

SINERGIAS EN LA INVESTIGACIÓN EN STEM

Editores:
Ana M. Beltrán Custodio
Manuel Félix Ángel

Ingeniería y Tecnología



SINERGIAS EN LA INVESTIGACIÓN EN STEM

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

Primera edición: **febrero 2021**

ISBN: **978-84-122093-4-1**

DOI: <https://doi.org/10.17993/IngyTec.2021.66>

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PRÓLOGO	7
GENETIC ALGORITHMS FOR THE OPTIMAL MULTI-OBJECTIVE DESIGN OF SIMPLE AND PROGRESSIVE CUTTING AND PUNCHING DIES	9
INFLUENCIA DEL TIEMPO DE INMERSIÓN EN AGUA EN LAS PROPIEDADES DE BIOPLÁSTICOS OBTENIDOS A PARTIR DE PROTEÍNA DE GUISANTE	13
OPTIMIZATION OF CUTTING PARAMETERS BASED ON TEMPERATURE AND SURFACE ROUGHNESS FOR TURNING OF AISI 1045 STEEL	17
ESTUDIO DEL PROCESAMIENTO DE LA ALEACIÓN DE NÍQUEL HASTELLOY C-22 MEDIANTE LA TÉCNICA DE FABRICACIÓN ADITIVA PLASMA METAL DEPOSITION (PMD)	23
CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL DE CADENAS LINEALES TRIDIMENSIONALES: UM MODELO PARA HOMOPOLÍMEROS	27
DETERMINACIÓN DE LA DUREZA DE LOS COMPACTOS DE TI-AL SINTERIZADOS MEDIANTE RESISTENCIA ELÉCTRICA Y PREPARADOS A PARTIR DE POLVO AMORFIZADO MEDIANTE MOLIENDA MECÁNICA.....	31
DESARROLLO Y ESTUDIO DE PIEZAS CON GEOMETRÍAS COMPLEJAS DE ALEACIONES DE TITANIO FABRICADAS A PARTIR DE POLVO Y ALAMBRE MEDIANTE LA TÉCNICA ADITIVA DE FUSIÓN DE METAL MEDIANTE PLASMA.....	35
VULNERABILITY ASSESSMENT OF THE METALLIC LIGHT ROOFS TO THE EFFECT OF HURRICANE FORCE WINDS USING FEM	41
INNOVATIVE COMPOUNDS TO BATTLE MULTI-RESISTANCE TO ANTIBIOTICS: USE OF PVA-TANNIC ACID NANOPARTICLES TO INHIBIT STAPHYLOCOCCUS PSEUDINTERMEDIUS GROWTH	45
A MODEL FOR PREDICTING THE SPECIFIC ENERGY CONSUMPTION OF HSM OF AISI 316L USING ANN.....	51
PROPIEDADES INTERFACIALES DEL TENSIOACTIVO APPYCLEAN 6548	55
MATERIALES CON ESTRUCTURA PEROVSKITA PARA PILAS DE COMBUSTIBLE DE ÓXIDO SÓLIDO SIMÉTRICAS	61
FRACTURE EVALUATION OF SQUARE TRANSVERSAL SECTION SPECIMENS SUBJECTED BY TORSIONAL CYCLIC LOADS	65
CFD MODELLING OF EXTREME WIND LOAD ON HIP ROOF STRUCTURES.....	69

POTENCIAL EFECTO DE NANOPARTÍCULAS Y BACTERIAS PGPR SOBRE LA GERMINACIÓN Y EL DESARROLLO TEMPRANO DE PLANTAS DE MEDICAGO SATIVA	73
OBTENCIÓN DE UNA MATRIZ POLIMÉRICA PARA USO BIOMÉDICO POR LA TÉCNICA DE ELECTROHILADO.....	77
TOOL TO SUPPORT DECISION-MAKING UNDER MULTIPLE CRITERIA IN THE PLANNING OF SOLAR AND WIND FARMS	83
MULTI-CRITERIA SELECTION OF WIND TECHNOLOGY IN THE EASTERN OF CUBA ...	89
ALGORITMOS EVOLUTIVOS IMPLEMENTADOS EN ROBÓTICA.....	93
DESAGREGACIÓN DE LA DEMANDA USANDO NON INTRUSIVE LOAD MONITORING TOOLKIT (NILMTK)	97
MÉTODO HEURÍSTICO DE PREDICCIÓN DE CONSUMO ELÉCTRICO CON CORRECCIÓN POR TEMPERATURA EN UNA RED DE DISTRIBUCIÓN	101
NEUROGESTIÓN DEL DISEÑO Y DESARROLLO DE PRODUCTOS.....	105
OPTIMIZACIÓN DE VIDA ÚTIL DE BATERÍAS EN APLICACIONES DE IOT CON RECARGA MEDIANTE FUENTES RENOVABLES	111
SISTEMA DE EJECUCIÓN EN LA PRODUCCIÓN (MES).....	115
ANÁLISIS DE CONSUMO ENERGÉTICO DE REDES BLOCKCHAIN EN DISPOSITIVOS EMBEBIDOS DE BAJO CONSUMO	121
OPTIMAL AUTOMATED DESIGN OF LINEAR ALUMINUM ALLOY EXTRUSION DIES	125

PRÓLOGO

Entre los objetivos de la Universidad se encuentran la generación y la transmisión del conocimiento con el objetivo de ponerlos al servicio de la sociedad. En este contexto, la Escuela Politécnica Superior (EPS) de la Universidad de Sevilla, con una gran tradición en la Rama Industrial, tiene entre sus objetivos, la formación de sus estudiantes tanto a nivel académico, como a nivel investigador, fomentando el conocido como área *STEM*, por sus siglas en inglés (Science, Technology, Engineering and Mathematics). Entre las distintas actividades que se llevan a cabo para impulsar la investigación, tanto básica como aplicada, se celebran las Jornadas de Investigación, Desarrollo e Innovación de la EPS, que en el curso 2020/21 ha han acogido a su séptima edición. En este evento se presentan los avances en el campo de la Ciencia e Ingeniería que se llevan a cabo en nuestra Escuela. Se trata de trabajos con impacto en el sector industrial, enfoque multidisciplinar, y participación de equipos formados por investigadores a diferentes niveles, desde estudiantes de trabajos fin de estudio (grado, máster), estudiantes de doctorado, así como el propio PDI del centro. Uno de sus objetivos es acercar a los estudiantes de ingeniería a la investigación. Este libro recoge trabajos que son el resultado de la investigación que se lleva a cabo en la EPS en las diversas ramas de conocimiento (Materiales y Ciencias para la Ingeniería, Proyectos de Química Industrial y Ambiental, Sistemas Inteligentes y Desarrollo de Productos, y Sistemas Industriales computarizados, robóticos y neuromórficos). Con él, esperamos dar difusión a la investigación llevada a cabo en el propio Centro, facilitando así tanto su difusión, como posibles sinergias que se puedan dar entre los distintos grupos de investigación presentes en el mismo.

«La investigación es ver lo que todos los demás han visto, y pensar lo *que nadie más ha pensado*»

Albert Szent-Gyorgyi

GENETIC ALGORITHMS FOR THE OPTIMAL MULTI-OBJECTIVE DESIGN OF SIMPLE AND PROGRESSIVE CUTTING AND PUNCHING DIES

Rolando Esteban Simeón Monet¹, José Arzola Ruiz²

¹ *CAD/CAM Study Center, University of Holguín, Cuba.*

² *CEMAT Study Center, Technical University of Havana (CUJAE), Cuba.*

E-mail de correspondencia: simeon@uho.edu.cu

ABSTRACT

Traditional CAD systems are design aid tools and make it possible to prepare higher quality decisions in less time than non-automated manual design. However, without the application of optimization and decision-making tools, these systems are conceptually not prepared to carry out designs that approximate the best possible compromise between the designer's efficiency indicators. In the present work, the results of the application of the Genetic Algorithms Method to the optimal multi-objective design of simple and progressive cutting and punching dies are presented. The designed system pursues the objective of generating die design options that provide compromise solutions close to the global optimum for the value of an objective function.

INTRODUCTION

Reducing the time required for design and manufacture is an element of considerable interest, especially when it comes to a tool as complex as simple and progressive Cutting Dies, one of the most complicated types of tools- for presses. A progressive die generates parts from multi-stage operations, which implies many functions and a very complex design, sometimes containing hundreds of parts. Given these characteristics, the development of CAD systems for the design of progressive dies is of interest.

Applying the Integrative Approach for the Conception and Design of Engineering Systems, the general formulation of the Die Design task is carried out with the Generalized Proposal Selection Task, this suggests the application of the Genetic Algorithms method for the search for solution (Arzola, 2000).

The objective of this work is to present the results of the application of the Genetic Algorithms Method to the optimal multi-objective design of simple and progressive cutting and punching dies.

MATERIAL AND METHODS

Design of punching and cutting dies

To design the punching and cutting dies, the following efficiency Indicators was used:

1. Use of the sheet metal.
2. Press productivity.
3. Cutting force.
4. Manufacturing cost.
5. Durability of the die.
6. Accuracy.

Objective function

The objective function used to the optimization process is presented by the equation 1.

Equation 1. Objective function.

$$Z = \sum_{i=1}^m W_i \frac{|Y_i - Y_i^{id}|}{|Y_i^{id}|}$$

Source: own elaboration.

where:

W_i - coefficient that reflects the importance given by the user to the indicator of efficiency Y_i

Y_i^{id} - ideal value of the efficiency criterion Y_i

Y^{st} - estimate, different from 0, of the value of Y_i^{id}

Mathematical formulation of the design task

The formulation of the design task of the punching and cutting dies is presented in Table 1.

Genetic algorithms procedure

The genetic algorithms procedure used is show in Figure 1.

Genetic Coding System -> Decision variables

The genetic coding system used to implement the genetic algorithm is show in Figure 2.

Table 1. Mathematical formulation of the design task.

Parameters	Id.	Values
Die type set	S	$S = (1, 2, \dots, s, \dots, n)$

Parameters	Id.	Values
Set of constructive options	I_s	$I_s = (1, 2, \dots, s),$
Set of possible die designs	E	$E = I_1 \times I_2 \times \dots \times I_n$
Selected design	e^k	$e^k = (k_1, k_2, \dots, k_s, \dots, k_n) \in E$
Set of constraints	g^j	
Requirement of viability	e^k	0 ... 1
Objective		
Minimize		$\frac{Z(e^k)}{e^k} \in E$

Source: own elaboration.

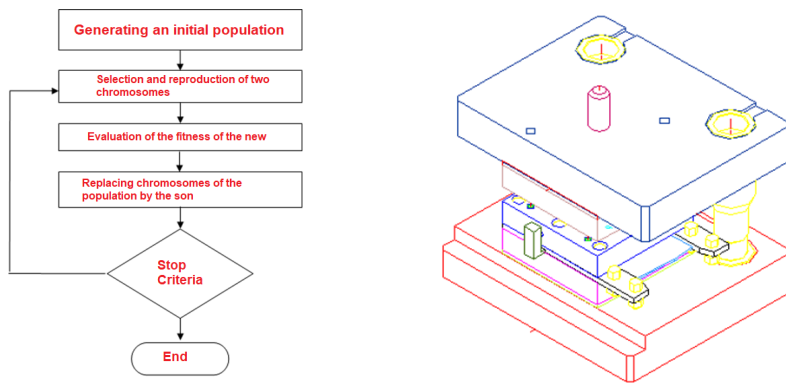


Figure 1. The genetic algorithms procedure used and CAD applications.

Source: own elaboration.

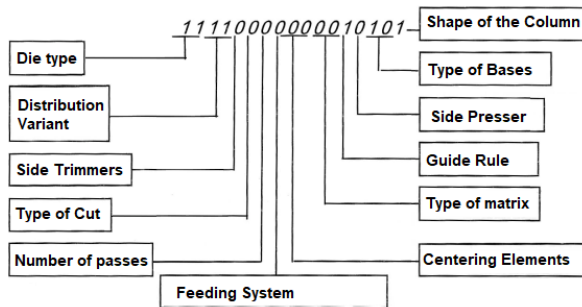


Figure 2. The genetic coding system used to implement the genetic algorithm.

Source: own elaboration.

RESULTS AND DISCUSSION

In the results Table 2 examples of design variants of the die required for the simple piece are shown (Table 2), the first 4 solutions obtain equal weights for all the efficiency indicators. The last 4 solutions are obtained by increasing the importance of the

cost indicator. The new first 3 solutions obtained, although they were satisfactory for the formalizable indicators of efficiency, did not “like” him for reasons of associated complexities, so he chose the 4th die design. (The System gives 30 solutions in each evaluation) The total design process can take between 15 and 45 minutes, including obtaining the construction drawings of the die.

Table 2. Die Design Solutions.

Efficiency indicator	Use	Prod.	Forc.	Cost	Durab.	Accu.
Indicator weights	.167	.167	.167	.167	.167	.167
Ideal solution	77.641	168.0	23.05	2309.98	2.4	11.53
11010111101111011	77.641	84.0	23.05	2487.67	L.2	9.96
11011111101111011	62.47	168.0	23.05	2509.26	L.2	8.72
11011001101111011	77.641	168.0	32.15	2615.32	2.4	10.12
11011001101111011	77.641	84.0	32.15	2711.13	2.4	11.53
New indicador weights	.152	.152	.152	.24	.152	.152
11111001101101011	77.641	84.0	23.05	2309.98	L.8	9.96
11111001101100011	77.641	168.0	25.33	2315.06	2.4	10.14
11110001101100011	62.47	168.0	23.05	2329.98	L.8	10.14
11110001101101011	62.47	84.0	25.33	2340.75	L.8	9.96

CONCLUSIONS

The successful application of Genetic Algorithms to the task of optimal multi-objective design of punching and cutting dies suggests the idea of its application to many other design tasks of Optimal Multi-Objective Design Aid Systems for many other CAD applications. This idea is reinforced by the independence of the optimization algorithm with respect to the mathematical description of the associated technological process.

REFERENCES

Arzola, J. (2000). *Sistemas de Ingeniería*. Félix Varela.

INFLUENCIA DEL TIEMPO DE INMERSIÓN EN AGUA EN LAS PROPIEDADES DE BIOPLÁSTICOS OBTENIDOS A PARTIR DE PROTEÍNA DE GUISANTE

V. Perez-Puyana^{1*}, M. Jiménez-Rosado¹, P. Sánchez-Cid¹, A. Romero¹, I. Martínez²

¹ Departamento de Ingeniería Química, 1-41012, Universidad de Sevilla, Sevilla.

² Departamento de Ingeniería Química, Química Física y Ciencia de los Materiales, 21071, Universidad de Huelva, Huelva.

E-mail de correspondencia: vperez11@us.es

RESUMEN

En los últimos años existe una problemática con la acumulación de residuos plásticos no reciclables. Una alternativa prometedora a estos materiales son los bioplásticos, que, obtenidos a partir de materias primas asequibles, reducen su coste, siendo así competitivos en el mercado (por ejemplo, el aislado proteico de guisante). El objetivo de este trabajo fue elaborar bioplásticos de proteína de guisante mediante moldeo por inyección y evaluar la influencia que el tiempo de inmersión en agua genera sobre sus propiedades. De esta forma, se determinaron tanto su capacidad de absorción de agua como sus propiedades mecánicas a diferentes tiempos de inmersión. Los resultados obtenidos concluyeron el tiempo de inmersión modifica las propiedades mecánicas y disminuye la capacidad de absorción de agua de los bioplásticos de proteína guisante.

INTRODUCCIÓN

Los materiales plásticos son generalmente elaborados a partir de petróleo, siendo la mayoría no reciclables. Esto da lugar a una gran problemática debido a su acumulación como residuos (Felix *et al.*, 2017). Una alternativa prometedora a estos materiales son los bioplásticos, que se componen de una materia prima natural y renovable, siendo además biodegradables. Estos bioplásticos se pueden elaborar a partir de residuos agroalimentarios ricos en proteína, que bajan su coste para que sean competitivos en el mercado (Perez *et al.*, 2016). Dentro de ellos, el aislado proteico de guisante tiene un gran potencial para crear bioplásticos con alta capacidad de procesamiento cuando se combina con glicerina, siendo el proceso termomecánico el más estudiado (Perez-Puyana *et al.*, 2016).

Por tanto, el objetivo de este trabajo consistió en el desarrollo de materiales plásticos a partir de proteína de guisante, utilizando glicerina como plastificante, mediante un proceso de moldeo por inyección. En este caso, se ha prestado especial atención a

la evolución de la capacidad de absorción de agua de los bioplásticos con el tiempo, así como de las propiedades mecánicas antes y después de su inmersión en agua.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

El aislado proteico de guisante (*Pisum sativum*) utilizado fue proporcionado por Roquette (Tipo F85M, Francia). Dicho aislado proteico presenta un contenido proteico de un 90 % en peso. Por otro lado, el plastificante utilizado fue glicerina, suministrado por Panreac Química S.A. (España).

Preparación de bioplásticos

Los bioplásticos se fabricaron mediante un procedimiento termomecánico de dos etapas. En primer lugar, se prepararon mezclas proteína/plastificante utilizando una proporción 60/40, utilizando un mezclador de dos rotores con rotación contraria (Haake PolyLab, ThermoHaake, Alemania) a 25 °C durante 10 minutos de mezclado. A continuación, la masa resultante se procesó por inyección, utilizando un sistema de moldeo por inyección MiniJetPiston (ThermoHaake) para obtener los bioplásticos. Las condiciones de procesado utilizadas fueron: 50 °C (temperatura de cilindro), 130 °C (temperatura de molde), 500 bar (presión de inyección) y 200 bar (presión de post-inyección).

Caracterización de los bioplásticos

Capacidad de absorción de agua

La capacidad de absorción de agua de los bioplásticos se calculó siguiendo la norma ASTM D570, utilizando 3 muestras rectangulares de 60 × 10 × 1 mm que fueron sumergidas en agua destilada durante un periodo global de 24 horas, evaluando dicha capacidad a diferentes horas de inmersión.

Propiedades mecánicas: Ensayos de tracción

Se realizaron ensayos de tracción mediante el uso de la máquina universal de ensayo Insight 10 kN Electromechanical Testing System (MTS, USA). Las medidas se llevaron a cabo según la norma ISO 527-2. Se realizaron 4 replicados a una velocidad de extensión de 10 mm/min y a temperatura ambiente, usando probetas estandarizadas. A partir de los ensayos se obtuvieron tres parámetros: Módulo de Young, la Deformación en la rotura y el Esfuerzo máximo, los cuales se evaluaron antes y después de la inmersión total de 24 h.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evolución de la capacidad de absorción de agua

En primer lugar, se analiza la evolución de la absorción de agua de los bioplásticos con el tiempo de inmersión (Figura 1). A raíz de los resultados obtenidos, puede comprobarse como un aumento del tiempo de inmersión produce un descenso en la capacidad de absorción de agua, observándose un máximo a las 2-4 h de estudio.

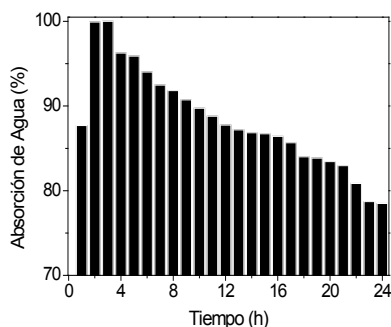


Figura 1. Evolución de la absorción de agua de bioplásticos de guisante con el tiempo de inmersión.

Fuente: elaboración propia.

Evaluación de las propiedades mecánicas

Finalmente se evaluaron las propiedades mecánicas mediante ensayos de tracción de los bioplásticos como se observa en la Figura 2.

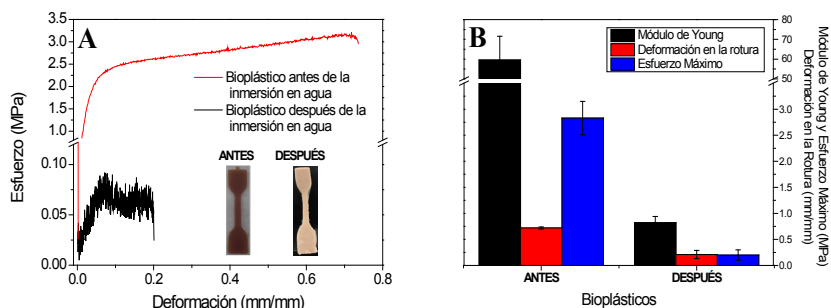


Figura 2. (A) Curva Esfuerzo-Deformación e imágenes de los bioplásticos de guisante obtenidos antes y después de su inmersión en agua. (B) Parámetros de tracción obtenidos antes y después del proceso de inmersión en agua.

Fuente: elaboración propia.

La Figura 2A muestra el perfil obtenido para los ensayos de tracción obtenidos para los bioplásticos de guisante antes y después de su inmersión en agua, viéndose dos zonas diferenciadoras en ambos sistemas: una zona primera zona elástica,

seguida de una zona plástica más pronunciada antes de la inmersión. A partir de esta se determinan los parámetros característicos (Figura 2B), comprobándose que la absorción de agua provoca un descenso muy significativo en las propiedades mecánicas de los bioplásticos obtenidos.

CONCLUSIONES

En conclusión, los bioplásticos proteicos de guisante tienen una gran dependencia con la cantidad de agua absorbida. De esta forma, diferentes tiempos de absorción modifican la capacidad de retención de agua de los bioplásticos, influenciada seguramente por el empeoramiento de sus propiedades mecánicas como se corrobora tras la absorción.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo financiero del Gobierno de España (MINECO/FEDER, EU) por la concesión de un proyecto con referencia RTI2018-097100-B-C21. Los autores agradecen además el apoyo de la Universidad de Sevilla por la concesión de una beca postdoctoral bajo el programa del Plan Propio (VIPPI-US).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Felix, M., Perez-Puyana, V., Romero, A., & Guerrero, A.** (2017). Production and Characterization of Bioplastics Obtained by Injection Moulding of Various Protein Systems. *Journal of Polymers and the Environment*, 25(1), 91–100. <https://doi.org/10.1007/s10924-016-0790-7>
- Perez-Puyana, V., Felix, M., Romero, A., & Guerrero, A.** (2016). Effect of the injection moulding processing conditions on the development of pea protein-based bioplastics. *Journal of Applied Polymer*, 133(20), 1–9. <https://doi.org/10.1002/app.43306>
- Perez, V., Felix, M., Romero, A., & Guerrero, A.** (2016). Characterization of pea protein-based bioplastics processed by injection moulding. *Food and Bioproducts Processing*, 97, 100–108. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2015.12.004>

OPTIMIZATION OF CUTTING PARAMETERS BASED ON TEMPERATURE AND SURFACE ROUGHNESS FOR TURNING OF AISI 1045 STEEL

Luis Wilfredo Hernández-González¹, Roberto Pérez-Rodríguez¹, Dagnier Antonio Curra-Sosa¹, Ana María Quesada-Estrada², Luminita Dumitrescu², Gerardo Bruno Hernández-Ramírez²

¹ *CAD/CAM Study Center, University of Holguin, Holguin.*

² *Mechanical Engineering Department, University of Holguin, Holguin.*

E-mail de correspondencia: wilfredo@uho.edu.cu

ABSTRACT

The objective of this work is to determine the most suitable cutting speed and feed for the dry finish turning of AISI 1045 carbon steel with GC1125 coated carbide inserts, from the cutting temperature and roughness surface of workpiece machined. The temperature was measured using an infrared thermometer, while the surface roughness was determined by means of a standard sample. The statistical analysis was carried out and the multiple linear regression models were determined, besides, the response and contour surface graphs were constructed.

INTRODUCTION

Manufacturing industries strive to achieve minimum production cost or maximum production value in the machining process, or the optimal combination of the two approaches, along with the best product quality. The proper selection of the material of the cutting tool, the machine tool, the cutting fluids, the machining regime and the proper order of technological operations are key factors in achieving these objectives.

The review carried out shows that there are several studies of the turning of plain carbon steels, such as: (Stachurski, Midera, & Kruszyński, 2012) (L. W. Hernández, Pérez, Zambrano, Siller, & Toscano, 2013) (Qasim, Nisar, Shah, Saeed, & Sheikh, 2015) (Kant, 2016), (L. W. Hernández, Ahmed, Pérez, Zambrano, & Guerrero., 2018). However, there are no experimental studies in which the most suitable values of cutting speeds and feed rate, from the cutting temperature and surface roughness, are determined during the dry turning of a plain carbon steel.

MATERIAL AND METHODS

Experimental Procedure

The universal lathe model 16k20 for machining was selected. The AISI 1045 carbon steel in a hot rolled condition as material of specimens was selected. The hardness of the specimens was 187 HB. A coated carbide GC1125- P25 insert was selected as cutting tool material.

The experiment consisted in determining the minimum values for the cutting temperature and surface roughness during dry turning of AISI 1045 steel, using different cutting parameters (see Table 1). The depth of cut was kept constant (0,5 mm). The machining length was 40 mm. The selection of the specimens, cutting tools and order of tests were carried out at random. Two replicas were made.

Table 1. Variables considered in the study.

Variable	Type of variable	Parameter
Temperature of cutting	Dependent	T (°C)
Surface roughness	Dependent	Ra (µm)
Cutting speed	Independent	v (198; 248; 310) m/min
Feed	Independent	f (0,1; 0,15; 0,175) mm/r

Source: own elaboration.

The hardness of the specimens was measured using a CV-600A hardness tester and, the infrared thermometer UT305C was used to measure the cutting temperature. While, the surface roughness was determined by means of a standard sample.

RESULTS AND DISCUSSION

In this section, the results obtained from the cutting temperature and the surface roughness of the machined workpiece are shown, as well as the statistical analysis, to determine the most suitable feed and cutting speed values depending on the output variables.

Cutting temperature

The multiple regression model was obtained to describe the relationship between T and the two independent variables (1).

Equation 1. Regression model for cutting temperature.

$$T = 1,212v - 498f - 0,0026v^2$$

Source: own elaboration.

The coefficient of determination (R^2) indicates that the model thus adjusted explains 90,74 % of the variability in T. The ANOVA shows that the p-value (probability of F) is less than 0,05, so there is a statistically significant relationship for the model, as well as between the temperature and the independent variables for a confidence level of 95 %. Contour plot for cutting temperature is shown in Figure 1.

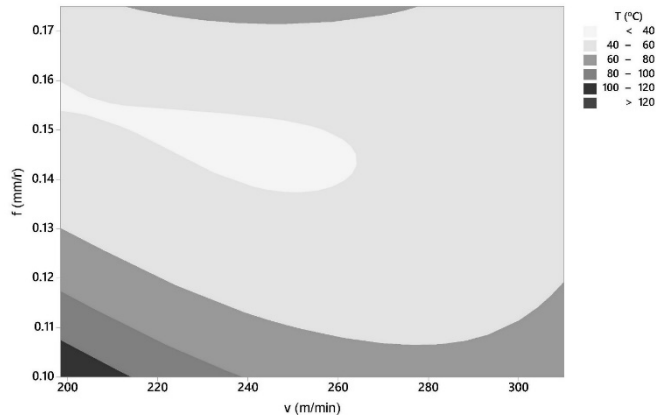


Figure 1. Contour plot for cutting temperature.

Source: own elaboration.

The lowest values of cutting temperature ($T \leq 60 \text{ C}^\circ$) were recorded for the following parameters: feed ($f > 0,13 \text{ mm/r}$), and the whole range of cutting speed.

Surface roughness

The multiple regression model was obtained to describe the relationship between R_a and the two independent variables (2).

Equation 2. Regression model for surface roughness.

$$R_a = 0,0068v + 41,5f - 0,0026vf$$

Source: own elaboration.

The $R^2 = 82,97 \%$. The ANOVA shows that the p-value is less than 0,05, so there is a statistically significant relationship for the model, as well as between the R_a and f , but not for v , for a confidence level of 95 %.

Contour plot for surface roughness is shown in Figure 2. the lowest values of surface roughness ($1 \mu\text{m} \leq R_a \leq 2 \mu\text{m}$) correspond to $v > 280 \text{ m/min}$ and the entire feed range.

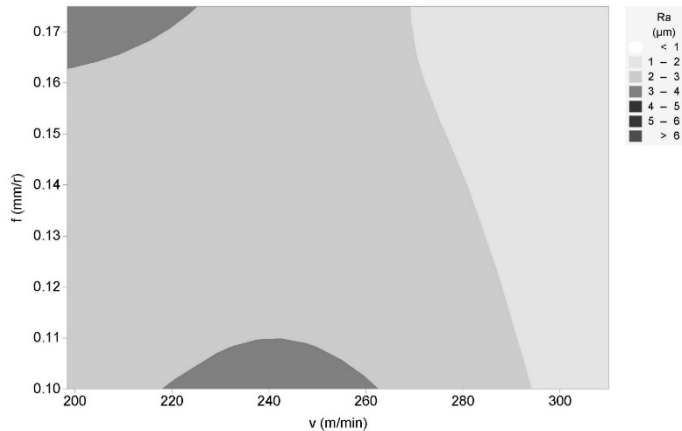


Figure 2. Contour plot for surface roughness.

Source: own elaboration.

CONCLUSIONS

Cutting speeds and feed rates were optimized to achieve the lowest values of temperature of the cutting area and surface roughness of the machined surface, for dry turning of AISI 1045 steel with GC1125 carbide inserts, from the graphs response surface and contour plots.

REFERENCES

- Stachurski, W., Midera, S., & Kruszyński, B.** (2012). Determination of mathematical formulae for the cutting force F_c during the turning of C45 steel. *Mechanics and Mechanical Engineering*, 16(2), 73–79.
- Hernández, L. W., Pérez, R., Zambrano, P. C., Siller, H. R., & Toscano, H.** (2013). Estudio del rendimiento del torneado de alta velocidad utilizando el coeficiente de dimensión volumétrica de la fuerza de corte resultante. *Revista de Metalurgia*, 49(4).
- Qasim, A., Nisar, S., Shah, A., Saeed, M., & Sheikh, M.** (2015). Optimization of process parameters for machining of AISI-1045 steel using Taguchi design and ANOVA. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 59, 36–51.
- Kant, G.** (2016). *Prediction and optimization of machining parameters for minimizing surface roughness and power consumption during turning of AISI 1045 steel* (Ph.D. dissertation). Birla Institute of Technology & Science, Pilani, India.

Hernández, L. W., Ahmed, Y. S., Pérez, R., Zambrano, P. C., & Guerrero., M. P. (2018). Selection of machining parameters using a correlative study of cutting tool wear in high-speed turning of AISI 1045 steel. *Journal of Manufacturing and Materials Processing*, 2(66), 1-14.

ESTUDIO DEL PROCESAMIENTO DE LA ALEACIÓN DE NÍQUEL HASTELLOY C-22 MEDIANTE LA TÉCNICA DE FABRICACIÓN ADITIVA PLASMA METAL DEPOSITION (PMD)

Enrique Ariza Galván^{1,2}, Isabel Montealegre Meléndez², Eva M^a Pérez-Soriano², Cristina Arévalo Mora², Michael Kitzmantel¹

¹RHP-Technology GmbH, Seibersdorf, Austria.

²Departamento Ingeniería y Ciencia de los Materiales y del Transporte. Escuela Técnica Superior de Ingeniería. Universidad de Sevilla.

