



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.

Avda. Juan Gil Albert, 1 - 03802- ALCOY (ALICANTE) info@3ciencias.com

Primera edición: **febrero 2022**

ISBN: **978-84-123872-6-1**

DOI: <https://doi.org/10.17993/IngyTec.2022.80>

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PRÓLOGO	9
COMUNICACIONES ORALES	11
CARACTERIZACIÓN DE LA IMPEDANCIA ELÉCTRICA DE IMPLANTES DE TITANIO PO- ROSO MODIFICADOS SUPERFICIALMENTE CON LÁSER DE FEMTOSEGUNDO	13
SINTERIZACIÓN CONVENCIONAL Y SINTERIZACIÓN POR RESISTENCIA ELÉCTRICA DE LA ALEACIÓN AL-FE (NANO)CRISTALINA Y/O AMORFA PREPARADA MEDIANTE ALEA- DO MECÁNICO	19
REFORZAMIENTO DE BIOPLÁSTICOS DE PROTEÍNA DE GUISANTE MEDIANTE TRATA- MIENTO TÉRMICO.....	23
EXPERIENCIA EN LA IMPLEMENTACIÓN DE ALGORITMOS Y TÉCNICAS PARA LA DETECCIÓN TEMPRANA DE INCENDIOS CON REDES INALÁMBRICAS DE SENSORES MULTIMEDIA.....	29
SISTEMA CIBER-FÍSICO APlicADO AL MANTENIMIENTO PREDICTIVO EN EL SECTOR HOTELERO	33
ALGORITMO DE DETECCIÓN DE ESQUINAS DE PANELES FOTOVOLTAICOS EN IMÁ- GENES TÉRMICAS OBTENIDAS POR DRON	39
FRAMEWORK PARA LA PREDICCIÓN DE GENERACIÓN Y CONSUMO ELÉCTRICO A CORTO PLAZO APlicANDO MODELOS COMBINADOS DE LÍNEA BASE Y REGRESIÓN ..	43
DESIGN AND SECURITY EVALUATION OF SECURE CRYPTOHARDWARE (FPGA AND ASIC) AGAINST HACKERS EXPLOITING SIDE-CHANNEL INFORMATION.....	47
METODOLOGÍA DE DISEÑO PARA LA DETECCIÓN DE FALLOS EN CIFRADORES DE BLOQUE BASADA EN CÓDIGOS DE HAMMING	51
ASDESIGN: MÉTODO CENTRADO EN EL USUARIO PARA EL DISEÑO DE TECNOLOGÍA ASISTENCIAL QUE AYUDE A NIÑOS CON TRASTORNO DEL ESPECTRO AUTISTA A SER MÁS INDEPENDIENTES EN SUS RUTINAS DIARIAS.	57
CARBON FOOTPRINT MANAGEMENT IN THE AEROSPACE INDUSTRY: CIRCULAR ECONOMY AND PLM ENVIRONMENT IN INDUSTRY 4.0 CONTEXTS	63
CLASIFICACIÓN DE POSTURAS MEDIANTE USO DE REDES NEURONALES Y DISPOSITI- VO IOT	69
VERSATILIDAD Y EFICIENCIA DE LOS AUTÓMATAS CELULARES PARA LA SIMULACIÓN Y ANÁLISIS DE SISTEMAS COMPLEJOS EN INGENIERÍA	75

COMUNICACIONES PÓSTER	81
WEAR BEHAVIOR OF A CERAMIC TOOL IN THE MACHINING OF THERMORESISTENT ALLOYS.....	83
SELECTING PARAMETERS FOR HIGH SPEED MILLING OF THIN ALUMINUM STRUCTURES WITH AHP-VIKOR METHODS	87
PREDICTION WITH BAYESIAN NETWORKS OF THE OCCURRENCE OF SHRINKAGE POROSITY IN A CAST SPECIMEN	91
SISTEMA DE VISUALIZACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS DE UN REFRIGERADOR DOMÉSTICO UTILIZANDO MATLAB Y LA PLATAFORMA THINGSPEAK INTERNET DE LAS COSAS (IOT).	95
LIBERACIÓN DE CEFUROXIMA A PARTIR DE UNA MEMBRANA POLIMÉRICA OBTENIDA POR LA TÉCNICA DE ELECTROHILADO	101
SIMULATION OF THE NONLINEAR STRESS STATE IN AN UNDERCUT OF THE BUTT WELDED JOINT.....	107
ANN ARCHITECTURES TO ESTIMATE THE SEC IN DRY HSM OF AISI 1045 USING P10, P15 AND P25 INSERTS.....	113
OBTENTION DE CÁPSULAS POLIMÉRICAS COMO PLATAFORMAS PARA LA LIBERACIÓN DE FÁRMACOS EN EL TRATAMIENTO DE ENFERMEDADES NEURODEGENERATIVAS.	117
NANO-VEHÍCULOS DE QUITOSANO CARGADOS CON NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE HIERRO PARA TERAPIA COMBINADA DE LIBERACIÓN CONTROLADA DE DROGAS E HIPERTERMIA MAGNÉTICA.....	123
EFEITO DE LA ALTURA DE CAPA Y EL DIÁMETRO DE LA BOQUILLA SOBRE LA PRECISIÓN DIMENSIONAL DE ANDAMIOS POROSOS PARA TEJIDO CELULAR FABRICADOS POR MANUFACTURA ADITIVA	129
DISEÑO DE ELECTROLITOS PARA SOFCs OBTENIDOS MEDIANTE PRENSADO UNIAXIAL.....	133
CONTROL OF SURFACE TOPOGRAPHY ON ALUMINIUM PRIOR TO COATING APPLICATION	137
APROXIMACIÓN A LA FABRICACIÓN MEDIANTE LA TÉCNICA FUSED FILAMENT FABRICATION	141
DESCRIPCIÓN DE LA FABRICACIÓN DE MATERIALES BASE HIERRO MEDIANTE LA TÉCNICA DE PLASMA METAL DEPOSITION	145

PHYTOCHEMICAL SCREENING OF THE MIRABILIS JALAPA LINN PLANT: CASE STUDY IN HOLGUÍN	149
APLICACIÓN DEL MÉTODO SIMUS PARA LA OPTIMIZACIÓN MULTICRITERIO – MULTIOBJETIVO EN UN PARQUE EÓLICO	153
ANÁLISIS DAFO-CAME DE LA GESTIÓN AMBIENTAL DE UNA EMPRESA MEDIANTE EL PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO EN AMBIENTE NEUTROSÓFICO	159
MODELACIÓN DE INUNDACIONES CON EL USO DEL HEC-RAS (2D)	163
ANÁLISIS DE LAS MANIFESTACIONES PSICOLÓGICAS DE LAS MADRES DE LOS NIÑOS COMO PARÁLISIS CEREBRAL MEDIANTE MÉTODOS DE DECISIÓN MULTICRITERIO...	169
A MODEL OF ORGANIZATIONAL CHANGE MANAGEMENT FOR STRATEGY IMPLEMENTATION	175
CONSIDERATIONS OF THE SOCIAL IMPLICATION OF TECHNOLOGY TRANSFER IN THE SCIENCES OF CUBAN NURSING	181
NANOPARTÍCULAS POLIMÉRICAS DE ZINC Y SU POTENCIAL USO COMO AGENTES DE BIOFORTIFICACIÓN.	185
EVALUACIÓN DE ALGORITMOS DE APRENDIZAJE AUTOMATIZADO PARA LA PROYECCIÓN DE LA DEMANDA DE CLIENTES DE UNA INSTALACIÓN HOTELERA.....	191
DETECTING CEREBELLAR FISSURES WITH CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS	197
OPORTUNIDADES Y VALORES DE LA INDUSTRIA 5.0 EN LA GESTIÓN DE LA PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES	203
STUDY OF THE RESISTIVE CHARACTERISTICS OF COMPOSITE CORRUGATED ROOF TILES IN EXTREME WIND CONDITIONS	213
CHECKING THE WORKFLOW FOR RISK MANAGEMENT IN THE TOTAL COST OF INVESTMENT	217
DIMENSIONS AND ATTRIBUTES OF EQUITY VALUE IN RESOURCES BUILT FOR MANAGEMENT PURPOSES	221
DELIMITATION OF HISTORIC URBAN LANDSCAPE SCENIC UNITS INTO SIGNIFICANT VIEWS MANAGEMENT.....	225
EMPLEO DE LA TECNOLOGÍA INSAR PARA EVALUAR LA VULNERABILIDAD DE EMPLAZAMIENTOS MINEROS ANTE LA SUBSIDENCIA. ESTADO ACTUAL Y PERSPECTIVAS.....	231
EXOESQUELETO PARA REHABILITACIÓN DE MIEMBRO SUPERIOR	237

DISEÑO, DESARROLLO Y TESTEO DE COPA MENSTRUAL INTELIGENTE CON RECONOCIMIENTO DE POSICIÓN Y AVISO DE LLENADO.....	241
DISEÑO Y DESARROLLO DE SISTEMA IOT PARA EL CONTROL Y MONITORIZACIÓN DE PERSONAS	247
SISTEMA LUMÍNICO PARA LA MEDICIÓN DE LA REACCIÓN MOTORA	253
SISTEMA INTEGRAL DE AYUDA A LA CONDUCCIÓN MEDIANTE PROCESAMIENTO CON REDES NEURONALES CONVOLUCIONALES.....	259
HERRAMIENTA DE VISUALIZACIÓN, ANÁLISIS Y CONVERSIÓN DE DATASETS ANALÓGICOS A IMÁGENES PARA SU POSTERIOR PROCESADO POR DEEP LEARNING .	265
APLICACIÓN DEL MÉTODO KANO EN EL DISEÑO CONCEPTUAL DE BIPEDESTADORES PARA NIÑOS CON PARÁLISIS CEREBRAL	271
DESARROLLO DE NANOESTRUCTURAS DE TRIACETATO DE CELULOSA CON POTENCIALES APLICACIONES INGENIERILES	277

PRÓLOGO

La Universidad, como centro de educación Superior, tiene objetivo la formación específica en cada rama del conocimiento, así como la generación y transferencia de conocimientos. Para estar en la vanguardia del conocimiento, la investigación es uno de los pilares fundamentales; la creación de nuevos conocimientos es el soporte científico y técnico necesario para la innovación y el avance.

En este contexto, la Escuela Politécnica Superior (EPS) de la Universidad de Sevilla trata de promocionar la investigación a través de diversas actividades como son las Jornadas de Investigación, Desarrollo e Innovación, que en el curso 2021/22 han alcanzado su octava edición. En este evento, se presentan los avances en investigación en diversas ramas de la Ciencia y la Ingeniería, con participación de estudiantes de todos los niveles, así como del personal docente e investigador no solo de este centro, sino que contribuyen participantes de más de 8 países. El carácter multidisciplinar conlleva a establecer sinergias entre grupos de investigación de diferentes disciplinas, compaginando el conocimiento científico desde la investigación básica con la aplicada, además de aprovechar las diferentes instalaciones de investigación. La ciencia fundamental ayuda a comprender los fundamentos fenomenológicos, mientras que la ciencia aplicada se centra en los productos y desarrollos tecnológicos, destacando la necesidad de realizar una transferencia de conocimiento a la sociedad y los sectores industriales. Este libro recoge alguno de los trabajos presentados 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).

COMUNICACIONES ORALES

CARACTERIZACIÓN DE LA IMPEDANCIA ELÉCTRICA DE IMPLANTES DE TITANIO POROSO MODIFICADOS SUPERFICIALMENTE CON LÁSER DE FEMTOSEGUNDO

Paula Navarro^{1,3}, Alberto Olmo^{1,2}, Marleny Rodríguez-Albelo³ y Yadir Torres³

¹*Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática, Departamento de Tecnología Electrónica, Universidad de Sevilla, Sevilla*

²*Instituto de Microelectrónica de Sevilla, IMSE-CNM, Sevilla*

³*Escuela Politécnica Superior, Departamento de Ingeniería y Ciencia de los Materiales y del Transporte, Universidad de Sevilla, Sevilla*

E-mail de correspondencia: aolmo@dte.us.es

RESUMEN

En este trabajo, se evalúa la impedancia eléctrica de distintas muestras de titanio poroso modificadas superficialmente con un láser de femtosegundo; como método experimental para caracterizar la macroporosidad inherente al proceso de fabricación y el efecto del tratamiento superficial de los discos. El estudio se realiza sobre discos con distinto contenido en volumen y rango de tamaño de poros. Las medidas de impedancia eléctrica se realizaron usando el Hewkett-Packard 4395A de Agilent. Los resultados revelan la potencialidad de esta técnica de medida en términos de ventajas frente a técnicas más engorrosas y costosas, permitiendo de forma semi-cuantitativa relacionar las medidas de impedancia con el contenido y tamaño de los poros, así como detectar el efecto de la modificación superficial generada con el láser de femtosegundo (microporosidad adicional y capa de óxido de titanio).

1. INTRODUCCIÓN

La utilización de biomateriales para la fabricación de implantes como solución a los daños a los que están expuestos los tejidos óseos, permite a los pacientes mejorar su calidad de vida. El titanio y sus aleaciones son excelentes elecciones, sin embargo, hay aspectos que comprometen su uso como biomaterial asociados a una mala osteointegración (Liu, Liu, & Wang, 2019). Este problema se ha abordado mediante el diseño y fabricación de materiales porosos y el estudio de la modificación de la superficie del implante para promover la proliferación, diferenciación y adhesión de las células del tejido. Los tratamientos con láser de femtosegundo son los más utilizados en aplicaciones biomédicas, ya que poseen una duración de pulso más corta y consiguen obtener gran variedad de estructuras superficiales (Rodríguez *et al.*, 2020).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Piezas porosas vírgenes y tratadas con femtosegundo

En este trabajo se utilizaron 18 discos fabricados con titanio comercialmente puro (grado VI), cuyas dimensiones eran de 12 mm de diámetro y unos 4 mm de grosor. Se fabricaron dos muestras totalmente densas mediante pulvimetallurgia convencional, prensado y sinterizado. Las 16 muestras porosas se obtuvieron mediante la técnica space-holder, mezclando el polvo de titanio con volúmenes de espaciador al 30%, 40%, 50% y 60%; eligiendo bicarbonato de amonio (NH_4HCO_4) como espaciador y usando dos rangos de tamaño para estas partículas: 100-200 μm y 355-500 μm (Moriche *et al.*, 2021; Rodríguez *et al.*, 2020).

Tabla 1. Imágenes de la macroestructura de algunas muestras estudiadas antes y después del tratamiento con láser de femtosegundo.

	Antes de FEMTO	Después de FEMTO
Pieza totalmente densa		
30% vol. poroso		

De estos discos, se conservó virgen una muestra de cada tipo, y a la otra, se le realizó una modificación de la superficie mediante irradiación con láser. Se utilizó un láser de fibra dopado con Yb con una longitud de onda de 1040 nm y pulsos de 396 fs a una velocidad de repetición de $f = 100$ kHz. Los parámetros elegidos en (Rodríguez *et al.*, 2020) buscaban la combinación de ondulaciones y microestructuras columnares/micropilares en la superficie.

2.2. HP 4395A

El equipo Hewlett-Packard 4395A de Agilent, permite obtener medidas de impedancia de las piezas de titanio fabricadas, y poder así estudiar y ver las diferencias entre ellas. Si se utiliza como analizador de impedancia, configuración utilizada en este

trabajo, se requiere el kit o módulo de impedancia 43961A. En él se puede encontrar la circuitería electrónica necesaria para realizar las medidas de la impedancia, utilizando el método de medición I-V durante las distintas frecuencias a las que son sometidas las muestras (Ge, 2002).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como era de prever gracias a estudios anteriores (Olmo *et al.*, 2020), las medidas obtenidas para los discos de ambos tamaños de poro, pusieron de manifiesto que existía relación entre el aumento de la porosidad y el aumento de la impedancia. Se observó cómo fue aumentando la impedancia eléctrica conforme aumentaba el porcentaje en volumen de porosidad. También se comprobó cómo el tamaño del poro, influye en los valores de la impedancia. Observando el gráfico 1, vemos que las piezas de tamaño de poro 100-200 μm presentan valores menores de impedancia que las que tiene tamaño de poro mayor (para ambos porcentajes de porosidad).

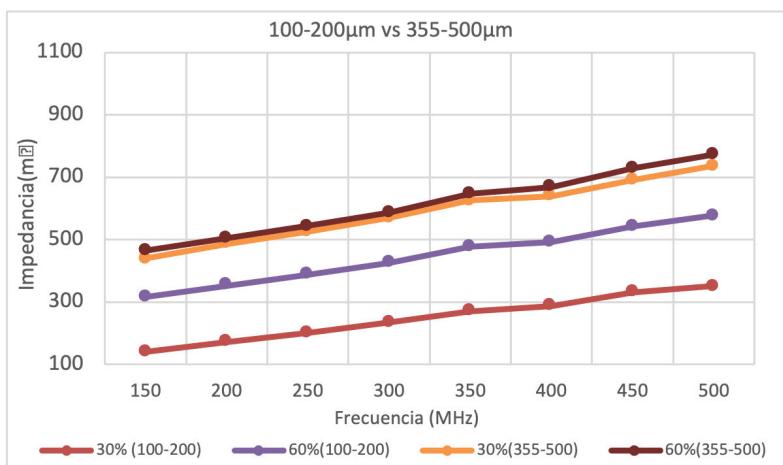


Gráfico 1. Comparación de las piezas al 30% y 60% de volumen poroso en ambos rangos de tamaño de poro.

En cuanto a las diferencias aportadas por la modificación de la superficie de las piezas de titanio con el láser de fermtosegundo, se aprecia un aumento considerable en el módulo de la impedancia eléctrica, como podemos ver en el gráfico 2.

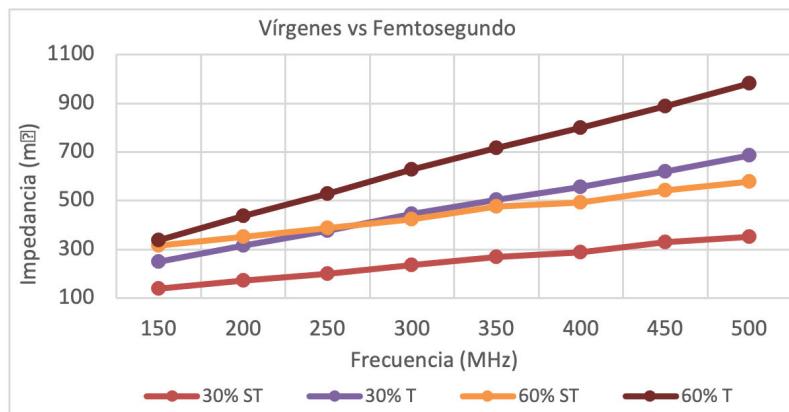


Gráfico 2. Comparación de las piezas al 30% y 60% de volumen poroso vírgenes y tratadas con femtosegundo.

Las piezas tratadas mostraron unos valores mayores a los obtenidos en las piezas sin tratar, esto se debe a que las ablaciones con láser femtosegundo, dan lugar en ocasiones, a una mayor porosidad y rugosidad en las piezas; debido a que consigue producir una gran variedad de nanoestructuras, múltiples patrones paralelos de superficie con pilares y microrugosidades; por lo que, al aumentar la porosidad de las muestras, se produce ese aumento de la impedancia. En cuanto a la relación de aumento de la impedancia con el porcentaje de volumen de porosidad, se siguió conservando. Como se ha podido observar en el gráfico 2, los valores de impedancia son directamente proporcionales al porcentaje en volumen de porosidad de las muestras. Para las piezas del rango de tamaño de poro mayor, el aumento de la impedancia eléctrica en las piezas tratadas también se pudo apreciar.

4. CONCLUSIONES

El método seguido en este proyecto, ha obtenido unos resultados que demuestran la fiabilidad de esta metodología y del equipo empleado para su desarrollo. Como se había visto anteriormente, los resultados han confirmado la relación directa de la porosidad y el tamaño de poro con la impedancia eléctrica de las piezas de titanio. Observando los resultados obtenidos, se podría afirmar que la modificación de la superficie de las piezas de titanio con el láser de femtosegundo, influye y favorece el aumento de la impedancia eléctrica de estas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ge, F. K.** (2002). Operation Manual HP 4395 Agilent. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952.
- Liu, W., Liu, S., & Wang, L.** (2019). Surface Modification of Biomedical Titanium Alloy: Micromorphology, Microstructure Evolution and Biomedical Applications. *Coatings*, 9(4), 249.
- Moriche, R., Beltrán, A. M., Begines, B., Rodríguez-Ortiz, J. A., Alcudia, A., & Torres, Y.** (2021). Influence of the porosity and type of bioglass on the micro-mechanical and bioactive behavior of coated porous titanium substrates. *Journal of Non-Crystalline Solids*, 551(September 2020), 120436.
- Olmo, A., Hernández, M., Chicardi, E., & Torres, Y.** (2020). Characterization and monitoring of titanium bone implants with impedance spectroscopy. *Sensors (Switzerland)*, 20(16), 1–13.
- Rodríguez, Á., Trueba, P., Amado, J. M., Tobar, M. J., Giner, M., Amigó, V., & Torres, Y.** (2020). Surface modification of porous titanium discs using femtosecond laser structuring. *Metals*, 10(6), 1–18.

SINTERIZACIÓN CONVENCIONAL Y SINTERIZACIÓN POR RESISTENCIA ELÉCTRICA DE LA ALEACIÓN AL-FE (NANO)CRISTALINA Y/O AMORFA PREPARADA MEDIANTE ALEADO MECÁNICO

Petr Urban¹, Fátima Ternero Fernández¹, Raquel Astacio López¹, Francisco G. Cuevas²

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

² Departamento de Ingeniería Química, Química Física y Ciencias de los Materiales, Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Universidad de Huelva, Huelva
E-mail de correspondencia: purban@us.es

RESUMEN

Se ha fabricado polvo amorfo de la aleación Al₇₅Fe₂₅ a partir del polvo elemental cristalino de aluminio puro y hierro puro. El proceso de fabricación del polvo amorfo se ha llevado a cabo mediante molienda mecánica con una duración de hasta 100 horas. El objetivo de este trabajo consiste en determinar la evolución de la compresibilidad y de la capacidad de los diferentes polvos de Al₇₅Fe₂₅, molidos durante diferentes tiempos, para conformar una pieza alcanzando la resistencia en verde para su posterior sinterización. Se han utilizado dos métodos para sinterizar los diferentes polvos metálicos. La sinterización convencional de los polvos que han alcanzado la resistencia en verde y la sinterización por resistencia eléctrica de todos los polvos. Como resultado se puede destacar que solo los polvos molidos hasta 5 horas han alcanzado la resistencia en verde y podrían ser sinterizados por vía convencional. Por otro lado, se discuten las razones por las cuales no ha sido posible sinterizar ningún tipo de polvo de la aleación Al₇₅Fe₂₅ mediante la sinterización por resistencia eléctrica.

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, las aleaciones metálicas nanocrystalinas y/o amorfas se han considerado materiales atractivos con una serie de propiedades únicas como, por ejemplo, la alta dureza y resistencia mecánica (Urban, 2019). Uno de los métodos más utilizados para fabricar polvo amorfo es el aleado mecánico. A parte de los posibles problemas a lo largo de la fabricación de las aleaciones amorfas el siguiente reto es la sinterización de dichos polvos para mantener la fase amorfita en el compacto. El objetivo de este trabajo es determinar el comportamiento de los polvos cristalinos, nanocrystalinos y amorfos bajo presión y la posible sinterización de estos polvos.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La fabricación y caracterización de los polvos amorfos de Al₇₅Fe₂₅ está escrita en el artículo de Urban, 2013. Para la consolidación y sinterización convencional se ha utilizado prensa Suzpecar MUE-60 y horno de tubo horizontal LINDBERG, modelo 54553-H, respectivamente. 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 (entre 5.0 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.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Después de realizar moliendas del polvo Al₇₅Fe₂₅ hasta las 100 horas, y a partir de los estudios detallados en el artículo de Urban, 2013, se ha determinado que tras la molienda de 20 horas existen todavía restos de fase nanocrystalina junto con fase amorfa. A partir de 50 h de molienda el polvo es completamente amorfo.

En el proceso de compactación de los polvos se puede apreciar en las curvas de compresibilidad (Gráfico 1) que el aluminio es más dúctil que el hierro y alcanza su máxima densidad relativa, unos 98%, con tan solo 500 MPa. Por otro lado, el hierro aumenta su densidad relativa continuamente a medida que aumenta la presión aplicada, alcanzando finalmente un 98% de la densidad relativa con 1200 MPa. La curva de compresibilidad de la mezcla de Al y Fe se parece a la del aluminio puro, ya que en la mezcla hay un 75% atómico de aluminio. Por su parte, en las curvas del polvo molido se puede apreciar la evolución de los efectos de soldadura y fractura de las partículas durante la molienda y el consecuente endurecimiento por aleación y deformación. Como aumenta el tiempo de la molienda aumenta la dureza del polvo y la compactación se hace cada vez más difícil. En la molienda de una hora, donde predomina la soldadura frente a la fractura de las partículas, el polvo no sufre un endurecimiento importante y con la presión máxima, de 1200 MPa, se alcanza densidad relativa de 96%. En el polvo molido durante 5 h empieza a predominar la fractura sobre la soldadura, el polvo se está endureciendo y la compresibilidad del polvo no es mayor que 87%. Por último, las curvas de la mezcla molida con 20, 50 y 100 horas tienen las típicas características de un polvo duro, ya que incluso con presiones altas se alcanza un máximo de unos 76%, 76% y 78% de la densidad relativa, respectivamente. Este endurecimiento de las partículas hace que resulte imposible prensar el

pollo con el objetivo de conseguir un compacto en verde, desmoronándose los compactos después de sacarlos de la matriz. Los únicos compactos que han alcanzado la resistencia en verde y que han podido ser sinterizados convencionalmente, han sido los polvos en E. R. y los polvos molidos durante 1 y 5 h.

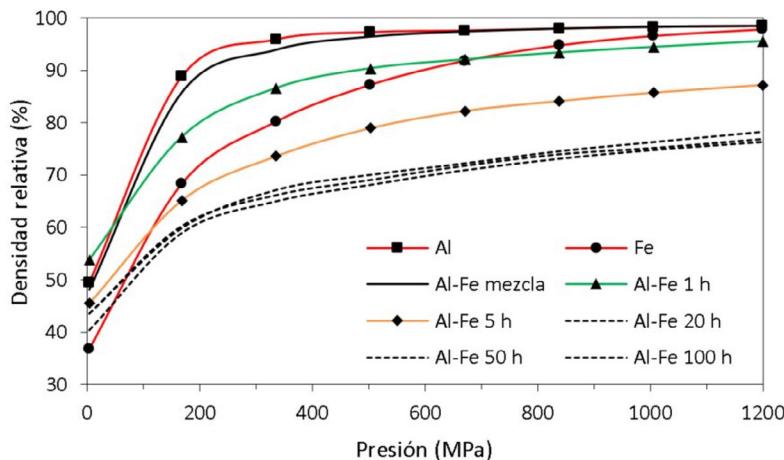


Gráfico 1. Curvas de compresibilidad de los polvos en E.R., de la mezcla sin moler y de la mezcla molida durante 1, 5, 20, 50 y 100 horas.

Fuente: elaboración propia.

A parte de la consolidación y sinterización convencional se ha intentado sinterizar el polvo sin moler y molido con un método novedoso de sinterización por resistencia eléctrica. Sin embargo, el polvo de Al-Fe es muy difícil de sinterizar por resistencia eléctrica debido a su fácil oxidación. En particular, en la aleación de Al-Fe estudiada hay mucha cantidad de aluminio, un 75% atómico, con lo cual no se puede sinterizar ni con las intensidades más altas (8 kA) ni con tiempos prolongados (80 ciclos o 1.6 s) (Gráfico 2). La única posibilidad para conseguir sinterizar este polvo podría ser utilizar una cámara protectora a la hora de sacar el polvo de la molienda y proteger así el polvo molido del contacto con el oxígeno de la atmósfera, o sinterizar el polvo con un equipo de consolidación por descarga de condensadores, el cual se está desarrollando actualmente en nuestro laboratorio. En esencia, dicho equipo permite aplicar alta intensidad (en torno a 5 kA) y media tensión (en torno a 100-200 V). La diferencia fundamental con el equipo de SRE se encuentra pues en la mayor tensión, capaz de provocar la ruptura dieléctrica de las capas de óxido que envuelven a las partículas de polvo. Para comparación, se puede observar en el Gráfico 2 curva SRE del polvo amorfo de la aleación $\text{Al}_{50}\text{Ti}_{50}$ sinterizada de manera correcta, donde la intensidad después de pocos ciclos alcanza el valor deseado de 8 kA y esta intensidad de mantiene el resto de tiempo, hasta el total de 80 ciclos.

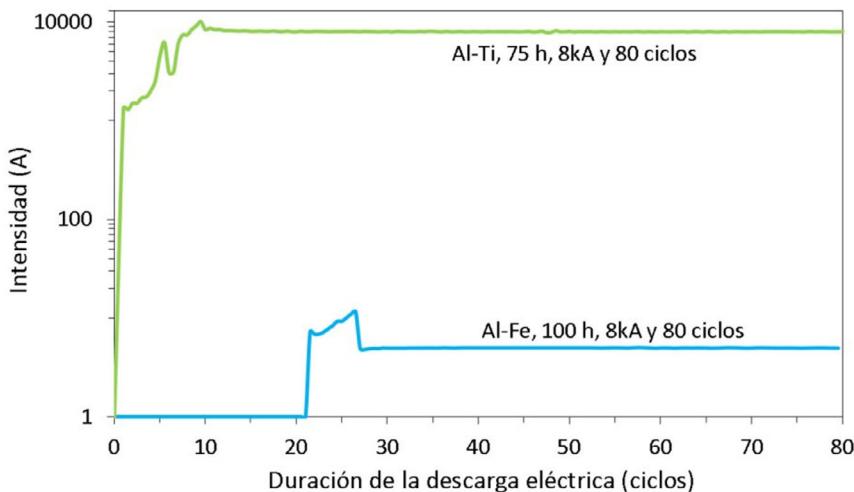


Gráfico 2. Evolución de la intensidad en un proceso de SRE del polvo $\text{Al}_{75}\text{Fe}_{25}$ y $\text{Al}_{50}\text{Ti}_{50}$.
Fuente: elaboración propia.

4. CONCLUSIONES

Se ha investigado la compresibilidad del polvo $\text{Al}_{75}\text{Fe}_{25}$ sin moler y molido durante 1, 5, 20, 50 y 100 h. A partir de 1 h de molienda el polvo se está endureciendo y la densidad relativa disminuye hasta los valores mínimos de unos 76% para polvos molidos más que 20 h. La consolidación y sinterización convencional es exitosa para polvos en E. R. y molidos hasta 5 h. Por lo contrario, la aleación $\text{Al}_{75}\text{Fe}_{25}$ es imposible de sinterizar por resistencia eléctrica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Urban, P.** (2019). Amorphous Al-Ti Powders Prepared by Mechanical Alloying and Consolidated by Electrical Resistance Sintering. *Metals*, 9(11), 1140-1153. <https://doi.org/10.3390/met9111140>
- Urban, P.** (2013). Solid state amorphization in the Al-Fe binary system during high energy milling. *AIP Conference Proceedings*, 1569, 476-479. <https://doi.org/10.1063/1.4849319>

REFORZAMIENTO DE BIOPLÁSTICOS DE PROTEÍNA DE GUISANTE MEDIANTE TRATAMIENTO TÉRMICO

Pablo Cuartero¹, Víctor Pérez-Puyana¹, Mercedes Jiménez-Rosado¹, Inmaculada Martínez² y Alberto Romero¹

¹Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Sevilla, Sevilla

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

E-mail de correspondencia: pabcuagar@us.es

RESUMEN

La acumulación de plásticos ha generado la necesidad de crear envases biodegradables que al mismo tiempo permitan la conservación eficiente de los productos. En este sentido, los bioplásticos a partir de subproductos son una alternativa prometedora, pero debido a sus limitadas propiedades necesitan tratamientos adicionales para competir con los plásticos convencionales. Entre ellos, el reforzamiento físico es de especial interés, ya que no genera problemas de toxicidad. De esta forma, el objetivo general de este trabajo fue desarrollar bioplásticos mediante moldeo por inyección, usando concentrado proteico de guisante y glicerina como plastificante, así como un método físico de reforzamiento mediante tratamientos térmicos a diferentes condiciones. Así, se compararon diferentes bioplásticos en función de sus propiedades fisicoquímicas, mecánicas y funcionales. Los resultados de las propiedades fisicoquímicas dan indicios de la presencia de reacciones secundarias durante los tratamientos térmicos. Esto conduce a una mejora de las propiedades mecánicas de los bioplásticos, aunque reduce su capacidad de absorción de agua. Estos bioplásticos abren una vía para el uso de bioplástico como alternativa a los plásticos convencionales.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día, el uso masivo de plásticos convencionales supone un grave problema para el medio ambiente, dicho problema proviene de la producción de dichos plásticos y de su acumulación. Para intentar solucionar el problema expuesto, en este trabajo se plantean los bioplásticos como solución. Según “European Bioplastics”, los bioplásticos son aquellos plásticos de origen biológico, o biodegradable o ambas cosas.

Cabe destacar que esta solución colabora de forma directa con algunos de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible y, además sigue la hoja de ruta marcada por el Pacto Verde Europa a finales de 2019.

El principal problema que tienen los bioplásticos es que poseen peores propiedades mecánicas que los plásticos convencionales, por esto, el objetivo de esta investigación es el desarrollo de bioplásticos a partir de un concentrado de proteína de guisante usando tratamientos térmicos como reforzamiento físico para la mejora de sus propiedades.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Para la fabricación de bioplásticos se usó proteína de guisante como biopolímero y glicerina como plastificante (relación 60/40 proteína/plastificante), mezclando a 25°C durante 10 min a 50 rpm. Posteriormente, a partir de la masa se fabrican los bioplásticos mediante moldeo por inyección. Las condiciones del moldeo fueron 50°C como temperatura de cámara de preinyección, 130°C como temperatura de molde, 500 bares durante 20 segundos en la presión de inyección y 200 bares durante 200 segundos como presión post-inyección.

Tras esto, se llevó a cabo un tratamiento térmico a diferente temperatura (50 y 120°C) y tiempo (4 y 24 h). A continuación, se llevó a cabo la caracterización de los diferentes sistemas:

Grado de entrecruzamiento

Para determinar el grado de entrecruzamiento se hizo una extracción de las proteínas disponibles en el bioplástico en un disolvente y se aplicó el método de Markwell. El grado de entrecruzamiento se determina tomando como referencia el sistema sin ningún tratamiento adicional.

Caracterización Mecánica

Se realizaron ensayos dinámicos de flexión, en concreto barridos de deformación para determinar el rango viscoelástico lineal y barridos de frecuencia, presentando los valores del módulo elástico y la tangente de delta a 1 Hz (E'_1 y $\tan(\delta)_1$). Además, se realizaron ensayos de tracción estática según la norma ASTM D638-14, determinando la deformación en la rotura, módulo de Young y esfuerzo máximo.

Caracterización Funcional

Se determinaron la capacidad de absorción de agua y pérdida de material soluble siguiendo las ecuaciones 1 y 2. Para ello, se introdujo el bioplástico en agua durante

24 h y se determinó su peso antes (P_1) y después (P_2). A continuación, se seca la probeta en el horno a 120°C durante 1 hora (P_3).

$$\% \text{Capacidad de absorción de agua: } \frac{P_2 - P_1}{P_1} * 100 \quad (1)$$

$$\% \text{Pérdida de material soluble: } \frac{P_1 - P_3}{P_1} * 100 \quad (2)$$

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Grado de entrecruzamiento

Los resultados del grado de entrecruzamiento se muestran en la Tabla 1. Se observa como todos los sistemas han sufrido un aumento del grado de entrecruzamiento, destacando el sistema de 120°C/24h (25% aprox.).

Tabla 1. Grado en entrecruzamiento (Grado Entrecr.) y resultados de los parámetros correspondientes a la caracterización mecánica.

	Grado Entrecr. (%)	E'_1 (Pa)	$\tan(\delta)_1$	Tensión Máxima (MPa)	Deformación rotura (mm/mm)	Módulo Young (MPa)
Referencia	-	$8,09 \cdot 10^6$ ^a	0,257 ^a	2,80 ⁱ	0,62 ⁺	64,29*
50°C/24h	16,8 ^A	$2,61 \cdot 10^9$ ^b	0,351 ^a	2,60 ⁱ	0,66 ⁺	58,75*
120°C/4h	14,4 ^A	$2,62 \cdot 10^9$ ^b	0,261 ^a	5,70 ⁱⁱ	0,22 ⁺⁺	216,93**
120°C/24h	24,3 ^B	$3,28 \cdot 10^9$ ^b	0,189 ^b	7,90 ⁱⁱⁱ	0,17 ⁺⁺	238,33**

3.2. Caracterización mecánica

Según la Tabla 1, se puede observar como todos los sistemas sufren un aumento significativo del módulo elástico respecto al sistema de referencia, aunque no existen diferencias significativas entre los sistemas. Por otro lado, salvo el sistema 120°C/4h no hay variaciones significativas en $\tan(\delta)_1$.

Según los parámetros obtenidos de los ensayos de tracción (Tabla 1), se observan las diferencias entre estos dos comportamientos: los sistemas de 120°C son más rígidos con mayor tensión máxima superior y módulo de Young pero menos deformables con menor deformación en la rotura. Sin embargo, el sistema de 50°C no sufre ninguna diferencia significativa respecto al sistema de referencia. Por último, vemos que si prolongamos el tratamiento térmico de 120°C la tensión máxima sufre un aumento significativo respecto al sistema de 120°C/4h.

3.3. Caracterización funcional

En la Tabla 2 se concentran los resultados de la caracterización funcional. Cuando se aplica el tratamiento térmico con 120ºC, se observa que cuanto más tiempo dure este, menor será la capacidad de absorción de agua, encontrando diferencias significativas en el tratamiento de 120ºC/24h. En cambio, con un tratamiento térmico de 50ºC/24h sucede todo lo contrario, aumenta la capacidad de absorción de agua de manera significativa. Además un tratamiento térmico más intenso conduce a una menor pérdida de material soluble.

Tabla 2. Capacidad de absorción de agua y pérdida de material soluble.

	% Absorción de agua	% Pérdida material soluble
Referencia	92,53 ± 4,14 ^A	47,65 ± 1,83 ^a
50ºC/24h	107,65 ± 1,99 ^B	49,90 ± 0,81 ^a
120ºC/4h	80,75 ± 5,29 ^A	41,56 ± 2,76 ^B
120ºC/24h	46,48 ± 2,19 ^C	36,06 ± 1,37 ^v

4. CONCLUSIONES

A modo de conclusión general, se puede afirmar que en los tratamientos térmicos la temperatura juega un papel muy importante, de ella depende la variación de las propiedades del bioplástico, demostrando que es posible modular el tratamiento térmico (tiempo y temperatura) en función de las propiedades requeridas asociadas a una aplicación.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo financiero del Gobierno de España (MINECO/FEDER, EU) por la concesión de un proyecto (Ref. RTI2018-097100-B-C21). Los autores agradecen el apoyo de la Junta de Andalucía junto a la Universidad de Sevilla por la concesión de un contrato postdoctoral a Víctor Manuel Pérez Puyana, gracias al Fondo Social Europeo (Convocatoria 2019-20).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASTM D638-14. (2014). *Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics.*

Felix, M., Perez-Puyana, V., Romero, A., & Guerrero, A. (2016). Production and Characterization of bioplastics obtained by injection moulding of various protein systems. *Journal of Polymers and the Environment*, 25: 91-100.

Pérez-Puyana, V., Félix, M., Romero, A., & Guerrero, A. (2016). Development of pea protein-based bioplastics with antimicrobial properties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97:2671-2674.

EXPERIENCIA EN LA IMPLEMENTACIÓN DE ALGORITMOS Y TÉCNICAS PARA LA DETECCIÓN TEMPRANA DE INCENDIOS CON REDES INALÁMBRICAS DE SENsoRES MULTIMEDIA

Sebastián García¹, Diego Francisco Larios¹, Javier M. Mora-Merchan¹, Enrique Personal¹, Julio Barbancho¹ y Antonio Parejo¹

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

E-mail de correspondencia: sgarcia15@us.es

RESUMEN

Los incendios plantean un grave problema no solo para los montes y bosques sino también para fauna que vive en ella. En este sentido, una política de detección temprana resulta esencial para controlar y sofocar rápidamente el incendio. Como solución para la detección temprana se plantea el uso de técnicas y algoritmos de tratamiento de imágenes basados en aprendizaje automático que puedan ser ejecutados en Redes de Sensores Multimedia (WMSN). En concreto, se plantea el despliegue de nodos capaces de capturar y procesar en local (edge computing) imágenes térmicas y/o visibles, así como información ambiental. Se han realizado pruebas de la solución propuesta durante una quema controlada junto al servicio INFOCA con resultados prometedores.

1. INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años las Redes Inalámbricas de Sensores Multimedia (WMSN por sus siglas en inglés) han ido ganado protagonismo. Estas redes, a diferencia de las convencionales, no solo son capaces de capturar datos escalares, sino que también permiten la adquisición de señales multimedia: audio y video. Desde el grupo de investigación TIC-150 de la Universidad de Sevilla, se desarrolló una propuesta de red de WMSN completa: desde el diseño hardware de los nodos, pasando por los sistemas de comunicaciones, soporte y gestión de la red hasta llegar a sistemas de supervisión (García *et al.* 2019). La red propuesta está pensada principalmente para aplicaciones de monitorización ambiental. Entre las posibles aplicaciones, una de ellas es la detección temprana de incendios forestales.

Los incendios forestales suponen un grave problema. Las políticas de prevención resultan fundamentales, pero estas no evitan al cien por cien que anualmente se sigan produciendo incendios que acaban con miles de hectáreas de terreno. Como solución, los nodos de la red planteada incorporan cámaras térmicas y visibles, así

como sensores ambientales (temperatura, velocidad y dirección de viento, humedad, lluvia, etc.) con los que se pueden plantear sistemas de detección temprana con las que avisar a los grupos de extinción para sofocar los posibles incendios.

Este trabajo cuenta la experiencia en el desarrollo de técnicas y algoritmos de visión artificial para la detección de incendios usando la red propuesta.

2. PROBLEMÁTICA Y ESTADO DEL ARTE

Las técnicas clásicas de detección de incendios se basan en el empleo de técnicas basadas en color y textura (Chino *et al.*, 2015; Jing Shao, Guanxiang Wang, y Wei Guo 2012). Aunque estas técnicas son ligeras y pueden ser fácilmente implementadas en los nodos, tienen un elevado número de falsos positivos. Para evitar esto, algunos algoritmos incluyen el uso de características temporo-espaciales (Yuan *et al.* 2018). El problema de estos es que, al necesitar una secuencia de imágenes, implica que el nodo tendría que despertarse en cortos períodos de tiempo para la captura de imágenes, elevando el consumo energético.

Hay que recordar que las WMSN para monitorización ambiental son sistemas autosuficientes energéticamente, obteniendo su energía de baterías y/o paneles fotovoltaicos por lo que su energía es limitada. Por lo que, un volumen de captura de imágenes elevado no es viable ni en un enfoque de procesado edge ni en un enfoque de streaming y procesado en cloud. En el enfoque edge el consumo no sería asumible y en un enfoque cloud se saturaría el canal de comunicaciones entre nodos (García *et al.*, 2019). Las técnicas presentadas en este trabajo buscan evitar tener que usar características temporo-espaciales pero a la vez manteniendo un bajo número de falsos positivos.

3. CASO DE ESTUDIO

Gracias a la colaboración del servicio INFOCA se pudo asistir a una quema controlada en la que se pudieron poner a prueba la WMSN propuesta y algunos de los algoritmos propuestos. Se instalaron dos nodos fijos y dos móviles con los que capturar imágenes. Durante la quema se probó un algoritmo heurístico usando la imagen térmica capturada por el nodo y que se ejecuta en el mismo (enfoque edge). En la Figura 1 se puede ver una composición de imágenes donde se ve el nodo WMSN propuesto, así como imágenes procesadas durante la quema controlada. Los resultados del algoritmo heurístico propuesto se pueden ver en la matriz de confusión de la Figura 2.

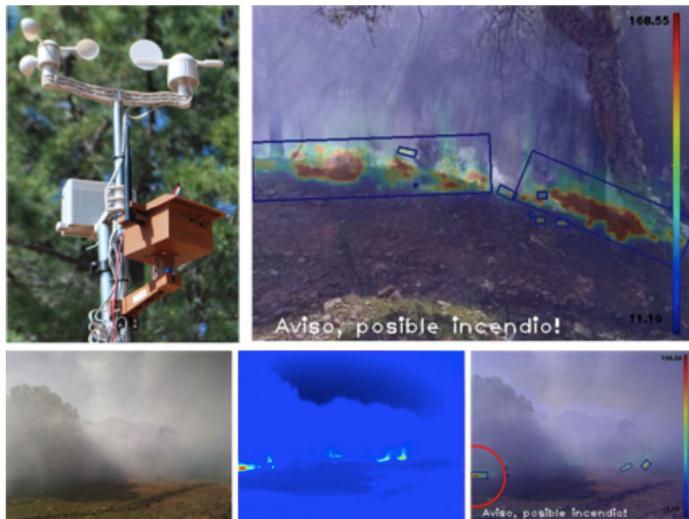


Figura 1. Composición: nodo (superior izquierda), imagen procesada (superior derecha), escena vista desde cámara visible, térmica e imagen procesada (imágenes inferiores)

Fuente: (elaboración propia).

	None	Fire	Accuracy:	0.989
None	1383	11	F1:	0.971
Fire	17	310	MCC:	0.965

Figura 2. Matriz de confusión y métricas del algoritmo tras la quema controlada.

Fuente: (elaboración propia).



Figura 3. Segmentación de humo usando técnicas de Deep Learning.

Fuente: (elaboración propia).

Actualmente se está trabajando en la detección de humo usando técnicas de segmentación de Deep Learning basadas arquitecturas tipo U-Net. Los resultados preliminares se pueden ver en la Figura 3.

4. CONCLUSIONES

Las WMSN pueden ser una herramienta que ayude a la detección temprana de incendios. En este trabajo se cuenta la experiencia en el desarrollo de técnicas de detección usando este tipo de redes. Los experimentos efectuados en una quema controlada junto al servicio INFOCA muestran resultados prometedores para el sistema propuesto.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Agencia de Medio Ambiente y Agua de Andalucía (AMA-YA) y al Servicio de Extinción de Incendios Forestales de Andalucía (INFOCA) por su ayuda en la toma de imágenes. A los autores también les gustaría agradecer a Julián Rodríguez Galán y a Francisco Romero Hinojosa su colaboración en el montaje y despliegue de los nodos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Chino, Daniel Y. T., Letricia P. S. Avalhais, Jose F. Rodrigues, y Agma J. M. Traina.** (2015). «BoWFire: Detection of Fire in Still Images by Integrating Pixel Color and Texture Analysis». Pp. 95-102 en *2015 28th SIBGRAPI Conference on Graphics, Patterns and Images*.
- García, Sebastián, Diego F. Larios, Julio Barbancho, Enrique Personal, Javier M. Mora-Merchán, y Carlos León.** (2019). «Heterogeneous LoRa-Based Wireless Multimedia Sensor Network Multiprocessor Platform for Environmental Monitoring». *Sensors* 19(16):3446. doi: 10.3390/s19163446.
- Jing Shao, Guanxiang Wang, y Wei Guo.** (2012). «An image-based fire detection method using color analysis». Pp. 1008-11 en *2012 International Conference on Computer Science and Information Processing (CSIP)*.
- Yuan, Jie, Lidong Wang, Peng Wu, Chao Gao, y Lingqing Sun.** (2018). «Detection of Wildfires along Transmission Lines Using Deep Time and Space Features». *Pattern Recognition and Image Analysis* 28(4):805-12. doi: 10.1134/S1054661818040168.

SISTEMA CIBER-FÍSICO APLICADO AL MANTENIMIENTO PREDICTIVO EN EL SECTOR HOTELERO

Samuel Domínguez Cid^{1,*}, Javier Antonio Guerra Coronado², Julio Barbancho Concejero³, Francisco Javier Molina Cantero⁴, Diego Francisco Larios Marín⁵, Carlos León de Mora⁶

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

E-mail de correspondencia: sdcid@us.es

RESUMEN

El sector turístico es clave para la economía española, por lo que desarrollos e innovaciones en términos de digitalización son necesarios para mejorarlo. Para ello, se plantea la utilización de sistemas ciber-físicos, los cuales parten del concepto de la virtualización de la planta mediante la adquisición de los estados de los equipos físicos. A partir de esta esta información, y mediante algoritmos específicos, se realizan acciones para cerrar los lazos de control, fomentando la digitalización del sector industrial. En este sistema ciber-físico se va a utilizar una aplicación de mantenimiento predictivo de los equipos de clima. Se ha desarrollado una red de adquisición de datos con algoritmos que se encarguen de la gestión y procesado de datos. Estos sistemas tienen conectividad a internet. Por último, cerrando el lazo de control, se actúa sobre el sistema cambiando el estado físico de los equipos. Este sistema se ha desplegado sobre una instalación hotelera específica, pudiendo ser interoperable con tecnologías de terceros.

1. INTRODUCCIÓN

En España el turismo es una de las principales actividades alcanzando en 2019 un 12,4 % [1] del producto interior bruto del país, siendo la cifra de unos 154.487 millones de euros. Además, este sector aportó al empleo un total de 2,72 millones de puestos de trabajos, representando un 12,9% del empleo total del país [1]. Debido a la importancia de este sector, es vital atender a su estructura de costes, donde la energía y mantenimiento pueden suponer entre un 14% hasta un 22% del total. Adicionalmente, los consumos de climatización suponen aproximadamente un 42% de la energía total demandada [2]. En las labores de mantenimiento se ha de cumplir la regulación vigente definida en el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios. Como se puede extraer de él, [3] las empresas mantenedoras realizan un exhaustivo mantenimiento preventivo según dicta la Instrucción Técnica 3, lo que supone que estas labores no sean efectivas. El mantenimiento predictivo permite

optimizar los costes económico y cumplir con las necesidades del sector hotelero [4], aunque las inversiones que conlleva su implantación, con los productos comerciales actuales, son elevadas. Por lo que, surge la necesidad de desarrollar un nuevo producto o servicio que permita ofrecer un mantenimiento predictivo de bajo coste, aumentando la eficiencia energética de las instalaciones y reduciendo los consumos energéticos.

2. SOLUCIÓN PROUESTA

La solución propuesta es un sistema ciber-físico, Figura 1, que parte de la adquisición de los datos mediante una red de sensores. Es decir, se tendrán sensores que van a registrar variables de interés que, mediante un sistema de adquisición de datos, se van a digitalizar y procesar. Adicionalmente, se va a desplegar una aplicación que, a partir de los datos adquiridos y procesados, determina cuándo se ha realizar mantenimiento.

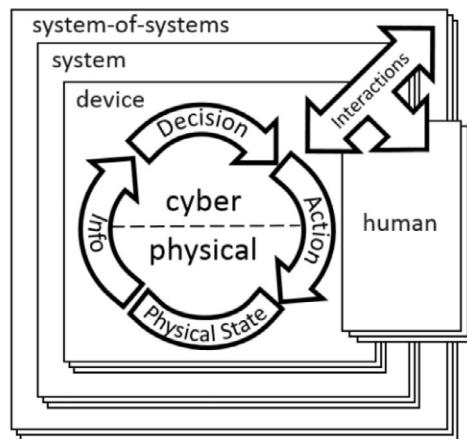


Figura 1. Modelo conceptual de los CPS

Fuente: National Institute of Standard Technology, NIST. [5]

Los sensores utilizados para la adquisición son de temperatura, intensidad y presión, cuyos valores son obtenidos mediante un sistema de adquisición de datos.

El sistema de adquisición de datos se encargará de la adaptación de los valores tomados de los sensores, la digitalización de los datos y su conversión a valores de ingeniería. Concretamente, este sistema se divide en: un sistema de acondicionamiento de señales, un sistema basado en microcontrolador y un sistema basado en microprocesador.

En el sistema de acondicionamiento, la información tomada de los sensores es adaptada y digitalizada para que un sistema digital pueda interpretarla.

El sistema basado en microcontrolador toma los datos digitalizados de la etapa de acondicionamiento y los convertirá a valores de ingeniería, adaptándolo a un protocolo de comunicaciones propio. Se ha utilizado una tarjeta de desarrollo comercial, Arduino Mega, como sistema basado en microcontrolador.

El sistema basado en procesador se comunicará con el microcontrolador, decodificando el protocolo, procesando la información y teniendo la posibilidad de comunicación con una nube para funcionalidades específicas, como almacenamiento de la información. Para este sistema se ha utilizado una raspberry pi 3. Se han desplegado servicios mediante contenedores software utilizando Docker, permitiendo un rápido despliegue. Los servicios desplegados son MariaDB y Grafana. MariaDB es un sistema de almacenamiento estructurado y persistivo de la información. Grafana es un sistema de visualización de datos que permite crear interfaces personalizados, tanto para los datos históricos, como los valores actuales. En la Figura 2 se puede observar un diagrama en el que se resume la estructura creada.

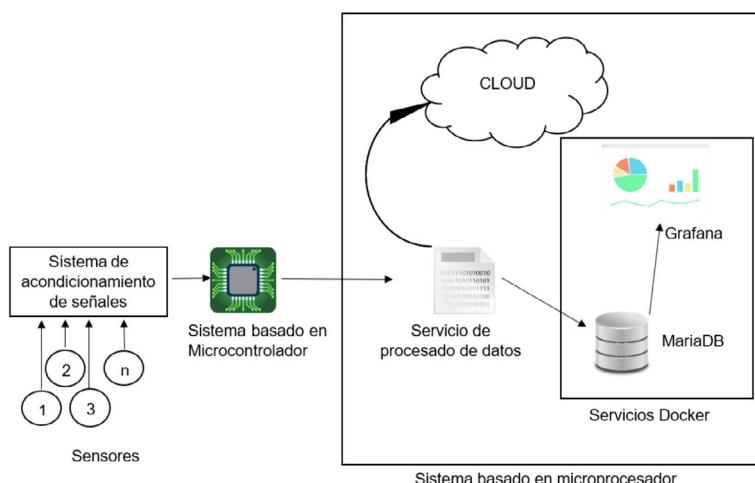


Figura 2. Infraestructura creada para la obtención de datos.

Fuente: Elaboración propia.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Todo el sistema anteriormente descrito se implementa como un sistema ciber-físico, el cual ha sido probado tanto en condiciones controladas en laboratorio como en campo. Concretamente, las pruebas han sido realizadas en un hotel de Sevilla, el

Hotel Barceló Renacimiento. Mediante la adquisición de los datos, se han podido observar las dinámicas de los sistemas, digitalizando y almacenando los estados de los equipos. Se ha creado una aplicación que, a partir de los datos obtenidos, determina la existencia de una probabilidad de que la máquina falle y por lo tanto sea necesario realizar un mantenimiento antes del fallo. Estos resultados son comunicados a la empresa mantenedora de la instalación mediante una interfaz gráfica, a partir de alertas. Con la notificación al técnico mantenedor se cierra el lazo de control del sistema ciber-físico, como se puede ver en la Figura 1. Sus actuaciones pueden cambiar el estado de la máquina, obteniéndose nuevos valores de sus variables. De esta manera se tiene un sistema ciber-físico en el que el lazo de control es el humano.

