico se convierten en un juego con la hibridación de producto en lo real y lo virtual o gemelo digital. Esta situación ofrece grandes posibilidades al diseño para crear acciones, formas y estados significativos, donde se necesite una armonía entre la fisicalidad humana, la interfaz y la representación física.

El objetivo último es la creación de un producto intuitivo desde la experiencia de uso. El abordaje de este objetivo se puede llevar a cabo desde la neurociencia de usos a través del diseño de la *neuroaffordances*. En el presente trabajo, se lleva a cabo una aproximación al concepto de fisicalidad, cómo afecta a si un diseño es intuitivo de usar, la forma diseñar teniendo en cuenta la fisicalidad, bajo lo que se considera “físico” en tiempo y espacio y sus correlatos neurofisiológicos. Ello permite modelar dispositivos para interacciones naturales a través de fisigramas, usando bucles de neuro retroalimentación para examinar y mejorar sus diseños, bajo criterios de neuroadaptabilidad a través de *neuroaffordances*.

## 1. Introducción al Neurodiseño

La neurociencia es una disciplina con una larga trayectoria en la historia, nace con el propósito de estudiar y comprender mejor el sistema nervioso del ser humano, así como de profundizar en las sensaciones, pensamientos y emociones entre otros aspectos de los humanos (Redolar, 2014).

Ha sido usada como apoyo a la psicología y a los estudios clínicos para así desentrañar el complejo funcionamiento mental de las personas, teniendo como eje central de las investigaciones explicar cómo la actividad del cerebro está relacionada con la

psiquis y el comportamiento humano, creando así un nuevo enfoque para entender la conducta de los seres humanos y dando una explicación a cómo aprende y cómo almacena información nuestro cerebro y cuáles son los procesos que facilitan dicho aprendizaje (Chrysikou, 2015).

El avance en la tecnología, la conectividad y la fusión del mundo digital con el mundo físico hacen que surjan nuevos enfoques de uso para esta disciplina. Nace así la fusión entre la neurociencia y el diseño de producto, el neurodiseño. Esta nueva disciplina permite complementar el enfoque basado en planteamientos teóricos y metodológicos, en los que anteriormente se cimentaba el diseño de productos, con la posibilidad de comprender mejor la cognición y la conducta de los seres humanos, acercando así a los investigadores y científicos con los usuarios del diseño, que son finalmente el público objetivo de todos los diseños.

Por lo tanto, se podría entender el neurodiseño como el lugar en el que se encuentran o se enlazan el diseño de productos con las emociones de los usuarios. De ello se podría extraer la siguiente relación que permite una visualización directa de los puntos principales de los que se compone esta rama de conocimiento (Plotly, 2016):


$$[ F + U + A ] \times E$$

**Figura 1.** Expresión del Neurodiseño.

**Fuente:** (Plotly, 2016).

- F = Se corresponde con el producto o servicio que cumple una funcionalidad.
- U = El producto o servicio es fácil de usar, cómodo, intuitivo y seguro. Se considera como el preludio de la emoción.
- A = Se trata de una estética cuidada y agradable que nos facilita desempeñar mejor las actividades relacionadas con el producto o servicio.
- E = Representa que la toma final de decisiones por parte de los sujetos es inconsciente y emocional.

## 2. Propuesta metodológica

El objetivo del proyecto es la búsqueda de una nueva metodología de diseño, a través de los conocimientos adquiridos por este nuevo campo de estudio que es el neurodiseño, que permita el diseño de productos e interfaces que sean adaptables

a la experiencia de uso de los usuarios, de manera que se consigan desarrollar productos que puedan ser usados de manera intuitiva por los usuarios, y en los que se priorice la usabilidad. A estos productos se los conoce como productos intuitivos o productos enactivos.

Para realizar la propuesta de diseño de estos productos intuitivos, lo primero sería conocer de qué manera pueden los productos llegar a relacionarse o a interactuar con el cerebro de los usuarios, para ello es necesario introducir conceptos como la intuición o la cognición.

La intuición, también conocida como conocimiento tácito, hace referencia a la información que no puede ser comunicada fácilmente de manera verbal, aquella que se relaciona con conocimientos adquiridos de la experiencia directa y del entrenamiento. Se vincula estrechamente a la cognición (Gielo-Perczak y Karwowski, 2003).

Se puede por lo tanto relacionar el uso intuitivo de los productos con un proceso cognitivo que utiliza los conocimientos adquiridos previamente por los usuarios a través de las experiencias de uso con otros productos. (Blacklerand, Popovic, y Mahar, 2003).

Para ilustrar mejor el proceso cognitivo del ser humano, nos basamos en el diagrama que se presenta a continuación, que ilustra el proceso jerárquico que sigue el cerebro desde que se inicia el proceso con el estímulo, input o entrada que da comienzo al proceso de cognición hasta que el cuerpo realiza la acción, repuesta u output de salida que sería el final del proceso.



**Figura 2.** Proceso cognitivo.

**Fuente:** elaboración propia.

Se propone que la manera de abordar el objetivo de diseñar productos intuitivos sea mediante la dotación de indicaciones cognitivas al producto con las que se pueda entender su uso sin necesidad de instrucciones, es decir, que despierten esa experiencia de uso. Esto se consigue a través de las *neuroaffordances*.

Lo que percibimos al mirar un producto son sus *affordances*, no sus cualidades, es decir, los que los objetos nos ofrecen es a lo que normalmente prestamos atención. Se sugiere por tanto que la percepción que se tiene del mundo se basa en la percepción de las *affordances*, es decir, de reconocer las características del entorno que marcan la interacción con el entorno (Gibson, 1977).

Se plantea por tanto el uso de estas *neuroaffordances* en el diseño de productos, de manera que al percibir las se cree un rápido mapeo semántico entre la percepción simbólica y las representaciones de acción, construyendo así nuevos símbolos perceptivos para detectar la usabilidad de los objetos a través del aprendizaje y la experiencia de uso.

### 3. Conclusiones

Se puede concluir, por tanto, que como fin último en el diseño de productos, en este caso productos intuitivos o productos enactivos, lo que se debe asegurar es que la interfaz de uso o el producto diseñado proporcione los mensajes correctos e interaccione con el cerebro del usuario, de modo que el procesamiento cognitivo que este realice a través de la percepción de las *affordances* o *neuroaffordances* le lleven al uso adecuado del producto, es decir, lo que se persigue con este tipo de diseños es conseguir la neuroadaptabilidad, es decir, que todo tipo de productos o interfaces que se diseñen tengan siempre una conexión directa con el usuario y con cómo este percibe los estímulos, llegando a conseguir que los diseños se adapten completamente a su público objetivo.