E-mail de correspondencia: e.ar@rhp.at

RESUMEN

La fabricación aditiva ha despertado gran interés en la industria metalúrgica debido a que la producción de piezas cercanas a su geometría final reduce los costes de producción comparado con los métodos de fabricación tradicional, ahorrando en energía, tiempo de producción y materia prima. El ahorro en material es especialmente significativo si la materia prima es costosa, como en el caso de las aleaciones de níquel. Para este estudio se han analizado muestras de aleación de níquel Hastelloy C-22 fabricadas mediante tecnología de fabricación aditiva basada en *Plasma Metal Deposition* (PMD). El propósito de este estudio es evaluar los efectos del proceso de fabricación PMD sobre las propiedades mecánicas, microestructurales y formación de fases del Hastelloy C-22, para determinar la viabilidad de producción de este tipo de aleaciones mediante la técnica PMD. Para ello se han considerado diferentes estrategias de producción; diferentes tamaños de polvo de partida; diferentes parámetros de fabricación como la corriente del arco de plasma, cantidad de material aportado, velocidad de soldadura y tiempo de enfriamiento entre capas; y tratamientos térmicos post-fabricación.

INTRODUCCIÓN

Las tecnologías de fabricación aditivas (*Additive Manufacturing*, AM) fabrican componentes tridimensionales cercanos a su forma final depositando finas capas de material. Con la AM se pueden fabricar geometrías complejas ahorrando tiempo y materia prima, ya que se necesita un mínimo de post-mecanizado. Esta ventaja es de gran interés en la industria, especialmente cuando la materia prima tiene un alto coste.

En este trabajo se utiliza la tecnología de fabricación aditiva *Plasma Metal Deposition* (PMD) desarrollada en RHP-Technology GmbH (Ariza *et al.*, 2019; Mercado *et al.*, 2018). La tecnología PMD se basa en un plasma como fuente de energía que funde o

sintetiza el material inyectado en forma de polvo en el foco del plasma y lo deposita en un sustrato según sea necesario. El proceso PMD permite la producción de componentes de gran tamaño con una alta tasa de deposición (1-10 kg/h).

El propósito de este trabajo es estudiar acerca la fabricación de aleaciones base de níquel utilizando el proceso de fabricación PMD, y conocer el impacto de distintas distribuciones de tamaño del polvo de partida en las propiedades de los componentes fabricados.

MATERIALES Y MÉTODOS

En este trabajo se ha estudiado la aleación de níquel Hastelloy C-22, suministrada por Atomising Systems Limited (Sheffield, Reino Unido) en forma de polvo esférico producido por el proceso de atomización por plasma. El tamaño del polvo suministrado es de 50-150 μm . En este estudio, el polvo suministrado por el fabricante se ha tamizado en tres lotes de diferentes tamaños de polvo (50-80 μm , 80-125 μm y 125 μm -150 μm), y se han comparado con el lote completo.

Proceso Plasma Metal Deposition

La máquina de fabricación aditiva, basada en *Plasma Metal Deposition* (PMD) utilizada para la fabricación de las muestras ha sido desarrollada y mejorada por RHP-Technology GmbH (Seibersdorf, Austria).

El proceso de PMD utiliza como fuente de energía un plasma para fundir o sinterizar materiales, éstos se inyectan en forma de polvo directamente en el foco de plasma (Figura 1). Un gas de argón se utiliza para producir el plasma y se introduce entre el electrodo y la antorcha de cobre. Debido a la existencia de una diferencia de potencial de 20V, el gas se ioniza y se crea una pluma de plasma de alta temperatura. Esta pluma crea un contacto eléctrico entre el electrodo y el sustrato donde se realizará la deposición para encender el arco principal. Además, alrededor del arco de plasma se introduce también argón para proteger localmente la zona de soldadura de posible oxidación durante el proceso de fabricación o simplemente para que otros agentes externos no entren en la soldadura.

Tras realizar pruebas de fluidez de los polvos a través de los conductos del sistema, se realizaron pruebas de soldabilidad para optimizar los parámetros de corriente de soldadura [A], velocidad de producción [mm/min] y tasa de deposición [g/min]. Después de la optimización de los parámetros de soldadura, los valores seleccionados para la fabricación de las muestras fueron 130 A para corriente de soldadura, 700 mm/min de velocidad y 22,5 g/min como tasa de deposición (Figura 1).

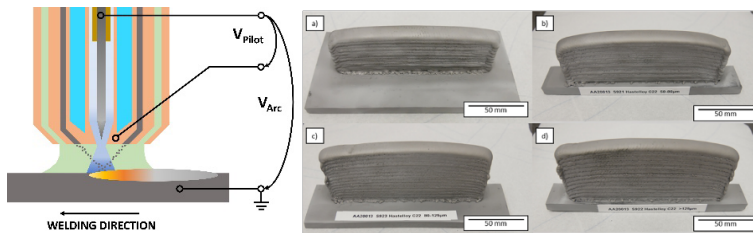


Figura 1. Izq. Esquema de la antorcha PMD. Dcha. Muestras de Hastelloy C-22 producidas
Fuente: elaboración propia.

Después de la fabricación de las muestras con los distintos lotes de polvo, se extrajeron muestras de tracción mediante corte con hilo. Un conjunto de muestras fue tratado térmicamente a 1120 °C durante 20 minutos en un horno de alto vacío en atmósfera de argón.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

- Densidad: Mediante el método de Arquímedes se calculó la densidad de las muestras tal cual construidas y tratadas térmicamente. La densidad relativa de las muestras sin tratamiento térmico fue de $98,1 \pm 0,3\%$ y de $98,7 \pm 0,2\%$ para las térmicamente tratadas.
- Propiedades mecánicas: Los resultados del ensayo de tracción y dureza de las muestras extraídas de cada pared fabricada se muestran en la Figura 2.

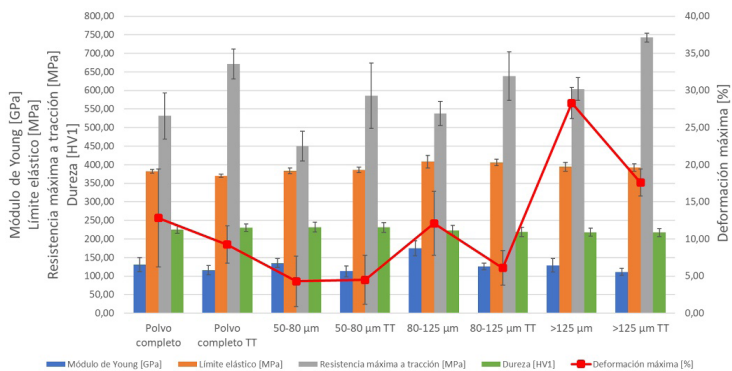


Figura 2. Propiedades mecánicas de Hastelloy C-22 producido mediante PMD.
Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

Las conclusiones obtenidas en este trabajo son las siguientes:

- En este trabajo se ha confirmado la viabilidad de poder construir componentes de Hastelloy C-22 mediante el proceso de fabricación aditiva basado en PMD.

- Las muestras han sido fabricadas con una tasa de deposición de 1,3 kg/h.
- El valor de densidad relativa en ningún caso supera el 99%. No se apreció dependencia de la misma con el tamaño del polvo.
- Los valores de dureza a lo largo de la dirección de construcción de cada pared se mantienen constantes y ligeramente superiores a los valores de la referencia; la dureza es mayor cuanto menor es el tamaño del polvo.
- Propiedades mecánicas: Tanto el valor de elongación como la máxima resistencia a tracción (UTS) no alcanzan las propiedades estándar bajo ninguna condición. El tratamiento térmico aplicado en este estudio aumenta la UTS disminuyendo la elongación. Los valores máximos de UTS y alargamiento se alcanzan cuando se utiliza polvo de gran tamaño.
- Microestructura: Las muestras muestran precipitaciones ricas en molibdeno homogéneamente distribuidas en la matriz. La presencia de micro-porosidad es notable para las fracciones 50-80 μm y 80-125 μm .

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Comisión Europea el apoyo financiero a través del acuerdo de subvención H2020 n°768612 (proyecto SUPREME dentro del programa SPIRE).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ariza-Galván, E., Montealegre-Meléndez, I., Perez-Soriano, E. M., y Arévalo, C.** (2019). Processing of 17-4PH by additive manufacturing using a plasma metal deposition (PMD). En *EuroPM2019*. https://www.researchgate.net/publication/336275424_Processing_Of_17-4PH_By_Additive_Manufacturing_Using_A_Plasma_Metal_Deposition_PMD_Technique
- Mercado-Rojas, J. G., Wolfe, T., Fleck, B. A., y Qureshi, A. J.** (2018). Plasma transferred arc additive manufacturing of Nickel metal matrix composites. *Manufacturing Letters*, 18, 31-34. <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2018.10.001>
- ASTM B574.** ASTM and SAE-AMS Standards and Specifications for Nickel Based Alloys; ASTM: West Conshohocken, PA, USA, 2018.

CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL DE CADENAS LINEALES TRIDIMENSIONALES: UM MODELO PARA HOMOPOLÍMEROS

David R. Avellaneda B¹, Carlos Collazos-Morales², Ramón E. R. González³

¹ Departamento de Estatística e Informática, UFRPE, Recife-PE, Brasil.

² Vicerrectoria de Investigaciones, Universidad Manuela Beltrán, Bogotá, Colombia.

³ Departamento de Física, UFRPE, Recife-PE, Brasil.

E-mail de correspondencia: ramon.ramayo@ufrpe.br

RESUMEN

Fueron generadas cadenas aleatorias lineales basadas en caminadas auto-excluyentes por un proceso de crecimiento en una red tridimensional cubica en un tiempo “finito” y sin condiciones de contorno. Las cadenas fueron caracterizadas estructuralmente con base en sus momentos de inercia y el tensor de giro, con el objetivo de simular la realidad biológica de cadenas homo-poliméricas en un buen solvente. Los resultados muestran, una tendencia a la formación de estructuras “estiradas”. Esas estructuras comienzan formando clusters que, después de cierto tamaño, “escapan” del original, dando lugar a nuevos clusters, para adoptar, finalmente, una estructura “prolata”.

INTRODUCCIÓN

El movimiento aleatorio auto-excluyente (self-avoiding walks en inglés, SAW) es un modelo simple y muy útil para la comprensión de algunos fenómenos físicos. Bajo ciertas condiciones, los SAW's pueden modelar e algunas propiedades de polímeros. Usando este modelo, fue generada una secuencia de conformaciones, a partir de una configuración inicial para las cadenas, de tamaño N , equivalente al número de monómeros en un polímero lineal. El objetivo fue reproducir el comportamiento de polímeros lineales reales, sin la necesidad de pasar por todas las posibles configuraciones, en un tiempo finito y sin condiciones de fronteras. Para estudiar la estructura de las cadenas generadas, analizamos el comportamiento de la los momentos principales de inercia, así como de la asfericidad y la naturaleza de la asfericidad, con lo cual pudimos extraer información de la forma final adoptada por las cadenas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Nuestro modelo consiste en generar un conjunto de cadenas aleatorias que simplifique y capture las propiedades esenciales de los polímeros reales en un buen solvente. La simulación computacional fue basada en el modelo conocido como “true self-avoiding random walk” (Amit, 1983), en una red cúbica. Este modelo usa

un proceso discreto de crecimiento sin explorar todo el espacio de estados. Cada paso dado por el caminante simula un conjunto de monómeros del mismo tipo, y los sitios no visitados son considerados como moléculas de solvente.

Las propiedades físicas y estructurales de los polímeros dependen de su flexibilidad, una única cadena polimérica, puede adoptar muchas conformaciones diferentes. Para caracterizar la forma de las cadenas generadas usamos métodos basados en la inercia y el radio de giro. Fueron estudiados los momentos principales del tensor de inercia **I** (Goldstein, 2001), los cuales dependen de la estructura y están correlacionados con la estabilidad de la cadena. La forma de los polímeros también puede ser caracterizada en términos del tensor radio de giro **S** (Aronovitz, 1986). A partir del tensor de giro se definen y (Cannon, 1991), representados en la fórmula 1.

Fórmula 1. Asfericidad Δ y naturaleza de la asfericidad Σ .

$$\Delta = \frac{3}{2} \frac{\text{Tr} \left(\left(S - \frac{1}{3} (\text{Tr}(S)) \right)^2 \right)}{(\text{Tr}(S))^2}, \Sigma = \frac{4 \det \left(S - \frac{1}{3} (\text{Tr}(S)) \right)}{\left(\frac{2}{3} \text{Tr} \left(S - \frac{1}{3} (\text{Tr}(S)) \right)^2 \right)^{3/2}}$$

Fuente: elaboración propia.

La asfericidad toma valores $0 \leq \Delta \leq 1$, donde $\Delta = 0$ corresponde a un objeto completamente simétrico y $\Delta = 1$, completamente estirado. La naturaleza de la asfericidad está limitada a $-1 \leq \Sigma \leq 1$, $\Sigma = -1$ para un objeto “oblato”, como un disco, y $\Sigma = 1$, prolato, como una hasta rígida.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 1, a la izquierda, muestra una porción de una de las cadenas lineales generadas. Podemos ver perfectamente la existencia de dos estructuras con cierto grado de compactación, separadas por un “hilo”. En el proceso de crecimiento de la primera estructura, aparentemente acaban los sitios vacíos accesibles y la cadena tiende a “alejarse” de la estructura inicial. Esto representa una disminución de la energía ligada a las interacciones entre los elementos de la cadena “monómero - monómero” y un aumento de la interacción de los “monómeros” con las partículas del solvente. A partir de cierto momento, se reestablece el comportamiento original, dando lugar a una nueva estructura compacta. En la misma Figura 1, a la derecha, se muestra una visión tridimensional de los momentos de inercia principales I_x , I_y y I_z . Este comportamiento de los momentos de inercia evidencia que, estructuralmente,

las cadenas tienen preferencia por adoptar una forma estirada a lo largo de un eje, con un grado de simetría elevado en relación al mismo.

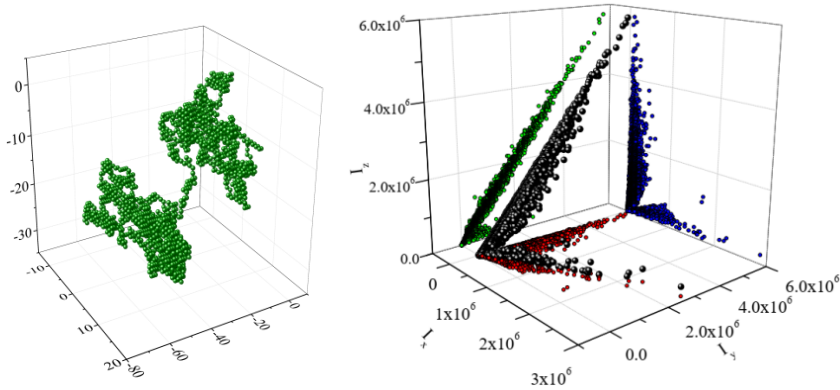


Figura 1. Izquierda: Cadena lineal tridimensional. Derecha: Relación entre los momentos de inercia principales.

Fuente: elaboración propia con datos de Avellaneda (2020).

La Figura 2 fue construida a partir de Δ y Σ , usando dos nuevas variables (ρ y θ) relacionadas con el tensor S. La región de elevada densidad, cuyo máximo se encuentra en la posición del rombo naranja, muestra la configuración prolata, que es la más probable.

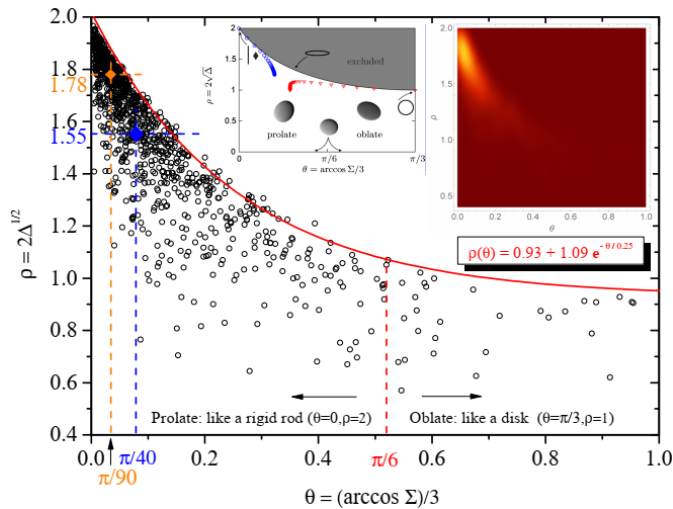


Figura 2. Configuración adoptada por las cadenas lineales.

Fuente: elaboración propia con datos de Avellaneda (2020) y Cannon, 1991.

La zona de ρ y θ grandes es una región excluida, ya que los auto-valores del tensor de giro se tornan negativos. La función matemática en destaque separa las conformaciones excluidas de aquellas que son posibles. El área bajo la línea sólida

representa todas las configuraciones, desde una geometría totalmente prolata, en $\theta = 0$, hasta otra totalmente oblata, en $\theta = \frac{\pi}{3}$. Para $\theta > \frac{\pi}{6}$, la forma de las cadenas tiende a ser oblata, así como para $\theta < \frac{\pi}{3}$, la tendencia es a adoptar una estructura prolata. En relación a ρ , cuanto mayor es este valor, la estructura se torna cada vez más esférica, resultando en una conformación totalmente esférica en $\left(\frac{\pi}{6}, 0\right)$.

CONCLUSIONES

Se logró reproducir características esenciales relativas a la forma y estructura de los polímeros lineales en un buen solvente. Según los resultados obtenidos, las cadenas tridimensionales generadas adoptan una estructura prolata, la misma estructura evidente en los polímeros reales. A partir de esta afirmación, podemos concluir que las cadenas lineales aleatorias generadas a partir de nuestro modelo son adecuadas para simular este tipo de estructura.

AGRADECIMIENTOS

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, Brasil.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amit, D. J., Parisi, G., y Peliti, L.** (1983). *Asymptotic behavior of the “true”self-avoiding walk*. *Phys. Rev. B, American Physical Society*, 27, 1635–1645.
- Aronovitz, J., y Nelson, D.** (1986). Universal features of polymer shapes. *Journal of Physique*, 47, (9), 1445 – 1456.
- Avellaneda, B. D.** (2020). *Análise Numérica e Estatística de Propriedades Físicas e Estruturais de Cadeias Lineares Poliméricas*. (Tesis doctoral). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Biometria e Estatística Aplicada, Recife-PE, Brasil.
- Cannon, J. W., Aronovitz, J. A., y Goldbart, P.** (1991). *Equilibrium distribution of shapes for linear and star macromolecules*. *J. Phys. I France*, 1(5), 629–645.
- Goldstein, H., Poole, C., y Safko, J.** (2001). *Classical Mechanics* (3.ª ed.). Addison Wesley.

DETERMINACIÓN DE LA DUREZA DE LOS COMPACTOS DE TI-AL SINTERIZADOS MEDIANTE RESISTENCIA ELÉCTRICA Y PREPARADOS A PARTIR DE POLVO AMORFIZADO MEDIANTE MOLIENDA MECÁNICA

Petr Urban¹, Eduardo S. Caballero², Fátima Ternero² y Raquel Astacio López²

¹ *Departamento de Ingeniería y Ciencia de los Materiales y del Transporte, Escuela Politécnica Superior, Universidad de Sevilla, Virgen de África 7, 41011 Sevilla.*

² *Departamento de Ingeniería y Ciencia de los Materiales y del Transporte, Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Universidad de Sevilla, Camino de los Descubrimientos s/n, 41092 Sevilla.*

E-mail de correspondencia: purban@us.es

RESUMEN

Se ha aplicado un método novedoso para aumentar la dureza de una aleación de aluminio y titanio partiendo de polvo amorfo obtenido mediante molienda mecánica de alta energía y posterior consolidación mediante sinterización por resistencia eléctrica. Los polvos amorfos de TiAl, fabricados mediante molienda mecánica durante 75 horas, mostraron una alta dureza y baja capacidad de deformación plástica, por lo que resulta imposible lograr compactos en verde mediante prensado uniaxial seguido de sinterizado convencional. Para poder sinterizar este tipo de polvos se ha utilizado un novedoso método de sinterización por resistencia eléctrica.

INTRODUCCIÓN

La transformación de la fase cristalina de los materiales metálicos en una fase amorfa puede mejorar propiedades como la resistencia a la corrosión, la dureza o la resistencia mecánica. Un método ideal para obtener la fase amorfa en cantidades significativas es la molienda mecánica. La molienda mecánica (MM) es un proceso de molienda peculiar que emplea un molino de bolas de alta energía que es capaz, en ciertas condiciones, producir un polvo metálico amorfo (Urban, 2018). La estructura amorfa obtenida es termodinámicamente inestable, y para preservar el carácter amorfo del polvo molido, es muy conveniente contar con una técnica de consolidación rápida en relación a los procesos convencionales, como la sinterización por resistencia eléctrica (SRE) (Cintas, 2015). En este trabajo se prepara la aleación amorfa TiAl mediante MM y se analiza el efecto de diferentes parámetros del proceso de SRE sobre la porosidad, microestructura, formación de compuestos intermetálicos, cinética de desvitricación y endurecimiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

La fabricación y caracterización de los polvos amorfos de $Ti_{50}Al_{50}$ está escrita en el artículo de Urban, 2013.

Para el proceso SRE se ha utilizado una máquina de soldadura por resistencia (Serra Soldadura S.A., España) que proporciona los requisitos eléctricos (alta intensidad y baja tensión) y mecánicos (carga por compresión) necesarios. Durante la consolidación de polvos mediante SRE, la presión de compactación se fijó en 80 MPa. Se probaron varias combinaciones de intensidad de corriente (7.0, 7.5 y 8.0 kA) y tiempo de permanencia de la corriente (de 40 a 80 ciclos, con 50 ciclos = 1.0 s). Solo se utilizó un pulso para consolidar cada muestra.

Se realizaron ensayos de dureza después de cortar los compactos cilíndricos por el plano diametral y montarlos en resina de baquelita.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La amorfización de la aleación cristalina $Ti_{50}Al_{50}$ está descrita en el artículo de Urban, 2013.

El polvo amorfo, molido durante 75 horas, se ha sinterizado eléctricamente con intensidades entre 7 y 8 kA durante 0.8 y 1.6 s. La porosidad global (Figura 1) varía entre 16.5% (8 kA, 1.6 s) y 20.1% (7 kA, 0.8 s).

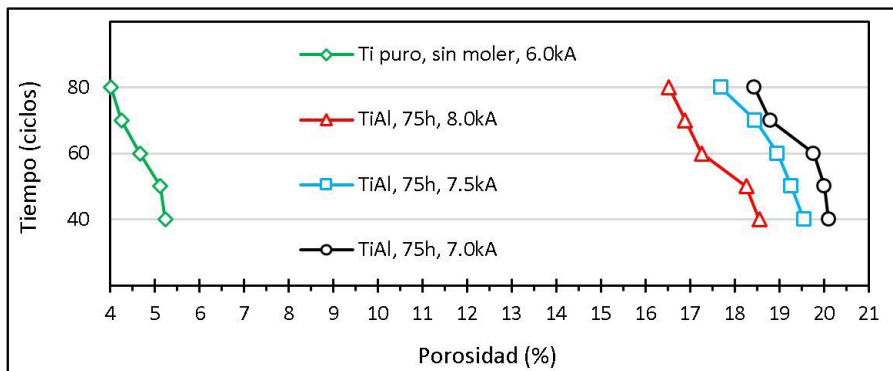


Figura 1. Porosidad global de los compactos sinterizados mediante SRE.

Con el aumento de la intensidad de la descarga eléctrica y del tiempo aumenta también la densificación del compacto. Sin embargo, la porosidad de titanio puro cristalino aplicando tan solo 6 kA ha sido mucho más baja, entre 4.0 y 5.2%. Además, en los compactos amorfos la distribución de la porosidad no es uniforme debido

al gradiente de temperatura generado en el compacto durante el proceso de sinterización.

Los resultados de dureza de los compactos SRE se muestran en la *Figura 2*.

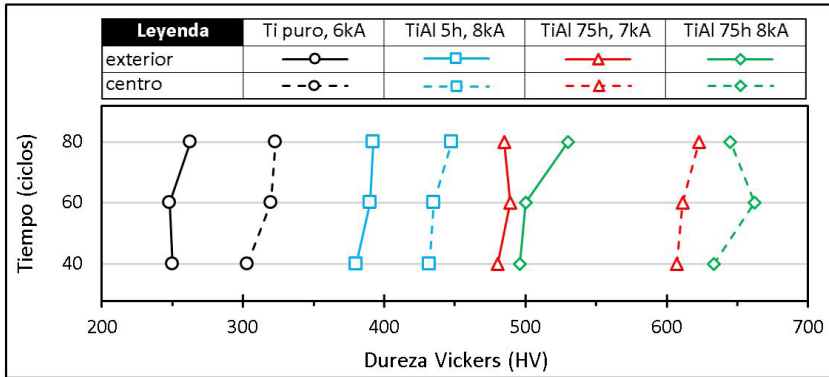


Figura 2. Dureza de los compactos sinterizados mediante SRE.

Independientemente de la estructura inicial del polvo, cristalina o amorfa, con la mayor intensidad de la corriente durante la SRE aumenta la dureza de los compactos. Sin embargo, el efecto del tiempo de sinterización no tiene mucha influencia sobre la dureza. En todas las probetas SRE, hay dos zonas de porosidad bien diferenciadas. Hay una amplia zona alrededor del centro del compacto con porosidad baja y homogénea. Entre la zona central y la zona externa, hay un cambio brusco de porosidad. La dureza más alta corresponde al centro del compacto SRE a 8 kA de polvo amorfo molido durante 75 horas. La microestructura contiene principalmente nanocristales de aluminio y compuestos de Al_3Ti , AlTi y AlTi_3 con posibles residuos de fase amorfa (*Figura 3*).

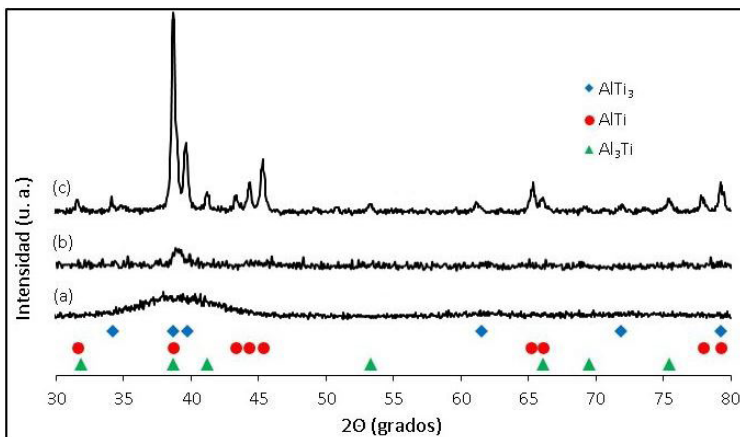


Figura 3. XRD (a) del polvo molido durante 75 hora, (b) del compacto SRE (7kA y 40s) y (c) del compacto SRE recocido a 850°C.

La dureza Vickers alcanza valores entre 633 y 662 HV para diferentes tiempos de sinterización. Si se aplica una corriente eléctrica menor (7 kA), la dureza en el centro del compacto disminuye ligeramente a valores entre 607 y 623 HV debido a la menor densificación. La dureza en la capa exterior del compacto disminuye considerablemente tanto para 8 kA como para 7 kA. Los valores de dureza varían entre 480 y 530 HV. La prevalencia de una estructura amorfa en esta área debido a la menor temperatura alcanzada, frente al desarrollo de una estructura nanocristalina o cristalina, debería explicar una mayor dureza. Sin embargo, el factor predominante es el aumento de la porosidad, lo que afecta negativamente a la dureza. Para los compactos SRE preparados a partir de polvo de Al-Ti molido durante 5 h, la dureza alcanza valores entre 392 y 448 HV en el interior y periferia, respectivamente. Finalmente, los compactos de Ti puro alcanza durezas de entre 248 y 323 HV. Estos compactos cristalinos están altamente densificados, pero no se ha desarrollado ningún mecanismo de endurecimiento.

CONCLUSIONES

Se ha investigado un nuevo método de endurecimiento por fase amorfa de la aleación TiAl obtenida mediante molienda mecánica y posteriormente consolidada mediante sinterización por resistencia eléctrica. Los compactos sinterizados eléctricamente con diferentes intensidades, entre 7 y 8 kA, y tiempos de sinterización, entre 0.8 y 1.6 s, muestran una distribución de la porosidad no uniforme con una capa exterior más porosa y un centro densificado. Por ejemplo, el compacto SRE 7/40 tiene una porosidad global de unos 20.1%, sin embargo, la porosidad en la capa exterior es de unos 32.8% y en el centro de unos 8.5%. La dureza Vickers máxima de 662 HV se alcanza en el centro de un compacto sinterizado eléctricamente con 8 kA y 1.2 s.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cintas, J., Montes Martos, J. M., Gómez, F., y Urban, P.** (2015) A one-dimensional model of the electrical resistance sintering process. *Metallurgical and Materials Transaction A*, 46(2), 963-980.
- Urban, P., Gómez, F., Montes, J. M., y Cintas, J.** (2013) A study of crystalline-amorphous phase transformation of $Ti_{75}Al_{25}$ and $Ti_{50}Al_{50}$ alloys by mechanical alloying. *Materials Science and Technology*, 3, 1705-1702.
- Urban, P., Sánchez, E., Ternero, F., Viña, F. J., y Gómez, F.** (2018) Amorphous Phase Formation and Heat Treating Evolution in Mechanically Alloyed Al-Ti. *Key Engineering Materials*, 772, 118-122.

DESARROLLO Y ESTUDIO DE PIEZAS CON GEOMETRÍAS COMPLEJAS DE ALEACIONES DE TITANIO FABRICADAS A PARTIR DE POLVO Y ALAMBRE MEDIANTE LA TÉCNICA ADITIVA DE FUSIÓN DE METAL MEDIANTE PLASMA

Dr. Isabel Montealegre-Meléndez¹, Dr. Cristina Arévalo¹, Enrique Ariza^{2*}, Dr. Eva María Pérez-Soriano¹, Dr. Erich Neubauer²

¹ Escuela Politécnica Superior, Departamento de Ingeniería y Ciencia de los Materiales y del Transporte, Universidad de Sevilla, Sevilla.

² RHP Technology GmbH, Seibersdorf (Austria).

E-mail de correspondencia: e.ar@rhp.at

RESUMEN

El titanio y sus aleaciones son materiales de gran demanda en la industria aeroespacial que presentan un alto coste de producción. Por ello, en la actualidad, existe un gran interés en el desarrollo de técnicas de fabricación que reduzcan costes como, por ejemplo, evitando pérdidas innecesarias de material durante el conformado de geometrías complejas; este es el caso de las técnicas aditivas. En el ámbito del procesado de materiales mediante estas técnicas, no sólo es importante el conocimiento del proceso y los parámetros de fabricación, sino también del material que se emplea de partida. El presente estudio parte de la manufactura mediante la técnica de *Plasma Metal Deposition* de piezas de titanio con geometrías muy complejas; se analizaron, además de los materiales de partida polvo y alambre, especímenes extraídos de zonas muy concretas. El objetivo era determinar variaciones de propiedades dependientes tanto del material de partida como de la posición dentro de la estructura compleja fabricada de forma aditiva. Los resultados verificaron la hipótesis de partida; existe una dependencia significativa de las propiedades finales de los especímenes extraídos de regiones concretas.

INTRODUCCIÓN

La fabricación aditiva es un proceso de manufactura capa a capa con el que se pueden producir piezas con geometrías complejas. Existen diversas técnicas aditivas que se diferencian, no sólo por la fuente de energía que se emplea durante el procesado, sino por la forma en la que se suministra el material de partida para cada deposición (Ngo *et al.*, 2018). En el ámbito del titanio y sus aleaciones, estos tipos de procesos resultan cada vez más empleados por las ventajas que ofrecen frente a otras técnicas más tradicionales (Li *et al.*, 2018; Attar *et al.*, 2018) strength and wear resistance of conventional titanium alloys can be further enhanced through development of

titanium-based matrix composites (TMCs. En este trabajo se han fabricado dos piezas de Ti6Al4V mediante la técnica aditiva de fusión de metal mediante plasma, conocida como “Plasma Metal Deposition” (PMD), una a partir de polvo y otra de alambre. Además de analizar la importancia de los parámetros de fabricación y la alimentación, se han investigado las propiedades finales de especímenes extraídos de diferentes regiones de la pieza final; el objetivo de este estudio es verificar si existen gradientes de propiedades ligadas a las diferentes deposiciones de material.