4. CONCLUSIONES

A partir del paradigma de los sistemas ciber-físicos se ha creado una estructura que permite la adquisición del estado de los equipos de una instalación térmica en el sector hotelero, que digitaliza y procesa los datos en tiempo real en la planta. A partir de la ejecución de una aplicación, se envían alertas al equipo mantenedor para la ayuda a la toma de decisiones en cuestiones de mantenimiento, pudiendo evitar que se detenga el equipo debido a un mantenimiento correctivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] **Instituto Nacional de Estadística (INE).** Aportación del turismo a la economía española – Año 2019 [Online]. Dispone: https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736169169&menu=ultiDatos&idp=1254735576863. Último acceso: 26 de octubre de 2021.
- [2] **C. y E. J. de A. Agencia Andaluza de la Energía.** Consejería de Innovación, “Guía de eficiencia energética en el sector hotelero andaluz.” 2008
- [3] **Ministerio de la Presidencia.** Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios. 29 de agosto de 2007. [Online] Disponible: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2007-15820>. Último acceso: 26 de octubre de 2021.
- [4] **Coandă P., Avram M., and Constantin V.**, “A state of the art of predictive maintenance techniques,” *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 997, p. 012039, Dec. 2020

- [5] **Griffor E. R., Greer C., Wollman D. A., and Burns M. J.**, “Framework for cyber-physical systems: volume 1, overview,” National Institute of Standards and Technology, Jun. 2017.

ALGORITMO DE DETECCIÓN DE ESQUINAS DE PANELES FOTOVOLTAICOS EN IMÁGENES TÉRMICAS OBTENIDAS POR DRON

Daniel Fernández Valderrama¹, Javier M. Mora Merchán¹, Diego Francisco Larios Marín¹, René de la Torre Schröder¹

¹dfvalderrama@us.es; jmmora@us.es; dlarios@us.es; ratorre@osr.solar

E-mail de correspondencia: dfvalderrama@us.es

RESUMEN

Este trabajo pretende localizar visualmente la posición de paneles de una instalación termosolar para, en un procesado posterior, detectar y clasificar fallos en los mismos. Estas imágenes se consiguen gracias al vuelo de un dron sobre la planta fotovoltaica, este dron está dotado con una cámara termográfica que tomará las imágenes. Para realizar esta localización del panel, se han utilizado dos técnicas de localización de esquinas. El primer enfoque ha sido abordado con técnicas clásicas de visión artificial, un conjunto de filtros aplicados sobre las imágenes para destacar la esquina. En la segunda técnica se han empleado técnicas de Deep Learning, un sistema de regresión basado en el aprendizaje de múltiples niveles de características o representaciones de datos. Se aplica la técnica de ventanas deslizantes sobre la imagen original, las cuales serán las entradas de la red neuronal, devolviendo las coordenadas de la esquina en el caso de que exista. Finalmente, se aplica una última función que unifica ambos datos para dar un único resultado final.

1. INTRODUCCIÓN

Debido al elevado auge en las energías renovables, cada vez son más las instalaciones fotovoltaicas que se encuentran en funcionamiento. Este hecho motiva al desarrollo de nuevas técnicas y desarrollos para poder llevar a cabo un cómodo mantenimiento sobre estas instalaciones.

La detección de posibles defectos en los paneles y su reparación, en caso de que sea posible, ayudará a que la planta pueda trabajar en el 100% de su capacidad, para obtener el rendimiento óptimo para el que se ha ideado. De esta forma, se consigue el máximo beneficio de producción de energía para el cual se ha diseñado.

La técnica propuesta en este proyecto, consiste en la toma de datos térmicos de la planta fotovoltaica, ya que las fallas de los paneles son visibles en este espectro. Desarrollando un proceso lo más automatizado posible para todo el proceso. Desde

la obtención de los datos de las imágenes termográficas hasta la evaluación de los fallos.

Para este objetivo, se sobrevuela un dron pilotado sobre la planta fotovoltaica. Dicho dron se dota con la cámara termográfica que toma las imágenes que se procesan a posteriori.

En este trabajo solo se aborda la obtención de los paneles de cada una de las imágenes, debido a que el proyecto completo abarca partes más extensas que no se pueden abordar en tan poco espacio.

2. TÉCNICAS DESARROLLADAS

En este apartado se explican las técnicas desarrolladas para abordar la obtención de datos de las imágenes. Para ello, se debe de localizar cada una de las esquinas de los paneles para poder extraer las temperaturas de los mismos.

2.1 Algoritmos clásicos empleados en visión por computador

Esta técnica permite la localización de los paneles dentro de la imagen gracias al empleo de varios filtros en cascada. En este caso, se han empleado librerías como OpenCV (Bradski, 2000).

En primer lugar, se realiza una corrección de la deformación causada por efecto de la lente. Ya sea debido a una deformación de ojo de pez o de efecto cojín, caracterizada según la cámara utilizada.

Se realiza un realce de los bordes, utilizando un filtro Sobel (Asmaidi *et al.*, 2019), y un binarizado que caracteriza el contorno de los paneles (Figura1.a). Este límite se ha establecido en un valor de 150, dentro de los 255 que puede alcanzar la imagen de un canal al ser valores de 8 bits. Con este resultado se aplica una convolución sobre esta imagen resultante que permite localizar las distintas esquinas orientadas. La imagen resultante consiste en una imagen de un canal en la que los pixeles de mayor valor coinciden con la esquina definida en la matriz que se aplica (Figura1.b). Definiendo un umbral límite quedan ubicadas estas coordenadas dentro de la imagen.

El resultado final se marca con diferentes colores indicando las diferentes localizaciones de las esquinas según las diferentes orientaciones (Figura1.c y Figura1.d).

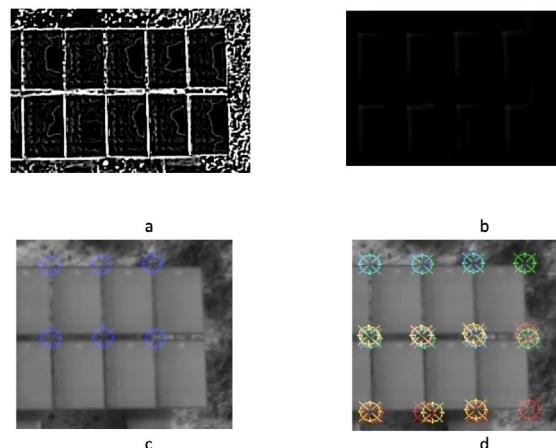


Figura 1. Proceso que se realiza sobre las imágenes y representación de los resultados.

Fuente: Elaboración propia

2.2 Deep Learning

En la segunda técnica utilizada se ha empleado deep learning para la localización de las esquinas de los paneles.

En el primer paso, sobre las imágenes termográficas se emplea “sliding window” o ventanas deslizantes (Glumov *et al.*, 1995). Una ventana deslizante es una región rectangular de anchura y altura fijas que se “desliza” por una imagen. Esto permite generar recortes de la imagen original que corresponden con la entrada de la red neuronal, definiéndose en un tamaño adecuado para que no pueda encontrarse más de una esquina con la misma orientación en la misma ventana.

La salida de la red neuronal se ha configurado con dos neuronas con comportamiento lineal (Paszke *et al.*, 2019). Estas neuronas indican las coordenadas del cérnor buscado dentro de esa ventana. En caso de no encontrarse esquina dentro de la ventana, la salida de la red corresponde con un valor negativo elevado, de forma que se puedan distinguir fácilmente.

Con estas consideraciones se realiza el entrenamiento de la red neuronal que permite procesar nuevas imágenes no vistas por el sistema antes.

2.3 Definición del panel

Localizadas las coordenadas de las esquinas con sus respectivas orientaciones, es fácil realizar la asociación entre ellas dando como resultado un polígono de 4 esquinas. Considerando variables como el tamaño del panel, la altura del vuelo del

dron, la distancia, etc. Escogiendo las esquinas superiores izquierda, se realiza una aproximación donde deberían estar el resto de los puntos, si efectivamente existen, se asocia a ese panel.

Sobre los paneles recortados se realiza una corrección de perspectiva que representa el panel sobre el plano horizontal. Quedando así normalizados con los que se podrá trabajar en las siguientes fases del proyecto.

3. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Ambas técnicas permiten la localización de las esquinas de los paneles con la que se pueden extraer las temperaturas de cada uno de ellos. Permitiendo la visualización y representación de los fallos debido a zonas que alcanzan más temperatura.

Gracias a esta localización dentro de la foto y a la geolocalización de la propia foto. Se puede, además, geolocalizar cada uno de los paneles ayudando a su localización unívoca dentro de la planta completa.

Un hándicap presente en ambas técnicas se debe a la naturaleza de los propios datos con los que se desarrolla o entrena el algoritmo. Los datos obtenidos pueden variar por distintos factores como condiciones medioambientales, la cámara empleada, etc. Factor que obliga al recalibrado del algoritmo para estas nuevas condiciones a las que se enfrenta el algoritmo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Asmaidi, A., Putra, D. S., Risky, M. M., & R, F. U.** (2019). Implementation of Sobel Method Based Edge Detection for Flower Image Segmentation. *SinkrOn*, 3(2), 161. <https://doi.org/10.33395/sinkron.v3i2.10050>
- Bradski, G.** (2000). The OpenCV Library. Dr. Dobb's Journal of Software Tools.
- Glumov, N., Kolomiyetz, E., & Sergeyev, V.** (1995). Detection of objects on the image using a sliding window mode. *Optics & Laser Technology*, 27(4), 241–249. [https://doi.org/10.1016/0030-3992\(95\)93752-d](https://doi.org/10.1016/0030-3992(95)93752-d)
- Paszke, A., Gross, S., Massa, F., Lerer, A., Bradbury, J., Chanan, G., ... Chintala, S.** (2019). PyTorch: An Imperative Style, High-Performance Deep Learning Library. In *Advances in Neural Information Processing Systems 32* (pp. 8024–8035). Curran Associates, Inc. Retrieved from <http://papers.neurips.cc/paper/9015-pytorch-an-imperative-style-high-performance-deep-learning-library.pdf>

FRAMEWORK PARA LA PREDICCIÓN DE GENERACIÓN Y CONSUMO ELÉCTRICO A CORTO PLAZO APLICANDO MODELOS COMBINADOS DE LÍNEA BASE Y REGRESIÓN

Antonio Parejo¹, Stefano Bracco², Enrique Personal¹, Diego Francisco Larios¹, Carlos León¹, Sebastián García¹

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

²Dipartimento di Ingegneria Navale, Elettrica, Elettronica e delle Telecomunicazioni (DITEN), Campus universitario di Savona, Università Degli Studi Di Genova, Genova

E-mail de correspondencia: aparejo@us.es

RESUMEN

La predicción de generación y consumo eléctrico a corto plazo supone una herramienta de enorme interés dentro del sistema eléctrico, donde la presencia de fuentes de generación renovable y distribuida está en constante crecimiento. Específicamente, este tipo de predicción es esencial para la gestión energética en edificios, industrias y microgrids para optimizar la operación de sus recursos energéticos bajo diferentes criterios. Teniendo esto en cuenta, se ha propuesto un framework completo para la predicción de generación y consumo en smart grids y microgrids. Concretamente, este framework se utiliza para comparar un conjunto de técnicas basadas en reglas y aprendizaje automático (machine learning) para realizar la predicción de variables eléctricas del día siguiente. Además, se presenta un enfoque novedoso que incluye el uso de modelos de línea base como entradas para los modelos de machine learning. Los resultados obtenidos indican que este enfoque mejora significativamente la predicción frente al resto de técnicas comparadas, logrando una mejora de hasta el 62% con respecto al método Naive. Estos resultados se han obtenido al aplicar la metodología propuesta para predecir cinco variables de potencia de generación y consumo eléctrico del Campus de Savona de la Universidad de Génova en Italia.

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años la presencia de fuentes de generación renovable dentro del sistema eléctrico se ha incrementado enormemente. Estas fuentes, además, se están integrando en gran parte de forma distribuida, esto es, conectándose directamente a las redes de distribución en lugar de a las redes de transporte. Esta generación distribuida constituye un paradigma de gran importancia dentro de la red eléctrica inteligente (*smart grid*), permitiendo una mejor integración de recursos de energía distribuidos (*distributed energy resources*, DERs). Para la gestión de estos recursos,

se requiere de una predicción de cuáles serán los niveles de generación y consumo dentro de las redes eléctricas y las microgrids.

Por ello, se ha diseñado un framework para realizar la predicción a corto plazo de diversas variables de potencia eléctrica en microgrids, así como un nuevo modelo llamado línea base basada en reglas. Este modelo, así como otros dos modelos de machine learning adicionales, se han utilizado en el estudio de caso centrado en la microgrid del Campus de Savona de la Universidad de Génova (Parejo *et al.*, 2021).

2. METODOLOGÍA

El framework diseñado recibe como información de entrada datos históricos de los medidores eléctricos del campus, información del calendario (sobre días laborables, festivos, etc.) y datos de predicción climática para el día siguiente. Mediante estos datos se crean diversos modelos. Las líneas base basadas en reglas consisten en calcular el promedio de potencia del tramo horario en cuestión a partir de datos de días anteriores (véase Ilustración 1), los cuales se eligen en función de la regla y parámetros que se apliquen dando lugar a numerosas posibilidades (Parejo *et al.*, 2021). Además, el framework aplica dos tipos de modelo de aprendizaje automático (machine learning), concretamente redes neuronales y bosques aleatorios.

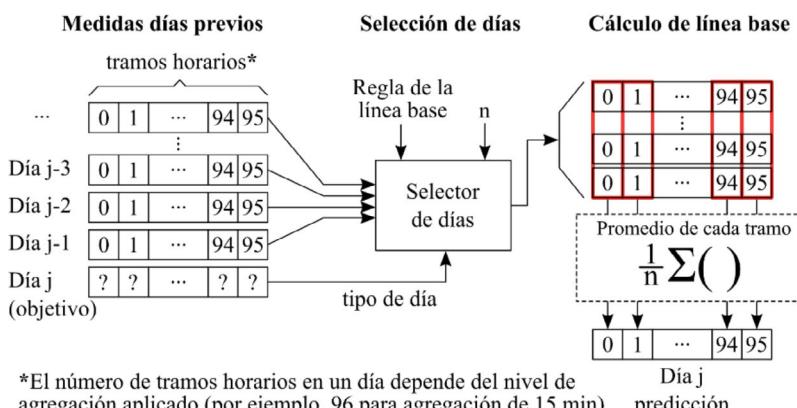


Ilustración 1. Modelos de línea base basados en reglas.

Fuente: elaboración propia.

Una innovación de esta propuesta, además de la creación de las líneas base basadas en reglas, es el uso de estas como entrada para los otros dos tipos de modelo. Como se verá más tarde en los resultados, esta realimentación (véase Ilustración 2) es capaz de mejorar los modelos de predicción.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El estudio de caso en que se ha aplicado el framework propuesto se centra en el campus de Savona, que cuenta con una microgrid y con diversos recursos de generación propios, así como de un sistema de almacenamiento energético basado en baterías. En la Ilustración 2 puede verse un diagrama con los elementos de dicho campus.

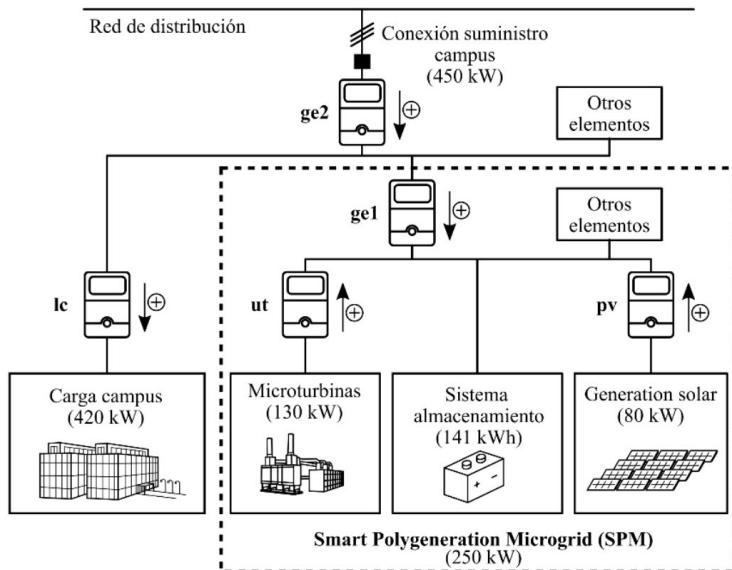


Ilustración 2. Esquema eléctrico del Campus de Savona.

Fuente: elaboración propia.

Como se observa en dicha ilustración, las variables a predecir son *ge1*, *ge2*, *lc*, *ut* y *pv*. Se ha realizado la comparativa de diversos modelos para las 5 variables, y para cada una ellas aplicando dos posibles niveles de agregación temporal, de 1 hora y de 15 minutos.

Por ejemplo, en el caso de la variable *ge1*, los resultados indican que el mejor modelo (aquel con menor valor de error) es uno de los que incluye realimentación de un modelo de línea base basado en reglas hacia un modelo de red neuronal. Por tanto, esta realimentación ha supuesto una mejora frente al resto de modelos probados (Parejo *et al.*, 2021).

Los resultados finales de los modelos, y su porcentaje de mejora con respecto al método de referencia (que ha sido la predicción mediante el método naive basado en el día anterior al día objetivo de la predicción) pueden verse en la Tabla 1.

Tabla 1. Resultados globales de error en los modelos.

Variable a predecir	Agregación temporal	Modelo naïve	Mejor modelo	Porcentaje mejora
		CV(RMSE) (%)	CV(RMSE) (%)	Mejora (%)
ge1	15 min	104.7	80.2	23
	1h	101.3	77.4	24
ge2	15 min	51.5	28.7	44
	1h	50.4	27.1	46
ut	15 min	89.7	69.9	22
	1h	89.0	67.3	24
lc	15 min	36.2	14.8	59
	1h	35.7	13.7	62
pv	15 min	96.6	65.1	33
	1h	91.5	60.4	34

Fuente: elaboración propia.

4. CONCLUSIONES

Dada la importancia de la predicción para la correcta gestión de recursos en el sistema eléctrico, se ha realizado un framework de predicción a corto plazo para su aplicación en microgrids. La combinación de modelos de línea base basados en reglas con modelos de machine learning da como resultado una mejora en los modelos de predicción aplicados.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad de Génova, y a los investigadores del Campus de Savona, por su ayuda y apoyo en la realización de este estudio. Este trabajo está financiado por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades de España mediante el proyecto “Bigdata Analitycs e Instrumentación Cyberfísica para Soporte de Operaciones de Distribución en la Smart Grid” (referencia RTI2018-094917-B-I00). Antonio Parejo agradece además al Ministerio de Educación y Formación Profesional de España por su soporte económico mediante el contrato predoctoral FPU que le fue concedido (referencia FPU16/03522).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Parejo, A., Bracco, S., Personal, E., Larios, D.F., León, C., García, S.** (2021). Short-Term Power Forecasting Framework for Microgrids Using Combined Baseline and Regression Models. *Applied Sciences*, 11(14). 6420. <https://doi.org/10.3390/app11146420>

DESIGN AND SECURITY EVALUATION OF SECURE CRYPTOHARDWARE (FPGA AND ASIC) AGAINST HACKERS EXPLOITING SIDE-CHANNEL INFORMATION

(DISEÑO Y EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD DE HARDWARE CRIPTOGRÁFICO SEGURO (FPGA Y ASIC) FRENTE A HACKERS QUE EXPLOTAN INFORMACIÓN DE CANAL LATERAL)

Erica Tena-Sánchez¹, F. Eugenio Potestad-Ordóñez¹, Pilar Parra- Fernández¹, Carmen Baena-Oliva¹, Manuel Valencia-Barrero¹, Carlos Jesús Jiménez-Fernández¹ y Antonio J. Acosta-Jiménez²

¹Departamento de Tecnología Electrónica, Universidad de Sevilla, Sevilla

²Departamento de Electrónica y Electromagnetismo, Universidad de Sevilla, Sevilla

E-mail de correspondencia: eten@us.es

RESUMEN

Tradicionalmente, la seguridad en los dispositivos criptográficos estaba ligada exclusivamente a la fortaleza del algoritmo. El nivel de seguridad venía determinado por la formulación matemática y la longitud de la clave. Sin embargo, la implementación física de los circuitos criptográficos tiene fugas de información como pueden ser el consumo de potencia o la radiación electromagnética, que puede ser explotadas por potenciales hackers para revelar la clave secreta. Uno de los ataques más potentes es el que se basa en análisis del consumo de potencia, conocido como *Differential Power Analysis (DPA) attack*. El DPA utiliza la dependencia del consumo de potencia con los datos procesados para revelar información. Para proteger los circuitos criptográficos se utilizan ampliamente estilos de lógica diferencial con un consumo de potencia (casi) constante. En este trabajo se proponen diferentes metodologías de diseño de celdas diferenciales mediante la redistribución de la carga almacenada en los nodos internos, eliminando el efecto memoria que aparece como un agujero importante en la seguridad. Las celdas propuestas eliminan la carga residual en el circuito y simplifican la estructura de la celda. Para demostrar la ganancia en prestaciones, se han diseñado, implementado físicamente y caracterizado experimentalmente estas celdas en la tecnología de TSMC de 90nm. Los resultados experimentales muestran una reducción del 15% en el área, del 11% en el consumo de potencia y sin degradación en el retraso de las puertas propuestas. Para demostrar la mejora en seguridad, se han desarrollado ataques DPA basados en simulación.

1. INTRODUCCIÓN

Los *Differential Power Analysis (DPA) attacks* han sido ampliamente utilizados debido a su simplicidad y efectividad [1] para obtener la clave secreta mediante la observación del consumo de potencia consumida durante la encriptación. Por esta razón, la comunidad científica ha mostrado un especial interés en diseñar contramedidas contra los ataques DPA, haciendo que todo el sistema sea seguro contra este tipo de ataques. En la Figura 1 se muestra una clasificación de las contramedidas propuestas contra el DPA.

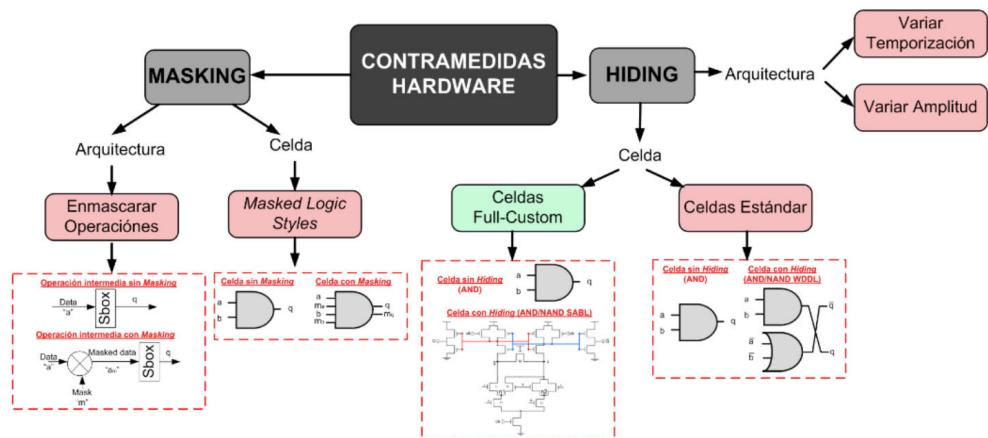


Figura 1. Contramedidas hardware frente a DPAs.

Fuente: elaboración propia.

2. CONTRAMEDIDAS FRENTE A DPA

Existen varias contramedidas aplicables a diferentes niveles de abstracción, desde el nivel de arquitectura o algoritmo a nivel de celda. A nivel de celda, las contramedidas pueden clasificarse en dos categorías: *masking* (enmascaramiento) y *hiding*. El masking trata de aleatorizar los valores intermedios procesados por el dispositivo criptográfico durante el cifrado. Básicamente, cada valor intermedio se enmascara con un valor aleatorio m llamado máscara, siendo $a_m = a \oplus m$. Sin embargo, se ha demostrado que los estilos de lógica basados en *maskig* sólo aumentan ligeramente el número de patrones necesarios para lograr un ataque exitoso. Por otro lado, las técnicas de *hiding* a nivel de celda intentan tener el mismo consumo de energía independientemente de los datos que se procesan. Las técnicas de *hiding* que ofrecen los mejores resultados contra los ataques DPA son las que se basan en la lógica *Dual-Precharge Logic*.

3. PROPUESTA

Para implementar celdas de bajo consumo para aplicaciones criptográficas seguras (priorizando los niveles de seguridad), este trabajo toma como vehículo de demostración la celda XOR/XNOR. En las celdas *Sense Amplifier Based Logic* (SABL [2], ver estructura en la Figura 2a), que utilizamos como referencia por su amplia aceptación en la comunidad científica como estructura segura, se puede apreciar una brecha de seguridad. En los nodos internos n1 y n2 del pull-down de la celda, se pueden observar niveles de voltaje diferentes que pueden ser explotados mediante ataques DPA (ver Figura 2b).

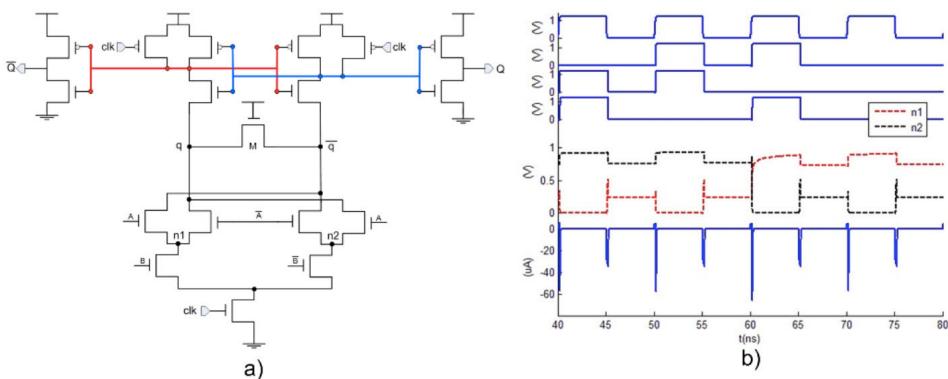


Figura 2. Estructura celda SABL y simulación eléctrica de los nodos internos.

Fuente: elaboración propia.

Para reducir el consumo y no degradar la frecuencia de operación máxima de las celdas se propone utilizar en el pull-up la estructura DDCVSL. Para eliminar el efecto memoria, proponemos la inclusión de la contramedida *dual-switch* que consiste en añadir dos transistores P en los nodos $n1$ y $n2$ del pull-down igualando el voltaje en estos nodos en fase de precarga (ver Figura 3).

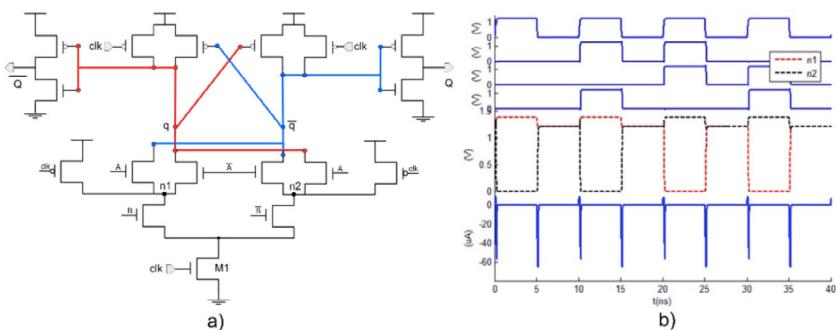


Figura 3. Estructura propuesta y simulación eléctrica de los nodos internos.

Fuente: elaboración propia.

4. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Con la estructura propuesta, conseguimos reducir el consumo de potencia en un 11%, un 15% en área y sin degradación en la frecuencia de operación. Por otra parte, tras realizar ataques DPA sobre las nuevas implementaciones, hemos podido observar una mejora en seguridad por encima de x50.

Tabla 1. Resultados Experimentales.

RESULTADOS EXPERIMENTALES			
	SABL	Propuesta	% de mejora
Área (μm^2)	33.72	28.46	15.60 %
Delay	6.04	5.90	2.32 %
Power	600.00	532.80	11.20 %
Security (MTD)	200	>>10000	>>5000%

Fuente: elaboración propia.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto de I+D+i PID2020-116664RB-I00, financiado por MCIN/ AEI/10.13039/501100011033, por el Programa Operativo FEDER 2014-2020 y Consejería de Economía, Conocimiento, Empresas y Universidad de la Junta de Andalucía bajo el proyecto US- 1380823 y por SPIRS (Secure Platform for ICT Systems Rooted at the Silicon Manufacturing Process) Project with Grant Agreement No. 952622 under the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Kocher, P., Jaffe, J., & Jun, B.** (1999). Differential Power Analysis, *CRYPTO Conference*, 388-397. doi: https://doi.org/10.1007/3-540-48405-1_25
- Tiri, K., Akmal, M., & Verbauwhede, I.** (2002). A Dynamic and Differential CMOS Logic with Signal Independent Power Consumption to Withstand Differential Power Analysis on Smart Cards, *ESSCIRC Conference*, 403-406.

METODOLOGÍA DE DISEÑO PARA LA DETECCIÓN DE FALLOS EN CIFRADORES DE BLOQUE BASADA EN CÓDIGOS DE HAMMING

F. Eugenio Potestad-Ordóñez¹, Erica Tena-Sánchez¹, Pilar Parra-Fernández¹, Carmen Baena-Oliva¹, Antonio J. Acosta-Jiménez², Manuel Valencia-Barrero¹ y Carlos Jesús Jiménez-Fernández¹

¹Departamento de Tecnología Electrónica, Universidad de Sevilla, Sevilla

²Departamento de Electrónica y Electromagnetismo, Universidad de Sevilla, Sevilla

E-mail de correspondencia: fpotestad@us.es

RESUMEN

La inserción de fallos y en concreto los análisis diferenciales de fallos (*Differential Fault Analysis – DFA*) se han convertido en uno de los principales métodos para explotar las vulnerabilidades de los cifradores de bloque utilizados en multitud de aplicaciones. En este trabajo se presenta un nuevo esquema de protección basado en generar firmas de los registros internos utilizando códigos de Hamming. Esto permite cubrir un gran número de tipos de fallos, detectando tanto cambios a nivel de bit pares e impares, así como cambios a nivel de byte, los cuales son los fallos explotables por los DFAs. Como caso de estudio, el esquema presentado se ha aplicado al cifrador de bloque estándar Advanced Encryption Standard (AES) implementado utilizando T-boxes. Los resultados obtenidos sugieren un alto nivel de cobertura de fallos con un coste de consumo de recursos del 16% y sin ninguna penalización en la degradación de frecuencia.

1. INTRODUCCIÓN

Aunque muchos de los estándares de cifrado existentes han demostrado ser matemáticamente seguros, existen técnicas que permiten atacar la implementación física de dichos algoritmos. En los ataques de análisis de fallos (*DFA*) el atacante intenta manipular el circuito de forma no permanente para generar errores de funcionamiento transitorios (fallos) y así obtener la información secreta que contiene el dispositivo.

En este trabajo tomamos como vehículo de prueba el cifrador de bloques estándar del NIST AES [1] basado en implementaciones de T-boxes. En la Figura 1 a) se muestra el proceso de encriptado estándar para una clave de 128 bits. En la Figura 1 b)

se representa de forma esquemática la implementación de este cifrador utilizando T-boxes en lugar de S-boxes.

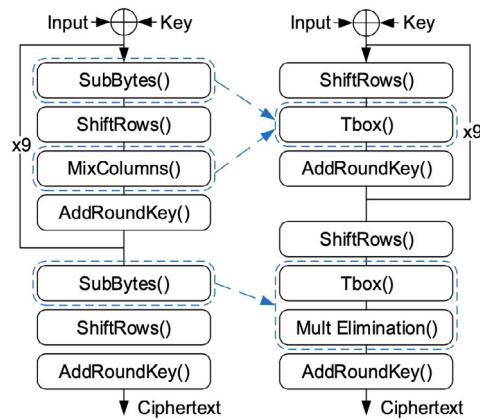


Figura 1. Representación esquemática de AES: a) Estándar, b) Basado en T-box.

Fuente: elaboración propia.

Los dos principales trabajos sobre DFA aplicados a AES son [2] y [3]. Estos trabajos establecen que si un atacante es capaz de injectar diferentes tipos de fallos como son fallos de tipo único o múltiples bits, pares o impares y de tipo único o múltiples bytes, durante las últimas rondas de encriptado, el atacante podría recuperar la clave secreta.

Las vulnerabilidades reportadas del cifrado AES muestran que los fallos inyectados durante las operaciones SubBytes() y MixColumn() representan una fuga de información muy importante. Dado que estas operaciones se realizan a través de T-boxes, las vulnerabilidades reportadas son extensibles a este tipo de implementaciones con memorias y por lo tanto deben ser protegidas.

2. PROPUESTA DE ESQUEMA DE PROTECCIÓN

El esquema propuesto se basa en códigos de Hamming como generador de firmas de los datos utilizados por el cifrador. Aplicando este esquema para la detección de fallos en el cifrador AES basado en T-box, y utilizando Fórmula 1, es posible obtener una firma compuesta por 4 bits (M_{0-3}) para proteger 8 bits de datos (D_{0-7}). M_{0-3} denota la firma de 4 bits añadida a los 8 bits de los datos procesados.

Fórmula 1. Operaciones para generación de firma.

$$M_0 = D_0 \oplus D_1 \oplus D_3 \oplus D_4 \oplus D_6$$

$$M_1 = D_0 \oplus D_2 \oplus D_3 \oplus D_5 \oplus D_6$$

$$M_2 = D_1 \oplus D_2 \oplus D_3 \oplus D_7$$

$$M_3 = D_4 \oplus D_5 \oplus D_6 \oplus D_7$$

Fuente: elaboración propia.

Generando una firma del dato de entrada de la operación T-box (I. Signature) y sobre la salida de esta misma operación (O. Signature), es posible fusionar y comprobar la firma final de unión (F. Signature) mediante una operación XOR como se muestra en Fórmula 2:

Fórmula 2. Obtención de la firma final.

$$F.\text{Signature} = I.\text{Signature} \oplus O.\text{Signature}$$

Fuente: elaboración propia.

Con este enfoque sólo es necesario almacenar y probar un único valor de 4 bits para cada byte que se quiera proteger. Este es el único valor adicional que se debe almacenar, como se muestra en la Figura 2.

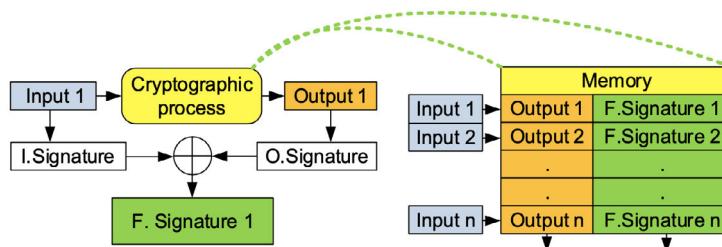


Figura 2. Representación del cálculo de la firma y utilización de la memoria.

Fuente: elaboración propia.

3. RESULTADOS

Se han realizado diferentes pruebas de simulación de fallos en las que se han considerado fallos pares/impares y de uno o varios bytes. Todos los fallos inyectados fueron detectados por nuestro esquema.

Los resultados muestran un coste de 645 Slice Registers y 720 LUTs para el cifrador protegido con la propuesta. Esto representa un aumento total del uso de recursos de un 25,5% más de Slice Registers y un 16% más de LUTs, y ningún uso adicional de BRAM. Esto se consigue sin degradación de la frecuencia.

Tabla 1. Comparación con diferentes esquemas de protección.

Propuesta	Sobrecoste en área	Degradación de frecuencia	Tipo de fallo detectado				Tecnología
			No	No	No	No	
Desprotegido	1	1	No	No	No	No	Spartan 6
[4]	1.08	0.70	Si	No	No	No	Virtex 1000
[5]	1.77	0.86	Si	Si	Si	Si	Virtex E
[6]	1.25	0.88	Si	Si	Si	Si	Virtex 5
Propuesta	1.16	1	Si	Si	Si	Si	Spartan 6

Fuente: elaboración propia.

En la Tabla 1 se muestra una comparativa con esquemas de protección previos. Esta tabla muestra la sobrecarga de área, la degradación de la frecuencia y el tipo de fallos detectados para las implementaciones de AES.

La solución [4] presenta el menor impacto en área, pero tiene cobertura de fallos pequeña y una alta penalización en frecuencia. Las soluciones [5] y [6], proporcionan una buena cobertura de fallos, pero con un mayor uso de recursos y con una degradación del throughput.

4. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos sugieren que la solución propuesta puede aplicarse con una sobrecarga de LUT de alrededor del 16% y sin ninguna penalización en frecuencia. La evaluación de la cobertura de fallos indica que el esquema propuesto es capaz de detectar todos los tipos de fallos de los DFAs: bits defectuosos pares e impares en el mismo o en diferentes bytes. Por último, la comparación con los esquemas previos sugiere que la solución propuesta es capaz de detectar todos los tipos de fallos en el mismo o en diferentes bytes con un coste de recursos significativamente menor, y sin degradar la frecuencia.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por Proyecto PID2020-116664RB-I00 financiado por MCIN/AEI/ 10.13039/501100011033, por Programa Operativo FEDER 2014-2020 and Consejería de Economía, Conocimiento, Empresas y Universidad de la Junta de Andalucía under Project US- 1380823 y por SPIRS (Secure Platform for ICT Systems Rooted at the Silicon Manufacturing Process) Project with Grant Agreement No. 952622 under the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] **Daemen, J., & Rijmen, V.** (1999). AES proposal: Rijndael.
- [2] **Giraud, C.** (2004, May). Dfa on aes. In International Conference on Advanced Encryption Standard (pp. 27-41). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [3] **Dusart, P., Letourneau, G., & Vivolo, O.** (2003, October). Differential fault analysis on AES. In International Conference on Applied Cryptography and Network Security (pp. 293-306). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [4] **Wu, K., Karri, R., Kuznetsov, G., & Goessel, M.** (2004, October). Low cost concurrent error detection for the advanced encryption standard. In 2004 International Conference on Test (pp. 1242-1248). IEEE.
- [5] **Karpovsky, M., Kulikowski, K. J., & Taubin, A.** (2004, June). Robust protection against fault-injection attacks on smart cards implementing the advanced encryption standard. In International Conference on Dependable Systems and Networks, 2004 (pp. 93-101). IEEE.
- [6] **Mestiri, H., Benhadjyoussef, N., Machhout, M., & Tourki, R.** (2013). High performance and reliable fault detection scheme for the advanced encryption standard. International Review on Computers & Software (IRECOS), 8(3), 730-746.

ASDESIGN: MÉTODO CENTRADO EN EL USUARIO PARA EL DISEÑO DE TECNOLOGÍA ASISTENCIAL QUE AYUDE A NIÑOS CON TRASTORNO DEL ESPECTRO AUTISTA A SER MÁS INDEPENDIENTES EN SUS RUTINAS DIARIAS.

Raquel Cañete¹, M. Estela Peralta²

¹*Escuela Politécnica Superior, Departamento de Ingeniería del Diseño,
Universidad de Sevilla, Sevilla*

²*Escuela Politécnica Superior, Departamento de Ingeniería del Diseño,
Universidad de Sevilla, Sevilla*

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

RESUMEN

El Covid19 ha planteado nuevos desafíos a nivel mundial, suponiendo cambios sociales y estructurales que podrían mantenerse e implantarse definitivamente. Esta nueva normalidad requerirá nuevas estrategias para la mejora de la conciliación familiar y laboral, lo cual supone un reto para familias con niños y niñas que sufren de Trastorno del Espectro Autista (TEA). Esto ha provocado estrés, ansiedad y confusión para estos niños y sus familias. Se acentúa la necesidad de contar con herramientas que faciliten a los padres la conciliación del trabajo con el cuidado de estos niños/as, los cuales cuentan con una baja autonomía. Este trabajo desarrolla un método para el diseño de tecnología asistencial y productos inteligentes para dar soporte a niños con TEA en el seguimiento y gestión tareas de forma autónoma. Así, se analiza el problema de diseño, necesidades y preferencias de los niños con TEA y sus padres durante el confinamiento; desarrolla el marco de diseño para productos interactivos e inteligentes enfocados a niños con TEA en situaciones de confinamiento y valida este método en un caso de estudio, para el que se desarrolla un robot que facilita a los niños con TEA el seguimiento de una rutina.

1. INTRODUCCIÓN

El TEA es una condición del desarrollo que “implica desafíos en la interacción social, el habla y la comunicación no verbal, y comportamientos restringidos / repetitivos” (American Psychiatric Association, 2013). Hoy en día 1 de cada 59 niños tiene TEA (Guía de recursos | Autism Speaks, 2020). El Covid19 y el confinamiento han supuesto graves dificultades para los niños con TEA. Las limitaciones de espacio y transformación de su rutina generan un impacto mental y emocional muy significativo (Spain *et al.*, 2021). La falta de recursos provoca un comportamiento poco cooperativo y disruptivo en los niños. Las consecuencias más comunes han sido estrés, ansiedad, problemas de conducta, crisis emocionales, conductas repetitivas, trastornos ali-

mentarios e insomnio. Esta situación también ha sido difícil para los padres debido a la necesidad de integrar la jornada laboral con el cuidado de sus hijos (Degli Espinosa *et al.*, 2020). Las responsabilidades que antes eran repartidas entre profesores, terapeutas, etc., han tenido que ser desempeñadas por padres, asumiendo los distintos roles sin contar con los conocimientos y recursos (Spain *et al.* 2021). Así, los expertos han dado una serie de pautas, la mayoría centradas en planificar el día de forma que ayude a los niños a seguir una estructura clara.

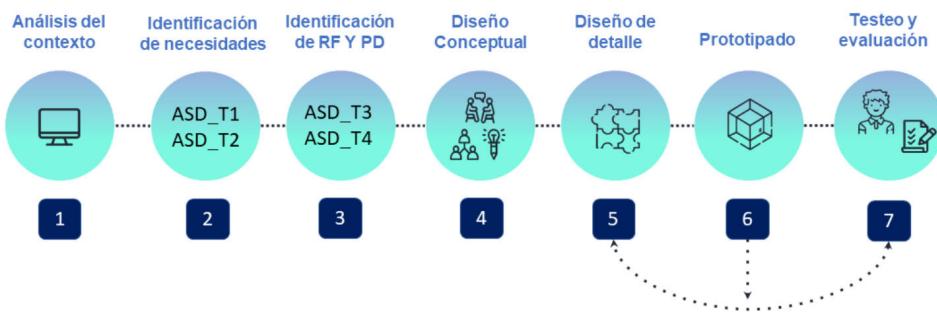
En este contexto, tiene un papel relevante la tecnología asistencial (TA) (OMS, 2014). Esta TA diferencia entre “low” (que no usan energía), “mid” y “high” tech. Aunque los métodos tradicionales englobados dentro del grupo “low tech” (Meadan *et al.*, 2011) son muy beneficiosos, no se adaptan a la evolución de las necesidades del usuario. Por ello, la tecnología se integra con estas herramientas para implementar acciones interactivas, con refuerzos multisensoriales y experiencias adaptables, dinámicas e intuitivas. Así, encontramos las herramientas “mid” y “high” tech, dentro de las cuales se encuentran los productos inteligentes y entre éstos, los robots. La apariencia visual y comportamiento predecible de los robots pueden estimular las habilidades de interacción social como el contacto visual o la comunicación (Castillo *et al.*, 2013; Syriopoulou-Delli and Gkiolnta, 2020). Sin embargo, su elevado precio hace que sean utilizados como herramientas profesionales en terapia. Además, la mayoría se centran en las habilidades sociales de estos niños, quedando la necesidad del seguimiento de la rutina no cubierta. Este trabajo desarrolla un método para el diseño de TA y productos inteligentes para dar soporte a niños con TEA en el seguimiento de una rutina y la gestión de tareas de forma autónoma.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La definición de las necesidades de los niños con TEA y sus padres durante un confinamiento se llevó a cabo en tres fases: 1) análisis de investigaciones en el área sociosanitaria, psicológica y sociológica, 2) entrevistas a profesionales y 3) análisis del comportamiento del usuario objetivo a través de un cuestionario. Este cuestionario permitió clasificar las demandas de los hijos e hijas con TEA según el estrés generado haciendo uso de un factor de ponderación para sintetizar resultados y establecer el orden de prioridad. Estas se denominaron necesidades específicas del confinamiento. Una vez finalizado el estudio del público objetivo y obtenidos los resultados, se procedió a determinar la relación entre (1) necesidades específicas del contexto de uso (periodos de confinamiento) y (2) necesidades básicas del TEA (American Psychiatric Association. 2013), obtenidas en la primera fase del análisis de usuario. Todas

quedan relacionadas en el módulo ASD_T1. Posteriormente, se identificó el conjunto de requerimientos funcionales, no funcionales y smart adecuados para cada una (módulo ASD_T2). Con la relación entre necesidades (N) y requerimientos funcionales (RF) se especificaron los parámetros de diseño (PD) teniendo en cuenta las características físicas, sensoriales, cognitivas y sociales de los niños/as con TEA. Estos parámetros de diseño se recogen en el módulo ASD_T3. La figura 1 establece el diagrama de las etapas principales a seguir del método ASDesign. A continuación, se definen sintéticamente las mismas.

Figura 1. Fases generales del método ASDesign.



1. Análisis del problema de diseño: definición de 1) características del contexto de uso; 2) perfil del usuario objetivo, signos y síntomas principales que van a ser trabajados con el producto); y 3) actores de la interacción.

2. Identificación de necesidades TEA: se divide en: (1) selección de necesidades específicas relativas a las dificultades del confinamiento (N); (2) se identificarán cuáles son las necesidades básicas del TEA que debemos priorizar (ASD_T1).

3. Identificación de requerimientos funcionales y parámetros de diseño: se traducirán las N en RF y PD haciendo uso de la herramienta ASD_T2.

4. Diseño Conceptual: generación de alternativas de diseño haciendo uso de un conjunto de PD acordes a las funciones a realizar por el producto. Integra actividades y herramientas creativas que permiten la inclusión de otras disciplinas. Para la selección de los PD para productos interactivos e inteligentes más adecuados, el método dispone de la herramienta ASD_T3.

5. Diseño de detalle: se divide en: (1) diseño de la interacción usuario-producto, (2) diseño de la interfaz y análisis de la usabilidad (3) diseño de las propiedades inteligentes e interactivas del producto.

6. Prototipado: validación de distintos aspectos del diseño: (1) prototipo funcional, (2) prototipo de diseño estético-formal (look and feel), (3) prototipo estructural, (4) prototipo técnico (5) prototipo de integración.

7. Testeo y evaluación: testeo con usuario final: niños/as con TEA.

3. CONCLUSIONES

Este trabajo desarrolla ASDesign, un método centrado en el usuario para el diseño de TA y productos inteligentes que ayuden a niños con TEA en el seguimiento de una rutina y gestión de tareas de forma autónoma. El método tiene el alcance de diseño de tecnología centrada en el usuario, que pueda ser utilizada y configurada de forma confortable y segura por los niños (y supervisado por padres), ayudando a planificar una rutina y ser más independientes. ASDesign se ha aplicado a un caso de estudio: Pepe, un robot que ayuda a niños con TEA a planificar y seguir una rutina diaria. Éste ha obtenido muy buenos resultados al ser testado con el usuario objetivo, validando así el método propuesto. Esta investigación tiene el objetivo de mejorar la salud y el bienestar de colectivos que por la pandemia han sufrido una desigualdad de condiciones, contribuyendo a que ingeniería y diseño avancen en el desarrollo del bienestar y la sostenibilidad social.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Psychiatric Association.** (2013). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders : DSM-5*. American Psychiatric Association.
- Castillo, J., C. Goulart, C. Valadão, E. Caldeira, and T. Bastos.** (2013). "Robótica Móvil: Una Herramienta Para Interacción de Niños Con Autismo." *VII Congreso Iberoamericano de Tecnologías de Apoyo a La Discapacidad-IBERDISCAP*.
- Degli Espinosa, Francesca, Alma Metko, Marta Raimondi, Michele Impenna, and Elena Scognamiglio.** (2020). "A Model of Support for Families of Children With Autism Living in the COVID-19 Lockdown: Lessons From Italy." *Behavior Analysis in Practice* 13(3):550–58. doi: 10.1007/s40617-020-00438-7.
- Meadan, Hedda, Michaelene M. Ostrosky, Brooke Triplett, Amanda Michna, and Angel Fettig.** (2011). "Using Visual Supports with Young Children with Autism Spectrum Disorder." *TEACHING Exceptional Children* 43(6):28–35.

- Spain, Debbie, David Mason, Simone J Capp, Laura Stoppelbein, Susan W White, and Francesca Happé.** (2021). “‘This May Be a Really Good Opportunity to Make the World a More Autism Friendly Place’: Professionals’ Perspectives on the Effects of COVID-19 on Autistic Individuals.” *Research in Autism Spectrum Disorders* 83(September 2020). doi: 10.1016/j.rasd.2021.101747.
- Syriopoulou-Delli, C.K., y Gkolinta, E.** (2020). “Review of Assistive Technology in the Training of Children with Autism Spectrum Disorders.” *International Journal of Developmental Disabilities*.

CARBON FOOTPRINT MANAGEMENT IN THE AEROSPACE INDUSTRY: CIRCULAR ECONOMY AND PLM ENVIRONMENT IN INDUSTRY 4.0 CONTEXTS

Lucía Recio Rubio¹, Fernando Mas², Amanda Martín-Mariscal³ y Estela Peralta Álvarez⁴

¹Universidad de Sevilla; lrecio@us.es

²Universidad de Sevilla; fmas@us.es

³Universidad de Sevilla; ammariscal@us.es

⁴Universidad de Sevilla; mperalta1@us.es

E-mail de correspondencia: lrecio@us.es

RESUMEN

Entre los retos de la industria aeroespacial se encuentra la reducción de las emisiones de CO₂ de las aeronaves y otros dispositivos, así como la huella ambiental durante su fabricación, a la mitad de los niveles registrados en 2005 para el año 2050. Esto lleva a pensar que, para las empresas de fabricación y ensamblaje del sector aeronáutico, sería necesario contar con estrategias de gestión y control de las emisiones durante su cadena productiva.

Para ello, se propone un marco conceptual dentro de un entorno de gestión del ciclo de vida del producto (PLM) basado en el control digital de la fabricación, orientado a la consecución de los objetivos de reducción de emisiones de carbono. Esta propuesta se basa en el uso de un gemelo digital de una planta de fabricación aeroespacial existente, combinando el uso de un modelo digital, un modelo físico, un modelo de CO₂, un módulo de análisis del ciclo de vida (ACV) y análisis de datos que trabajan conjuntamente para estimar, monitorizar y optimizar la huella de carbono. El núcleo del sistema, el modelo de CO₂, combina las actividades de fabricación, soporte y gestión para estimar, a través de una base de datos de ACV, la huella de carbono adecuada de cada pieza fabricada en la planta industrial.

1. INTRODUCCIÓN

La industria de la aviación se ha comprometido con un movimiento de descarbonización de toda la industria que incluye los objetivos de crecimiento neutro en carbono y reducción del 50% de las emisiones de CO₂ para el año 2050 (Airbus, 2021).

El objetivo del marco conceptual propuesto es el de estimar la huella de carbono producida durante el ciclo de vida completo de fabricación de cada una de las piezas de la empresa, de modo que junto con la pieza fabricada se pueda aportar un estudio de la huella de CO₂ generada durante la manufactura.

Además de este objetivo externo, se pretende que el modelo facilite el control y la monitorización del consumo de carbono durante toda la cadena productiva, de modo que se puedan llevar a cabo procesos de mejora continua que permitan acercar a la empresa a los compromisos de economía circular ayudándose de los avances en industria 4.0.

2. PROPUESTA MARCO CONCEPTUAL

Vista la necesidad de las empresas de fabricación del sector aeronáutico de ajustar su plan industrial a los objetivos de economía circular y reducción de las emisiones marcados por los objetivos anteriormente comentados, se propone un marco conceptual para la estimación y la gestión de la huella de carbono para una empresa de mecanizado y conformado metálico de piezas aeronáuticas, M&M Group.

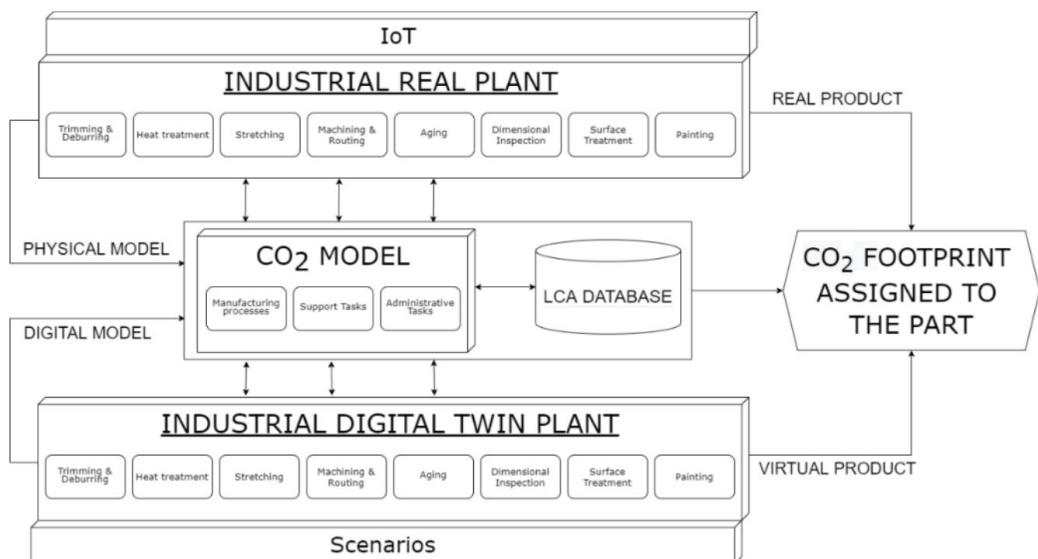


Figura 1. Marco conceptual de gestión de la huella de carbono.

Fuente: elaboración propia.

Esta propuesta se basa en el uso de un gemelo digital de la planta industrial de estudio, combinando el uso de un modelo físico, un modelo digital y un modelo de CO₂, así como una base de datos de ACV encargados de trabajar conjuntamente para estimar, controlar y optimizar el consumo y emisiones de carbono.

2.1 Modelo físico

Este modelo de obtiene a partir de los datos reales almacenados de la planta industrial real, tanto los de la fabricación en tiempo real como los del histórico de la producción de la planta. Se entiende como planta industrial real a todo el conjunto de procesos de mecanizado y conformado metálico de piezas aeronáuticas que componen el ciclo de vida de los productos dentro de la empresa M&M Group.

Los datos obtenidos de todos los procesos, así como el histórico de datos de gestionan a través de la capa de Internet of Things (IoT) y almacenados a través de herramientas de Big Data, de manera que se puedan cruzar con los datos obtenidos del modelo digital para que sirvan como feedback al sistema para optimizar la producción durante el ciclo de vista del producto dentro de la planta.

2.2 Modelo digital

La representación virtual de la planta se obtiene a través del Gemelo Digital Industrial, generando así una representación digital tanto de producto como de procesos y de operaciones en el que se reproduzcan todos los puestos de trabajo y tareas necesarias para generar la cadena productiva de la empresa (Liu *et al.*, 2021; Bao *et al.*, 2019; Ullah, 2019).

Gracias a la representación virtual de las capacidades de cada puesto de trabajo, sus tiempos de fabricación y las características especiales que tienen se pueden obtener los datos necesarios para identificar posibles gaps o aspectos susceptibles de mejora a la hora de realizar la fabricación, a los cuales se les intentar dar solución por medio de los escenarios virtuales generados en el gemelo digital de los cuales se estudia su factibilidad y beneficios antes de llevarlos a la planta industrial real.

2.3 Modelo CO2

Para la generación de este modelo se tienen en cuenta todas las operaciones relacionadas con la fabricación de las piezas que puedan tener un aporte a su huella de carbono, diferenciadas en los siguientes grupos:

- Procesos de fabricación: Todo el aporte de carbono generado por la maquinaria y los procesos de fabricación en sí, es decir, aporte directo a la huella de carbono de la pieza.
- Tareas de soporte: Todo tipo de actividades asociadas a la producción pero que no intervienen directamente en la fabricación de la pieza (transporte de

materiales, limpieza de máquinas, puesta a punto de la nave, etc.) pero que si producen CO₂.

- Tareas administrativas: Todas las tareas necesarias para que la nave esté en funcionamiento y se pueda seguir con la producción, desde la recepción, recursos humanos, los proveedores, etc.