### Referencias bibliográficas

Blacklerand, A., Popovic, V., y Mahar, D. (2003). The nature of intuitive use of products: an experimental approach. *Design studies*, 24(6), 491-506. [https://doi.org/10.1016/S0142-694X\(03\)00038-3](https://doi.org/10.1016/S0142-694X(03)00038-3)

Chrysiou, E. G. (2015). Creative states: A cognitive neuroscience approach to understanding and improving creativity in design. En J. S. Gero (ed.), (2015), *Studying visual and spatial reasoning for design creativity*. <https://doi.org/10.1007/978-94-017-9297-4>

Gibson, J. J. (1977). *The theory of affordances*. [https://monoskop.org/images/2/2c/Gibson\\_James\\_J\\_1977\\_The\\_Theory\\_of\\_Affordances.pdf](https://monoskop.org/images/2/2c/Gibson_James_J_1977_The_Theory_of_Affordances.pdf)



Gielo-Perczak, K., y Karwowski, W. (2003). Ecological models of human performance based on affordance, emotion and intuition. *Ergonomics*, 46(1-3). <https://doi.org/10.1080/00140130303536>

Plotly. (2016). *Herramienta de graficación de datos*. <https://plot.ly/>

Redolar, D. (2014). *Neurociencia cognitiva*. Panamericana.



# **PROPUESTA METODOLÓGICA DE DEFINICIÓN, PLANIFICACIÓN, VALIDACIÓN Y CONTROL DE LA DOCUMENTACIÓN TÉCNICA EN PROYECTOS DE INGENIERÍA**

**Sergio Guzmán Ruiz\*, Amalia Luque Sendra**

*Departamento de Ingeniería del Diseño, Universidad de Sevilla.*

E-mail de correspondencia: [sguzman@us.es](mailto:sguzman@us.es)

## **Resumen**

Cada vez más, sobre todo en proyectos internacionales de envergadura, es clara la necesidad de definir cómo y cuándo debe entregarse al cliente la documentación técnica de una planta industrial. En los contratos suelen marcarse los hitos de pago<sup>1</sup> vinculados a los progresos, pero no siempre se tiene en cuenta el contenido de la documentación técnica.

Dependiendo del proyecto, el departamento y el personal involucrado para llevar a cabo la gestión de la documentación técnica puede ser diferente.

Con frecuencia acaba haciéndose cargo de la gestión de la documentación técnica, el departamento de que no cuenta con los recursos necesarios para afrontarlo, de manera que el equipo de puesta en servicio pueda entrar a trabajar.

Dado que, en la ejecución de un proyecto industrial, se comienza habitualmente sin una colección de planos válidos para construcción, no es de extrañar que, en este punto incierto, aún sea desconocido el número y tipo de pruebas o ensayos a realizar en obra.

Esto, junto a la falta de acuerdo con el cliente y el subcontratista respecto a la documentación que debe estar lista en las etapas de precomisionado y puesta en servicio respectivamente, suele ser motivo de conflicto.

Resulta entonces adecuada la elaboración de un documento genérico, o programa informático, que organice la documentación técnica y sea incluido en los contratos<sup>2</sup>, de manera que el impacto en el control de costes, asignación de los recursos y planificación<sup>3</sup> sea mínimo en la ejecución de proyectos industriales.

## **1. Introducción**

Conforme se genera la documentación en un proyecto industrial, se va archivando en los diferentes departamentos, desde la etapa de ingeniería hasta el período de garantía de funcionamiento. Durante todo este tiempo, la información está, en el mejor de los casos, solo disponible para un conjunto muy reducido de personas, que además pueden no ser capaces de interpretarla o leerla. La búsqueda y gestión de la información supone un reto en la mayoría de los casos para el personal de obra.

En particular, en el caso de la etapa de terminación mecánica, la falta de definición de un protocolo de actuación frente a la gestión de la documentación técnica produce en la práctica un bloqueo o ralentización del proyecto, que es evitable.

## **2. Materiales y métodos**

La gestión de la documentación requiere un protocolo, un sistema de archivo y una vía eficaz para la búsqueda de la información. El protocolo debe ser claro y libre de interpretaciones, de acuerdo a las especificaciones del proyecto y a las necesidades del cliente recogidas en el contrato. Aún si esto último no está suficientemente definido, debe al menos servir de referencia para garantizar que las etapas sucesivas del proyecto se desarrollen con garantía de desarrollo sin errores evitables en etapas anteriores.

La elaboración de un texto legal a incluir en la cláusula de un contrato tiene suficiente rigor para resolver el vacío existente, pero puede ser de difícil lectura, sujeto además a traducción. Existe además normativa internacional (FIDIC, 1999) que puede dar una solución parcial. La aplicación del texto debe a su vez resultar sencilla, por lo que la presentación de la guía a modo de esquema o texto indexado se propone como solución a priori.

Los archivos físicos en las obras sufren continuas remodelaciones, cambios de despacho, usos del local y están sometidos al constante riesgo de incendio o de pérdida de información por otros medios. Por otro lado, se hace inevitable la existencia de registros físicos en papel, con firmas autorizadas en lugares con recursos limitados, como suelen ser los entornos de construcción. Una posible solución práctica puede venir del escaneado de la documentación y archivo bajo custodia de los originales, incluso fuera del entorno industrial.

El sistema de archivo debe ser lo suficientemente robusto y eficaz como para poder llevarse a cabo en un entorno limitado y con unos usuarios con limitaciones también.

Debe a su vez permitir elaboración de copias de seguridad y la consulta ágil. Ya una carencia en cualquiera de estas dos premisas tiene impacto sobre el riesgo (PMBOK, 2017). La búsqueda de información en el sistema de archivo debe ser fiable, y no poner en peligro al propio archivo. En otro caso, pueden ser los propios usuarios los que deterioren o incluso destruyan el sistema.

Para la operación de un sistema de archivo, puede interponerse personal especializado en el manejo de las bases de datos, pero limita el acceso a los mismos la propia disponibilidad del personal y los horarios. Si se centra la atención en la creación de un sistema en soporte digital, fácil de utilizar y juntamente con unas sesiones de entrenamiento para los potenciales usuarios, se salvarían las barreras citadas.

### **3. Resultados y discusión**

La regulación a nivel contractual de la documentación técnica a emitir y archivar en proyectos de ingeniería es necesaria. De esta manera, se evitan conflictos y retrasos de ejecución, a la vez que permite una gestión del proyecto más eficaz desde el principio.