MATERIALES Y MÉTODOS

El material base para la fabricación de ambas piezas fue la aleación Ti6Al4V. Por un lado, se empleó polvo cuya morfología fue esférica, con un tamaño de partícula entre 106 y 180 μm ; el alambre empleado para construir la segunda pieza presentó un diámetro de 1,2 mm. En la Figura 1 se muestran imágenes SEM de cada uno de los materiales de partida. Una vez caracterizados los materiales a emplear, se procedió con la fabricación mediante la técnica PMD; para ello, se utilizó el equipo de la empresa RHP-Technology GmbH que se muestra en la Figura 2. Los parámetros empleados durante el proceso de deposición se muestran en la Tabla 1.

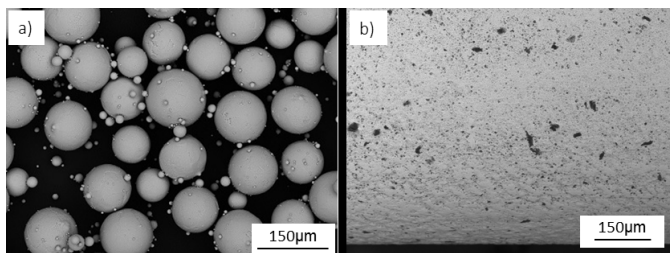


Figura 1. Imágenes SEM de los materiales de partida: a) polvo Ti6Al4V y b) superficie del alambre de Ti6Al4V.

Fuente: elaboración propia.

Tras la fabricación de las dos piezas, ambas se cortaron por la mitad y se sometieron a un tratamiento térmico, que se llevó a cabo bajo las siguientes condiciones: 600°C en atmósfera de Ar durante 2 horas. Posteriormente, de forma precisa, se extrajeron una serie de especímenes para ser analizados. La posición de los especímenes dentro de las piezas fabricadas fue el factor a tener en cuenta a la hora de analizar y comparar las propiedades medidas. Dos grupos representativos de muestras fueron cortadas en dirección vertical y horizontal, respecto a la base de deposición del material. Además, como hecho significativo, se tomaron muestras orientadas diagonalmente dentro de las estructuras fabricadas. Los cortes se realizaron mediante la técnica

de corte por hilo. Para la caracterización de las probetas, se realizaron ensayos de tracción; tras los mismos, se hizo también un estudio de las superficies de fractura.

Tabla 1. Parámetros de la fabricación realizada en RHP-Technology.

Proceso	Corriente arco plasma [A]	Voltaje [V]	Flujo gas piloto [l/min]	Flujo gas protector [l/min]	Flujo gas alimentación [l/min]	Velocidad alimentación [kg/h]
Ti6Al4V polvo	140	20	1.5	10	1.5	1.2
Ti6Al4V alambre	150	20	1.5	10	-	1.5

Fuente: elaboración propia.

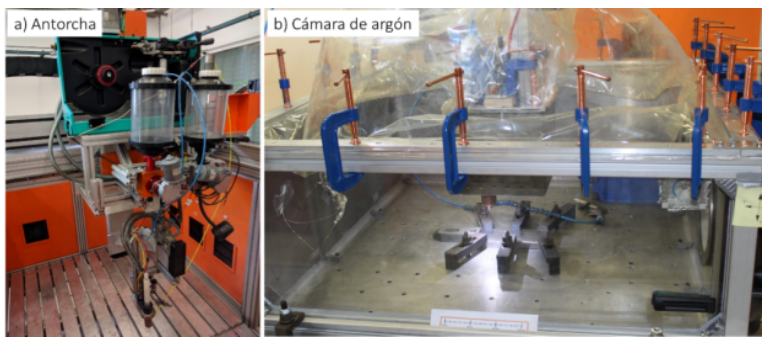


Figura 2. Disposición habitual del equipo de fabricación aditiva PMD: a) antorcha y b) cámara para fabricar en argón.

Fuente: (Neubauer, 2019).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos confirmaron la hipótesis de partida. Las propiedades mecánicas analizadas variaron con la posición dentro de la estructura. Además, se apreció como, al emplear polvo en lugar de alambre como material de partida, la ductilidad de las piezas en general fue mayor. Esto se puede ver en la Tabla 2. En la Figura 3 se muestran las superficies de fractura de las muestras más representativas.

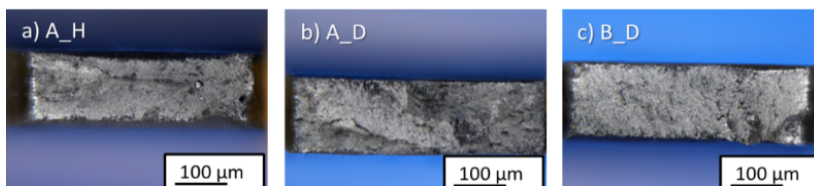


Figura 3. Imágenes ópticas de las superficies de fractura de especímenes extraídos: a) pieza hecha con polvo de Ti6Al4V cortada horizontalmente; b) pieza hecha con polvo de Ti6Al4V cortada diagonalmente; c) pieza hecha con alambre de Ti6Al4V cortada diagonalmente.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 2. Resultados de la caracterización mecánica.

Material de partida	Probeta	E [GPa]	σ_y [MPa]	σ_R [MPa]	ϵ_{max} [%]	ΔL_R [%]
Ti6Al4V polvo	A_H	117.56	880.94	963.04	11.21	12.33
	A_V	110.56	875.49	951.20	10.15	13.96
	A_D	115.01	957.60	1064.09	6.01	6.04
Ti6Al4V alambre	B_H	118.16	853.36	909.55	8.23	11.33
	B_V	113.78	833.71	904.12	10.69	9.02
	B_D	116.35	915.17	971.34	3.11	4.67

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

Los resultados verificaron que hay una dependencia significativa de las propiedades finales de los especímenes extraídos de regiones concretas. También se observa que los especímenes extraídos diagonalmente muestran mayor fragilidad y valores inferiores en las propiedades mecánicas. Además, los especímenes producidos a partir de alambre de Ti6Al4V presentan mayor módulo de Young.

AGRADECIMIENTOS

- Ayudas PPIT-2019-I.5 CRISTINA M^a ARÉVALO MORA, PPIT-2019-I.5 ISABEL MONTEALEGRE MELÉNDEZ y PPIT-2020-I.5 EVA M^a PÉREZ SORIANO.
- RHP-Technology GmbH

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Attar, H., Ehtemam-Haghighi, S., Kent, D., y Dargusch, M. S.** (2018). Recent developments and opportunities in additive manufacturing of titanium-based matrix composites: A review. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 133, 85–102. <https://doi.org/10.1016/j.ijmachtools.2018.06.003>
- Li, X. P., Ji, G., Eder, K., Yang, L. M., Addad, A., Vleugels, J., Van Humbeeck, J., Cairney, J. M., y Kruth, J. P.** (2018). *Additive manufacturing of a novel alpha titanium alloy from commercially pure titanium with minor addition of Mo₂C*. Acta Materialia Inc. Published by Elsevier Ltd. https://limo.libis.be/primo-explore/fulldisplay?docid=LIRIAS2365157&context=L&vid=Lirias&search_scope=Lirias&tab=default_tab&lang=en_US&fromSitemap=1

Ngo, T. D., Kashani, A., Imbalzano, G., Nguyen, K. T. Q., y Hui, D. (2018). Additive manufacturing (3D printing): A review of materials, methods, applications and challenges. *Composites Part B: Engineering*, 143, 172–196. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2018.02.012>

Neubauer, E. (2019). Analysis of the Anisotropy of Properties in Titanium Alloys made by Plasma Metal Deposition. Euro PM2019.

VULNERABILITY ASSESSMENT OF THE METALLIC LIGHT ROOFS TO THE EFFECT OF HURRICANE FORCE WINDS USING FEM

Anabel Reyes-Ramírez¹, Roberto Andrés Estrada-Cingualbres², Pavel Michel Almaguer-Zaldívar²

¹ Empresa de Ingeniería y Diseño VERTICE, Holguín, Cuba.

¹ CAD/CAM Study Center, University of Holguin, Cuba.

E-mail de correspondencia: anabel.reyes.cu@gmail.com

ABSTRACT

The objective of this work is to show the numerical simulation by the Finite Element Method, of metallic light roofs in Cuba under the action of the dynamic component of strong winds (a hurricane of category five), to find technological criteria related to the stresses and deformations limits to which they are subject. In order to reach this goal, the methods of systems analysis, modeling and simulation by finite element method were used.

INTRODUCTION

The resilience of houses during extreme wind events is essential to ensure safety of occupants, minimize damage to internal contents, and lessen the financial burden on communities and insurance providers. Significant work has been completed to date to address commonly observed failure modes in residential structures (Stevenson, Kopp, & El-Ansary, 2018).

Tropical cyclones represent the natural hazard that most frequently and intensely affects the countries of the Caribbean, the Gulf of Mexico and the Florida State in the United State of America, causing great damage to the environment, the economy and causing loss of human lives. The buildings structure is one of the most affected by the occurrence of these phenomena, an aspect that is of great importance, due to the direct impact it has on society. Within the constructive elements of the buildings, the light roofs constitute the most vulnerable point considering the effect of the strong winds and the intense rains (Estrada *et al.*, 2017).

In recent years, with the increasingly of severe hurricane in the Caribbean area, the actions for reduction of wind loads on low-rise buildings has become a warm subject in the civil engineering (Kopp, 2018). Authors like (Haines & Taylor, 2017), (Fernández-Cabán, Masters, & Phillips, 2018) and (Zhu *et al.*, 2018) established numerical studies based-on the Finite Element Method (FEM).

In this perspective, this work presents the numerical simulation by the Finite Element Method, of metallic light roofs in Cuba under the action of the dynamic component of strong winds (a hurricane of category five), to find technological criteria related to the stresses and deformations limits to which they are subject.

MATERIAL AND METHODS

Figure 1 shows as a summary, the methodology used for the numerical simulation (FEM) of metallic light roofs in Cuba under the action of the dynamic component of strong winds.

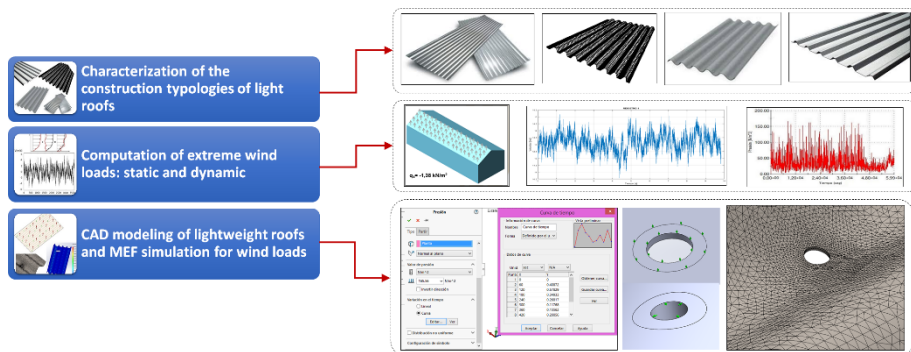


Figure 1. Methodology used for the numerical simulation (FEM) of metallic light roofs in Cuba under the action of the dynamic component of strong winds.

Source: own elaboration.

In the first step, a characterization of the construction typologies of light roofs in Cuba was implemented. Four basic types of lightweight roofs were characterized, considering the metallic and the fiber cement forms. In the second step, the structural configurations of typical buildings were determined, as well as the extreme wind registers.

In the third stage, the CAD modeling of lightweight roofs and MEF simulation for wind loads was defined. The numerical elements and the associated restrictions were defined.

RESULTS AND DISCUSSION

The results of the numerical simulation, in the case of the effect of extreme winds on light roofs, indicated that the greatest deformations occur at the edges of the fixing holes of the roofs (Figure 2). Figure 3 shows the stress distribution in a lightweight metal roof as a function of time, and the pressures in this type of roof.

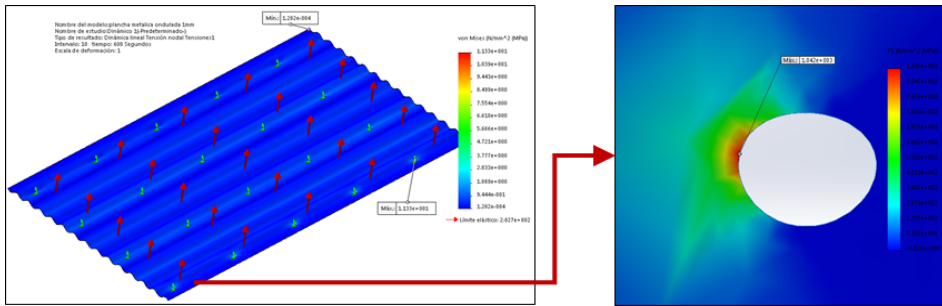


Figure 2. Deformations at the edges of the fixing holes of the metallic light roofs.

Source: own elaboration.

The results of the dynamic study carried out under the action of a variable pressure over time, made it possible to evaluate the behavior of the metal roofs. Figure 3 show the tensional state that occurs in the roof at 600 seconds after the study began. As can be seen, very low stress values occur practically throughout the roof, even some negative ones, that is, compression stresses, however, in the locality of these holes have a sudden increase in value

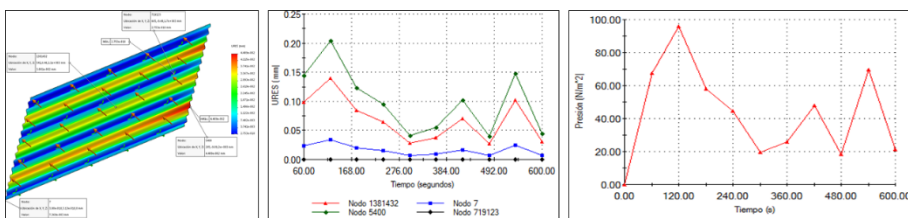


Figure 3. Stress distribution in a lightweight metal roof as a function of time, and the pressures in this type of roof.

Source: own elaboration.

CONCLUSIONS

The dynamic analysis of the extreme wind loads generated by a hurricane (category five) was carried out using FEM, which made it possible to simulate the real behavior of light roofs in the context of these natural phenomena in Cuba, to improve their structural resistance.

REFERENCES

Estrada, R. A., Rodríguez, J. C., Lengarán, Y., & Campos, S. (2017). Mitigación del colapso de las cubiertas ligeras de fibrocemento ante vientos huracanados. *Informes de la Construcción*, 69(547), e214. <https://doi.org/10.3989/id55349>

- Fernández-Cabán, P. L., Masters, F. J., & Phillips, B. M.** (2018). Predicting Roof Pressures on a Low-Rise Structure From Freestream Turbulence Using Artificial Neural Networks. *Frontiers in Built Environment*, 4(68), 1-16. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2018.00068>
- Haines, M., & Taylor, I.** (2017). Numerical investigation of the flow field around low rise buildings due to a downburst event using large eddy simulation. *Journal of Wind Engineering & Industrial Aerodynamics*(172), 12-30. <https://doi.org/10.1016/j.jweia.2017.10.028>
- Kopp, G. A.** (2018). Editorial: Large-Scale and Full-Scale Laboratory Test Methods for Examining Wind Effects on Buildings. *Frontiers in Built Environment*, 4(25), 1-2. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2018.00025>
- Stevenson, S. A., Kopp, G. A., & El-Ansary, A. M.** (2018). Framing Failures in Wood-Frame Hip Roofs under Extreme Wind Loads. *Frontiers in Built Environment*, 4(6), 1-13. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2018.00006>
- Zhu, F., Yu, Z., Zhao, L., Xue, M., & Zhao, S.** (2018). Adaptive-mesh method using RBF interpolation: A time-marching analysis of steady snow drifting on stepped flat roofs. *Journal of Wind Engineering & Industrial Aerodynamics* (171), 1-11. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jweia.2017.09.008>

INNOVATIVE COMPOUNDS TO BATTLE MULTI-RESISTANCE TO ANTIBIOTICS: USE OF PVA-TANNIC ACID NANOPARTICLES TO INHIBIT STAPHYLOCOCCUS PSEUDOINTERMEDIUS GROWTH

Guillermo Martínez¹, María Pérez-Aranda^{1,2}, Manuel Merinero^{1,2}, Belén Begines¹, Tamara Ortiz³, Salvadora Navarro², Raúl Aguilera-Velázquez⁴, María-Jesús Martín⁵, Ignacio Rodríguez², Eloisa Pajuelo², Ana-Paula Zaderenko⁴, Ana Alcudia¹

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

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

³ Departamento de Citología e Histología Natural y Patológica. Facultad de Medicina. Universidad de Sevilla. Avda. Doctor Fedriani, s/n cp.:41009 (Sevilla).

⁴ Departamento de Sistemas Físicos, Químicos y Naturales. Universidad Pablo de Olavide. ES-41013 (Sevilla).

⁵ Departamento de Química Analítica. Facultad de Química. Universidad de Sevilla. C/ Profesor García González, s/n cp.: 41012 (Sevilla).

E-mail de correspondencia: mtnezmun@gmail.com

ABSTRACT

Antibiotic resistance is an increasing public health problem that affects numerous pathogens, including *Staphylococcus pseudintermedius*, which has a high prevalence of methicillin resistance and can be easily transmitted to humans. Nowadays, the scientific community is developing new compounds that not only improve classic therapies in fighting antibiotic resistances but also prevent its appearance, essential to maintain health protection. The main objective of the present study is to synthesize tannic acid and polyvinyl alcohol nanoparticles and to determine their potential as growth inhibitors for *S. pseudintermedius*, to be considered a potential alternative therapy. The study includes diameter and Z-potential measurements for nanoparticles characterization and antimicrobial effect assays with different nanoparticles concentrations. MIC₉₀ is determined as 112 µg/mL. Nonetheless, further studies to identify the underlying action mechanisms of these nanoparticles are going on in our group.

INTRODUCTION AND OBJECTIVES OF THE STUDY

S. pseudintermedius is an opportunistic pathogen commonly associated with skin and soft tissue infections (SSTIs) in dogs. The high prevalence of antibiotic resistance, particularly to methicillin, along with its zoonotic potential could lead to treatment implications in human infections (Somayaji *et al.*, 2016). In this sense, searching

for new bactericide molecules that could prevent the appearance of resistance has become a critical issue for WHO priority plan.

Biocompatible polymers, such as polyvinyl alcohol (PVA), have become crucial materials in the development of novel drug delivery systems due to their low toxicity and high biocompatibility (Begines *et al.*, 2015). Tannic acid (TA), existing in plant tissues, has been reported to possess natural antioxidant, antibacterial and antiviral activity (Ivanova *et al.*, 2018). Thus, the presentation of both compounds in the form of nanoparticles, that have shown to be very useful structures in biomedicine, may offer new therapeutic possibilities such as controlled delivery of the TA, increased toxicity to bacteria, etc. (Wu *et al.*, 2017). Furthermore, polyvinyl alcohol- tannic acid nanoparticles (PVA-TA NPs) have been described as non-toxic and biodegradable nanomaterials, which makes them an ideal candidate for developing new alternative therapies (Velázquez *et al.*, 2016).

The purpose of the present study is to describe an easily executable synthesis protocol for PVA-TA NPs and to determine their potential capacity to inhibit *S. pseudintermedius* growth in vitro to be considered a potential alternative drug compared to classic therapies.

MATERIALS AND METHODS

Nanoparticles synthesis and characterization

32 mg of TA were dissolved in 10 mL deionized water and 100 mg of PVA in 10 mL deionized water using different flasks. Then, TA solution was added dropwise to the PVA solution at room temperature. The solution turned white and opaque and it was left stirring for 15 minutes. Nanoparticles' characteristics were measured using Dynamic Light Scattering.

BACTERIAL GROWTH INHIBITION ASSAYS

Different concentrations of PVA-TA NPs in TSB – sterile water liquid culture medium was prepared. TSB was prepared at triple concentration (3x TSB) to be at normal concentration when mixed with the other compounds. “Stock solutions” were prepared with the following proportions:

1. 600 µL of 3xTSB, 1110 µL of sterile H₂O and 90 µL of PVA-TA NPs.
2. 600 µL of 3xTSB, 1020 µL of sterile H₂O and 180 µL of PVA-TA NPs.
3. 600 µL of 3xTSB, 930 µL of sterile H₂O and 270 µL of PVA-TA NPs.

4. 600 μL of 3xTSB, 840 μL of sterile H_2O and 360 μL of PVA-TA NPs.
5. 600 μL of 3xTSB, 750 μL of sterile H_2O and 450 μL of PVA-TA NPs.
6. 600 μL of 3xTSB, 660 μL of sterile H_2O and 540 μL of PVA-TA NPs.

Once prepared, a volume of 300 μL of each was poured in eppendorf tubes. Finally, 5 μL of an overnight grown *S. pseudintermedius* liquid culture were inoculated per tube, except the first of each (negative control). Once the dilutions were prepared, they were incubated for 24 hours at 37 °C. 200 μL of each eppendorf were transferred to a microtiter plate for determining bacterial growth as a measurement of the absorbance at 600 nm (turbidity).

RESULTS AND DISCUSSION

Nanoparticles synthesis and characterization

The synthesis protocol was proven to be effective and nanoparticles always presented identical characteristics. The final solution was a white, non-aggregated and completely opaque colloid.

Three samples of three different batches of nanoparticles were characterized at different times (Table 1). The average NP size was 164 nm, with PDI of 0.16 and a Z-potential of -20 mV. As standard deviations showed, values obtained were almost identical between the three samples.

Table 1. Hydrodynamic diameter (size, nm), Z-potential (Z-pot, mV) and polydispersity index (PDI) obtained from three samples, A, B and C, of PVA-TA NPs.

	Sample A	Sample B	Sample C	Average	St.Dev
Size (nm)	164,3	165,5	163,0	164,3	1,2
PDI	0,155	0,168	0,176	0,16	0,01
Z-pot (mV)	-19,1	-20,7	-20,1	-20,0	0,8

Source: own elaboration.

Low PDI values obtained indicated that nanoparticles size distribution was homogeneous, which is an ideal characteristic for nanoparticles to be considered as therapeutic agents (Clogston & Patri, 2011). Also, the negative values in Z-potential could mean a reduction in possible toxic effects in humans, but further studies are needed to determine this feature.

Bacterial growth inhibition assays

The results of bacterial growth (Table 2) showed a great reduction in the absorbance rate from dilution D (40 μL of nanoparticles), suggesting that the bacterial growth

was inhibited at this concentration. MIC_{90} is determined as 112 $\mu\text{g}/\text{mL}$, a promising result to take them into account as an alternative therapy or combined with regular antibiotic drugs.

Table 2. Absorbance at 600nm of cultures of *S. pseudintermedius* incubated in the presence of increasing concentrations (0-60 μL) of PVA-TA NPs.

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

Source: own elaboration.

CONCLUSIONS

These nanoparticles present an outstanding balance among their properties. PDI values obtained indicates that nanoparticles size is very homogeneous, meaning that, along with negative Z-potential values, their potential toxicity for animals and humans is low. Although this is a pilot study, our findings provided insights into the importance of PVA-TA NPs 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, along with studies focused on describing their underlying mechanisms.

REFERENCES

- Begines, B., Zamora, F., de Paz, M.V., Hakkou, K., & Galbis, J.A.** (2015). Polyurethanes derived from carbohydrates and cystine-based monomers. *Journal of Applied Polymer Science*, 132(3). <https://doi.org/10.1002/app.41304>
- Clogston, J. D., & Patri, A. K.** (2011). Zeta potential measurement. *Methods in molecular biology (Clifton, N.J.)*, 697, 63–70. https://doi.org/10.1007/978-1-60327-198-1_6
- 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., Rubin, J.E., & Church, D. (2016). Human infections due to *Staphylococcus pseudintermedius*, 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>

Velázquez, R., Venegas, V., Oliva, J., Sayagues M., Miguel, M., Sánchez-Alcázar, J., Arevalo-Rodríguez, M., & Zaderenko, A. (2016). Targeted multifunctional tannic acid nanoparticles. *RSC Advances*, 6. <https://doi.org/10.1039/C5RA19405A>

Wu, Z., Wu, J., Peng, T., 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, 102. <https://doi.org/10.3390/polym9030102>

A MODEL FOR PREDICTING THE SPECIFIC ENERGY CONSUMPTION OF HSM OF AISI 316L USING ANN

Roberto Pérez-Rodríguez¹, Luis Wilfredo Hernández-González¹, Dagnier Antonio Curra-Sosa¹, Patricia del Carmen Zambrano-Robledo², Enrique Ernesto Zayas-Figueras³, Julio Ernesto de la Rosa Melian¹

¹ CAD/CAM Study Center, University of Holguin, Cuba.

² Centro de Investigación e Innovación en Ingeniería Aeronáutica (CIIIA), Autonomous University of Nuevo León, México.

³ Mechanical Engineering Department, Universitat Politècnica de Catalunya (BarcelonaTech), Spain.

E-mail de correspondencia: roberto.perez@uho.edu.cu

ABSTRACT

This work presents a model for predicting the specific energy consumption of High Speed Machining of AISI 316L, using an Artificial Neural Network. The characteristics of material-cutting power and influence of the cutting parameters on the material-cutting energy are both taken into account in the model. The case study indicates that the Artificial Neural Network can be used to predict the specific energy consumption of High Speed Machining of AISI 316L conveniently under various machining conditions.

INTRODUCTION

In latest years, with the increasingly severe energy consumption and environmental problems in the manufacturing industry, the energy consumption of machining processes has become a warm subject in the field of green manufacturing (Tao, Lu, Zhang, & Iqbal, 2014). Authors like (Gu, Li, Chen, & Li, 2020), (Hendrawan, Farrage, & Uchiyama, 2019) and (Lv *et al.*, 2019) established an energy-consumption model for machining processes considering the full states of machining processes.

Besides, He *at al.* presents an improved method to optimize machining allowance distribution and parameters comprehensively, considering energy-saving strategy and other multi-objectives of different phases. The empirical parametric models of different machining phases were established, with the allowance distribution problem properly addressed (He, Hong, Tang, & Wei, 2020).

In this context, this work presents a model for predicting the specific energy consumption of High Speed Machining (HSM) of AISI 316L, using an Artificial Neural Network (ANN). The characteristics of material-cutting power and influence of the cutting parameters on the material-cutting energy are both taken into account in the model.

MATERIAL AND METHODS

Figure 1 shows as a summary, the model for predicting the specific energy consumption (SEC) of High Speed Machining of AISI 316L, using an Artificial Neural Network. In the first part, the technological parameters necessary to determine the specific energy consumption are defined. The primary data are obtained from the experiments carried out.

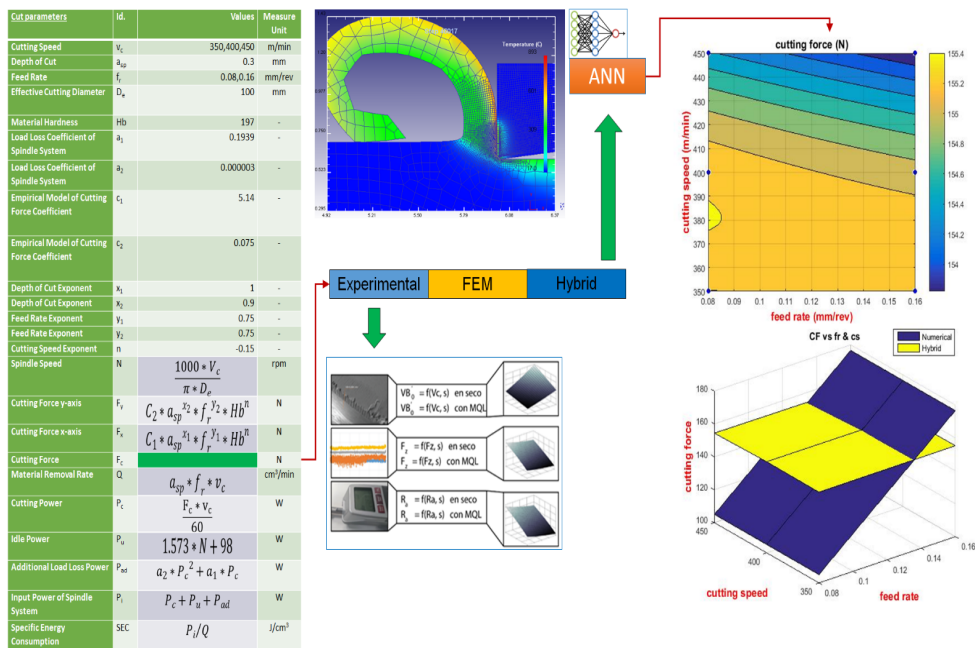


Figure 1. Model for predicting the specific energy consumption of High Speed Machining of AISI 316L, using an Artificial Neural Network.

Source: own elaboration.

Due to the high cost of experimental methods, the use of numerical models based on the finite element method (FEM) is required to obtain a greater amount of data complementary to experimentation.

Therefore, the combined use of experimental and complementary data obtained by FEM requires the use of Artificial Intelligence tools for its modeling and analysis. In this case, Artificial Neural Networks were used.

RESULTS AND DISCUSSION

The results indicate that the model using an ANN exhibits good prediction accuracy for the part manufactured under regime machining conditions and highlighted the

good application prospect of the model (Figure 2). The hybrid model results indicate that the SEC has strongly related to the processing conditions (cutting parameters).

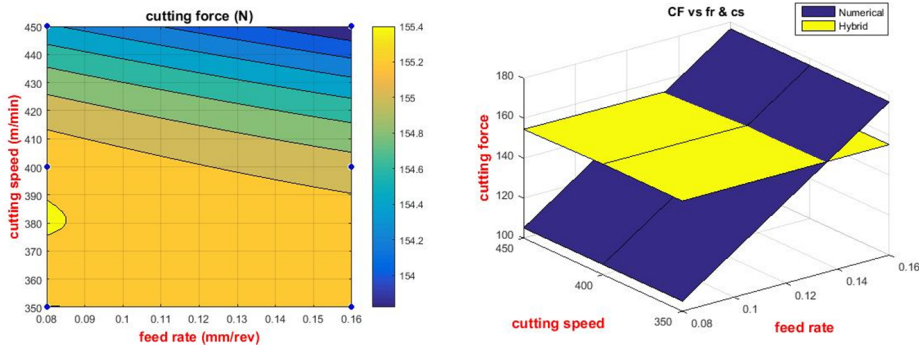


Figure 2. ANN for the prediction of accuracy for the part manufactured under regime machining conditions (CF: Cutting Force; fr: Feed Rate; cs: Cutting Speed).

Source: own elaboration.

CONCLUSIONS

A Hybrid model using an ANN for predicting the SEC of HSM processes (AISI 316L) is capable of providing theoretical basis and decision support for process planning and the energy-saving optimization. The Hybrid model is proficient of predicting the SEC of AISI 316L in HSM for the cutting parameters analyzed.