Toda esta información es almacenada, cuantificada y gestionada en una base de datos de ACV, que cubra tanto los diagramas de flujo como el inventario durante el ciclo de vida del material (Martínez-Rocamora *et al.*, 2016).

3. CONCLUSIONES

El poder llegar a cuantificar y posteriormente optimizar la huella de carbono a través del uso del gemelo digital de la planta, permite a las pequeñas empresas del sector aeronáutico satisfacer los requerimientos ambientales de la industria. Esto aporta un valor adicional a las organizaciones para poder afianzar su posición de proveedores de las grandes multinacionales del sector, que demandan una mejora en los ciclos productivos de sus componentes, y favorece a la transformación digital gracias a las herramientas propias de la industria 4.0 y de los entornos PLM.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Airbus** (2021). Decarbonisation- Towards more sustainable aerospace for future generations.<https://www.airbus.com/company/sustainability/environment/climate-change/decarbonisation.html>
- Liu, M., Fang, S., Dong, H., & Xu, C.** (2021). Review of digital twin about concepts, technologies, and industrial applications. *Journal of Manufacturing Systems*, 58, 346-361.
- Bao, J., Guo, D., Li, J., & Zhang, J.** (2019). The modelling and operations for the digital twin in the context of manufacturing. *Enterprise Information Systems*, 13(4), 534-556.
- Ullah, A. S.** (2019). Modeling and simulation of complex manufacturing phenomena using sensor signals from the perspective of Industry 4.0. *Advanced Engineering Informatics*, 39, 1-13.
- Martínez-Rocamora, A., Solís-Guzmán, J., & Marrero, M.** (2016). LCA databases focused on construction materials: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 58, 565-573.

ISO, International Standard Organization. Environmental management-Lifecycle assessment–principles and framework (*ISO 14040:2006*).

CLASIFICACIÓN DE POSTURAS MEDIANTE USO DE REDES NEURONALES Y DISPOSITIVO IOT

Juan Manuel Montes-Sánchez^{1,2}, Francisco Luna-Perejón^{1,2}, Lourdes Durán-López^{1,2,3},
Alberto Vazquez-Baeza¹, Isabel Beasley-Bohórquez⁴, José L. Sevillano-Ramos^{1,2,3}

¹Dpto. Arquitectura y Tecnología de Computadores, Universidad de Sevilla

²Grupo de investigación RTC, Universidad de Sevilla

³Research Institute of Computer Engineering, Universidad de Sevilla

⁴Escuela Universitaria de Osuna, Universidad de Sevilla

E-mail de correspondencia: juanmanuelmontes@us.es

RESUMEN

El tiempo que la población pasa sentada ha aumentado en las últimas décadas debido al incremento del uso del ordenador personal. Paralelamente, también han aumentado las dolencias musculoesqueléticas. Gran parte de estas son consecuencia directa de pasar largos períodos sentados en posturas estáticas. En este trabajo se ha desarrollado un sistema IoT de monitorización de la postura, consistente en un asiento equipado con 6 sensores de fuerza resistivos (FSR). La información de los sensores es clasificada por una red neuronal entrenada mediante técnicas de aprendizaje automático para diferenciar entre 7 posturas; 6 de ellas consideradas de mayor riesgo de causar dolencia. Se han recogido datos de 12 participantes y se han evaluado diferentes modelos de red neuronal en busca de la mayor efectividad de la red. El mejor modelo obtenido tiene una precisión media del 81% y consiste en dos capas ocultas de 128 neuronas cada una. Este resultado demuestra posible la distinción entre las posturas estudiadas con un uso mínimo de sensores, lo cual implica menor complejidad y coste que otros estudios similares.

1. INTRODUCCIÓN

El aumento del uso del ordenador personal en las últimas décadas se relaciona con un incremento de las dolencias musculoesqueléticas causadas por pasar largos períodos sentado (Wu, He, Li, Wang, & Wang, 2012). El creciente desarrollo del llamado aprendizaje automático ha motivado la aparición de sistemas de clasificación postural que intentan dar solución a este problema, aunque la mayoría son de difícil implementación debido a su alto coste y complejidad. En este estudio se ha desarrollado un sistema de clasificación de bajo coste y se ha evaluado su eficiencia.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

En este apartado se describen el sistema hardware y software, así como la creación del set de datos usado y detalles de los modelos de red neuronal empleados.

2.1 Dispositivo Internet of Things (IoT)

Para realizar este estudio se ha diseñado y fabricado un dispositivo hardware compuesto de tres partes principales:

- Asiento sensor: consiste en 6 sensores resistivos de fuerza (FSR) cubiertos por un cojín. Los sensores van conectados a una placa electrónica de fabricación y diseño propios.
- Unidad de control: consta de una placa de desarrollo STM32 NUCLEO-F411RE a la que se han conectado las señales de la placa de sensores a su entrada del conversor analógico-digital y a la que se ha provisto de comunicación bluetooth. Recibe las señales de los sensores y envía las lecturas de forma inalámbrica a la aplicación.
- Aplicación software: dispone de interfaz gráfica que informa al usuario de su postura y muestra los valores de presión en el asiento en forma de mapa de calor.

2.2 Set de datos

Utilizando el dispositivo de medición, se han recogido los datos de los sensores para 7 posturas diferentes (figura 1). Un total de 12 voluntarios participaron en la recogida de datos, 4 mujeres y 8 hombres de diversa estatura, peso y edad. Para cada usuario se registró cada postura en dos ocasiones mantenida 15 segundos a una frecuencia de 8Hz.

Figura 1. Posturas clasificadas. Las dos últimas tienen variación izquierda-derecha.



Fuente: (Zemp et al., 2016).

Todos estos datos recogidos fueron normalizados para su uso como entrada de la red neuronal que se describe en el siguiente apartado. El 85% de los datos se usó para entrenamiento y el restante 15% para evaluación.

2.3 Red Neuronal de clasificación

Para realizar la clasificación de las posturas en función de los sensores se crearon diversos modelos de red neuronal, variando su número de capas ocultas y neuronas. Para el diseño, entrenamiento y evaluación de las redes se han usado las herramientas TensorFlow y Keras. La precisión de las redes se ha medido con la fórmula 1 (Sokolova & Lapalme, 2009).

Fórmula 1. Precisión de la red neuronal

$$\text{Precisión} = \sum_c \frac{TP_c + TN_c}{TP_c + TN_c + FP_c + FN_c}, c \in \text{clases}$$

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la **tabla 1** se recoge la precisión media de cada variación del modelo de red estudiada. Se obtuvieron los mejores resultados con una configuración de 128 neuronas y 2 capas ocultas, siendo la precisión media del 81%.

Tabla 1. Precisión media de las distintas redes evaluadas.

N.º de Capas Ocultas	N.º de neuronas						
	128	16	32	64	128	256	512
1	48.15%	70.69%	67.21%	74.03%	63.47%	73.14%	72.05%
2	63.26%	76.15%	65.29%	71.05%	81.00%	73.65%	74.68%
3	63.61%	69.07%	73.08%	75.74%	73.26%	73.44%	72.46%
4	63.29%	67.21%	68.13%	73.30%	74.97%	76.86%	79.10%

Fuente: elaboración propia.

Figura 2. Matriz de confusión de la red neuronal seleccionada.

		Confusion matrix								
		1	2	3	4	5	6	7		
Actual	1	173 5.10%	6 0.18%	180 5.31%	95 2.80%	43 1.27%	4 0.12%	0 0.0%	501 34.53%	- 65.47%
	2	0 0.0%	505 14.90%	0 0.0%	1 0.03%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	506 99.80%	- 0.20%
	3	2 0.06%	4 0.12%	442 13.04%	11 0.32%	70 2.07%	0 0.0%	0 0.0%	529 83.55%	- 16.45%
	4	0 0.0%	0 0.0%	126 3.72%	336 9.91%	2 0.06%	0 0.0%	0 0.0%	464 72.41%	- 27.59%
	5	0 0.0%	0 0.0%	4 0.12%	0 0.0%	435 12.84%	1 0.03%	0 0.0%	440 98.86%	- 1.14%
	6	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	1 0.03%	526 15.52%	0 0.0%	527 99.81%	- 0.19%
	7	94 2.77%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	328 9.68%	422 77.73%	- 22.27%
		269 64.31%	515 98.06%	752 58.78%	443 75.85%	551 78.95%	531 99.06%	328 100%	3389 81.00%	- 19.00%
		1	2	3	4	5	6	7	Predicted	

Fuente: elaboración propia.

Para esta configuración, además, se muestran los resultados de clasificación de posturas en la **figura 2**, que se corresponde con la matriz de confusión del modelo. Se observa que el modelo predice erróneamente casi la mitad de las muestras correspondientes con la postura 1 como postura 3.

Este problema se encuentra también en estudios similares que obtienen una precisión similar en su clasificación (Zemp *et al.*, 2016), con la diferencia de que el número de sensores que se han usado en este trabajo es mucho menor y todos están localizados en el asiento en lugar de repartidos por toda la silla (menor complejidad del sistema).

4. CONCLUSIONES

Este estudio logra el objetivo de igualar o mejorar sistemas más complejos de clasificación postural con un dispositivo de poco consumo y coste y un modelo de red neuronal de baja complejidad que es alcanza una precisión media del 81% de acierto. Hay además margen de mejora para corregir los problemas de clasificación pre-

sentes ampliando el set de datos o recolocando los sensores en configuraciones que den mayor efectividad.

AGRADECIMIENTOS

A la Cátedra Telefónica de la Universidad de Sevilla y a la Fundación Telefónica por aportar fondos para esta investigación, así como al grupo de investigación RTC por proporcionar recursos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Sokolova, M., & Lapalme, G.** (2009). A systematic analysis of performance measures for classification tasks. *Information Processing and Management*, 45(4), 427–437. <https://doi.org/10.1016/j.ipm.2009.03.002>
- Wu, S., He, L., Li, J., Wang, J., & Wang, S.** (2012). Visual display terminal use increases the prevalence and risk of work-related musculoskeletal disorders among chinese office workers: A cross-sectional study. *Journal of Occupational Health*, 54(1), 34–43. <https://doi.org/10.1539/joh.11-0119-OA>
- Zemp, R., Tanadini, M., Plüss, S., Schnüriger, K., Singh, N. B., Taylor, W. R., & Lorenzetti, S.** (2016). Application of Machine Learning Approaches for Classifying Sitting Posture Based on Force and Acceleration Sensors. *BioMed Research International*, 2016. <https://doi.org/10.1155/2016/5978489>

VERSATILIDAD Y EFICIENCIA DE LOS AUTÓMATAS CELULARES PARA LA SIMULACIÓN Y ANÁLISIS DE SISTEMAS COMPLEJOS EN INGENIERÍA

Pablo Sánchez-Cuevas¹, Fernando Diaz-del-Rio¹, Daniel Cagigas-Muñiz¹, José-Luis Guisado-Lizar¹, María Jose Morón-Fernández¹, Pedro Real²

¹*Department of Computer Architecture and Technology. University of Seville. Spain.*

²*Department of Applied Mathematics I. University of Seville. Spain.*

E-mail de correspondencia: pabsancue@alum.us.es , { fdiaz, dcagigas, jlguisado, mjmorón, real } @us.es

RESUMEN

Los autómatas celulares se componen de un conjunto de celdas (generalmente simples) interactuantes que evolucionan en pasos discretos, formando un sistema dinámico. Sus aplicaciones son múltiples y en muy diversos campos, no sólo dentro de la ingeniería sino dentro de las ciencias sociales, la economía, la biología, o las ciencias en general. Actualmente son una de las mejores maneras de simular un problema espacio-temporal, donde la vecindad y colaboración entre agentes (celdas) sea clave y resulte finalmente en uno o varios fenómenos emergentes. Además, su ventaja es que son intrínsecamente paralelos, permitiendo predecir el comportamiento de sistemas complejos con entradas diversas en muy poco tiempo, al poder repartirlos fácilmente en múltiples procesadores o en GPUs (Graphic Processing Units).

Palabras clave: Cellular Automata; Computer Parallelism; Emergent Phenomena; Graphic Processing Units; Digital Images.

1. INTRODUCCIÓN

Los autómatas celulares (ACs) son un modelo de computación concebidos por Konrad Zuse y Stanislaw Ulam en la década de 1940 y luego desarrollado por Von Neumann. A diferencia de otros paradigmas de simulación como la dinámica de sistemas, los ACs presentan un conjunto de celdas que interactúan entre sí localmente mediante un conjunto de reglas simples. Al reproducir este comportamiento en el tiempo, finalmente se dan lugar un conjunto de fenómenos emergentes complejos. En la naturaleza se pueden encontrar diferentes ejemplos de emergencia, como los panales de abejas o los bancos de peces. Por último, los ACs permiten el modelado de sistemas complejos no-lineales de manera sencilla y eficiente. Esta eficiencia, como se discute en el Apartado 3, viene dada por el paralelismo implícito de los ACs, explotable mediante las plataformas de cómputo paralelas actuales. Como se

describe en [7], un modelo de ACs se puede diseñar mediante la especificación de sus cuatro componentes:

- 1) **Estado de las celdas.** Qué son las celdas que componen el sistema y cómo se define su estado: un valor escalar, un vector de valores (características) u otra estructura de datos.
- 2) **Espacio de celdas.** Es una discretización del espacio real, donde cabe definir la dimensionalidad (lo más común: 2 dimensiones), el número de celdas que contiene, las condiciones de borde (ej., periódico o no) y el enrejado.
- 3) **Vecindad entre celdas.** Bajo qué esquema se define la conectividad de las celdas entre sí. Ejemplos: Moore (4-conectividad), Von Neumann (8-conectividad), Margolus, etc.
- 4) **Reglas de transición.** Definen la lógica mediante la cual las diferentes celdas interactúan con sus respectivas celdas vecinas, dependiendo del estado de todas ellas en el instante t . Este proceso resultará, en paralelo, en el estado de cada celda en el instante $t+1$.

Cabe destacar que los modelos de ACs definen un conjunto de parámetros, usados en las reglas de transición. Dependiendo de los valores dados en dichos parámetros, las reglas definidas darán lugar a resultados diferentes a nivel local y, más importante, alterarán el comportamiento emergente del sistema. Es decir, dentro de un mismo modelo de ACs, habrá regiones del espacio de configuraciones (parámetros) donde el comportamiento emergente (1) converja hacia un estado, (2) oscile periódicamente entre varios estados o (3) se dé de manera caótica. Esta propiedad es usada para validar el modelo de ACs con los datos experimentales.

2. VERSATILIDAD DE LOS AUTÓMATAS CELULARES PARA LA SIMULACIÓN Y ANÁLISIS

En la literatura se puede comprobar cómo han resultado ser una herramienta útil para el modelado y simulación de sistemas complejos. En [7] se detallan tres sistemas físicos y químicos donde la aplicación los ACs resulta exitosa: la dinámica del láser, la recristalización dinámica (DRX) durante la deformación en metales, y la oxidación del monóxido de carbono catalizada en superficies. Se consigue reproducir los comportamientos emergentes de manera similar a cómo estos procesos se dan en la experimentación real. En [4] se propone un sistema híbrido entre ACs y mod-

elado basado en agentes para evaluar el despliegue de una red de estaciones de carga de vehículos eléctricos en casco urbano. El resultado de las simulaciones da a conocer cómo los cuellos de botella de tráfico que rodean a una estación de carga afectan críticamente al tráfico global. En [6] se hace uso de un modelado epidemiológico basado en autómatas celulares probabilísticos (PCA) aplicado a la transmisión del virus COVID-19 en una población humana. A partir de las simulaciones, los autores analizan la importancia en la propagación del virus (fenómeno emergente) de parámetros como, por ejemplo, las probabilidades de exposición, de infección, de recuperación... En [5] se aplica un modelo de ACs para la simulación de crecimiento de tejido tumoral y se estudia la relación entre dicho comportamiento con parámetros como la probabilidad de división de las células madre o la tasa de mortalidad de las células.

3. EFICIENCIA DE LOS AUTÓMATAS CELULARES

Desde el punto de vista de la computación, la ventaja de los ACs es que son intrínsecamente paralelos, permitiendo así distribuir su carga de cómputo en múltiples procesadores o en GPUs (Graphic Processing Units). Existen paquetes en su mayoría en lenguajes interpretados (como Python, OCTAVE/MATLAB, etc.) que permiten la descripción de las reglas de los ACs de una forma cómoda, aunque son muy lentos en comparación de un programa compilado y optimizado. Para aplicar optimizaciones, cabe primero señalar que un AC usa una matriz de celdas de gran tamaño, por lo que el tiempo de ejecución es casi proporcional al ancho de banda de la memoria principal si el cacheado de los elementos no es eficiente, como indica el modelo del tejido (Roofline model [3]). Por tanto, el cuello de botella son los accesos a memoria, por lo que se pueden aplicar las siguientes optimizaciones: 1) Reducción del tamaño de memoria usado mediante la codificación eficiente de los tipos de datos de los estados. Por ejemplo, implementar valores binarios usando un bit en vez de 32 (*int* en lenguaje C); 2) Se puede evitar copiar las matrices de estados actuales y siguientes alternando simplemente el valor de los punteros de dichas matrices; 3) *Spatial blocking*: en vez de recorrer la matriz de estados fila a fila, iterar dentro de teselas rectangulares cuyo tamaño se adecue al de la caché de nivel L2; 4) *Data pipelining*: Guardar en registros de CPU los estados de las celdas recorridas en la iteración anterior ya que, por vecindad, son celdas otra vez leídas en la iteración actual; 5) Aprovechar el paralelismo entre celdas para empaquetar datos y aplicar operaciones vectoriales; 6) Similarmente a las optimizaciones 1) y 5), se puede empaquetar datos de diferentes celdas a nivel de codificación. Por ejemplo: 3 celdas con estado de 5 bits se pueden codificar en un bloque de 16 bits, en vez de en 3 bloques de 8 bits; 7) Para procesar

en paralelo los estados de las celdas para varios instantes de tiempo, se puede dividir el espacio en teselas (del tamaño de la caché L2 de cada núcleo) e ir calculando en una primera etapa los estados futuros solo cuando la dependencia de datos proceda exclusivamente de las celdas de cada tesela. Aquellos estados futuros descartados son luego computados paralelamente en una segunda etapa [2]; 8) Transformar las operaciones condicionales (*if-else*) en operaciones aritméticas.

4. CONCLUSIONES

Los Autómatas Celulares presentan un conjunto de propiedades que son de gran interés dentro del campo del modelado y la simulación. Se comprueba sobre todo su versatilidad: la capacidad de reproducir sistemas no-lineales complejos y comportamientos emergentes complejos mediante la definición de un conjunto de reglas locales sencillas aplicadas a un espacio discreto de celdas. Desarrollados mediante distintas técnicas, los ACs presentan un cómputo muy eficiente al aprovechar los recursos hardware existentes en arquitecturas paralelas y distribuidas. En conclusión, cabe explorar la aplicación de estos modelos a un conjunto amplio de sistemas complejos en Ingeniería, Física, Química, Biología, Medicina...

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado parcialmente por el Ministerio de Ciencia e Innovación y los fondos AEI/FEDER (EU) a través de los proyectos TIN2017-89842-P (MABICAP), PID2019-110455GB-I00 (Par-HoT), US-1381077 (CIUCAP-HSF).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) **Díaz-del-Río, F., Cagigas-Muñiz, G., Guisado-Lizar, J. L., Sevillano-Ramos.** (en prensa). Efficient Parallel Implementation of Cellular Automata and Stencil Computations in Current Processors. En: Advances in Computing, Informatics, Networking and Cybersecurity. Eds: Nicopolitidis, Misra, Yang. Lecture Notes in Networks and Systems. Springer-Nature.
- (2) **Cagigas-Muñiz, D., Díaz-del-Río, F., López-Torres, M. R., Jiménez-Morales, F., & Guisado, J. L.** (2020). Developing efficient discrete simulations on multicore and GPU architectures. Electronics, 9(1), 189. <https://doi.org/10.3390/electronics9010189>

- (3) **Williams, S., Waterman, A., & Patterson, D.** (2009). Roofline: an insightful visual performance model for multicore architectures. *Communications of the ACM*, 52(4), 65-76. <https://doi.org/10.1145/1498765.1498785>
- (4) **García-Suárez, A.; Guisado-Lizar, J.-L.; Diaz-del-Rio, F.; Jiménez-Morales, F. A** Cellular Automata Agent-Based Hybrid Simulation Tool to Analyze the Deployment of Electric Vehicle Charging Stations. *Sustainability* 2021, 13, 5421. <https://doi.org/10.3390/su13105421>
- (5) **Poleszczuk J, Enderling H. A** High-Performance Cellular Automaton Model of Tumor Growth with Dynamically Growing Domains. *Appl Math (Irvine)*. 2014;5(1):144-152. doi:10.4236/am.2014.51017
- (6) **Ghosh S, Bhattacharya S.** Computational Model on COVID-19 Pandemic Using Probabilistic Cellular Automata. *SN Comput Sci.* 2021;2(3):230. doi: 10.1007/s42979-021-00619-3. Epub 2021 Apr 22. PMID: 33907736; PMCID: PMC8061453.
- (7) **Jiří Kroc & Francisco Jiménez-Morales & J. L. Guisado & María Carmen Lemos & Jakub Tkáč**, 2019."Building Efficient Computational Cellular Automata Models Of Complex Systems: Background, Applications, Results, Software, And Pathologies," *Advances in Complex Systems (ACS)*, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., vol. 22(05), pages 1-38, August

COMUNICACIONES PÓSTER

WEAR BEHAVIOR OF A CERAMIC TOOL IN THE MACHINING OF THERMORESISTENT ALLOYS

Ricardo del Risco-Alfonso¹, Roberto Pérez-Rodríguez², Marcelino Rivas-Santana³, Arturo Molina⁴, Patricia del Carmen Zambrano-Robledo⁵

¹CEEFREP Study Center, University of Camaguey, Camaguey, Cuba

²CAD/CAM Study Center, University of Holguin, Holguin, Cuba

³CEFAS Study Center, University of Matanzas, Matanzas, Cuba

⁴Tecnológico de Monterrey, México

⁵Centro de Investigación e Innovación en Ingeniería Aeronáutica (CIIIA),

Universidad Autónoma de Nuevo León, México

E-mail de correspondencia: ricardo.delrisco@reduc.edu.cu

ABSTRACT

Titanium alloys and stainless steels are used very frequently in the aeronautical industry, materials considered to be of poor machinability. Wear condition has a significant influence on the entire cutting tool wear spread and service life. The present work aims to analyze the wear behavior of a BIDEMICS ceramic tool during the machining of heat resistant alloys. The potential of this cutting tool to machine this type of alloys was demonstrated.

1. INTRODUCTION

Heat-resistant alloys are characterized by poor machinability, causing severe wear to the tool and affecting their useful life. Panigrahi *et al.* (2019) state that tool wear is an important factor to take into account during machining. In the case of machining heat resistant alloys, the main wear mechanisms seen in the tool are: diffusion, adhesion and thermal cracks.

The same way, Tan *et al.* (2018) studied the wear mechanism of two ceramic tools (TB20 and TB80) in the machining of the titanium alloy Ti-6Al-4V. The analysis showed that the dominant wear mechanism was adhesive, while chipping was also observed in TB80. Memarianpour *et al.* (2019) analyzed the behavior of the tool life.

2. MATERIALS AND METHODS

The study was carried out for a turning operation, as a machine tool a HASS-ST 10 CNC lathe was used. Tool wear was measured with the help of a Zeiss EVO MA25 scanning electron microscope. The machining was carried out to a 25 mm diameter bar, made of Ti-6Al-7Nb alloy; and to a bar (25 mm in diameter) of austenitic stainless steel AISI 316L. For the hardness measurement, a Wilson Rockwell Durometer

was used. The values obtained were 47.8 HRC for the Ti-6Al-7Nb bars and 149 HB for the AISI 316L steel bars.

The cutting tool used was a “BIDEMICS” RNGN 120700E004 JX1 round insert from the ceramic family, without coating, 12.7 mm in diameter and 7.94 mm thick, specially designed for machining heat resistant alloys. The values of the parameters of the cutting regime used are shown in table 1.

Table 1. Parameters of the cutting regime (LR: Lubrication Rate).

	Vc [m/min]	f [mm/rev]	a [mm]	LR
Ti-6Al-7Nb	130; 200 y 270	0.2	1.0	Dry
AISI 316L	200; 300 y 400	0.1; 0.15 y 0.2	0.5	Dry, MQL

Source: own elaboration.

3. RESULTS AND DISCUSSION

During the dry machining of the Ti-6Al-7Nb alloy, it was observed that the tool undergoes a flaking of material on the attack surface. In addition, abrasive and adhesive wear is observed on the impact and attack surface (Figure 1a).

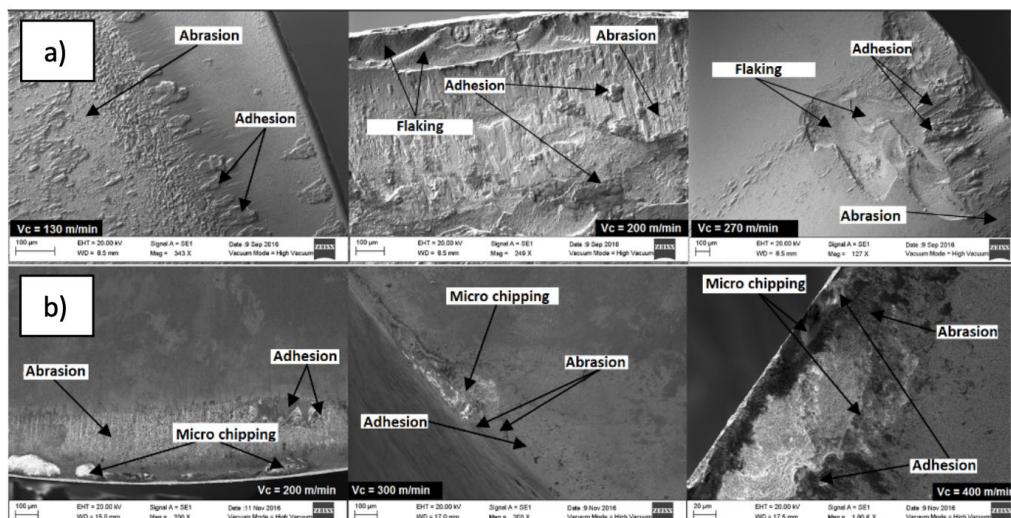


Figure 1. Wear on the attack surface of Ti-6Al-7Nb and AISI 316L.

Source: own elaboration.

These same problems can be seen in the machining of AISI 316L steel (Figure 1b). The chemical composition analysis of the tool (Tables 2 and 3) at various points in the wear zone for the cutting speed of 200 m / min, for both materials, shows that in both cases material detachment appears, abrasive wear and the adhesive (Figure 2).

Table 2. Chemical composition in the wear zone of the rake surface for machining Ti-6Al-7Nb alloy at 200 m / min.

	W %	Ti %	O %	Al %	C %	Nb %	Zr %
P 1	55.54	-	18.85	16.39	5.5	-	3.23
P 2	-	86.12	-	6.64	0.34	7.15	-
P 3	54.92	-	19.36	16.68	5.21	-	3.33

Source: own elaboration.

Table 3. Chemical composition in the wear zone of the rake surface for machining AISI 316L steel at 200 m / min.

	C %	W %	O %	Al %	Zr %	Fe %	Cr %	Ni %	Mn %	Si %	Mo %
P 1	0,02					61,5	18,4	14,8	1,9	0,8	2,1
P 2	5,5	55,2	18,7	16,1	3,3						
P 3	6,1	56,1	17,2	16,6	3,1						

Source: own elaboration.

These predominant wear mechanisms correspond to those obtained in other studies such as those of Tan *et al.* (2018).

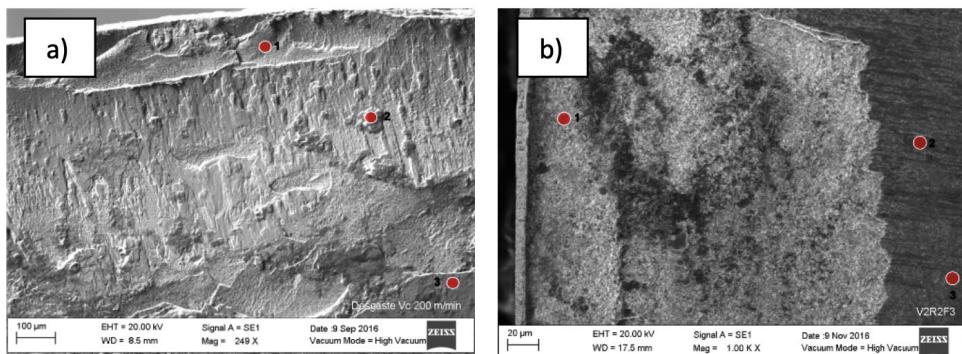


Figure 2. Chemical composition measurement zones in the tool rake surface for a speed of 200 m / min dry. a) Machining of the Ti-6Al-7Nb alloy. b) Machining of AISI 316L steel.

Source: own elaboration.

If it is considered that the cutting speed is the parameter that most affects the wear of the tool, it can be seen that for machining at 200 m / min for both materials, the tool had a better behavior when machining AISI steel 316L.

4. CONCLUSIONS

The highest wear was evidenced for the cutting speed of 270 m / min for the machining of the Ti6Al7Nb alloy and 400 m / min for the machining of AISI 316L steel.

The values obtained are in accordance with that reported in the literature for ceramic tools used under a dry lubrication regime and with MQL. It is observed in the wear pattern, the tendency to the appearance of material detachment on the attack surface of the tool. This pattern is observed for machining both alloys during dry machining. In the case of machining AISI 316L steel with MQL, this detachment is not appreciated.

ACKNOWLEDGMENTS

We are grateful for the support provided by the specialists from the Tecnológico de Monterrey and the Autonomous University of Nuevo León de México, to carry out this study.

BIBLIOGRAPHIC REFERENCES

- Memarianpour, M., Niknam, S. A., Turenne, S., & Balazinski, M.** (2019). Initial Tool Wear Mechanism in Dry and Lubricated Turning of Inconel 718. Paper presented at the Advances in Engineering Research and Application, Cham.
- Ranjan Panigrahi, R., Panda, A., Kumar Sahoo, A., & Kumar, R.** (2019). Machining Performance Measures of High Temperature Heat Resistant Super alloys: A Review. Materials Today: Proceedings, 18, 4524-4530. doi:<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.07.423>
- Tan, D.-W., Guo, W.-M., Wang, H.-J., Lin, H.-T., & Wang, C.-Y.** (2018). Cutting performance and wear mechanism of TiB₂-B₄C ceramic cutting tools in high speed turning of Ti6Al4V alloy. Ceramics International, 44(13), 15495-15502. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2018.05.209>

SELECTING PARAMETERS FOR HIGH SPEED MILLING OF THIN ALUMINUM STRUCTURES WITH AHP-VIKOR METHODS

Hiovanis Castillo-Pantoja¹, Roberto Pérez-Rodríguez², Ricardo Lorenzo Ávila-Rondón³

¹University of Holguín, Holguín, Cuba

²University of Holguín, Holguín, Cuba

³Universidad Autónoma de Coahuila, México

E-mail de correspondencia: sotosilva74@gmail.com

ABSTRACT

The following work presents the application of a combined AHP-VIKOR multi-criteria decision-making method, which aims to select the best alternative for the high-speed milling process, in thin-framed parts of aluminum alloys. With the results obtained from the optimal values, from the best selected alternative, the minimum deformations in the part of thin structures is guaranteed. This assurance the procurement of productions with the surface roughness parameters defined in the machining process planning.

1. INTRODUCTION

In in-line production models, the off-line quality assessment process is a notable challenge. This causes losses, due to the defects that appear in the final part. One of the solutions to this problem is the incorporation of automated and learning methods, as a predictive solution that improved the estimation of the surface roughness considering the machining parameters. At present, there are several investigations that analyze the ways and methods to improve quality in high-speed machining processes, highlighting surface roughness as one of the most important. Among the most used techniques are artificial intelligence, applying different methods such as: machine learning, Bayesian networks, neural networks, among others.

At the same time, studies are carried out on the physical-mechanical phenomena that occur in high-speed machining processes; where it seeks to establish the cutting speeds and their influence on the chatter phenomenon and the cutting forces (Chuangwen *et al.*, 2016) (Khorasani, Gibson, Goldberg, Doevel, & Littlefair, 2016). For this, Gaussian regression models and neural networks, back propagation type (Karagiannis, Stavropoulos, Ziogas, & Kechagias, 2014), (Zhang *et al.*, 2014). Fuzzy logic has worked from a predictive approach, with strategies that relate different materials and configurations of cutting tools and type of material, in the prediction of surface roughness (Al Hazza, Seder, Adesta, Taufik, & bin Idris, 2015). The Adap-

tive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) model and the RSM method have been used effectively to evaluate the wear of cutting tools in CNC machines. (Dhandapani, Thangarasu, & Sureshkannan, 2015), (Elhami, Razfar, & Farahnakian, 2016), (Hiovianis Castillo Pantoja, 2021).

However, there is little work related to high speed milling in thin-framed parts.

2. MATERIALS AND METHODS

The high-speed milling operations were carried out in a Jet AV1612 Machining Center, equipped with DENHAIN CNC, with a maximum spindle speed of 20,000 rpm and a feed speed of 25 m / min. The workpiece selected for the experiment was an Al 5083 alloy in rectangular shape with measurements of 140 mm × 70 mm × 5 mm.

3. RESULTS AND DISCUSSION

By applying the AHP method (Hierarchical Analytical Processes) (Saaty, 1987); a general theory of measurement is used in comparison scales of the discrete and continuous values, matching the multilevel values to create a hierarchical structure. To solve the case study that is analyzed, a model like the shown in Figure 1 was established. As a result of the calculated weights, we have:: WRa-Fd = 0.10473, WRa-Td = 0.25828 y WTWD = 0.63699. The value of $\lambda_{max} = 3.03851$. The coefficient Ratio CR = 0.03702, it takes a lower value than the allowable CR <0.1. Defining that the deformation criterion of the piece is the one with the greatest weight.

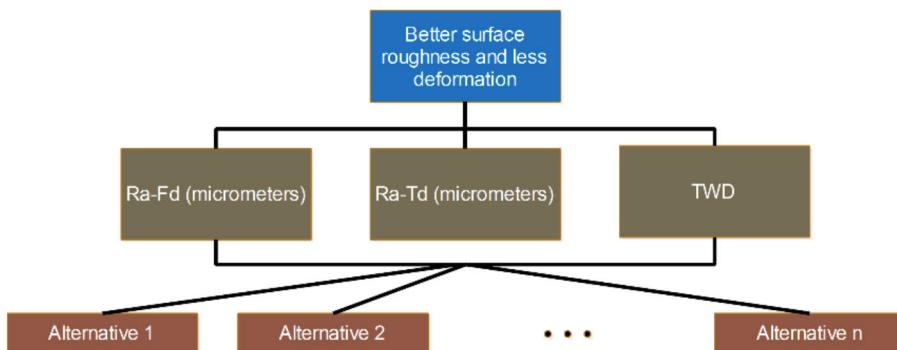


Figure 1. Model for the case study.

Source: own elaboration.

Next, the MCDM Vikor method of multi-criteria optimization is applied, where a compromise is established in the solution to be obtained; and the negative and positive ideal points are defined in the solution space, with a linear type normalization. In Figure 2 the calculation steps are presented to obtain the best alternative.

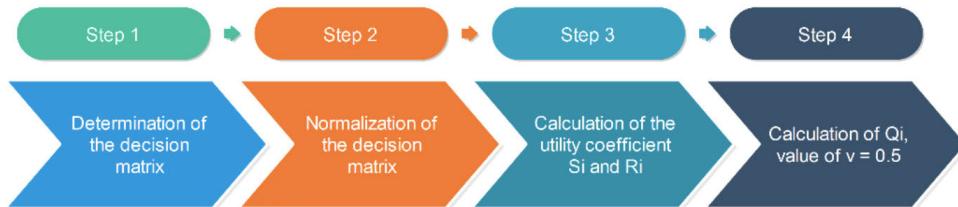


Figure 2. Steps of the MCDM Vikor methodology.

Source: own elaboration.

As a result, with the three beneficial input criteria, the normalized decision matrix is created. From this, the maximum and minimum values for the three criteria are established, which are listed below: MAXRa-Fd = 0.24318, MAXRa-Td = 0.26123, MAX-TWD = 0.28922; MINRa-Fd = 0.15851, MINRa-Td = 0.16031, MINTWD = 0.13915. From this result of the utility evaluation, the parameters of Ri and Si are calculated. The maximum and minimum values are estimated respectively, as a result: Simax = 0.98036 and Rimax = 0.63698; Simin = 0.14872 and Rimin = 0.10555. The evaluation of the VIKOR index (Qi) is carried out, and with the maximum weight of utility for the group in general, $v = 0.5$; the hierarchy of the alternatives is established, obtaining as a result that alternative 10 is the best solution.

4. CONCLUSIONS

The application of a combined AHP-VIKOR multi-criteria decision-making method was shown, with the aim of selecting the best alternative (number 10) for the high-speed milling process, in thin-framed pieces of Al 5083 aluminum alloys. The best alternative selected, guarantees the minimum deformations in the piece of thin structures.

BIBLIOGRAPHIC REFERENCES

- Al Hazza, M. H. F., Seder, A. M. F., Adesta, E. Y. T., Taufik, M., & Bin Idris, A. H. (2015).** Chapter 2: Conventional Technologies of Processing in Mechanical Engineering. *Advanced Materials Research*, 1115, 122-125. doi: 10.4028/www.scientific.net/amr.1115.122

- Chuangwen, X., Ting, X., Xiangbin, Y., Jilin, Z., Wenli, L., & Huaiyuan, L.** (2016). Experimental tests and empirical models of the cutting force and surface roughness when cutting 1Cr13 martensitic stainless steel with a coated carbide tool. *Advances in Mechanical Engineering*, 8(10), 1687814016673753. doi: 10.1177/1687814016673753
- Dhandapani, N. V., Thangarasu, V. S., & Sureshkannan, G.** (2015). Investigation on Effect of Material Hardness in High Speed CNC End Milling Process. *The Scientific World JOURNAL*, 2015, 762604. doi: 10.1155/2015/762604
- Elhami, S., Razfar, M. R., & Farahnakian, M.** (2016). Experimental Study of Surface Roughness and Tool Flank Wear during Hybrid Milling. *Materials and Manufacturing Processes*, 31(7), 933-940. doi: 10.1080/10426914.2015.1048474
- Pantoja, H.C., Pérez-Rodríguez, R., Ávila Rondón, R., Hernández González, L.W.** (2021). Trends in the use of Artificial Intelligence in High-Speed Milling. *Revista Cubana de Ingeniería*, XII(4), 12.
- Karagiannis, S., Stavropoulos, P., Ziogas, C., & Kechagias, J.** (2014). Prediction of surface roughness magnitude in computer numerical controlled end milling processes using neural networks, by considering a set of influence parameters: An aluminium alloy 5083 case study. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part B Journal of Engineering Manufacture*, 228(2), 233-244. doi: 10.1177/0954405413498582
- Khorasani, A. M., Gibson, I., Goldberg, M., Doeven, E. H., & Littlefair, G.** (2016). Investigation on the effect of cutting fluid pressure on surface quality measurement in high speed thread milling of brass alloy (C3600) and aluminium alloy (5083). *Measurement*, 82, 55-63. doi: 10.1016/j.measurement.2015.12.016
- Zhang, G., Li, J., Chen, Y., Huang, Y., Shao, X., & Li, M.** (2014). Prediction of surface roughness in end face milling based on Gaussian process regression and cause analysis considering tool vibration. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 75(9-12), 1357-1370. doi: 10.1007/s00170-014-6232-6

PREDICTION WITH BAYESIAN NETWORKS OF THE OCCURRENCE OF SHRINKAGE POROSITY IN A CAST SPECIMEN

Alberto Arias-Ambruster¹, Raúl José García-Expósito¹, Roberto Pérez-Rodríguez¹,
Asdrúbal Braulio García-Domínguez², Rigoberto Pastor Sánchez-Figueredo¹

¹*University of Holguín, Cuba*

²*University of Camagüey, Cuba*

E-mail de correspondencia: ambruster810916@gmail.com

ABSTRACT

In the casting processes of parts, there is a set of variables that decisively influence their quality. Shrinkage porosity is one of these parameters that plays a decisive role. The appearance of this typical defect in foundries is strongly subject to stochastic phenomena due to various factors such as percentage of humidity, permeability and mechanical resistance. In this article, the probability of appearance of contraction porosity in casting parts was modeled through Bayesian Networks. The data used in the case study were obtained by means of the simulations carried out in ProCast to a normalized copper Y specimen. The results showed that this probabilistic method is beneficial to predict the occurrence of shrinkage porosity.

1. INTRODUCTION

Metallurgical processes are mostly highly complex since, usually, they involve multiple phase changes and numerous closely related variables. In most of these processes, it is possible to facilitate the analysis of the complete problem, considering the thermal, mechanical and metallurgical aspects of it separately, and connecting them through variables that intervene simultaneously in all or several of them.

Solidification is one of the metallurgical processes that decisively intervenes in the manufacture of parts. The phase change from the liquid to the solid state of a metal or an alloy is present in all casting processes, such as gravity pouring, low pressure pouring among others. During cooling, the material undergoes successive phase changes that will be the cause of the final microstructure of the same, and whose knowledge is essential to determine the physical properties of the material (therefore, of the piece). the variations in the chemical composition and in the cooling rate, cause changes in the microstructure, and its control. They allow, therefore, to adapt the mechanical characteristics of the product to the pre-established needs in the design.

The casting process of a part is subject to the appearance of several defects, shrinkage porosity and trapped air, are listed within them. The same values are not always obtained in the percentage of volume of shrinkage porosity in the pieces, and this randomness, in the variation of the parameters, is clearly governed by stochastic processes.

Several authors have used ProCAST to simulate casting processes of different parts, which has allowed obtaining data for the simulation. In this article, a Bayesian model was used to determine the probability of occurrence of the appearance of shrinkage porosity in a normalized Y-shaped specimen.

In the article “Bayesian inference-based investment-casting defect analysis system for industrial application” belonging to (Sata & Ravi, 2017), a methodology based on Bayesian inferences for the analysis and reduction of casting defects is presented. Data relating to the process parameters and the chemical composition of the alloy, as well as the number of defective castings, were collected from a foundry.

(Santos *et al.*, 2010), used Bayesian networks to model a casting process as a constellation of interrelated variables and was able to predict the presence or absence of defects. In addition, they presented the first micro-contraction prediction system which is capable of predicting the appearance of this defect in order to avoid it.

2. MATERIALS AND METHODS

The construction of a Bayesian network consists of two stages, the first is the identification of the structure of the network and the second the parametric or populated learning of the conditional probability tables (TPC). In this article, only the first stage will be considered; This consists of the identification of a group of variables to be studied, implicated in the occurrence of casting defects, which were to be analyzed, as detailed below: Percent moisture, Discharge temperature, Permeability, Chemical composition, Dumping speed, Trapped air, Pouring time, and Mold pressure.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

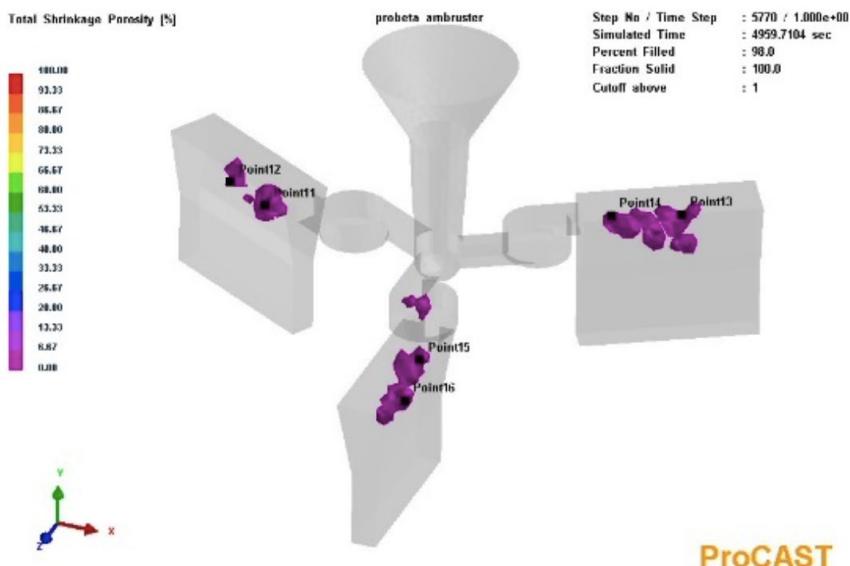
It is advisable after identifying the defects, carry out a refinement (Adedipe *et al.*, 2020) of them, because if they do not execute it, there is a risk of noise in the construction of the network. Thus, in this way, after various considerations and considering the requirements of the specialists, the parameters that will be part of the network and their values are observed in table 1.

Table 1. Values of the variables obtained from ProCAST.

Discharge temperature (°C)	Emptying speed (kg/s)	Mold preheating temperature (°C)	Shrinkage porosity (%)	Trapped air(g*cm ³)
1200	2,5	650	26.013	0.000127
1200	3,0	700	25.778	0.000124
1200	3,5	750	26.064	0.000121
1250	2,5	650	25.267	0.000116
1250	3,0	700	25.574	0.000125
1250	3,5	750	25.479	0.000115
1300	2,5	650	25.538	0.000120
1300	3,0	700	26.101	0.000112
1300	3,5	750	25.381	0.000116

Source: Own elaboration.

Figure 1 shows the appearance of critical zones, where the porosity defects originate by contraction in a Y-shaped specimen.

**Figure 1.** Areas where shrinkage porosity forms.

Source: Own elaboration.

The numerical values of each parameter were obtained through the simulations in ProCAST. Figure 2 shows the Bayesian network proposed to model the casting process of the Y-shaped specimen in the case study that we are dealing with in the following article. Where:

- T_v- Discharge temperature
- V_v- Dumping speed
- T_p- Mold preheating temperature
- P_c- Shrinkage porosity
- A_a- Trapped air

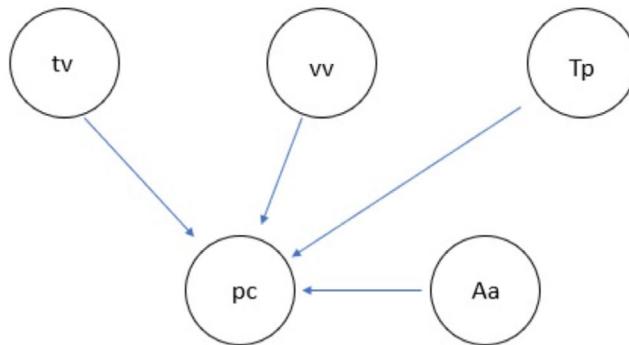


Figure 2. Bayesian network assumed by specialists' criteria.

4. CONCLUSIONS

The structure of a Bayesian model was obtained for the prediction of the contraction porosity defect and the air trapped in copper castings.

BIBLIOGRAPHIC REFERENCES

- Adedipe, T., Shafiee, M., & Zio, E.** (2020). Bayesian Network Modelling for the Wind Energy Industry: An Overview. In *Reliability Engineering and System Safety* (Vol. 202). <https://doi.org/10.1016/j.ress.2020.107053>
- Santos, I., Nieves, J., Penya, Y. K., & Bringas, P. G.** (2010). Towards noise and error reduction on foundry data gathering processes. *IEEE International Symposium on Industrial Electronics*, 1765–1770. <https://doi.org/10.1109/ISIE.2010.5637901>
- Sata, A., & Ravi, B.** (2017). Bayesian inference-based investment-casting defect analysis system for industrial application. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 90(9–12), 3301–3315. <https://doi.org/10.1007/s00170-016-9614-0>

SISTEMA DE VISUALIZACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS DE UN REFRIGERADOR DOMÉSTICO UTILIZANDO MATLAB Y LA PLATAFORMA THINGSPEAK INTERNET DE LAS COSAS (IOT).

Francisco Fernández Periche¹, Karel Arencibia Avila², Andrés Hernández Naranjo³, Michael Ibban García⁴ Perdomo, Johan Daniel Sterling Pastrana⁵.

¹*Universidad Antonio Nariño; francisco.periche@uan.edu.co*

²*Universidad Antonio Nariño; karencibia84@uan.edu.co*

³*Tecnoparque Nodo Neiva; jahernandez@sena.edu.co*

⁴*Universidad Antonio Nariño; mgarcia93@uan.edu.co*

⁵*Universidad Antonio Nariño; jsterling084@uan.edu.co*

RESUMEN

Las pruebas, que tradicionalmente se realizan para determinar el consumo energético de un refrigerador doméstico, son el resultado de un conjunto de mediciones estandarizadas a nivel internacional, en laboratorios. Varias investigaciones demuestran que este tipo de consumo, es notablemente influenciado por las condiciones reales de desempeño. Como resultado se presenta un sistema de visualización y análisis de datos capaz de agregar, visualizar y analizar flujos de informaciones en tiempo real en la nube, permitiendo mostrar el comportamiento del consumo energético en cualquier condición operativa de funcionamiento. Empleando la herramienta MatLab se obtienen diferentes correlaciones entre las variables medidas.

Keywords: Refrigerador doméstico, IoT (Internet Of Things), ThingSpeak, Matlab, Consumo energético.

1. INTRODUCCIÓN

Un refrigerador doméstico es un equipo electrodoméstico con un elevado consumo energético en comparación con otros, es por ello que la eficiencia de su sistema de refrigeración ha sido tema recurrente en diversas investigaciones, una gran mayoría se enfocan en cómo conseguir la mejora del sistema para aumentar su rendimiento y disminuir el consumo de energía eléctrica. Se encuentran estudios que han alineado el sistema de refrigeración mediante la instrumentación de un refrigerador doméstico determinando las diferentes variables que participan.(Morocho & Byron, 2016).

La Tecnología de Internet de las Cosas (IoT) se ha convertido hoy, en una de las más versátiles plataformas para la visualización y análisis de datos de procesos y siste-

mas domésticos, capaces de relacionar dispositivos con aplicaciones, personas y de hecho con investigaciones. Analizando cada uno de los componentes y agrupándolos en aquellos de carácter electrónico y no electrónico, brindando solución a problemáticas visuales y comunicativas. La nube es su mejor soporte por naturaleza, en tanto, el monitoreo, seguimiento y análisis de esos dispositivos electrónicos mitigan el suceso de emergencias por la capacidad de ponerse en acción en el momento que se necesite. (Buitrago Herrera, 2019) (Benito, 2019).

En el trabajo titulado “Model Predictive Control with Binary Quadratic Programming for the Scheduled Operation of Domestic Refrigerators” (Sabegh, 2019) se hace uso de la tecnología IoT en refrigeradores domésticos con el objetivo de estimación en tiempo real de la masa térmica utilizando la identificación de parámetros en línea, y la programación coordinada (ON-OFF) de uno de los componentes del sistema (compresor) para mantener las respectivas temperaturas dentro de las bandas de histéresis especificadas acorde con las normas de seguridad alimentaria adecuadas.

Con el presente trabajo, empleando soluciones IoT se obtienen informaciones del comportamiento general del refrigerador doméstico en tiempo real.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Una aproximación adecuada para lograr la eficiencia en la refrigeración del hogar es contabilizar la conducta de sus medidas termodinámicas y eléctricas en condiciones de funcionalidad real, a través del uso de determinados sensores de temperatura, presión y voltaje. La ubicación de cada uno de estos elementos viene dada de acuerdo a la norma ISO 917 en conjunto con lo planteado en el trabajo de investigación “Performance of a domestic refrigerator using TiO₂-R600a nano-refrigerant as working fluid”. (Bi *et al.*, 2011).

Con aplicaciones de Internet de la Cosas, se logra establecer una constante conexión para cuantificar un gran número de variables de forma adecuada. La plataforma ThingSpeak, especializada en el análisis de datos IoT, respaldada por Matlab fue la tecnología seleccionada. El principal uso de programación es la visualización de gráficos correlacionados con convenciones, ejes, colores, actualizados en tiempo real. Se utilizaron 22 sensores en el ciclo de refrigeración (evaporador, condensador, salida e ingreso del motor, dispositivos de expansión), 2 instrumentos de medición en la parte posterior del frigorífico para el conteo de las aperturas/cierre de las puertas, 2 dispositivos de medición en la conexión de la red eléctrica para el monitoreo de los picos, fluctuaciones y 2 sensores de presión para el comportamiento del circuito ter-

modinámico también fueron incluidos. Dicha instrumentación permite realizar una valoración de las prestaciones del circuito frigorífico en tiempo real.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Teniendo en cuenta los parámetros más importantes que intervienen en el ciclo de refrigeración (temperaturas, presiones y variables eléctricas) se desarrolló un sistema de adquisición de datos sobre la plataforma IoT ThingSpeak con módulo WiFi ESP8266. Para la configuración de la instrumentación se tomó en consideración la implementación de dos algoritmos en el entorno de programación IDE Arduino para cada uno de los módulos de Wi-Fi, a fin de obtener los datos de entrada. El gráfico 1 muestra la estructura utilizada para el sistema desarrollado.

El estudio de diversas investigaciones que definen el comportamiento del ciclo de refrigeración de un frigorífico doméstico tipo LBP/LST, así como los datos proporcionados en el datasheet de diferentes fabricantes permitieron identificar un grupo de correlaciones fundamentales, además de estos, otros criterios se tuvieron en cuenta: experiencia de trabajo por parte del director de este proyecto en el campo de la refrigeración residencial y el análisis de temperaturas tropicales y variaciones de voltaje que se encuentran en la red eléctrica domiciliaria de la ciudad Neiva-Huila, así como principales parámetros que afectan el comportamiento de operación normal del frigorífico (variaciones de voltaje y temperatura ambiente). En la tabla 2 se resumen estas correlaciones.

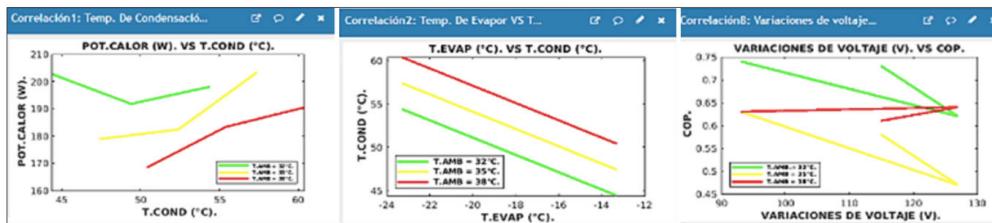
Tabla 2. Relación de Correlaciones.

Canal correlación 1.	Temperatura de condensación VS potencia calorífica a diferentes temperaturas ambiente.
Canal correlación 2.	Temperatura de evaporación VS temperatura de condensación a diferentes temperaturas ambiente.
Canal correlación 3.	Temperatura de evaporación VS potencia frigorífica a diferentes temperaturas ambiente.
Canal correlación 4.	Temperatura de condensación VS coeficiente de rendimiento (COP) a diferentes temperaturas ambiente.
Canal correlación 5.	Temperatura de evaporación VS coeficiente de rendimiento (COP) a diferentes temperaturas ambiente.
Canal correlación 6.	Potencia consumida VS variaciones de voltaje a diferentes temperaturas ambiente.
Canal correlación 7.	Potencia frigorífica VS variaciones de voltaje a diferentes temperaturas ambiente.
Canal correlación 8.	Coeficiente de rendimiento (COP) VS variaciones de voltaje a diferentes temperaturas ambiente.

Fuente: elaboración propia.

El análisis de las correlaciones se realizó para diferentes valores de temperaturas medio ambientales tropicales y las fluctuaciones de la red eléctrica domiciliaria típica en Neiva-Huila. Significativo resulta el caso del COP el cual en gran medida está afectado por las variaciones de voltaje cuando se encuentra fuera del rango declarado por el fabricante, mostrando un decrecimiento hasta un 15%. El coeficiente de correlación lineal es de -0.99, donde se evidencia además que la relación lineal es alta.

Gráfico 2. Comportamiento de Correlaciones.



Fuente: elaboración propia.

4. CONCLUSIONES

El sistema de visualización y análisis de datos del refrigerador doméstico desarrollado permite evaluar su comportamiento en condiciones reales de funcionamiento, representando una alternativa a los altos costos que implica utilizar equipos de laboratorios especializados.