La forma en la que debe llevarse a cabo debe ser extrapolable de un proyecto a otro y poder llevarse a cabo con medios suficientemente sencillos.

El manejo de los registros creados en el transcurso del proyecto requiere un sistema de archivo robusto y fácilmente accesible por el personal técnico que lo requiera así como servir de cronología del proyecto para llevar a cabo posibles modificaciones o investigaciones.

### **4. Conclusiones**

Un protocolo para la gestión documental escrito de manera esquemática, tabular o indexada para fijar la documentación que es necesaria registrar a lo largo de todo el proyecto, establece las bases a nivel documental, de la documentación exigible. Se propone su desarrollo en términos legales.

Un sistema de archivo ordenado digital mediante el uso de una base de datos existente en el mercado y por otro lado una gestión eficiente y centralizada de la documentación en papel, se propone la elaboración de un procedimiento a integrar en el protocolo.

Un manual y un curso de adiestramiento en el manejo del sistema de gestión de documentación técnica dirigido al personal técnico del proyecto completan la propuesta.

### **Referencias bibliográficas**

**Federation Internationale des Ingenieurs-Conseils.** (1999). *Conditions of Contract for epc/turnkey projects*. Silver book.

**Federation Internationale des Ingenieurs-Conseils.** (1999). *Conditions of Contract for Plant and Design-Build*. Yellow book.

**Federation Internationale des Ingenieurs-Conseils.** (2006). *Conditions of Contract for Construction*. MultiDevelopment Bank Harmonised Edition. Red book.

**Mulcachy, R.** (2013). *Project Management Professional Exam Preparation*. RMC.

**Project Management Body of Knowledge.** (2017).

# **RED DE SENSORES INALÁMBRICOS MULTIMEDIA CON ARQUITECTURA MULTIPROCESADOR HETEROGÉNEA PARA LA MONITORIZACIÓN AMBIENTAL**

**Sebastián García\*, Antonio Parejo, Diego Francisco Larios, Julio Barbancho, Carlos León**

*Departamento de Tecnología Electrónica, Escuela Politécnica Superior, Universidad de Sevilla, 41011 Sevilla, España.*

Autor de correspondencia: [sgarcia15@us.es](mailto:sgarcia15@us.es)

## **Resumen**

En los últimos años estamos asistiendo a un creciente interés a nivel mundial por la conservación y protección de espacios de interés ecológico. La adquisición de datos en entornos naturales protegidos está siempre limitada a acciones que no perturben a los seres vivos del ecosistema; por este motivo, los investigadores deben enfrentarse a dos conflictos de intereses: sistemas robustos y autónomos que minimicen la necesidad de interacción física con los sensores instalados, y lo suficientemente complejos para capturar y procesar grandes volúmenes de datos.

Con el objeto de conseguir un buen equilibrio entre autonomía y capacidad de cómputo, este trabajo propone una plataforma de sensores heterogéneos multiprocesador, compuesto por un microcontrolador de ultra bajo consumo y un coprocesador de altas prestaciones. Esta arquitectura permite ajustar la capacidad de procesado y el consumo según la disponibilidad energética.

Esta arquitectura se ha aplicado a una red de sensores instalada en el Parque Nacional de Doñana. Los equipos desplegados incorporan, además de sensores para variables meteorológicas, una entrada de micrófono y dos cámaras (una visible y otra térmica) para la captura de datos multimedia. El intercambio de datos se realiza mediante comunicaciones inalámbricas LoRa.

## **1. Introducción**

El estudio de parámetros medioambientales y cómo estos están cambiando debido a la influencia humana está teniendo un creciente interés hoy día. Dado esto, es fundamental la monitorización local durante largos periodos de tiempo. A partir de estos datos, biólogos e investigadores pueden realizar diversos estudios científicos para evaluar y predecir los efectos que tienen sobre el ecosistema.

Tradicionalmente, estos datos se han obtenido por medios manuales, lo cual resulta tedioso. En este sentido, las redes de sensores inalámbricas tradicionales (WSN) han supuesto un gran paso adelante (Larios et al., 2013). Con este tipo de redes de sensores se han estado obteniendo parámetros ambientales escalares (temperatura, humedad, presión, luminosidad, etc.) de forma autónoma.

Sin embargo, las WSN no aportan datos de observación directa (imagen y audio) que, para ciertos tipos de estudios ambientales, como podría ser la fenología, son fundamentales. En los últimos años y en este sentido, han aparecido las redes de sensores inalámbricas multimedia (WMSN), las cuales aportan imagen y audio (García et al., 2019) and complex enough ones to capture and process higher volumes of data. On the basis of this situation, this paper analyses the current state-of-the-art of wireless multimedia sensor networks, identifying the limitations and needs of these solutions. In this sense, in order to improve the trade-off between autonomous and computational capabilities, this paper proposes a heterogeneous multiprocessor sensor platform, consisting of an ultra-low power microcontroller and a high-performance processor, which transfers control between processors as needed. This architecture allows the shutdown of idle systems and fail-safe remote reprogramming. The sensor equipment can be adapted to the needs of the project. The deployed equipment incorporates, in addition to environmental meteorological variables, a microphone input and two cameras (visible and thermal).

En cambio, las WMSN tienen unos requerimientos totalmente distintos a las WSN dada la naturaleza y volumen de los datos que adquieren. Las WMSN necesitan de mayores capacidades de cómputo, mayores necesidades energéticas y presentan mayor dificultad en la gestión de las comunicaciones, así como en integración de sensores de distinto tipo. Además, no hay que olvidar que estos dispositivos serán instalados en zonas hostiles alejadas de fuentes de energía, por lo que serán dispositivos autoalimentados (tradicionalmente a través de paneles solares y baterías).

Dado esto, las WMSN presentan una serie de problemas para su uso en aplicaciones de monitorización ambiental. Este trabajo presenta una novedosa arquitectura multiprocesador heterogénea para adaptar las necesidades de las WMSN a su uso en este tipo de aplicaciones.

## **2. Arquitectura propuesta**

Se propone el uso de una arquitectura multiprocesador (Figura 1) basada en un procesador de ultra bajo consumo (LPM) el cual es el encargado de la gestión del



nodo junto con un coprocesador multimedia (MP). De tal forma que el sistema actúa como un nodo de WSN que dispone de un recurso adicional: un coprocesador multimedia. El LPM está basado en un ARM Cortex-M3 de la familia STM32L mientras que el MP en una Raspberry Pi 3.