REFERENCES

- Gu, W., Li, Z., Chen, Z., & Li, Y.** (2020). An energy-consumption model for establishing an integrated energy-consumption process in a machining system. *Mathematical and Computer Modelling of Dynamical Systems*, 26(6), 534-561. <https://doi.org/10.1080/13873954.2020.1833045>
- He, K., Hong, H., Tang, R., & Wei, J.** (2020). Analysis of Multi-Objective Optimization of Machining Allowance Distribution and Parameters for Energy Saving Strategy. *Sustainability*, 12(638), 2-32. <https://doi.org/10.3390/su12020638>
- Hendrawan, Y. M., Farrage, A., & Uchiyama, N.** (2019). Iterative NC program modification and energy saving for a CNC machine tool feed drive system with linear motors. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*(102), 3543–3562. <https://doi.org/10.1007/s00170-019-03390-1>
- Lv, L., Deng, Z., Liu, T., Wan, L., Huang, W., Yin, H., & Zhao, T.** (2019). A composite evaluation model of sustainable manufacturing in machining process for typical machine tool. *Processes*, 7(110), 2-24. <https://doi.org/10.3390/pr7020110>

Tao, L., Lu, K., Zhang, H. C., & Iqbal, A. (2014). Recent research and development of typical cutting machine tool's energy consumption model. *Chinese Journal of Mechanical Engineering*, 50(7), 102–111.

PROPIEDADES INTERFACIALES DEL TENSOACTIVO APPYCLEAN 6548

María José Martín-Piñero ^{1*}, Olga Mileti ², Noemi Baldino ², Domenico Gabriele ², María-Carmen Alfaro-Rodríguez ¹, José Muñoz ¹

¹*Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Química, Universidad de Sevilla, C/ Profesor García González, s/n, 41012 Sevilla, Spain.*

²*Department of Information, Modeling, Electronics and System Engineering, (D.I.M.E.S.) University of Calabria, Via P. Bucci, Cubo 39C, I-87036, Rende, CS, Italy.*

E-mail de correspondencia: mjmartin@us.es

RESUMEN

Este estudio se centra en el comportamiento interfacial del tensioactivo Appyclean 6548 en la interfase aceite de romero/agua. Se ha estudiado la tensión interfacial transitoria (γ) y la cinética de adsorción en función de la concentración de tensioactivo. Las curvas de tensión interfacial indican que a 0.5m/m% se alcanza la concentración de saturación del tensioactivo Appyclean 6548 en la interfase (0.75mN/m). Los valores de las constantes de difusión, adsorción y reordenamiento aumentan en función de la concentración de Appyclean 6548 utilizado.

INTRODUCCIÓN

Los tensioactivos juegan un papel fundamental en la formación de emulsiones. Presentan un efecto estabilizador y disminuyen la tensión superficial. Esto es debido a que se adsorbe en la interfase y forma una película protectora sobre la superficie de la gota. Esta película protectora evita la unión de las gotas y la rotura de la emulsión por coalescencia. La reducción de la tensión interfacial ayuda también al proceso de formación de la emulsión disminuyendo el consumo energético del proceso y disminuyendo el tamaño de gota.

En este trabajo, se ha estudiado la actividad interfacial del tensioactivo del tipo alquil polipentósido derivado de biomasa de trigo, conocido comercialmente como Appyclean 6548 (App. 6548). Se ha demostrado que el App. 6548 forma emulsiones estables con el aceite esencial de romero (Martin-Piñero *et al.*, 2019) rheology and physical stability of rosemary essential oil/water emulsions formulated with an emulsifier derived from wheat waste (alkyl polypentoside, lo que podría deberse a sus propiedades interfaciales.

Las propiedades interfaciales son de gran importancia ya que juegan un papel fundamental en la formulación, textura y estabilidad en la formación de emulsiones o espumas. Sin embargo, no existen estudios sobre el comportamiento interfacial

de este tipo de tensioactivos. Por este motivo, este trabajo es un avance en el conocimiento del comportamiento cinético e interfacial de los tensioactivos alquil polipentósidos (APP) y en especial, del Appyclean 6548.

MATERIALES Y MÉTODOS

El aceite esencial de romero y el tensioactivo App. 6548 fueron suministrados por Sigma Aldrich y Wheatoleo, respectivamente. También se utilizó agua Milli-Q (Millipore, EE. UU.).

El tensioactivo App. 6548 es sólido y soluble en la fase oleosa. Por ello, se funde y se disuelve a 70°C durante 15 min en aceite de romero. La mezcla aceite/tensioactivo se introduce en una jeringa tipo J. Las gotas se forman en una cubeta (5 ml) que contiene agua Milli-Q.

Para las medidas de la tensión interfacial transitoria se ha utilizado un tensiómetro de gota colgante automatizado (FTA200, First Ten Angstroms, EE. UU.) equipado con el software fta32 v2.0.

Mediante las curvas de tensión interfacial transitoria se han calculado los parámetros cinéticos de adsorción. Cuando el proceso de adsorción está controlado por la difusión ($\pi < 10 \text{ mN/m}$), el coeficiente de difusión viene determinado por la ecuación modificada de Ward-Torday (Ward & Tordai, 1946) where the change is over within a few seconds or less, been explained on the basis of diffusion. This paper attempts a rigorous mathematical analysis of the role that diffusion might play in such time-effects. The limitations of diffusion theories which have been proposed previously are discussed. A general theory of diffusion to the surface is derived, which allows for back-diffusion and which makes no special assumptions of a physical nature. It is possible to use Fick's equation to calculate the total amount of solute which diffuses from a semi-infinite bulk solution into the surface if the concentration immediately under the surface is known at various times throughout the process. It is shown how the latter information may be deduced from the variation of surface tension with time together with final equilibrium values of surface tension. The methods of this theory are applied to analyze recent data on time-effects of short duration. It is concluded that even in cases where the variation of the surface tension is over in less than a second the rate-determining process is not diffusion. Even for these very rapid changes one is therefore led to assume the existence of an activation barrier which determines the rate of adsorption.

A mayor tiempo de adsorción, para evaluar los fenómenos de adsorción y reordenamiento del tensioactivo, se utilizó la ecuación de Graham y Phillips (Graham & Phillips, 1979)bovine serum albumin (BSA).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se ha estudiado la variación de la tensión interfacial en función del tiempo (tensión interfacial transitoria) del tensioactivo App.6548 a diferentes concentraciones (0.0001% m/m -7.4% m/m) en la interfase aceite de romero/agua (Figura 1). La tensión interfacial obtenida para el aceite esencial de romero y agua fue $16.1 \pm 0.1 mN/m$. Este resultado fue también obtenido por Rodríguez-Rojo *et al.* (2012)the required HLB (hydrophile-lipophile balance. Se observa que al aumentar la concentración de App.6548 la curvas alcanzan valores de equilibrio (zona plateau) a tiempos más cortos. A partir de la concentración de saturación del tensioactivo la tensión interfacial no disminuye, independientemente de la concentración de tensioactivo añadido. Dicho valor se alcanza a 0.5 $m/m\%$ de App.6548 cuando la tensión interfacial disminuye hasta los 0.75 mN/m .

Mediante los ensayos de tensión interfacial, se han calculado las constantes de adsorción, difusión y reordenamiento que se pueden observar en la Tabla 1. A concentraciones altas la velocidad de difusión es demasiado rápida para ser detectada por el método experimental utilizado. Esto es debido a que el valor de π inicial es mayor de 10 mN/m . A medida que disminuye la concentración de App.6548, la K_{diff} disminuye. Después de la difusión del tensioactivo en la interfase, la adsorción y el reordenamiento se convierten en las etapas determinantes. Los valores de K_{ads} aumentan con la concentración de tensioactivo añadido (Rodríguez *et al.*, 2005). La cinética de reorganización es la última etapa de la cinética interfacial. La K_r disminuye cuando la concentración disminuye. A menor concentración de tensioactivo, menor es la cantidad que se encuentra en la interfase y, por tanto, menor es la velocidad a la que se agregan o reorganizan las moléculas.

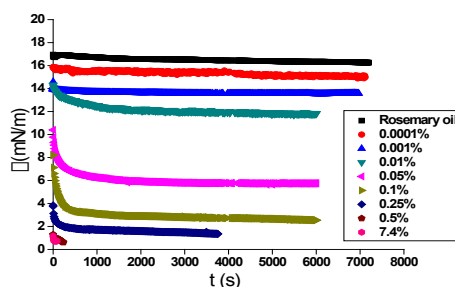


Figura 1. Tensión interfacial transitoria.

Tabla 1. Velocidad de difusión (K_{dif}), adsorción (K_{ads}) y reordenación (K_r) para las diferentes concentraciones de Appyclean 6548.

Concentración de Appyclean 6548 (m/m%)	K_{dif} ($mN \cdot m^{-1} \cdot s^{-0.5}$)	K_{ads} (s^{-1})	K_r (s^{-1})
0.001	$0.007 \pm 7 \cdot 10^{-4}$	-	-
0.01	0.030 ± 0.005	$4 \cdot 10^{-4} \pm 1 \cdot 10^{-4}$	-
0.05	0.149 ± 0.006	$6.3 \cdot 10^{-4} \pm 8 \cdot 10^{-5}$	$1.6 \cdot 10^{-3} \pm 4 \cdot 10^{-4}$
0.1	0.27 ± 0.02	$5.1 \cdot 10^{-4} \pm 4 \cdot 10^{-5}$	$1.19 \cdot 10^{-3} \pm 1 \cdot 10^{-4}$
0.25	Demasiado rápido	$4.49 \cdot 10^{-3} \pm 6 \cdot 10^{-4}$	$7.56 \cdot 10^{-3} \pm 4 \cdot 10^{-4}$
0.5	Demasiado rápido	$3.2 \cdot 10^{-2} \pm 4 \cdot 10^{-3}$	-
0.74	Demasiado rápido	-	-

CONCLUSIONES

En este trabajo se ha investigado la cinética de adsorción de un tensioactivo del tipo alquil polipentósido llamado Appyclean 6548. Se ha determinado que la concentración de saturación de tensioactivo en la interfase aceite de romero/agua fue de 0.5m/m%. También se determinó la actividad cinética de adsorción. La velocidad de difusión aumenta con la concentración de tensioactivo, siendo la última medida posible de $0.27 mN \cdot m^{-1} \cdot s^{-0.5}$ a la concentración de 0.1m/m%. Por otro lado, la constante de adsorción y reordenamiento aumenta en función de la concentración de Appyclean 6548 utilizado.

AGRADECIMIENTOS

Los autores muestran su agradecimiento al Ministerio de Economía y Competitividad (Proyecto CTQ2015-70700) y a la Comisión Europea (FEDER Programme).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Graham, D., y Phillips, M.** (1979). Proteins at liquid interfaces: III. Molecular structures of adsorbed films. *Journal of Colloid and Interface Science*, 70(3), 427–439. [https://doi.org/10.1016/0021-9797\(79\)90050-X](https://doi.org/10.1016/0021-9797(79)90050-X)
- Martin-Piñero, M. J., Ramirez, P., Muñoz, J., y Alfaro, M. C.** (2019). Development of rosemary essential oil nanoemulsions using a wheat biomass-derived surfactant. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 173, 486–492. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2018.10.024>
- Rodríguez-Rojo, S., Varona, S., Núñez, M., y Cocero, M. J. J.** (2012). Characterization of rosemary essential oil for biodegradable emulsions. *Industrial Crops and Products*, 37(1), 137–140. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.11.026>

- Rodríguez, M. R., Sánchez, C. C., Ruíz-Henestrosa, V. P., y Patino, J. M. R.** (2005). Milk and soy protein films at the air-water interface. In *Food Hydrocolloids* (Vol. 19, pp. 417–428). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2004.10.008>
- Ward, A. F. H., y Tordai, L.** (1946). Time-dependence of boundary tensions of solutions I. The role of diffusion in time-effects. *The Journal of Chemical Physics*. <https://doi.org/10.1063/1.1724167>

MATERIALES CON ESTRUCTURA PEROVSKITA PARA PILAS DE COMBUSTIBLE DE ÓXIDO SÓLIDO SIMÉTRICAS

Francisco José García García¹, José Juan Galera Rodríguez¹, José María Medianero Martín¹, Francisco José Gotor Martínez², María Jesús Sayagués de Vega²

¹ *Departamento de Ingeniería y Ciencia de los Materiales y del Transporte, Escuela Técnica Superior de Ingeniería y Escuela Politécnica Superior, Universidad de Sevilla, Sevilla, España.*

² *Instituto de Ciencia de Materiales de Sevilla (centro mixto CSIC – Universidad de Sevilla), Sevilla, España.*

E-mail de correspondencia: fgarcia49@us.es

RESUMEN

La configuración tradicional de una pila de combustible de óxido sólido (SOFC), en la que se disponen materiales diferentes para cada uno de sus componentes principales (electrolito y electrodos ánodo y cátodo) se ha visto afectada recientemente por una nueva configuración de original concepto, que reúne nuevas ventajas y retos en su investigación y desarrollo. Esta nueva configuración se conoce como pilas de combustible de óxido sólido simétricas (SSOFCs), e implica la elección de un mismo material para ambos electrodos, es decir, para el cátodo y el ánodo. En esta nueva configuración el empleo de materiales con estructura perovskita cobra especial relevancia, por cuando disponen de múltiples estados de oxidación, lo que facilita los procesos electro-catalíticos, además de proporcionar el adecuado mecanismo para la conductividad electrónica.

El presente trabajo aborda la fabricación mediante mecanoquímica de materiales prometedores para ser empleados en SSOFCs. Seguidamente, se presentan algunas de sus propiedades más características, así como las principales ventajas e inconvenientes de los mismos.

INTRODUCCIÓN

Una SOFC está compuesta de dos electrodos (ánodo y cátodo) separados por un electrolito, que es generalmente un buen conductor iónico y mal conductor electrónico. Las pilas SOFCs son muy atractivas en aplicaciones estacionarias, pues tienen una elevada eficiencia eléctrica, baja emisión de gases contaminantes, pueden operar directamente con hidrocarburos y funcionan de manera silenciosa. Sin embargo, la comercialización de estas pilas se ha visto restringida debido a la alta temperatura de funcionamiento y la inconveniencia de utilizar hidrógeno como combustible. Para bajar la temperatura de trabajo y usar combustibles como el gas natural, es imperativo fabricar nuevos y eficaces materiales en el ánodo, el cátodo y el electrolito, así como

el uso de interconectores y sellantes mejorados. Los materiales típicos usados en las pilas SOFCs convencionales son los cermets de níquel. Sin embargo, debido a la elevada actividad catalítica del Ni, en presencia de hidrocarburos se forman depósitos de carbón que reducen su rendimiento. Los electrolitos típicos empleados son YSZ y GDC, si bien YSZ y GDC poseen respectivamente baja conductividad iónica por debajo de 800 °C y baja estabilidad mecánica debida a la reducción de Ce^{4+} a Ce^{3+} . Una buena alternativa a estos materiales son los óxidos mixtos con estructura perovskita, como las manganitas, los titanatos o las dobles perovskitas (Sunarso *et al.*, 2017). La estructura perovskita ideal es cubica, con estequiometria ABO₃ (Figura 1). En la actualidad, son varios los elementos químicos que pueden acomodarse en la estructura perovskita, y dependiendo del radio iónico y naturaleza de cada catión (A,B), varían su estabilidad y funcionalidad.

Respecto al electrolito, los mejores resultados obtenidos con materiales tipo perovskita se encontraron en el galato de lantano (LaGaO₃). Dado que la mínima distorsión de la red produce la mayor movilidad para iones óxido, la introducción de Sr es la que conduce a una mayor conductividad. Además, la mejor composición es aquella que considera simultáneamente Sr y Mg en las posiciones A y B de la perovskita respectivamente, comúnmente denominada como LSGM (se sustituye un catión La^{3+} por uno Sr^{2+} y uno Ga^{3+} por uno Mg^{2+}).

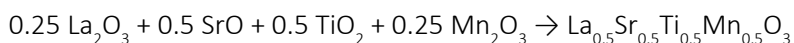
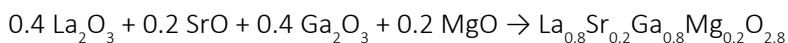
Respecto a los ánodos y cátodos, resulta particularmente interesante aquellos materiales que pueden ejercer simultáneamente como ánodo y como cátodo. Esta idea se conoce como pila de combustible de óxidos sólidos simétrica (SSOFC). Los materiales más estudiados y que en un primer momento sirven de base y partida para la obtención de electrodos simétricos son las cromitas de lantano $LaCrO_3$ y los titanatos de estroncio $SrTiO_3$. Ambas familias de materiales tienen sus ventajas y sus inconvenientes. Así, las cromitas de lantano muestran una pobre actuación en la oxidación de hidrocarburos, para lo que se las suele dopar en los sitios tipo B por Mn para promover actividad catalítica (LSCM). También sufren grandes pérdidas óhmicas en condiciones reductoras del LSCM, y para solventar este inconveniente se introduce cerio dopado con gadolinio. Por otro lado, los titanatos de estroncio poseen baja conductividad en condiciones oxidantes, por lo que se los suele encontrar dopados con elementos con conductividad tipo p, como por ejemplo el hierro.

Este trabajo aborda la fabricación de electrolito de galato de lantano dopado con estroncio y magnesio en un 20% molar ambos (LSGM). Como electrodo que pueda ejercer de ánodo y cátodo se eligió el titanato de estroncio igualmente dopado (con lantano en los átomos tipo A y con manganeso en los átomos tipo B), que

denominaremos LSTM. Se trata de aunar las propiedades del ánodo $\text{Sr}_{1-x}\text{La}_x\text{TiO}_3$ con el cátodo $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$. Esta selección se escoge considerando que ambos materiales poseen similares coeficientes de expansión térmica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se pesan proporciones estequiometrias de los óxidos correspondientes para formar 3 g de los óxidos mixtos en polvo, según las ecuaciones.



Los reactivos en polvo pesados se introducen posteriormente en un jarro de acero junto con 7 bolas de carburo de wolframio. Mediante la molienda a elevada energía (a 600 rpm durante un periodo de 90 minutos), se llevan a cabo las reacciones necesarias para formar los materiales en polvo de LSGM y LSTM respectivamente. Una vez obtenidos los óxidos mixtos de cada uno de los componentes, se usa un tamiz para separar la muestra obtenida en polvo de las bolas. A continuación, los componentes en polvo son conformados y prensados utilizando una prensa manual isostática en frío y una matriz de 13 mm de diámetro, ejerciendo una presión de 10 MPa durante 10 minutos. Antes de realizar el prensado, debe de realizarse una preparación previa del polvo, utilizando un mortero de ágata ya añadiendo alcohol polivinílico al 4% previamente a su introducción en la matriz para mejorar el compactado. Una vez obtenidas las pastillas de los distintos componentes, son sinterizadas en un horno tubular a 1400 °C durante 10 horas, con una velocidad de calentamiento y enfriamiento de 5 °C/min.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como ejemplo, se muestra el diagramas de difracción de rayos X obtenido para la muestra de composición $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{Mg}_{0.2}\text{O}_{2.8}$ (LSGM), presentado en la Figura 1. Claramente, se observa una fase pura donde todos los máximos de difracción se pueden asignar a los índices (h k l) de los planos de la estructura correspondiente al patrón de referencia 52-0022, de simetría cúbica (Grupo espacial Pm-3m) y composición $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{Ga}_{0.85}\text{Mg}_{0.15}\text{O}_{2.825}$. Este hecho indica que la conversión ha sido completa. El tamaño de los dominios cristalinos es de una decena de nanómetros. En todos los diagramas de difracción aparecen unos pequeños picos delante de los picos más intensos, marcados con un asterisco, que se denominan “spectral lines” y

que no hay que tenerlos en cuenta porque son debido al desgaste del propio tubo de producción de rayos X.

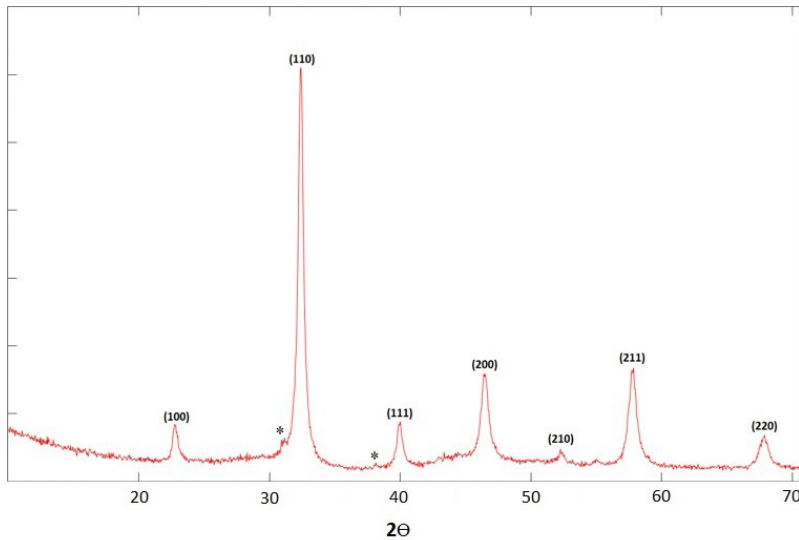


Figura 1. Diagrama de difracción de rayos-X de LSGM.

CONCLUSIONES

Se ha utilizado un procedimiento para elaborar los materiales en polvo con estructura perovskita para pilas de combustible de óxido sólido a partir de los reactivos poco usado en esta disciplina, como es la síntesis mecanoquímica. Con esta técnica se pretende, entre otros aspectos, el ahorro eficiente de energía térmica y sintetizar materiales nanoestructurados con alta homogeneidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Sunarso, J., Hashim, S. S., Zhu, N., y Zhou, W. (2017). Perovskite oxides applications in high temperature oxygen separation, solid oxide fuel cell and membrane reactor: A review. *Progress in Energy and Combustion Science*, 61, 57-77. <http://dx.doi.org/10.1016/j.pecs.2017.03.003>

FRACTURE EVALUATION OF SQUARE TRANSVERSAL SECTION SPECIMENS SUBJECTED BY TORSIONAL CYCLIC LOADS

Pavel Almaguer-Zaldivar¹, Patricia Zambrano-Robledo², José Martínez-Grave-de-Peralta³

¹ CAD/CAM Study Center, University of Holguin, Holguín, Cuba.

² Centro de Investigación e Innovación en Ingeniería Aeronáutica (CIIIA), Autonomous University of Nuevo León, Monterrey, México.

³ Applied Mechanical Department University of Holguin, Holguín, Cuba.

E-mail: pavel@uho.edu.cu

ABSTRACT

In this work, the evaluation of the growth of cracks in specimens of square cross section requested by symmetrical cyclic torsion moments was performed. The specimens were manufactured from AISI 1015. A pre-crack was machined on one side to induce the crack growth. The crack length with the increase in the number of cycles was measured by means of penetrating liquids method. An equation that relate the crack size with the number of load cycles applied to the specimen was proposed.

INTRODUCTION

The presence of fatigue cracks in the elements of machines or structures is an undesirable phenomenon. For engineers and researchers, the prediction of the remaining life of an element when a crack is detected is an issue of vital importance to take decisions about continuing the use or going to maintenance or repair.

The objective of this paper is to present an equation to relate the crack size with the number of load cycles applied to the specimens of square cross section requested by symmetric cyclic torsion. A pre-crack on one side of the cross section was machined to the specimens to induce failure.

MATERIAL AND METHODS

Rectangular section specimen to perform the symmetrical cyclic torsion tests

The specimen for carrying out the symmetrical cyclic torsion tests is shown in Figure 1a. In the center of the specimen, the pre-crack made to induce failure is observed. The material used to manufacture the specimens was AISI 1015 steel.

In Figure 1b the test piece with the different dimensions is exposed. These are:

- L_0 : Length of the specimen in the test area.
- a_0 : Initial crack length.
- t_0 : Initial crack width.
- b_{10} : Width of the face 1. It corresponds to the face in which the growth of the crack is measured.
- b_{20} : Width of the face 2. It is the perpendicular face to which the growth measurement of the crack is made. This is not represented in Figure 1b.



Figure 1. Rectangular cross section specimen to realize the cyclic torsional test. a) Pre-cracked specimen. b) Dimensions in the section where the pre-crack was machined.

Source: own elaboration.

Test machine

The tests were carried out in the torsional testing machine for fatigue tests designed and built at the University of Holguín. The characteristics of this machine were explained in Almaguer- Zaldivar *et al.* (2018). In this same work, a procedure was defined that allowed us to obtain an equation for the shape function in circular cross section specimens. The same steps defined in that investigation were followed in the present to evaluate the relation between the crack size and the number of cycles applied to the specimens of square cross section with a pre-crack in one face.

RESULTS AND DISCUSSION

In Table 2 are the number of cycles applied until the break to each of the tested specimens. The results obtained indicate that the specimens behaved according to a low cycle regime. The low number of cycles that supported the different specimens was due to the pre-cracked machined in them.

Table 2. Number of cycles applied to the different specimens.

Specimen no.	Number of cycles N
1	503
2	639
3	580

Source: own elaboration.

The crack size a_n was measured a certain number of cycles for each specimen. This was determined by non-destructive testing of penetrating liquids. Figure 2a is the measurement in the specimen 2 when 400 load cycles had been applied and the crack length was equal to 3,8 mm.

Figure 2b shows the cross section of the specimen 2. In this Figure it is seen that the crack began to develop from the initial flaw and grew until the break due to static overload occurred. All the specimens showed the typical break due to fatigue. It was observed that the crack grew according to concentric circles at the brittle break. There is presence of shear bands.



Figure 2. Tested specimens. a) Crack measurement (3,8 mm) in the specimen number 2. b) Specimen number 2 cross section failure.

Source: own elaboration.

A graph was obtained (see Figure 3) that relates the crack length with the number of cycles applied to the specimens. The slope of the curve for specimen 1 has an increase from the 300 load cycles. The corresponding to the specimens 2 to the 4, the change happened from the 400 cycles. This shows that it had a more unstable growth of the crack.

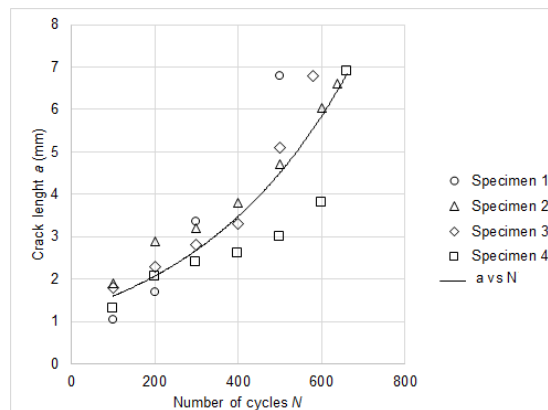


Figure 3. Relationship between the crack size and the load number of cycles in the pre-cracked specimens.

Source: own elaboration.

An equation was determined that relates the size of the crack with the load cycles applied to the specimen. In this way it was determined that there is an exponential relationship given by equation (1).

Equation 1. Calculus of the SIF.

$$a = 1,2311 * e^{0,0026N}$$

Source: Authors.

With the equation (1) is possible to predict the crack size with the number of load cycles. In this way the engineers can to decide about the maintenance of the parts.

CONCLUSIONS

The tests carried out on pre-cracked twisted specimens allow to evaluate the number of cycles that resist them until rupture. The crack in the specimens began to grow from the initial flaw, developing concentric circles with the area where the final brittle fracture occurred. An equation that relates the size of the crack with the load cycles applied to the specimen was proposed.

REFERENCES

- Alegre, J. M. Gutiérrez-Solana, F., & Aragón A.** (2004). A finite element simulation methodology of the fatigue behavior of punched and drilled plate components. *Engineering Failure Analysis*, 11(5), 737-750. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2003.10.003>
- Almaguer-Zaldivar, P.M., Martínez-Grave-de-Peralta, J.A., González-Utria, E.R., & Santiago-Cuenca, H.** (2018) Evaluación de probetas cilíndricas solicitadas a torsión cíclica simétrica. *Ingeniería Mecánica*, 21(2), 93-100. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1815-59442018000200093&lng=pt&nrm=iso
- Anderson, T. L.** (2005). *Fracture Mechanics. Fundamentals and applications* (3th ed.). Editorial CRC Press.
- Grajales, J., & Vanegas, L.** (2016). Métodos para determinar el factor de intensidad de esfuerzos. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 10(19), 70-80. <https://biblioteca.ucp.edu.co/ojs/index.php/entrecei/article/view/2799>

CFD MODELLING OF EXTREME WIND LOAD ON HIP ROOF STRUCTURES

Julio Ernesto de la Rosa Melian¹, Roberto Pérez-Rodríguez², Carlos Alberto Trinchet Varela³, Maikel Lázaro Campaña Hidalgo⁴, Roberto Andrés Estrada Cingualbres⁵, Luis Wilfredo Hernández-González⁶

^{1,2,3,5,6} *CAD/CAM Study Center, University of Holguin, Cuba.*

⁴ *División de Talleres ASERTEC, Cuba.*

E-mail de correspondencia: delarosa94@uho.edu.cu

ABSTRACT

The Cuban territory is common affected by tropical cyclones of great intensity. The strong winds of this weather event generate numerous damages in the housing sector. Among the most used typologies in the country are hip roofs, but the value selected for the slope varies significantly even between nearby houses. In this work the wind load for different slope of the roof is obtained by CFD, using an extreme wind record.

INTRODUCTION

Tropical cyclones are characterized by a great destructive force. The intense rains and strong winds that they bring in their wake cause serious damage to the population and the economy, such as damage to vulnerable structures such as houses. To date, the impact of extreme winds on structures has been studied with the aim of mitigating damage, mainly using modeling techniques in wind tunnels and numerical simulation. The latter has the advantage of a low experimental cost since it does not require great material resources to carry out the studies.

Different investigations show the advantages of using CFD to analyze wind loads on structures (Alminhana, Braun, & Loredó-Souza, 2018; Balbastro & Sonzogni, 2012; Fouad, Mahmoud, & Nasr, 2018; Yu, Wu, & Zhang, 2012). This method facilitates the study of roofs with complex geometries allowing to determine in a simple way the distribution of the wind load over the structure and its aerodynamic behavior. Another important application of CFD is in the development of aerodynamic solutions for roof design with the aim of mitigating wind load effect.

In this work an extreme wind load, acting on structures with hip roofs, is evaluated by CFD modelling. The study considered different roof slope and directions of the wind for the conditions of a Cuban open field. The results allow to identify the value of slope that mitigates the effects of the extreme wind load.

MATERIAL AND METHODS

Among the main physical parameters of the wind that must be taken into account for the simulation are atmospheric pressure and wind flow speed; those that allow modeling the properties of the boundary layer in a specific regime. The simulated wind has a speed of 82,77 m/s at a height of 10 m and the atmospheric pressure is 91 400 Pa. Figure 1 represent the extreme wind record selected for the study.

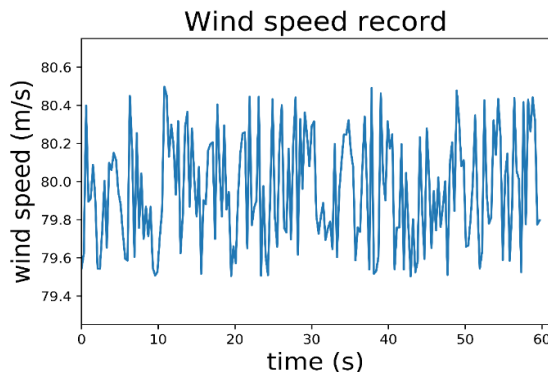


Figure 1. Wind speed record.
Source: own elaboration.

The logarithmic profile generated by equation 1 is used for the behavior of wind speed with respect to height above ground.

Equation 1. Logarithmic profile of mean wind speed.

$$U(z) = \frac{U^*}{k} \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)$$

Source: Karimpour, Kaye, and Baratian-Ghorghi (2012).

Figure 2 shows the hip roof models used for the study. All of them have the same dimensions of height, length and width but different roof slope. Also represents wind directions for simulation of the extreme regime.