El sistema, a través de las 8 correlaciones de variables evaluadas, permite caracterizar el funcionamiento del refrigerador en condiciones reales de trabajo, donde se obtienen parámetros fuera de los rangos establecidos por los fabricantes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arencribia, K., & Tricio, V.** (2014). Evaluación experimental de compresores herméticos en condiciones de clima tropical. Eficiencia y capacidad frigorífica. Informacion Tecnologica, 25(2), 103–110.
- Benito, G.** (2019). El internet de las cosas IoT. 2019-04-22, 355–375.
- Bi, S., Guo, K., Liu, Z., & Wu, J.** (2011). Performance of a domestic refrigerator using TiO₂-R600a nano-refrigerant as working fluid. Energy Conversion, 52(1), 733–737.
- Buitrago Herrera, W. A.** (2019). Modelo para la gestión de venta de bienes inmuebles en las notarías de Bogotá, basado en tecnología blockchain, orientado a la seguridad de información.

Morocho, I., & Byron, A. (2016). Instrumentación de un refrigerador doméstico para la toma de datos de presión y temperatura (ECUADOR). 87

LIBERACIÓN DE CEFUROXIMA A PARTIR DE UNA MEMBRANA POLIMÉRICA OBTENIDA POR LA TÉCNICA DE ELECTROHILADO

Eduardo Peón Avés^{1,*}, Jomarien García Couce², Jorge Luis Borrego Díaz³, Sheyla Bermúdez Pérez³, Ahmed Valdés Martínez³, Yorexis González Alfaro³

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

²Dpto. de Biomateriales Poliméricos, Centro de Biomateriales,
Universidad de La Habana, Cuba

³Dpto. de Nanomateriales, Centro de Estudios Avanzados, Cuba
E-mail de correspondencia: epeonaves@gmail.cu

RESUMEN

Los dispositivos de administración de fármacos son herramientas prometedoras en el campo farmacéutico. Las nanofibras electrohiladas han ganado gran atención como sistemas para administración in situ de una amplia gama de fármacos. En el presente trabajo se prepararon membranas de alcohol polivinílico/quitosana (PVA/QS) por el método de electrohilado cargadas con Cefuroxima (CFX) y se caracterizaron en cuanto a morfología, composición química y liberación del fármaco. En la morfología se observó un cambio en comparación con las membranas que no contienen el antibiótico y la caracterización por FTIR evidenció la presencia de los grupos funcionales de todos sus componentes incluyendo los de la CFX, demostrando que la misma quedó ocluida satisfactoriamente en la matriz. El estudio de liberación de la CFX incorporada en la membrana se realizó en PBS (pH 7,4) a 37 ° C. El análisis de liberación del fármaco mostró que se logró su liberación de forma controlada por un periodo de 48h y el empleo de modelos matemáticos mostró que la liberación ocurre predominantemente por un proceso de difusión. Estos resultados demuestran la posible utilización de las membranas de PVA/QS preparadas como sistema de administración transdérmica de antibióticos.

Palabras clave: liberación de fármacos, electrohilado, quitosana, cefuroxima.

1. INTRODUCCIÓN

Las membranas obtenidas a partir de la técnica de electrohilado tienen un gran potencial como sistemas de liberación controlada de fármacos, puesto que las membranas electrohiladas cargadas con un fármaco pueden ser utilizadas posteriormente como parches cutáneos o vendas funcionalizadas en el tratamiento de afecciones de la piel [1-3]. Compuestos tanto de origen sintético como extractos naturales con

propiedades diversas han sido ocluidos en fibras electrohiladas. Mayormente se han desarrollado matrices para sistemas de liberación de moléculas y extractos con propiedades antimicrobianas que ayuden al tratamiento localizado en infecciones de la piel. Antibióticos de diferentes grupos farmacológicos como, por ejemplo, el moxifloxacino, ciprofloxacino [4] y levofloxacino [5] han sido estudiados en matrices electrohiladas de quitosana. Otro grupo de fármacos que ha sido investigado son los β -lactámicos como la cefazolina [6] y dentro de este último grupo la CFX resulta un candidato de interés por ser una cefalosporina de segunda generación de amplio espectro [7].

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Para la preparación de las membranas cargadas con CFX se partió de las mezcla de una disolución de QS al 2.5 % (m/v) y de PVA al 8% (m/v) en una proporción PVA:QS de 75:25. Posteriormente, se adicionó la CFX y la mezcla final fue electrohilada utilizando un equipo comercial Fnm Electroris Labscale ES1000, bajo las condiciones de trabajo: diámetro aguja 0.9 mm, voltaje aplicado 10 kV, distancia aguja colector 50 mm y flujo 0.8 mL/h

Las membranas vacías y cargadas se caracterizaron por FTIR. Los espectros fueron realizados 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 estudio de liberación de la CFX se llevó a cabo en 5 mL de buffer fosfato salino (PBS) a 37°C, durante 48 horas. La cantidad de CFX liberada en el tiempo se siguió por espectrofotometría UV-Visible a una longitud de onda de 277 nm; en un espectrofotómetro Shimadzu UV-1280. Previamente se obtuvo la curva de calibración de CFX en un rango de concentraciones entre 1 y 100 ppm

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Caracterización espectroscópica y morfológica

En la figura 1(A) se observan los espectros correspondientes a la CFX y las membranas PVA/QS vacías y cargadas. En el espectro correspondiente a la membrana PVA/QS se observan bandas referentes a ambos polímeros de partida. El espectro de CFX presenta una gran cantidad de bandas asociadas a los modos vibracionales de los diversos grupos funcionales presentes en su estructura. En el espectro de la

membrana cargada aparecen varias bandas, muchas presentan solapamiento, pero puede verse de forma separada la banda a 1760 cm^{-1} correspondiente al $-\text{C=O}$ del anillo láctamico de la CFX. En este mismo espectro puede observarse un cambio en la forma de la banda entre los 3600 y 3100 cm^{-1} así como un corrimiento del máximo a 3265 cm^{-1} , lo cual puede estar condicionado por interacciones entre la molécula de CFX y los polímeros de partida a través de enlaces por puente de hidrógeno o la formación de éster.

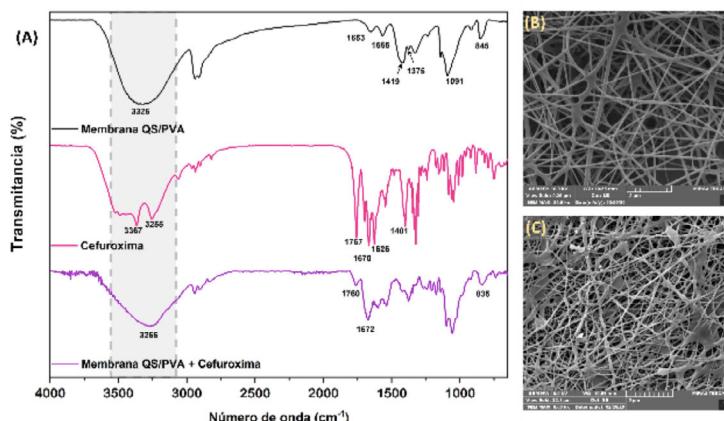


Figura 1. (A) Espectros FTIR de membranas QS/PVA, CFX y membranas QS/PVA cargadas con CFX. Micrografías de las membranas PVA/QS vacías (B) y cargadas con CFX (C)

En la Fig 1 (C), la micrografía de las fibras de la membrana cargada con CFX evidencia cambios morfológicos con respecto a la micrografía de la membrana vacía (Fig 1 (B)). Las fibras tienen una distribución desordenada, con abundantes zonas de interconexión y torceduras.

3.2 Estudio de liberación de cefuroxima

En la Figura 2 se observa el comportamiento de la liberación de CFX en PBS a 37°C de las membranas de PVA/QS cargadas. Los resultados que se muestran son el promedio de las tres réplicas evaluadas. Los resultados graficados muestran un efecto rafaga marcado durante las primeras 8 h del estudio, lo cual es característico en estos tipos de sistemas debido a la liberación acelerada del fármaco que se encuentra más próximo a la superficie del material. Posteriormente se observa un incremento en la cantidad liberada de CFX de forma más controlada durante las 48 h del estudio.

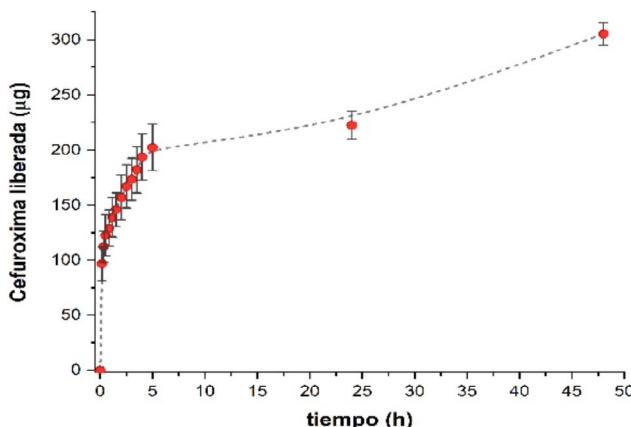


Figura 2. Perfil de liberación de la cefuroxima ocluida en la matriz de PVA/QS.

Adicionalmente se realizó un estudio cinético del comportamiento de la liberación a partir del ajuste de la curva del perfil de liberación a los modelos matemáticos de Korsmeyer-Peppas y Peppas-Sahlin. Aunque se obtienen buenos valores de coeficiente de correlación en ambos ajustes, el mejor valor se obtuvo para el modelo de Peppas-Sahlin. Teniendo en cuenta además el valor del exponente de liberación n , se puede concluir que el proceso transcurre fundamentalmente por un proceso de difusión quasi-fickiano.

4. CONCLUSIONES

Se logró preparar membranas cargadas con CFX con una morfología de fibras nanométricas, cuya caracterización por FTIR mostró que la incorporación del fármaco produce corrimiento en algunas bandas del espectro evidenciando interacciones fármaco-matriz. En el estudio de liberación se observa un efecto ráfaga inicial y posteriormente un comportamiento típico de una liberación controlada en el tiempo. Los resultados demuestran la posible utilización de las membranas de PVA/QS preparadas como sistema de administración transdérmica de antibióticos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por Programa Nacional de Nanociencias y Nanotecnologías, PN3, PN211LH008-019, del CITMA, Cuba

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] **Supaphol P., Suwantong O., Sangsanoh P., Srinivasan S., Jayakumar R., & Nair S. V.** (2011). Electrospinning of Biocompatible Polymers and Their Potentials in Biomedical Applications. In: Jayakumar R., Nair S. (eds) *Biomedical Applications of Polymeric Nanofibers. Advances in Polymer Science*, vol 246. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/12_2011_143.
- [2] **Lee, L. J.** (2006). Polymer Nanoengineering for Biomedical Applications. *Ann. Biomed. Eng.*, 34(1), 75–88. <https://doi.org/10.1007/s10439-005-9011-6>.
- [3] **Chew, S. Y., Hufnagel, T. C., Lim, C. T. & Leong, K. W.** (2006). Mechanical properties of single electrospun drug-encapsulated nanofibres. *Nanotechnology*, 17(15), 3880–3891. <https://doi.org/10.1088/0957-4484/17/15/045>.
- [4] **Cheng, F., Gao, J., Wang, L. & Hu, X.** (2015). Composite chitosan/poly(ethylene oxide) electrospun nanofibrous mats as novel wound dressing matrixes for the controlled release of drugs. *J. Appl. Polym. Sci.*, 132(24), 42060. <https://doi.org/10.1002/app.42060>.
- [5] **Jalvandi, J., White, M., Gao, Y., Truong, Y. B., Padhye, R., & Kyratzis, I. L.** (2017). Polyvinyl alcohol composite nanofibres containing conjugated levofloxacin-chitosan for controlled drug release. *Mater. Sci. Eng. C Mater. Biol. Appl.*, 73, 440-446. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2016.12.112>.
- [6] **Fazli, Y. & Shariatinia, Z.** (2017). Controlled release of cefazolin sodium antibiotic drug from electrospun chitosan-polyethylene oxide nanofibrous Mats. *Mater. Sci. Eng. C Mater. Biol. Appl.*, 71, 641-652. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2016.10.048>.
- [7] **Vieira, D. C. de M., Ricarte, P. de C. & Salgado, H. R. N.** (2012). Development and Validation of the Quantitative Analysis of Cefuroxime Sodium in Powder for Injection by Infrared Spectroscopy. *Adv. Anal. Chem.*, 2(6), 80–87. <https://doi.org/10.5923/j.aac.20120206.02>.

SIMULATION OF THE NONLINEAR STRESS STATE IN AN UNDERCUT OF THE BUTT WELDED JOINT

Pavel-Michel Almaguer-Zaldivar¹, Carlos-Enrique Zuñiga-Rodríguez², Raúl-Rolando Ramos-Santiago³, Hortensia Santiago-Cuenca³

¹Centro de Estudios CAD/CAM, Universidad de Holguín, Holguín, Cuba

²Empresa Geysel, Holguín, Cuba

³Departamento Mecánica Aplicada, Universidad de Holguín, Holguín, Cuba

E-mail de correspondencia: pavel@uhc.edu.cu

ABSTRACT

The welded joints are important components of any structure, where may happen different flaw. The undercut is one of the most common flaws in welded joints: the Heat Affected Zone suffers metallurgic changes that incite variations of the mechanical properties. The aim of this paper is to evaluate the nonlinear stress state in an undercut of the butt welded joint. The base material is AISI 1015 steel and E6013 electrode is the filler material. The undercut is characterized by means of metallurgic observations. The SolidWorks 2016 software was used to model the flaw geometry, the shape of some grains and the different welded joint zones. To develop the numerical simulations, the Simulation package was utilized. A value of the stress state around the undercut was obtained.

1. INTRODUCTION

The welded joints constitute a common way for the permanent joint of parts or machine elements. In these joints, can appear some flaws during the welding process (Shukla, 2004, Araque de los Ríos y Arzola de la Peña, 2013). One of them is the undercut. This is a concentrator of stresses, also it diminish the width of the joined elements.

The welded zone can get to become one of the weaker points of the structure and to provoke the premature failure of the joint. In order that this not happen, it is necessary to control the welding parameters and the quality of the bead, as well as knowing the mechanical behavior of the welded joint subjected by the service's loads. By these reasons, is very important the use of tools for the study of the joint. In this sense, many researchers have used the Finite Elements Method to predict the welded joint behavior (Gorash *et al.*, 2015, Pinilla *et al.*, 2015, Liu *et al.*, 2016, Ping *et al.*, 2017, Piekarska *et al.*, 2017, Bruna-Rosso *et al.*, 2018, Arunkumar *et al.*, 2019, Waghmare *et al.*, 2019, Muhammad *et al.*, 2020).

The objective of this work is to obtain the stress state in the undercut that appear in the heat affected zone (HAZ) of the butt-welded joint of AISI 1015 steel and E6013 electrode.

2. MATERIALS AND METHODS

The base material used in this work was AISI 1015 steel, while the filler material was E6013 electrode. Welding process was Shield Metal Arc Welding. Almaguer & Estrada (2015) described the properties of the base material, filler material and the welding process parameters.

The metallographic observation of the one specimen extracted from the studied welded joint was made. It was encapsulated by means of a Struers ProntoPress 20 machine. Polished him by means of a polishing machine model Struers DAP 7, with tailstock Pedemin 2. The polished surfaces was attacked chemically with nital 2 %. The metallographic structures of the welded joint, was observed with an optic microscope Epiphot, to the one that coupled it a camera that allow to getting the photos from the studied specimens.

A zone with lack of material was observed. It corresponding to an undercut (Figure 1a). The acquired picture was inserted into a sketch in the SolidWorks 2016 software. A geometric model was obtained (figure 1b). The constraints, loads and mesh that appear in the same figure was applied to the model. At one end fixed restrictions were applied, considering that the fixed head of the testing machine is on that side. To simulate the tailstock of the machine, it was decided to apply at the other end of the specimen a variable displacement in time from zero to its final value, that is equal to 0.038304 mm. To obtain this value, a tensile test in one specimen was simulated. After, a displacement in the zone that correspond with the it studied in this work was measured. For the variation of the displacement, a curve time was implemented. Mesh have 10 113 and 4 955 nodes and elements respectively. In the HAZ and in the undercut it was refined to obtain better results. The type of study was static non-linear.

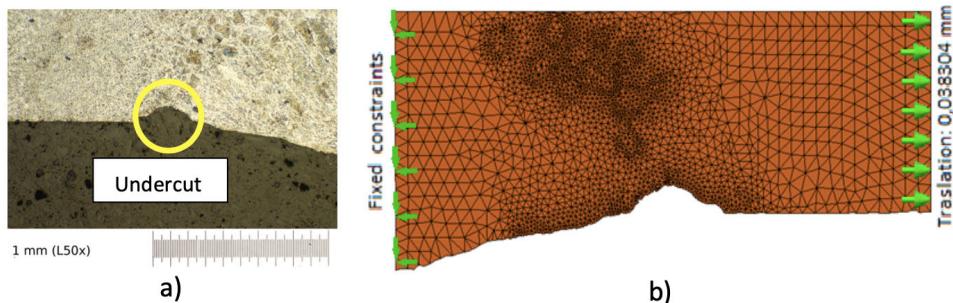


Figure 1. a) Metallographic observation. b) Model, loads, mesh and constraints.

Source: own elaboration.

3. RESULTS AND DISCUSSION

The stress state obtained is exposed in the figure 2. Stress, in the majority of the model are equal to 325 MPa. The maximum stress are located in the undercut. The value is equal to 1 195.80 MPa, that is bigger than yield limit (315 MPa) and the ultimate stress (420 MPa) of the base material. This result shows that the welded joint begin to failure in this zone. The effect of the concentration of stresses around the fault is corroborate. Exists one zone, that corresponding with the over bead, where the stresses are in compression. This result is due to the Poisson's effect.

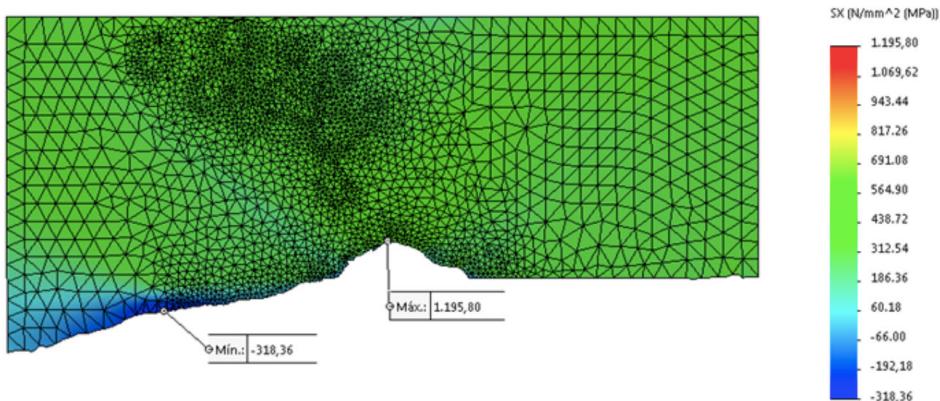


Figure 2. Stress state.

Source: own elaboration.

4. CONCLUSIONS

The stress state that happens around a flaw type undercut in a butt-welded joint of steel AISI 1015 and electrode E6013 was obtained. The results suggest that occur the

phenomenon of the concentration of stresses in the flaw . It to propitiate the failure of the welded joint.

BIBLIOGRAPHIC REFERENCES

- Almaguer-Zaldivar, P. M. Estrada-Cingualbres, R. A.** (2015). Evaluación del comportamiento a fatiga de una unión soldada a tope de acero AISI 1015. *Ingeniería Mecánica*. 18(1): 31-41. ISSN 1815-5944
- Araque de los Ríos, O. J., y Arzola de la Peña, N.** (2013) Estado del arte sobre la integridad estructural de uniones soldadas y modelos de propagación de grietas para la gestión de vida en estructuras. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*. 21(2), 279-292.
- Arunkumar, M., Dhinakaran, V., Siva, N.** (2019). Numerical prediction of temperature distribution and residual stresses on plasma arc welded thin titanium sheets. *International Journal of Modelling and Simulation*. 41(2): 146-162. doi: <https://doi.org/10.1080/02286203.2019.1700089>.
- Bruna-Rosso, C., Gökhan Demir, A., Previtali, B.** (2018). Selective laser melting finite element modeling: Validation with high-speed imaging and lack of fusion defects prediction. *Materials & Design*. 156(15): 143-153. doi: <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2018.06.037>.
- Gorash, Y., Comlekci, T., y MacKenzie, D.** (2015). Comparative study of FE-models and material data for fatigue life assessments of welded thin-walled cross-beam connections. *Procedia Engineering*, (133), 420–432. doi: [10.1016/j.proeng.2015.12.612](https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.12.612)
- Liu, L., Ding, N., Shi, J., Xu, N., Guo, W., Chi-Man, L. W.** (2016). Failure analysis of tube-to-tube sheet welded joints in a shell-tube heat exchanger. *Case Studies in Engineering Failure Analysis*, (7), 32–40. doi: [10.1016/j.csefa.2016.06.002](https://doi.org/10.1016/j.csefa.2016.06.002)
- Muhammad, A., Ali, M.A., Shanono, I.H.** (2020). Finite element analysis of a connecting rod in ANSYS. *Materials Science and Engineering*. 736():1-16. doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/736/2/022119>.
- Piekarska, W., Kubiak, M., Vaško, M.** (2017). Numerical Estimation of the Shape of Weld and Heat Affected Zone in Laser-arc Hybrid Welded Joints. *Procedia Engineering*. 177:114-120.doi:<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.02.198>.

Ping, L., Zhixin, X., Kaiyong, J., Feng, M., y Yang, Sh. (2017). Influence of flash butt welding parameters on microstructure and mechanical properties of HSLA 590CL welded joints in wheel rims. *Materials Research Society*, 32(4), 831–842 doi: <http://dx.doi.org/10.1557/jmr.2016.509>

Pinilla, A. Gallego Cossio, L. y Hernández Aros, L. (2015). Estimación técnica económica de la razón de enfriamiento en soldadura vs. la utilización de modelos MEF. *Ind. Data. Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial*. 18(1): 79-83. ISSN: 1810-9993. doi: <https://doi.org/10.15381/idata.v18i1.12068>

Shukla, A. (2004). *Practical Fracture Mechanics in Design*. New York, Estados Unidos: Marcel Dekker. ISBN 978-0-8247-5885-1.

Waghmare, U., Dhoble, A. S., Taiwade, R., Verma, J., Vashishtha, J. (2019). Prediction of heat affected zone and other mechanical properties of welded joints of HSLA A588-B of jet blast deflector. *World Journal of Engineering*, 16(4): 438-444. doi: <https://doi.org/10.1108/WJE-08-2018-0281>.

ANN ARCHITECTURES TO ESTIMATE THE SEC IN DRY HSM OF AISI 1045 USING P10, P15 AND P25 INSERTS

Dagnier Antonio Curra-Sosa¹, Roberto Pérez-Rodríguez¹, Luis Wilfredo Hernández-

González¹, Patricia del Carmen Zambrano-Robledo²

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

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

E-mail de correspondencia: curra@uhc.edu.cu

ABSTRACT

This work presents three architectures of Artificial Neural Networks (ANN), to found the relationships between the parameters of the cutting regime and the technological indicators of High Speed Manufacturing, in the machining of AISI 1045 with P10, P15 and P25 inserts, based-on the information generated from real experimentation. For the conception of suitable cutting strategies with the inserts: cermet CT5015-P10 and carbides GC4215-P15 and GC4225-P25; the following were considered as input quantities to the models: the cutting speed, the duration of the test and the wear of the cutting tool. The results corroborate the effectiveness of the ANNs in estimating the Specific Energy Consumption (SEC) in the case of study analyzed.

1. INTRODUCTION

In machining, various types of energy monitoring of machine tools have been developed. Authors such as (Xie *et al.*, 2015), presented a predictive model for the SEC, validated in the turning of AISI 1045 steel, with conventional cutting speeds. For their part, (Kim *et al.*, 2015) proposed a SEC monitoring system for each axis of a machining center. In another study, (Tristo *et al.*, 2015) introduced the SEC in real time in the EDM micro-milling; while (Wu *et al.*, 2018) proposed an online configurable control system for the SEC of machine tools. Finally, (Cai *et al.*, 2019) established a monitoring strategy for the state of energy efficiency based on the transformation of continuous waves.

Contributions were also identified in the determination of energy performance. Kant (Kant, 2016) modeled the energy consumption in the turning of AISI 1045 steel using Support Vector Machines. (Jia *et al.*, 2018) introduce the identification of energy efficiency states in milling operations based on information reasoning and the Hidden Markov Model. Liang *et al.* (Liang, 2018) developed an ANN for the modeling and monitoring of energy consumption. Curra *et al.* (Curra, 2018) obtained a predictive model for SEC in the turning of AISI 316L steel using ANN.

2. MATERIALS AND METHODS

AISI-SAE 1045 carbon steel was used. Uncoated cermet CT5015-P10 and CVD coated GC4215-P15 and GC4225-P25 were used as inserts. The geometry selected for the three inserts was CCMT 12 04 04-PF. The inserts were placed on a SANDVIK SCLCR / L2020K 12 tool holder. A MILLTRONICS CNC lathe was used. The directional components of the resulting cutting force were measured with a KISTLER 9257B piezoelectric dynamometer.

The research determined the progression of the cutting forces of three inserts during dry turning by varying the cutting speed limits. The following variable factors were considered in the data records: cutting speed, duration of the test and progression of tool wear; while the dependent factor is the resulting cutting force.

SEC is defined as the energy consumption of the spindle system when removing 1 cm³ of chip. Thus, the model is expressed by:

$$\text{SEC} = \frac{E_c}{V} = \frac{\int P_i(t)dt}{\int MRR(t)dt} \quad (1)$$

where E_c is the energy consumed by the screw system, V is the volume of material removed, $P_i(t)$ is the input power of the spindle system and $MRR(t)$ the rate of material removed, both at time t

3. RESULTS AND DISCUSSION

In evaluating the performance of the combined model, the following metrics (Table 1) were used: the coefficient of determination (R^2), the root mean square error (RMSE) and the percentage of relative mean error (MEP).

For each data set, the coefficient of determination is very close to one (ideal value), which is supported by an error measure below 8 N and an average percentage below 4 %. Therefore, the precise estimation of the resulting cutting force in the cutting regimes studied is corroborated.

Table 1. Performance indicators for the combined model.

DATA SET	METRICS	CT5015-P10	GC4215-P15	GC4225-P25
Training	R2	0.9975	0.9985	0.9922
	RMSE (N)	3.4391	2.0852	5.4161
	MEP (%)	2.4371	0.7473	2.5941

	R2	0.9936	0.9804	0.9620
Validation	RMSE	3.3915	4.4893	4.7536
	MEP (%)	2.7174	1.4170	2.0139
	R2	0.9898	0.8758	0.9921
Verification	RMSE	4.2937	7.9250	3.4960
	MEP (%)	2.2673	3.0480	1.3997
	R2	0.9964	0.9911	0.9908
All	RMSE	3.5940	4.2875	4.9728
	MEP (%)	2.4731	1.3109	2.2468

Source: own elaboration.

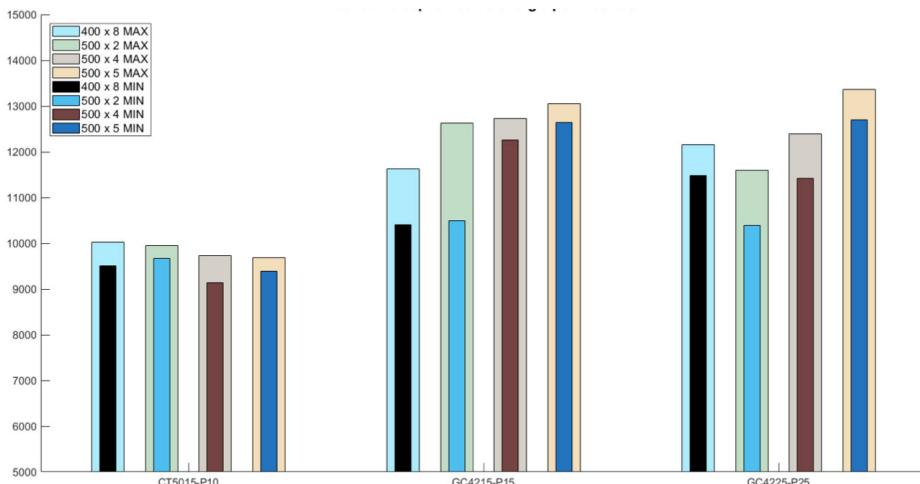


Figure 1. Specific energy consumption (J/cm3) per inserts and ANN.

Source: own elaboration.

4. CONCLUSIONS

An integrated model was developed to determine, among the cutting regimes studied, those with the greatest energy savings for the cutting conditions studied. The integrated model constitutes an adequate support instrument based on adopting energy saving measures that help mitigate the negative consequences derived from the emission of CO₂ into the atmosphere.

BIBLIOGRAPHIC REFERENCES

- Xie, J., Liu, F., Qiu, H.** (2015). An integrated model for predicting the specific energy consumption of manufacturing processes. *International Journal of Advanced Manufacturing*, 85, 1339-1346. <https://doi.org/10.1007/s00170-015-8033-y>

- Kim, J.H., Nam, S.H., Lee, D.Y.** (2015). Energy consumption monitoring system for each axis of machining center. *Journal of the Korean Society for Precision Engineering*, 32(4), 339-344. <https://doi.org/10.7736/KSPE.2015.32.4.339>
- Tristo, G., Bissacco, G., Lebar, A., Valentiničić, J.** (2015). Real time power consumption monitoring for energy efficiency analysis in micro EDM milling. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 78 (9-12), 1511-1521. <https://doi.org/10.1007/s00170-014-6725-3>
- Wu, P., He, Y., Lim, M.K., Wang, Y., Wang, Y., Hu, L.** (2018). A configurable on-line monitoring system towards energy consumption of machine tools," in *Advances in Green Energy Systems and Smart Grid* (p. 139-150), Springer, Singapore.
- Cai, Y., Shi, X., Shao, H., Yuan, J.** (2019). Energy efficiency state identification based on Continuous Wavelet Transform—Fast Independent Component Analysis, *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, 141(2), 021012. <https://doi.org/10.1115/1.4041568>
- Kant, G.** Prediction and optimization of machining parameters for minimizing surface roughness and power consumption during turning of AISI 1045 steel, PhD, Birla Institute of Technology & Science, 2016.
- Jia, S., Yuan, Q., Cai, W., Li, M., Li, Z.** (2018). Energy modeling method of machine-operatorsystemforsustainablemachining, *EnergyConversionandManagement*, 172, 265-276. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enconman.2018.07.030>
- Liang, Y.C., Lu, X. Li, W.D., Wang, S.** (2018). Cyber physical system and Big Data enabled energy efficient machining optimization, *Journal of Cleaner Production*, 187, 46-62. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.149>
- Curra-Sosa, D.A., Pérez-Rodríguez, R., del-Risco, R.** (2018). Predictive Model for Specific Energy Consumption in the Turning of AISI 316L Steel. In: Hernández, Y., et al. (eds) Progress in Artificial Intelligence and Pattern Recognition. Lecture Notes in Computer Science, 11047. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-01132-1_6

OBTENTION DE CÁPSULAS POLIMÉRICAS COMO PLATAFORMAS PARA LA LIBERACIÓN DE FÁRMACOS EN EL TRATAMIENTO DE ENFERMEDADES NEURODEGENERATIVAS.

Amanda Isabel Borrego Díaz¹, Sheyla Bermúdez Pérez¹, Daylin Frómeta Fuentes¹, M.A. Vantsyan², T.V. Bukreeva^{2,3}, Yorexis González Alfaro^{1,*}

¹Centro de Estudios Avanzados de Cuba (CEA), CITMA, La Lisa, 17100 La Habana, Cuba.

²National Research Center "Kurchatov Institute", 123182, Russia, Moscow, 1, Akademika Kurchatova pl.

³A.V.Shubnikov Institute of Crystallography FSRC «Crystallography and Photonics» RAS, 119333, Russia, Moscow, Leninsky pr, 59

E-mail de correspondencia: yorexis.gonzalez@gmail.com

RESUMEN

Los métodos de encapsulación son uno de los sistemas utilizados para controlar el proceso de liberación de algún fármaco durante el tiempo requerido en el lugar de destino y en cantidades deseadas. Con el objetivo de diseñar un vehículo para la liberación controlada de fármacos para el tratamiento de enfermedades neurodegenerativas, se encapsuló el marcador fluorescente 4 ',6-diamidino-2-fenilindol (DAPI) empleando el polímero Poli-ε-caprolactona (PCL) a través del método de doble emulsión. La síntesis se llevó a cabo mediante la preparación de una fase orgánica en la que se mezclaron DAPI y el diclorometano (DCM) utilizado como solvente y una fase acuosa en la que se encontró el alcohol polivinílico (PVA) empleado como tensoactivo. Utilizando la técnica de dispersión dinámica de luz se observó una sola población de partículas con un diámetro hidrodinámico de 1.48 μm. La muestra se caracterizó mediante microscopía electrónica de barrido visualizándose cápsulas de diferentes tamaños con forma esférica. Mediante espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier se apreciaron solamente las bandas correspondientes a los grupos funcionales característicos de los polímeros PCL y PVA. Las cápsulas obtenidas se observaron en el microscopio confocal donde se comprobó la internalización del fluoróforo en la cápsula polimérica.

1. INTRODUCCIÓN

El tratamiento de enfermedades que afectan al Sistema Nervioso Central (SNC) requiere el suministro de fármacos al cerebro. Sin embargo, el SNC presenta diversas barreras que lo protegen del ambiente al mismo tiempo que dificulta el transporte de determinadas moléculas a través de ella. Diferentes estudios han demostrado que la encapsulación polimérica de agentes activos que faciliten su paso hacia el

cerebro, es una vía favorable y menos invasiva que a través de intervenciones quirúrgicas, logrando actuar como un sistema de liberación controlada en el sitio requerido, evitando de esta forma una respuesta inmunológica adversa.

En este trabajo, con el objetivo de diseñar un vehículo para la liberación controlada de fármacos en el tratamiento de enfermedades neurodegenerativas, se expone el proceso de obtención de cápsulas poliméricas de Poli-ε-caprolactona (PCL) con el marcador fluorescente 4 ',6-diamidino-2-fenilindol (DAPI) como agente encapsulado.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Materiales

4 ',6-diamidino-2-fenilindol, DAPI (Merck); Agua Ultrapura; Diclorometano, DCM (Sigma-Aldrich); Poli-ε-caprolactona (Shapelock); Polivinilalcohol, PVA (BDH Chemicals); Tween 80 (Riedel-de-Haën™).

2.2. Obtención de las cápsulas poliméricas.

En la síntesis de las cápsulas poliméricas se prepararon previamente las soluciones que componen a la Fase Orgánica y a la Fase Acuosa. Para la preparación de la Fase Orgánica se disolvieron 50 mg de PCL en 25 ml de DCM mediante agitación magnética durante 1 hora (Solución A). Además, se disolvieron 15 mg del marcador DAPI en 0.5 ml de Tween 80 hasta alcanzar completa disolución, luego se añadió la solución obtenida a la Solución A y se disolvió por agitación mecánica durante una hora. La Fase Acuosa estuvo compuesta por 100 mg de PVA y 50 ml de agua ultrapura lo cual se disolvió mediante agitación a 500 rpm hasta lograr completa disolución.

Para la obtención de las cápsulas poliméricas se goteó la fase orgánica sobre la fase acuosa bajo agitación a más de 21 000 rpm en el Ultraturrax durante 30 minutos. Se dejó precipitar en reposo, y luego las partículas fueron lavadas, filtradas y liofilizadas.

2.3. Caracterización de las cápsulas obtenidas

Las cápsulas poliméricas se caracterizaron por Microscopía Electrónica de Barrido (SEM) en un microscopio TESCAN VEGA a 5 kV. Se empleó la técnica de Dispersión de Luz Dinámica para medir el tamaño de partícula. Para la medición se utilizó el analizador de tamaño de partícula Zetasizer Nano-ZS de la Malvern Instruments. Se reconstituyeron 10 mg de partículas en 1mL agua ultrapura ayudada por un sonificador Hielsher UP400S, (400 W y 24 KHz-70% de frecuencia). Las cápsulas se visualizaron al Microscopio Confocal Olimpus FV1000 IX81 y se analizaron por Espectroscopía

Infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) en un espectrómetro Shimadzu en un intervalo espectral de 600-4000 cm⁻¹.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 a) se muestran las imágenes obtenidas por SEM de las cápsulas poliméricas. La morfología de las capsulas es esférica con un tamaño promedio de 37 μm de diámetro y una distribución de tamaño heterogénea lo cual está determinado por el método de síntesis empleado.

En la Figura 1 b) se observa por Microscopía Confocal el fluoróforo, empleado como medio de marcaje, encapsulado en la esfera polimérica. Esta imagen verifica que el método de encapsulado es idóneo para las aplicaciones deseadas obteniéndose un vehículo con potencialidades para encapsular principios activos como se muestra en el diagrama de la Figura 1c).

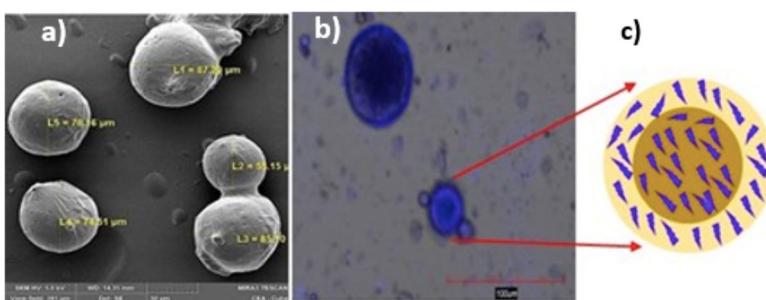


Figura 1. Imágenes de las cápsulas poliméricas: a) Tamaño y morfología obtenido por SEM, b) imagen de Microscopía Confocal utilizando el fluoróforo DAPI como agente encapsulante y c) diagrama de las capsulas.

Fuente: (elaboración propia).

En la Figura 2 a) se muestran la distribución de tamaño de partícula por volumen de la muestra analizada. Se confirma la existencia de una mayor población de partículas con un valor de 600 nm aproximadamente, pues ocupa prácticamente todo el volumen de la muestra. Se obtuvo un diámetro hidrodinámico promedio de 1.48 μm . El índice de polidispersidad es un indicador de la homogeneidad de la muestra de manera global. En este caso el valor obtenido fue de 0.7 ± 0.1 lo que indica que la muestra presenta heterogeneidades coincidiendo este criterio con el descrito por SEM.

En la Figura 2 b) se representa el espectro IR obtenido para capsulas obtenidas. Analizando los espectros de cada componente de la formulación en su forma virgen de la

capsula polimérica, se demuestra que solo aparecen las bandas características de la PCL y del PVA como agente estabilizante.

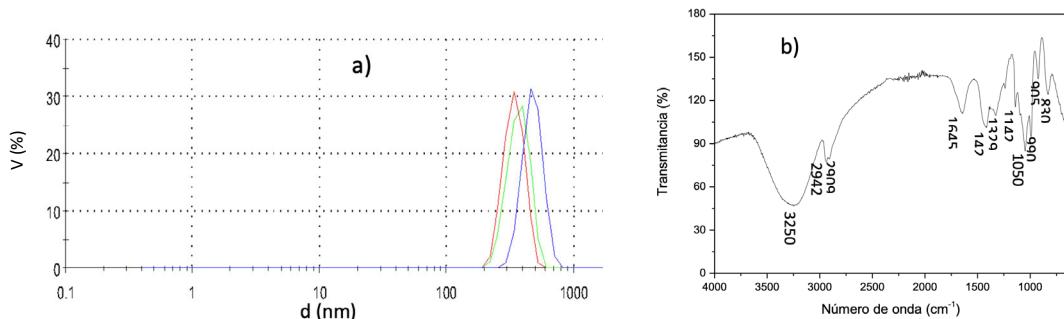


Figura 2. a) Distribución de tamaño de partícula por Volumen y b) Espectro IR de las cápsulas poliméricas analizadas.

Fuente: (elaboración propia).

4. CONCLUSIONES

La encapsulación polimérica del marcador fluorescente con PLC se realizó por el método de doble emulsión. Se obtuvieron cápsulas con forma esférica y dimensiones heterogéneas con un rango de 1.48-37 µm. Se apreciaron solamente las bandas correspondientes a los grupos funcionales característicos del polímero PLC y también señales del PVA como agente estabilizante. Se logró comprobar la presencia del fluoróforo DAPI en el interior de las cápsulas poliméricas de PCL mediante Microscopía Confocal.

AGRADECIMIENTOS

Proyecto PN211LH008-001 del Programa Nacional de Nanociencia y Nanotecnología y al proyecto 18-53-34007 de la Fundación Rusa de Investigación Básica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] **Duwa R, Emami F, Lee S, Jeong J-Heon, Yook S.** (2019). Polymeric and Lipid-based Drug Delivery Systems for Treatment of Glioblastoma Multiforme. Journal of Industrial and Engineering Chemistry. JIEC4636 (1226-086X) 13-26. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2019.06.050>

- [2] **M. Diyanat, H. Saeidian, S. Baziar, Z. Mirjafary.** (2019) Preparation and characterization of polycaprolactone nanocapsules containing pretilachlor as an herbicide nanocarrier. Environmental Science and Pollution Research. 26 (21579–21588).
- [3] **M. Kashkooli, M. Soltani and M. Souris.** (2020) Controlled anticancer drug release through advanced nano-drug delivery systems: Static and dynamic targeting strategies, Journal of Controlled Release. S0168-3659(20)30452-1
- [4] **R. Grillo, N. Z. Dos Santos, C. R. Maruyama, A. H. Rosa, R. Lima, L. F. Fraceto.** (2012). Poly (ϵ -caprolactone) nanocapsules as carrier systems for herbicides: Physico-chemical characterization and genotoxicity evaluation. Journal of Hazardous Materials 231– 232. 1– 9.

NANO-VEHÍCULOS DE QUITOSANO CARGADOS CON NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE HIERRO PARA TERAPIA COMBINADA DE LIBERACIÓN CONTROLADA DE DROGAS E HIPERTERMIA MAGNÉTICA.

Tanibet Alba O'Reilly¹, Ahmed Valdés Martínez¹, María Elena Lanio Ruiz², Brian Mondeja Rodríguez¹, Emilio F. Acosta¹, Yorexis González Alfaro^{1,*}

¹Centro de Estudios Avanzados de Cuba (CEA), CITMA, La Lisa, 17100 La Habana, Cuba.

²Centro de Estudios de Proteínas, Facultad de Biología, Universidad de La Habana, Cuba.

E-mail de correspondencia: yorexis.gonzalez@gmail.com

RESUMEN

Los compuestos formados por nanopartículas de óxido de hierro integrados en estructuras poliméricas han atraído recientemente un gran interés por sus ventajas en la fabricación de nano-vehículos con morfología, composición y propiedades superficiales ideales para el diseño de nuevos enfoques en el tratamiento del cáncer. El uso de nano-vehículos poliméricos naturales, compuestos principalmente por quitosano, ha aumentado debido a su biocompatibilidad, biodegradabilidad y baja toxicidad. En este estudio se prepararon nano-cápsulas de quitosano cargadas con nanopartículas de óxido de hierro mediante sistemas de fabricación asistido por ultrasonido. Se determinó la composición, distribución de tamaño y las propiedades hipertérmicas de los nano-vehículos por diferentes técnicas de caracterización como espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier, difracción de rayos X y dispersión dinámica de luz. Se obtuvieron nano-cápsulas esféricas con diámetros menores de 200 nm que encapsulan nanopartículas de magnetita de 9 nm, combinación de tamaño ideal para aplicaciones biomédicas.

1. INTRODUCCIÓN

Los compuestos formados por nanopartículas de óxido de hierro (NPm) integrados en estructuras poliméricas han atraído recientemente un gran interés por sus ventajas en la fabricación de nano-vehículos con morfología, composición y propiedades superficiales ideales para el diseño de nuevos enfoques en el tratamiento del cáncer [1]. El uso de nano-vehículos poliméricos naturales, compuestos principalmente por quitosano, ha aumentado debido a su biocompatibilidad, biodegradabilidad y baja toxicidad [2]. Estas propiedades permite su utilización para terapia combinada de liberación controlada e hipertermia magnética. En este estudio se prepararon nano-cápsulas de quitosano cargadas con nanopartículas de óxido de hierro mediante sistemas de fabricación asistido por ultrasonido [3]. Se determinó la composición,

distribución de tamaño y las propiedades hipertérmicas de los nano-vehículos por diferentes técnicas de caracterización espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier, difracción de rayos X y dispersión dinámica de luz. Se obtuvieron nano-cápsulas esféricas con diámetros promedios menores de 200 nm.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Síntesis de las NPm por método de coprecipitación.

Se utilizó el método descrito por por Zheng y colaboradores en el 2005 [4] del que se han modificado algunas de las condiciones experimentales para su preparación. Se utilizaron como precursores del hierro las siguientes sales $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ y $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (Sigma-Aldrich, Alemania) y ácido oleico como surfactante.

2.2 Encapsulación de las nanopartículas de óxido de hierro con quitosano (Q).

Dispersar nanopartículas de óxido de hierro en solución de Tween 80 (Merk, Alemania) y ayuda de la punta de ultrasonido. Gotear en una solución de quitosano (Bajo peso molecular) (Sigma-Aldrich, Alemania) en ácido acético (Merk, Alemania) al 1% aplicar tratamiento ultrasónico de 160 W durante 10 minutos con una punta de ultrasonido de la marca TOPSONICS, modelo UP400.

2.3 Caracterización de nanopartículas.

Los espectros de absorción en el infrarrojo se han obtenido en un equipo de la marca SHIMADZU, modelo IR Prestige 21 que opera mediante la técnica de transformada de Fourier. Los difractogramas de rayos X se han obtenido en un equipo de la marca SHIMADZU, modelo XRD-7000. Se ha empleado la radiación $\text{K}\alpha$ del cobre (longitud de onda = 1,5406 Å). El tamaño (diámetro hidrodinámico) y distribución del tamaño de las partículas se determinó utilizando la técnica de dispersión dinámica de la luz utilizando un medidor de tamaño de partículas de la marca Malvern, modelo Zetasizer Nano ZS. Para ver las variaciones de temperatura aplicando un campo magnético externo y variable se utilizó el equipo de Hipertermia Natsyco, modelo LAB A utilizando un valor de potencia constante de 1000 W por 15 min y variando la frecuencia del campo magnético.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La síntesis de las nanopartículas de óxido de hierro, utilizando como precursores sales de hierro y ácido oleico, dio como resultado nanopartículas de magnetita. Esto

se pudo comprobar mediante difracción de rayos X al comprobar que sus picos de difracción se corresponden con los índices de Miller correspondientes a magnetita (Fe_3O_4) con estructura cristalina de espinela inversa (Ficha ISCD # 029129) (Figura 1A).

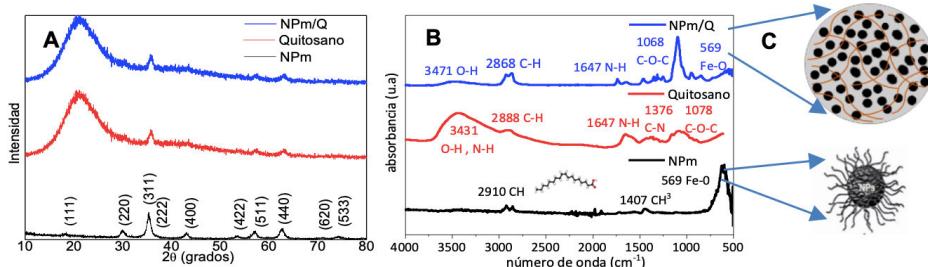


Figura 1: A) Diagramas de DRX de las NPM del quitosano y de las nano-cápsulas de NPM/Q.

B) Espectros FTIR de las NPM, del quitosano y de las NPM/Q. C) Diagrama de las NPM/Q (superior) y de las NPM (inferior)

Fuente: (elaboración propia).

Además, se pudo comprobar el anclaje del hierro con el oxígeno del grupo carboxilo del ácido oleico mediante FTIR (Figura 1B). Luego de la encapsulación con quitosano de las NPM no se puede identificar los picos de la magnetita por DRX debido a que el espectro amorfó del quitosano apantalla el resto de las señales, sin embargo, por FTIR se puede apreciar la presencia de la banda característica de las nanopartículas y otros grupos funcionales del quitosano. Los diagramas representados en la Figura 1C representan el sistema NPM/Q y las NPM recubiertas por ácido oleico.

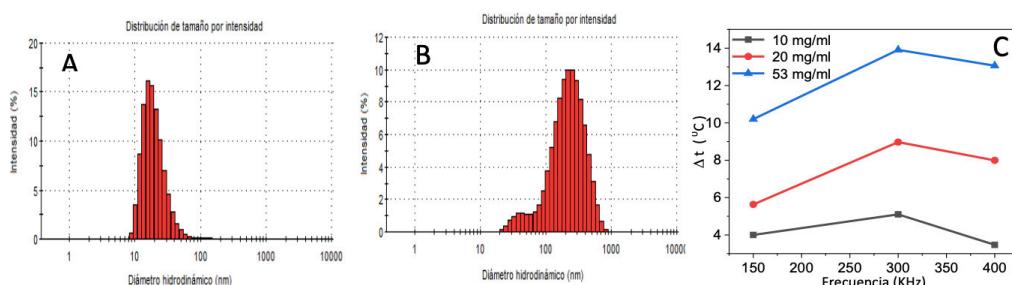


Figura 2. Distribución de tamaño de partículas mediante dispersión dinámica de la luz, (A) NPM, (B) NPM/Q, (C) Estudio de hipertermia magnética de las NPM.

Fuente: Elaboración propia.

Se determinó la distribución de tamaño de las partículas y se obtuvo un diámetro hidrodinámico promedio para NPM de 35.88 nm con una desviación estándar de 0.40 nm y un índice de polidispersidad de 0.36. Para las nanocápsulas se obtuvo un

diámetro hidrodinámico promedio de 167.7 nm con una desviación estándar de 5.5 nm y un índice de polidispersidad de 0.34 (Figura 2 Ay B).

En el estudio de hipertermia de las NPm (Figura 2 C) se utilizó un valor de potencia constante de 1000 W por 15 min variando la frecuencia del campo magnético entre (150-400) KHz. Los resultados demuestran una variación máxima de temperatura de 14 °C.

4. CONCLUSIONES

Las nanopartículas de óxido de hierro, constituidas principalmente por magnetita, se sintetizan mediante un procedimiento de coprecipitación y se encapsulan con éxito en quitosano con fabricación asistida por ultrasonido. Se obtuvo una dispersión estable de nanocomuestos magnéticos en medio acuoso. El nanocomuesto se caracterizó por una amplia gama de técnicas, que comprueban la incorporación efectiva de las NPm en nanoesferas de quitosano, con una distribución amplia de tamaño y un valor medio de 167 nm. El estudio hipertérmico de las NPm mostró valores de hipertermia de 14 °C de variación máxima. Esto último y la biocompatibilidad de los compuestos utilizados hace a NPm/Q un excelente candidato para aplicaciones biomédicas como sistemas de administración de fármacos y de terapias contra el cáncer combinadas con hipertermia magnética.

AGRADECIMIENTOS

Proyecto PN211LH008-001 del Programa Nacional de Nanociencia y Nanotecnología y al proyecto 18-53-34007 de la Fundación Rusa de Investigación Básica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] **Arami, H., Z. Stephen, O. Veiseh and M. Zhang** (2011). “Chitosan-coated iron oxide nanoparticles for molecular imaging and drug delivery.” Chitosan for Biomaterials I: 163-184.
- [2] **Salmanian, G., S. Hassanzadeh-Tabrizi and N. Koupaei** (2021). “Magnetic chitosan nanocomposites for simultaneous hyperthermia and drug delivery applications: A review.” International Journal of Biological Macromolecules.
- [3] **Zamora-Mora, V., M. Fernández-Gutiérrez, Á. González-Gómez, B. Sanz, J. San Román, G. F. Goya, R. Hernández and C. Mijangos** (2017). “Chitosan nanoparticles for combined drug delivery and magnetic hyperthermia: From preparation to in vitro studies.” Carbohydrate Polymers 157: 361-370.

- [4] **Zheng, W., F. Gao and H. Gu** (2005). "Magnetic polymer nanospheres with high and uniform magnetite content." *Journal of Magnetism and Magnetic Materials* 288: 403–410.

EFFECTO DE LA ALTURA DE CAPA Y EL DIÁMETRO DE LA BOQUILLA SOBRE LA PRECISIÓN DIMENSIONAL DE ANDAMIOS POROSOS PARA TEJIDO CELULAR FABRICADOS POR MANUFACTURA ADITIVA

Alejandro González González¹, Marcelino Rivas Santana², Ramón Quiza², Patricia del Carmen Zambrano-Robledo³, Rosinei Batista-Ribeiro⁴, Ivan La Fe Perdomo²

¹Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad de Matanzas. Cuba.

²Centro de Estudio de Fabricación Avanzada y Sostenible (CEFAS), Universidad de Matanzas, Cuba.

³Centro de Investigación e Innovación de Ingeniería Aeronáutica (CIIIA) Universidad Autónoma de Nuevo León, México.

⁴Centro Universitário Teresa D'Avila (UNIFATEA), Lorena, Brasil.

E-mail de correspondencia: marcelino.rivas@umcc.cu

RESUMEN

En los últimos años la fabricación de andamios para ingeniería de tejido celular por métodos de manufactura aditiva ha tenido un gran auge. Entre los métodos de fabricación utilizados se destaca el de deposición fundida de material (FDM), debido a su bajo costo, sin embargo, se presentan algunas dificultades en cuanto a la precisión de las piezas obtenidas comparado con otros métodos. El trabajo realiza un estudio de la influencia de la altura de capa y diámetro de la boquilla sobre la porosidad de andamios basados en superficies híbridas del tipo primitiva (P) y Gyroid (G). La evaluación de las discrepancias se realiza mediante la determinación de error relativo entre el andamio diseñado y el fabricado, lo que permite proponer la mejor variante de impresión para los casos estudiados.

1. INTRODUCCIÓN

Diferentes autores han realizado investigaciones encaminadas a determinar la influencia de diferentes parámetros en el error dimensional de andamios para tejido celular (Han, *et all.* 2018; Soro, *et all.* 2018; Zhao, *et all.* 2019). Los trabajos realizados por Liu, *et all.* 2019 se basan en el incremento de la precisión del método de impresión. Zhao, *et. all.* 2019 utilizan modelación paramétrica para estructuras regulares y superficies minimales triplemente periódicas (SMTTP) impresas por SLM en titanio, donde las discrepancias en la porosidad llegan hasta el 2.73%. Lu, *et all* analiza las discrepancias geométricas durante la impression 3D. Zhu, *et all* utiliza el aprendizaje automático para el análisis de las discrepancias en fabricación aditiva. Huang, *et all.* 2018 utiliza estructuras regulares (dodecaedro y BCC) y reporta que a medida que la topología de la celda unitaria se hace más compleja y los espesores de

las superficies internas son menores, se incrementan las discrepancias geométricas. Soro, *et all.* 2018 reporta el estudio de probetas de Ti-6Al-4V fabricadas por SLM con celda unitaria tipo primitiva de Schwarz (P) donde las mediciones reflejan buena exactitud dimensional en términos de peso, diámetro de poros y espesor de las superficies internas, pero hay diferencias significativas en la densidad. Huang, *et all* analiza el efecto de la orientación en aleaciones de titanio. Han, *et all.* 2018 reporta en el proceso SLM, la fabricación de estructuras Diamond con gradiente de porosidad observándose buena reproducibilidad geométrica de todas las estructuras. El objetivo del trabajo es determinar el efecto de la altura de capa y el diámetro de la boquilla sobre la presición dimensional.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Para la fabricación de los andamios se utilizó el método de deposición de filamento fundido (FDM), utilizando una impresora modelo WANHAO Duplicator 6. El material utilizado fue PLA natural con una densidad de 1.24 g/cm³. Los andamios se fabricaron según las dimensiones de las probetas para el ensayo de compresión según ASTM D695-15 (dimensiones de las probetas 12.7 x 12.7 x 25.4 mm). La cantidad de celdas fueron 6 x 6 x12, con un tamaño de celda unitaria de 2.12 mm.