El LPM es, además, el responsable de gestionar la fuente de alimentación inteligente (SPS), la cual puede activar o desactivar recursos en función de las necesidades. Esta arquitectura permite disponer de altas capacidades de cómputo sin sacrificar el consumo energético, puesto que el MP es activado solo cuando es necesario.

Dadas las altas capacidades de cómputo del MP, esta arquitectura permite realizar computación en el borde (Edge Computing). Lo que permite procesar en local los datos multimedia y enviar únicamente los resultados de dicho procesado. Esto permite disminuir el uso de las comunicaciones, otro de los problemas de las WMSN aplicadas a la monitorización ambiental. Las comunicaciones entre nodos se realizan a través de interfaces inalámbricas LoRa.

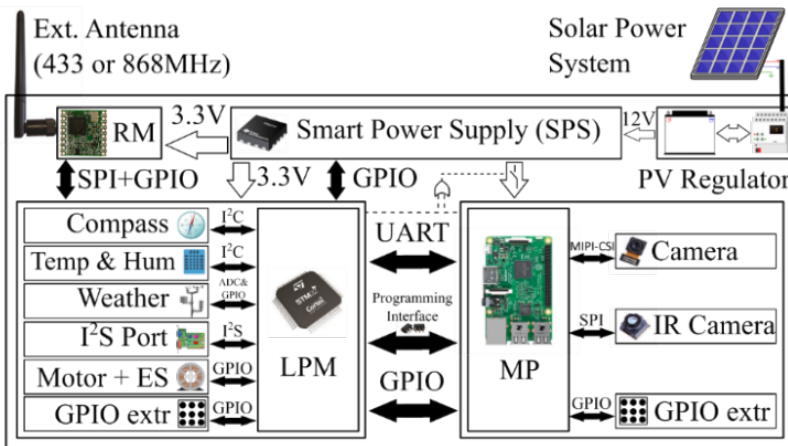


Figura 12. Arquitectura de nodo propuesta.

Fuente: (García et al., 2019).

La integración de sensores de distinto tipo y frecuencia de adquisición es otra de las bondades de esta arquitectura. El LPM realiza la gestión de las variables escalares: temperatura, humedad relativa, dirección y velocidad de viento, pluviometría, etc.; mientras que el MP gestiona las variables multimedia: imagen y audio.



#### 4. Conclusiones

Se ha presentado una arquitectura de WMSN para aplicación en monitorización ambiental la cual suple las carencias que estas tienen en este tipo de aplicativos. Por otro lado, se han enfrentado los enfoques de procesamiento local y centralizado obteniendo los parámetros que influyen en el consumo energético para ambos enfoques. Para finalizar, se ha establecido una metodología para la elección de un enfoque u otro dependiendo de la aplicación.

#### Referencias bibliográficas

- García, S., Larios, D. F., Barbancho, J., Personal, E., Mora-Merchán, J. M., y León, C.** (2019). Heterogeneous LoRa-Based Wireless Multimedia Sensor Network Multiprocessor Platform for Environmental Monitoring. *Sensors*, 19(16), 3446. <https://doi.org/10.3390/s19163446>
- Larios, D. F., Barbancho, J., Sevillano, J. L., Rodríguez, G., Molina, F. J., Gasull, V. G., Mora-Merchán, J. N., y León, C.** (2013). Five years of designing wireless sensor networks in the Doñana Biological Reserve (Spain): An applications approach. *Sensors*, 13(9). <https://doi.org/10.3390/s130912044>



# **ALGORITMOS DE MACHINE LEARNING Y SU APLICACIÓN AL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL EN EL SECTOR AGROALIMENTARIO**

**Manuel Guerrero\*, Amalia Luque, Juan R. Lama**

*Grupo TEP 022, Diseño Industrial e Ingeniería del Proyecto y la Innovación,  
Universidad de Sevilla, Sevilla.*

E-mail de correspondencia: [manguecan@alum.us.es](mailto:manguecan@alum.us.es)

## **Resumen**

Las aplicaciones de Machine Learning, o aprendizaje automático, son soluciones que, tras su implementación, continúan mejorando con el tiempo y con una mínima intervención humana, lo que las hace muy adecuadas para ayudar en las labores de mantenimiento de cualquier industria.

Se han analizado 10 algoritmos, de los más utilizados, para comprender los conceptos básicos del aprendizaje automático, los problemas que solucionan y seleccionar el mejor algoritmo para la aplicación al mantenimiento predictivo en una industria agroalimentaria española: Solán de Cabras.

## **1. Introducción**

El término de Industria 4.0 aglutina las tecnologías que ayudan a la organización a mejorar la cadena de valor (Saghezchi *et al.*, 2018). A pesar del enorme potencial, según Saucedo-Martínez *et al.* (2018) aún hay desafíos importantes que superar hasta que este nuevo paradigma llegue a instalarse en los centros productivos.

Una de las áreas en la que puede ayudar la digitalización es el mantenimiento. Como mencionan Zhu, Xiong y Liang (2018), las estrategias de mantenimiento cambian cada vez más de las tradicionales estrategias de inspección operativa y periódica a estrategias de mantenimiento predictivo.

Esto es posible gracias a la creciente disponibilidad de datos generados y registrados en las fábricas. Estos datos están cambiando la forma en que se toman las decisiones (Dutta *et al.*, 2018) y en la gestión de mantenimiento (Candanedo *et al.*, 2018).

En particular, Wang (2016) señala que la introducción de los enfoques de Machine Learning, o aprendizaje automático, en la gestión del mantenimiento ha hecho realidad el mantenimiento predictivo.

## 2. Materiales y métodos

Se ha realizado un estudio bibliográfico sobre los algoritmos de aprendizaje automático. Este estudio se ha llevado a cabo mediante un método SLNA. Esta herramienta combina una revisión sistemática de publicaciones científicas y el análisis de fuentes bibliográficas (Strozzi *et al.*, 2017). Como resultado del análisis se han seleccionado y estudiado en detalle 10 algoritmos de Machine Learning.

Atendiendo a las características del caso de estudio, se seleccionarán los mejores algoritmos para la aplicación al mantenimiento predictivo en una industria agroalimentaria española: Solán de Cabras.

## 3. Resultados y discusión

Para el estudio de estos algoritmos se han utilizado fuentes internacionales como Scopus, Web of Science y ScienceDirect. A modo de resumen se ha elaborado la siguiente tabla, donde se muestra el fundamento del algoritmo estudiado, así como ventajas y desventajas.