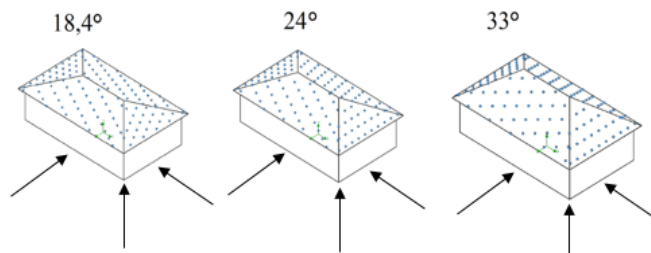


Figure 2. Hip roof models with deferment slopes and wind directions.
Source: own elaboration.

RESULTS AND DISCUSSION

With the results obtained, it can be confirming that the value of slope influences on wind load distribution over structures with hip roof (Figure 3).

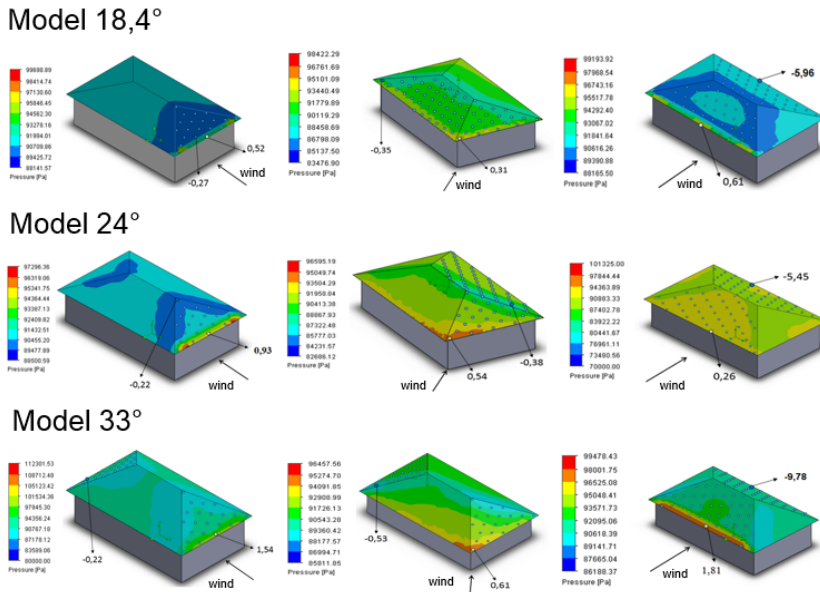


Figure 3. Wind load distribution over the roof of the models with different wind directions.
Source: own elaboration.

In this study the model with an angle of 24° mitigates the effect of extreme wind. Figure 4 shows this behavior because it is the model with minor loads of suction and pressure.

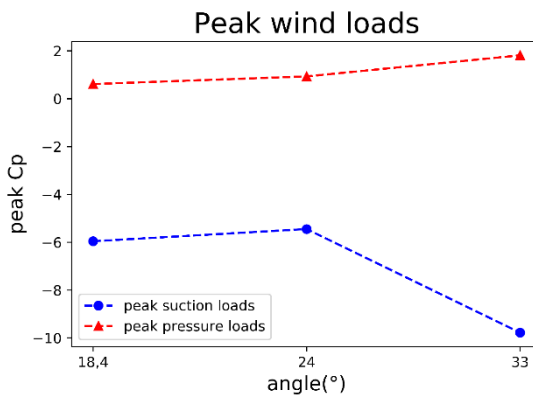


Figure 4. Peak wind loads of pressure and suction for different roof slope.
Source: own elaboration.

CONCLUSIONS

The model that better mitigates extreme wind load effect is the structure with an angle of 24°. It was possible to identify, by CFD modelling, the maximum pressure and suction loads that act on the roof due to the action of an extreme wind.

BIBLIOGRAPHIC REFERENCES

- Alminhana, G. W., Braun, A. L., & Loredó-Souza, A. M.** (2018). A numerical study on the aerodynamic performance of building cross-sections using corner modifications. *Latin American Journal of Solids and Structures*, 15(7). <https://doi.org/10.1590/1679-78254871>
- Balbastro, G. C., & Sonzogni, V. E.** (2012). Uso de CFD para estudio de presiones del viento en cubiertas curvas aisladas. *Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería*, 28(1), 49-54. <https://doi.org/10.1016/j.rimni.2011.11.003>
- Fouad, N. S., Mahmoud, G. H., & Nasr, N. E.** (2018). Comparative study of international codes wind loads and CFD results for low rise buildings. *Alexandria Engineering Journal*, 57(4), 3623-3639. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2017.11.023>
- Karimpour, A., Kaye, N. B., & Baratian-Ghorghi, Z.** (2012). Modeling the neutrally stable atmospheric boundary layer for laboratory scale studies of the built environment. *Building and Environment*, 49, 203-211. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.09.026>
- Yu, Z., Wu, H., & Zhang, P.** (2012). Research on Wind Environment and Wind Load of Low Rise Buildings Based on QSMA Technique and Feature Geometry. *Energy Procedia*, 16, 707-714. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2012.01.115>

POTENCIAL EFECTO DE NANOPARTÍCULAS Y BACTERIAS PGPR SOBRE LA GERMINACIÓN Y EL DESARROLLO TEMPRANO DE PLANTAS DE *MEDICAGO SATIVA*

Manuel Merinero de los Santos^{1,2}, Guillermo Martínez Muñoz¹, María Pérez-Aranda Redondo^{1,2}, Belén Begines Ruiz¹, María Jesús Martín Valero³, Enrique Mateos Naranjo⁴, Ignacio D. Rodríguez Llorente², Eloísa Pajuelo Domínguez², Ana Alcudia Cruz¹.

¹Facultad de Farmacia, Química Orgánica y Farmacéutica, Universidad de Sevilla, Sevilla.

²Facultad de Farmacia, Microbiología y Parasitología, Universidad de Sevilla, Sevilla.

³Facultad de Química, Química Analítica, Universidad de Sevilla, Sevilla.

⁴Facultad de Biología, Biología Vegetal y Ecología, Universidad de Sevilla, Sevilla.

E-mail de correspondencia: lolo191995@gmail.com

RESUMEN

En la actualidad podemos encontrar un gran número de fertilizantes para mejorar el crecimiento de plantas, pero en su gran mayoría son nocivos para el medio ambiente o es necesario aplicarlos en varias dosis. Se propuso para paliar estos problemas el uso de bacterias con actividad PGPR (plant growth promoting rhizobacteria), combinadas con nanopartículas. Por un lado, las bacterias PGPR tienen capacidad de fijación de nutrientes necesarios fijar nitrógeno o movilizar nutrientes necesarios para la planta y tiene la capacidad de producir hormonas de plantas, que mejorarían el crecimiento de las mismas. Por otro lado, la nanopartícula empleada lleva quelado hierro, que debería poder ceder a la planta. Para comprobar esta hipótesis se empleó la planta *Medicago sativa*, planta que se emplea como forraje para animales de campo.

INTRODUCCIÓN

La escasez de suelo cultivable es uno de los problemas que acontecen a la sociedad actual, debido principalmente a que este es un recurso no renovable (FAO, 2015). Además de esto, el incremento de la población y la contaminación de los mismos hacen que el suelo se vuelva un recurso aún más preciado y que su cuidado o mejora se convierta en una prioridad. En este estudio se tomó una doble acción para paliar estos problemas: Emplear tres bacterias con capacidades PGPR, aisladas de las marismas del Odiel de las raíces de *Spartina maritima*, para mejorar el crecimiento y biofortificar las plantas cultivadas en el suelo (Paredes-Páliz *et al.*, 2016); En concreto se utilizaron las bacterias *Bacillus aryabhatai* RSO25 y *Pantoea agglomerans* cepas RSO6 y RSO7. Por otro lado, se empleó una nanopartícula polimérica metálica, formada por PVA y Ácido tánico, cargada con hierro (FeNps), para la biofortificación. Todo este estudio fue realizado *in vitro* en placas de Petri cuadradas, con *Medicago sativa* (alfalfa) como nuestro sujeto experimental.

MATERIALES Y MÉTODOS

CMI

Se determinó la CMI de las tres bacterias seleccionadas frente a las nanopartículas metálicas para saber la máxima concentración que aquellas toleraban y poner una cantidad por debajo de ese umbral.

Síntesis de Nps

A las Nps PVA/Ta descritas por Aguilera *et al.* (2016), en el cual se sintetizaban las nanopartículas mediante la combinación, en agitación fuerte, de PVA y ácido tánico ambos previamente disueltos en agua miliQ, se le adicionó FeCl₃ anhidro sólido, cambiando la mezcla de blanco a azul verdoso oscuro.

Experimento de *Medicago sativa* en placa

El experimento principal fue realizado en placas de Petri cuadradas, que contenían agar inclinado al 0,3% y 20 semillas de *Medicago sativa* colocadas en la parte superior del agar. Un total de 8 placas, irrigados a pares al comienzo del experimento con:

- Control: Las semillas de *Medicago sativa* solo se regaron con 200 µl de agua destilada estéril.
- FeNps: Las semillas de *Medicago sativa* se regaron con 200 µl de agua destilada estéril con un 1% de una solución de FeNps.
- Bacteria: Las semillas de *Medicago sativa* se regaron con 200 µl de una suspensión en agua destilada estéril, de las bacterias de interés.
- Bacteria Nps Fe: Las semillas de *Medicago sativa* se regaron con 200 µl de una suspensión en agua destilada estéril, de las bacterias de interés, con un 1% de una solución de Nps Fe.

Las plantas se cultivaron durante 3 semanas en una cámara de cultivo de plantas con régimen de luz de 16 h de luz y 8 horas de oscuridad, entre 22°C: 18°C. Al finalizar el experimento se recolectaron las plantas y se determinaron parámetros de crecimiento tanto del tallo como de las raíces.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la CMI mostraron la imposibilidad de utilizar un porcentaje superior o igual al 2%, debido a que en dosis superiores las bacterias se encontrarían muertas, por esta razón se emplearon estas nanopartículas disueltas al 1% en agua destilada estéril en el experimento principal.

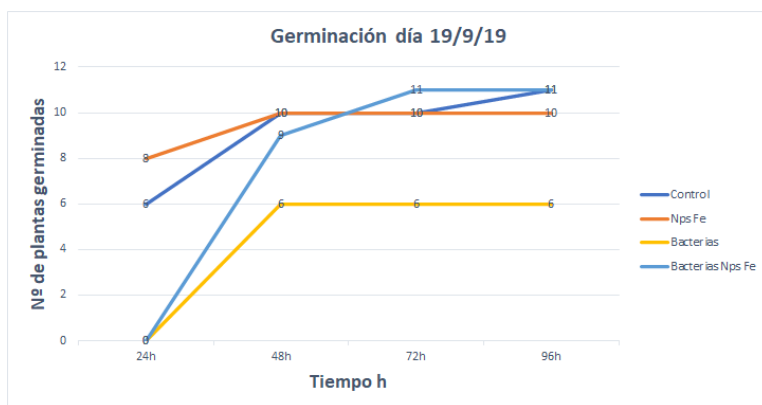


Figura 1. Germinación de las plantas de *Medicago sativa* con los diferentes tratamientos.

Fuente: elaboración propia.

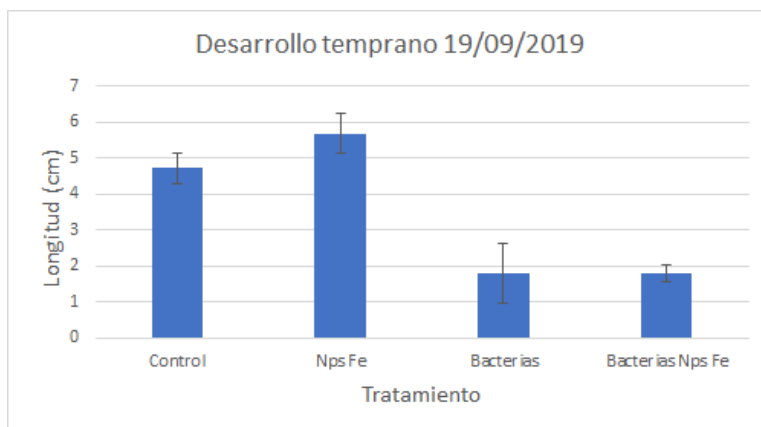


Gráfico 1. Tamaño medio de las plántulas de cada tratamiento de *Medicago sativa* el día de la recogida del experimento.

Fuente: elaboración propia.

En el experimento *in vitro* los resultados mostraron que todas las placas estaban por debajo del control en cuanto a germinación (Figura 1) y que las placas con bacterias estaban también por debajo en cuanto al tamaño de las plántulas (Gráfico 1).

CONCLUSIONES

En conclusión, el efecto por parte de los tratamientos en la germinación no es superior al control, por lo tanto, quedara descartado que en experimento futuros a mayor escala se empleen previos a la germinación. Este efecto en el caso de las bacterias se piensa que se debe a que, aunque estas tengan propiedades PGPR, la primera respuesta por parte de la planta frente a las mismas es defenderse (Van Loon, 2007), gastando energía en el proceso. En el caso de la nanopartícula, podría deberse a

que genera un ambiente hostil con una alta concentración de metales alrededor de la semilla. Sin embargo, todo indica que los componentes de la nanopartícula están causando un efecto beneficioso para la planta en cuanto a su crecimiento.

AGRADECIMIENTOS

A las personas que ayudaran a realizar este trabajo repartidas entre los departamentos de Microbiología y Parasitología 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 Adv.*, 6, 7279-7287. <https://doi.org/https://doi.org/10.1039/C5RA19405A>

FAO (2015). *International year of soil*. <http://www.fao.org/soils-2015/en/>

Paredes-Páliz, K. I., Caviedes, M. A., Doukkali, B., Mateos-Naranjo, E., Rodríguez-Llorente, I. D., y Pajuelo, E. (2016). Screening beneficial rhizobacteria from *Spartina maritima* for phytoremediation of metal polluted salt marshes: comparison of gram-positive and gram-negative strains. *Environ Sci Pollut Res Int*, 23(19), 19825-19837. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-7184-1>

Van Loon, L. C. (2007). Plant responses to plant growth-promoting rhizobacteria. *Eur J Plant Pathol* 119, 243–254. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10658-007-9165-1>

OBTENCIÓN DE UNA MATRIZ POLIMÉRICA PARA USO BIOMÉDICO POR LA TÉCNICA DE ELECTROHILADO

Eduardo Peón Avés¹, Jomarién García Couce¹, Jorge Luis Borrego Díaz¹, Nancy Bada Rivero¹, Dania Mora Vázquez², Ahmed Valdés Martínez², Yorexis González Alfaro²

¹ Dpto. de Biomateriales Cerámicos y Metálicos, Centro de Biomateriales, Universidad de La Habana, Cuba.

² Dpto. de Nanomateriales, Centro de Estudios Avanzados, Cuba.

E-mail de correspondencia: epeonaves@gmail.com

RESUMEN

El electrohilado es un método versátil para la producción de fibras continuas con diámetros desde micrómetros a nanómetros. En este estudio se prepararon fibras de quitosana/alcohol polivinílico (QS/PVA) por el método de electrohilado. Se ensayaron los parámetros fundamentales y su influencia en la obtención de fibras finas con una superficie lisa y buena homogeneidad. La morfología de las nanofibras QS/PVA se caracterizaron mediante microscopía electrónica de barrido, encontrando diámetros promedios de 294 y 169 nm. Los mejores resultados se obtuvieron a partir de la disolución de quitosana 25% (m/v) a 10 kV, 5 cm y 1 mL/h. La composición química en las membranas y posibles interacciones entre los componentes fueron estudiados por espectroscopía infrarroja observándose ligeros corrimientos en las bandas asociadas a los grupos OH. Los resultados obtenidos posibilitarán establecer los parámetros para la obtención de estructuras poliméricas en forma de fibras nanoestructuradas con potenciales aplicaciones como biomateriales asociados a la ingeniería de tejidos.

Palabras clave: Electrohilado, Nanofibras, Ingeniería de tejidos.

INTRODUCCIÓN

El electrohilado es una técnica sencilla y versátil que permite obtener estructuras bidimensionales y tridimensionales formadas por fibras poliméricas a escalas micro/nanométricas (Patil *et al.*, 2017; Zong *et al.*, 2018). La obtención de materiales mediante esta técnica ha resultado muy atractiva para diferentes aplicaciones, especialmente en el campo biomédico: en la ingeniería de tejidos, encapsulación y liberación de fármacos, vendajes para heridas, etc. (Ghosal *et al.*, 2019). En ingeniería de tejidos el diámetro submicrométrico de las matrices favorece la existencia de poros interconectados y una relación superficie/volumen elevada, favoreciendo una buena adhesión y proliferación celular. La principal ventaja del proceso de electrohilado para la encapsulación de fármacos es la ausencia de calor, que puede preservar la estructura de moléculas sensibles a la temperatura como las proteínas permitiendo

una alta eficiencia de encapsulación (Braghirolli, Steffens, y Pranke, 2014; Ghosal *et al.*, 2019).

En este estudio se prepararon fibras de quitosana/alcohol polivinílico (QS/PVA) por el método de electrohilado donde los parámetros de concentración de la disolución, composición QS/PVA, velocidad de flujo, distancia aguja-colector, entre otros, se optimizaron para obtener estructuras poliméricas en forma de fibras nanoestructuradas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se preparó una disolución de QS al 2.5 % (m/v) en ácido acético al 2% (v/v) y una de PVA al 8% (m/v) en agua. Ambas disoluciones se mezclaron en dos proporciones diferentes de PVA:QS a 80:20 y 75:25, identificándose como A y D respectivamente. Las membranas se prepararon utilizando un equipo comercial de electrohilado Fnm Electroris Labscale ES1000, en las condiciones de trabajo que se describen en la Tabla 1. El resto de los parámetros se mantuvieron constantes en todos los casos: volumen de disolución 5 mL; voltaje 10 kV; velocidad rotación 280 rpm.

Tabla 1. Condiciones de trabajo para la obtención de membranas.

Disolución	Identificación	Aguja Φ interior mm	Distancia aguja-colector cm	Flujo mL·h ⁻¹
A (80:20)	1a	0.60	10	0.5
	1b	0.60	5	0.5
	1c	0.60	5	1
D (75:25)	2a	0.60	5	1
	2c	0.84	5	1

La caracterización por FTIR se realizó tanto de los materiales de partida, así como las membranas obtenidas, en un equipo Shimadzu IR Prestige-21 con cámara de reflectancia total atenuada, en el rango de 650 a 4000 cm⁻¹ con una resolución de 4 cm⁻¹. Las caracterizaciones morfológicas de las membranas se realizaron en un microscopio FESEM TESCAN MIRA 3 LMN. El diámetro promedio de las fibras se obtuvo a partir de las imágenes de MEB seleccionadas utilizando el software de procesamiento de imágenes Image-J (National Institutes of Health (NIH)).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización espectroscópica y morfológica

La Figura 1 muestra los espectros obtenidos de los polímeros y las membranas PVA/QS obtenidas. Tanto el espectro de la QS pura como del PVA muestran sus principales bandas características bien definidas. En el espectro correspondiente a la membrana PVA/QS D2a se observan las bandas referentes a ambos polímeros de partida a 1653 y 1565 cm^{-1} pertenecientes a la QS y las de 1091 y 845 cm^{-1} correspondientes al PVA; además de otras bandas como las que aparecen en el entorno de 1419 cm^{-1} correspondiente al doblaje en el plano del enlace C-H del PVA y la QS y la banda a 1375 cm^{-1} característica de los $-\text{CH}_2$ enlazados a los OH (Zhang *et al.*, 2017).

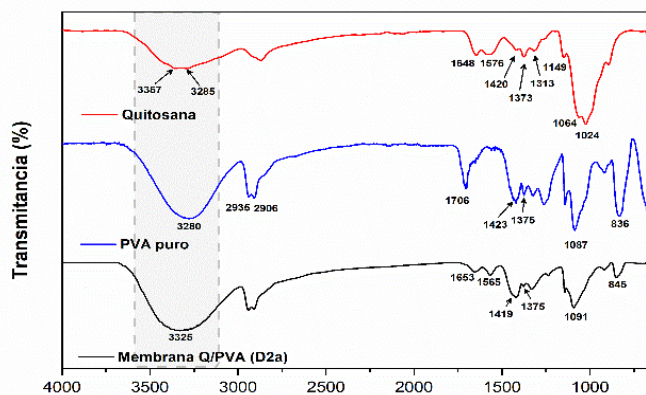


Figura 1. Espectros FTIR de QS, PVA y de las membranas obtenidas.

Es importante notar que la banda ancha entre los 3500 – 3200 cm^{-1} tiene un máximo a 3325 cm^{-1} evidenciando un desplazamiento a números de onda más altos con respecto al PVA (3280 cm^{-1}) y más bajos con respecto a la QS (3387 cm^{-1}), lo cual podría estar indicando la formación de enlaces por puente de hidrógeno intermoleculares entre las cadenas de PVA y QS (Gonçalves *et al.*, 2017).

Sobre la morfología y distribución de tamaños de las fibras electrohiladas influyen diferentes parámetros del proceso, como la concentración, velocidad de flujo, entre otros. En la Figura 2 se muestran las micrografías de las muestras preparadas; donde se aprecia que en el caso de las fibras obtenidas con la disolución PVA/QS 80:20 (Figura 2 A1a, A1b y A1c) la presencia de una amplia cantidad de perlas o gotas interconectadas a través de fibras finas. Este fenómeno ocurre cuando la concentración polimérica y la viscosidad son bajas, debido a un pobre entrelazado de las cadenas lo que genera la formación de fibras y perlas durante el proceso de

electrohilado. Sin embargo, las fibras obtenidas a partir de la disolución de PVA/QS 75:25 son lisas sin la presencia de gotas o perlas como se observa en las micrografías D2a y D2c de la Figura 2. Podemos deducir, que el incremento en un 5% de la concentración de QS permitió alcanzar la viscosidad necesaria para obtener fibras lisas y homogéneas; resultado coincidente con el alcanzado por Li y col. donde concluyeron que la incorporación del PVA favorecía el proceso de electrohilado, pero solo hasta cuando la concentración de QS alcanzaba cierto valor del total (Li y Hsieh, 2006). El tamaño promedio de las fibras obtenido por el procesamiento de imágenes fue de 294 ± 77 nm, diámetro adecuado para matrices de aplicaciones biomédicas.

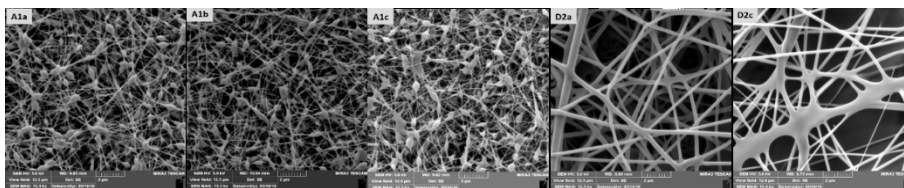


Figura 2. Micrografías de las fibras de PVA/QS: (A1) 80:20 (a, b, c), (D2) 75:25 (a, c).

CONCLUSIONES

Se logró establecer que los parámetros para obtener fibras uniformes y lisas fueron a partir de la mezcla 75:25 con una distancia de 5 cm y un flujo de 1mL/h. El cambio observado en la banda $\nu(\text{OH})$ podría estar indicando la formación de enlaces por puente de hidrógeno intermoleculares entre las cadenas de PVA y QS.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Braghirolli, D. I., Steffens, D., y Pranke, P.** (2014). Electrospinning for regenerative medicine: a review of the main topics. *Drug Discovery Today*, 19(6), 743-753. <https://doi.org/10.1016/j.drudis.2014.03.024>
- Ghosal, K., Agatemor, C., Špitálsky, Z., Thomas, S., y Kny, E.** (2019). Electrospinning tissue engineering and wound dressing scaffolds from polymer-titanium dioxide nanocomposites. *Chemical Engineering Journal*, 358, 1262-1278. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2018.10.117>
- Gonçalves, R. P., Ferreira, W. H., Gouvêa, R. F., y Andrade, C. T.** (2017). Effect of Chitosan on the Properties of Electrospun Fibers From Mixed Poly(Vinyl Alcohol)/Chitosan Solutions. *Materials Research*, 20(4), 984–993. <http://dx.doi.org/10.1590/1980-5373-MR-2016-0618>

- Li, L., y Hsieh, Y.-L.** (2006). Chitosan bicomponent nanofibers and nanoporous fibers. *Carbohydrate Research*, 341(3), 374–381. <https://doi.org/10.1016/j.carres.2005.11.028>
- Patil, J. V., Mali, S. S., Kamble, A. S., Hong, C. K., Kim, J. H., y Patil, P. S.** (2017). Electrospinning: A versatile technique for making of 1D growth of nanostructured nanofibers and its applications: An experimental approach. *Applied Surface Science*, 423, 641-674. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2017.06.116>
- Zhang, Z., Wu, Y., Wang, Z., Zhang, X., Zhao, Y., y Sun, L.** (2017). Electrospinning of Ag Nanowires/polyvinyl alcohol hybrid nanofibers for their antibacterial properties. *Materials Science and Engineering: C*, 78, 706–714. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2017.04.138>
- Zong, H., Xia, X., Liang, Y., Dai, S., Alsaedi, A., Hayat, T., Kong, F., y Pan, J. H.** (2018). Designing function-oriented artificial nanomaterials and membranes via electrospinning and electrospraying techniques. *Materials Science and Engineering: C*, 92, 1075-1091. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2017.11.007>

TOOL TO SUPPORT DECISION-MAKING UNDER MULTIPLE CRITERIA IN THE PLANNING OF SOLAR AND WIND FARMS

Luis Enrique Garcia-Marrero¹, José Arzola-Ruíz²

¹ *CAD/CAM Study Center, University of Holguin, Cuba.*

² *CEMAT, Technological University of Havana, Cuba.*

Corresponding E-mail: lgarciam@uho.edu.cu

ABSTRACT

A tool was developed in web format, which constitutes a support system for decision-making in the planning of solar-wind farms, taking into account technical, economic and environmental criteria, and integrating it with geographic information systems for estimating the model's energy components. The results obtained by the tool were validated with data from most used technologies and in locations of commissioning solar-wind farms and future projects.

INTRODUCTION

The multiple options of technologies existing today; the need to meet various criteria, namely: technical, economic, environmental, among others; the premise of achieving a projection that best suits the country's demands; add additional complexity to the decision-making process in the implementation of solar and wind farms. Being the subject of great importance, it is vital to develop tools that, linked to geographic information systems for estimating renewable energy sources in each study location, originate a complete system for energy planning.

MATERIAL AND METHODS

The multilevel scheme of the problem is shown in Figure 1. It was considered for the design of the model that:

- It is possible to use or not use the zone for the installation of solar-wind farms.
- If the zone is used, then the entire area of the zone is used.
- If the zone is used, then only one type of equipment is allowed per zone.
- As efficiency indicators were defined:
- Annual energy generated.
- Total annual costs.
- Impacted area by wind farms.
- Impacted area by solar farms.

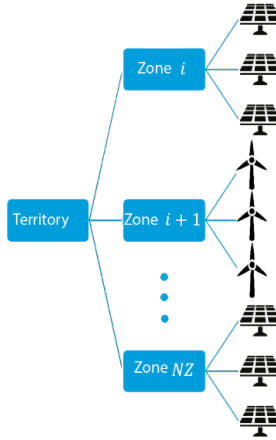


Figure 1. Multilevel scheme of the problem.
Source: own elaboration.

The detailed mathematical model was then defined:

Objective functions

Equation 1. Maximization of the energy generated annually.

$$[MAX] E = \sum_{i=1}^{NZ} \sum_{j=1}^{NS_i} ES_{ij} \cdot S_{ij} + \sum_{i=1}^{NZ} \sum_{j=1}^{NE_i} EE_{ij} \cdot E_{ij}$$

Equation 2. Minimization of total annual costs.

$$[MIN] C = \sum_{i=1}^{NZ} \sum_{j=1}^{NS_i} CS_{ij} \cdot S_{ij} + \sum_{i=1}^{NZ} \sum_{j=1}^{NE_i} CE_{ij} \cdot E_{ij}$$

Equation 3. Minimization of impacted area by solar farms.

$$[MIN] A_s = \sum_{i=1}^{NZ} \sum_{j=1}^{NS_i} A_r \cdot S_{ij}$$

Equation 4. Minimization of impacted area by Eolic farms.

$$[MIN] A_e = \sum_{i=1}^{NZ} \sum_{j=1}^{NE_i} A_r \cdot E_{ij}$$

Constraints

Equation 5. Only one type of equipment per zone restriction.

$$\sum_{j=1}^{NS_i} S_{ij} + \sum_{j=1}^{NE_i} E_{ij} \leq 1 \quad i = 1, \dots, NZ$$

Solution method

The NSGA-II algorithm was used as the solution method to the multiobjective problem generated. This algorithm has been widely used in the optimization of

renewable energy systems with excellent results (Li *et al.*, 2018; Tezer *et al.*, 2017) with the use and management of these an important indicator of development. In parallel to the developing world economy, the increase in the use of energy resources is increasingly consuming existing fossil sources and also increasing the amount of greenhouse gas released into the atmosphere. As a result of resulting material and environmental concerns, renewable energy resources have begun to be used as alternative energy resources. These resources have advantages such as sustainability and environmental friendliness, in addition to having disadvantages such as higher investment costs and also system reliability is insufficient to provide for continuous demand for energy. To resolve these disadvantages, hybrid systems have been developed involving the use of more than one type of renewable energy resource and/or use with traditional energy resources and/or integration with storage systems. The use of these systems requires finding the solution to optimization problems including one or more objectives such as sizing the system to minimize energy costs, system management to balance the uncertainty of energy produced or reduction of greenhouse gas emissions. This article was prepared with the aim of investigating optimization techniques developed from past to present to solve this problem and especially to determine the efficacy of multi-objective optimization approaches. (Li *et al.*, 2018; Tezer *et al.*, 2017).

RESULTS AND DISCUSSION

The web tool developed was validated as well as the NSGA-II algorithm implemented to solve the multi-objective problem generated. The solutions obtained were close to the true pareto front and were dispersed throughout the front. Estimates of energy production and layout of technologies obtained for each zone were also validated.

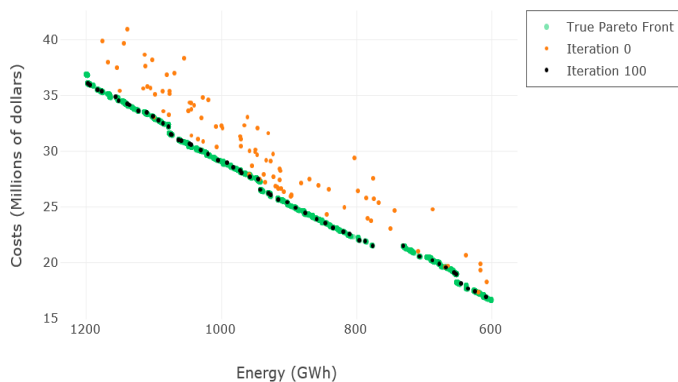


Figure 2. Convergence and distribution obtained by NSGA-II.

Source: own elaboration.



Figure 3. Layout obtained for a wind and solar farm.

Source: own elaboration.

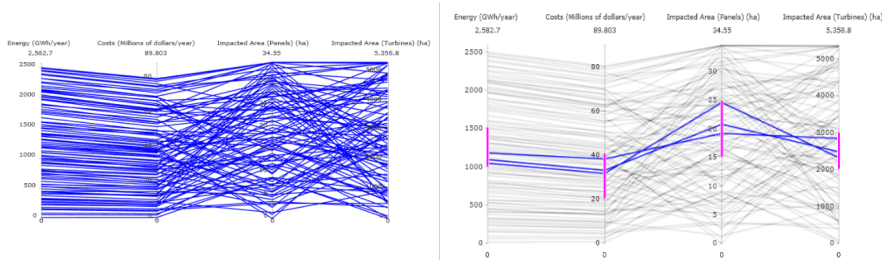


Figure 4. Parallel coordinates plot of the solutions found by the tool.