2.1 Selección de las estructuras, parámetros de diseño y fabricación utilizados

Para el estudio realizado fue seleccionada la estructura híbrida del tipo P-G, debido a las buenas propiedades mecánicas que presentan. Las ecuaciones básicas de cada estructura se muestran en la fórmula 1 y 2.

Fórmula 1. Estructura tipo P.

$$F_P = \cos(X) + \cos(Y) + \cos(Z) + CP$$

Fórmula 2. Estructura tipo G.

$$F_G = \cos(X) \sin(Y) + \cos(Y) \sin(Z) + \cos(Z) \sin(X) + CG$$

Planificación de los experimentos

El diseño de experimento utilizado fue del tipo factorial completo a dos niveles con dos variables independientes: altura de capa (AC) y diámetro de la boquilla (DB), por lo que fueron realizados cuatro experimentos con tres replicas para un total de doce experimentos, más tres experimentos adicionales en el régimen máximo. Los parámetros de impresión que se utilizaron fueron: Temperatura de impresión: 195

(°C), Velocidad de impresión: 20 (mm/s), densidad de relleno: 100 (%), plataforma de adhesión tipo raft (ver tabla 1).

Para cuantificar las discrepancias entre el diseño de los andamios y la fabricación se determinó el valor del error relativo de la porosidad, la cual fue determinada por el método de Arquímedes.

Tabla 1. Planificación de los experimentos (2^2). Estructura híbrida P-G.

Exp.	AC (mm)	DB (mm)	Estructura	Porosidad (%)
1	0.05	0.2	Híbrida P-G Con CP=-0.5, CG=-0.2 y K=0.5	63.26
2	0.05	0.4		
3	0.10	0.2		
4	0.10	0.4		
5	0.20	0.4		

Fuente: elaboración propia.

2.2 Análisis de los resultados

Los resultados obtenidos se muestran en la figura 1, los mismos demuestran que la mejor variante de impresión es el experimento 3, donde se utilizó una altura de capa de 0.1 mm y un diámetro de la boquilla de 0.2 mm.

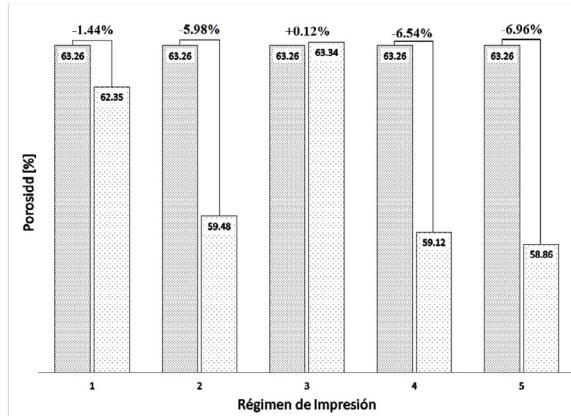


Figura 1. Discrepancias de Porosidad.

Fuente: elaboración propia.

3. CONCLUSIONES

Durante la investigación se pudo constatar que existe una influencia entre el diámetro de la boquilla, la altura de capa y las discrepancias de porosidad. En futuros trabajos deben analizarse otros parámetros de impresión y de diseño de las estructuras para optimizar los errores dimensionales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Han, C., Li, Y., Wang, Q., Wen, S., Wei, Q., Yan, C., Shi, Y.** (2018). Continuous functionally graded porous titanium scaffolds manufactured by selective laser melting for bone implants. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*. doi: 10.1016/j.jmbbm.2018.01.013
- Han, L., & Che, S.** (2018). An Overview of Materials with Triply Periodic Minimal Surfaces and Related Geometry: From Biological Structures to Self-Assembled Systems. *Advanced Materials*, 30(17), 1705708. doi:10.1002/adma.201705708
- Huang, X., Zhang, S., Hu, Q., Lang, L., Gong, S., & Nielsen, K. B.** (2018). Coupling Effect of Unit Cell Topology and Forming Orientation on the Ti6Al4V Porous Structures Fabricated Using Selective Laser Melting. *Advanced Engineering Materials* (1800737), 1-7. doi:10.1002/adem.201800737
- Liu, C., Law, A. C. C., Roberson, D., & Kong, Z. J.** (2019). Image analysis-based closed loop quality control for additive manufacturing with fused filament fabrication. *Journal of Manufacturing Systems*, 51, 75-86. doi: 10.1016/j.jmsy.2019.04.002
- Lu, Y., Cui, Z., Cheng, L., Li, J., Yang, Z., Zhu, H., & Wu, C.** (2020). Quantifying the discrepancies in the geometric and mechanical properties of the theoretically designed and additively manufactured scaffolds. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 112(104080). doi: 10.1016/j.jmbbm.2020.104080
- Soro, N., Attar, H., Wu, X., & Dargusch, M. S.** (2018). Investigation of the structure and mechanical properties of additively manufactured Ti-6Al-4V biomedical scaffolds designed with a Schwartz primitive unit-cell. *Materials Science and Engineering: A*, 745, 195-202. doi: 10.1016/j.msea.2018.12.104
- Wu, H.-C., & Chen, T.-C. T.** (2018). Quality control issues in 3D-printing manufacturing: a review. *Rapid Prototyping Journal*, 24(3), 607-614. doi:10.1108/RPJ-02-2017-0031
- Zhao, L., Pei, X., Jiang, L., Hu, C., Sun, J., Xing, F., Zhang, X.** (2019). Bionic design and 3D printing of porous titanium alloy scaffolds for bone tissue repair. *Composites Part B*, 162, 154-161.
- Zhu, Z., Anwer, N., Huang, Q., & Mathieu, L.** (2018). Machine learning in tolerancing for additive manufacturing. *CIRP Annals-Manufacturing Technology*, 67, 157-160.

DISEÑO DE ELECTROLITOS PARA SOFCs OBTENIDOS MEDIANTE PRENSADO UNIAXIAL.

Francisco José García García¹, Mario Meléndez Mellado¹, Francisco José Gotor Martínez², María Jesús Sayagués de Vega², Yadir Torres Hernández¹

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

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

E-mail de correspondencia: fgarcia49@us.es

RESUMEN

Las pilas de combustible de óxido sólido (SOFCs) son una de las tecnologías más prometedoras y respetuosas con el medio ambiente para la generación de energía eléctrica de forma eficiente a partir de gas natural e hidrocarburos. Sin embargo, el envenenamiento de los ánodos frente a hidrocarburos y la integridad mecánica y química de los electrolitos constituyen dos serios problemas a la hora de optimizar el diseño de estas pilas. A ello hay que unir las elevadas temperaturas de funcionamiento, que reducen de manera significativa la selección de materiales y encarecen enormemente la tecnología, impidiendo su explotación a larga escala.

El presente trabajo aborda la fabricación de los tres electrolitos más usados en la construcción de SOFCs mediante su síntesis mecanoquímica mecanoquímica y posterior compactación mediante prensado uniaxial. Seguidamente, se presentan algunas de sus propiedades mecánicas más características, así como las principales ventajas e inconvenientes de los mismos.

1. 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, las bajas propiedades mecánicas de los electrolitos en condiciones de servicio en SOFCs de gran tamaño y la inconveniencia de utilizar hidrógeno como combustible. Para bajar la temperatura de trabajo es imperativo mejorar las propiedades eléctricas, químicas y mecánicas de los electrolitos, lo cual pasa por la fabricación de nuevos y eficaces materiales y/o la búsqueda de nuevas arquitecturas

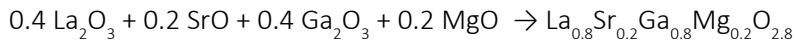
y diseños. Los materiales más comúnmente empleados en los electrolitos son: (i) Los basados en óxido de circonio estabilizado con óxido de itrio, YSZ, para elevadas temperaturas de operación, por encima de los 850 °C, pues su conductividad disminuye exponencialmente por debajo de esta temperatura. (ii) Los óxidos de cerio dopado con gadolinio, GDC, para temperaturas de trabajo más moderadas, dentro del rango de 650–850 °C, donde poseen una mayor conductividad iónica que YSZ. (iii) La perovskita derivada del galato de lantano dopada con estroncio y magnesio, LSGM, a temperaturas intermedias, en el rango de 650–850°C, este posee una conductividad electrónica mayor que la YSZ (Mahato, Banerjee, Gupta, Omar, Balani, 2015).

Además de los anteriores, existen otros como los compuestos de BIMEVOX (soluciones sólidas de $\text{Bi}_4\text{V}_2\text{O}_{11}$, donde el vanadio es sustituido parcialmente por otro catión), otros derivados de los óxidos de circonio y los óxidos de cerio, o los compuestos de LAMOX (óxidos de lantano y molibdeno). Sin embargo, todos estos materiales presentan serios problemas de estabilidad, durabilidad y/o incompatibilidad con los electrodos que provocan que no puedan ser en dispositivos comerciales. Un ejemplo muy claro son los BIMEVOX, que poseen los mayores valores de conductividad en todo el rango de temperaturas, pero se reducen fácilmente a bajas presiones de oxígeno (Mahato, Banerjee, Gupta, Omar, Balani, 2015).

Este trabajo aborda la fabricación de electrolitos de YSZ, GDC y LSGM mediante síntesis mecanoquímica y posterior prensado uniaxial, así como la caracterización mecánica de los mismos.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se pesan proporciones estequiometrias de los óxidos correspondientes para formar 3 g de los óxidos mixtos. Véase como ejemplo la siguiente ecuación para el caso de LSGM:



Los reactivos en polvo pesados se introducen posteriormente en un jarro de acero junto con 7 bolas de WC para su molienda a elevada energía. 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 12 mm de diámetro, ejerciendo una presión de entre 100 y 400 MPa durante 2 minutos. En algunos casos, 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.

La caracterización mecánica se realizó mediante microindentación, con durómetro automático de la marca Microtest modelo MTR3/50-50/NI y un indentador Vickers de base cuadrada, controlado mediante software (Tribotest v10.2). Para la medición de la tenacidad de fractura, se empleó un equipo de medición de dureza manual de la marca Shimadzu modelo HMV-G, junto con un indentador Vickers de base cuadrada y un microscopio óptico de la marca Nikon. El cálculo de la tenacidad de fractura se realizó tanto para fisuras Palmqvist como radiales, empleando las ecuaciones siguientes que se nos enseñaron en la asignatura Ingeniería de Materiales II del grado de mecánica.

Grieta tipo Palmqvist:

$$K_{IC} = 0.03026 \frac{P}{a} \cdot l^{1/2}$$

Grieta tipo Radial:

$$K_{IC} = A \left(\frac{E}{H}\right)^n \left(\frac{P}{c^{3/2}}\right)$$

Donde, “P” es la carga de indentación, “l” es la longitud de la grieta, “a” la media diagonal de la huella, “c” es mitad de la longitud entre el extremo de una grieta y el extremo de la opuesta, “E” es el módulo de Young, “H” es la dureza y, las constantes “A” y “n” toman valores de 0,016 y 0,5, respectivamente.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La tabla 1 recoge los datos obtenidos a partir de los ensayos mecánicos descritos en el apartado experimental en las distintas muestras de cada uno de los tres electrolitos seleccionados para este estudio, YSZ, GDC y LSGM respectivamente. Como puede observarse en la tabla 1, la caracterización mecánica viene descrita por el módulo e Young, dureza y tenacidad de fractura.

De lo datos anteriores, se pueden sacar las siguientes conclusiones, la YSZ es el material que posee mayor módulo de Young, dureza y tenacidad de fractura en comparación con el GDC y el LSGM. En el caso de la GDC y LSGM tienen valores similares de todo lo anterior, aunque algo mayor la GDC. También, se observa que al aumentar la presión de compactación de todos los materiales se produce un aumento de sus características, aunque este no es muy elevado.

Tabla 1. Resumen de las características de los distintos electrolitos estudiados.

Muestra	Módulo de Young (E)	Dureza (H)	Tenacidad de fractura Palmqvist	Tenacidad de fractura radial
YSZ 1 (100MPa)	168,265 (GPa)	11,487 (GPa)	4,854 (MPa·m ^{1/2})	3,654 (MPa·m ^{1/2})
YSZ 2 (100MPa)	143,407 (GPa)	11,553 (GPa)	4,882 (MPa·m ^{1/2})	3,408 (MPa·m ^{1/2})
YSZ 1 (200MPa)	180,691 (GPa)	11,347 (GPa)	5,24 (MPa·m ^{1/2})	4,21 (MPa·m ^{1/2})
YSZ 2 (200MPa)	148,928 (GPa)	11,35 (GPa)	4,962 (MPa·m ^{1/2})	3,584 (MPa·m ^{1/2})
YSZ 1 (400MPa)	151,876 (GPa)	11,236 (GPa)	4,729 (MPa·m ^{1/2})	3,429 (MPa·m ^{1/2})
YSZ 2 (400MPa)	200,921 (GPa)	11,258 (GPa)	4,943 (MPa·m ^{1/2})	4,157 (MPa·m ^{1/2})
GDC 1 (100MPa)	101,735 (GPa)	8,617 (GPa)	1,528 (MPa·m ^{1/2})	0,786 (MPa·m ^{1/2})
GDC 2 (100MPa)	118,867 (GPa)	8,454 (GPa)	1,613 (MPa·m ^{1/2})	0,937 (MPa·m ^{1/2})
GDC (200MPa)	139,617 (GPa)	8,532 (GPa)	1,46 (MPa·m ^{1/2})	0,815 (MPa·m ^{1/2})
LSGM (100MPa)	76,566 (GPa)	7,316 (GPa)	1,839 (MPa·m ^{1/2})	1,024 (MPa·m ^{1/2})
LSGM 1 (200MPa)	82,811 (GPa)	7,296 (GPa)	1,237 (MPa·m ^{1/2})	0,564 (MPa·m ^{1/2})
LSGM 2 (200MPa)	97,534 (GPa)	7,604 (GPa)	1,516 (MPa·m ^{1/2})	0,761 (MPa·m ^{1/2})
LSGM (400MPa)	84,061 (GPa)	7,666 (GPa)	1,813 (MPa·m ^{1/2})	0,985 (MPa·m ^{1/2})

4. CONCLUSIONES

Varios electrolitos monolíticos de YSZ, GDC y LSGM se fabricaron satisfactoriamente mediante prensado uniaxial, obteniéndose valores para la caracterización mecánica muy semejantes a los reportados en literatura para estos materiales. En términos de propiedades mecánicas, de mejor a peor, los materiales son: YSZ > GDC > LSGM.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Mahato, N., Banerjee, A., Gupta, A., Omar, S., Balani, K. (2015). Progress in material selection for solid oxide fuel cell technology: A review. *Prog. Mater. Sci.*, 72, 141-337. <https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2015.01.001>

CONTROL OF SURFACE TOPOGRAPHY ON ALUMINIUM PRIOR TO COATING APPLICATION

Francisco Jose Garcia-Garcia^{1,2}, George Edward Thompson², Glenn Smith³

¹*Ingeniería y Ciencia de los Materiales y del Transporte, Escuela Técnica Superior en Ingenierías, Universidad de Sevilla, Sevilla, España*

²*Corrosion and Protection Centre, School of Materials, University of Manchester, UK*

³*Bridgnorth Aluminium Limited, Wolverhampton, UK*

E-mail de correspondencia: fgarcia49@us.es

ABSTRACT

The study investigates the influence of nickel and magnesium additions to AA1050 aluminium alloy on the alloy electrochemical behaviour in sodium hydroxide and nitric acid solutions under conditions relevant to industries that use alkaline etching as a standard surface treatment procedure and to the lithographic and electronic industries where surface convolution is assisted by pitting in nitric acid. Nickel is shown to be incorporated into second phase particles, which mostly consisted of Al₃Fe and α -(AlFeSi) phases, resulting in enhanced cathodic activity on the aluminium surface. In contrast, the addition of magnesium to the alloy had negligible influence on the etching and pitting behaviour.

1. INTRODUCTION

AA1050 aluminium alloy is used for lithographic applications and is increasingly important as a substrate for Computer to Plate offset plates in a revolutionary digital printing technology. In order to produce an offset printing plate, AA1050 is subjected to alkaline etching, electrograining, anodising and light sensitive coating (Garcia-Garcia, Skeldon, Thompson, Smith, 2012). Alkaline etching is used to eliminate defects originating from thermo-mechanical processing of the alloy. Electrograining is employed for surface convolution (Amor y Ball, 1998). Anodic and light sensitive coatings are functional coatings, which provide separation of ink and water on the plate (Thompson y Wood, 1981).

During printing, water is attracted to the hydrophilic anodic coating and ink is attracted to the oleophilic light sensitive coating. Optimised ink-water balance on the plate is one of the major parameters responsible for the quality of printing. This balance is influenced by the level of substrate roughening prior to formation/application of functional coatings, namely anodic alumina coating and light sensitive coating. Therefore, the development of well-defined and uniform pit structures during electrograining is crucial for high printing quality.

It is known that alloy composition influences surface morphology in alkaline etching, and affects pit growth and propagation during electrograining. The effect of nickel and magnesium added to the AA1050 alloy on the electrochemical behaviour and surface topography has been studied in alkaline etching and electrograining solutions.

2. MATERIALS AND METHODS

Commercially produced AA1050 and model 1050 alloy with increased amounts of magnesium (0.06 wt.%) and nickel (0.03 wt.%) are used. The magnesium concentration in the modified alloy was more than two orders of magnitude higher than in the typical alloy, whereas the nickel concentration was of about 6 times greater than in the typical alloy.

Open-circuit potential measurements were made during immersion of specimens in 0.5 mol dm⁻³ sodium hydroxide (NaOH) solution at 40 °C for 300 s. Cyclic voltammetry and galvanostatic anodic polarization measurements were made in 0.24 mol dm⁻³ nitric acid (HNO₃) solution at 38 °C. The electrochemical measurements were made in a three-electrode cell, with a saturated calomel reference electrode (SCE) and a platinum counter electrode. The specimen area exposed to the solution was 1.5 cm². The variation of the potential with current or time were monitored and controlled by a Solartron SI 1287 potentiostat.

3. RESULTS AND DISCUSSION

Figure 1. shows the electrochemical behaviour of both alloys in NaOH solution.

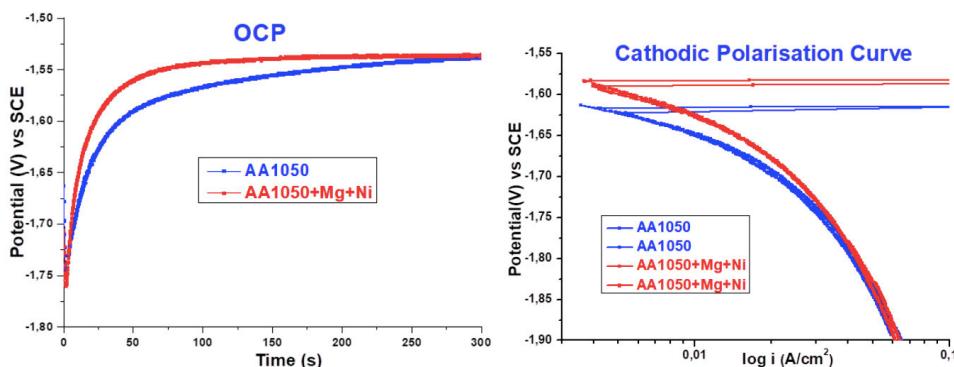


Figure 1. Open circuit potential and cathodic polarisation in NaOH solution at 40 °C.

Increased OCP and E_{corr} during cathodic polarisation indicate enhanced cathodic activity on the surface of modified 1050 alloy compared with standard AA1050 alloy. EDX-SEM of alloys after alkaline etching, not shown, revealed the presence of nickel in second phase particles of the model alloy (Garcia-Garcia, Skeldon, Thompson, Smith, 2012).

Figure 2 shows the electrochemical behaviour of the alloys in diluted nitric acid solution.

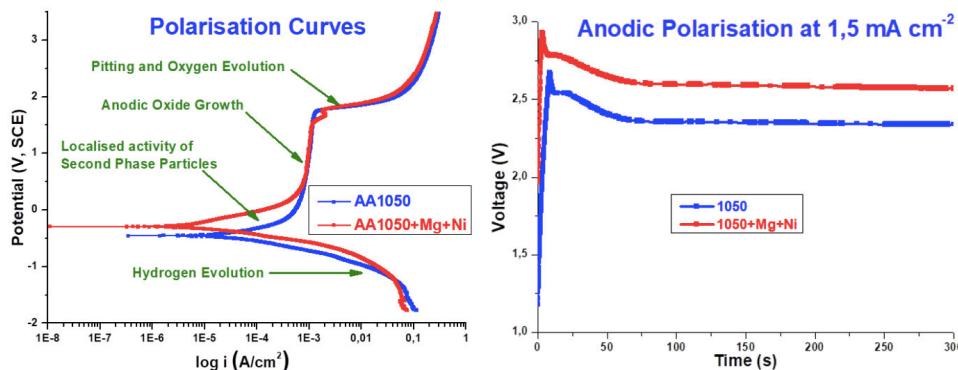


Figure 2. Voltammetry at $10\text{mV}\cdot\text{s}^{-1}$ and galvanostatic polarisation in HNO_3 at 38°C .

Increased E_{corr} during polarisations indicates enhanced cathodic activity on the surface of model 1050 alloy compared with standard AA1050 alloy. Presence of the arrest before the pitting potential on the model alloy polarisation curve is probably associated with reduced overpotential for oxygen evolution on the surface of second phase particles containing nickel. Electrograining results in uniform and controlled pitting of the alloy surface achieved by limiting polarisation above the pitting potential, where pits grow, and introducing polarisation, during which the alloy surface is passivated. For anodic polarisation below the pitting potential, anodic film forms.

Galvanostatic anodic polarisation at current density similar to limiting current density observed during voltammetry measurements. The shape of the V-t curve is typical for porous anodic film formation in acids. In fact, properties of porous films formed can be obtained from galvanostatic curves and TEM micrographs, not shown in here. It is confirmed that the porous film forms on the model alloy with less current efficiency, due to the presence of the nickel containing second phase particles, oxygen evolution, pitting and additional oxidation of magnesium.

4. CONCLUSIONS

- Nickel is incorporated into the second particles, whereas magnesium is in solid solution in the alloy bulk.
- Modified composition of the second phase particles increases cathodic activity by enhancing hydrogen evolution in alkaline and acid solutions.
- Through enhanced cathodic dissolution, aluminium dissolution increases in the model 1050 alloy during alkaline etching in sodium hydroxide.
- Voltammetry confirmed that hydrogen evolution, dissolution of second phase particles during anodic film formation and pitting accompanied by oxygen evolution are processes alternating during electrograining and responsible for pit shapes and sizes.
- Reduced efficiency of porous anodic film formation on the surface of the model alloy is associated with presence of the nickel containing second phase particles, oxygen evolution, pitting and additional oxidation of magnesium.

BIBLIOGRAPHIC REFERENCES

- Garcia-Garcia, F. J., Skeldon, P., Thompson, G. E., Smith G. C.** (2012). The effect of nickel on alloy microstructure and electrochemical behaviour of AA1050 aluminium alloy in acid and alkaline solutions. *Electrochim. Acta*, 75, 229-238. <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2012.04.106>
- Amor, M. P. and Ball, J.** (1998). The mechanism of electrograining aluminium sheet in nitric/boric acid electrolyte. *Corros. Sci.*, 40, 2155-2172. [https://doi.org/10.1016/S0010-938X\(98\)00101-2](https://doi.org/10.1016/S0010-938X(98)00101-2)
- Thompson, G. E. and Wood, G. C.** (1981). Porous anodic film formation on aluminium. *Nature*, 290, 230–232. <https://doi.org/10.1038/290230a0>

APROXIMACIÓN A LA FABRICACIÓN MEDIANTE LA TÉCNICA FUSED FILAMENT FABRICATION

Cristina Arévalo¹, Eva Mª Pérez-Soriano¹, Michael Kitzmantel², Isabel Montealegre-Meléndez^{1,*}

¹Escuela Politécnica Superior; Departamento de Ingeniería y Ciencia de los Materiales y del Transporte; Universidad de Sevilla; Sevilla (España)

²RHP-Technology GmbH, Seibersdorf (Austria)

E-mail de correspondencia: imontealegre@us.es

RESUMEN

Dentro de las técnicas más innovadoras de fabricación aditiva, va cogiendo fuerza la denominada *Fused Filament Fabrication* (FFF) o Fabricación por Filamento Fundido. Tradicionalmente, sólo se han producido piezas en materiales poliméricos (FDM, *Fused Deposition Modelling*), pero las ventajas que presenta han estimulado la investigación y desarrollo de su uso para el procesado de materiales metálicos. Aun así, hay diferencias significativas en la fabricación, como son el uso de filamento multicomponente a base de material metálico y aglutinante polimérico o la necesidad de post-procesado, etapas de *debinding* y sinterizado, para eliminar dicho aglutinante y mejorar la unión entre las partículas del metal respectivamente. Este estudio se ha centrado en la fabricación de un conjunto de muestras de acero austenítico 316L y acero endurecido por precipitación 17-4PH. Las probetas se han caracterizado mediante diversos ensayos para estudiar la influencia de los parámetros de procesado. En base a los resultados, se recomiendan cambios en los parámetros decisivos en las fases de impresión, *debinding* y sinterizado para mejorar los resultados futuros.

1. INTRODUCCIÓN

Dentro de los procesos de manufactura aditiva, se encuentra la técnica conocida como *Fused Filament Fabrication* (FFF). Este tipo de método de producción de componentes, en sus orígenes se limitaba a materiales muy específicos, en su mayoría materiales poliméricos (Tanikella *et al.*, 2017; Jiang *et al.*, 2017). Sin embargo, gracias a avances en la técnica, el abanico de posibles materiales se ha ido abriendo. En la actualidad materiales de base metálica son posibles candidatos para la producción de componentes.

El diseño de piezas con geometrías muy complejas no supone un obstáculo para su producción mediante FFF; las bondades de esta técnica quedan patentes en el ahorro sustancial de material y el tiempo de procesado. Al evitar operaciones secundarias de conformado, la pérdida de material deja de ser notoria y el tiempo de acabado de

las piezas finales se ve reducido. Ello hace que este tipo de manufactura sea cada vez más demandada por el tejido productivo industrial.

La principal limitación de la técnica es el control de los parámetros de procesado en función de la geometría a generar. Es por ello que se hace necesario un estudio sistemático de estos parámetros en función de la tipología del material base de las piezas conformadas vía FFF. El principal objetivo del presente trabajo es poder desarrollar en un inicio materiales conocidos de base metálica, como son dos aceros inoxidables muy empleados en el sector industrial, el austenítico 316L y el acero endurecible por precipitación 17-4PH, realizando un estudio preliminar de los parámetros de fabricación.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Los materiales empleados, como se ha comentado en el apartado anterior, han sido las aleaciones de acero 17-4PH y 316L, con la composición estándar de los mismos. El interés en el estudio de estas aleaciones comúnmente conocidas radica en la particular y novedosa forma de ser tratados en la técnica de fabricación FFF. No se puede entender esta técnica de fabricación de metales sin pasar por los distintos aspectos que conciernen al filamento a extruir. Así, muchas de las cuestiones que suelen surgir al hablar de esta tecnología están relacionadas con el filamento, su composición y su sinterización.

Además, debido a los múltiples requerimientos de la tecnología FFF en cuestión de imprimibilidad, los cuales se distancian de las típicas propiedades de los metales al uso (Godec *et al.*, 2020), surgen más cuestiones relacionadas con este tipo de filamentos. Esta razón hace llegar a la conclusión de que el filamento no estará formado únicamente por material metálico, sino que tendrá que ser un material multicomponente que cumpla todos los requisitos. Así, se distingue entre dos partes muy distintas dentro del filamento: material metálico (en forma de polvo) y aglutinante. Este último será un material polimérico que ayudará a cumplir las propiedades para una extrusión eficaz (Thompson *et al.*, 2019). El material debe tener capacidad de fluir, no ser demasiado caro, suficiente rigidez para no producir deformaciones por pandeo mientras la extrusión está en curso y suficientemente sólido y flexible para poder ser almacenado y conservado de forma compacta.

Las diferentes etapas en las que se divide la fabricación son: i) Generación del G-Code; ii) Impresión (extrusión del material con el modelo EL-11 3D Printer de EVO-Tech a través de un cabezal caliente capa a capa, hasta lograr la geometría deseada);

iii) *Debinding* (postproceso para eliminar el aglutinante de la pieza; en este caso se realizan dos, catalítico y térmico); iv) Sinterizado (proceso térmico que tiene como objetivo densificar la pieza); v) Tratamiento térmico.

Tabla 1. Parámetros del procesado.

PARÁMETROS	
SINTERIZACIÓN	DEBINDING
Porcentaje de relleno: 100%	Medio: HNO_3
Velocidad impresión: 1.500mm/min	Temperatura: 110°C
Altura de capa: 0,2mm	Tiempo: 5h, 9h o 12h
Temperatura del extrusor: 250°C	Número de procesos: 1 ó 2
Temperatura de plataforma: 88-92°C	
Porcentaje de solapamiento: 40%	

Fuente: elaboración propia.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La empresa RHP-Technology ha llevado a cabo la fabricación de un conjunto de muestras en dos tipos de acero. Se ha utilizado *feedstock* a base de acero 17-4PH, y filamento multicomponente a base de acero 316L con aglutinante. Los especímenes se procesaron de forma individual o en bloque (para ser cortados posteriormente con hilo), con la geometría estándar normalizada para ensayos de tracción. Además, también se fabricaron con distinta orientación, en XY o en Z.

Posteriormente a la fabricación, los especímenes se han caracterizado microestructural y mecánicamente. A continuación, se presenta una pequeña muestra de este estudio mostrando la superficie de fractura para las diversas condiciones de procesado.



Figura 1. Superficies de fractura de probetas de acero 316L.

Fuente: elaboración propia.

4. CONCLUSIONES

Se ha podido establecer que el FFF es una técnica de fabricación multidisciplinar. Con respecto a la impresión, se ha comprobado que produce una buena adhesión entre capas. En cuanto al proceso de eliminación de aglutinante, hay que seguir estudiando estos procesos, ya que se han detectado fenómenos de corrosión indeseados. A mayor tiempo de *debinding*, se logran alcanzar mejores propiedades; pero un exceso de este puede llegar a provocar la fragilización del material. Las probetas fabricadas en dirección XY presentan las mejores propiedades. En la fabricación individual se observa que una menor porosidad, con lo que se obtienen mayores valores de dureza.

AGRADECIMIENTOS

- Ayudas PPIT-2020-I.5 y PPIT-2021-I.5
- RHP-Technology GmbH

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Tanikella, N.G., Wittbrodt, B. & Pearce, J.M.** (2017). Tensile strength of commercial polymer materials for fused filament fabrication 3D printing. *Additive Manufacturing*, 15, 40-47. doi: <https://doi.org/10.1016/j.addma.2017.03.005>
- Jiang, D. & Smith, D.E.** (2017). Anisotropic mechanical properties of oriented carbon fiber filled polymer composites produced with fused filament fabrication. *Additive Manufacturing*, 18, 84-94. doi: <https://doi.org/10.1016/j.addma.2017.08.006>
- Godec, D., Cano, S., Holzer, C. & González-Gutierrez, J.** (2020) Optimization of the 3D Printing Parameters for Tensile Properties of Specimens Produced by Fused Filament Fabrication of 17-4PH Stainless Steel. *Materials*, 13(3), 774. doi: <https://doi.org/10.3390/ma13030774>
- Thompson, Y., González-Gutierrez, J., Kukla, C. & Felfer, P.** (2019) Fused filament fabrication, debinding and sintering as a low cost additive manufacturing method of 316L stainless steel. *Additive Manufacturing*, 30, 100861. doi: <https://doi.org/10.1016/j.addma.2019.100861>

DESCRIPCIÓN DE LA FABRICACIÓN DE MATERIALES BASE HIERRO MEDIANTE LA TÉCNICA DE PLASMA METAL DEPOSITION

Eva M^a Pérez Soriano¹, Isabel Montealegre-Meléndez^{1,*}, Enrique Ariza^{1,2}, Erich Neubauer², Cristina Arévalo¹

¹*Escuela Politécnica Superior; Departamento de Ingeniería y Ciencia de los Materiales y del Transporte; Universidad de Sevilla; Sevilla (España)*

²*RHP-Technology GmbH, Seibersdorf (Austria)*

E-mail de correspondencia: imontealegre@us.es

RESUMEN

La fabricación industrial de componentes a partir de materiales base hierro y base níquel se ha venido llevando a cabo comúnmente mediante diversos métodos tradicionales, buscando la producción en masa de piezas básicas. Las exigencias geométricas de las piezas, en general, han obligado a la realización de procesados secundarios. Esto conlleva una pérdida de material, así como al aumento del precio final de dichas piezas para el usuario final. Mediante el empleo de técnicas de fabricación aditiva (*Additive Manufacturing*), se han conseguido producir componentes con altas exigencias geométricas manteniendo las propiedades mecánicas solicitadas. Dentro de las técnicas aditivas, *Plasma Metal Deposition* (PMD) es un proceso de manufactura que emplea como fuente de energía un plasma generado que permite la deposición de material capa a capa, para construir la pieza con una geometría previamente diseñada. En el presente trabajo se describe, además de la tecnología PMD, cómo la modificación de diversos parámetros afecta significativamente en las propiedades finales de los componentes.

1. INTRODUCCIÓN

Existe una gran diversidad de técnicas de fabricación basadas en la manufactura mediante la adición capa a capa de material, conocidas como *Additive Manufacturing* (AM) (Zhang *et al*, 2019). Entre esta variedad de técnicas se encuentra el método de fabricación cuya fuente de energía es un plasma, denominado *Plasma Metal Deposition* (PMD) (Perez-Soriano *et al*, 2020).

Las bondades de esta técnica se pueden resumir en (Perez-Soriano *et al*, 2020; Arevalo *et al*, 2020): i) gran flexibilidad a la hora de diseñar componentes de gran tamaño; ii) variabilidad en las aleaciones de los materiales de partida; iii) alta tasa de deposición; iv) posibilidad de emplear materiales de partida conformados como alambre o particulados.

A pesar de estas bondades, la complejidad de la técnica podría, en algunas ocasiones, limitar su empleo. Es por ello que todo avance en el estudio de los parámetros de control para la fabricación de componentes es necesaria. Esto ha motivado a la realización del presente trabajo de investigación en el que, partiendo de diferentes materiales de base metálica, se fabricaron componentes con geometrías básicas, pero bajo diferentes parámetros de fabricación.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

En el presente trabajo, se describe la fabricación de especímenes a partir de aleaciones de base hierro y base níquel. Los materiales empleados de partida han sido, por un lado 17-4PH en forma particulada, 316L conformado como cable, y aleación de base níquel Hastelloy C-22, en ambos formatos (polvo y cable).



Figura 1. Imágenes de material de partida en cable (izq.) y en polvo (dcha).

Fuente: RHP-Technology.

El proceso de fabricación empleado para el desarrollo de los componentes es el conocido como PMD, que utiliza plasma como fuente de energía. En trabajos anteriores de los autores, esta técnica aditiva ha sido ampliamente descrita (Pérez-Soriano *et al.*, 2018).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tras la manufactura de diversos especímenes a partir de los materiales comentados anteriormente, estudios de caracterización de sus propiedades (mecánicas, físicas y microestructurales) permitieron asentar las bases para producir piezas con repetibilidad.

Se observó la importancia del control de la velocidad de deposición y de la energía aplicada; se comprobó como pequeñas modificaciones en los parámetros más significativos generaron sustanciales cambios en las propiedades finales de los especímenes. Prueba de ello son diversos fallos dimensionales observados de manera visual en una serie de muestras.

Por otro lado, es de destacar la posibilidad de manufactura de piezas de grandes dimensiones, mediante este tipo de técnicas. Los límites de tamaño vienen definidos por los propios equipos. En el caso de RHP-Technology, las dimensiones de trabajo son 2000mm x 1000mm x 600mm, con un brazo de aporte de material con un sistema de hasta 5 ejes (X, Y, Z y una mesa giratoria/basculante) que permite también la fabricación de elementos de revolución o piezas de alta complejidad. En la siguiente imagen se puede apreciar un sistema de 3 ejes.

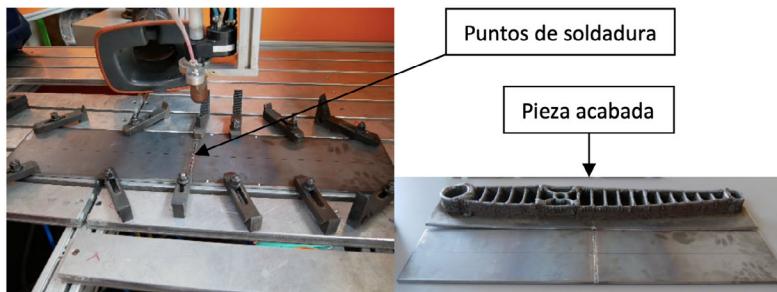


Figura 2. Instantáneas del inicio del proceso de impresión de una pieza fabricada en acero inoxidable 316L (izq.) y una vez acabada (dcha).

Fuente: RHP-Technology.

4. CONCLUSIONES

Las ventajas de este método de fabricación se listan a continuación:

- Componentes con geometrías complejas pueden ser conformados mediante esta técnica; la única limitación existente en el tamaño de los componentes viene dada por la estructura donde se sostiene la antorcha.
- El uso de una alimentación flexible permite el empleo de material particulado, en forma de alambre de soldadura (wire), o combinación de ambos.
- Se alcanza una alta tasa de deposición mediante el uso de una alimentación en forma de alambre de gran diámetro.

La desventaja principal que conlleva esta técnica es que una falta de control en los parámetros de fabricación conlleva a fallos en las características de los componentes producidos vía PMD.

AGRADECIMIENTOS

- Ayudas PPIT-2020-I.5 y PPIT-2021-I.5

- RHP-Technology GmbH

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arévalo, C., Ariza, E., Pérez-Soriano, E.M., Kitzmantel, M., Neubauer, E. & Montealegre-Meléndez, I.** (2020). Effect of Processing Atmosphere and Secondary Operations on the Mechanical Properties of Additive Manufactured AISI 316L Stainless Steel by Plasma Metal Deposition. *Metals*, 10(9), 1125. doi: <https://doi.org/10.3390/met10091125>
- Perez-Soriano, E.M., Arevalo, C., Montealegre-Melendez, I., Kitzmantel, M., Neubauer, E.** (2018). Preliminary study of the processing parameters effect on the properties of Ti6Al4V specimens fabricated via Additive Manufacturing. *Proceedings EuroPM2018*.
- Perez-Soriano, E.M., Ariza, E., Arevalo, C., Montealegre-Melendez, I., Kitzmantel, M. & Neubauer, E.** (2020). Processing by Additive Manufacturing Based on Plasma Transferred Arc of Hastelloy in Air and Argon Atmosphere. *Metals*, 10(2), 200. doi: <https://doi.org/10.3390/met10020200>
- Zhang, S., Lane, B., Whiting, J. & Chou, K.** (2019). On thermal properties of metallic powder in laser powder bed fusion additive manufacturing. *Journal of Manufacturing Processes*, 47, 382–392. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2019.09.012>

PHYTOCHEMICAL SCREENING OF THE MIRABILIS JALAPA LINN PLANT: CASE STUDY IN HOLGUÍN

Alma Torres Gómez de Cádiz Agüero¹, Rosario Iserns Hernández², Rosa Amalia Damas Feria³, Nivia Leyva Aldaya³, Nerza Gutiérrez Aguilera⁴.

¹Policlínica Universitaria "Dr. Manuel Díaz Legrá", Holguín, Cuba

²Centro de Biopreparados, Criminalística, Holguín, Cuba

³FARMOX, Holguín, Cuba

⁴Universidad de Ciencias Médicas, Holguín, Cuba

E-mail de correspondencia: almatorresgomezdecadiz@gmail.com

ABSTRACT

This research exposes the phytochemical study of the *Mirabilis jalapa* Linn plant, obtained in Holguín, Cuba. The samples are characterized and the phytochemical screening techniques performed are presented. Active biological principles are offered in a novel way: proteins, polysaccharides, polyphenols, terpenes, sterols, tannins, flavonoids, essential oils, fats and alkaloids, which contribute to the medicinal properties that are confirmed in other researches.

1. INTRODUCTION

Herbal natural products are recognized by the World Health Organization as a necessary alternative or complementary to solve the pharmaceutical gaps that occur, as well as to solve the growing difficulties that science faces with antimicrobial resistance. In the case of *Mirabilis jalapa* Linn (MjL), referenced by various recognized scientific entities, they have demonstrated its multiple benefits. Its efficacy in vitro and in vivo in antimicrobial, anti-inflammatory and antioxidant treatment, among other properties, has been verified.

2. MATERIALS AND METHODS

An experimental study was carried out for the phytochemical analysis, with qualitative determinations of the active principles of the *Mirabilis jalapa* Linn plant, obtained in a garden in Cerro Verde, Holguín, Cuba, on a sunny morning in May, when the plants were at its maximum maturity (NRSP 309, 1992). The ethereal, alcoholic and aqueous extraction of the MjL samples, aerial parts (MjL-A) and roots (MjL-T) was carried out, separately, after obtaining the specimen, washing, crushing, grinding and drying. Five grams of each of the samples were used to carry out the extracts, and the extractions were performed with solvents of increasing polarity. Figure 1 summarizes the test techniques for the extracts.

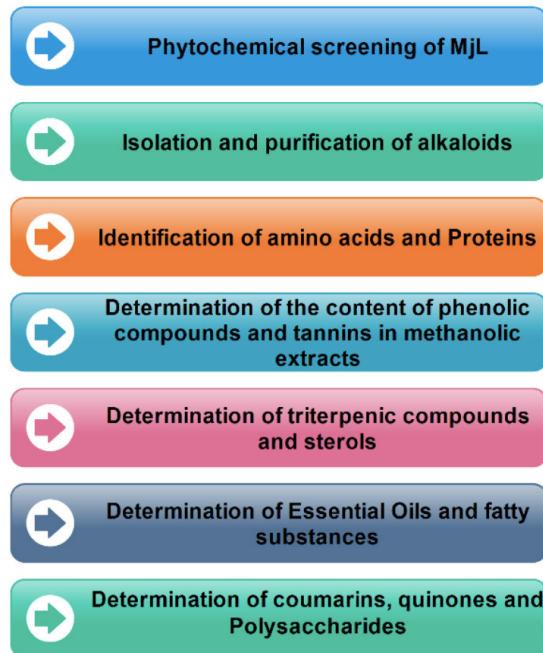


Figure 1. Test techniques applied to extracts.

Source: own elaboration.

Different tests were carried out in the investigation, such as: Wargner test, for the determination of alkaloids. Ninhydrin and Nitric Acid Assays, to identify the presence of amino acids and amines. Biuret assay to identify the presence of proteins. For the phenolic compounds, the 5% Ferric Chloride test was carried out and of these, the existence of flavonoids was demonstrated in the Shinoda test.

For triterpenes and steroids, the Liebermann-Burchard test was used. The determination of Essential Oils and fatty substances was carried out by means of the Sudan test and that of coumarins with the Baljet test. The presence of quinones was searched for using the Borntrager test and that of saponins using the Foam test. The determination of Polysaccharides was demonstrated by pouring 2 or 3 drops of Iodine Solution to 5 ml of aqueous solution.

3. RESULTS AND DISCUSSION

Phytochemical screening is a qualitative method, in which tests are applied to detect secondary metabolites of plants. It consists of using as a base, the extractions carried out with solvents of increasing polarity, and thus achieve the total extraction of the

metabolites. First, the etheric extract with low polarity is used, then the alcoholic extract with medium polarity and then the aqueous one, which has high polarity.

The organoleptic characteristics show a grayish-brownish color in the root, while that of the foliage is brownish, slightly greenish. It was found that, by rhizomes, approximately 0.73 lb of the sieved powder is obtained. 0.26 lb from the leaves and 0.16 lb from the stem were sieved. The root powder has a rubbery structure, and has a sweet and almond flavor, with a characteristic odor.

Different extracts were used (etheral, alcoholic and aqueous), which are shown in Table 1. The results obtained suggest the presence of different secondary metabolites, such as esters, terpenes, alkaloids, polyphenols and tanins. A minor portion, proteins and amino acids, sugars, essential oils and fatty substances. This result agrees with the study of (Rozina, R., 2016; Martinez, M., et ál., 2015).

Table 1. Result of the Phytochemical Screening performed on MjL (aerial parts and tubers) in different extracts.

Secondary metabolites (PA)	PHYTOCHEMICAL SCREENING AT MJL					
	Ethereal extract		Alcoholic extract		Aqueous extract	
	Mjl-a	Mjl-r	Mjl-a	Mjl-r	Mjl-a	Mjl-r
Alkaloids	-	X	X	X	X	X
Proteins and amino acids			X	X		
Phenolic compounds			X	X	X	X
Tannins			X	X	X	X
Triterpenes and sterols	X	X	X	X	X	X
Essential oils andfatty substances	X	-	X	-	X	-
Coumarinas			-	X	-	-
Quinones		X	-	-	-	-
Saponins	-	-	-	-	-	-
Polysaccharides						X
Flavonoids				X		

Source: own elaboration.

4. CONCLUSIONS

The results demonstrated the presence of alkaloids, proteins and amino acids, polyphenols, terpenes, sterols, tannins, flavonoids, essential oils, fats and polysaccharides, in the *Mirabilis jalapa* Linn plant, obtained in Holguín, Cuba. These active biological principles confirm the medicinal properties, demonstrated in other investigations.

BIBLIOGRAPHIC REFERENCES

- Gogoi, J., K.N. Sewa, P. Chattophadhyay, H.G. Kumar, y V. Veer** (2014): Evaluación in vivo de la actividad de curación de heridas cutáneas de la *Mirabilis jalapa* Linn, radix. Farm Or Med Exp. 14 (2): 103-9. DOI: [10.4028/www.scientific.net](https://doi.org/10.4028/www.scientific.net).
- Martínez, M.M., Pérez, E.S. y Acosta. M.R.** (2017): Estudio farmacognóstico, fitoquímico y microbiológico de la *Mirabilis jalapa* Linn. Rev. Med. Esp. <https://revgmespirituana.sld.cu./2017/12-17.pdf>.
- Nath L. R., K.P. Manjunath, R.V. Savadi y K.S. Akki** (2010): Antinflamatory activiti of la *Mirabilis jalapa* Linn, leaves. J. Bas. Clin. Pharm. Vol 1(2). <https://www.jbclinpharm.com/on.v.001.002>.
- NRSP 309.** Medicamentos de origen vegetal. Droga cruda: Método de ensayo; 1992:14.
- Roig, J.T.** (2012). Plantas medicinales, aromáticas o venenosas de Cuba. Edición Ciencia y Técnica, La Habana. Cuba. Ed 4, Vol 2: 631-33.
- Rozina, R.** (2016): Pharmacological and biological activities of *Mirabilis jalapa* Linn. Int. J. Pharm. R. 05. ISSN: 2277-3312 Journal. DOI: 10.74/ijpr.1997. 2(2), 11.
- Singh, M., V. Kumar, I. Singh, V. Gauttam, y A.N. Kalia** (2010): Actividad antinflamatoria del extracto acuoso de la *Mirabilis jalapa* Linn. IJPMAS. vol 2 (6): 364-367.

APLICACIÓN DEL MÉTODO SIMUS PARA LA OPTIMIZACIÓN MULTICRITERIO – MULTIOBJETIVO EN UN PARQUE EÓLICO

Ángel Eugenio Infante Haynes¹ Orlando Belette Fuentes¹

¹Universidad de Holguín, Cuba

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

RESUMEN

En la presente investigación, se utiliza el método de Modelación de Secuencias Interactivas para Sistemas Urbanos (SIMUS) basado en la optimización de criterios y objetivos múltiples, para la selección de la mejor solución en los parques eólicos Holguín, Cuba. Como resultado se obtuvo un modelo donde se relacionan las dimensiones técnicas, económicas, ambientales, estratégicas y sociales. Además se utilizaron los criterios factor de capacidad, la generación bruta, la inversión inicial, el costo de O&M, el tiempo de recuperación de la inversión, el CO₂ no emitido a la atmósfera, entre otros, para dirigir los recursos materiales, humanos y financieros.

1. INTRODUCCIÓN

Cuando se utilizan los métodos de optimización con criterios y objetivos múltiples, de acuerdo al número de atributos, objetivos y restricciones, se seleccionan los métodos continuos o discretos, los primeros cuando existe un número infinito de condiciones, como por ejemplo miles de alternativas y un número también ilimitado de objetivos. Si en los primeros, se combinan dos métodos discretos, porque así nacieron, en los segundos se combinan más de dos, buscando corroborar cualquier resultado o solución a un problema. Para resolver este dilema, entre otras cosas surge el método modelación de secuencia interactiva para gestión urbana, del inglés (SIMUS), este método, se basa en la programación lineal y el algoritmos SIMPLEX, primeramente la resolución del problema, se comporta como un método continuo y luego al llegar a un espacio de soluciones eficientes, alterna con los métodos discretos (Promethee), llegando a la mejor solución, o la solución óptima del problema, de existir.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El método empleado es el SIMUS, basado en la programación lineal, el cual tiene como desventaja la necesidad de trabajar con criterio cuantitativo o un solo objetivo, aunque en sus inicios se intentó utilizarlo con múltiples objetivos. Se fundamenta

en los métodos discretos ELECTRE, AHP (Saaty & Ergu, 2015), TOPSIS, PROMETH-EE (Mareschal, Brans, & Vincke, 1984). Todos estos métodos hoy son considerados clásicos en épocas modernas. Autores como (Yajure, 2015) y (Ramírez & Guzman, 2017) y otros, han realizado estudios comparativos aplicando su combinación con buenos resultados y gran pertinencia.

Se seleccionó un sistema de fuentes renovables de energía (FRE), para la generalización de este proyecto en la zona del norte oriental de Cuba, se implementa un modelo que permite generar poblaciones de solución para la satisfacción de las necesidades de energía en los Parques Eólicos de Gibara 1 y Gibara 2 se encuentran ya en explotación, no comportándose así los parques Rio Seco y Herradura 1, los cuales se encuentran en fase de inversiones, para la investigación se tomó la información de los estudios de factibilidad.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Primero se construyó la matriz de decisión (tabla 1), donde el Proyecto uno, es Gibara 1, Proyecto dos, Gibara 2, Proyecto tres, Rio Seco 1 y el Proyecto cuatro Herradura 1: ocho objetivos a maximizar y cinco a minimizar.

Tabla 1. Matriz de decisión.

CRITERIOS/OBJETIVOS	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	ACCIÓN
Factor capacidad	28,5	25,8	30,2	30,2	Max
Generación neta	8994,28	7907,22	134500	135095	Max
Costo de inversión	9500,5	11762,3	222397	122835	Max
Costo de operación y mantenimiento	2978,8	1630,55	3387,8	2978,8	Min
Costo nivelado de energía	0,269	0,344	0,11	0,10	Min
Período rep. Inv. años	8	10	19	17	Min
No emisión CO ₂	69791,3	49051,1	114200	116000	Max
Uso de la tierra	0,637	0,562	6,375	12,06	Min
Calidad de vida: Creación empleo	11	11	19	19	Max
Calidad de vida: salarios	5000	4500	5000	5000	Max
Viviendas promedio electrificadas (u)	1499	1176	79778	79778	Max
Personas beneficiadas núcleos (3)	4499	3529	33500	37730	Max
Combustible sustituido	22302	20438	33500	37730	Max

Fuente: autores.

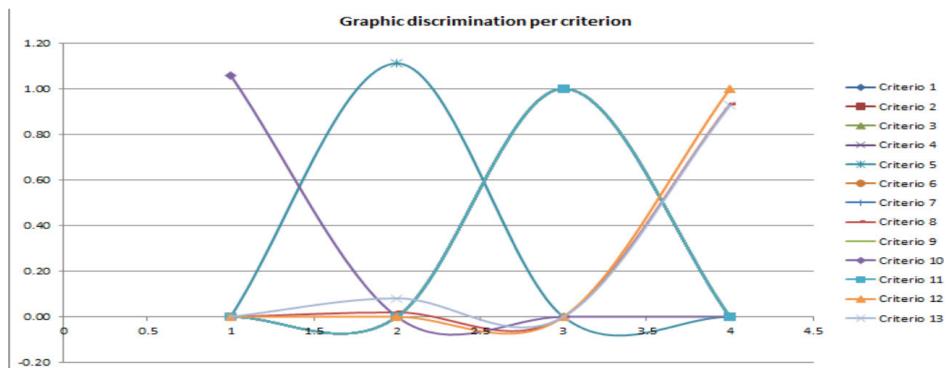
Luego se normalizó la matriz (tabla 2) y se trataron los criterios como criterios cualitativos.

Tabla 2. Matriz normalizada y lado derecho de la ecuación.

CRITERIOS/OBJETIVOS	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	SIGNO	LDE
Factor capacidad	0.248	0.224	0.263	0.263	≤	0.263
Generación neta	0.031	0.027	0.469	0.471	≤	0.471
Costo de inversión	0.025	0.032	0.606	0.335	≥	0.025
Costo de operación y mantenimiento	0.271	0.148	0.308	0.271	≥	0.148
Costo nivelado de energía	0.326	0.418	0.133	0.121	≥	0.121
Período Rep. Inv. Años	0.148	0.185	0.351	0.314	≥	0.148
No emisión CO ₂	0.200	0.140	0.327	0.332	≤	0.332
Uso de la tierra	0.032	0.028	0.324	0.614	≥	0.028
Calidad de vida: Creación empleo	0.183	0.183	0.316	0.316	≤	0.316
Calidad de vida: Salarios	0.256	0.230	0.256	0.256	≤	0.256
Viviendas promedio electrificadas	0.009	0.007	0.491	0.491	≤	0.491
Personas beneficiadas núcleos	0.046	0.036	0.458	0.458	≤	0.458
Combustible sustituido	0.1957	0.1793	0.293	0.33	≤	0.33

Fuente: autores.

En la figura 1, discriminante por criterio, muestra donde y cuales criterios obtienen sus valores máximo y mínimo de acuerdo a lo que se planificó hacer en el proceso de optimización, si maximizar o minimizar.

**Figura 1.**Valores máximos y mínimos de cada criterio.

Fuente: autores.

La tabla 3 muestra los valores de cada función objetivo, o valores óptimos, y se pueden modificar, es decir, cuanto se puede aumentar o disminuir sin que se afecte el resultado.

Tabla 3. Valores óptimos de cada objetivo y sus límites inferiores y superiores.

Objetivo Z	Incremento	Decremento	Z7=0,33	0,03	0,01
Z1=0,26	0,05	0,13	Z8=0,57	0,03	0,23
Z2=0,47	0,03	0,01		0,03	0,01
Z3=0,61	-	0,03	Z9=0,32	-	0,48
Z4=0,31	-	0,13	Z10=0,27	0,15	0,02
Z5=0,46	0,01	0,03	Z11=0,49	-	0,03
Z6=0,35	-	0,03	Z12=0,49	0,34	0,10
			Z13=0,32	0,00	0,01
				0,03	0,42

4. CONCLUSIONES

La investigación realizada permitió seleccionar la mejor solución al problema de optimización multicriterio-multiobjetivo, utilizando el método SIMUS, mediante la aplicación de métodos de optimización multicriterio-multiobjetivo. Se aplicó un método PL/SIMUS, como propuesta alternativa para el análisis de problemas con objetivos múltiples, se obtuvo un modelo donde se relacionan las dimensiones técnicas, económicas, ambientales, estratégicas y sociales. Finalmente se obtuvo la discriminante por criterio, donde muestra cuales criterios obtienen sus valores máximo y mínimo de acuerdo a lo que se planificó hacer en el proceso de optimización, si maximizar o minimizar.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Mareschal, B., Brans, J. P., & Vincke, P.** (1984). PROMETHEE: A new family of outranking methods in multicriteria analysis: ULB--Universite Libre de Bruxelles.
- Munier, N., Hontoria, E., & Jiménez-Sáez, F.** (2019). Linear programming fundamentals *Strategic Approach in Multi-Criteria Decision Making* (pp. 101-116): Springer.
- Ramírez, C. A. Y., & Guzman, Y. A.** (2017). Estudio comparativo de técnicas de toma de decisiones multicriterio para la jerarquización de tecnologías de energías renovables a utilizar en la producción de electricidad. *Scientia et technica*, 22(3), 273-280.
- Saaty, T. L., & Ergu, D.** (2015). When is a decision-making method trustworthy? Criteria for evaluating multi-criteria decision-making methods. *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 14(06), 1171-1187.