**Tabla 1.** Análisis de los algoritmos de aprendizaje automático.

Algoritmo	Fundamento	Ventajas	Desventajas
Clasificador Naïve Bayes	Clasificador probabilístico.	Objetos con muchas características.	Necesita una gran muestra.
Agrupamiento K-media	Método no determinista.	Rápido. Gran cantidad de variables.	No determinista. Iterativo
Vectores de soporte	Para problemas de clasificación o regresión.	Mejor rendimiento. Más eficiencia.	En conjuntos de datos muy complejos no se encuentra solución.
Algoritmo Apriori	Genera reglas de asociación.	Fácil implementar. No supervisado.	Necesita una gran muestra.
Vecinos más cercanos	Basado en encontrar el camino óptimo entre nodos.	Genera solución rápidamente. Fácil de implementar y ejecutar.	No siempre es la solución óptima, incluso, pueden existir muchas soluciones.
Regresión lineal	Muestra la relación entre dos variables.	Fácil de interpretar. Necesita poco aprendizaje.	Pocas características. Problemas no muy complejos.
Regresión logística	Resolución de tareas de clasificación.	Fácil inspeccionar y menos complejo. Algoritmo robusto ante variables con relación no lineal.	Una variable debe ser función de otra. Requiere muchos datos para su entrenamiento.
Árboles de decisión	Metodología de ramificación para expresar los resultados posibles.	Ayuda a tomar decisiones óptimas. Son robustos a los errores. Son muy instintivos.	Mayor número de decisiones, menor precisión. Malos resultados para variables continuas.

Algoritmo	Fundamento	Ventajas	Desventajas
Bosque aleatorios	Utiliza un conjunto de árboles para realizar la predicción.	Más rápidos que un árbol complejo. Mayor precisión de clasificación.	Un gran número de árboles ralentiza el algoritmo. No predice más allá de los datos de entrenamiento.
Redes neuronales artificiales	Simplificación del funcionamiento del cerebro humano.	Auto-organización. Tolerancia a destrucción parcial.	Requisitos de computación. Falta de reglas para construir una red.

**Fuente:** elaboración propia.

Zhu *et al.* (2018) señalan que un algoritmo para la aplicación específica propuesta debe cumplir: el problema se debe poder modelar, obtención de resultados en tiempo real, las variables utilizadas han de ser continuas, etc. Por lo tanto, se propone comparar el comportamiento los algoritmos que cumplen con los condicionantes, como el de asociación, regresión lineal y clasificador Naïve Baye. Se descartan otros algoritmos como los árboles o vecinos cercanos por no cumplir algún criterio (Jahnke, 2015).

Para trabajos futuros, se propone desarrollar la comparación de los algoritmos mencionados. Así, los siguientes pasos serán la implementación de varios algoritmos en función de la disponibilidad que se tenga (computacional, volumen de datos, disponibilidad de personal, etc.) en el centro de producción, para evaluar el rendimiento de los mismos con varios datasets extraídos de campo.

#### 4. Conclusiones

El concepto de mantenimiento predictivo se propuso hace unas décadas. Desde entonces, ha tomado mucha importancia en la industria por diversas gracias al desarrollo de métodos de aprendizaje. Zhou (2012) indica como estos algoritmos han ayudado a las industrias a adoptar este tipo estrategias de mantenimiento, proporcionando una detección más precisa del inicio de fallos y mal funcionamientos de máquinas o líneas de producción.

Debido a la variedad de tipos de algoritmos de aprendizaje es conveniente realizar un estudio previo para elegir el método de Machine Learning óptimo para la aplicación.

En este trabajo se ha realizado un estudio de diferentes algoritmos de Machine Learning para identificar los más apropiados para su implementación en una industria agroalimentaria española como es Solán de Cabras, perteneciente al Grupo Mahou-San Miguel.

## Referencias bibliográficas

- Candanedo, I. S., Nieves, E. H., González, S. R., Martín, M. T. S., y Briones, A. G.** (2018). Machine learning predictive model for industry 4.0. *In International Conference on Knowledge Management in Organizations* (501-510). Springer, Cham.
- Dutta, R., Mueller, H., y Liang, D.** (2018). An interactive architecture for industrial scale prediction: Industry 4.0 adaptation of machine learning. *In 2018 Annual IEEE International Systems Conference (SysCon) (1-5)*. IEEE.
- Jahnke, P.** (2015). Machine learning approaches for failure type detection and predictive maintenance. *Technische Universität Darmstadt*, 19. [https://www.ke.tu-darmstadt.de/lehre/arbeiten/master/2015/Jahnke\\_Patrick.pdf](https://www.ke.tu-darmstadt.de/lehre/arbeiten/master/2015/Jahnke_Patrick.pdf)
- Rubio, E. M., Dionísio, R. P., y Torres, P.** (2018). Predictive maintenance of induction motors in the context of industry 4.0. *International Journal*, (4), 238. [https://www.researchgate.net/publication/331332259\\_Predictive\\_maintenance\\_of\\_induction\\_motors\\_in\\_the\\_context\\_of\\_industry\\_40](https://www.researchgate.net/publication/331332259_Predictive_maintenance_of_induction_motors_in_the_context_of_industry_40)
- Saghezchi, F. B., Mantas, G., Ribeiro, J., Esfahani, A., Alizadeh, H., Bastos, J., y Rodriguez, J.** (2018). Machine learning to automate network segregation for enhanced security in industry 4.0. *In International Conference on Broadband Communications, Networks and Systems* (pp. 149-158). Springer, Cham.
- Saucedo-Martínez, J. A., Pérez-Lara, M., Marmolejo-Saucedo, J. A., Salais-Fierro, T. E., y Vasant, P.** (2018). Industry 4.0 framework for management and operations: a review. *Journal of ambient intelligence and humanized computing*, 9(3), 789-801. [https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.springer-doi-10\\_1007-S12652-017-0533-1](https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.springer-doi-10_1007-S12652-017-0533-1)
- Strozzi, F., Colicchia, C., Creazza, A., y Noè, C.** (2017). Literature review on the 'Smart Factory' concept using bibliometric tools. *International Journal of Production Research*, 55(22), 6572-6591. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1326643>
- Wang, K.** (2016). Intelligent predictive maintenance (IPdM) system—Industry 4.0 scenario. *WIT Transactions on Engineering Sciences*, 113, 259-268. [https://www.semanticscholar.org/paper/Intelligent-Predictive-Maintenance-\(-IPdM-\)System-Wang/f84a9c62aa15748024c7094179545fa534b70eeb](https://www.semanticscholar.org/paper/Intelligent-Predictive-Maintenance-(-IPdM-)System-Wang/f84a9c62aa15748024c7094179545fa534b70eeb)