Source: own elaboration.

Figure 2 shows the good convergence and distribution obtained by the algorithm. A layout obtained by the tool for a wind farm to the left and for a solar farm to the right is showed in Figure 3. Figure 4 shows 100 solutions found by the tool. The great diversity of the solutions obtained can also be appreciated, as well as the prolongation of these along the axes, which guarantees a good representativeness of each part of the Pareto front. The generated plot also allows filtering the solutions that best suit the interests of the decision maker and exploring these in a more concise way.

CONCLUSIONS

1. A web application was developed, which constitutes a tool for the decision maker in the planning of solar and wind farms.
2. The NSGA-II algorithm was implemented and validated to achieve a good Pareto-Front approximation of the proposed multi-objective model and to ensure an adequate diversity of solutions; thus equipping the decision maker with an appropriate set of non-dominated solutions.

REFERENCES

- Li, F.-F., Qiu, J., & Wei, J.-H.** (2018). Multiobjective optimization for hydro-photovoltaic hybrid power system considering both energy generation and energy consumption. *Energy Science & Engineering*, 6(5), 362–370. <https://doi.org/10.1002/ese3.202>
- Tezer, T., Yaman, R., & Yaman, G.** (2017). Evaluation of approaches used for optimization of stand-alone hybrid renewable energy systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 73(January), 840–853. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.01.118>

MULTI-CRITERIA SELECTION OF WIND TECHNOLOGY IN THE EASTERN OF CUBA

Angel Eugenio Infante-Haynes¹, Orlando Belette-Fuentes¹, Carlos Alberto Trinchet-Varela²

¹ Mechanical Engineering Department, University of Holguín, Cuba.

² CAD/CAM Study Center, University of Holguín, Cuba.

E-mail de correspondencia: ehaynes@uho.edu.cu

ABSTRACT

This work presents a technology that systemically integrates the dimensions and criteria of sustainability, within the life-cycle of wind energy for its evaluation and decision making, through Hierarchical Process Analysis (AHP) and Promethee. Four Wind Farms in the eastern of Cuba are considered, for each one, various criteria are used, which represent indicators of sustainability, technical, economic, social, environmental, strategic, organizational and risk.

INTRODUCTION

Among all renewable energy sources, wind energy has important potential to obtain clean, affordable, safe and efficient energy in the sustainable development. In the same way, wind energy is recently one of the fastest growing, most commercially attractive and commonly used renewable energy sources for generating electricity (Şağbanşua & Balo, 2017).

In addition, Gonçalves-Júnior *et al.* (2020) presents the most promising regions of the State of Rio de Janeiro for the implementation of wind farms for electricity generation. As an analysis tool, the Analytic Hierarchy Process (AHP) was used, due to its practicality, to assist in the state's wind power atlas regions evaluation, identifying generating farms installation feasibility based on logistical, technical and economic aspects. Three suitable regions for wind farms installation were evaluated according to the following criteria: potential for generation, land cost, interconnection cost to the grid, implementing zones e terrain-landform logistics.

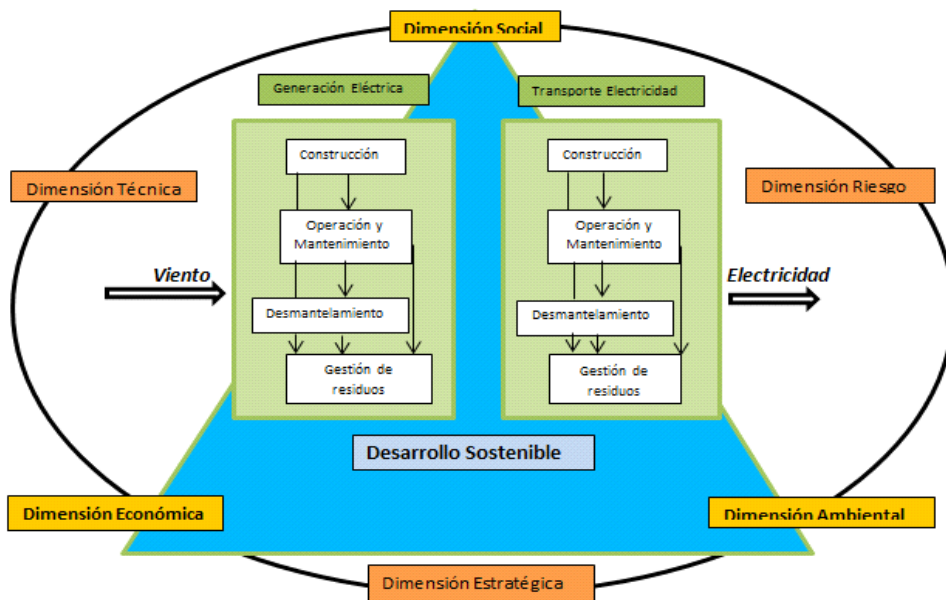
Besides, Abdel-Basset *et al.* (2020) propose a new hybrid methodology for the selection of offshore wind power station location combining the Analytical Hierarchy Process (AHP) and Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations (PROMETHEE)-II methods in the neutrosophic environment. First, a comprehensive index system is constructed of OWPS site selection, consisting of evaluation criteria. Then, the neutrosophic set is utilized in the specialist committee decision to express incomplete information. Furthermore, by gathering opinions of specialists, we take into consideration the interaction problem. Through the development of the hybrid

method, this research presents rigorous methodological support for site selection in order to achieve benefits in coastal management. The proposed methodology for OWPS site selection is validated through the use of a case study from Egypt.

The objective of this work is to present a technology that systemically integrates the dimensions and sustainability criteria, within the life-cycle of wind energy for its evaluation and decision making, through Hierarchical Process Analysis (AHP) and Promethee.

MATERIAL AND METHODS

Figure 1 shows the model of the life cycle of wind energy and its different dimensions. The results of the sustainability analysis within the life-cycle of wind energy (Multi-objective and multi-criteria modeling of sustainability in the life cycle of wind energy), at the conceptual model is showed in Figure 2. This result will be processed by the computer tools, declared later.



Modelo del ciclo de vida de la energía eólica y su diferentes dimensiones.

Figure 1. Model of the life cycle of wind energy and its different dimensions.

Source: own elaboration.

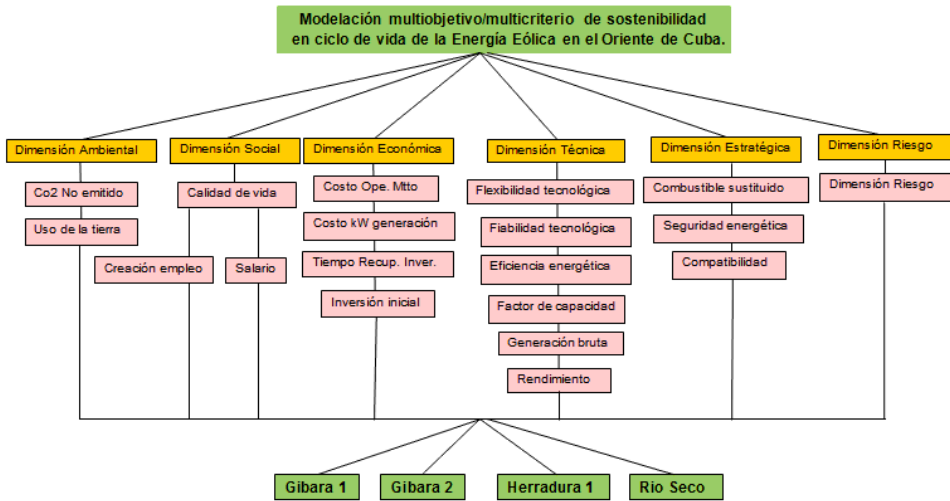


Figure 2. Multi-objective and multi-criteria modeling of sustainability in the life cycle of wind energy, in eastern Cuba.

Source: own elaboration.

RESULTS AND DISCUSSION

With the Expert Choice software application, the following weights of the dimensions were obtained, reflected in Figure 3, where it can be seen that the decision maker gives more importance to the environmental dimensions, than to the economic and strategic ones.



Figure 3. Expert Choice software application.

Source: own elaboration.

Subsequently, having found the weights of the dimensions, we proceeded to find the weights of each alternative, which is shown in Figure 4, where it can be seen that the best alternative is Rio Seco, since it is the one that reached the greatest weight, followed by Herradura 1, and finally Gibara 1 and Gibara 2. Likewise, the inconsistency index is 0,09, less than 0,10, so the result is also considered acceptable.

Synthesis with respect to: Goal: Modelación multiobjetivo/multicriterio de sostenibilidad en el ciclo de vida de la Energía Eólica en el Oriente de Cuba

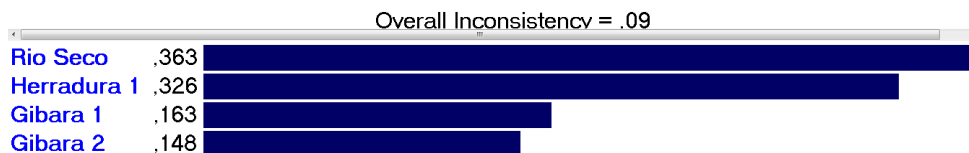


Figure 4. Expert Choice software application to find the weights of the dimensions.
Source: own elaboration.

CONCLUSIONS

A technology was developed that systemically integrates the dimensions and criteria of sustainability, within the life-cycle of wind energy, for its evaluation and decision making, through Hierarchical Process Analysis (AHP) and Promethee. This technology can be generalized in the selection of new processes, resources in the scientific and business environment.

A hierarchical conceptual model was obtained, with the technical, economic, environmental, social, organizational strategic dimensions and the risk dimension, to systematically evaluate the alternatives and sustainability criteria in the life cycle of wind energy. A selection of the wind project to be developed in the eastern territory was achieved, with the aim of directing human, material and financial resources according to its development.

REFERENCES

Abdel-Basset, M., Gamal, A., Chakraborty, R. K., & Ryan, M. (2020). A New Hybrid Multi-Criteria Decision-Making Approach for Location Selection of Sustainable Offshore Wind Energy Stations: A Case Study. *Journal of Cleaner Production, Journal Pre-proof*, 51. <https://www.doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124462>

Gonçalves-Júnior, E. R., Rangel, I. C., Tavares, A. R. T., Figueira-Júnior, E. G., Erthal-Junior, M., & Souza, C. L. M. (2020). Multi-criteria assessment of potential regions for wind power generation in the State of Rio de Janeiro. *Gestão & Produção*, 27(3), e4747. <https://doi.org/10.1590/0104-530X4747-20>

Şağbanşua, L., & Balo, F. (2017). Multi-criteria decision making for 1.5 MW wind turbine selection. *Procedia Computer Science*, (111), 413-419. <https://www.doi.org/10.1016/j.procs.2017.06.042>

ALGORITMOS EVOLUTIVOS IMPLEMENTADOS EN ROBÓTICA

Daniel Fernández Valderrama¹, Samuel Domínguez Cid¹, Javier Antonio Guerra Coronado¹, Diego Francisco Larios Marín¹, Alejandro Gallardo Soto¹, Félix Biscarri Triviño¹

¹ *Departamento de Tecnología Electrónica, Escuela Politécnica Superior, Universidad de Sevilla.*

E-mail de correspondencia: dfvalderrama@us.es

RESUMEN

En este trabajo se presenta la programación de un algoritmo evolutivo realizado en el lenguaje C++ para la resolución de distintos problemas en los que se busca escoger los mejores valores para un conjunto de variables definidas de un problema. La idea principal consiste en que estas variables estarán contenidas en un vector para cada individuo que tengamos, llamado cromosoma. El programa comenzará inicializando estos vectores de forma que comience una simulación y se mida cómo de bueno es ese individuo a partir de una métrica definida que variará en función del tipo de problema que tengamos. Estos mejores individuos serán seleccionados para la generación de la siguiente población, generados por cruce y mutación de los padres, los mejores de la anterior generación. Este proceso se repetirá hasta llegar a un resultado que consideremos óptimo o en su defecto hasta que el programa finalice después de simular un cierto número de generaciones. Como prueba de concepto, esta metodología se ha implementado en el aprendizaje de un robot cuadrúpedo para caminar en el entorno Webots.

INTRODUCCIÓN

La gran mayoría de ramas de la ciencia tiene que lidiar con problemas de optimización, existiendo diversa metodología para abordarlos. Sin embargo, suelen presentar algunas trabas cuando se refiere a aplicarse a problemas del mundo real. En estos casos, se suele recurrir a aproximaciones que por lo general simplifican el problema, como puede ser la aproximación de problemas no lineales a lineales, que, aunque funcione bien a nivel local, no es aplicable al espacio de todo el problema.

En los últimos años la inteligencia artificial ha intentado asimilar distintos procedimientos utilizados por la naturaleza para resolver este tipo de problemas, como son el aprendizaje, la evolución o la adaptación. A partir de estas ideas, surge la rama basada en la evolución biológica llamada “Algoritmos Genéticos” (Zhang *et al.*, 2021).

DESARROLLO DEL ALGORITMO

El programa comienza con la inicialización de los parámetros de nuestro conjunto de individuos, de nuestra población. Un individuo o cromosoma, consiste simplemente en el conjunto de variables que posee el problema. Estas variables estarán contenidas en un vector para una cómoda manipulación. Seguidamente, se evalúa cómo de buenos son en función de una *fitness* o función objetivo. Esta función objetivo establecerá el método de búsqueda de nuestro algoritmo. En este caso, como queremos que el prototipo aprenda a caminar, la función *fitness* será simplemente la distancia recorrida de cada individuo.

Una vez evaluada la *fitness*, escogemos los dos individuos que mejor “puntuación” hayan alcanzado, es decir, los que han recorrido mayor distancia. Y a partir de estos, creamos la siguiente población.

Las principales funciones evolutivas para la generación de nuevos individuos son la mutación y el cruce. Por lo tanto, son estas las implementadas en nuestro programa.

Mutación

Teniendo como parámetro de entrada el cromosoma a mutar, se escoge en primer lugar el último valor del cromosoma, el cual es la varianza del ruido Gaussiano para las modificaciones. A este valor, se le realiza una modificación entre unos valores predeterminados. Y con este nuevo, se realiza a cada uno de los restantes parámetros una alteración con forma de campana de Gauss a partir de la fórmula de Box Muller (Ross, 1999).

Cruce

Esta función recibe los dos individuos a cruzar, de tal forma, que genera un número aleatorio entre cero y el número de variables que posee el cromosoma. De esta forma, se establece el intercambio de información para generar los nuevos individuos.

Condiciones para finalizar

El algoritmo itera continuamente para generar nuevos individuos y evaluarlos, hasta que finaliza por dos posibles motivos. El primero, considerar una solución como suficientemente buena, es decir, llegar a un valor objetivo preestablecido para finalizar el programa. En segundo lugar, y pueden ser complementarios, el algoritmo finaliza tras cumplir un número de épocas preestablecido (Zhou *et al.*, 2021).

IMPLEMENTACIÓN

Para la simulación de nuestro caso particular, en el cuál queremos que un robot cuadrúpedo aprenda a caminar, hemos realizado un prototipo mediante una estructura de cápsulas en el entorno Webots (Cyberbotics Ltd., s.f.). Se compone de cuatro eslabones para conformar la columna y otras cuatro más alargadas en cada extremo que nos servirán de patas.

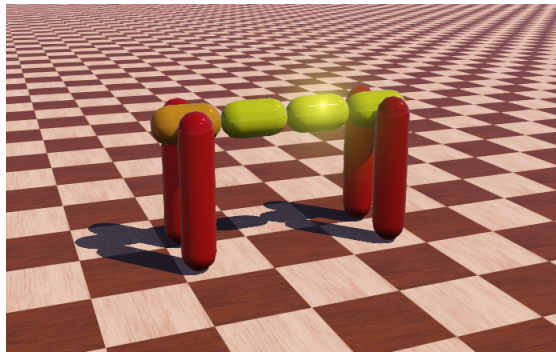


Figura 1. Prototipo.

Fuente: Imagen tomada del entorno Webots.

El movimiento de las patas estará asociado conjuntamente para las patas traseras y para las delanteras, tratándose de un movimiento senoidal; con amplitud fase y frecuencia, y posiciones máxima y mínima. Por lo cual, las variables quedan con cinco elementos para las patas delanteras y otros cinco para las traseras. Obteniéndose un cromosoma total de diez variables.

Como población se han establecido diez individuos, con 20 segundos de simulación para cada época, siendo el tiempo en el cual van a competir los individuos. Haciendo que el programa finalice tras 180 épocas, nos queda un entrenamiento total de una hora.

RESULTADOS

Para concluir, los resultados obtenidos en el estudio han resultado congruente, llegando a la convergencia en nuestro problema. En la gráfica se puede observar cómo evoluciona la *fitness* de los dos mejores individuos a medida que se va entrenando la simulación. Esta *fitness* por tanto pertenece siempre al mejor de los individuos, y permanece constante ya que si no hay un individuo mejor, mantendremos al anterior para asegurarnos que el predecesor es un buen candidato para la generación de nuevos individuos. Los individuos llegan a recorrer 9 metros en los 20 segundos establecidos en una época a lo largo del entrenamiento.

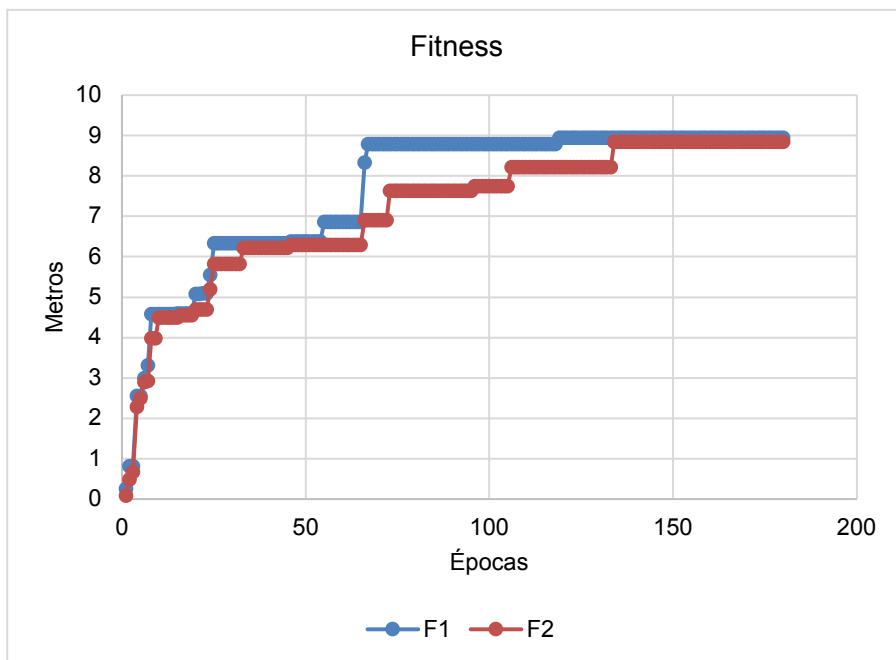


Figura 2. Evolución Fitness.

Fuente: elaboración propia a partir de la simulación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cyberbotics Ltd. (s.f.). *Webots: robot simulator*. (último acceso: 26 de noviembre de 2020). <https://cyberbotics.com/>

Ross, S. M. (1999). *Simulación* (2ª ed.). Prentice Hall. pp. 72-75.

Zhang, H., Wang, Z., Chen, W., Heidari, A. A., Wang, M., Zhao, X., Liang, G., Chen, H., & Zhang, X. (2021). Ensemble mutation-driven salp swarm algorithm with restart mechanism: Framework and fundamental analysis. *Expert Systems with Applications*, 165, 113897. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.113897>

Zhou, Y., Zhang, W., Kang, J., Zhang, X., & Wang, X. (2021). A problem-specific non-dominated sorting genetic algorithm for supervised feature selection. *Information Sciences*, 547, 841-859. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2020.08.083>

DESAGREGACIÓN DE LA DEMANDA USANDO NON INTRUSIVE LOAD MONITORING TOOLKIT (NILMTK)

Andrés Arias¹, Enrique Personal^{1,2} y Antonio Parejo^{1,2}

¹ Escuela Politécnica Superior, Universidad de Sevilla, Sevilla.

² {epersonal, aparejo}@us.es

E-mail de correspondencia: andarisil@alum.us.es

RESUMEN

La desagregación no intrusiva de la demanda (o Non-Intrusive Load Monitoring, NILM) es una técnica computacional para la estimación del consumo individual de diversos dispositivos utilizando la lectura agregada de un solo medidor de energía (Smart Meter, SM). Este concepto ha tomado relevancia en los últimos años en el ámbito de las Smart Grids, al aportar una estimación de los hábitos de consumo de los clientes sin la necesidad de un despliegue masivo de instrumentación. Este trabajo aborda esta temática a través del uso práctico de una herramienta denominada NILM Toolkit (NILMTK) y la implementación de un nuevo dataset público con datos de energía del Aula 2.2 Bis de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Sevilla.

INTRODUCCIÓN

Desde el año 2010, el número de publicaciones científicas referentes a la desagregación no intrusiva de la demanda se ha incrementado exponencialmente. Este interés se encuentra asociado directamente a los beneficios de esta técnica en el marco de las redes inteligentes de energía. Dentro de estas las aplicaciones, está la posibilidad de generar facturas de electricidad que muestren en detalle el consumo de los electrodomésticos utilizando solamente las lecturas de un SM (Figura 1).

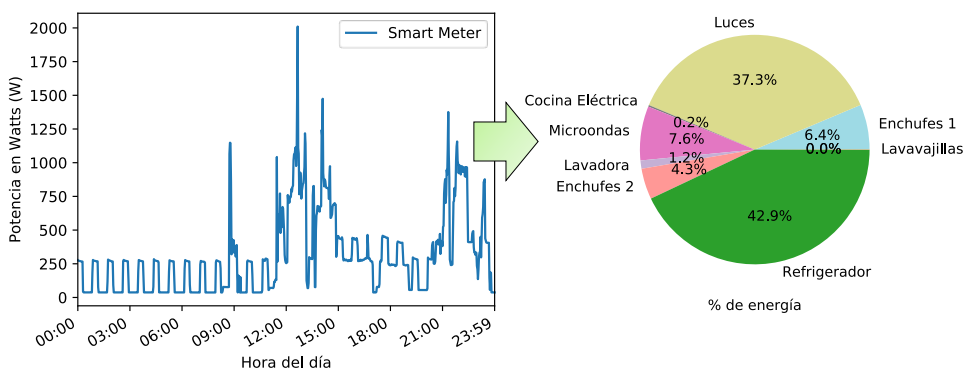


Figura 1. Ejemplo de desagregación de la demanda mediante un Smart Meter.

Fuente: elaboración propia.

Asimismo, existen aplicaciones de Energy Management System (EMS) en conjunto con NILM, las cuales pueden ser compatible con los programas de respuesta a la demanda o Demand Response (DR) de las compañías de electricidad. Por otro lado, algunos plantean la posibilidad de usar NILM para detectar averías en los dispositivos cuando se presenta un comportamiento anómalo en las mediciones desagregadas.

Es así como NILM se presenta como una valiosa herramienta para reducir el consumo de energía, tanto así que algunos afirman que es el “santo grial de la eficiencia energética”.

METODOLOGÍA E IMPLEMENTACIÓN

En este trabajo, un caso real de aplicación representa una problemática a resolver en el ámbito de la desagregación de la demanda a la cual se puede dar solución con la herramienta NILMTK. Para ello es importante definir una metodología en particular dado que NILMTK es mayormente usada en investigación para la comparación de algoritmos y particularmente no contempla un uso diferente a este. La metodología implementada utiliza el pipeline de NILMTK y se ha dividido en seis etapas: Nuevo Dataset, Análisis, Preprocesamiento, Entrenamiento, Validación y Desagregación (Figura 2).

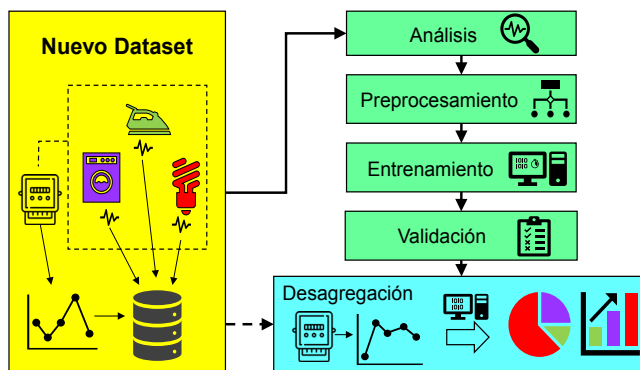


Figura 2. Esquema de la metodología de trabajo propuesta.

Fuente: elaboración propia.

El sistema eléctrico del Aula 2.2 Bis (Figura 3a) permite la adquisición y almacenamiento de variables eléctricas agregadas y desagregadas. Estos datos fueron recolectados entre el 24 de febrero y el 6 de marzo de 2020. Esto permite la creación de un nuevo dataset denominado Dataset de la Escuela Politécnica Superior (DEPS) el cual es analizado usando las funciones de NILMTK lo que permite, por ejemplo, visualizar los datos de potencia en un determinado periodo (Figura 3b) u obtener estadísticas de energía del dataset.

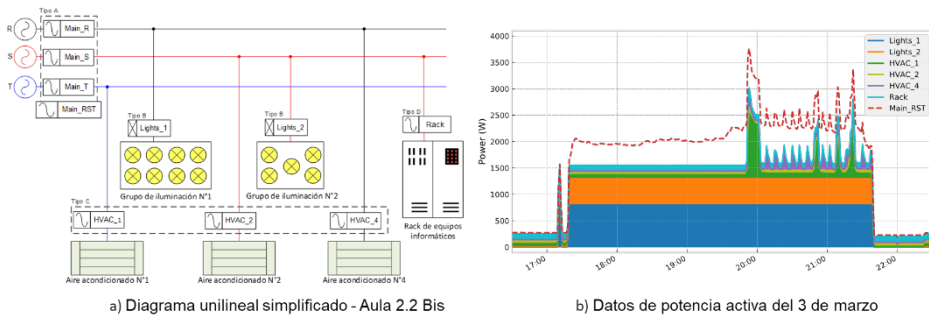


Figura 3. Diagrama unilineal del sistema y datos de potencia activa.

Fuente: elaboración propia.

Posteriormente, en la etapa de preprocesamiento se toman decisiones en línea con los análisis realizados, con el objetivo de preparar correctamente los datos para del entrenamiento de los modelos de desagregación. Básicamente, el entrenamiento de un modelo consiste en enseñarle a reconocer por separado las características de los dispositivos para luego identificarlos dentro de una señal agregada. El entrenamiento contempla el uso de los algoritmos Combinatorial Optimization (CO) y Factorial Hidden Markov Model (FHMM).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los modelos entrenados permiten la generación de 42 escenarios de desagregación considerando 2 algoritmos, 3 técnicas de muestreo (primer dato, promedio y mediana) y 7 periodos de muestreo distintos: 10s, 30s, 60s, 5min, 10min, 15min y 30min. Estos escenarios son comparados mediante el uso de métricas ampliamente utilizadas en NILM, lo que permite evaluar su desempeño y determinar cuál de ellos se adapta a las necesidades del problema estudiado.

Los resultados muestran una superioridad del algoritmo FHMM sobre CO en la mayoría de las instancias, especialmente para los escenarios de 10 o más minutos. Desde el punto de vista de la adquisición de datos para la desagregación, se busca optimizar los recursos por lo que una tasa de muestreo baja es atractiva para una implementación. Dado esto y en vista de los buenos resultados obtenidos, se propone la elección del modelo FHMM entrenado con datos de potencia correspondientes a la mediana cada 30 minutos. Finalmente, este modelo es implementado sobre un set de pruebas mostrando los resultados de la desagregación del Aula en un panel interactivo el cual es implementado en una página web.

CONCLUSIONES

La desagregación de la demanda se presenta como una técnica innovadora capaz de dar solución, o al menos brindar ayuda para resolver el problema de la eficiencia energética. En este sentido, los avances de la comunidad académica y del sector industrial apuntan en desarrollar nuevos algoritmos y métodos de implementación para el avance y desarrollo de esta técnica.

La metodología propuesta en este trabajo permitió utilizar la mayoría de las funcionalidades de NILMK e integrar características adicionales gracias a que se la herramienta se encuentra programada en Python.

Una de las etapas más importantes del proceso es el análisis del dataset, ya que en ella se concentra gran parte del esfuerzo en determinar qué datos serán utilizados para el entrenamiento de modelos y posterior desagregación.

REPOSITORIO

Todo el desarrollo e implementación de código de programación de este trabajo se encuentra en el siguiente repositorio de GitHub:

https://ariassilva.github.io/DEPS_NILM_Dataset/

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Batra, N., Kelly, J., Parson, O., Dutta, H., Knottenbelt, W., Rogers, A., Singh, A., & Srivastava, M.** (2014). NILMTK: an open source toolkit for non-intrusive load monitoring. En *5th International Conference on Future Energy Systems (ACM e-Energy)*, 265–276. <https://doi.org/10.1145/2602044.2602051>
- Hart, G. W.** (1992). Nonintrusive appliance load monitoring. *Proceedings of the IEEE*, 80(12), 1870-1891. <https://doi.org/10.1109/5.192069>
- Zoha, A. Gluhak, A., Imran, M. A., & Rajasegarar, S.** (2012). Non-Intrusive Load Monitoring Approaches for Disaggregated Energy Sensing: A Survey. *Sensors - Open Access Journal*, 12(12), 16838-16866. <https://doi.org/10.3390/s121216838>

IMPACTO DEL CORONAVIRUS DESDE EL PUNTO DE VISTA ELÉCTRICO

Sebastián García, Antonio Parejo, Enrique Personal, Juan Ignacio Guerrero, Félix Biscarri y Carlos León

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

E-mail de correspondencia: sgarcia15@us.es

RESUMEN

La pandemia de COVID-19 ha causado problemas en todo el mundo. Para controlar la propagación del virus, algunos gobiernos han impuesto restricciones a la movilidad de sus ciudadanos. El efecto de estas acciones no solo se ha visto reflejado en datos epidemiológicos, sino también en el comportamiento de la población y, por lo tanto, en los sectores productivos. Uno de estos sectores es el consumo de energía. En este sentido, este trabajo estudia el impacto que la pandemia de COVID-19 ha tenido en el consumo de energía, utilizando los datos de los Contadores Inteligentes (Smart Meters) de la red de distribución en baja tensión. Este enfoque tiene la ventaja de que no sólo es capaz de hacer evaluaciones a nivel agregado, sino que también puede obtener el impacto en grupos más pequeños a nivel de clientes y sectores concretos. Los resultados muestran un aumento del consumo de energía en los clientes residenciales en contraste con una notable reducción en los clientes no residenciales. En el caso de los clientes no residenciales, se han encontrado diferentes pautas de consumo durante la pandemia. Estas pautas de consumo están muy correlacionadas con las restricciones impuestas para controlar la propagación de la pandemia.

INTRODUCCIÓN

La rápida propagación del SARS-Cov-2 (que causa la COVID-19) ha hecho que todo el mundo haya tenido que tomar medidas para detener su avance. Las restricciones de movilidad y los confinamientos han tenido lugar en numerosos países de todo el mundo, primero en Asia y después en Europa y América. Estas medidas han tenido un impacto importante, no sólo en los datos epidemiológicos, sino también en los comportamientos y las economías de las sociedades de estos países. Este impacto se ha reflejado en el consumo de energía eléctrica.