Yajure, C. A. (2015). Comparación de los métodos multicriterio AHP y AHP Difuso en la selección de la mejor tecnología para la producción de energía eléctrica a partir del carbón mineral. *Scientia et technica*, 20(3), 255-260.

ANÁLISIS DAFO-CAME DE LA GESTIÓN AMBIENTAL DE UNA EMPRESA MEDIANTE EL PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO EN AMBIENTE NEUTROSÓFICO

Beatriz María González Nuñez¹, Yusmari Aldana Castillo², Liliana Alonso³

¹Empresa Eléctrica Holguín; beatriz.gonzalez3588@gmail.com

³Empresa Acopio Beneficio y Torcido de Tabaco Holguín

³Universidad de Holguín; lily.alonso92@gmail.com

E-mail de correspondencia: beatriz.gonzalez3588@gmail.com

RESUMEN

La provincia de Holguín, al ser una de las más industrializadas del país, es la segunda más contaminada de Cuba, solo detrás de la capital. En este sentido, el órgano territorial del CITMA tiene identificada entre una de las organizaciones que más influye en el deterioro de la calidad ambiental de la región a la Empresa Eléctrica de Holguín, lo que ha permitido su implicación en el análisis del entorno y de sus propios procesos para detectar a tiempo aquellos que influyen en el logro de los objetivos del Sistema de Gestión Ambiental. Lo cual se convierte siendo este el objetivo principal de este estudio. Para el logro de este objetivo se utilizará una combinación del método AHP-Neutrosófico con el análisis DAFO-CAME y se proponen las estrategias pertinentes para minimizar o potenciar el impacto de los factores que inciden en el sistema.

1. INTRODUCCIÓN

Se define como objetivo principal del estudio, realizar el análisis de los factores internos y externos que inciden en la gestión ambiental de la Empresa Eléctrica de Holguín; para lo que se trazan como objetivos específicos: determinar los factores internos y externos que inciden en la Gestión Ambiental de la empresa, realizar el análisis de los factores mediante la matriz DAFO enfocada en la gestión ambiental y definir estrategias orientadas a los factores que tienen mayor peso en la gestión ambiental de la organización.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Para la obtención de información se utilizaron los métodos: Inductivo – deductivo, analítico-sintético, revisión documental, trabajo en grupo (tormenta de ideas, dinámica de grupo), análisis PEST. Para el procesamiento de los datos, se utilizó el Proceso de Análisis Jerárquico Neutrosófico (NAHP).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como resultado, se determinaron los factores internos y externos que inciden en la Gestión Ambiental de la empresa, expresada en la Tabla 1.

Tabla 1. Factores internos y externos de la Empresa Eléctrica de Holguín.

AMENAZAS	OPORTUNIDADES
POLÍTICAS	
Desactualización, baja efectividad y poco acatamiento del marco legal vigente; Debilitamiento de las estructuras de atención a los temas ambientales en el aparato empresarial y Organismos de la Administración Central del Estado	La voluntad política de enfrentamiento a las ilegalidades y las indisciplinas sociales con incidencia en el medio ambiente; Incorporación del tema ambiental como elemento importante dentro de las agendas políticas a nivel internacional
ECONÓMICAS	
Deficiencias en la planificación y jerarquización de acuerdo a los recursos disponibles e insuficiencias en el financiamiento; No reflejo adecuado en la contabilidad empresarial del uso de los recursos naturales; Limitado uso de los instrumentos económicos, incentivos y mecanismos de sustentabilidad financiera	Perfeccionamiento del proceso inversionista y nuevas inversiones en el sector turístico de la provincia
SOCIALES	
La falta de sistematicidad, disciplina y la carencia de enfoques integrales; La falta de cultura y sensibilidad ambiental en la sociedad cubana	Accionar de los movimientos ambientales a nivel internacional; Incremento de programas de educación ambiental mediante el uso de las tecnologías de la información
TECNOLOGICAS	
Limitada introducción de los resultados de la ciencia, la tecnología e innovación en los programas de desarrollo tecnológico; Deterioro, insuficiencias y falta de integración de las redes de monitoreo ambiental; Debilidad de los cuerpos de inspección, ocasionados por falta de integralidad, limitaciones materiales y de capital humano; Carencia de tecnologías y sitios para el tratamiento y disposición final de determinados desechos peligrosos	Cambios en el contexto internacional, que pueden potenciar la inversión extranjera para la actualización tecnológica; Crecimiento y desarrollo de la capacidad de generación con energías renovables (Eólica y Fotovoltaica); Existencia de un programa de rehabilitación de redes de distribución; Aplicación del diagnóstico y el celaje con termovisión para lograr la eficacia en los mantenimientos

FORTALEZAS	DEBILIDADES
Alto nivel y experiencia en la distribución y comercialización de energía eléctrica; Priorización del sector por la Dirección del País; Implantación del Sistema de Perfeccionamiento Empresarial y certificación del Sistema de Gestión de la Calidad y Medio Ambiente; Elevado nivel técnico profesional y alto sentido de pertenencia y compromiso de los miembros de la organización; Empleo de las Estrategias Ambientales Nacional y territorial para la elaboración de programas, planes y proyectos ambientales; Sistema de Información Ambiental consolidado y actualizado; Establecimiento de un programa de educación ambiental acorde a los momentos actuales, con participación en escuelas adyacentes y la Universidad; Creación de conciencia de ahorro mediante la creación de programas de ahorro de recursos; Potenciación de trabajos relacionados con temas ambientales en los Fórum de Ciencia y Técnica; Se prioriza la adquisición de equipos amigables con el medio ambiente de forma tal que se trabaje favoreciendo el enfrentamiento al cambio climático	Envejecimiento de la Fuerza laboral; Fluctuación del personal por mejoras salarial; Limitaciones en los insumos y accesorios necesarios para la rehabilitación de las redes; Déficit para adquirir medios de protección en el mercado nacional; Caducidad del Transporte y limitaciones en la adquisición de piezas de repuesto; Obsolescencia en la infraestructura y tecnologías de diferentes procesos productivos

Fuente: elaboración propia.

En la Tabla 2 se muestra la matriz de evaluación de los criterios Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades usando valores lingüísticos según la evaluación de los expertos ($RC= 0.8$, aceptable por consistente)

Tabla 2. Matriz AHPN.

AHPN	D	A	F	O	Peso
D	$\tilde{1}$	$\tilde{3}$	$1/\tilde{5}$	$\tilde{1}$	0.18
A	$1/\tilde{3}$	$\tilde{1}$	$1/\tilde{3}$	$1/\tilde{3}$	0.11
F	$\tilde{5}$	$\tilde{3}$	$\tilde{1}$	$\tilde{3}$	0.50
O	$\tilde{1}$	$\tilde{3}$	$1/\tilde{3}$	$\tilde{1}$	0.20

Fuente: elaboración propia.

Se realizó el mismo procedimiento a cada uno de los cuadrantes de la matriz DAFO para determinar sus importancias relativas entre ellas. Un ejemplo se muestra en la Tabla 3, perteneciente al cuadrante Amenazas:

Tabla 3. Matriz AHPN Amenazas.

NAHP	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	Peso (W)
A1	1	1	1/3	1	1	1	1/3	1/3	1/3	1/3	v	0.04
A2	1	1	1/3	1	1	1	1/3	1/3	1	1	1/5	0.05
A3	3	3	1	3	1	3	1	1	3	3	1	0.13
A4	1	1	1/3	1	1/3	1/3	1/5	1/3	1	1	1/5	0.04
A5	1	1	1	3	1	1/3	1/5	1/3	1	1	1/3	0.06
A6	1	1	1/3	3	3	1	1	1	1/3	3	1/3	0.08
A7	3	3	1	5	5	1	1	1	3	1/5	1	0.13
A8	3	3	1	3	3	1	1	1	3	3	1	0.13
A9	3	1	1/3	1	1	3	1/3	1/3	1	1	1/3	0.07
A10	3	1	1/3	1	1	1/3	5	1/3	1	1	1/3	0.09
A11	5	5	1	5	3	3	1	1	3	3	1	0.17

Fuente: elaboración propia.

Del análisis realizado se obtiene que los factores de mayor peso en el funcionamiento del Sistema de Gestión Ambiental en la Empresa Eléctrica de Holguín son las oportunidades 7, 8 y 9; las fortalezas 3, 5, 8 y 9; las debilidades 3, 5 y 6; y las amenazas 7 y 11. Mediante la utilización del método CAME se trazan estrategias que permitan aprovechar las fortalezas y oportunidades para minimizar el impacto de las amenazas y eliminar las debilidades.

4. CONCLUSIONES

Para llevar a cabo el estudio se utilizó una combinación del método AHP en su variante neutrosófica con el análisis DAFO, una combinación práctica y precisa, que incluye la indeterminación típica del proceso de toma de decisiones. Se cumplió el objetivo propuesto al emplear esta técnica en el Sistema de Gestión Ambiental de la Empresa Eléctrica de Holguín, lo que señaló los factores de mayor peso que inciden actualmente sobre el sistema. En función de los resultados obtenidos se trazaron las estrategias pertinentes que permitan corrección de las debilidades, aprovechamiento de las oportunidades, minimización de las amenazas y explotación de las fortalezas.

MODELACIÓN DE INUNDACIONES CON EL USO DEL HEC-RAS (2D)

Anabel Reyes Ramírez¹, Raymundo Carlo Rodríguez Tejeda², Aniel Álvarez González³

¹Empresa de Diseño e Ingeniería "VERTICE", Holguín, Cuba

³Projektmanager von WATERMAS (ERASMUS + Projekt),
Hochschule Magdeburg –Stendal, Alemania

³Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos de Holguín "RAUDAL",
Holguín, Cuba

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

RESUMEN

El cambio climático ha aumentado de manera considerable la prevalencia de los efectos negativos de los fenómenos naturales en los países del caribe. En los últimos años, hemos presenciado un aumento sin precedentes de la intensidad de los huracanes y sus efectos asociados. Las inundaciones son uno de los aspectos que más inciden en nuestro país. Por tanto, se hace necesario disponer de herramientas de análisis para la predicción de los daños que estas puedan ocasionar. El objetivo del presente trabajo es mostrar la utilización de una herramienta de modelación matemática (HEC-RAS), para la predicción de las inundaciones (riesgos) de la ciudad de Holguín. Los resultados obtenidos permiten clasificar las zonas más vulnerables.

1. INTRODUCCIÓN

Las inundaciones constituyen fenómenos naturales potencialmente destructivos, los cuales se incrementan como consecuencia del cambio climático, los cambios en la topografía terrestre, las alteraciones en el uso de los suelos, la falta de mantenimiento en las redes de drenaje, entre otros factores. Los desastres originados por estas condiciones, constituyen cerca de la tercera parte de todos los desastres naturales (Reyes-Ramírez, Rodríguez-Tejeda, & Álvarez-González, 2017b).

Debido que no se puede evitar la ocurrencia de estas amenazas naturales, deben encaminarse los esfuerzos al desarrollo de métodos, técnicas e instrumentos que ayuden a la preservación de las vidas y los recursos ante estos eventos. Actualmente, una de las variables que aumenta de manera apreciable esta amenaza es el crecimiento poblacional, éste trae como consecuencia que parte de la población se asiente descontroladamente en la zona de inundación de los ríos (Reyes-Ramírez, Rodríguez-Tejeda, & Álvarez-González, 2017a).

Una de las herramientas inmediatas para conocer las zonas la vulnerabilidad es la creación de los mapas de riesgos mediante la modelación hidráulica de ríos y cuencas. Estos nos brindan una representación cartográfica de las áreas que son susceptibles de ser inundadas, permitiendo así definir los lugares más idóneos donde se construirán asentamientos poblacionales o algún objeto de obra de interés social (Reyes-Ramírez *et al.*, 2017a).

El objetivo del presente trabajo es mostrar la utilización de la herramienta de modelación matemática (HEC-RAS), para la predicción de las inundaciones (riesgos) de la ciudad de Holguín.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El software HEC-RAS fue desarrollado por el Centro de Ingeniería Hidrológica del cuerpo de ingenieros de la armada de los EE.UU (HEC, 2021). En la Figura 1 se muestra la secuencia propuesta para la modelación, que se divide en las etapas de preproceso, proceso y postproceso. La primera está basada en la preparación de la cartografía, la obtención del modelo digital del terreno y la digitalización de la información geométrica del río. La segunda etapa se desarrolla en el modelo unidimensional y se basa fundamentalmente en el cálculo hidráulico y la creación del archivo con los datos resultantes para la posterior visualización de las zonas de inundación y de obtener así mapas de riesgo.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El caso de estudio seleccionado, fue un tramo del río Jigüe de la ciudad de Holguín. El mismo se forma de tres zanjas naturales que nacen en las faldas de la Loma del Fraile, y termina en su confluencia con el río Marañoón, cercano a la estación de ferrocarril y prolongación de la calle Maceo hacia la carretera central. Para esta investigación fue seleccionado el tramo de este río comprendido entre las calles Mariana de la Torre hasta Maceo (Figura 3). Las razones para la selección fueron la disponibilidad de datos de flujo.

La cartografía con la información de las curvas de nivel fue obtenida de un plano en formato dwg de la ciudad de Holguín con equidistancia de un metro. Este plano fue importado en formato dxf al ArcGIS para generar el MDT, y con la extensión HEC-Geo RAS se generó la geometría del río. Posteriormente se creó el fichero de exportación al HEC-RAS que contiene toda la información geométrica.

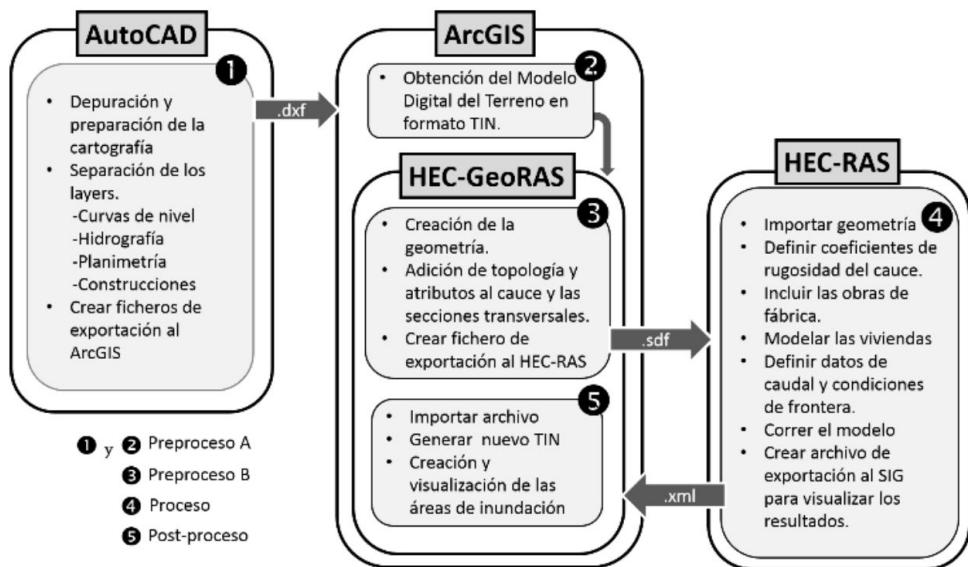


Figura 1. Secuencia de trabajo para la modelación hidráulica.

Fuente: (Reyes-Ramírez *et al.*, 2017a, 2017b).

La modelación hidráulica permitió obtener las zonas de inundación. Lo importante de este resultado radica en que la representación gráfica es una de las variables fundamentales para cuantificar el daño económico y social que pueden llegar a causar eventos de esta naturaleza. Para cuantificar el daño producido por la inundación se realiza un procedimiento que consiste en valorar la severidad de este fenómeno sobre la infraestructura afectada, esto constituye el elemento primordial para determinar el riesgo al que están sometidas las viviendas, obras sociales y demás inmuebles asentados en las zonas cercanas al margen del río (Reyes-Ramírez *et al.*, 2017a, 2017b).

Las viviendas (o infraestructura en general) que resultarán afectadas por las inundaciones del río Jigüe pueden ser visualizadas en el mapa creado anteriormente. Esto es posible mediante la superposición de la mancha de inundación con el fichero “.dxf” importado desde el AutoCAD con la capa de las construcciones. Sin embargo, solamente visualizar las viviendas afectadas resulta insuficiente para determinar los daños económicos esperados por la inundación. De ahí que conocer la cantidad de viviendas afectadas por la inundación es esencial para realizar estimaciones de daños económicos en viviendas ni muy exageradas, pero tampoco insuficientes.

En la Figura 2 se pueden observar las zonas y manzanas (en función del grado de severidad) que se encuentran dentro de los límites que alcanzará la inundación, dependiendo del período de retorno.

Esta cartografía de riesgo puede ser utilizada como base para la ordenación y planificación del territorio, y también permitirán proponer medidas para reducir, en la medida de lo posible, los factores que influyen en la alta vulnerabilidad de las zonas identificadas.

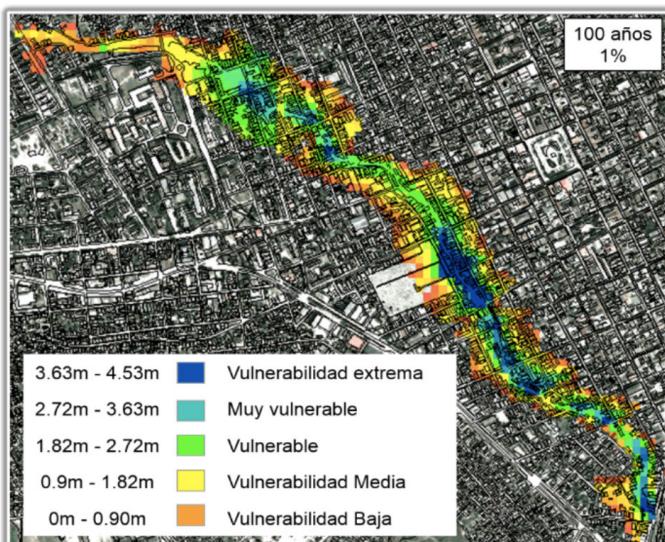


Figura 2. Superposición de las zonas de inundación.

Fuente: elaboración propia.

4. CONCLUSIONES

Los mapas obtenidos utilizando la modelación matemática y el procedimiento desarrollado, presentan un buen nivel de confiabilidad y pueden ser utilizados como herramientas para la toma de decisiones en cuanto al ordenamiento territorial y las políticas de protección ante desastres.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

HEC. (2021). HEC-RAS. Retrieved 21.02.2021, 2021, from <https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/>

Reyes-Ramírez, A., Rodríguez-Tejeda, R. C., & Álvarez-González, A. (2017a). *Mapas de inundación del río Jigüe en Holguín mediante modelos de simulación hidráulica*. Paper presented at the 8va Conferencia Científica Internacional, Holguín, Cuba.

Reyes-Ramírez, A., Rodríguez-Tejeda, R. C., & Álvarez-González, A. (2017b). *Obtención de mapas de inundación del río Jigüe en Holguín mediante modelos de simulación hidráulica*. Paper presented at the VII Conferencia Internacional Ciencia y Tecnología por un desarrollo sostenible, Camaguey, Cuba.

ANÁLISIS DE LAS MANIFESTACIONES PSICOLÓGICAS DE LAS MADRES DE LOS NIÑOS COMO PARÁLISIS CEREBRAL MEDIANTE MÉTODOS DE DECISIÓN MULTRICRITERIO

Enriqueta Beatriz Núñez Arias¹, Rita María Solana Aguilera², Beatriz María González Nuñez^{3,*}

¹Hospital Pediátrico Universitario de Holguín, Cuba, enriquetanunezarias@gmail.com

³Hospital Pediátrico Universitario de Holguín, Cuba, irty2612@gmail.com

³Empresa Eléctrica Holguín; beatriz.gonzalez3588@gmail.com

E-mail de correspondencia: bettygonzaleznunez@gmail.com

RESUMEN

La presencia de un niño con parálisis cerebral altera en mayor o menor medida la vida familiar, en relación directamente proporcional al grado de dependencia del pequeño, cuando ésta es elevada, los niños requieren grandes cuidados y ayuda para llevar a cabo las actividades de la vida diaria, cuidados que recaen en la familia y especialmente en la madre. La presente investigación realizó un estudio multidisciplinar, donde se evaluó tanto desde la perspectiva de los médicos como de las madres de los pacientes y familiares las manifestaciones psicológicas negativas de madres y familiares resultantes de la relación con niños con esta patología. El procedimiento de datos se apoyó en métodos de decisión multicriterio. El universo estuvo constituido por 82 madres ingresadas con sus hijos, con diagnóstico confirmado de Parálisis cerebral, en el servicio de Rehabilitación del Hospital Pediátrico de Holguín. Como resultado, se trazó una estrategia de intervención para la ayuda a la familia y al fortalecimiento de factores protectores que permitan hacer frente a las situaciones detectadas.

1. INTRODUCCIÓN

La presencia de un hijo con discapacidad, supone una quiebra en el proyecto vital compartido por la familia, no sólo por el desgaste físico originado por su cuidado, sino también por las repercusiones psicológicas y sociales que implica enfrentarse a una realidad que desmiente las expectativas iniciales de la familia al esperar un hijo (Cedeño, Zambrano, & Leones, 2018) (Torres Lazo, 2019) (Morales, Borges, Castillo, & García, 2020). Los cuidados que precisan algunos niños/as con Parálisis cerebral pueden ser muy intensos y extenderse a lo largo del día. En general ha sido la madre la que se ocupa, casi exclusivamente, de atender al niño/a con esta afección (Martínez González *et al.*, 2015). Esta situación que vivencian las madres con los niños que padecen Parálisis cerebral motivó a realizar el presente estudio, con el

ánimo de ayudar de alguna forma a aliviar esta difícil realidad. Se propone entonces como problema a analizar: ¿Cómo accionar desde el punto de vista psicoterapéutico para contribuir a disminuir los estados emocionales negativos en las madres de los niños que padecen Parálisis cerebral?

2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Fase I del estudio se realizó una caracterización multidisciplinar del estado de las madres y los niños que conformaron la muestra estudiada. En la Fase II se aplicó el método AHP para determinar las manifestaciones psicológicas con mayor nivel de importancia acorde al criterio de los expertos para iniciar así el diseño de una estrategia de intervención en la Fase III, apoyado de los Mapas Cognitivos Difusos. Este método se utiliza para determinar la principal solución con mayor nivel de influencia y ordenar las acciones en función de la relación de causalidad e interrelación.

Fase I. Diagnóstico de los estados emocionales

Se pudo comprobar que el 58.2 % de las madres sufre depresión mientras que las restantes ansiedad. Se diagnosticó que los estados afectivos más representativos fueron los leves en el caso de la depresión y los medios en el caso de la ansiedad (Tabla 1).

Tabla 1. Percepción del equipo de salud respecto a la familia del niño con discapacidad.

OPINIONES	NO	%
Manejo del niño por la familia		
Adecuado en pocos pacientes	6	35.3
No adecuado	11	64.7
Apoyo familiar a la madre		
No lo recibe generalmente	15	88.2
A veces las abuelas o aisladamente padre	10	58.8
Apoyo a la madre en el tratamiento		
No	14	82.4
Rara vez el padre	3	17.6

Alteraciones emocionales de las madres		
Depresión	17	100.0
Ansiedad	17	100.0
Irritabilidad	6	35.3
Stress	12	70.6
Agresividad	10	58.8
Otras opiniones		
La madre se discapacita junto al hijo		
La madre permuta su vida con la del hijo		
Se perciben falsos estados de alegría		

Fuente: entrevistas.

Fase II. Aplicación de métodos de decisión multicriterio AHP

Criterios a evaluar: Causas de los estados emocionales de las madres: madres responsables de la economía del hogar, sentimientos de sobreprotección, tener otros miembros de la familia que dependen de la madre, rechazo familiar por la condición del niño, familia disfuncional, estado civil

Tabla 2. Aplicación del método AHP al análisis de causas de los estados emocionales de las madres.

CRITERIOS	C1	C2	C3	C4	C5	C6	PESO
C1	1	3.0000	3.0000	5.0000	7.0000	7.0000	0.40
C2	0.3333333	1	3.0000	5.0000	3.0000	3.0000	0.22
C3	0.3333333	0.3333333	1	3.0000	9.0000	9.0000	0.23
C4	0.2	0.2	0.3333333	1	1.0000	1.0000	0.05
C5	0.1428571	0.3333333	0.1111111	1	1	1.0000	0.05
C6	0.1428571	0.3333333	0.1111111	1	1	1	0.05
Suma	2.15	5.20	7.56	16.00	22.00	22.00	

Fuente: elaboración propia.

El estudio de la consistencia de la matriz pareada expuso un IR= 0.12 y RC= 0.10, por tanto, son consistentes las opiniones de los expertos. Se comprobó mediante encuestas y entrevistas que las causas principales de los estados emocionales diagnosticados en las madres están dadas por la incompatibilidad entre el cuidado del menor con parálisis cerebral y los componentes sociales de su madre a cargo del cuidado.

Fase III. Aplicación de métodos de decisión multicriterio MCD

Parámetros para el diseño de una estrategia de intervención psicológica a las madres: visitas en el consultorio, visitas al hogar, terapia con psicofármacos, terapias de grupo, terapia a la familia no inmediata que rodea al menor, terapia con medicina natural y tradicional. Se obtiene entonces la matriz de adyacencia (Tabla 3).

Tabla 3. Matriz de adyacencia.

CRITERIOS	C1	C2	C3	C4	C5	C6	OD	ID	TD
C1	0	1	1	1	0.9	0.9	4.8	4.7	9.5
C2	1	0	1	1	0.9	0.9	4.8	5	9.8
C3	1	1	0	0.6	0.7	0.7	4	4.2	8.2
C4	0.9	1	1	0	0.8	0.6	4.3	3.8	8.1
C5	0.9	1	0.3	0.2	0	0	2.4	4.3	6.7
C6	0.9	1	0.9	1	1	0	4.8	3.1	7.9

Fuente: elaboración propia.

Se pudo determinar que para el diseño de una estrategia de intervención psicológica para la ayuda a la madre cuidadora se debe iniciar con las visitas al hogar por parte del médico y luego proceder a las visitas al consultorio de la familia. En un segundo momento incluir a la madre en terapia de grupo y de apoyo con la terapia con psicofármacos y e incluir en el tratamiento de la madre la medicina natural y tradicional como complemento. Finalmente trabajar con la familia no inmediata que rodea al menor, dígase abuelos, tíos, primos u otros identificados por la madre que puedan influir en el desarrollo y cuidado del mismo.

3. CONCLUSIONES

Los grupos de madres de 26-35 son los grupos de edad de mayor paridad en el comportamiento general de la población femenina cubana. El nivel de escolaridad de las

madres del estudio se pudo apreciar que el 70 % de ellas tenían nivel preuniversitario, y un 10 % universitario, lo que es parte del logro alcanzado por nuestro Estado cubano. Los estados emocionales más pronunciados que afectan a las madres son la depresión y la ansiedad, a lo que contribuye la carencia de apoyo familiar, en especial por parte de los padres. Situación que se pudo comprobar mediante la aplicación del método AHP, que arrojó que los factores más influyentes son: madres responsables de la economía del hogar, sentimientos de sobreprotección y tener otros miembros de la familia que dependen de la madre. Las madres y la familia en general del niño con Parálisis cerebral mantienen una actitud inadecuada hacia el menor, con tendencia a la sobreprotección, el rechazo y la inconsistencia de métodos educativos. Los estados emocionales negativos en la madre del niño discapacitado exigen al equipo de salud trazar estrategias para brindar apoyo y contribuir con el bienestar de la familia. Para el trazado de una estrategia acorde a las características de estas madres estudiadas debe ser diseñada acorde a los resultados expuesto por la aplicación del mapa cognitivo difuso.

A MODEL OF ORGANIZATIONAL CHANGE MANAGEMENT FOR STRATEGY IMPLEMENTATION

Lidia María Pérez-Vallejo¹, Carlos Manuel Vilariño-Corella², Marisol Pérez-Campaña¹

¹*Industrial Engineer Department, University of Holguin, Cuba*

²*Local Development Study Center, University of Holguin, Cuba*

Corresponding author: lidia@uho.edu.cu

ABSTRACT

Aligning the strategy designed to the performance of the environment and achieving effective execution is key to reach a competitive position, so this work aims to apply an organizational change management model that encourages the generation of synergy to minimize a change resistance and contribute to the strategy implementation. The main results of the application in three hotels entities were the integration of the teamwork into the strategy, which contributed to obtain high levels of implementation and scope the vision of the organization.

1. INTRODUCTION

Strategy implementation is the ability to translate ideas into actionable assignments that are executed in a manner that fulfills the firm's objectives (Namada, 2020). One of the alternatives that managers have to achieve this purpose is the application of a management system with a strategic approach (Cândido & Santos, 2019).

Some studies (Hrebiniaik, 2005) show that less than 30 % of well-formulated strategies reach the defined goal and other suggest that they are between 25 % and 40 % (Comas Rodríguez, Nogueira Rivera, Romero Bartutis, & Lumpuy Rodríguez, 2015). Therefore, it is necessary to develop a dynamic capacity that allows modifying decisions already adopted (Merkus, Willems, & Veenwijk, 2019). Thus arises the difficulty of managing change as organizational success increasingly focuses on the generation of knowledge-based synergy (Mailu, Ntale, & Ngui, 2018).

The main problems in strategic management are in the preparation for the organizational change (Tawse, Patrick, & Vera, 2018). It achieves an integrated and coherent analysis of the barriers to the implementation of the strategy. In this way, this article aims to apply an organizational change management model that encourages the generation of synergy to minimize a change resistance and contribute to the strategy implementation.

2. MATERIALS AND METHODS

The model used is based on three approaches for a successful management of organizations: strategic, systemic and the process. Figure 1 shows the graphical representation of the model.

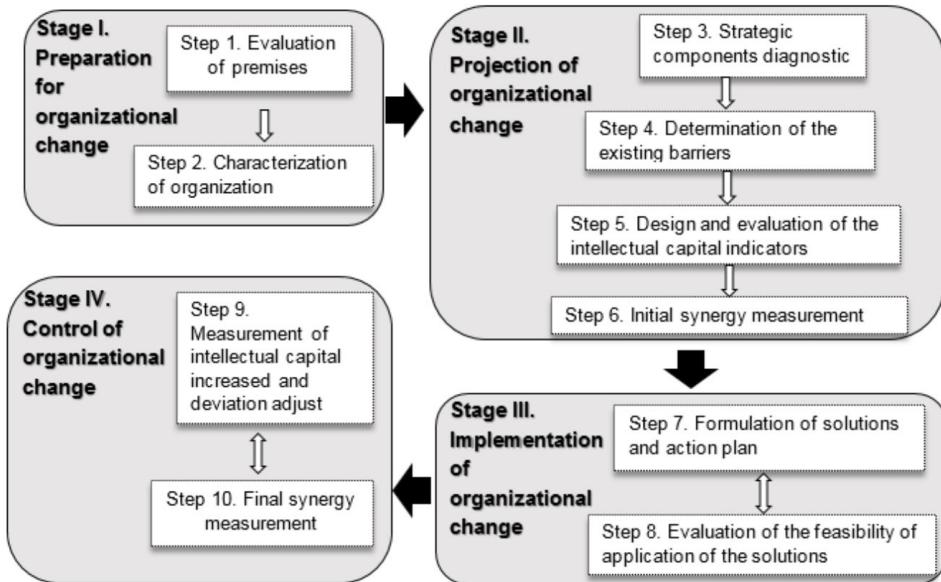


Figure 1. Organizational change management model for strategy implementation.

Source: own elaboration.

Stage I is the preparation for organizational change. The starting conditions are created and the premises is evaluated. In addition, the general organization characterization is carried out.

Stage II is the projection of organizational change, where realize analysis of the strategic components. The determination of the existing barriers between the design and implementation of the strategy is carried out. The execution of the plans or goals is evaluated with a systemic approach, the alignment of the objectives with a strategic approach and the capacities of the managers to coordinate actions, both vertically and horizontally, supported by process management. In the same way, the ratios of added value of human capital, structural capital and the initial synergy of the system are evaluated.

Stage III is the implementation of organizational change with the purpose of eliminating barriers between the design and implementation of the strategy. The indica-

tor manual designed in the previous stage to increase the non-economic value of the organization, as it is mainstreamed to improve the level of technical knowledge and professional skills and the level of integration in the systemic-structural is increased.

Finally, the organizational change control stage must be carried out to verify the implementation, which is based on evaluating the increase in non-economic value and the generation of synergy.

In hotel entities the strategic management is required to guarantee their sustainability. That is why the application is carried out in three hotels in the Holguin tourist center with characteristics of having a three or four-star category and having more than 150 rooms.

3. RESULTS AND DISCUSSION

Table 1 shows the main results in the three practical study cases.

Table 1. Main results of the case studies.

PROCEDURE STAGE	ENTITY 1	ENTITY 2	ENTITY 3
Stage I			
Characteristics	Hotel	Hotel	Hotel
Stage II			
Strategy implementation	56 %	51 %	69 %
Existing main barriers			
Centralization by the national leadership	X	X	X
Low commitment to strategy	X	X	X
Inconsistencies between processes and KRAs	X	X	
Poor technical status of existing technology	X	X	
Low training and preparation of staff	X	X	X
Non-compliance with planned maintenance	X	X	X
Waste of hotel capacities	X	X	X
Level of service provided (LSP)	75 %	84 %	81 %
Perceived service level (PSL)	60 %	70 %	75 %
Design of the IC indicators manual	X	X	X
Increase in intellectual capital (IIC)	1,46	1,57	1,97

Initial synergy	3,24	4,74	12,97
Stage IV			
PSL	77 %	86 %	90 %
IIC	2,10	2,82	2,82
Final synergy	5,58	9,73	21,95

Source: own elaboration.

When comparing the performance of the organizations, it was found that the results improved after the application of the action plan and the implementation of the system of indicators to measure intellectual capital. These is due to a positive growth in the indicators that contributed to the creation as a whole of intellectual capital in the objects of practical study and that together with the development of dynamic capacity allowed the generation of synergy and helped to minimize change resistance and get high levels of implementation of the strategy.

4. CONCLUSIONS

The application of the organizational change management model allowed mobilizing the variables that developed the dynamic capacity. At same time, it increasing the intellectual capital that resulted in an increase in synergy and thus achieve high levels of implementation of the strategy in the object study organizations. The results reached with the application have an economic and social impact expressed in the increase in efficiency, in the generation of knowledge and skills that increase dynamic capacity, as well as the degree of socialization due to the extensive use of teamwork and new management practices.

BIBLIOGRAPHIC REFERENCES

- Cândido, C. J. F., & Santos, S. P.** (2019). Implementation obstacles and strategy implementation failure. *Baltic Journal of Management*, 14(1), 39-57. doi: <https://doi.org/10.1108/BJM-11-2017-0350>
- Comas Rodríguez, R., Nogueira Rivera, D., Romero Bartutis, F., & Lumpuy Rodríguez, M.** (2015). Integración de herramientas para el control de gestión. Análisis de un caso de estudio. *Enfoque UTE*, 6(3), 1-19.
- Hrebinak, L. G.** (2005). A strategic look at strategy execution *Optimize*, 4(3), 57-60.

Mailu, R.N., Ntale, J.F., & Ngui, T.K. (2018). Strategy implementation and organizational performance in the pharmaceutical industry in Kenya. International Academic Journal of Human Resource and Business Administration, 3(2), 33-47.

Merkus, S., Willems, T., & Veenwijk, M. (2019). Strategy Implementation as Performative Practice: Reshaping Organization into Alignment with Strategy. Organizational Management Journal, 16(3), 140-155. doi: <https://doi.org/10.1080/15416518.2019.1611403>

Namada, J. M. (2020). The Role of Strategy Implementation in the Relationship Between Strategic Planning Systems and Performance. International Journal of Business Strategy and Automation, 1(1), 1-20. doi: DOI: 10.4018/IJBSA.2020010101

Tawse, A., Patrick, V. M., & Vera, D. (2018). Crossing the chasm: Leadership nudges to help transition from strategy formulation to strategy implementation. Business Horizons, 62(2), 249-257. doi: <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2018.09.005>

CONSIDERATIONS OF THE SOCIAL IMPLICATION OF TECHNOLOGY TRANSFER IN THE SCIENCES OF CUBAN NURSING

Elianis Ocaña Samada¹, Andria Torres Guerra², Aymara Yusimy Cruz Almaguer³

¹Provincial Health Directorate. Provincial Council of Scientific Societies of Holguín, Cuba

²Holguín University of Medical Sciences, Holguín, Cuba

³Hospital Clínico Quirúrgico "Lucía Iñiguez Landín", Holguín, Cuba

Correspondence e-mail: elianis@infomed.sld.cu

ABSTRACT

The transfer of technology in the sciences of Cuban Nursing contributes to its sustainable development, ensuring the continuous training of human resources and improving the quality of patient care. The objective of the present work is to determine the social implications of the transfer of technology in Cuban Nursing. For this, a descriptive-retrospective study was carried out at the University of Medical Sciences of Holguín (2019-2020). The results obtained demonstrate the multidimensional incidence of the state towards the development of technology transfer. The main actions to strengthen this subsystem were identified, aimed at complying with the generalization plan, the appropriate use of transfer channels, the execution of innovation projects and adequate institutional management.

1. INTRODUCTION

The Pan American Health Organization created the Sustainable Health Agenda for the Americas 2018-2030, focused on the call to action to improve health and well-being in the region. Among its objectives is to develop the capacity for generation, transfer, use of evidence and knowledge in health, promoting research, innovation and the use of technology.

The transfer of technology allows the consolidation of alliances and inter-institutional and transdisciplinary scientific collaboration. This implies the improvement of training processes, professional improvement, and scientific research, aimed at creating capacities for the application of care.

In Cuba, Nursing sciences lead the management of this process through the Directorates of Science, Technology and Innovation of the Universities of Medical Sciences, and through the research and postgraduate departments of the Faculties, Subsidiaries of Medical Sciences and institutions health in general. The effectiveness of

this process is favored by the correct institutional management by social actors and decision-makers at each level.

Given the connoted influence of this process in the social development of this specialty, this research is carried out with the objective of determining the social implications of vertical technology transfer in Cuban Nursing sciences.

2. MATERIALS AND METHODS

A qualitative methodology was used, supported by a dynamic of workshops and academic experiences with colleagues and graduate students. A descriptive-retrospective study was carried out at the University of Medical Sciences of Holguín, during the period 2019-2020. Triangulation of approaches, sources and procedures was used, by virtue of a better understanding of the social and methodological foundations of technology transfer.

Empirical methods such as: surveys, interviews and the criteria of specialists were used in order to achieve a better perception and analysis of the object under investigation. In addition, the normative documents of Cuban scientific and technological policy and the paradigms of science, technology and society that address this problem were reviewed. The ethical aspects evidenced in the Declaration of Helsinki and the deontological code of the International Council of Nursing were taken into account.

3. RESULTS AND DISCUSSION

In interviews with managers and professionals of the discipline, it was evidenced that they have a limited perception of the scope of health technologies and the elements that can be transferred. At the same time, they recognize that they have some limitations in virtualization skills, as well as in the use of knowledge transfer channels.

On the other hand, the scientific results that become generalization innovation projects are limited and the possibility of increasing the application of scientific results from other entities is appreciated. Despite these limitations, it was found that technology transfer favors scientific exchange and collaboration, between professionals in the health sector and also in other sectors of society. The incentive for scientific progress prevails in this activity, by using and sharing the best experiences for patient care and promoting health in healthy people.

In the context of nursing, vertical technology transfer makes it possible to make more efficient use of the results of science, technology and innovation, generated internally or those acquired from third parties in the country itself. This specialty facilitates the methodological mechanisms that favor its implementation and the demands of current Nursing, tempered to the international context.

Figure 1 shows the evolution of the scientific results transferred in the province in the five-year period, showing that it has been on the rise. It is emphasized that a greater commitment is still required on the part of those responsible for these results and the entities that introduce it.

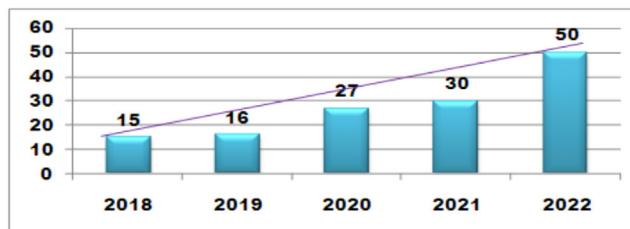


Figure 1. Scientific results transferred to the province in the five-year period.

Source: own elaboration.

The 38% of the total of the results presented are from researchers in the Nursing area, which shows the weight of these results in the total of technological transfers.

The actions developed to facilitate the strengthening of the transfer of technology most used were:

- Socialization workshops and meetings, which are ideal channels to promote the exchange of generalizable experiences among professionals.
- Specialized advice and the promotion of publications in high impact magazines
- Carrying out postgraduate courses and trainings; scientific events, management of intellectual property rights records, among others

4. CONCLUSIONS

The social implications of technology transfer are evident, from the effective articulation of science- technology- society in terms of solving problems and meeting the needs of the individual, the family and the community.

The Cuban state promotes the autonomous development of Nursing as a science and profession, from the generation of new knowledge, the dissemination, system-

atization and articulation of the research results created in epidemiological clinical practice.

The system of actions allows to promote the transfer of vertical technology, towards endogenous technological development and a scientific culture, from the elevation of the quality of Nursing professionals.

BIBLIOGRAPHIC REFERENCES

Avalos, I. (1999). *Transferencia de tecnología*. En: Martínez E. Ciencia, tecnología y desarrollo. Interrelaciones teóricas y metodológicas. Editorial Nueva Sociedad: Caracas; p. 411-454.

Codner, G. D. (2017). Elementos para el diseño de políticas de transferencia tecnológica en universidades. *Revista Redes*, 23(45). 49-61. <https://ridaa.unq.edu.ar/handle/20.500.11807/842>

Díaz-Canel, M. M. (2021). ¿Por qué necesitamos un sistema de gestión del Gobierno basado en ciencia e innovación? *Rev. Anales de la Academia de Ciencias de Cuba*, 11(1). 1-2.

Macías Llanes, M.A., Díaz Campos N, Bujardón Mendoza A. (2014). Política científico-tecnológica y la gestión institucional en el Centro de Desarrollo de las Ciencias Sociales y Humanísticas en Salud. *Rev. Humanidades Médicas*, 14(2). 333-350.

Núñez Jover J. (2007). *La ciencia y la tecnología como procesos sociales*. Editorial Félix Varela: La Habana.

Ocaña Samada E, Fornet Hernández E, Rigol Pérez M. (2017). Procedimiento para la gestión de la generalización de resultados científicos técnicos de la salud. *Rev. CCM*. (1), 257-268.

NANOPARTÍCULAS POLIMÉRICAS DE ZINC Y SU POTENCIAL USO COMO AGENTES DE BIOFORTIFICACIÓN.

Manuel Merinero^{*1,2}, Eloísa Pajuelo³, Guillermo Martínez², Belén Begines², Ignacio Rodríguez³, María Jesús Martín⁴, Jesús Alberto Pérez-Romero⁵, Enrique Mateos⁵ y Ana Alcudia²

¹Universidad de Sevilla, Facultad de Medicina, Departamento de Citología e Histología Normal y Patológica.

²Universidad de Sevilla, Facultad de Farmacia, Departamento de Química Orgánica y Farmacéutica.

³Universidad de Sevilla, Facultad de Farmacia, Departamento de Microbiología y Parasitología.

⁴Universidad de Sevilla, Facultad de Química, Departamento de Química Analítica.

⁵Universidad de Sevilla, Facultad de Biología, Departamento de Biología Vegetal y Ecología.

E-mail de correspondencia: Manmerde@us.es

RESUMEN

En la actualidad el hambre y los malos hábitos alimenticios son un problema reconocido por la organización mundial de la salud (OMS). A pesar de todos los esfuerzos propuestos para solventar este problema, la OMS ha admitido que no se alcanzará el objetivo de hambre cero para 2030. Por todo esto y para aportar soluciones imaginativas a este problema, nos propusimos emplear nanopartículas poliméricas cargadas con zinc, junto con la bacteria *Pantoea agglomerans*, promotora de crecimiento de plantas (PGPR), para mejorar el valor nutricional de plantas como el trigo (*Triticum aestivum*), mediante biofortificación. Las plantas de trigo fueron tratadas, tras su previa germinación, y se recogieron medidas de concentración de metales usando técnicas analíticas. Los resultados mostraron que los parámetros físicos y fisiológicos no se vieron afectados y se produjo una acumulación notoria del Zn en la parte aérea.

1. INTRODUCTION

La escasez de nuevos suelos cultivables fértiles para el cultivo de plantas es uno de los desafíos de este siglo, ya que el suelo se considera un recurso no renovable (FAO, 2015). Para paliar este problema, por un lado, se propone el empleo de la fitomicrobiota asociado a las raíces de las plantas (Pérez-Jaramillo *et al.*, 2018). Los mecanismos PGPR, empleados por la fitomicrobiota, son de ayuda para las plantas en múltiples aspectos a la hora de obtener nutrientes del entorno. Por otro lado, recientemente se empezaron a utilizar nanopartículas órgano-metalicas, para mejorar el valor nutricional (biofortificación) de plantas (Bouis and Saltzman, 2018). Por

estas razones, este trabajo propone: Combinar nanopartículas poliméricas de zinc (Zn-NPs) y bacterias PGPR para solventar este problema.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Síntesis de nanopartículas de zinc

Para las síntesis de las Zn-NPs empleadas en este artículo, se usó una modificación de una de las síntesis descritas por Calvo & Remuñán-Lopez en 1997 (Calvo, Remunán-Lopez, Vila-Jato, & Alonso, 1997). A una disolución de 25 ml de ácido acético 0,5 M en agitación a 500 rpm, se le añadieron 50 mg de quitosano de bajo peso molecular y 10 mg de Sulfato de Zinc heptahidratado. Tras 4 horas se le añadió gota a gota a la disolución, 5 mg de polyanion sodium tripolyphosphate (TPP) disueltos en 5 ml de agua miliq y se mantuvo hasta el siguiente día a la misma agitación que la disolución de quitosano. Tras esto la disolución fue sonicada y se midieron el tamaño hidrodinámico, el potencial Z y la polidispersividad (PDI) de la misma al analizador de potencial Z (Zetasizer Nano ZS, Malvern) para comprobar la presencia de nanopartículas.

2.2 Diseño experimental

Las plantas de trigo empleadas en los experimentos fueron previamente germinadas en placas de agar agua, para posteriormente colocarlas en macetas con una mezcla de perlita, vermiculita y arena a partes iguales. Cada experimento tendría cuatro macetas con tres semillas cada una y sería regado tres veces por semana. Las condiciones de cada experimento pueden observarse en la Tabla 1.

Tabla 1. Diseño experimental

NOMBRE	MEDIO HOLLAND	ZN-NPS	PANTOEA AGGLOMERANS
TTo Control	100 ml	No	No
TTo Zn-NPs	100 ml	Espray foliar	No
TTo Pantoea	100 ml	No	Inoculo (3 ml)
TTo combinado	100 ml	Espray foliar	Inoculo (3 ml)

2.3 Medidas fisiológicas y físicas

Para comprobar los estados fisiológicos y físicos de las plantas frente a los distintos tratamientos, se realizaron varias medidas fisiológicas (fluorescencia e Irga, antes de

ser cosechadas) y físicas tras su recogida al cabo de 3 meses (biomasa seca, húmeda, altura y concentración de nutrientes por ICP).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Caracterización de Zn-NPs

La caracterización de las nanopartículas fue realizada en el Servicio Caracterización Funcional (SCF) situado en el Centro de Investigación, Tecnología e Innovación (CITIUS), mediante un analizador de potencial Z (Zetasizer Nano ZS, Malvern). Las Zn-NPs poseían un tamaño hidrodinámico de 250 nm, un potencial Z de +27,53 mV y una PDI de 0,566.

3.2 Visualización al ME de *Pantoea agglomerans* en la raíz de las plantas de trigo

Para corroborar que el inoculo de *Pantoea agglomerans* colonizaba la raíz se realizó una visualización de esta al microscopio electrónico de barrido de bajo vacío. Para esto se realizó un experimento a pequeña escala, únicamente con el control y *Pantoea* (Tabla 1) en placas de Petri cuadradas estériles, para corroborar que lo que se observará al microscopio fuera la bacteria de interés y no otras. Las imágenes mostraron acumulaciones de bacterias en torno a la raíz (Ilustración 1), aunque con esto no se pudo demostrar su vitalidad, si se observó que colonizaban la raíz.

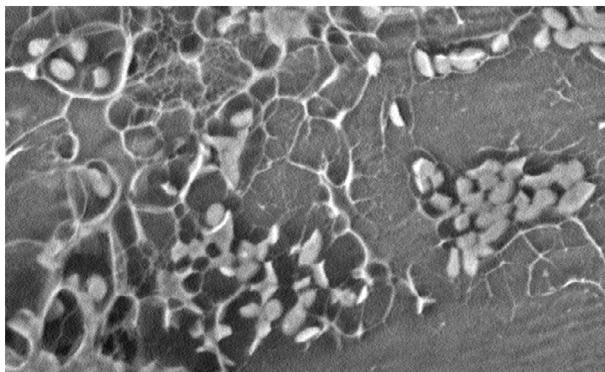


Ilustración 1. *Pantoea agglomerans* en la raíz de plantas de trigo.

Fuente: Microscopio electrónico de barrido de bajo vacío

3.3 Interpretación de las medidas fisiológicas y físicas

En el caso de las interpretaciones medidas tanto físicas como fisiológicas, pudo observarse que ambos no poseían cambios estadísticamente significativos. Sin embar-

go, los datos de ICP mostraron en la espiga del tratamiento combinado diferencias en algunos nutrientes (Gráfico 1). Además, se observó que la concentración de zinc en el tratamiento combinado fue tres veces superior al control en el tallo.

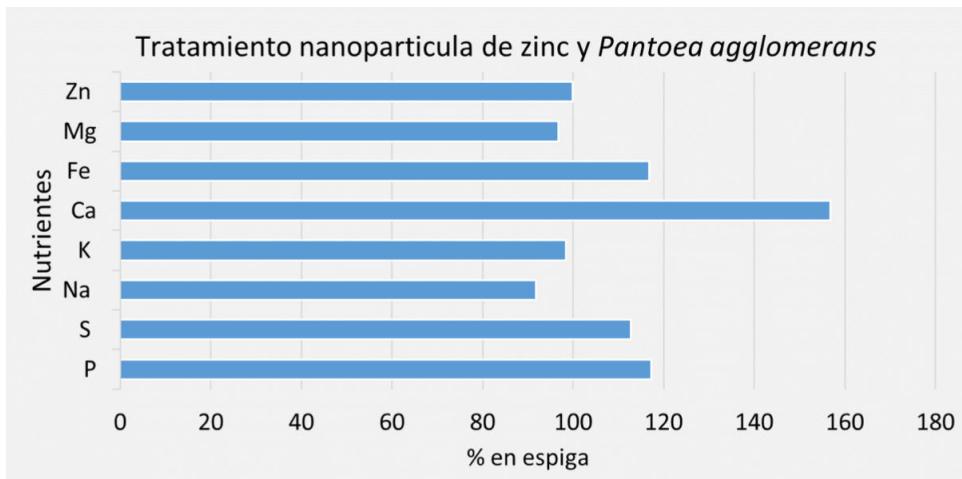


Gráfico 1. Porcentaje de nutrientes en las espigas del experimento combinado, en comparación con el control.

4. CONCLUSIONES

Puede concluirse de este trabajo que la biofortificación fue exitosa, en las espigas se observaron aumentos en el calcio principalmente y en el hierro, azufre y fosforo de forma secundaria.

AGRADECIMIENTOS

Agradecer el trabajo realizado por todas las personas implicadas en este trabajo y en especial al personal de CITIUS del servicio de Herbario por su excelente trabajo con el ME.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **FAO (Food and agricultural organization)** (2015). International year of soil. <http://www.fao.org/soils-2015/fr/>
2. **Pérez-Jaramillo, J. E., Carrión, V. J., de Hollander, M. & Raaijmakers, J. M.** (2018). The wild side of plant microbiomes. *Microbiome*, 6, 4-9. <https://doi.org/10.1186/s40168-018-0519-z>

3. **Bouis, H. E. & Saltzman, A.**, (2017). Improving nutrition through biofortification: A review of evidence from Harvest Plus, 2003 through 2016. *Global Food Security*, 12, 49-58. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2017.01.009>
4. **Calvo, P., Remuñán-Lopez, C., Vila-Jato, J. L., & Alonso, M. J.** (1997). Novel hydrophilic chitosan-polyethylene oxide nanoparticles as protein carriers. *Journal of Applied Polymer Science*, 63(1), 125-132. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-4628\(19970103\)63:1<125::AID-APP13>3.0.CO;2-4](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-4628(19970103)63:1<125::AID-APP13>3.0.CO;2-4)

EVALUACIÓN DE ALGORITMOS DE APRENDIZAJE AUTOMATIZADO PARA LA PROYECCIÓN DE LA DEMANDA DE CLIENTES DE UNA INSTALACIÓN HOTELERA

Mayly Torres Álvarez¹, María Estela Peralta Álvarez², Julio Ernesto de la Rosa Melian¹, Any Flor Nieves Julbe¹

¹*Universidad de Holguín; Cuba*

²*Universidad de Sevilla; España*

E-mail de correspondencia: mayly.torres@aho.edu.cu

RESUMEN

El turismo para diversos países constituye un sector priorizado por los beneficios que reporta a la economía de los mismos. La correcta gestión de los destinos turísticos depende en gran medida de la proyección que se realice de la demanda de clientes. Con la introducción de la tecnología 4.0 la industria hotelera ha logrado mayor eficiencia en sus procesos. La implementación de herramientas de inteligencia artificial contribuye a disminuir la incertidumbre asociada a los análisis predictivos. El objetivo general de la investigación es evaluar algoritmos de aprendizaje automatizado para el pronóstico del por ciento de ocupación del hotel Brisas Guardalavaca de Holguín.

1. INTRODUCTION

La introducción de las tecnologías 4.0 ha conllevado a realizar transformaciones a los procesos organizacionales. La inteligencia artificial es intrusiva a todos los sectores productivos y de servicios donde el turismo no es una excepción, al enfrentarse también a un futuro más automatizado. La implementación de inteligencia artificial es fundamental para la automatización del marketing y los procesos de servicios en los hoteles (Tussyadiah, 2020). Para mejorar la precisión de la predicción de la demanda turística también se han empleado técnicas de aprendizaje automatizado.

Al efectuar un análisis del tratamiento metodológico dado a los pronósticos (Escalona Morales, 2011; Gunter y Önder, 2015; Huarng y Yu, 2019; Li, Pan, Law y Huang, 2017; Önder y Gunter, 2016; Ramírez, 2013; Salazar Aguilar y Cabrera Ríos, 2007; Tsui, Balli, Gilbey y Gow, 2014; Yang, Pan y Song, 2014; Zhu, Lim, Xie y Wu, 2018) se identificó que los métodos que clasifican dentro de las series de tiempo son los más utilizados en el contexto empresarial, mientras que los métodos de inteligencia artificial aún se están desarrollando. El desarrollo de modelos basados en inteligencia artificial es notable en los estudios de previsión de la demanda turística más recien-

tes. Varios estudios empíricos muestran que los métodos basados en inteligencia artificial superan sus contrapartes econométricas y de series de tiempo que se basan en análisis de big data(Song, Qiu y Park, 2019).