- Xu, L. D., y Duan, L.** (2019). Big data for cyber physical systems in industry 4.0: A survey. *Enterprise Information Systems*, 13(2), 148-169. <https://doi.org/10.1080/17517575.2018.1442934>
- Zhou, Z. H.** (2012). *Ensemble methods: foundations and algorithms*. Chapman and Hall/CRC.
- Zhu, X., Xiong, J., y Liang, Q.** (2018). Fault diagnosis of rotation machinery based on support vector machine optimized by quantum genetic algorithm. *IEEE Access*, 6, 33583-33588. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2789933>



# ALGORITMOS DE MODELADO Y CALIBRACIÓN DE UN PROTOTIPO DE TERMOCICLADOR PARA PCR

**Juan M. Montes-Sánchez\*, Ángel Jiménez-Fernández, Saturnino Vicente-Díaz**

*Arquitectura y Tecnología de Computadores, Universidad de Sevilla, Sevilla.*

E-mail de correspondencia: [jmontes@atc.us.es](mailto:jmontes@atc.us.es)

## Resumen

La reacción en cadena de la polimerasa (PCR) se apoya hoy en día en el uso de termocicladores: dispositivos capaces de realizar ciclos de temperatura rápidos y precisos. En este trabajo se ha desarrollado una técnica de calibración para un prototipo de termociclador, así como un modelado lineal por tramos, y se ha medido su impacto en la reducción de errores. La técnica es replicable de manera semiautomática de cara a una futura producción en serie del termociclador. Los resultados en la implementación han logrado reducir el error a valores en torno al 1%.

## 1. Introducción

Inventada en 1985 por Kary Mullis (Saiki *et al.*, 1988), la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) es una técnica usada en biología sintética para replicar muestras de ADN y obtener una cantidad suficiente de material con el que realizar después diferentes técnicas de diagnóstico. Hay dos elementos importantes en dicho procedimiento: los reactivos (químicos necesarios para que ocurra la replicación) y un termociclador, que es el aparato que realizará los cambios de temperatura necesarios.

Varios estudios ya se han encargado de probar en qué medida puede afectar cada elemento al resultado del proceso (Borman *et al.*, 2000), coincidiendo la mayoría de ellos en la importancia de mantener temperaturas correctas en cada fase (Kim *et al.*, 2008; Schoder *et al.*, 2005).

En el presente proyecto se ha propuesto el desarrollo de un procedimiento estándar de modelado y calibración, ajustado a las características particulares del prototipo y pensando en su futura producción industrial.

## 2. Materiales y métodos

Los principales elementos que intervienen en este trabajo son:

- El prototipo de termociclador, desarrollado por Vitro Group. Tiene doble peltier, 24 pocillos para tubos de muestra, tapa caliente y electrónica y software de control específicos. Dispone también de dos termopares internos para monitorizar la temperatura.
- Instrumental de medida de temperaturas, compuesto por un PicoLog USB TC-08 con su software y 8 sondas termopar adaptadas (Figura 1). Se ha enviado el aparato al fabricante para su calibración, y el error de las sondas se ha corregido realizando una calibración a dos puntos.

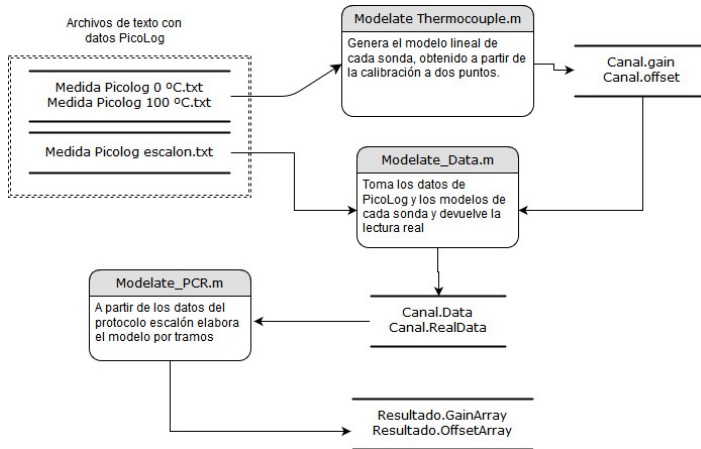


**Figura 1.** PicoLog USB TC-08 (izq.) y sondas termopar (dcha.).

**Fuente:** elaboración propia.

Utilizando las sondas conectadas al PicoLog, dispuestas en una matriz se registra la temperatura real a la que están los pocillos. Se ha elaborado un protocolo estándar de 9 fases, de 90 s de duración cada, incrementando en 10 °C la temperatura en cada fase desde 10 °C hasta 90 °C. Las medidas reales del ciclo completo quedan registradas en un archivo de texto.

Este archivo se procesa con un algoritmo desarrollado en Matlab, que toma el modelo ajustado para cada canal y devuelve las lecturas reales tras eliminar el error de medida. Posteriormente el algoritmo calcula un modelo lineal por tramos para corregir las desviaciones de temperatura del sistema (Figura 2).



**Figura 2.** Diagrama de funcionamiento del algoritmo de MatLab.

**Fuente:** elaboración propia.

### 3. Resultados y discusión

El modelo calculado se implementó en el termociclador de forma que usase este ajuste como la nueva relación entre su medida interna y la medida real, corrigiendo el error. Su eficacia se mide posteriormente con el PicoLog.