Un sector en el que el COVID-19 ha tenido un impacto importante es el consumo de energía eléctrica. Se han publicado algunos trabajos que evalúan este impacto (Abu-Rayash y Dincer, 2020; Bahmanyar, Estebarsari, y Ernst, 2020; Ghiani et al., 2020)

economic, environmental, technological and energy-related changes. The overall electricity demand of the province for the month of April of this year amidst pandemic conditions declined by 14%, totaling 1267 GW. A unique trend of reciprocating energy demand exists throughout the week. The post-COVID-19 indicates higher energy demand in the earlier part of the week and a lower demand in the latter part of the week. Pre-pandemic, the days of highest electricity demand were in the latter part of the work week (Wed-Fri, obteniendo como resultado una notable reducción en el consumo de energía).

Está claro que el COVID-19 ha tenido un impacto en el consumo de energía, pero este impacto, hasta ahora, solo ha sido evaluado a nivel agregado. En este contexto, el presente trabajo estudia el impacto en estratos inferiores de la red: la distribución de energía eléctrica en baja tensión. Con este enfoque, el impacto puede evaluarse con más detalle, obteniendo cómo la pandemia de COVID-19 está afectando a grupos específicos de consumidores.

INFRAESTRUCTURA AVANZADA DE MEDIDA

Tradicionalmente, la distribución en baja tensión, en contraste con la distribución en media y el transporte, ha tenido un bajo nivel de instrumentación. Sin embargo, en los últimos años, gracias al despliegue de la red de telegestión (smart meters) en baja tensión, la red de distribución secundaria ha aumentado notablemente su monitorización (Yildiz et al., 2017). En este sentido, el análisis del enorme volumen de datos generados por los smart meters está ayudando en el diseño de una red eléctrica más segura, mejor y más eficaz (Moharm, 2019).

Con esta infraestructura y los datos que está generando, se puede evaluar el impacto de COVID-19 sobre la red de distribución en baja tensión a nivel de cliente.

Gracias a la colaboración con Medina Garvey, una distribuidora de eléctrica de Andalucía (España), se tiene acceso a su red de telegestión. En concreto, se han usado los datos de Manzanilla (Huelva, España) para evaluar cómo ha afectado el COVID-19 a los clientes de baja tensión durante el confinamiento de los meses de marzo a mayo, así como en las sucesivas restricciones durante la desescalada.

EVALUACIÓN DEL IMPACTO

En primer lugar, es importante repasar algunas fechas relevantes en el curso de la pandemia en España. El 14 de marzo, con el aumento exponencial de los casos, se declaró el estado de alarma, confinando a la población en sus casas y cerrando

negocios no esenciales. Cuando el número de casos disminuyó, el 11 de mayo se suavizó el confinamiento, permitiendo que los negocios abrieran gradualmente y también permitiendo la movilidad de la población (también gradualmente). El 21 de junio se eliminaron todas las restricciones. Por tanto, podemos encontrar cuatro etapas: un estado previo al estado de alarma, un periodo de confinamiento estricto, un periodo de confinamiento suave y reapertura de la economía (por fases) y un periodo final de en el que se levantaron todas las restricciones.

La Figura 1 muestra el consumo de energía agregado de todos los smart meters de Manzanilla. Los colores de fondo reflejan las etapas descritas anteriormente. El fondo verde refleja los períodos sin restricciones, el fondo rojo refleja el confinamiento estricto y el amarillo refleja el periodo de confinamiento suave y reapertura de la economía por fases. Este modelo de colores se utilizará durante todo el artículo. La línea negra representa el consumo durante el año 2020, mientras que la línea roja representa el consumo promedio durante los dos años anteriores en el mismo período.

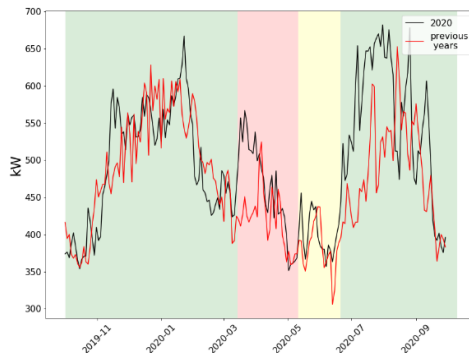


Figura 1. Comparativa entre el consumo agregado en 2020 y años anteriores para el pueblo de Manzanilla.

Fuente: elaboración propia.

Viendo el consumo agregado se puede apreciar una cierta estacionalidad a lo largo del año, teniendo mayores consumos durante invierno y verano y menores durante primavera y otoño. Sin embargo, durante el período de confinamiento estricto (franja roja) se observa un notable incremento del consumo en comparación con el consumo medio de los años anteriores en el mismo período.

Comparativa entre consumo residencial y no residencial

Gracias al CNAE (clasificación europea de actividades económicas) asociado a cada smart meter, los consumos residenciales y no residenciales pueden ser evaluados

por separado. La Figura 2 a) muestra el consumo agregado del sector residencial mientras que la Figura 2 b) muestra el consumo agregado del sector no residencial.

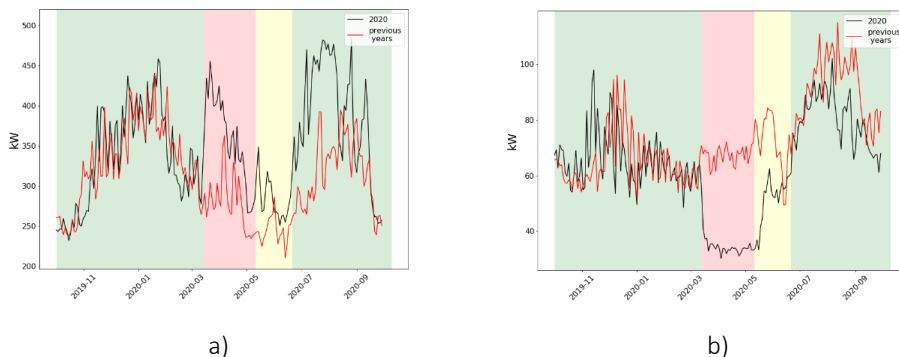


Figura 2. Comparativa entre el consumo agregado en 2020 y años anteriores por sectores; a) sector residencial, b) sector no residencial.

Fuente: elaboración propia.

De estas Figuras se puede ver que el patrón de comportamiento del sector residencial es bastante similar al comportamiento del consumo agregado del pueblo. Esto puede explicarse por el hecho de que sólo un 7% de los smart meters están asociados a clientes no residenciales. Por tanto, el consumo agregado del pueblo está sesgado por los clientes residenciales.

El perfil de consumo de los clientes no residenciales muestra una notable disminución del consumo durante el período de cierre estricto. Este comportamiento del sector no residencial es consistente con las restricciones impuestas para controlar la propagación del virus ya que la mayoría de los negocios tuvieron que permanecer cerrados durante este período

Impacto a nivel de Centro de Transformación

El impacto de la pandemia de COVID-19 también se puede observar a nivel de CT. Como ejemplo, se han seleccionado dos de los trece CTs de Manzanilla. Concretamente, se han seleccionado los que mayor (CT1) y menor porcentaje de clientes no residenciales (CT2) tienen. La Figura 3 a) muestra el consumo en la subestación con mayor porcentaje de clientes no residenciales (22%). La Figura 3 b) muestra el consumo con el menor porcentaje de clientes no residenciales (4%).

El CT2 tiene un comportamiento similar al de los clientes residenciales. Sin embargo, el CT1 parece tener el mismo comportamiento que en años anteriores. Esto se debe a que el aumento del consumo en las cargas residenciales se compensa con la reducción de las cargas no residenciales.

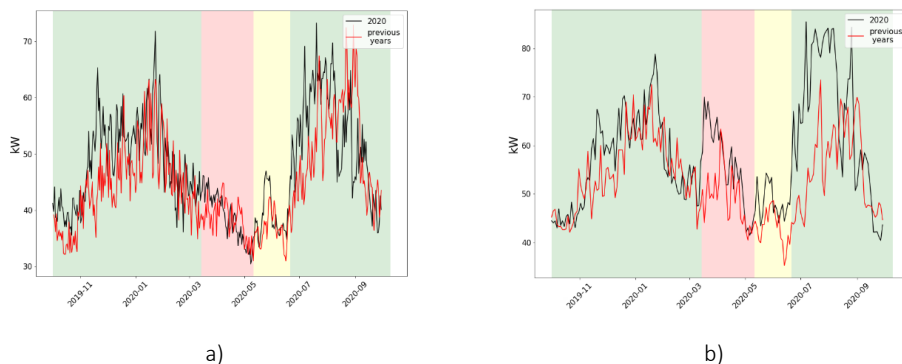


Figura 3. Comparativa entre el CT con mayor porcentaje de consumo no residencial y menor; a) CT1 (22% no residencial), b) CT2 (4% no residencial).

Fuente: elaboración propia.

Comportamiento de clientes no residenciales

Una de las ventajas del incremento en la instrumentación en la red de baja tensión, es que puede alcanzar un alto nivel de desagregación. En este sentido, es curioso cómo los clientes no residenciales se han comportado de manera diferente durante la pandemia. Como ejemplo, se muestran tres clientes: CUST1, CUST2 y CUST3 en la Figura 4.

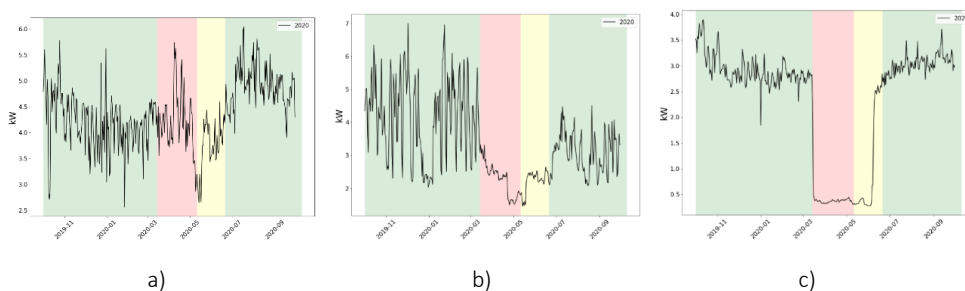


Figura 4. Ejemplo de tres patrones de consumo.

Fuente: elaboración propia.

Se pueden observar tres patrones de consumo distintos. En primer lugar, CUST1 ha mantenido (prácticamente) su consumo. En segundo lugar, CUST2 ha reducido considerablemente su consumo y no se ha recuperado completamente tras el levantamiento de las restricciones. Finalmente, CUST3 ha reducido drásticamente su consumo al principio del bloqueo, pero se ha recuperado a su nivel anterior durante el levantamiento de las restricciones.

CONCLUSIONES

La pandemia de COVID-19 ha tenido un impacto considerable sobre el consumo de energía. Este impacto se puede ver claramente en la red de distribución en baja tensión.

En este trabajo se ha estudiado cómo las restricciones impuestas para controlar la propagación del virus se han visto reflejadas en los sistemas de telegestión de Manzanilla, Andalucía (España). Los resultados muestran cómo los efectos sobre cada tipo de cliente son diferentes.

Se ha hecho un análisis desagregado en la red de distribución: centros de transformación y clientes individuales, mostrando los distintos patrones de consumo durante la pandemia.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer a Medina Garvey su apoyo y colaboración dando acceso a su red de telegestión. Este trabajo ha sido financiado por el *Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades*, bajo el proyecto “*Bigdata Analytys e Instrumentación Cyberfísica para Soporte de Operaciones de Distribución en la Smart Grid*”, referencia RTI2018-094917-B-I00.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abu-Rayash, A., y Dincer, I.** (2020). Analysis of the electricity demand trends amidst the COVID-19 coronavirus pandemic. *Energy Research and Social Science*, 68. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101682>
- Bahmanyar, A., Estebarsari, A., y Ernst, D.** (2020). The Impact of Different COVID-19 Containment Measures on Electricity Consumption in Europe. *Energy Research & Social Science*, 68, 101683. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101683>
- Ghiani, E., Galici, M., Mureddu, M., y Pilo, F.** (2020). Impact on electricity consumption and market pricing of energy and ancillary services during pandemic of COVID-19 in Italy. *Energies*, 13(13). <https://doi.org/10.3390/en13133357>
- Gillingham, K. T., Knittel, C. R., Li, J., Ovaere, M., y Reguant, M.** (2020). The Short-run and Long-run Effects of Covid-19 on Energy and the Environment. *Joule*, 4(7), 1337-1341. <https://doi.org/10.1016/j.joule.2020.06.010>

- Le Quéré, C., Jackson, R. B., Jones, M. W., Smith, A. J. P., Abernethy, S., Andrew, R.M., De-Gol, A.J., Willis, D.R., Shan, Y., Canadell, J.G., Friedlingstein, P., Creutzig, F., y Peters, G.P.** (2020). Temporary Reduction in Daily Global CO₂ Emissions during the COVID-19 Forced Confinement. *Nature Climate Change*, 10(7), 647-53. <https://doi.org/10.1038/s41558-020-0797-x>
- Moharm, K.** (2019). State of the Art in Big Data Applications in Microgrid: A Review. *Advanced Engineering Informatics*, 42, 100945. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2019.100945>
- Wang, Q., Lu, M., Bai, Z., y Wang, K.** (2020). Coronavirus pandemic reduced China's CO₂ emissions in short-term, while stimulus packages may lead to emissions growth in medium- and long-term. *Applied Energy*, 278. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.115735>
- Wang, Y., Chen, Q., Hong, T., y Kang, C.** (2019). Review of Smart Meter Data Analytics: Applications, Methodologies, and Challenges. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 10(3), 3125-48. <https://doi.org/10.1109/TSG.2018.2818167>
- Yildiz, B., Bilbao, J.I., Dore, J., Sproul, A.B.** (2017). Recent Advances in the Analysis of Residential Electricity Consumption and Applications of Smart Meter Data. *Applied Energy*, 208, 402-427. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.10.014>

MÉTODO HEURÍSTICO DE PREDICCIÓN DE CONSUMO ELÉCTRICO CON CORRECCIÓN POR TEMPERATURA EN UNA RED DE DISTRIBUCIÓN

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

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

E-mail de correspondencia: aparejo@us.es

RESUMEN

La gestión de los sistemas de distribución eléctricos tiene un gran número de complicaciones. Desde problemas de congestión de la red en caso de exceso de generación o consumo en momentos puntuales, hasta operaciones derivadas de cortes y averías. Los efectos de algunos de estos eventos pueden reducirse en gran medida si se cuenta con las debidas medidas de planificación de la red, entre las que pueden incluirse las técnicas de predicción de consumo. Esta predicción, si bien está bastante asentada a nivel de transporte energético, presenta varios problemas al aplicarse en niveles más desagregados (sectores que presentan un menor nivel de consumo), como ocurre precisamente en las redes de distribución. Este trabajo propone una serie de técnicas sobre un caso de aplicación, donde se incluye el uso de históricos de temperatura ambiente para llevar a cabo la predicción de consumo de una red de distribución.

INTRODUCCIÓN

La gestión de las redes de distribución eléctrica implica numerosas tareas por parte de los operadores de dichas redes (*Distribution System Operator*, DSO). Una de las principales es evitar que se produzcan flujos energéticos excesivos en alguno de los tramos, ya que este hecho podría causar daños en las líneas y el colapso de la red.

Esta tarea se complica cada día más debido a la creciente popularidad de las fuentes de energía renovables, como las centrales solares y eólicas. Estas fuentes renovables tienen una gran variabilidad y dependencia del clima, por lo que pueden provocar aumentos o caídas de generación repentinas en ciertos momentos.

Las DSO deben contar con herramientas para la predicción de las generaciones (Martinez-Anido *et al.*, 2016) y consumos (Kuster *et al.*, 2017) que se esperan a lo largo de sus redes, siendo esta información usada posteriormente en las tareas de planificación. Entre estas técnicas se pueden encontrar métodos basados en

regresión, en aprendizaje automático (*machine learning*), en series temporales y en otras técnicas como las heurísticas (Runge y Zmeureanu, 2019).

Precisamente el presente trabajo propone un método heurístico orientado a las necesidades de las DSO para la predicción de consumo eléctrico horario a nivel de centro de transformación. Dicho método ha sido evaluado usando datos reales de la compañía distribuidora Medina Garvey, que se encarga del suministro de varias poblaciones de Andalucía.

METODOLOGÍA

La predicción propuesta se realiza usando un modelado en dos pasos. El primero consiste en calcular la línea base para el día objetivo, que es igual a la media de potencia para cada franja horaria usando un conjunto de días anteriores. La selección de los días que deben utilizarse dependerá de la regla utilizada de las varias que se proponen. El segundo paso consiste en una corrección de la línea base utilizando la temperatura que se espera para el día a predecir y la temperatura de los días anteriores. Este proceso se resume en la Figura 1.

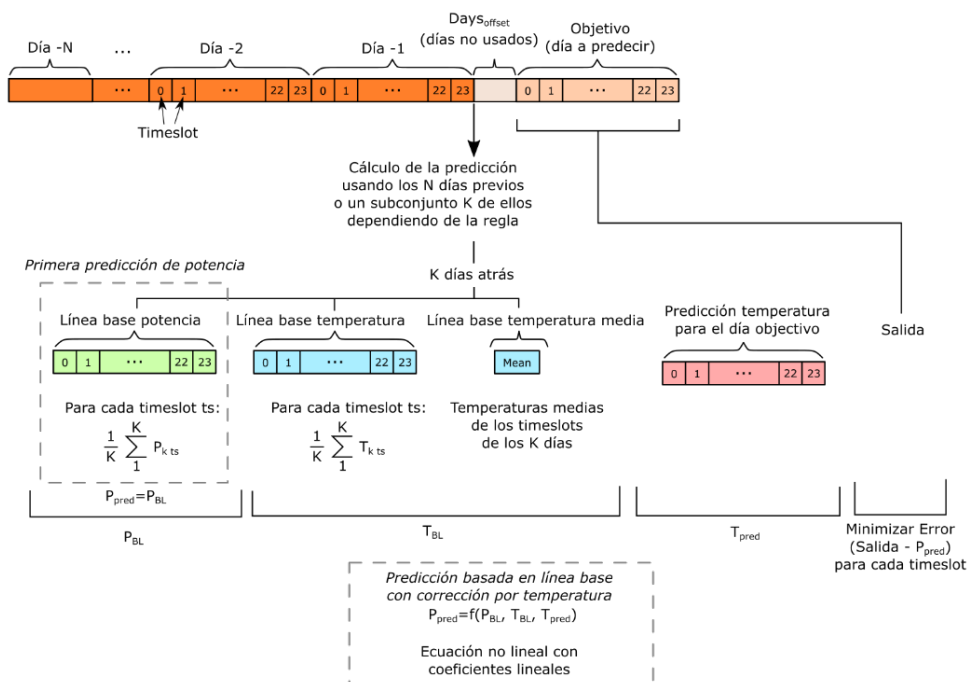


Figura 1. Método heurístico propuesto.

Fuente: elaboración propia

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para realizar la línea base se plantean un total de 9 métodos posibles, según los cuales se seleccionará un número distinto de días anteriores para su cálculo. En cuanto a la corrección por temperatura, se proponen un total de 10 expresiones distintas, que se nombran aquí de la A a la J.

El método se ha aplicado a un conjunto de 10 centros de transformación de una población. La valoración se realiza utilizando como indicador la raíz cuadrada del error cuadrático medio, tal y como puede verse en la Figura 2.

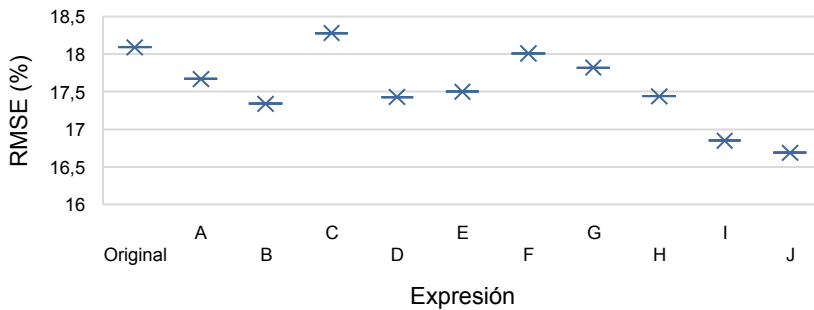


Figura 2. Método heurístico propuesto.

Fuente: elaboración propia

De estas expresiones, aquella con un RMSE porcentual más bajo es el J, con un valor de 16,69%. Esta función J depende de las variables mostradas en la Fórmula 1.

Fórmula 1. Función de corrección escogida.

$$J: Y = f(X_0, X_1, X_2 \cdot X_1, X_2^2 \cdot X_1, X_3 \cdot X_1, X_3^2 \cdot X_1)$$

Fuente: elaboración propia.

Donde X_1 es la potencia de la línea base, la X_2 es la temperatura de la línea base y la X_3 es la temperatura esperada para el día a predecir.

En la Figura 3 pueden verse dos ejemplos de predicción utilizando el método planteado. “Real” se corresponde con la potencia real en cada hora, “BL” es la línea base de potencia sin corregir, y “CBL” es la predicción de potencia corregida mediante temperatura.

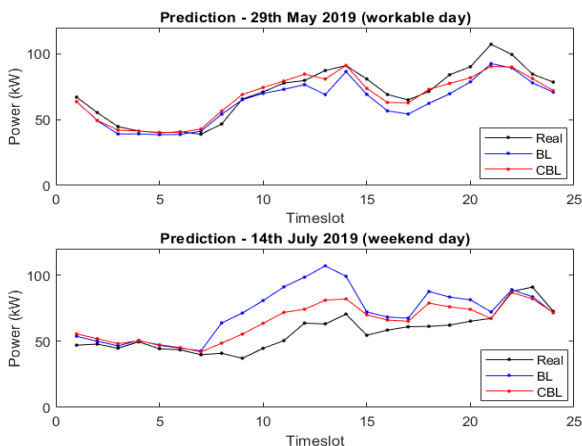


Figura 3. Método heurístico propuesto.
Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

Como se puede observar, la predicción usando la línea base corregida por temperatura (CBL) se encuentra más cercana a la potencia real que la línea base sin corregir (BL). Este método puede ser aplicado de forma relativamente sencilla, ya que está basado únicamente en medidas de potencia y temperatura ambiental de días previos.

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a la compañía Medina Garvey por su gran ayuda y apoyo. Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, bajo el proyecto “Bigdata Analytics e Instrumentación Cyberfísica para Soporte de Operaciones de Distribución en la Smart Grid”, ref. RTI2018-094917-B-I00.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Kuster, C., Rezgui, Y., y Mourshed, M.** (2017). Electrical load forecasting models: A critical systematic review. *Sustainable Cities and Society*, 35, 257–270.
- Martinez-Anido, C. B., Botor, B., Florita, A. R., Draxl, C., Lu, S., Hamann, H. F., y Hodge, B.-M.** (2016). The value of day-ahead solar power forecasting improvement. *Solar Energy*, 129, 192–203.
- Runge, J., y Zmeureanu, R.** (2019). Forecasting Energy Use in Buildings Using Artificial Neural Networks: A Review. *Energies*, 12(17), 3254.

NEUROGESTIÓN DEL DISEÑO Y DESARROLLO DE PRODUCTOS

Lucía Recio Rubio¹, Antonio Córdoba Roldán², Francisco Aguayo González³

¹ Estudiante de doctorado, Ingeniería del Diseño, EPS de Sevilla, Sevilla.

^{2,3} PDI, Ingeniería del Diseño, Universidad de Sevilla, Sevilla.

E-mail de correspondencia: lrecio@us.es

RESUMEN

En un momento en el que los avances en el ámbito del diseño y desarrollo de productos son innegables gracias a las mejoras tecnológicas disponibles y a los conocimientos de otras disciplinas aplicados al diseño industrial, como es el caso de las herramientas propias de la neurociencia usadas para la mayor comprensión de las necesidades y preferencias de los usuarios, surge la necesidad de buscar nuevas vías de crecimiento de cara a seguir mejorando el proceso de diseño. Esta situación ofrece la posibilidad de centrar la atención en ámbitos como la gestión del diseño, una parte del proceso que se ha mantenido un enfoque clásico y que no se ha estudiado bajo el prisma de los conocimientos neurocientíficos adquiridos. Con este trabajo se abordarán los niveles de gestión del diseño para identificar las habilidades propias de los gestores del diseño, con la finalidad de mejorar dichas habilidades mediante el uso de técnicas, herramientas y modelos cognitivos propios del neurmanagement, el neuroliderazgo o el neuroaprendizaje. Se busca generar un marco de actuación que sirva de guía para formar a los gestores de diseño y que sean capaces de aplicar modelos cognitivos a la hora de liderar equipos de diseño.

INTRODUCCIÓN

Se presenta la neurogestión del diseño y desarrollo de productos como un campo de estudio dividido en tres niveles de actuación dentro de la dirección de las compañías: nivel de la empresa, nivel de la cartera de productos y nivel de producto, nutrida de los conocimientos propios de la neurociencia cognitiva para su desarrollo a través de diferentes fuentes de entrada de conocimiento como son el neurmanagement el neuroaprendizaje o el neuroliderazgo.



Ilustración 1. Propuesta metodológica.

Fuente: elaboración propia.

GESTIÓN DEL DISEÑO

La gestión del diseño consiste en organizar procesos para el desarrollo de nuevos productos y servicios (Hollins, 2004), dentro de la gestión del diseño, el director o gestor del diseño es el encargado de dar las respuestas a las necesidades de la empresa, así como de facilitar el empleo efectivo del diseño (Cooper, 1995).

El diseño, en el seno de la empresa, puede convertirse en una herramienta activa en los tres ámbitos de gestión de la organización, el estratégico, el táctico y el operativo, ayudando así tanto a fijar objetivos a largo plazo, como para facilitar el proceso diario de toma de decisiones (Best, 2007).

- **Nivel estratégico:** Es aquel en el que se definen las políticas, misiones y agendas generales que debe cumplir el proceso de diseño.
- **Nivel táctico:** Es en el que se determinan los equipos, procesos y sistemas de las distintas unidades y funciones empresariales que tienen relación con el diseño.
- **Nivel operativo:** Es en el que el diseño se refleja en los productos y servicios que genera la empresa, es decir, es cuando se implanta el diseño en los proyectos que finalmente llegan al cliente.

NEUROCIENCIA COGNITIVA

Una vez contextualizado la visión tradicional de la gestión del diseño, es relevante para este artículo encontrar los conocimientos propios de la neurociencia cognitiva que tengan relación directa con la gestión, el liderazgo, la toma de decisiones, el aprendizaje, etc. y que permitan dar un nuevo enfoque a la gestión del diseño.

- **Neuromanagement:** Se basa en la aplicación de técnicas propias de la neurociencia en el ámbito de la gestión de empresas, involucrando el análisis de factores como la emoción, los sentimientos y la memoria causados al reaccionar a estímulos externos, con el fin de obtener datos sobre la reacción tanto del cliente externo como del cliente interno, para así aplicar los datos con el propósito de mejorar la gestión de recursos financieros, humanos, técnicos y tecnológicos (Sutil, 2013).
- **Neuroliderazgo:** Se centra en potenciar el poder de la mente a través de un buen entrenamiento cognitivo, lo que permite a la persona a barajar gran número de escenarios posibles y tomar la decisión correcta entre el gran abanico de opciones (Zárate, 2017).

- **Neuroplasticidad:** La habilidad que tiene el cerebro para modificar y alterar su propia estructura como consecuencia de la experiencia, vivencias y pensamientos del sujeto (Braidot, 2008). Juega un papel primordial a la hora de que el individuo se adapte a los cambios en su entorno, adquiera nuevos hábitos, aprenda nuevas conductas o formas de pensar y cambie su percepción del mundo.
- **Neuroaprendizaje:** Se centra en estudiar el cerebro humano como órgano motor del aprendizaje, teniendo en consideración no solo su morfología sino su funcionalidad y su plasticidad, factores que hacen posibles los procesos del aprendizaje de las personas (Braidot, 2011).

TÉCNICAS, HERRAMIENTAS Y MODELOS COGNITIVOS

Por último, se procede a exponer la selección de las técnicas, herramientas y modelos neurocientíficos considerados más relevantes a la hora de ayudar a la mejora de las habilidades de los gestores del diseño.

- **Modelo SCARF:** Estudia 5 componentes o dominios que activan los circuitos de amenaza primaria o la recompensa primaria del cerebro humano, el estatus (Status), la certeza (Certainty), la autonomía (Autonomy), la afinidad (Relatedness) y la justicia (Fairness) (Schaufenbuel, 2014).
- **Modelo de toma de decisiones:** Se basa en la hipótesis del marcador somático de Damasio. Se entiende un marcador somático como un cambio corporal que se refleja en un estado emocional, ya sea positivo o negativo, y que puede influir en las decisiones que se tomen en ese momento determinado (Damasio, 1994).
- **Neurofeedback:** Consiste en la biorretroalimentación de las ondas cerebrales, se sitúan los electrodos en el cuero cabelludo del sujeto y a través del equipamiento de alta tecnología se obtiene a tiempo real la retroalimentación instantánea a través de audio e imagen de la activación de las ondas cerebrales. Se empieza a tener la capacidad de cambiar o influir sobre las ondas cerebrales, así como de reentrenar el cerebro progresivamente (Hammond, 2006).
- **Neuronas espejo:** Son un tipo concreto de neuronas que sufren activación cuando un sujeto realiza una acción, pero también se activan cuando el sujeto observa otro individuo realizando una acción similar. El sistema de redes neuronales del que forman parte las neuronas espejo posibilita la percepción-ejecución-intención-emoción (García, 2008).

- **Programación Neurolingüística:** Se centra en interpretar lo que sucede en el entorno para comprender cómo se producen cambios en el comportamiento de las personas a través de la comunicación y el lenguaje (Serrat, 2005).

CONCLUSIONES

La neurogestión del diseño es uno de los pilares clave a la hora de contextualizar la neuroingeniería de diseño y desarrollo de productos, una propuesta de investigación centrada en la triada formada por el neurodiseño y la neurousabilidad junto con la neurogestión. Todos estos campos de estudio aportan numerosas herramientas cognitivas propias de la neurociencia que tienen gran potencial para progresar en el campo del diseño y de la gestión.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Best, K., Nuñez, A., del Conde, C. C., Bovisio, M., Kubler, G., Guinea, M., ... y Alonso, V.** (2006). Management del diseño. *Gestión*, 11(6).
- Braidot, N.** (2008). *Neuromanagement*. Ediciones Granica SA.
- Braidot, N., Alvarez, A., y Lotardo, S.** (2011). *Neuroliderazgo: Una formula científica para alcanzar el éxito*. Ediciones Grupo Braidot.
- Damasio, A. R.** (1996). *El error de Descartes*. Andrés Bello.
- García, E.** (2008). Neuropsicología y Educación. De las neuronas espejo a la teoría de la mente. *Revista de Psicología y Educación*, 1(3), 69-89. <https://eprints.ucm.es/id/eprint/9972/>
- Hammond, D.C.** (2011). What is Neurofeedback: An Update. *Journal of Neurotherapy*, 15, 305–336. <https://doi.org/10.1080/10874208.2011.623090>
- Hollins, B.** (2002). Design management education: The UK experience. *Design Management Journal (Former Series)*, 13(3), 25-29. <https://westminsterresearch.westminster.ac.uk/item/93x2v/design-management-education-the-uk-experience>
- Ingram, J., Cooper, R., y Press, M.** (1997). The Design Agenda: A Guide to Successful Design Management. *Design Issues* 13(2), 82. <https://doi.org/10.2307/1511736>
- Martín, L. S.** (2013). *Neurociencia, empresa y marketing*. ESIC Editorial.