Entre los hoteles de Holguín se encuentra Brisas Guardalavaca perteneciente al grupo de turismo Cubanacán. Se comprueba por revisión documental y entrevistas a los directivos del hotel y trabajadores que el pronóstico de la demanda se realiza utilizando métodos de regresión estadística. Esta situación causa variaciones en las planificaciones al evidenciarse una brecha considerable entre la demanda de clientes pronosticada y la real, lo cual influye además en las desacertadas previsiones de aseguramientos materiales, humanos y financieros necesarios para asumir la demanda. Se identifica como problema científico: Desajustes en los pronósticos de demanda de clientes del hotel Brisas Guardalavaca de Holguín. Para darle solución al problema se definió como objetivo general: evaluar algoritmos de aprendizaje automatizado que ofrezcan buen desempeño para el pronóstico del por ciento de ocupación del hotel.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

En contraste con el declive de los pronósticos críticos, los modelos basados en inteligencia artificial (IA) han ganado una popularidad cada vez mayor. Este enfoque ha demostrado una capacidad extraordinaria para manejar big data, y se ha demostrado que los modelos basados en IA tienen una precisión superior en la predicción volúmenes de demanda turística (Song *et al.*, 2019). Al respecto, Andía, Arrieta y Sing Long (2019) afirman que existen métodos efectivos para la predicción, como por ejemplo lo son las redes neuronales o los bosques aleatorios.

El trabajo sigue la lógica que se detalla en la figura 1, como algoritmos se utilizan los de regresión lineal, regresión polinomial, máquinas de vectores de soporte (MVS), red neuronal artificial perceptrón multicapa (RNA_{PM}) y bosques aleatorios. De cada algoritmo se obtiene el mejor modelo en base a la selección de parámetros utilizando las técnicas de búsqueda en cuadrícula y validación cruzada. Como métricas en la evaluación final se emplean el error cuadrático medio (ECM) y el coeficiente de determinación (R^2).

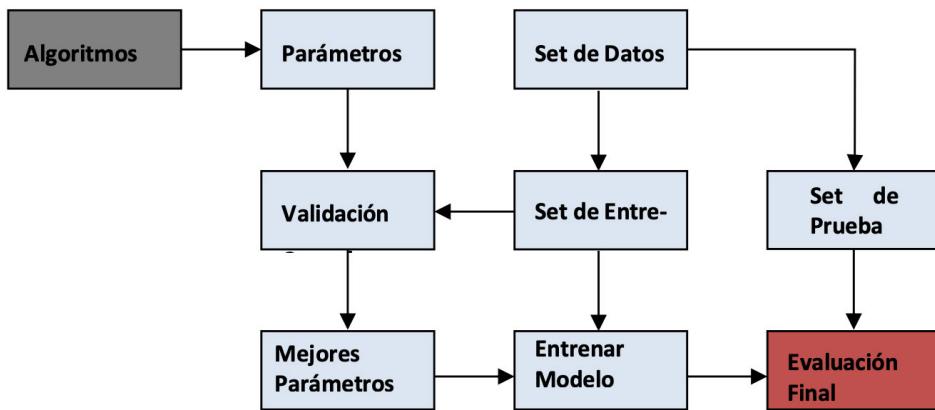


Figura1. Selección de parámetros y evaluación de los modelos con las técnicas de búsqueda en cuadrícula y validación cruzada.

Fuente: Adaptado de Müller y Guido (2016).

Para obtener los modelos por regresión lineal se utilizan diferentes métodos regularización y valores del parámetro *alpha*. En el caso de la regresión polinomial se consideran diferentes grados del polinomio. Los modelos generados con MVS utilizan diferentes *kernel* y valores de los parámetros *C* y *gamma*. Para los modelos de RNA_{PM} se analizan las diferentes alternativas de arquitecturas en función del número de capas ocultas, cantidad de neuronas dentro de las capas ocultas, las funciones de activación de las capas ocultas y el método para optimizar la función de rendimiento en el entrenamiento. Con la variación de *n_estimators* y *max_depth* se construyen los modelos de bosques aleatorios.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para el pronóstico de la demanda del Hotel se partió de los datos obtenidos del departamento comercial quienes facilitaron para la investigación el por ciento de ocupación histórico (booking) de los últimos siete años. Los 258 modelos obtenidos están diseñados según los datos de cuatro variables de entrada o independientes (sección, día, mes y año) y una variable de salida o dependiente (por ciento de ocupación).

La figura 2 muestra la comparación de las predicciones del por ciento de ocupación según los modelos de regresión lineal, polinomial, MVS, RNA_{PM} y bosques aleatorios que se obtuvieron con mejor métrica y su comportamiento real con los datos del entrenamiento.

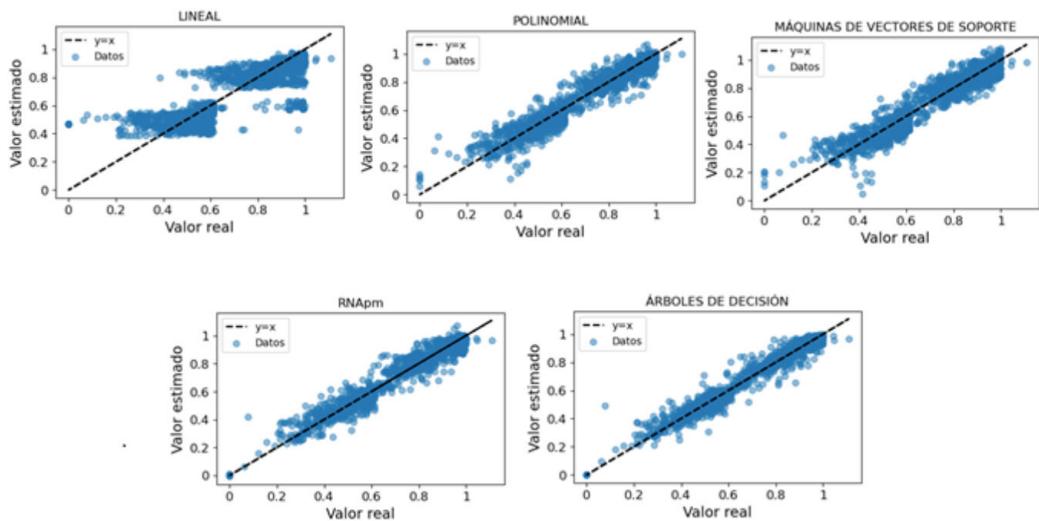


Figura 2. Comparación de las predicciones del por ciento de ocupación.

Fuente: elaboración propia.

Los mejores modelos seleccionados por cada algoritmo fueron evaluados con la técnica de búsqueda en cuadrícula y validación cruzada. En la figura 3 se muestran los coeficientes de determinación que se obtuvieron, se aprecia que el de bosques aleatorios es el modelo que mejor generaliza este tipo de pronóstico.

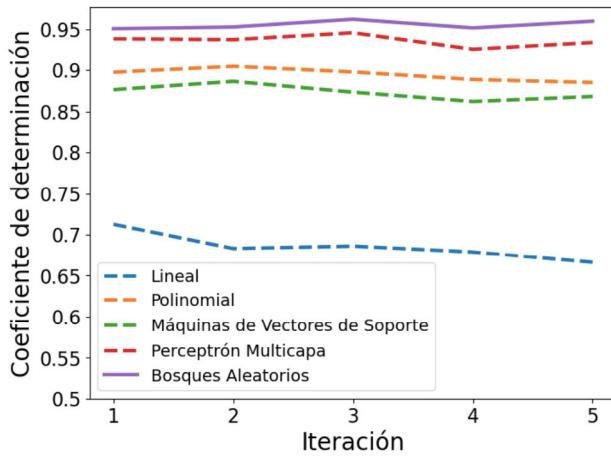


Figura 3. Coeficientes de determinación obtenidos por búsqueda en cuadrícula y validación cruzada.

Fuente: elaboración propia.

La tabla 1 muestra la evaluación final de los modelos con los datos del set de prueba. El de mejor resultado se corrobora es el de bosques aleatorios seguido de la RNA_{PM}.

Tabla 1. Métricas de los algoritmos en el set de prueba.

Algoritmos	R ²	ECM
Bosques Aleatorios	0.953	0.032
RNA _{PM}	0.935	0.040
Polinomial	0.908	0.050
MVS	0.882	0.060
Lineal	0.687	0.087

Fuente: elaboración propia.

4. CONCLUSIONES

1. Las investigaciones consultadas confirman la factibilidad de utilizar algoritmos de aprendizaje automatizado como técnicas de pronóstico.
2. Se aplicó el procedimiento de Müller y Guido (2016) para la evaluación de los mejores modelos con las técnicas de búsqueda en cuadrícula y validación cruzada.
3. El modelo que ofrece mejor aproximación en las predicciones del por ciento de ocupación del hotel es el de bosques aleatorios con un coeficiente de determinación de un 0.953 y un error cuadrático medio de 0.032, le sigue la RNA_{PM} y el menos recomendado es el modelo de regresión lineal.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andía, M. E., Arrieta, C., & Sing Long, C. A. (2019). Una guía conceptual para usar y entender Big Data en la investigación clínica. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 30(1), 83-94. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rmclc.2018.11.003>

Escalona Morales, P. (2011). *Dinámica de los flujos turísticos de los Mercados emisores hacia el destino Cuba*. Universidad de Holguín, Facultad de Ingeniería Industrial y Turismo Retrieved from <https://repositorio.uho.edu.cu/xmlui/handle/uho/4882>

Gunter, U., & Önder, I. (2015). Forecasting international city tourism demand for Paris: Accuracy of uni-and multivariate models employing monthly data. *Tourism Management*, 46, 123-135. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2014.06.017>

- Huarng, K.-H., & Yu, T. H.-K.** (2019). Application of Google Trends to Forecast Tourism Demand. *Journal of Internet Technology*, 20(4), 1273-1280.
- Li, X., Pan, B., Law, R., & Huang, X.** (2017). Forecasting tourism demand with composite search index. *Tourism Management*, 59, 57-66. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2016.07.005>
- Önder, I., & Gunter, U.** (2016). Forecasting tourism demand with Google Trends for a major European city destination. *Tourism Analysis*, 21(2-3), 203-220. doi: <https://doi.org/10.3727/108354216X14559233984773>
- Ramírez, A. M. A.** (2013). *Métodos utilizados para el pronóstico de demanda de energía eléctrica en sistemas de distribución*. Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Ingenierías Eléctrica Retrieved from <https://core.ac.uk/download/pdf/71397537.pdf>
- Salazar Aguilar, M. A., & Cabrera Ríos, M.** (2007). Pronóstico de demanda por medio de redes neuronales artificiales. *Ingenierías*, 10(35), 6-12.
- Song, H., Qiu, R. T., & Park, J.** (2019). A review of research on tourism demand forecasting: Launching the Annals of Tourism Research Curated Collection on tourism demand forecasting. *Annals of Tourism Research*, 75, 338-362. doi: <https://doi.org/10.1016/j.annals.2018.12.001>
- Tsui, W. H. K., Balli, H. O., Gilbey, A., & Gow, H.** (2014). Forecasting of Hong Kong airport's passenger throughput. *Tourism Management*, 42, 62-76. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2013.10.008>
- Tussyadiah, I.** (2020). A review of research into automation in tourism: Launching the Annals of Tourism Research Curated Collection on Artificial Intelligence and Robotics in Tourism. *Annals of Tourism Research*, 81, 102883. doi: <https://doi.org/10.1016/j.annals.2020.102883>
- Yang, Y., Pan, B., & Song, H.** (2014). Predicting hotel demand using destination marketing organization's web traffic data. *Journal of Travel Research*, 53(4), 433-447. doi: <https://doi.org/10.1177/0047287513500391>
- Zhu, L., Lim, C., Xie, W., & Wu, Y.** (2018). Modelling tourist flow association for tourism demand forecasting. *Current Issues in Tourism*, 21(8), 902-916. doi: <https://doi.org/10.1080/13683500.2016.1218827>

DETECTING CEREBELLAR FISSURES WITH CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS

Robin Cabeza-Ruiz¹, Luis Velázquez-Pérez^{2,3}, Roberto Pérez-Rodríguez¹

¹CAD/CAM Study Centre, University of Holguin, Holguin, Cuba

²Cuban Academy of Sciences, Havana, Cuba

³Centre for the Research and Rehabilitation of Hereditary Ataxias, Holguin, Cuba

E-mail de correspondencia: robbinc91@aho.edu.cu

ABSTRACT

The human cerebellum plays an important role in coordination tasks. Diseases such as spinocerebellar ataxias, tend to cause severe damage to the cerebellum, conducting patients to a progressive loss in motor coordination. Detecting such damages may help specialists to approximate the state of the disease, and perform statistical analysis in order to propose treatment therapies for the patients. Manual segmentation of such patterns from magnetic resonance imaging is a very difficult and time-consuming task, and is not a viable solution if the number of images to process is relatively large. In the last years, deep learning techniques like convolutional neural networks (CNNs or convnets) have experimented an increased development, and many researchers have used them to perform medical image segmentation in an automatic manner. In this research, we propose the use of convolutional neural networks for automatically segmenting the cerebellar fissures from brain magnetic resonance images.

1. INTRODUCTION

The cerebellum plays an essential role in critical tasks, like motor coordination and cognition, and it is related to other functions, e.g., language and emotions (Han, Carass, He, & Prince, 2020). Diseases like spinocerebellar ataxias (SCAs) are known to cause an important damage in the cerebellum, conducting patients to progressive loss in such functions, and, in some cases, to premature death (Klockgether, Mariotti, & Paulson, 2019). The damage caused by SCAs can be observed as big fissures, growing with the disease progression. Knowing such fissures, allows specialists to obtain some important characteristics from the patients, like volume loss related to the SCA.

Segmentation of magnetic resonance imaging (MRI) is often performed, and clinicians make researches with several patients, with the aim of obtaining more information about the disease, and how to treat it better. Nevertheless, manual segmentation of MRIs is a complex task, and can be a very long process. That makes manual

segmentation impossible if the number of images is important. For that reason, computational tools are required for perform those processes in an automatic manner.

In the last decade, convolutional neural networks (convnets or CNNs) have experimented a rapid development, as the number of researchers using them for medical image processing grows. In this research we aim to propose the use convolutional neural networks for segmenting cerebellar fissures from brain MRIs.

2. MATERIALS AND METHODS

The proposed method is based on U-Net (Ronneberger, Fischer, & Brox, 2015). It consists of four down- and up-sample steps, composed of inception modules and instance normalization layers, and two chained inception modules as a bottleneck. Figure 1 shows the main architecture.

I: Input layer
 S: SoftMax
 MP: Max pooling
 IN: Instance normalization
 C: Concatenation
 C1: 1x1x1 Conv+ReLU
 C3: 3x3x3 Conv+ReLU
 IB: Inception block
 TC: Transposed convolution
 DB: IB+IN+MP
 UP: IB+IN+TC

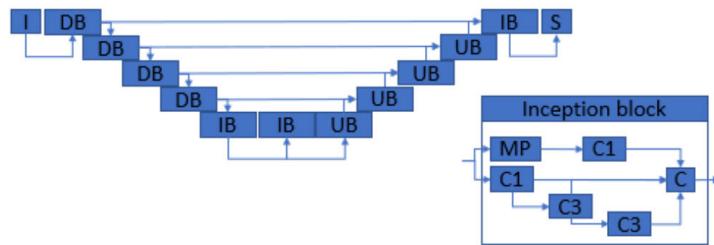


Figure 1. General architecture.

Source: self-made.

The used cohort consists of 24 T1-weighted brain MRIs, obtained from the Cuban Neurosciences Centre. The images correspond to 15 people (five controls, five pre-symptomatic carriers, and five patients with diagnosed SCA2).

As preprocessing, all images were passed through a bias field correction step (BFC), using Nd method (Tustison *et al.*, 2010). After BFC, a registration was made to MNI 152 space. Finally, the images were binarized with the aim of replacing the dark voxels in the volume. This binarization step was achieved by combining intensity normalization, histogram equalizations, and intensity rescaling to range [0; 255]. All images were cropped to dimensions of (128×80×80). The selected crop area is the average cerebellum position of the 24 images in the dataset.

As a postprocessing step, a convex hull was created from the segmentations produced by our CNN, and was then combined with the binary map from the preprocessing stage, by applying another bitwise xor operation.

The model was trained with 16 MRIs, leaving three for validation and five for validation. The used metrics for the evaluations were sensitivity (formula 1), specificity (formula 2), and overlap coefficient (formula 3), which allow to evaluate the voxels classified as positive, the voxels classified as negative, and the overlapping between original and segmented masks, respectively. In the formulas, TP and TN refer to the voxels correctly classified as front and background, respectively, FP and FN the voxels incorrectly mapped to front and background, respectively.

Formula 1. Sensitivity.

$$SN = \frac{TP}{TP + FN}$$

Source: (Fawcett, 2006)

Formula 2. Specificity.

$$SP = \frac{TN}{FP + TN}$$

Source: (Fawcett, 2006)

Formula 3. Overlap coefficient.

$$OC = \frac{TP}{TP + FP - FN}$$

Source: (Ibragimov, Likar, & Pernus, 2012)

3. RESULTS AND DISCUSSION

Results can be observed in table 1. Specificity scores are over 0.97 in all cases, which demonstrates that our method has a good performance discerning the background voxels. Sensitivity and overlap scores are between 0.84 and 0.9. this is not a very high score, but we consider it as adequate for such a difficult task as segmenting cerebellar fissures.

Table 1. Evaluation results.

SUBJECT NO.	1	2	3	4	5
Sensitivity	0.841	0.858	0.907	0.887	0.905
Specificity	0.994	0.990	0.980	0.991	0.973
Overlap	0.841	0.858	0.807	0.887	0.905

Source: self-made.

Figure 2 shows a slice of a segmentation produced by our network compared against an original segmentation. It can be appreciated that both masks, original and generated by our CNN are very alike. There are some errors that will be treated in future researches.



Figure 1. Example of segmentation. From left to right: cropped MRI, binary map, ground truth label, and segmentation obtained with our method.

Source: self-made.

The sample image and the segmentation evaluations allow to state that convnets are capable of segmenting cerebellar fissures from T1-weighted MRIs. Such results can be used for increase the quality of the outcomes produced by cerebellar segmentation/parcellation techniques, as the estimated volumes will be closer to the reality.

4. CONCLUSION

We have proposed a Deep learning method for segmenting cerebellar fissures from brain T1-weighted MRIs. The method is based in the well-known U-Net architecture, and has been provided with the inception technique, for a better use of produced feature maps. Results show that convnets are a suitable tool for this task, allowing to provide specialists with new techniques for characterizing neurodegenerative diseases such as SCAs.

REFERENCES

- Fawcett, T.** (2006). An introduction to ROC analysis, 27, 861–874. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2005.10.010>
- Han, S., Carass, A., He, Y., & Prince, J. L.** (2020). Automatic Cerebellum Anatomical Parcellation using U-Net with Locally Constrained Optimization. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 116819. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2020.116819>
- Ibragimov, B., Likar, B., & Pernus, F.** (2012). A Game-Theoretic Framework for Landmark-Based Image Segmentation. In *Transactions on Medical Imaging* (Vol. 31, pp. 1761–1776).

Klockgether, T., Mariotti, C., & Paulson, H. L. (2019). Spinocerebellar ataxia. *Nature Reviews Disease Primers*, 0123456789, 1–21. Retrieved from <https://doi.org/10.1038/s41572-019-0074-3>

Ronneberger, O., Fischer, P., & Brox, T. (2015). U-net: Convolutional networks for biomedical image segmentation. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 9351, 234–241. Retrieved from https://doi.org/10.1007/978-3-319-24574-4_28

Tustison, N. J., Avants, B. B., Cook, P. A., Zheng, Y., Egan, A., Yushkevich, P. A., & Gee, J. C. (2010). N4ITK : Improved N3 Bias Correction. In *IEEE Transactions on Medical Imaging* (Vol. 29, pp. 1310–1320).

OPORTUNIDADES Y VALORES DE LA INDUSTRIA 5.0 EN LA GESTIÓN DE LA PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

Alejandro Agote¹, Alejandro Manuel Martín¹, Juan Ramón Lama¹

¹Dpto. Ingeniería del Diseño. Área de proyectos de ingeniería. Escuela Politécnica Superior.
Universidad de Sevilla.

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

RESUMEN

La Industria 5.0 surge respaldada por las tecnologías de la Industria 4.0 pero con el objetivo de que la producción resalte los límites de nuestro planeta, colocando el bienestar del trabajador en el centro del proceso productivo.

Esta nueva etapa no se basa en tecnologías, sino en valores recogidos bajo tres grandes enfoques: el Ser Humano, la Sostenibilidad y la Resiliencia. Este cambio de paradigma permite que la transformación tecnológica pueda diseñarse de acuerdo con las necesidades de la sociedad, no al revés.

En este trabajo se profundiza en los aspectos que configuran los diferentes valores en los que se basa la Industria 5.0, orientándose a identificar las oportunidades que esto brinda en la Gestión de la Prevención de Riesgos Laborales.

En base a lo anterior, se propone una metodología de diseño, denominada Diseño Sensible a Valores (DSV). Esta trata de establecer objetivos de diseño, que sirven como vía entre los valores abstractos de la Industria 5.0 y los factores de riesgo que se quieren reducir.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Industria 5.0. Origen

Cada una de las cuatro primeras revoluciones industriales se han centrado en el empleo de nueva tecnología. La primera, comenzó en la década de 1760 simbolizada por la producción mecánica impulsada con vapor. La segunda, se caracteriza por la producción en masa con electricidad. La tercera, por la automatización y la tecnología de la información. Y la cuarta se centran en sistemas ciberfísicos, que hacen que todo sea inteligente e interconectado.

No es hasta la llegada de la Industria 5.0, cuando cambia esta idea y comienza una nueva revolución industrial, basada en el apoyo y el fomento de valores sociales y ecológicamente relevantes (Müller, 2020).

Este nuevo concepto surge como evolución de la Industria 4.0, no como reemplazo. Es más, se siente respaldado por las diferentes tecnologías que la caracterizan, como la inteligencia artificial, el internet de las cosas o la ciberseguridad.

La Industria 5.0 busca fusionar esta tecnología revolucionaria, con las habilidades y fortalezas humanas, para crear fábricas simbióticas y conseguir así, tanto el beneficio de la industria, como el de los trabajadores (European Economic and Social Committee, 2021).

La Industria 5.0 está impulsando a científicos, diseñadores, ingenieros, así como expertos, a concentrarse en los medios por los cuales se pueden diseñar las tecnologías dentro de los nuevos sistemas industriales (Friedman, 2019).

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Industria 5.0. Valores

La Industria 5.0, parte con una visión innovadora, sociocéntrica y resiliente, que busca respetar los límites planetarios y minimizar el impacto ambiental. Este modelo no solo busca lograr la aceptación del ser humano (Nahavandi, 2019), sino colocar el bienestar del trabajador como centro del proceso de producción.

En la figura 1 se presenta una lista con diferentes valores que se han de tener en cuenta durante este cambio tecno-social. Por supuesto, que esta lista no es exhaustiva, ya que no existe un marco que proporcione dicha lista. Sin embargo, sirven como punto de partida para estudios futuros basados en diseñar sistemas dentro de la Industria 5.0.

Los valores recogidos en la figura 1, se engloban bajo tres grandes enfoques. El enfoque centrado en el ser humano, el enfoque sostenible y el enfoque resiliente (European Economic and Social Committee, 2021).

**Figura 1.** Valores de la Industria 5.0.**Fuente:** elaboración propia

Con el enfoque centrado en el ser humano la industria pone los intereses del trabajador en el centro del proceso de producción. Es entonces, cuando en lugar de pensar qué hacer con la nueva tecnología, se piensa qué puede hacer la tecnología por nosotros. También asegura que el uso de las nuevas tecnologías no vulnere los derechos fundamentales de los trabajadores (European Economic and Social Committee, 2021).

Para cubrir las necesidades actuales, sin poner en riesgo la de las generaciones futuras, la industria ha de ser sostenible. Necesita desarrollar procesos circulares que optimicen la eficiencia de los recursos, minimizando el desperdicio (Saw, 2021).

La resiliencia sirve como enfoque para conseguir mayor robustez en la producción. Asegurando que la industria puede proporcionar la infraestructura necesaria y satisfacer necesidades humanas como la atención médica o la seguridad en el trabajo (Fraga-Lamas, 2021).

2.2 Evolución de la Gestión de la Seguridad

La gestión de la seguridad determina e implementa la política de seguridad. Implica una amplia gama de actividades, iniciativas y programas y se centra en aspectos técnicos, humanos y organizativos (Mitchison, 1999).

A medida que se han ido produciendo las diferentes revoluciones industriales, el concepto de seguridad también ha ido avanzando. En la figura 2 se identifican cuatro etapas en la evolución de la gestión de la seguridad, al considerar sus principios, tecnologías y modos de seguridad.



Figura 2. Evolución del concepto de Seguridad

Fuente: elaboración propia

- La seguridad 1.0 hace referencia al comienzo de la gestión de la seguridad, cuando esta tenía un carácter pasivo, forzado por la legislación y las inspecciones de seguridad.
- La seguridad 2.0 comienza con el desarrollo de los diferentes modelos de gestión de la seguridad, como el modelo de queso suizo o el modelo de Bowtie (Li, 2018) y por la teoría de la causalidad de los accidentes, de Heinrich.
- La seguridad 3.0 es un modelo de seguridad avanzada. Esta se ve impulsada por los avances tecnológicos y bajo el modelo de operación: Planificar-Hacer-Verificar-Actuar (PHVA), las empresas desarrollan sistemas de gestión más adecuados a sus condiciones organizativas.

- La seguridad 4.0 surge bajo los valores que sustentan la Industria 5.0. Estos van a permitir el desarrollo de un sistema de gestión basado en los tres grandes pilares de la Industria 5.0 ya mencionados: el enfoque centrado en el ser humano, la sostenibilidad y la resiliencia.

2.3 Integración de la Seguridad 4.0 en la Industria 5.0

Las nuevas tecnologías y la digitalización de las operaciones, sobre las que se soporta la Industria 5.0, crean oportunidades para los procesos de gestión de la seguridad.

El análisis predictivo y las máquinas equipadas con sensores permiten recopilar información sobre accidentes y permitir así tomar las medidas preventivas necesarias para la protección de los trabajadores. Esto, con la utilización del Big Data, permite gestionar de forma eficaz el creciente volumen de datos para mejorar la calidad.

Tecnología como la realidad virtual o aumentada, permite a los trabajadores obtener información ambiental en tiempo real mientras realizan sus tareas. Además, junto con la tecnología portátil puede monitorear las constantes vitales de los trabajadores o incluso alertar de posible exposición a sustancias tóxicas o nocivas.

Toda esta implementación de maquinaria y dispositivos nuevos y avanzados, también dan lugar a cambios en las responsabilidades de los trabajadores. Es necesarios pues, asegurarse de que todos están debidamente capacitados para que puedan mantenerse saludables y seguros mientras trabajan.

La integración de estas tecnologías para la prevención de riesgos laborales dentro de la Industria 5.0, en comparación con la Industria 4.0, viene al tomar como punto de partida los valores sobre los que esta se sustenta.

La Seguridad 4.0 busca reducir los factores de riesgo para los trabajadores, partiendo de los valores teóricos en los que se basa la Industria 5.0. Estos valores son esenciales para implementar la nueva tecnología mencionada de manera ética y responsable.

En esta investigación se propone una metodología que permite llegar a reducir los factores de riesgo, partiendo de los valores abstractos de la Industria 5.0. Esta metodología se denomina Diseño Sensible a Valores (DSV).

En la figura 3 se presenta de manera esquemática el concepto de integración de la Seguridad 4.0 y la Industria 5.0. Esta, con el objetivo de conseguir un entorno industrial social, inteligente y seguro.

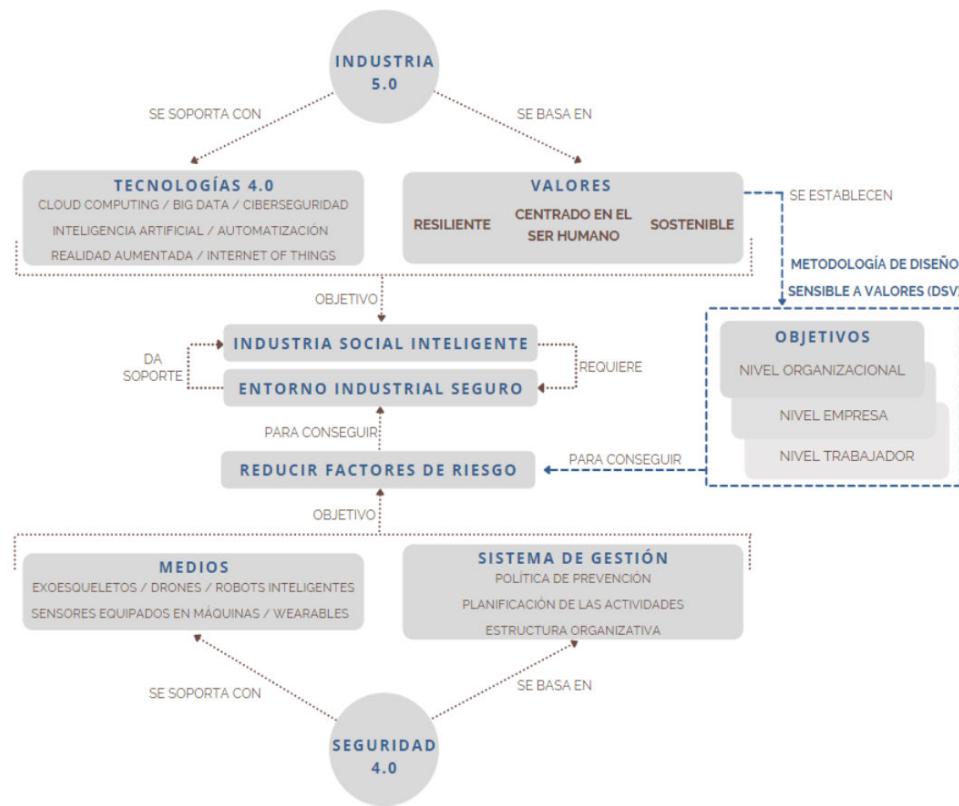


Figura 3. Integración de Seguridad 4.0 e Industria 5.0

Fuente: elaboración propia

3. METODOLOGÍA

3.1 Diseño Sensible a Valores (DSV)

El Diseño Sensible a Valores es un enfoque que se ha hecho popular en los últimos 20 años (Winkler, 2018). Este surge en el campo de la interacción humano-máquina y se basa en la premisa de que la tecnología no es neutral en cuanto al valor.

El DSV se ha elegido como marco teórico y metodológico para guiar la fábrica del futuro por dos razones. Primero porque hace hincapié en la inclusión de las partes interesadas directas e indirectas en el proceso de diseño y en la investigación de los valores implicados. Y segundo por su alcance, pudiendo ser aplicable en diferentes niveles y espacios de diseño (Umbrello, 2018).

3.2 DSV en la Seguridad 4.0

Como ya se ha mencionado, los valores en los que se basa la Industria 5.0 son conceptos abstractos, difíciles de conceptualizar en términos concretos. Debido a esto, el DSV apunta a la personificación de estos valores y lo consigue con la definición de normas.

Estas normas son designaciones contextuales de los valores y pueden entenderse como objetivos de diseño en cualquier proyecto (Van de Poel, 2013). Objetivos como maximizar la seguridad, minimizar la fatiga o maximizar la usabilidad, entre otros.

El DSV permite diseñar a diferentes niveles de análisis. Este puede implementarse a nivel macro, meso y micro, para trabajar así sobre la organización a grandes rasgos de la seguridad, a nivel empresarial o a nivel usuario directamente.

4. CASO PRÁCTICO

4.1 Bienestar del trabajador

Para llegar a entender mejor esta metodología, en la figura 4 se presenta un caso práctico de aplicación del Diseño Sensible a Valores. En este, se parte del valor del Bienestar, presente en la columna “centrado en el ser humano” de los valores de la Industria 5.0.

El valor del Bienestar se considera importante en cualquiera de los diferentes entornos en los que trabaja cualquier operador.

Los objetivos que se establecen para conseguir el bienestar del trabajador pueden ser el conseguir minimizar la fatiga, aumentar el confort físico y aumentar el confort psicológico.

Gracias a la definición de estos objetivos y partiendo del valor mencionado, se consiguen reducir factores de riesgo como el estrés o el sufrir enfermedades cardiovasculares, entre otros.



Figura 4. Caso práctico metodología DSV

Fuente: elaboración propia

Es importante resaltar que, en este método, no existe una única vía desde los valores a los factores de riesgo. Existen numerosas formas en las que los valores se pueden traducir e incorporar en el diseño de un puesto de trabajo o de una organización.

Además, cada uno de los objetivos establecidos no son exclusivos de un valor único. Cualquier factor de riesgo se puede reducir mediante la implantación de otros objetivos que, a su vez, pueden satisfacer otros valores.

5. CONCLUSIONES

El cambio de paradigma de la Industria 5.0, de centrarse en valores en lugar de tecnologías, permite mitigar los problemas éticos ocultos que pueden surgir detrás de la implementación tecnológica.

Los valores presentes en este trabajo no conforman una lista exhaustiva. Sin embargo, sirven como punto de partida para estudios futuros basados en diseñar sistemas dentro de la Industria 5.0.

El Diseño Sensible a Valores (DSV) tiene como objetivo involucrar a las partes interesadas para guiar el desarrollo tecnológico en la Industria 5.0 desde una etapa temprana. Además de hacerlo de forma proactiva, a medida que vayan surgiendo otros valores.

Esta metodología ofrece la oportunidad de incorporar los valores de la Industria 5.0 a la hora de diseñar entornos industriales más seguros, en los diferentes niveles de análisis macro, meso y micro.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Li, Y., & Guldenmund, F. W.** (2018). Safety management systems: A broad overview of the literature. *Safety science*, 103, 94-123.
- European Economic and Social Committee.** (2021). *Industry 5.0*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Fraga-Lamas, P., Lopes, S. I., & Fernández-Caramés, T. M.** (2021). Green IoT and Edge AI as Key Technological Enablers for a Sustainable Digital Transition towards a Smart Circular Economy: An Industry 5.0 Use Case. *Sensors*, 21(17), 5745.
- Friedman, B., Hendry, D.G.** (2019). *Value Sensitive Design: Shaping Technology with Moral Imagination*. Cambridge, MA, USA: Mit Press.
- Mitchison, N. & Papadakis, G. A.** (1999). Safety management Systems under Seveso II: Implementation and assesment. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 12(1), 43-51.
- Müller, J.** (2020). *Enabling Technologies for Industry 5.0. Results of a workshop with Europe's technology leaders*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Nahavandi, S.** (2019). Industry 5.0-A human-centric solution. *Sustainability*. 11,(16), 4371.
- Saw, H. S., bin Azmi, A. A., Chew, K. W., & Show, P. L.** (2021). Sustainability and Development of Industry 5.0. *The Prospect of Industry 5.0 in Biomanufacturing* (pp. 287-304).
- Umbrello, S.** (2018). The moral psychology of value sensitive design: The methodological issues of moral intuitions for responsible innovation. *J. Responsible Innov*, 5, 186–200
- Van de Poel, I.** (2013). Translating Values into Design Requirements BT. *Philosophy and Engineering: Reflections on Practice, Principles and Process*; pp. 253–266

- Winkler, T., Spiekermann, S.** (2018). Twenty years of value sensitive design: A review of methodological practices in VSD projects. *Ethics Inf. Technol.* , 1–5.

STUDY OF THE RESISTIVE CHARACTERISTICS OF COMPOSITE CORRUGATED ROOF TILES IN EXTREME WIND CONDITIONS

Dulce María Reyes Torres¹, Roberto Andrés Estrada Cingualbres¹, Pavel Michel Almaguer Zaldivar¹

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

E-mail de correspondencia: dmrt@nauta.cu

ABSTRACT

In the present work, it is performed a study of the resistive behavior of composite corrugated roof tiles. Using the Professional 3D Design and Finite Element Analysis Software SolidWorks/Simulation, the maximum stresses and displacements of the models obtained from the variation of the following parameters are determined: geometry of the wave, thickness of the corrugated roof tiles, position of the fasteners, type of reinforcement and loads. The proposal for roof tiles made of composite materials, with a wavy fiber cement tile geometry, presents, in all its variants, resistance limits that are higher than those obtained for tiles made of fiber cement.

1. INTRODUCTION

The most commonly used light roofing tiles in Cuba are made of asbestos cement and galvanized steel, but both are vulnerable to the action of extreme winds associated with tropical cyclones, which affect our country every year. The use of composite materials as substitutes for traditional materials has gained strength in scientific research in recent years. Composite materials are made up of two or more physically different and mechanically separable components [1]. It consists of two essential parts, the matrix, the supporting material of the composite, and the reinforcement, which can be laminar, with fibers or particles [2].

The properties of the composite are determined by applying the law of mixtures, which states that the properties of the composite material can be resolved from the sum of the properties of the components multiplied by the volume fraction of each one [3].

2. MATERIALS AND METHODS

A polymeric matrix (polyester resin) and glass, coconut and henequen reinforcement fibers are used as materials for the proposed roof tiles, whose properties are determined from the literature review [3, 4]. From the study carried out in [5], it is deter-

mined that of the geometric variants of asbestos cement and galvanized steel roof tiles, it is the corrugated ones that show a better performance, so these will be the base geometries for our study. Applying the methodology of NC 285:2003 for the typical roof tiles geometries defined in [5], it is obtained that for a hurricane category five, with winds up to 250 km/h, the maximum wind load is 1380 N/m².

3. RESULTS AND DISCUSSION

In order to determine the stress-strain state of the roof tiles models with the acting extreme wind load, their corresponding material and fasteners, a study of 72 computer aided static studies corresponding to roof tiles was executed. The study include two types of waves, so called corrugated asbestos cement tile type and corrugated galvanized steel tile type; with fastenings to the purling or beam, in the upper wave in one case and lower in the other, with thicknesses of 5 and 7 mm for the asbestos cement tile type wave and 5 and 3 mm for the corrugated galvanized steel tile type.

The proposal of composite tiles with asbestos cement corrugated tile type geometry presents, in all its variants, resistance limits higher than those obtained for the asbestos cement tile, but there are areas of maximum stresses that exceed the resistance limits in the 5 and 7 mm models with coconut fiber and henequen reinforcements (Table 1).

Table 1. Results of the stress-strain study of the 3 mm galvanized steel corrugated tile.

MODEL	MAX. VERTICAL DISPLACEMENT (MM)	RESISTANCE LIMIT (MPA)	SAFETY FACTOR
P. Polyester	5.57	100.00	1.37
PRFV-10	2.84	369.50	5.10
PRFV-20	1.87	630.00	8.69
PRFV-30	1.40	898.00	12.39
PRFC-10	5.92	100.00	1.38
PRFC-20	5.97	108.00	1.49
PRFC-30	6.02	110.00	1.52
PRFH-10	4.68	126.00	1.74
PRFH-20	3.89	148.00	2.04
PRFH-30	3.32	169.00	2.33

Source: Own elaboration.

Changing the position of the fasteners from the upper part of the wave to the lower part has a favorable effect, so that the areas of maximum stresses are concentrated in the lower part of the tile, towards the interior of the fastening hole, in addition

to reducing the area affected by these stresses. This modification also contributes favorably to the reduction of the maximum displacements of the roof tiles (Figure 1).

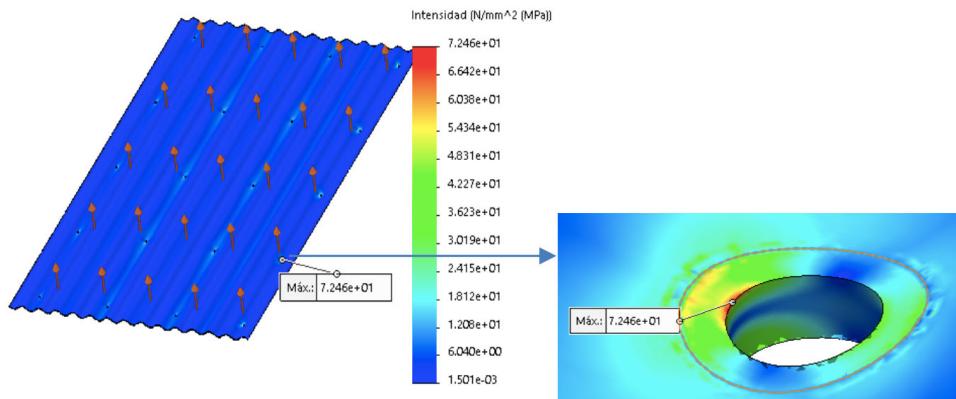


Figure 1. Stress state of the FRP-10 tile.

Source: Own elaboration.

On the other hand, the 5 mm galvanized steel roof tiles present a resistance reserve, since the maximum stresses are below 50 % of the roof tiles' resistance limit. The safety coefficients have wide margins above the acceptable values for design, so, in order to reduce costs and achieve a more efficient design, a proposal with 3 mm thick roof tiles is evaluated. The maximum stresses are generated inside the fastening hole, at the top of the roof tile, but in no case are the strength limits of the roof tile reached, which prevents the collapse of the fasteners.

Considering the safety coefficients obtained, it is proposed to use the solution of fiberglass roof tiles for more dangerous and important works. In works of smaller impact, where it is necessary to reduce costs, the solutions with henequen fiber can be used with loads of 20 and 30 %, whose coefficients are acceptable.

These models display a decrease in their volume, with respect to those proposed with the asbestos cement tile model, which results in a reduction of costs. The decrease in weight is also notable (between 8 and 11 kg), which facilitates their transportation and maneuverability.

When performing the frequency study for these models, the periods for each type of tile are obtained, in no case is the period value of 1s reached, so according to the provisions of NC 285:03, it is not necessary to perform the dynamic study of the structure due to the variable action of the wind.

4. CONCLUSIONS

Of the models studied, the solutions with the best performance in extreme winds are the corrugated roof tiles, with 3 mm of thickness, and with fiberglass reinforcements. The behavior of roof tiles with henequen fiber reinforcement with loads of 20 and 30% is acceptable, with safety coefficients higher than two and maximum displacements of 3.89 and 3.32 mm, respectively.

BIBLIOGRAPHICAL REFERENCES

1. **Pal, B., Haseebuddin, M.R.**, *Analytical estimation of elastic properties of polypropylene fiber matrix composite by Finite Element Analysis*. Advances in Materials Physics and Chemistry, 2012. 2: p. 23-30.
2. **Taborda, J.D.T.**, *Propiedades mecánicas de una matriz de poliéster reforzada con fibra de coco comparada con fibra de vidrio*, in Facultad de Ingeniería Mecánica. 2014, Universidad Tecnológica de Pereira.
3. **Morhain, C.**, *Microestructura y propiedades mecánicas de compuestos de polipropileno con hidróxido de magnesio y de aluminio moldeado por inyección.*, in Departamento de Ciencias de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica. 2001, Universidad Politécnica de Catalunya: Barcelona, España.
4. **Nazza**, Resina de poliéster ortoftálica NAZZA. 2019.
5. **Peña, J.C.R.**, *Simulación numérica de las cubiertas ligeras ante el embate de vientos huracanados*, in Facultad de Ingeniería. 2016, Universidad de Holguín.

CHECKING THE WORKFLOW FOR RISK MANAGEMENT IN THE TOTAL COST OF INVESTMENT

Silvia Dotres Zúñiga¹, Gregorio Garcíandía Mirón², Reynier Francisco Pérez Campdesuñer³, Norma Sánchez Paz¹

¹*University of Holguín, Cuba*

²*University of Camagüey "Ignacio Agramonte y Loynaz", Camagüey, Cuba*

³*Universidad Tecnológica Equinoccial, Santo Domingo, Ecuador*

E-mail de correspondencia: sdotresz@aho.edu.cu

ABSTRACT

The development of a procedure for risk management in the total cost for constructive investments has been carried out through a process that analyzes, estimates and evaluates the risks. This proposal helps the financial results at the end of the constructive investment to be close to those planned in the investment. The procedure for its practical implementation performs a check that shows levels of safety and reliability through the Petri Nets Control Flow Designer, which allows progress in the investigation for its possible application.

1. INTRODUCTION

In the examination of theoretical verification methods with a procedural approach, mathematical equations are recognized through two communities: Petri nets and process algebras, Velardo F., (2007). The verification of the logical sequences of the workflow in a procedure through the application of Petri nets (Acosta *et. al.*, 2016 and Herrera O. and Becerra L., 2014), is modeled by: the topology, sequence of the phases, steps and activities, as well as, the connections between them. These components allow evaluating the existence of conditions in which the partial or total application of the process in the modeled procedure could be stopped. In general, it can be verified that structurally: all phases, steps and activities are connected, and there are no violations of free-choice processes between them, there is a precise logic that goes from a beginning to a defined end, and is robust, because the procedure decrease the inconsistencies.

From the other perspective, a procedure has been developed for risk management in the total cost for constructive investments that contributes to decrease the financial impact, and consequently the budgetary implications of any constructive investment. This procedure, for its practical implementation, requires a verification that shows levels of security, applicability and usefulness for its subsequent application. For this purpose, the present research aims to show the experience of the theoretical

verification carried out through the workflow through the Petry Networks, through a simple and little cumbersome way, that can help other similar investigations.

2. MATERIALS AND METHODS

To check the reliability of the procedure, the Petri Nets Control Flow Designer was used, (Workflow Petri Net Designer, [WoPed], WoPed Software version 3.7.1, 2018; Van der A., *et. al.*, 2004). For this, the following tasks were applied:

Task 1. Construction of the procedure flow. The conditions and means to carry out each phase and step are defined, as well as the results that are achieved considering these as "place" type nodes (p, place). Activities, events or actions (active units) that are assumed as nodes of the "transition" type (t, of transition) are also integrated. The two types of nodes above are connected by directed arcs that represent the sequence of motion and causality by arrows as expressed in the workflow diagram in figure 1.

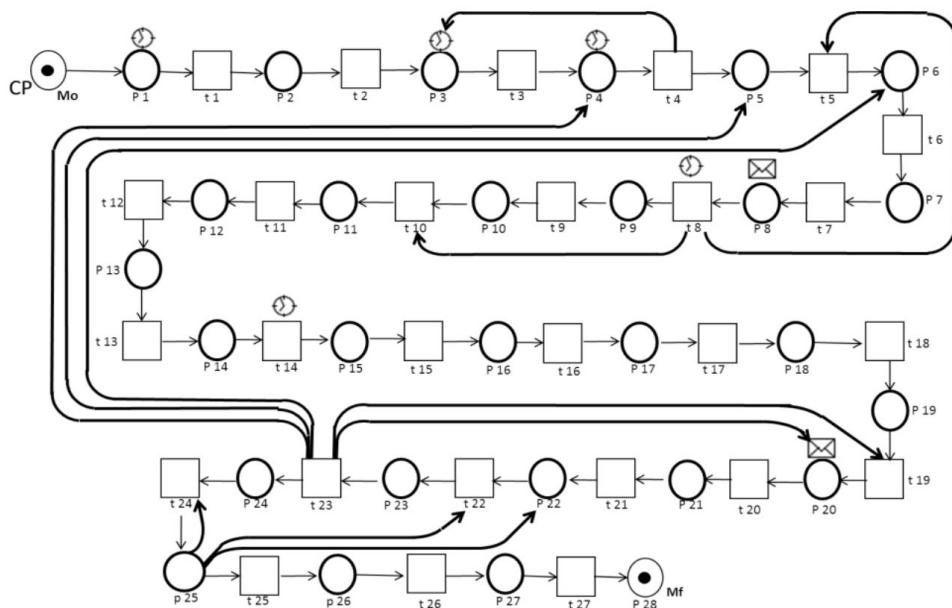


Figure 1. Procedure workflow diagram.

Source: own elaboration.

Task 2. The initial condition of the process characterization. Define and describes all steps and tasks listed as a legend, used in the procedure workflow networks.

Task 3. The workflow networks through WoPed software, (2018) are executed and tested. The creation of the network was based on describing in a linear and sequential way, the flow of the procedure, through the recognition of two main nodes, the transition node and the place node. Thus, sequentially and successively a workflow occurs until the complete procedure is closed. The possibility of reaching the final state or moment (M_f , final moment) predicted from the initial state, is verified through the sequence of conditions defined in the procedure (figure 1).

3. RESULTS AND DISCUSSION

The analysis carried out allows establishing that the phases, steps and activities of the general procedure, show an adequate design for its execution. The verified workflow network must allow the achievement of the expected result provided that the resources are available for the development of the planned activities. Therefore, it can be interpreted as reliable, through the manifestation of the logical consistency and robustness of the procedure expressed in table 1.

Table 1. Results of the semantic analysis of the workflow network of the proposed procedure.

QUALITATIVE ANALYSIS	ANALYZED ELEMENTS	PROPERTIES
Structural	Nodes of the places type	12
	Nodes of the transition type	40
	Operates	4
	Threads	0
	Arches	66
	Operators used erroneously	0
	Free violence ratio	0
Robustness	Initial state	1
	Final moment	1
	Connected components	52
	Heavy connected components	52
	Unnoticed places	0
	Dead transitions	0
	Non-live transitions	0

Source: own elaboration.

The results show that the sequence of the procedure for risk management in the total cost for constructive investments is adequate. It is also shown that the verification carried out through the Petry Networks are useful for the theoretical verification through the workflows.

4. CONCLUSIONS

The analysis carried out to verify the workflow of the procedure through the Petri nets control flow designer, showed that there are no inconsistencies in the design of the procedure that originate redundancies or incoherent tasks, which can be interpreted as all the phases, steps and activities are connected. This development, allows Petry Networks to be useful for checking procedures, methods and other tools of a procedural character.

BIBLIOGRAPHIC REFERENCES

- Acosta E., Chiodi F., Fernández M., Tcach A. y Francesconi J.**, (2016). Etapas de validación y verificación en la construcción de modelos para la simulación de procesos industriales. Editorial Universitaria edUTecNe (Editorial Universitaria, Universidad Tecnológica Nacional, UTN). Argentina; 8 p.
- Herrera O. y Becerra L.**, (2014). Diseño general de las etapas de simulación de procesos con énfasis en el análisis de entrada. En: 12th LACCEI Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology, LACCEI'2014. Guayaquil, Ecuador. ISBN: 978-0-9822896-7-9; 10 p.
- Velardo F.**, (2007). Redes de Petri móviles para la especiación y verificación de propiedades de seguridad en sistemas ubicuos. Tesis Doctoral. Departamento de Sistemas Informáticos y Computación. Facultad de Ciencias Matemáticas, España
- Van der Aalst, et. al.**, (2004). Diseñador de Flujo de Control de Redes de Petri, Workflow Petri Net Designer, [WoPed], Software WoPed versión 3.7.1, (2018). Universidad Técnica de Eindhoven, Países Bajos

DIMENSIONS AND ATTRIBUTES OF EQUITY VALUE IN RESOURCES BUILT FOR MANAGEMENT PURPOSES

Libys Martha Zúñiga Igarza¹, Reynier Francisco Pérez Campdesuñer², Miguel Alejandro Cruz Cabeza¹

¹*Universidad de Holguín, Holguín, Cuba*

²*Universidad Tecnológica Equinoccial, Santo Domingo, Ecuador*

E-mail de correspondencia: lmzi@aho.edu.cu

ABSTRACT

The determination of the value for management purposes is a limitation for the conservation of the built resources of patrimonial value. For this, it has been necessary to identify those that, due to their influence on the degree of value, are vital, as well as to verify the existence of dimensions by which the patrimonial value is formed for these purposes. Through statistical processing, the results identified that the equity value for management purposes is determined by 17 essential attributes. These attributes will help to improve efficiency in the design of conservation actions according to their degrees of protection.

1. INTRODUCTION

Since the Paris Convention in 1972, heritage values as a generality can be analyzed for their management from different perspectives. Buildings or real estate are built resources of patrimonial value as a result of the interrelationships that occur between nature and society. They constitute immovable physical structures that manifest a pattern of organization for the conservation of the individual, reflecting their characteristics, behavior and evolution. They are vital components in local development as part of the environment, so they must be recognized as resources, of equal importance to those of net natural origin (Zúñiga and Pérez, 2013).

On the other hand, the heritage value for management purposes is the importance given to the heritage to be managed based on the cost of conservation of the built resource and its value itself. Such management is socially feasible when its cost is less than or equal to the perceived social benefit of conserving, using and enriching the resources. Today, there are limitations in the consensus regarding the elements that determine the attributes that make up the heritage value. In this sense, the present work shows an analysis tool to determine the attributes that influence this value, as well as, the existence of dimensions through the use of multivariate statistics.

2. MATERIALS AND METHODS

The procedure used is made up of two phases: the qualitative investigation of the attributes that influence the value and the confirmatory phase (quantitative) of the existence of dimensions through the use of multivariate statistics. In the first one, the attributes of heritage value raised in the bibliography were assessed and in parallel, those that were evaluated by specialists, as well as, heritage resources, both cultural and natural were identified. For this, an interview with experts from the provinces of Havana, Villa Clara, Camagüey, Granma, Santiago de Cuba and Holguín was used, as well as representatives of UN-Habitat of Cuba, Colombia, Ecuador and the Ministry of the Environment of Brazil. The procedure used is summarized in figure 1.

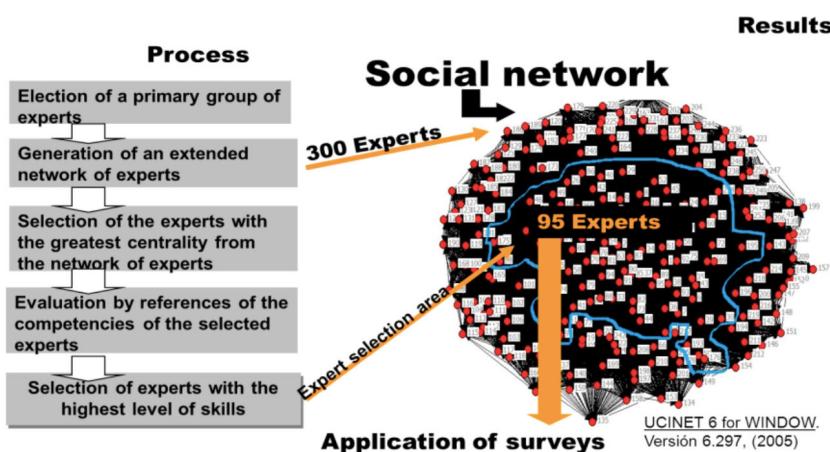
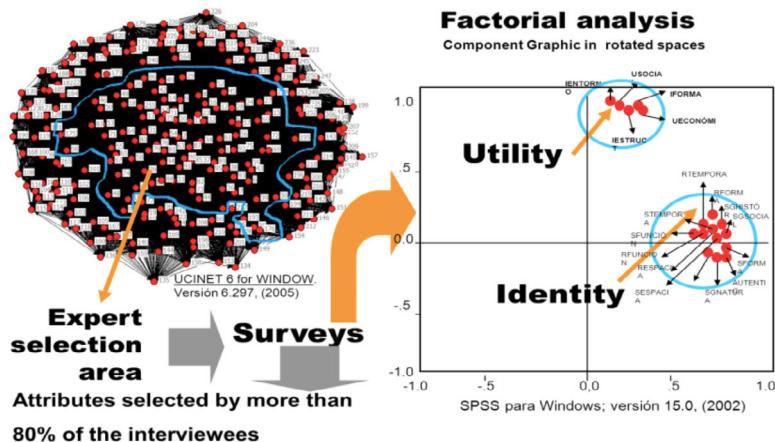


Figure 1. Qualitative research phase.

Source: own elaboration.

In the confirmatory (quantitative) phase, a study was developed to set the level of standing given by experts to heritage values. The information obtained allowed the creation of data matrices, which were then processed using the statistical package SPSS for Windows, with the use of principal component analysis (figure 2). According to the reliability and validity results of the factor analysis, the technique used to explain the behavior of the variables included in the study is considered effective. In the first two components, the 78.91 % of the total variance is explained. The first axis explains the 40.84 % of the total variance, while the second axis reaches values of 78.17 %. These results suggest that the conformation of the axes with the considered attributes, is capable of explaining the patrimonial value for management purposes to a high degree through two dimensions.