#### 3.1. Calibración de instrumental

**Tabla 1.** Comparativa de errores con y sin calibración.

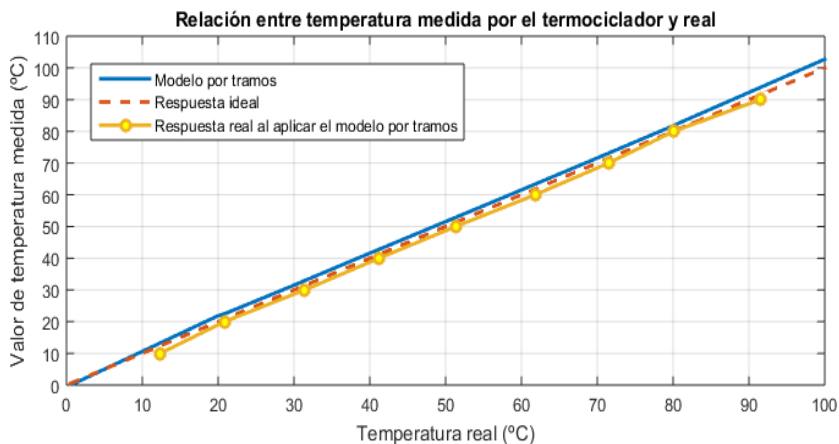
	Error medio			
	Sin ajuste de sondas		Con ajuste de sondas	
	T=0 °C	T=100 °C	T=0 °C	T=100 °C
<b>Picolog SIN Calibrar (°C)</b>	0.3680	11.1684	-0.0512	1.6869
<b>Picolog Calibrado (°C)</b>	0.7239	10.4243	0.0274	-1.5997

**Fuente:** elaboración propia.

En la Tabla 1 se comparan diferentes casos de medición con PicoLog y sondas con y sin calibración. Tanto la falta de mantenimiento del aparato (sin calibrar) como la utilización de las sondas sin modelado previo influyen en el error cometido.

#### 3.2. Modelo ideal y modelo por tramos

En la Figura 3 se muestra el resultado de la implementación del modelo propuesto. El mayor error medido ha sido en el tramo de 10-20 °C y no ha superado el 1,3% del valor. Para el resto de los valores se ha mantenido en torno al 1%.



**Figura 3.** Implementación del modelo: respuesta medida real frente a ideal.

**Fuente:** elaboración propia.

### 3.3. Automatización del proceso de calibrado

En el nuevo procedimiento propuesto está bien definido el modo de proceder a la hora de realizar la calibración, por lo que puede estandarizarse y replicarse con facilidad. Además, la mayor parte del proceso y todos los cálculos necesarios se realizan de manera automática mediante algoritmos, minimizando la posibilidad de fallo.

## 4. Conclusiones

Estamos ante un estudio que puede traducirse en una aplicación directa de la innovación al mundo empresarial. Se ha optimizado el funcionamiento del prototipo para acercarse al considerado como bueno en los estudios referenciados. Además, el procedimiento propuesto reducirá el tiempo de calibración, optimizando la fabricación y mantenimiento de los equipos. Este ahorro se traduciría en beneficio económico para el fabricante.

## Agradecimientos

A Vitro Group ([www.vitro.bio](http://www.vitro.bio)) y a Control of Biomedical Embedded Robotics S.L. ([www.t-cober.es](http://www.t-cober.es)), empresas que han financiado este trabajo y permitido su posterior difusión.

## Referencias bibliográficas

- Borman, J., Schuster, D., Li, W. B., Jessee, J., y Rashtchian, A.** (2000). PCR from Problematic Templates. *Focus*, 22(1), 10-11.
- Kim, Y. H., Yang, I., Bae, Y. S., y Park, S. R.** (2008). Performance evaluation of thermal cyclers for PCR in a rapid cycling condition. *BioTechniques*, 44(4), 495-505. <https://doi.org/10.2144/000112705>
- Saiki, R., Gelfand, D. H., Stoffel, S., Scharf, S. J., Higuchi, R., Horn, G. T., Mullis, K. B., y Erlich, H. A.** (1988). Primer-directed enzymatic amplification of DNA with a thermostable DNA polymerase. *Science*, 239(6479), 4839. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2448875>
- Schoder, D., Schmalwieser, A. W., Schauburger, G., Hoorfar, J., Kuhn, M., y Wagner, M.** (2005). Novel Approach for Assessing Performance of PCR Cyclers Used for Diagnostic Testing. *Journal of Clinical Microbiology*, 43(6), 2724-2728. <https://doi.org/10.1128/JCM.43.6.2724-2728.2005>





# **OPTIMIZACIÓN DEL DESPLIEGUE DE UNA RED DE CARGADORES ELÉCTRICOS MEDIANTE SIMULACIÓN COMPUTACIONAL**

**Amaro Garcia-Suarez<sup>1,\*</sup>, José-Luis Guisado-Lizar<sup>1</sup>, Fernando Diaz-del-Rio<sup>1</sup>,  
Francisco Jiménez-Morales<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Departamento de Arquitectura y Tecnología de Computadores, Universidad de Sevilla, España.*

<sup>2</sup> *Departamento de Física de la Materia Condensada, Universidad de Sevilla, España.*

E-mail de correspondencia: [amagarsua@alum.us.es](mailto:amagarsua@alum.us.es)

## **Resumen**

La sociedad se encuentra ante una revolución en el transporte y el modelo energético. Existen actualmente en España algo más de 5.000 puntos de recarga para dar servicio a 63.000 vehículos eléctricos. Se estima que para 2030, circularán entre 2,4 y 4,5 millones de vehículos eléctricos, lo que hará necesaria una red de unos 100.000 puntos de recarga. Es necesario realizar una planificación de la red de estaciones de recarga a desplegar para que cumpla eficientemente su cometido sin provocar problemas de congestión de tráfico.

Con esta investigación pretendemos establecer en qué casos es mejor, o bien tener una única estación de recarga con muchos enchufes, o por el contrario, múltiples estaciones distribuidas, manteniendo la capacidad total de la red constante y minimizando el tiempo invertido.

Para ello estamos realizando simulaciones sobre una ciudad sintética siguiendo dos modelos microscópicos: a) modelo de autómatas celulares donde los vehículos se mueven siguiendo unas reglas universales definidas, y b) modelo híbrido agente-automata celular donde cada vehículo se dirige a un destino particular. Ambas simulaciones apuntan a que las múltiples estaciones distribuidas son más convenientes en la mayoría de los casos.

## **1. Introducción**

Los vehículos eléctricos no producen emisiones locales por lo que pueden ser una buena solución al creciente problema de contaminación del aire en las ciudades. En España se calcula que para el año 2030 se necesite una red de 100.000 cargadores

(Caballero, 2019). Para que esta red funcione de una manera eficiente y sin causar problemas de tráfico, es necesario que su despliegue responda a una planificación.

Con esta investigación pretendemos comprobar qué estrategia de despliegue causa menores incidencias en el tráfico maximizando la velocidad media del sistema, al mismo tiempo que maximizamos el uso de las estaciones de recarga, en definitiva, pretendemos comprobar qué estrategia causa que el tiempo total invertido por los usuarios en la recarga sea menor.

## **2. Modelos de simulación**

Para responder a la pregunta de investigación estamos realizando simulaciones computacionales siguiendo dos paradigmas microscópicos, es decir, donde se simula el movimiento de cada vehículo individualmente.