Schaufenbuel, K. (2014). *The Neuroscience of Leadership: Practical Applications*. UNC Executive Development.

Serrat, A. (2009). *PNL para docentes: mejora tu autoconocimiento y tus relaciones*. Graó.

Zárate, G. E. (2017). *Neuromanagement en la cultura organizacional*, tienda Sodimac Primavera de Surquillo, Lima 2017. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/14524>

OPTIMIZACIÓN DE VIDA ÚTIL DE BATERÍAS EN APLICACIONES DE IOT CON RECARGA MEDIANTE FUENTES RENOVABLES

Samuel Domínguez Cid¹, Javier Antonio Guerra Coronado, Daniel Fernández Valderrama, Julio Barbancho Concejero, Alejandro Gallardo Soto, Carlos León de Mora.

TIC150, Departamento de Tecnología Electrónica, Escuela Politécnica Superior, Universidad de Sevilla, Sevilla.

E-mail de correspondencia: sdcid@us.es

RESUMEN

La gestión energética en dispositivos IoT es un aspecto clave, por el gran número de dispositivos y su difícil acceso para labores de mantenimiento cuando están instalados en campo. Mediante la utilización de procesos de bajo consumo y técnicas de “Energy Harvesting”, se puede lograr alargar la vida útil de estos dispositivos, teniendo en cuenta que estas fuentes de energía, generalmente renovables, no están siempre disponibles, por lo que para conseguir un uso eficiente es necesario ajustar diversos parámetros del sistema de almacenamiento. A partir de estas premisas, un sistema dinámico que ajuste estos parámetros en función de la disponibilidad del recurso energético puede resultar muy relevante para la mejora de la fiabilidad de los nodos IoT. Mediante el modelado de los sistemas de adquisición de energía y de almacenamiento energético basados en litio, se han obtenido estimaciones de vida útil de la batería. Además, mediante la variación de parámetros de entrada del modelo de batería se puede lograr utilizar el recurso energético de forma óptima cuando este esté disponible, además de aumentar la duración de la batería. Por ello, una gestión dinámica de los parámetros del sistema puede otorgar una mayor vida útil para dispositivos IoT desplegados en campo.

INTRODUCCIÓN

La utilización de redes de sensores en entornos ambientales conlleva una serie de problemáticas de gran consideración, ya que estas redes para aumentar la vida útil han de ser de bajo consumo y además debido a sus ubicaciones en campo son de difícil acceso (García *et al.*, 2019). Las redes de sensores inalámbricas, (en inglés *Wireless Sensor Networks*, WSN), así como el paradigma del IoT, tiene una problemática ampliamente conocida para aquellos dispositivos que no tienen una conexión directa con la red eléctrica, como es el despliegue de sensores en campo, y es el sistema de almacenamiento. En este tipo de dispositivos para evitar el cambio de baterías y así reducir el mantenimiento al mínimo se realizan aplicaciones de bajo consumo (Elshrkawey, Elsherif y Wahed, 2018). Gracias a este bajo consumo de los

dispositivos se puede extender la vida útil de la batería antes de cambiarla por otra con carga completa. No obstante, en el caso que se quiera tener una red con nodos con un mayor consumo y capacidades se han establecido estrategias para recargar la batería del nodo, mediante la extracción energética del entorno, por técnicas denominadas de *Energy Harvesting*

El panel fotovoltaico que se va a usar es un pequeño módulo de 3W con 5,82 V y 0,52A en el punto de máxima potencia y de dimensiones de 225x155 mm, que se va a utilizar como sistema de adquisición de energía para la recarga del sistema.

A partir del modelado de la degradación de la batería (Xu *et al.*, 2018) se puede caracterizar el efecto negativo que tienen los valores de carga de la batería, profundidad de descarga y la temperatura en la vida útil de la batería. Por ello, se podrá predecir la capacidad a futuro de la batería, de forma que se pueda conocer la vida útil de la misma. Mediante un software de ingeniería, en este caso Matlab, se realiza proceso de ajuste a partir de datos experimentales. Con este algoritmo se podrá obtener los valores de los parámetros del modelo para poder aplicarlos a la batería en cuestión.

Por otro lado, se ha realizado un modelado del panel FV en Python, mediante datos de irradiancia diarios, se va a hallar la potencia que se genera y por lo tanto la energía que se tiene disponible para el sistema. En este modelo se tienen en cuenta tanto la temperatura, día del año, localización en coordenadas y rendimiento del panel, que será dependiente tanto de la degradación de este como de la acumulación de suciedad sobre el panel fotovoltaico.

A partir de los modelos que se obtienen se puede tener por un lado el recurso energético disponible, es decir, la energía que se puede sacar del medio gracias al sistema de Energy Harvesting y por otro lado la degradación que se tiene de la batería en función de la estrategia de carga y descarga que se tenga. Es por lo que, mediante estos dos modelos implementados en Python, se crea una estrategia adecuada de carga y descarga para poder maximizar la vida útil del sistema. El sistema funciona mediante una serie de restricciones que se han de cumplir para garantizar el funcionamiento del sistema incluso para situaciones de baja disposición energética y también aumentar la vida útil del sistema de almacenamiento. Adicionalmente, se han realizado estimaciones en base a la media de consumo y de irradiancia estimada a partir de datos de PVGIS, obteniendo a la salida CSVs con la degradación media de cada mes en función de la temperatura media y de los diferentes valores de estado de carga (*State of Charge, SoC*) y profundidad de descarga (*Depth of Discharge, DoD*).

Los CSVs se componen de una matriz 100x100 donde en cada posición de la matriz se tiene la degradación asociada para diferentes valores de SoC y DoD. Para una mejor visualización se han importado los CSV a una hoja de cálculo de Excel.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados que se obtienen son muy alentadores, ya que se puede observar cómo se incrementa en gran medida la vida útil del sistema de almacenamiento, mucho más de lo que indica el fabricante en la hoja de datos. Para cada mes del año se ha obtenido una matriz de este estilo de forma que se puede seleccionar los valores de SoC y DoD para los que la degradación es menor, pero a la vez el tiempo de ciclo es mayor. Se ha llevado un registro de la degradación mensual que se tiene, así como la degradación acumulada anual. En la Figura 1 se puede observar el efecto negativo de la temperatura, la cual provoca una degradación mayor en los meses de verano. Debido a este pico en la degradación que se tiene en los meses de verano se observa que la degradación acumulada sufre una gran subida, (Figura 1) se pueden realizar estrategias concretas para reducir este efecto.

Mediante esta degradación anual basado en la media de temperaturas y de la irradiancia media tomada se han realizado predicciones fijando el SoC y el DoD para aquellos valores que tienen una menor degradación, de forma que se ha conseguido obtener una vida útil de 13 años hasta llegar a un 80% de la capacidad teórica.

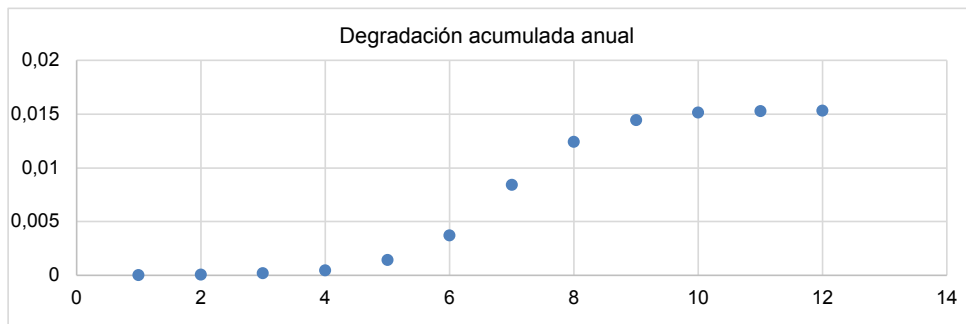


Figura 1. Gráfica anual de la degradación obtenida.

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

Resulta de gran importancia un buen modelado del sistema de almacenamiento, además de tener buenos modelos para obtener el recurso energético a varios días vista, ya que con estas predicciones fiables se pueden llevar a cabo estrategias concretas que favorezca a la vida útil de la batería, como llevar a un punto de mayor

degradación la batería sacrificando vida útil, pero sin perder servicio en momentos en los que el recurso energético no esté disponible. Se puede observar cómo se ha conseguido un aumento de la vida útil comparada con la del fabricante.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Elshrkawey, M., Elsherif, S. M., y Elsayed, M.** (2018). An Enhancement Approach for Reducing the Energy Consumption in Wireless Sensor Networks. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, 30, 259-267.
- García, S., Larios, D. F., Barbancho, J., Personal, E., Mora-Merchan, J. M., y Leon, C.** (2019). Heterogeneous LoRa-Based Wireless Multimedia Sensor Network Multiprocessor Platform for Environmental Monitoring. *Sensors (Switzerland)*, 19.
- Wang, C., Li, J., Yang, Y., y Ye, F.**(2018). Combining Solar Energy Harvesting with Wireless Charging for Hybrid Wireless Sensor Networks. *IEEE Transactions on Mobile Computing*, 17, 560-576.
- Xu, B., Oudalov, A., Ulbig, A., Andersson, G., y Kirschen, D.S.** (2018). Modeling of lithium-ion battery degradation for cell life assessment. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 9, 1131-1140.

SISTEMA DE EJECUCIÓN EN LA PRODUCCIÓN (MES)

Estela María Montoro, María Jesús Ávila

¹ *Estudiante de doctorado, Ingeniería del Diseño, EPS de Sevilla, Sevilla.*

³ *Profesora doctora, Ingeniería del Diseño, EPS de Sevilla, Sevilla.*

E-mail de correspondencia: estmonosu@alum.us.es

RESUMEN

Los sistemas de ejecución de la producción, más conocidos por sus siglas en inglés como MES, son sistemas que persiguen una gestión más optimizada a nivel operacional mediante el control y la visión del proceso en tiempo real. Llevan años asentándose en las líneas de producción de todo el mundo y son un claro ejemplo de la implantación de la Industria 4.0. Siendo un escalafón intermedio entre los ERP y los SCADA, recolectan datos que pueden ser procesados para sustentar metodologías clásicas de resolución de problemas y para tomar decisiones rápidas mediante procesos SIC (Short Interval Control). Con ellos queda patente la interrelación de todos los subsistemas de producción y su afectación a los indicadores que cada empresa determine (KPI's).

INTRODUCCIÓN

Los datos son un elemento crucial en la toma de decisiones. Pero debemos entender que son meros hechos, señales o eventos de poca utilidad por sí mismos y que pueden suponer una pérdida de tiempo si se recolectan tanto por exceso como por defecto. Los datos, para ser de utilidad en la toma de decisiones, requieren de un procesamiento y un análisis de manera tal que se conviertan en información.

Una vez captados los datos por los diversos elementos de nivel primario de la fábrica inteligente (sensores, PLC's, etc.) son tratados, ya sea por sistemas informatizados complejos o por herramientas más rudimentarios como hojas de datos, para convertirlos en información, cuyas características principales son la interpretación e inteligibilidad. Así pues, la información es la verdadera propulsora de la toma de decisiones mediante el entendimiento de la interrelación de todos los subsistemas de producción.

El fin último de todo MES es mejorar el desempeño de la producción (normalmente designado como Overall Equipment Effectiveness, OEE) reduciendo costes, mejorando la productividad y aumentando la calidad, para lo cual es vital tener información veraz y certera.

MATERIALES Y MÉTODOS

Tanto materiales como métodos empleados en el desarrollo de este artículo son muy elementales, derivando la investigación aquí recogida de una búsqueda del estado del arte y una observación de la aplicación en campo de un MES en una fábrica productiva.

Materiales

Los recursos necesarios para el desarrollo han sido los referidos como material de consulta en soporte electrónico a través de las diversas bases de datos con las que tiene afiliación la Universidad de Sevilla.

Método

En cuanto al método empleado a la investigación asociada al presente artículo, se ha visto configurado por las siguientes fases:

Fase 1. Estado del Arte

Fase de revisión bibliográfica referente a los conceptos relacionados con la Industria 4.0 y la digitalización, centrados concretamente a la aplicación de Sistemas de Ejecución en la Producción, así como otros conceptos vertebradores de la gestión productiva clásica. Se persigue identificar las técnicas y el marco conceptual desarrollado por distintos autores de referencia.

Fase 2. Identificación de puntos clave en la implementación y generación de directrices

A partir del Estado del Arte, en el que se realiza una revisión bibliográfica de los conceptos afines a la Industria 4.0, la digitalización y la Ejecución de la Producción, se identifican una serie de puntos considerados como prioritarios para aplicar de forma exitosa un Sistema de Ejecución de la Producción en una planta productiva.

Fase 3. Conclusiones

En la Fase de Conclusiones se realiza un análisis general de los resultados obtenidos y se elaboran las conclusiones finales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el estudio realizado se determinan 3 conceptos que deben quedar claros de forma previa a la aplicación de un MES en cualquier fábrica.

Teoría de las Limitaciones

La mayoría de las cadenas de producción se diseñan siguiendo la Teoría de las Limitaciones o Restricciones (Theory Of Constraints) donde se persigue optimizar la capacidad del o los cuellos de botella, es por ello que el diseño de las líneas sigue un gráfico en V, que persigue que las máquinas anteriores al cuello de botella sean capaces de abastecerlo y las que están aguas abajo no sean nunca culpables de una acumulación que detenga la máquina crítica.

Conocida esta realidad, es preciso que cualquier sistema MES se enfoque en el desempeño de la máquina crítica y cómo las desviaciones en el resto de la línea de producción le afectan.

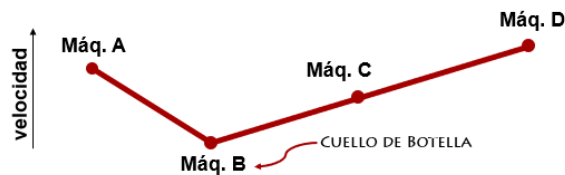


Ilustración 1. Diagrama en V. Fuente: elaboración propia.

MES en la resolución de problemas

Los sistemas de ejecución de la producción son una valiosa fuente de datos que deben ser interpretados para dar respuesta a las desviaciones y problemas de la producción. El tratamiento de estos datos por parte del sistema no debe sustituir nunca el empleo de herramientas clásicas y consolidadas para la determinación de la causa raíz como los 5 porqués, el Diagrama de Ishikawa o cualquier otro sistema de análisis de fallos estructurado.

El operador como agente del cambio

La digitalización genera un cambio en la relación operador-máquina que es prueba de la regeneración demográfica necesaria en las fábricas donde imperarán los H-CPS. La gestión del conocimiento mediante la extracción de información (KPI's) es uno de los principales valores añadidos por los sistemas ciberfísicos y la correcta inclusión del operador en el entorno digital y la comprensión de la interrelación entre su trabajo y los indicadores resultan vitales para el buen funcionamiento de los sistemas automáticos o semi-automáticos de ejecución de la producción.

El nuevo paradigma digitalizador trae consigo la necesidad de lidiar con la inmersión de "inmigrantes digitales" en entornos altamente tecnológicos e hiperconectados, donde la complejidad de las interfaces hombre-máquina destacan como elemento

crucial dentro de la aproximación y aceptación de lo digital en entornos industriales para garantizar la correcta captación e interpretación de datos, base de la toma de decisiones de escalafones superiores.

CONCLUSIONES

En la vorágine de la implementación de un MES en una fábrica no debe perderse de vista la inclusión de los operarios tanto en la fase de implantación/validación con en el uso del sistema en el día a día ya que serán ellos los que confieran la fiabilidad a los datos captados. La implantación de un Sistema de Ejecución de la Producción trae consigo la ventaja de seguir indicadores de carácter predictivo que permitan asegurar o, al menos, estimar los indicadores históricos de manera ágil y en tiempo real, con lo cual, cualquier desviación del sistema podrá ser interpretada y podrá dar lugar a decisiones más robustas que atajen o eliminen el problema.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Botezatu, C., Condrea, I., Oroian, B., Hrițuc, A., Ețcu, M., y Slătineanu, L.** (2019). Use of the Ishikawa diagram in the investigation of some industrial processes. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 682, 1-7. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/682/1/012012/pdf>
- Hedmana, R., Subramaniyanb, M., y Almströma, P.** (2016). Analysis of critical factors for automatic measurement of OEE. *Procedia CIRP*, 57, 128-133. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.11.023>
- Izmailov, A.** (2014). If your company is considering the Theory Of Constraints. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 150, 925–929. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.09.103>
- Jaskóá, S., Skropa, A., Holczinger, T. Chovánb, T., y Abonyi, J.** (2020). Development of manufacturing execution systems in accordance with Industry 4.0 requirements: A review of standard- and ontology-based methodologies and tools. *Computers in Industry*, 113, 1-18. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2020.103300>
- Lin, Y., Wei, S., y Huang, C.** (2017). Intelligent Manufacturing Control Systems: The Core of Smart Factory. *Procedia Manufacturing*, 29, 389-397.

- Longo, F., Nicoletti, L., y Padovano, A.** (2017). Smart operators in industry 4.0: A human-centered approach to enhance operators' capabilities and competencies within the new smart factory context. *Computers & Industrial Engineering*, 113, 144–159. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2017.09.016>
- McChesney, C., Covey y S., y Huling, J.** (2013). *Las 4 disciplinas de la ejecución*. Penguin Random House Grupo Editorial.
- Meister, M., Beßle, J., Cviko, A., Böing, T., y Metternich, J.** (2019). Manufacturing Analytics for problem-solving processes in production. *Procedia CIRP*, 81, 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.03.001>
- Romero, D., Bernus, P., Noran, O., y Stahre, J.** (2016). *Advances in Production Management Systems. Initiatives for a Sustainable World*. Springer.
- Şi mşita, Z., Günayb, N., y Vayvayc, Ö.** (2014). Theory of Constraints: A Literature Review. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 150, 930–936. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.09.104>

ANÁLISIS DE CONSUMO ENERGÉTICO DE REDES BLOCKCHAIN EN DISPOSITIVOS EMBEBIDOS DE BAJO CONSUMO

Javier Antonio Guerra Coronado*, **Juan Ignacio Guerrero Alonso**, **Samuel Domínguez Cid**, **Daniel Fernández Valderrama**, **Diego Francisco Larios Marín** y **Carlos León de Mora**
Departamento de Tecnología Electrónica, Escuela Politécnica Superior, Universidad de Sevilla, Sevilla.

E-mail de correspondencia*: jgcoronado@us.es

RESUMEN

Se presenta un estudio para la integración de dispositivos embebidos IoT (Internet of Things), que son capaces de gestionar la información proveniente de sensores de forma eficiente con un mínimo coste computacional, con la tecnología Blockchain, que permite garantizar la veracidad de los datos, generalmente a cambio de un alto coste computacional. Se analiza una red Blockchain ejecutada sobre IoT, así como las variables que definen la capacidad que tiene dicha red para almacenar la información, y su consumo energético.

INTRODUCCIÓN

La cantidad de información que se obtiene hoy día por dispositivos interconectados es realmente grande y crece continuamente, hasta llegar a la estimación de 20 mil millones de dispositivos conectados para 2020 (Gartner, 2017), aunque esto no ha podido ser contrastado, en parte por la situación sanitaria mundial. Generalmente IoT hace referencia a dispositivos de bajo consumo, prestaciones y específicos, diseñados para comunicarse entre ellos y con los usuarios.

Así, uno de los retos de la industria está siendo la implantación de IoT, dando lugar a la denominada Industria 4.0, convirtiendo el término IoT en Industrial IoT o IIoT. Se estima que IIoT permitirá la comunicación entre distintas máquinas de una industria de forma precisa, constante y segura. Para ello, IIoT puede apoyarse en tecnologías como Blockchain (Sisinni *et al.*, 2018). Este trabajo aborda una comparativa del consumo energético y de la velocidad de ejecución de dispositivos IIoT ejecutando redes Blockchain.

BLOCKCHAIN

La funcionalidad Blockchain se puede simplificar como un libro de contabilidad digital, donde la información no puede ser eliminada o modificada, usando algoritmos criptográficos que permiten a los nodos Blockchain generar un bloque

mediante funciones de hash, que son complicadas de calcular, pero sencillas de comprobar (Bellare, Canetti, y Krawczyk, 1996). Como los hashes permiten mantener la integridad de la Blockchain, será la variable para evaluar: cuanto mayor sean los hashes por segundo, más rápidamente se generará un nuevo bloque.

PROBLEMÁTICA

Una red Blockchain es una red compleja, que consume muchos recursos, exigiendo además constante comunicación entre ellos. Por otra parte, IoT se diseña para consumir poca energía, se comunican de forma intermitente y tienen prestaciones pequeñas. Por tanto, ambas tecnologías parecen ser incompatibles.

SOLUCIÓN PROPUESTA

Instrumental

En este trabajo, se analizará el consumo energético de los dispositivos de la Figura 1 ejecutando Blockchain:

- Raspberry Pi 4 (RPi): conocida placa de desarrollo multipropósito. Tiene un pico máximo de potencia de 15 W.
- Nvidia Jetson TX2 (TX2): placa de desarrollo optimizada para operaciones de aprendizaje automático, con una unidad de procesamiento gráfico, con un consumo máximo de 90 W.



Figura 1. Raspberry Pi 4 y Jetson TX2.

Se ha utilizado en ambos dispositivos el programa Geth (Ethereum, 2020), un cliente de la red Ethereum escrito en Go. Como sistema operativo se ha utilizado Ubuntu Server para la RPi, y Ubuntu Desktop para la TX2. Para ambos dispositivos se ha medido el cálculo de Hashes por segundo y su consumo energético. Para el

cálculo de Hashes por segundo se ha utilizado la consola de Geth, mientras que para el consumo se ha utilizado un dispositivo externo que ejecutaba un algoritmo programado en Python para calcular el consumo.

Con respecto a la obtención de los datos se han tomado muestras cada décima de segundo, durante un minuto. Posteriormente, se ha dejado pasar unos minutos y se ha vuelto a muestrear durante más de un minuto. Tras realizar este proceso de forma iterativa durante un período superior a una hora, se ha comprobado que el cálculo de hashes por segundo es prácticamente constante una vez la red Blockchain está en producción.

Resultados

Se observa que la potencia consumida durante la ejecución de la Blockchain para el cálculo de hashes es prácticamente constante, y además con un valor bastante más bajo del máximo teórico. De forma aproximada, la RPi consume un 40% de los 15 W su potencia máxima, valor que se reduce hasta menos del 10% en la TX2.

Sin embargo, el cálculo de hashes de la TX2, entorno a los 85 kH/s, que casi duplica al de la RPi (unos 50 kH/s). Esta diferencia de rendimiento se agudiza más cuando se utilizan clientes optimizados para la TX2, como Ethminer (Lanfranchi, 2020), con rendimientos superiores a los 300 kH/s consumiendo en torno a 7.5 W.

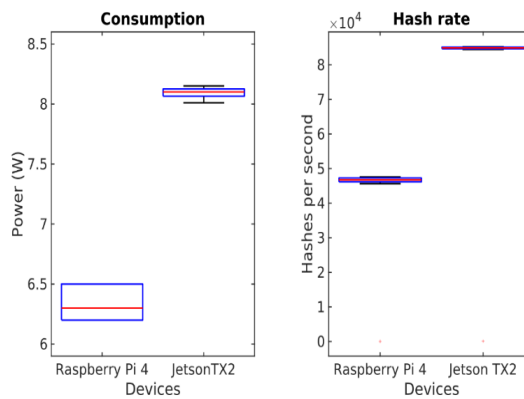


Gráfico 1. Resultados experimentales.

CONCLUSIONES

Aunque los resultados de esta comparativa muestran una clara ventaja de la TX2 sobre la RPi, este último dispositivo cuenta con dos puntos importantes a su favor: las funciones hash son paralelizables, por lo que se podrían colocar varios dispositivos y

distribuir el coste computacional de la función hash entre ellos. Segundo, la RPi tiene un coste del orden de 10 veces más económico que la TX2.

Si la red Blockchain va a tener pocos dispositivos IoT conectados, seguramente sea más interesante utilizar la TX2. Sin embargo, si el número de dispositivos aumenta, será necesario un análisis más minucioso, para decidir cuál es la arquitectura óptima.

Estos resultados permiten plantear la realización de una arquitectura multicapa, donde parte del cálculo se realice en servidores, y otra parte en una capa más próxima a los sensores IoT, acercando la computación al origen del dato, con objetivo de minimizar la manipulación de los datos antes de ser almacenados. Este modelo, llamado estructuras Multi-access Edge Computing o MEC (Shahzadi *et al.*, 2017), también disminuye la cantidad de información que se transmite a través de este, por lo cual se considera una arquitectura a investigar en profundidad en estudios posteriores.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bellare, M., Canetti, R., y Krawczyk, H.** (1996). Keying Hash Functions for Message Authentication. *Advances in Cryptology — CRYPTO '96* (pp. 1–15). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/3-540-68697-5_1
- Ethereum.** (2020, 22 de noviembre). *Go Ethereum*. <https://geth.ethereum.org/>
- Gartner.** (2017). *Leading the IoT*. https://www.gartner.com/imagesrv/books/iot/iotEbook_digital.pdf
- Lanfranchi, A.** (2020, 23 de noviembre). *Ethminer*. <https://github.com/ethereum-mining/ethminer>
- Shahzadi, S., Iqbal, M., Dagiuklas, T., y Qayyum, Z. U.** (2017). Multi-access edge computing: open issues, challenges and future perspectives. *Journal of Cloud Computing*, 6(1). <https://doi.org/10.1186/s13677-017-0097-9>
- Sisinni, E., Saifullah, A., Han, S., Jennehag, U., y Gidlund, M.** (2018). Industrial Internet of Things: Challenges, Opportunities, and Directions. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 14(11), 4724–4734. <https://doi.org/10.1109/tii.2018.2852491>

OPTIMAL AUTOMATED DESIGN OF LINEAR ALUMINUM ALLOY EXTRUSION DIES

Claudia I. Parra-Montero¹, Rolando E. Simeón-Monet², Luis E. Garcia-Marrero³, Dagnier Antonio Curra-Sosa⁴

^{1,2,3,4} *CAD/CAM Study Center, University of Holguin, Cuba.*

E-mail correspondence: cibeth@uho.edu.cu

ABSTRACT

This work presents an optimal model for the design of linear dies for extrusion of aluminum alloys. From the geometry, the final dimensions and the required tolerances of the profile to be obtained, the calculation process is automated, taking into account variables such as the material and its strength, extrusion machine capacity, aluminum billet temperatures, the area occupied by the distribution of output channels, the thicknesses of the die and the counter die, all supported by the linking of the main variables in an optimization model developed in MATLAB[®], which links the analysis and simulation with CAD/CAE tools (Autodesk Inventor[®], ANSYS[®]).

INTRODUCTION

The use of metal molds (steel or aluminum), makes the construction of infrastructure a completely industrialized process, where a daily planned pace of construction is imposed, since the tasks that are executed are mechanical and repetitive, so that the control of execution times is almost total.

There is a complex interrelationship between the design and the materials used to obtain extrusion dies, since it is the most important component due to the working conditions to which it is exposed (high pressures and temperatures that generate deformations, in addition to frictional stresses), (Schey, 2002).

MATERIAL AND METHODS

The following diagram shows the procedure for optimal automated design of linear aluminum alloy extrusion dies.

Bartol

Procedure for optimal design of linear dies:

1. Historical logical analysis of the background and current status of extrusion dies

- Foundation of the technology
- Systemic analysis and physical description of the process

2. Mathematical modeling of the operation process

- Model describing the operation
- Determination of the equations that describe the functional and dimensional parameters of the die

3. Analysis of the theoretical models

- Mathematical models of the work cycle.
- Application of the analysis and synthesis of engineering systems.
- Definition of the assumed theoretical model

4. Single-objective optimization model for die design

- Process analysis as a preparation and decision making task
- Conceptual Mathematical Model
- Determination of the objective function
- Numerical simulation of the performance of the efficiency indicator
- Analysis of the results of the single-objective optimization
- Determination of the optimal parameters for the design

5. Tooling design

- Determination of the geometrical parameters of the die with respect to the optimal parameters
- Die design

RESULT AND DISCUSSIONS

The results indicate that a relationship is established with the geometric parameters to determine the optimal die angle. The flow stress adapted to this problem is specified, giving priority to the efficiency indicator or other variables of interest in order to have a set of optimal solutions for the design.

Optimal die angle

To determine the optimal angle of the die, formula 1 was analyzed, obtained from the research carried out by (Jurković, 2009) in which a relationship is established with the geometric parameters.

Formula 1. Optimal die angle

$$\alpha_{\text{opt}} = \frac{10,45 + 16,56\varphi + 98,325\mu - 165,6\varphi\mu}{0,71}$$

Source: (Jurković, 2009).

Figure 1 shows the solution space represented in MATLAB for selecting the optimal die angle:

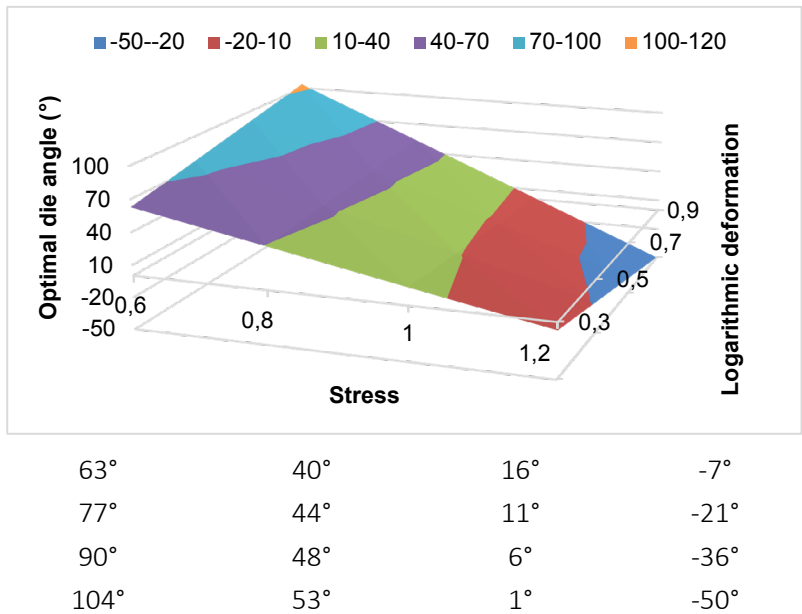


Figure 1. Solution space for optimal die angle.
Source: own elaboration

CAD modeling of the extrusion die

Once the results are established, design the aluminum alloy profile extrusion die. In illustration 1 is shown the CAD modeling of the extrusion die:

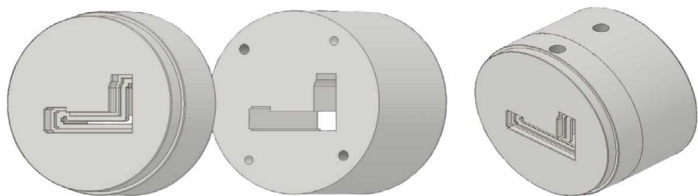


Figure 2. Extrusion die.
Source: own elaboration.

CONCLUSIONS

- This is the basis of a procedure that guarantees the optimal design of linear dies for extrusion of aluminum alloys.

- The optimal model for the design of aluminum alloy extrusion linear dies was built.

ACKNOWLEDGEMENTS

To the lecturers of the CAD/CAM Study Center for their support in this research.

REFERENCES

- Jurkovic, Z., Jurkovic, M., & Buljan, S.** (2006). Optimization of extrusion force prediction model using different techniques. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 17(1-2). <http://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-5a128a67-ce34-4524-b7b4-912932838b46>
- Schey, J.** (2002). *Manufacturing Processes*. McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A.

Ingeniería y Tecnología