### ***2.1 Modelo de autómata celular***

En un modelo de autómata celular, el espacio se discretiza en celdas formando un retículo regular, el tiempo también se discretiza en pasos de tiempo. A cada celda se le asigna un estado y en cada paso de tiempo se actualiza en función de su propio estado y el de las celdas vecinas que se combinan siguiendo sencillas reglas (Chopard, 2012; Ilachinski, 2003).

En nuestro caso tenemos una ciudad hecha sobre un retículo de 200 x 200 donde cada celda tiene un uso particular: algunas son edificios por donde los vehículos no pueden circular; celdas que tienen dirección, distinguiendo entre calles y avenidas, las segundas tienen el doble de velocidad y están formadas por dos carriles contiguos; por último, tenemos rotondas que son cruces libres, no tienen dirección.

Los vehículos se colocan en este retículo ocupando una casilla, distinguimos dos tipos, eléctricos y no eléctricos, únicamente los primeros pierden energía al moverse. Asumimos que la velocidad promedio es de 10 km/h y la batería de los vehículos es de 24 kWh. Para moverse los vehículos deben escoger una celda vecina, según el objetivo distinguimos dos modos de conducción: conducción normal en la que los vehículos avanzan hacia una dirección dada y conducción hacia estación en la que los vehículos se dirigen hacia una estación guiados por la distancia a esta. En cuanto las reglas de movimiento consisten en: no solaparse con otro vehículo, no ir en dirección contraria y no cruzar la mediana de las avenidas.

En cuanto a las estaciones, son celdas marcadas del retículo que tienen capacidad infinita para admitir vehículos, sin embargo, el número de cargadores es limitado,

asumimos que tienen una potencia de 7 kW. Cuando un vehículo quiere recargar escoge una estación de manera aleatoria de entre las cercanas.

## 2.2 Modelo híbrido agente-autómata celular

Para hacer más realista el modelo, lo extendemos a un modelo híbrido agente-autómata celular donde cada vehículo se dirige a un destino específico. A partir del retículo, dándole direcciones a todas las celdas, obtenemos un grafo dirigido y ponderado según el tipo de vía. Con este grafo cambiamos el funcionamiento de los vehículos de manera que ahora en lugar de desplazarse hacia una dirección dada, lo hacen siguiendo un sistema de trayectorias de origen y destino. Con un algoritmo A\* se calcula el camino óptimo entre dos puntos y el vehículo lo sigue mientras pueda, cuando la casilla del camino esté ocupada, con cierta probabilidad se moverá hacia otra celda del vecindario.

## 78. Resultados y discusión

A continuación, se presenta el resultado de ejecutar distintas simulaciones. Por un lado, tenemos simulaciones donde solo hay una estación en el centro del retículo (rojo), otras donde hay 4 estaciones situadas de la manera más equidistante posible (verde) y simulaciones donde hay 36 estaciones (azul). El número de cargadores es constante, 72. Para cada despliegue anteriormente comentado se hacen simulaciones donde se varía la proporción de vehículos eléctricos frente al total y la cantidad total de tráfico.

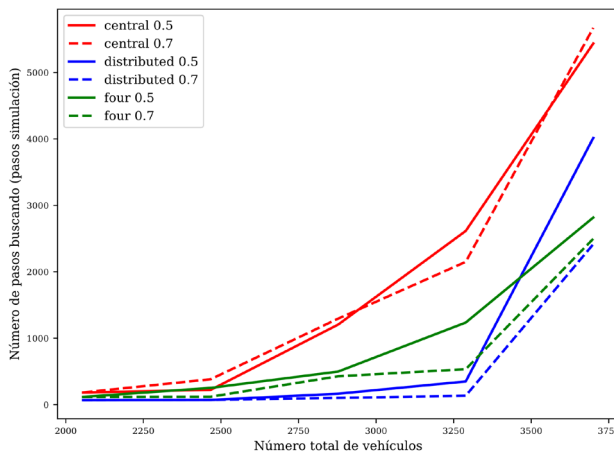
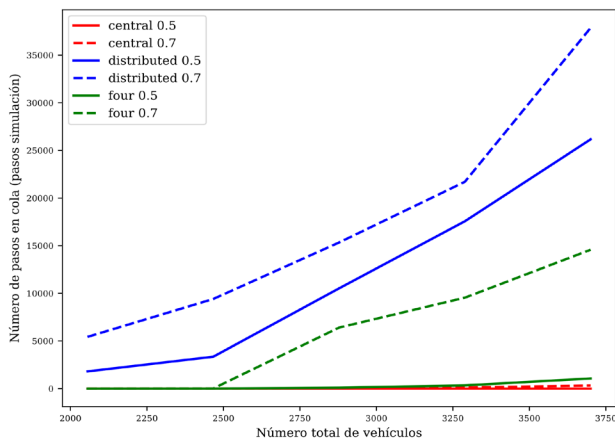


Figura 1. Tiempo medio que los vehículos tardan en llegar a la estación.



**Figura 2.** Tiempo medio que los vehículos pasan en cola.

### 3. Conclusiones

El simulador arroja resultados razonables, indicando que está reproduciendo bien el sistema real y que puede ser el punto de partida de investigaciones futuras. En cuanto a la pregunta de investigación, nuestros resultados preliminares indican que el despliegue óptimo se encuentra en un compromiso entre el grado de distribución de las estaciones, aumentando el tiempo de búsqueda con menor distribución, y el número de cargadores por estación, aumentando cuando hay pocos cargadores. Con el algoritmo de búsqueda actual de la simulación es preferible tener pocas estaciones con muchos cargadores. Sin embargo, sería interesante estudiar qué pasaría si utilizáramos un algoritmo de búsqueda más inteligente.

### Referencias bibliográficas

- Caballero, A.** (2019). *Guía de movilidad eléctrica para las entidades locales*. [https://www.ree.es/sites/default/files/downloadable/Guia\\_movilidad\\_electrica\\_para\\_entidades\\_locales.pdf](https://www.ree.es/sites/default/files/downloadable/Guia_movilidad_electrica_para_entidades_locales.pdf)
- Chopard, B.** (2012) Cellular Automata Modeling of Physical Systems. En Meyers, R. (eds) *Computational Complexity*. Springer, New York, NY. [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-1800-9\\_27](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-1800-9_27)
- Ilachinski, A.** (2003). Cellular Automata – A Discrete Universe. *Kybernetes*, 32(4). <https://doi.org/10.1108/k.2003.06732dae.007>



Ingeniería y Tecnología