**Figure 2.** Quantitative research phase.**Source:** own elaboration.

3. RESULTS AND DISCUSSION

The results of the figure 2 show that attributes are grouped in one dimension, in a more traditional conception of heritage value for management purposes for built resources based on their meaning, representativeness, uniqueness and authenticity, from the perspective of form, function, space and time. While in the second dimension, a more current conception is developed with an additional utilitarian perspective, such as economic and social utility, its integrity of form, function and with the environment itself where it is developed. These are summarized in Table 1.

Table 1. Attributes that make up the dimensions of the patrimonial value for management purposes for the built resources.

ESSENTIAL DIMENSION	ESSENTIAL ATTRIBUTES	
Identity	1. Singular form	7. Temporal singularity
	2. Spatial singularity	8. Spatial representativeness
	3. Temporal representativeness	9. Representativeness of the function
	4. Representativeness of the form	10. Historical significance
	5. Social meaning	11. Natural meaning
	6. Singular function	12. Authenticity
Utility	13. Social utility	15. Integrity with the environment
	14. Structural integrity	16. Economic profit
	17. Integrity of form	

Source: own elaboration.

4. CONCLUSIONS

The attributes that make up the patrimonial value in the resources built for management purposes, are grouped in a similar way into two dimensions: the first related to identity, and the second to utility according to:

- meaning: degree of importance given to the valued built resource, which can be historical, artistic, social or natural;
- representativeness: degree to which the valued built resource represents a certain space, time, form or function;
- singularity: degree of exceptionality granted to the constructed resource according to the uniqueness or rarity of the form, function, space (natural or urban) or of the time;
- authenticity: verified veracity of the meanings and values attributed
- economic utility: results from the use of the constructed resource, where the generation of utilities in the present is feasible, and indirectly includes the conservation costs that it may induce (Manson, 2002);
- social utility: social result attributed by an option, aesthetic and existence value, (Mendes, 2005); and,
- integrity: relationship of the parts that make up the historical whole: of form, function and with the environment itself where the built resource is developed.

BIBLIOGRAPHIC REFERENCES

- Jokilheto, Jukka** (2005). "Conceptos e ideas sobre conservación", en CECI (2005). Gestión de la conservación integrada urbana y territorial. Programa Integrated Territorial and Urban Conservation (ITUC), Rio de Janeiro, Brazil, 19 pp.
- Mason, Randall** (2002). "Assessing values in conservation planning: Methodological issues and choices", en Research Report. The Getty Conservation Institute, Los Angeles, California, EE.UU.
- Zúñiga y Pérez** (2013). Los recursos construidos de valor patrimonial en un modelo de gestión ambiental urbana. Eure. N°117, mayo de 2013. (p69-90).

DELIMITATION OF HISTORIC URBAN LANDSCAPE SCENIC UNITS INTO SIGNIFICANT VIEWS MANAGEMENT

Marisabel Almeida Torrens¹, Libys Martha Zúñiga Igarza², Marisabel Torrens Amador³, Niurka Sónora Varona³

¹*Conservation and Development of Construction Study Center,
University of Camagüey, Cuba*

²*University of Holguín, Holguín, Cuba*

³*Camagüey City History Office, Camagüey, Cuba*

E-mail de correspondencia: marisabel.almeida@reduc.edu.cu

ABSTRACT

This paper describes the delimitation process of Historic Urban Landscape Scenic Units (HUL-SU) at different scales, from a perceptual approach and applying Geographic Information Systems (GIS) techniques. Its application in the historic center of Camagüey city shows the viability of this proposal in managing important views as it allows determining protection zones, including the visual buffer zone of the area declared World Heritage, which can be used to preserve the characteristic identity elements of the landscape, the visual harmony and heritage authenticity.

1. INTRODUCTION

One of the main contributions of HUL important views is the recognition of the self-contained cultural, visual, identity and symbolic values of the city. Several authors point out its importance as a psychological-visual and socioeconomic resource (Lalana y Santos, 2011; Pardo, 2015), with potential for safeguarding the visual integrity of World Heritage properties (United Nation Educational Scientific and Cultural Organization & World Heritage Centre, 2013), based on urban planning instruments.

The delimitation of the spatial units of analysis constitutes an essential step into the important views management process (Almeida, Zúñiga y Gómez, 2021), the result of which depends on the viewed area from observation points, towards the focal attraction element. Therefore, visual cones are recognized as their main cartographic representation (Edinburgh Council, 2020). In this context, the present paper shows an analysis tool to delimit the HUL-SU, on its different scales, to study the morphotypological dynamics that influence the HUL important views transformation. It is based on the use of QGIS and AutoCAD software.

2. MATERIAL AND METHODS

For the management of HUL important views, HUL-SU was delimited on different hierarchical scales. The HUL Basic Scenic Unit (HUL-BSU) is considered as the basis to delimitate the other HUL-SU scales. It has a perceptual character and it can be defined from the morphotypological analysis of a V-shaped visual cone, that begins from a specific observation point towards a specific focus. This process requires the following basic information: observation points of the views, city cartography, observation height, openings of the vertical and horizontal viewing angles, topography and Digital Elevation Model (DEM). The main steps are:

- 1- Define the visual cones: from the initial observation points of each visual corridor towards the landscape resources, with opening angles according to the urban enclosure (table 1). The visual cone area was extended longitudinally over the entire urban plan.

Table 1. Visual cone openings according to urban enclosure types

Enclosure types	Full enclosure	Threshold enclosure	Minimum enclosure	Loss of enclosure
Enclosure diagram				
Relation	1:1	1:2	1:3	1:4
Horizontal visual angle	10°	15°	30°	60°

Source: own elaboration from Spreiregen, 1978.

- 2- Delimit the HUL-BSU: a terrain vertical section, lengthwise was carried out to each visual cone, using DEM representation and the Profile Tool of QGIS; so, the topographic line of the section in DXF extension was obtained. This file was imported to AutoCAD software to mark the following elements: the observation point, observer height (1.60 m) and the benchmark height in the landscape resource. A line between these two points defined the Height Control Plane (HCP). Next, the distance corresponding to the tallest building height in the city or the potential height allowable by the technological and socio-economic framework according to the construction trend in the city, was located between the HCP and the topographic line of the vertical section. This point

marks the final distance of the visual cone, which is reduced lengthwise with respect to that obtained in step 1. As a result, the HUL-BSU is attained.

- 3- Delimit the HUL-General Scenic Unit (HUL-GSU): all the HUL-BSU overlap.
- 4- Delimit the HUL-Intermediate Scenic Unit (HUL-ISU): all the HUL-BSU corresponding to the same landscape resource overlap.
- 5- Delimit the Scenic Ambits (SA): the HUL-BSU is subdivided into landscape units at a lower hierarchical scale, considering its spatial structure parts. This operation allows obtaining three SA types: the visual corridor area, the built mass in the foreground of landscape resource and the built mass in the background (figure 1).

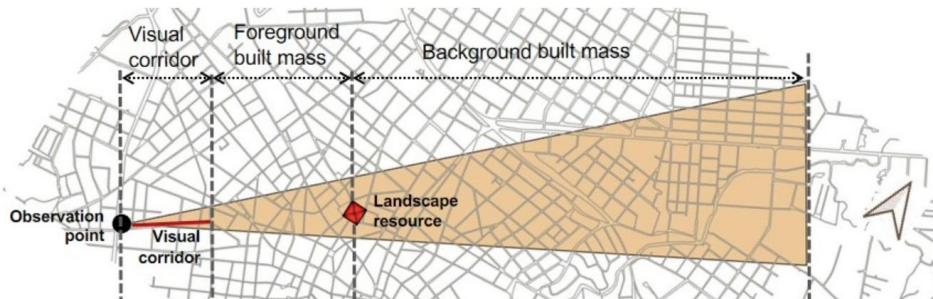


Figure 1. The spatial structure parts of the HUL-BSU.

Source: own elaboration.

3. RESULTS AND DISCUSSION

The application of this tool in the historic center of Camagüey city, as part of a management instrument for the protection of important views related to the churches' towers (representative landmarks of the city), allowed validating this proposal relevance and simplicity.

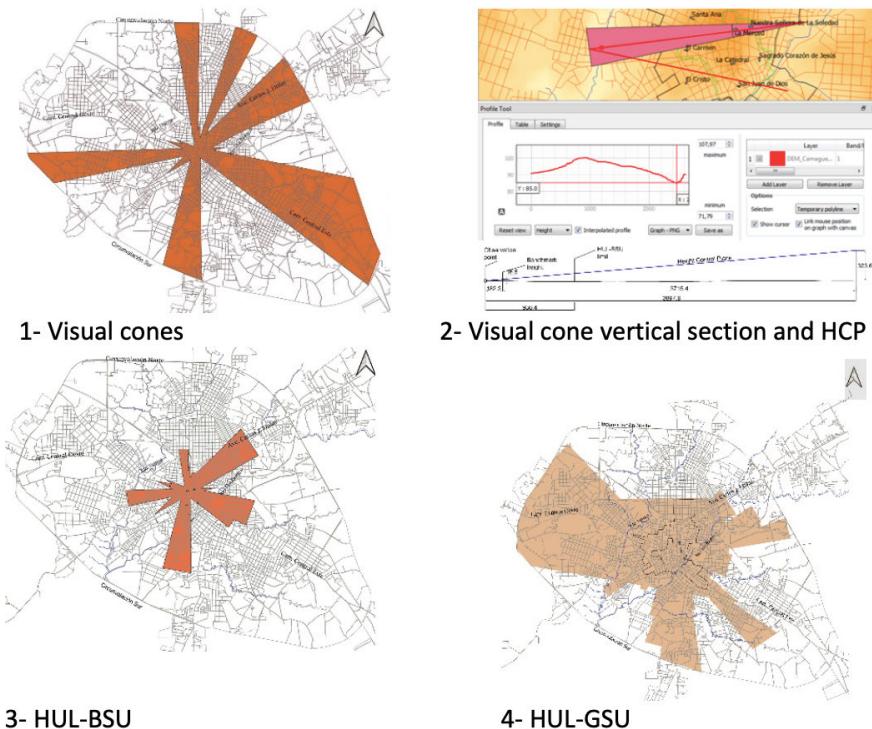


Figure 2. Steps to obtain HUL-BSU and the World Heritage buffer zone in Camagüey
Source: own elaboration.

In this context, 44 HUL-BSU, 9 HUL-ISU, 108 SA and a HUL-GSU were obtained, by overlapping the 44 HUL-BSU, assumed as a buffer zone of the World Heritage area, which are essential to achieve harmony in the insertion of contemporary elements. The use of the GIS led to very precise results, which would be very difficult to obtain manually (figure 2).

4. CONCLUSIONS

The delimitation of the HUL-SU considering the geographic area contained in a V-shaped visual cone indicating important views, at a specific scale and mappable and precise dimensions, constitutes a key spatial tool, into perceptual approach, to develop the required analyzes in HUL important views' management.

BIBLIOGRAPHIC REFERENCES

- Almeida, M., Zúñiga, L. M., & Gómez, L.** (2021). Vistas relevantes en ciudades patrimoniales desde concepciones teórico-metodológicas de la gestión urbana. *urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana*, v. 13, e20190182. doi: <https://doi.org/10.1590/2175-3369.013.e20190182>
- Edinburgh Council.** (2020). *Edinburgh Design Guidance*. Recuperado de <https://bit.ly/2V2pALh>
- Lalana, J. L., & Santos, L.** (2011). El problema de las vistas relevantes en la conservación del patrimonio urbano. *VIII Congreso Ibérico de Urbanismo*. Portugal. Recovered from <http://tiny.cc/pn8bkz>
- Pardo, S. M.** (2015). *Las vistas panorámicas de núcleos urbanos: propuesta para su análisis y aplicación al caso de Andalucía*. (Tesis de doctorado inédita), Universidad de Málaga, Málaga, España. Recovered from <https://bit.ly/3zuFs0S>
- Spreiregen, P. D.** (1978). *Compendio de arquitectura urbana*. Editorial Pueblo y Educación.
- UNESCO & WHC.** (2013). International World Heritage Expert Meeting on Visual Integrity. Recovered from <https://tini.to/jYs>

EMPLEO DE LA TECNOLOGÍA INSAR PARA EVALUAR LA VULNERABILIDAD DE EMPLAZAMIENTOS MINEROS ANTE LA SUBSIDENCIA. ESTADO ACTUAL Y PERSPECTIVAS

Luis Enrique Acosta González¹, Julio Ernesto de la Rosa Melian¹, Carlos Alberto Trinchet Varela¹, Roberto Pérez Rodríguez², Rasel Agüero Fernández³

¹Centro de Estudios CAD/CAM, Universidad de Holguín, Holguín

²Filial Holguín- Tunas Academia de Ciencias de Cuba, Holguín

³Empresa Geocuba Investigación y Consultoría, Holguín

E-mail de correspondencia: luis.acosta@aho.edu.cu

RESUMEN

Los proyectos de Geomática y Teledetección tienen como requisitos previos disponer de adecuados conjuntos de datos digitales y software. La Interferometric Synthetic Aperture Radar (InSAR) por su precisión y versatilidad de aplicación, constituye una de las técnicas más apropiadas. El objetivo de la investigación es determinar el estado actual de su empleo, para evaluar la subsidencia y los desplazamientos del terreno en zonas mineras. Se enfatiza en definir el estado de las patentes, la producción científica, selección del tipo de satélite y principales softwares especializados. Se emplean los análisis histórico, bibliométrico y sistémico. Son utilizadas como fuentes de información artículos y publicaciones de revistas indexadas en Science Direct, IEEEXplore, Scielo y Dimensions; así como en PATENTSCOPE. Se identifica a China como líder en la temática, se consultaron 3 021 publicaciones y 450 patentes. Fueron analizados diversos modelos de su empleo en regiones mineras. Se aprecia la posibilidad de utilizar los sistemas CAD/CAE, la Inteligencia Artificial en el manejo de la información espacial referenciada y los satélites Sentinel-1 (S1), así como la tecnología Global Navigation Satellite System, (GNSS) y el software framework ISCE. Los resultados se aplican en proyecto de investigación en la región minera de Moa, Cuba.

1. INTRODUCCIÓN

Muchos estudios de vulnerabilidad en las obras de ingeniería que se realizan en Cuba, carecen de un enfoque multidisciplinario desde las disciplinas de la Geodesia, Geofísica, Geotecnia e Ingeniería Civil. Los análisis durante el diseño, construcción y explotación no consideran oportunamente los riesgos geológicos presentes por los desplazamientos de la corteza terrestre. En ocasiones se realizan estudios cuando los daños o desviaciones son evidentes, provocando un negativo impacto (Acosta *et al.*, 2018b). Se emplean métodos directos, que requieren extensas investigaciones de campo y gabinete, incrementando el tiempo de ejecución y los costos. Se necesita

desarrollar nuevos procedimientos y metodologías para los análisis de la vulnerabilidad a partir de un enfoque integrador. La tecnología InSAR es protagonista en los estudios de deslizamientos y subsidencias de las obras y sus emplazamientos (Linlin GE, Horgne-Yue Chen, Shaowei Han, and Chris Rizos, 2001).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se enfoca en identificar el comportamiento de la innovación a partir del estudio de patentes e investigaciones publicadas en revistas de alto impacto sobre la tecnología InSAR. Se emplean el análisis histórico, bibliométrico y sistemático. Son utilizados como fuentes de información publicaciones de revistas indexadas en Science Direct, IEEEXplore, Scielo y Dimensions; así como en PATENTSCOPE. Además mediante la información en Scimago Journal and Country Rank y en Google Scholar se evalúa el impacto.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se identifican los principales códigos CIP de las patentes detectadas de la tecnología InSAR y se definen las revistas y autores de mayor impacto. Figura 1.

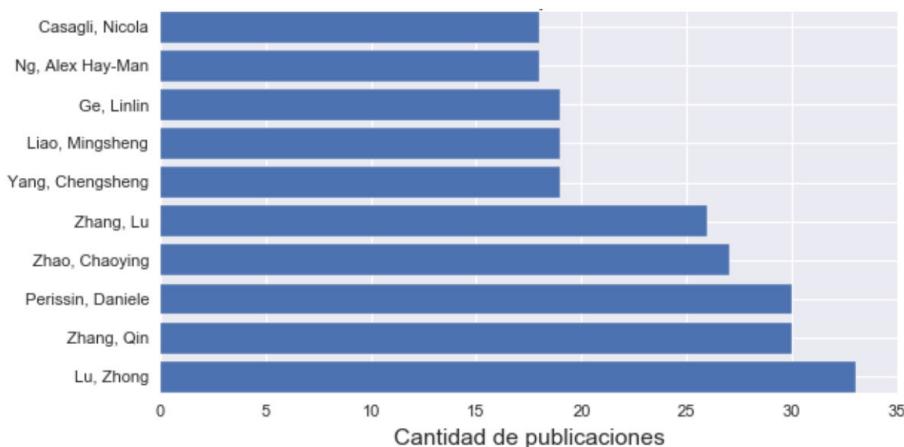


Figura 1. Autores con la mayor cantidad de documentos publicados

Fuente: elaboración propia.

3.1 Obtención y procesamiento de imágenes SAR

De forma general el procedimiento empleado para realizar las mediciones con esta tecnología, se resume en la figura 2.



Figura 2. Etapas para realizar las mediciones la superficie terrestre

Fuente: <https://site.tre-altamira.com/>.

Una de las aplicaciones de técnicas InSAR englobadas como PSInSAR o Persistent Scatterers Interferometry, que utilizan el principio de Dispersores Persistentes o PSs (Persistent Scatterers), es detectar variaciones temporales en la elevación del terreno. Una segunda generación es SqueeSAR, que además de identificar los PSs, hace uso también de Dispersores Distribuidos. Esta técnica proporciona información adicional y mejora la densidad de datos de las nubes de PSs (Ruiz, A. et al., 2018; Yunjun, Z. , Fattah, H. y Amelung, F., 2019).

Satélites empleados en estas investigaciones

Se puede establecer que las imágenes SAR más empleadas en estos estudios son las proporcionadas por los satélites Envisat, Sentinel-1 y TerraSAR-X Obtención y procesamiento de imágenes SAR. Figura 3.

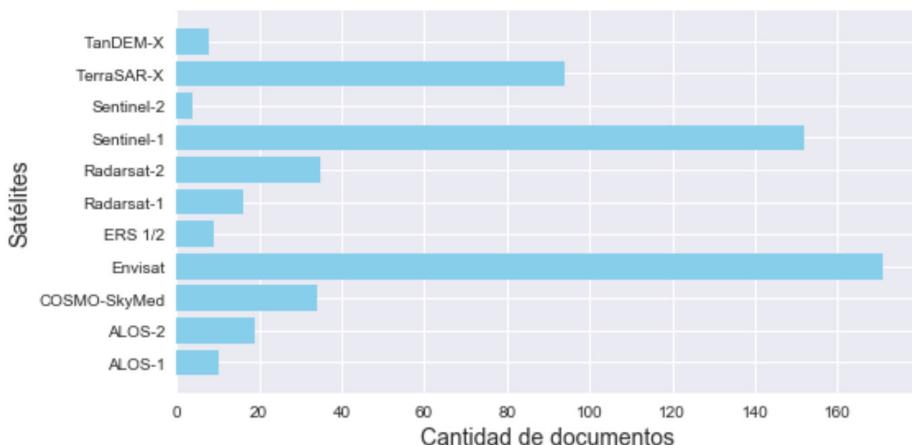


Figura 3. Satélites empleados en las investigaciones

Fuente: elaboración propia.

Se decide emplear los dos satélites Sentinel-1 (S1), teniendo en cuenta que están disponibles libremente y proporcionan datos de radar de apertura sintética (SAR) con alta resolución temporal y espacial. Para el perfeccionamiento de la tecnología InSAR se hace necesario la aplicación de herramientas de la Inteligencia Artificial para

obtener mayor precisión en los desplazamientos del terreno, así como para mejorar la visualización gráfica e interpretación de los resultados por un mayor número de usuarios y posibilite la toma de decisiones (Wegmüller, U. *et al.*, 2016), contexto en el que se define como el más apropiado el software framework ISCE (Gurrola, E. *et al.*, 2016).

4. CONCLUSIONES

Posibilidad de utilizar los sistemas CAD/CAE, la Inteligencia Artificial en el manejo de la información espacial referenciada y los satélites Sentinel-1 (S1). Se sugiere incorporar el software framework ISCE como el más adecuado para el procesamiento de la imágenes SAR y la tecnología Global Navigation para la constatación de los resultados.

Escaras investigaciones en el ámbito académico y empresarial cubano. Los resultados se aplican en proyecto de investigación en la región minera de Moa, Cuba, para el monitoreo del emplazamiento de sus principales obras y fallas más activas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta *et al.***, 2018b. Displacements Study of an Earth Fill Dam Based on High Precision Geodetic Monitoring and Numerical Modeling. *Sensors*, 18, 1369; doi:10.3390/s18051369. <http://www.mdpi.com/journal/sensors>.
- Gurrola, E. *et al.***, 2016. InSAR Scientific Computing Environment (ISCE): An Earth Science SAR Processing Framework, Toolbox, and Foundry. Jet Propulsion Laboratory. California Institute of Technology. NASA. USA.
- Linlin GE, Horgne-Yue Chen, Shaowei Han, and Chris Rizos**, 2001. Integrated GPS And Interferometric SAR Techniques For Highly Dense Crustal Deformation Monitoring. <https://www.researchgate.net/publication/2858047>. The University of New South Wales Sydney NSW 2052, AUSTRALIA.
- Ruiz, A. *et al.***, 2018. Monitoring continuous subsidence in the Costa del Sol (Málaga province, southern Spanish coast) using ERS-1/2, Envisat, and Sentinel-1A/B SAR interferometry. *Procedia Computer Science* 138:354–361.
- Wegmüller, U. *et al.***, 2016. Sentinel-1 Support in the GAMMA Software. *Procedia Computer Science* 100, 1305–1312. Elsevier. Available online at www.sciencedirect.com

Yunjun, Z. , Fattah, H. y Amelung, F., 2019. «Small baseline InSAR time series analysis: Unwrapping error correction and noise reduction,» Computers & Geosciences, nº 133.

EXOESQUELETO PARA REHABILITACIÓN DE MIEMBRO SUPERIOR

Rocío Vecino-Torres¹, Lourdes Durán-López^{1,2}, Daniel Gutiérrez-Galán^{1,2}, Juan Pedro Domínguez-Morales^{1,2}, Manuel Domínguez-Morales^{1,2}

¹Departamento de Arquitectura y Tecnología de Computadores, EPS-ETSII, Sevilla

²I3US: Instituto de Ingeniería en Informática, Sevilla

E-mail de correspondencia: mjdominguez@us.es

RESUMEN

Múltiples lesiones neurológicas, como los Accidentes Cardíacos Vasculares (ACV), provocan una degeneración y/o atrofia de la movilidad en las extremidades. La terapia pasiva se suele usar en los procesos de recuperación tras sufrir este tipo de lesiones, pero los ejercicios de brazos y manos utilizados habitualmente se basan en la realización de actividades de alta intensidad y repetitivos, haciendo que la recuperación sea larga, necesite de mucho trabajo y de la ayuda de varios fisioterapeutas. En este trabajo se realiza el diseño, montaje, implementación y testeo de un sistema hardware-software basado en exoesqueleto y sensores de captación de movimiento de brazo y manos para su utilización en la rehabilitación de los miembros superiores con el fin de reducir el tiempo de recuperación. El usuario dispondrá de una aplicación que le guiará en todo momento haciendo uso de técnicas activas de gamificación para aumentar la motivación.

1. INTRODUCCIÓN

Según las Organización Mundial de la Salud, se podría definir Discapacidad como “un término general que abarca las deficiencias, las limitaciones de la actividad y las restricciones de la participación”. Y Rehabilitación, como: “proceso destinado a permitir que las personas con discapacidad alcancen y mantengan un nivel óptimo de desempeño físico, sensorial, intelectual, psicológico y/o social”. La rehabilitación física se podría realizar a cualquier parte del cuerpo, donde una persona pueda tener una determinada discapacidad o falta de movilidad (O'Sullivan, Schmitz, & Fulk, 2019).

En este caso, este trabajo, se va a centrar en la rehabilitación activa y pasiva del miembro superior. De forma más concreta, en las articulaciones de codo, muñeca y mano.

Hay distintas patologías que puedan hacer que una determinada persona necesite rehabilitación del miembro superior, que podría ser desde una fractura del cóndilo humeral o de cubito hasta una enfermedad que afecte de forma neuromotora.

Ante este problema, en muchos artículos ven la solución de la utilización de la tecnología y la robótica. Esta consiste en la utilización de dispositivos robóticos, para que la persona haga unos ejercicios, de alta intensidad, con una frecuencia y repetitividad determinadas dando la posibilidad de la monitorización en todo momento de los ejercicios y ver así, la mejora (Prange, Jannink, Groothuis-Oudshoorn, Hermens & IJzerman, 2009).

Por otro lado, se puede ver que en los últimos años las interfaces de usuario que, junto con otras herramientas, están ganando cada vez más popularidad. Estas interfaces de usuario utilizadas en ámbito de la rehabilitación podrían proporcionar una forma dinámica, didáctica, interactiva y motivacional a medida que los pacientes hacen unos determinados ejercicios y actividades.

Este trabajo va a tratar del diseño, montaje, implementación y testeo de un sistema hardware-software para su utilización en la rehabilitación del miembro superior mediante sensores de captación del movimiento del brazo, de la muñeca y mano.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Tecnologías empleadas

Se utilizaron distintas plataformas para el desarrollo, tanto hardware como software. Entre las tecnologías o plataformas hardware están los siguientes dispositivos: Arduino UNO (Microcontrolador), Sensor MyoWare (Sensor EMG), Servo Motor, Leap Motion (capaz de detectar las manos) y PC. Y, entre las tecnologías o plataformas software se encuentran: el entorno de desarrollo integrado (IDE) de Arduino, Visual Studio y Software de Leap Motion.

2.2 Diseño del sistema

El sistema funciona de la siguiente manera:

- Exoesqueleto con sensor EMG: está compuesto por un servomotor que realiza el movimiento de flexo-extensión del codo, según los valores de contracción muscular del bíceps medido por un sensor EMG. Proporciona la rehabilitación pasiva y activa del brazo.

- Microcontrolador (Arduino): es el punto medio o nexo de conexión entre el exoesqueleto y el PC. Lee los valores analógicos del sensor EMG, controla el servomotor a partir de estos valores leídos y muestra los ángulos formados por el servo en cada movimiento realizado.
- PC: en este es donde se muestra toda la información leída, tanto la procedente del microcontrolador como de Leap Motion. También, contiene la interfaz de usuario, que manda los distintos ejercicios a realizar.
- Leap Motion: realiza el seguimiento de la rehabilitación de mano y muñeca según una serie de movimientos o ejercicios que se indican en la pantalla del PC.

En la siguiente imagen, se pueden ver los distintos bloques que forman parte del sistema.

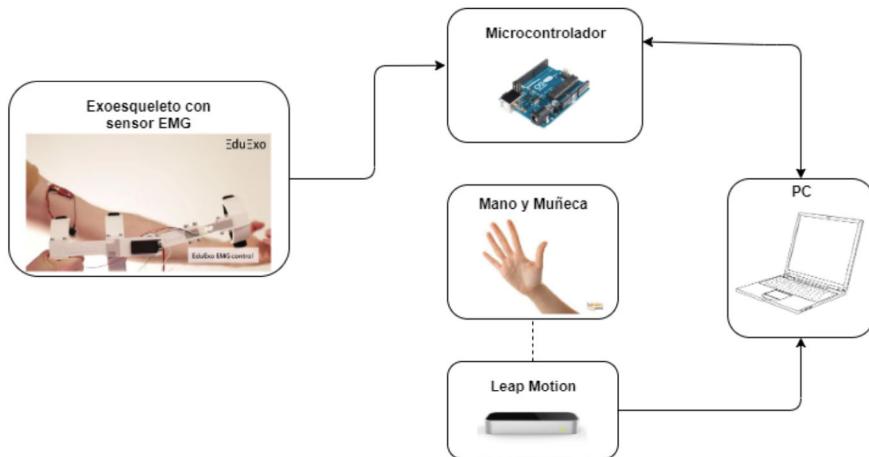


Figura 1. Diseño esquemático del sistema.

Fuente: Elaboración propia.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Este apartado se basa principalmente en comprobar el correcto funcionamiento del sistema. En lo referente al exoesqueleto, se establecieron los siguientes puntos que tiene que cumplir: reconocimiento de la contracción muscular por parte del sensor MyoWare; el movimiento producido por el servomotor debe ser preciso en el momento; no se tiene que oponer el servo al movimiento del brazo del paciente; y proporcionar comodidad y no molestar al usuario en la realización de ejercicios.

De forma general durante la comprobación, se cumplieron los puntos anteriores, salvo en ciertos aspectos:

- Debido a colocación de una sujeción en el brazo para el sensor, se desajustó la ganancia, provocando así que no reconociera, o que lo hiciera de forma poco coherente, la contracción muscular.
- Si el brazo es más grande o ancho al ancho de sujeción que tiene el exoesqueleto, genera incomodidad.
- Puede haber variación en los datos leídos por el sensor MyoWare, dificultando coger, de esta manera, un rango de valores preciso para la contracción muscular, y, por lo tanto, la producción de un error a la hora de utilizar el exoesqueleto.
- Puede ser diferente el rango de contracción leído por el sensor, dependiendo del usuario. Por lo que, se debería de calibrar el diseño, dependiendo de esto.

Con respecto a las pruebas de Leap Motion, se encontró que un inconveniente fue que, aunque el paciente tenga todos los dedos flexionados o la mano en puño, siempre habrá un dedo extendido (en el caso de que el dedo pulgar este fuera del puño).

4. CONCLUSIONES

En este trabajo se realizó el diseño, montaje, implementación y testeо de un sistema hardware-software con el objetivo de ser utilizado en la rehabilitación del miembro superior mediante sensores de captación del movimiento del brazo, de la muñeca y mano. A su vez, el paciente dispone de una aplicación que lo guía para aumentar de esta forma la motivación. Así, la terapia pasiva, la cual habitualmente se basa en la realización de actividades de alta intensidad y muy repetitivas, podría realizarse de forma que la recuperación del paciente sea más corta y amena.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Prange, G. B., Jannink, M. J. A., Groothuis-Oudshoorn, C. G. M., Hermens, H. J., & IJzerman, M. J. (2009). Systematic review of the effect of robot-aided therapy on recovery of the hemiparetic arm after stroke. *J Rehabil Res Dev*, 43(2), 171-184.

O'Sullivan, S. B., Schmitz, T. J., & Fulk, G. (2019). *Physical rehabilitation*. FA Davis.

DISEÑO, DESARROLLO Y TESTEO DE COPA MENSTRUAL INTELIGENTE CON RECONOCIMIENTO DE POSICIÓN Y AVISO DE LLENADO

Julia Barrios-Jiménez¹, Lourdes Durán-López¹, Elena Escobar-Linero¹, Lourdes Miró-Amarante^{1,2}, Manuel Domínguez-Morales^{1,2}

¹Departamento de Arquitectura y Tecnología de Computadores, EPS-ETSII, Sevilla

²I3US: Instituto de Ingeniería en Informática, Sevilla

E-mail de correspondencia: mjdominguez@us.es

RESUMEN

Existen diversos trastornos asociados a la menstruación que provocan anomalías en el ciclo, como el síndrome de ovario poliquístico, endometriosis, hiperprolactinemia o alteraciones en la glándula tiroidea. Todos ellos provocan un sangrado uterino anormal (SUA), cuyos síntomas incluye un sangrado abundante, denominado menorrhagia. La medición del volumen de sangre en una menstruación se realiza de forma aproximada y en base a la información aportada por la paciente; sin embargo, las pacientes tienen dificultades al valorar este término, y en ocasiones esta valoración no se corresponde con la realidad, siendo a veces por exceso o por defecto. En este trabajo se diseña, desarrolla y testea un sistema de medición cuantitativa y automática del sangrado en base a una copa menstrual inteligente que verifica la posición de la usuaria para realizar una medición correcta del volumen de sangre, enviarlo a una aplicación y registrarla.

1. INTRODUCCIÓN

Según *Index Mundi* (Distribución por edad- Mundo- Población, 2021), la población de mujeres con edades comprendidas entre 12 y 50 años es de 2.091.501.795. Esta sería una cifra aproximada de personas del mundo que actualmente están en etapa reproductiva, y por tanto conviven con la menstruación. Asociados a la menstruación existen diversos trastornos que provocan que estos ciclos presenten anomalías, afectando a la duración del ciclo, a los días del sangrado o a la cantidad de flujo menstrual.

La mayoría de estos trastornos incluyen un sangrado uterino anormal (SUA), descrito como irregularidades en el ciclo menstrual que involucran frecuencia, regularidad, duración y volumen de flujo fuera del embarazo. Hasta un tercio de las mujeres experimentarán sangrado uterino anormal en su vida, y las irregularidades ocurren con mayor frecuencia en la menarquia y la perimenopausia” (Davis & Sparzak, 2019).

Los síntomas del SUA son diversos y ocasionan un sangrado abundante, denominado menorragia. Desde la subjetividad, la menorragia se define como la percepción por parte de la mujer de que su cantidad de sangrado es excesivo durante varios ciclos consecutivos (Matorras *et al.*, 2001). Según Lyer *et al.* (2000) el 90% de las mujeres presentan un sangrado inferior a 80 mL/ciclo, por lo que una cifra superior a esta cantidad indicaría menorragia. Sin embargo, las pacientes tienen dificultades a la hora de valorar este término, y en ocasiones esta valoración no se corresponde con la realidad, siendo a veces por exceso o por defecto.

Actualmente no existe ningún método que cuantifique la cantidad de sangre menstrual expulsada durante la menstruación. Es por ello por lo que se plantea el desarrollo y testeo de una copa menstrual, que combine los beneficios de la copa tradicional con la tecnología para cuantificar el volumen de sangre menstrual por cada ciclo de la usuaria, y notificar a la misma que debe retirar la copa una vez superado cierto umbral de llenado, evitando así fugas del flujo.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El prototipo del dispositivo está formado por los siguientes bloques:

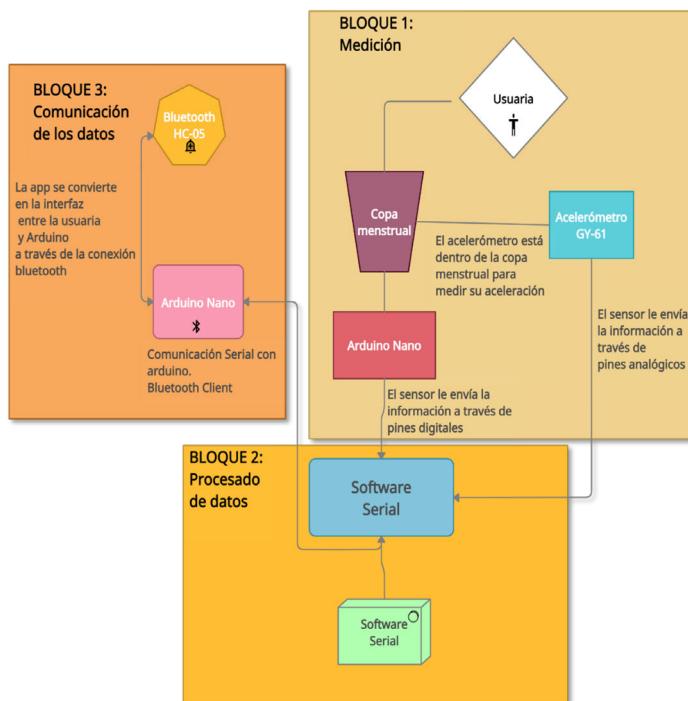


Figura 1. Diagrama de bloques del sistema.

Fuente: elaboración propia.

El acelerómetro comprueba si la persona está en reposo y en una posición erecta. Una vez realiza la comprobación, el sensor de nivel de llenado mide cuál es el porcentaje de flujo menstrual en la copa. La función del acelerómetro es obtener la posición y el movimiento de la persona, esto nos proporciona una idea de la inclinación de la copa menstrual. Para poder realizar la medición del llenado, la usuaria debe tener una posición erecta y sin movimiento (entre 30 y 40 grados de inclinación según López Olmos (2005)), para que el porcentaje sea lo más exacto posible.

Con respecto a la medición del nivel de llenado de la copa menstrual, se diseñó un sensor capacitivo de llenado que gracias a la conductividad que presenta la sangre, puede conocer el nivel de llenado de la copa.

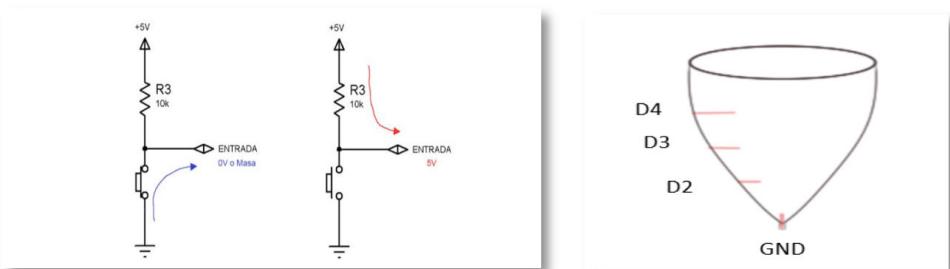


Figura 2. Sensor de nivel de llenado.

Fuente: elaboración propia.

La información de los sensores es leída, procesada y transmitida por el microcontrolador a la aplicación. Por lo tanto, una vez procesada la información, se puede conocer el nivel de llenado de la copa.

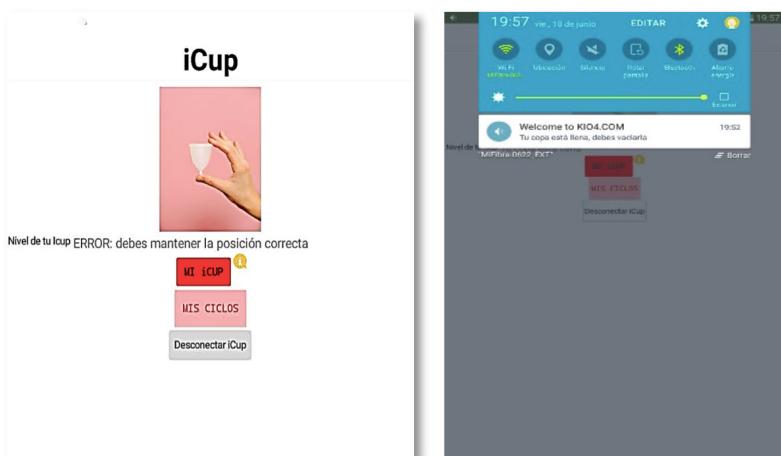


Figura 3. Aplicación y aviso de llenado. **Fuente:** elaboración propia.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez que se han desarrollado todos los objetivos de este proyecto y teniendo el sistema completo, se requiere comprobar su funcionamiento. Para ello, se han realizado diversas pruebas funcionales: en primer lugar, se han evaluado independientemente cada uno de los componentes que integran el sistema y, posteriormente, se han realizado pruebas de integración para evaluar el sistema completo.

En primer lugar, se simuló la inclinación del acelerómetro en el dispositivo utilizando la medición dada por un goniómetro. En segundo lugar, se comprueba el funcionamiento del sensor de nivel, el cual se llena y se vacía la copa con una disolución salina, para imitar la conductividad de la sangre menstrual.

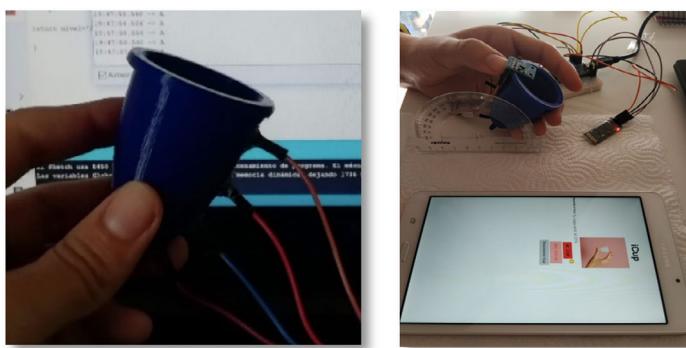


Figura 4. iCup en funcionamiento.

Fuente: elaboración propia.

Finalmente, en las pruebas de integración se simulan distintas posiciones del dispositivo con diferentes niveles de llenado. Si la posición es correcta, debe aparecer el porcentaje de la copa menstrual.

Los resultados de todas las pruebas son satisfactorios.

4. CONCLUSIONES

Se ha diseñado, desarrollado y probado con resultado satisfactorio un prototipo de copa menstrual inteligente. Entre los componentes que la conforman, se ha desarrollado un sensor de nivel de llenado capaz de medir el porcentaje (25%, 50% y 75%) de flujo menstrual que hay en el interior del dispositivo en base a la conductividad de la sangre menstrual; esta medición solo se lleva a cabo cuando la usuaria está erguida.

La información se ha leído, procesado y transferido inalámbricamente utilizando un microcontrolador de bajo coste; y se ha incluido una aplicación móvil capaz de recibir los datos, almacenarlos, mostrarlos y notificar el llenado de la copa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Davis, E., & Sparzak, P. B.** (2021). Abnormal Uterine Bleeding. 2021 Feb 10. StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing.
- Matorras, R. et al.** (2001). Menorragias: estado actual de conocimientos. Folia Clin Obstet Ginecol, 25, 9-31.
- Lyer, V., Farquhar, C., & Jepson, R.** (2000). oral contraceptive pills for heavy menstrual bleeding Cochrane Data base syst. Rev. 2000;(2): CD, 154.
- López-Olmos, J.** (2005). La longitud vaginal: análisis multivariante. Clínica e Investigación en Ginecología y Obstetricia, 32(6), 230-243.

DISEÑO Y DESARROLLO DE SISTEMA IOT PARA EL CONTROL Y MONITORIZACIÓN DE PERSONAS

José Luis Ceballos-Tapias¹, Luis Muñoz-Saavedra¹, Elena Escobar-Linero¹, Francisco Luna-Perejón¹, Manuel Domínguez-Morales^{1,2}

¹Departamento de Arquitectura y Tecnología de Computadores, EPS-ETSII, Sevilla

²I3US: Instituto de Ingeniería en Informática, Sevilla

E-mail de correspondencia: mjdominguez@us.es

RESUMEN

Las TIC han avanzado sirviendo de apoyo a diferentes servicios, sin ser la salud una excepción. La telemedicina soluciona problemas como la demanda de atención médica o la asistencia. La telemonitorización destaca por su comodidad para controlar el estado del paciente a distancia; sin embargo, estos sistemas son costosos e implican portar un dispositivo voluminoso. En este trabajo se realiza el diseño e implementación de un sistema de monitorización basado en IoT, haciendo uso de una placa de bajo costo y sensores de medición de constantes vitales, que se conectan al dispositivo móvil del usuario para enviar información a distancia y en tiempo real, además de registrar la evolución y visualizar el estado en el dispositivo móvil. De igual forma y gracias al sistema IoT, se registra la posición GPS, que será transmitida al contacto de emergencia en caso de detectar una variación peligrosa de las constantes vitales.

1. INTRODUCCIÓN

El auge de las TIC (Almenara, 1998) se refleja en el ámbito sanitario. La e-Salud, según la Organización Mundial de la Salud (OMS), es el arquetipo de tecnología para el apoyo de los campos relacionados con la salud, como la asistencia y la monitorización sanitaria, la educación, la investigación, etc. Dentro de la e-Salud se encuentran diversas ramas, entre las que se distingue la telemedicina. En ésta se utilizan técnicas de trasmisión de información a partir de circuitos de datos cerrados, específicos y con acceso restringido, manteniendo protección de la privacidad y alto nivel de confidencialidad, a diferencia de algunos servicios públicos de información.

El sector de la salud se encuentra con grandes desafíos, pudiéndose ver reflejado en la actual escasez de profesionales médicos debido a la necesidad de atender la creciente demanda sanitaria de una población que se hace de notar por su envejecimiento y el aumento de enfermedades derivadas del estilo de vida inadecuado, el cual es causado por los perjudiciales hábitos de los ciudadanos como la inactividad, el consumo de tabaco o el estrés (Nadal, 2007). Debido a ello, la telemedicina es esencial.

Por otro lado, la telemonitorización está en auge. Ésta consiste en el seguimiento de parámetros fisiológicos a distancia. Estas tecnologías se pueden aplicar a todo tipo de paciente con el fin de mejorar y mantener el estado de su salud previniendo las hospitalizaciones y los gastos de personal y de recursos que puede ser evitables. R.S. Sparks y C. Okugami (Sparks y Okugami, 2016) realizaron un estudio en el que comprobaron que, seleccionando los signos vitales apropiados, se puede predecir el progreso del estado de los pacientes y, de esta forma, optimizar la planificación de atención, reduciendo gastos de fármacos, pruebas de diagnóstico y estancias hospitalarias. De igual forma, trabajos recientes demuestran la viabilidad de este tipo de sistemas (Luna-Perejón, 2021).

El fin de este trabajo es desarrollar un sistema de telemonitorización utilizando una arquitectura IoT (nodo, pasarela de conexión y servidor en la nube) para controlar la progresión de los pacientes mediante la medición de parámetros fisiológicos y alertar en caso de sobrepasar ciertos umbrales.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

En la Figura 1 puede observarse un diagrama global del sistema, compuesto por un dispositivo wearable (microcontrolador de bajo coste), que se comunica vía bluetooth con el dispositivo móvil del paciente (donde se pueden observar las constantes vitales y que, a su vez, servirá de pasarela de conexión), a través del cual se envía al servidor remoto. Y, finalmente, la aplicación del cuidador o familiar tendría acceso a esa información, además de recibir actualizaciones de la ubicación física del paciente.

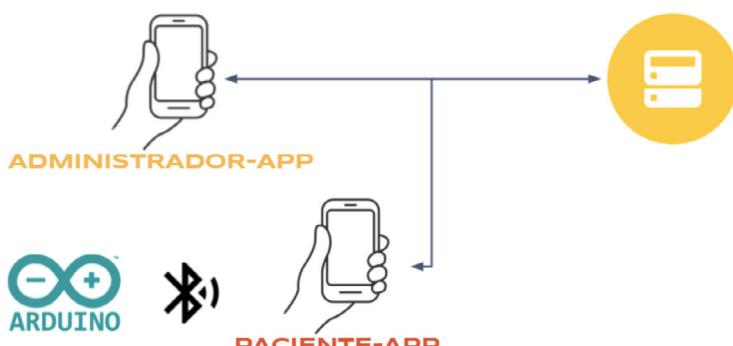


Figura 1. Diagrama de bloques del sistema.

Fuente: elaboración propia.

2.1 Wearable

Los parámetros seleccionados en base a su uso habitual en hospitales, y por las posibilidades de detección de anomalías son: ritmo cardíaco, saturación de oxígeno en sangre, temperatura corporal y sudoración. De igual forma, se incluye en el wearable un GPS para posicionar al paciente y poder avisar en caso de detección anómala de sus constantes.

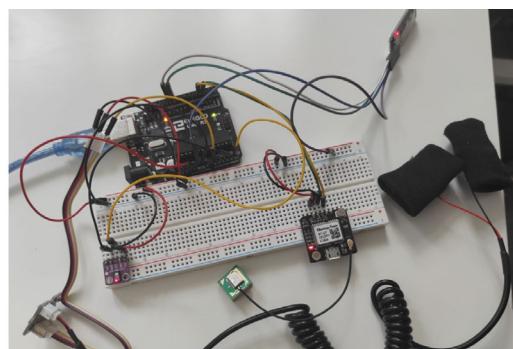


Figura 2. Prototipo del dispositivo wearable.

Fuente: elaboración propia.

2.2 Aplicaciones

Tal como se ha comentado previamente, el sistema está compuesto por dos versiones de la aplicación: la versión del paciente y la del cuidador. Ellas siguen un esquema de interacción descrito en el siguiente gráfico:

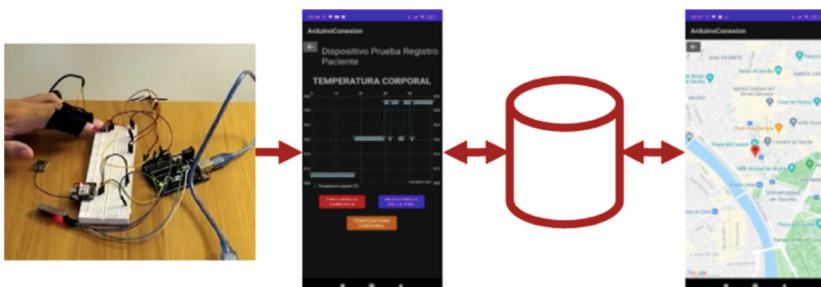


Figura 3. Comunicación entre aplicaciones.

Fuente: elaboración propia.

El dispositivo del paciente no se encontrará muy distante del wearable, por ello la comunicación se realiza vía bluetooth. Esta aplicación le permite visualizar los valores de las constantes vitales registradas con su progresión temporal. El software envía la información recogida a la nube para mantener actualizados los datos.

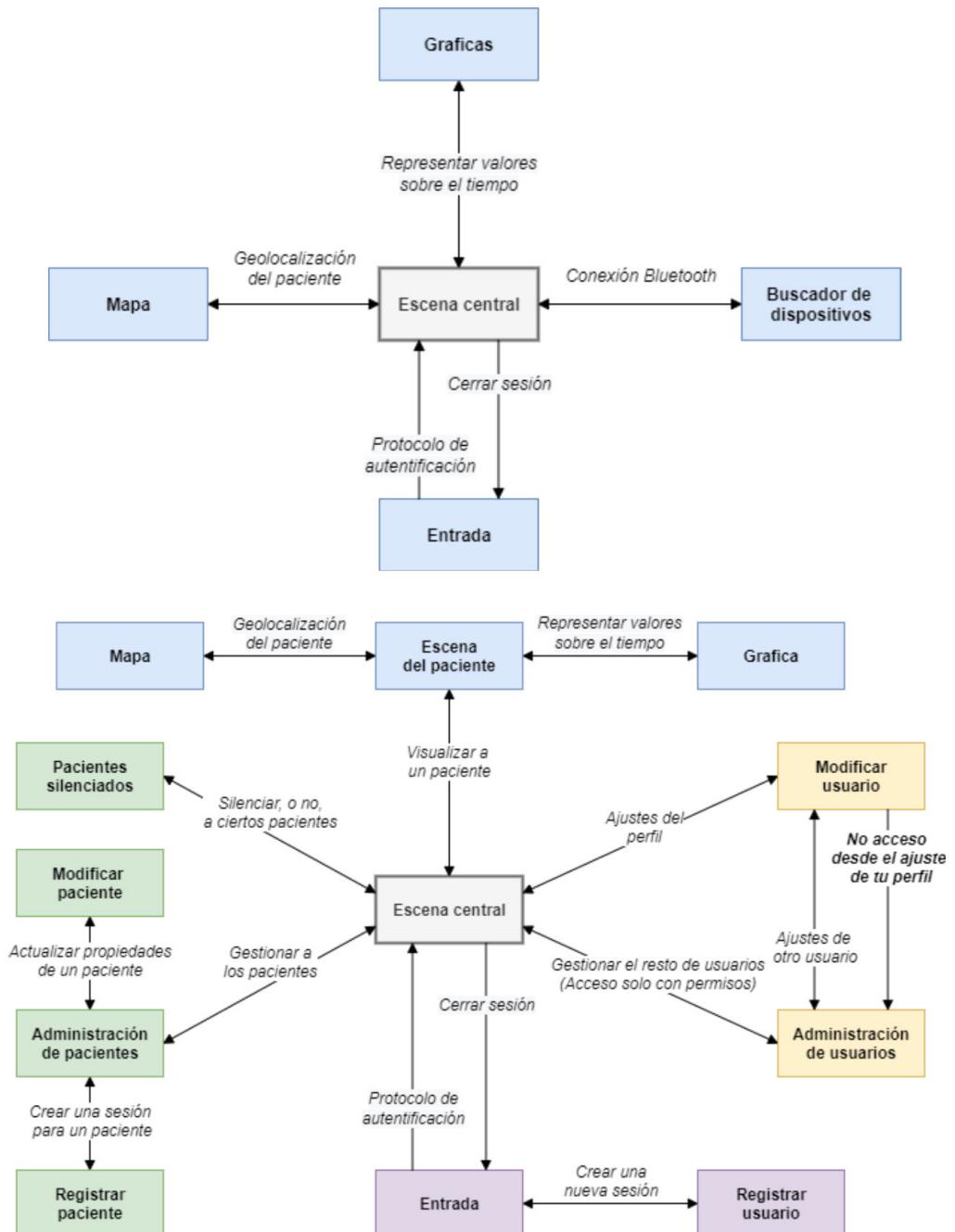


Figura 4. Estructura de la aplicación (izquierda: paciente; derecha: cuidador).

Fuente: elaboración propia.

En cuanto a la aplicación del cuidador, se incluyen funcionalidades para gestionar los usuarios, visualizar de forma independiente las constantes vitales y posicionar geográficamente a cada paciente. De igual forma, esta aplicación gestiona una serie de alertas de notificación en base a las constantes vitales de cada paciente.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se llevaron a cabo pruebas de funcionamiento independientes y pruebas de integración del sistema completo. Los resultados demuestran la viabilidad del sistema, con tiempos de actualización inferiores a 50ms en la aplicación de usuario, tiempo de actualización inferior a 1 segundo en el servidor remoto y, por ende, recepción de alertas en la aplicación del cuidador en intervalos de 1 a 5 segundos desde que se produce el evento. A continuación, pueden observarse capturas del funcionamiento.

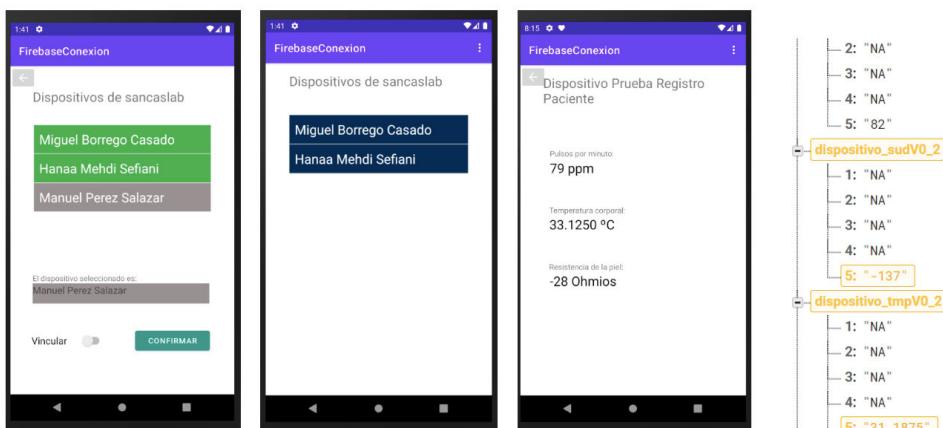


Figura 5. Sistema en funcionamiento.

Fuente: elaboración propia.

4. CONCLUSIONES

Se ha diseñado e implementado un sistema de monitorización de pacientes basado en la arquitectura IoT, haciendo uso de dispositivos wearables y tecnologías móviles. Los resultados son esperanzadores, aunque la resolución de los sensores elegidos no es ideal, observándose cierto ruido electrónico ocasionado por el sensor de pulso cardíaco que, en contadas ocasiones, influye en el posicionamiento GPS.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almenara, J. C.** (1998). Impacto de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación en las organizaciones educativas. Grupo Editorial Universitaria.
- Nadal, J.** (2007). Las TIC y la sanidad del futuro. Bit, 163, 36-40.
- Sparks, R. S., & Okugami, C.** (2016). Tele-health monitoring of patient wellness. Journal of Intelligent Systems, 25(4), 515-528.
- Luna-Perejón, F., et al.** (2021). IoT garment for remote elderly care network. Biomedical Signal Processing and Control, 69, 102848.

SISTEMA LUMÍNICO PARA LA MEDICIÓN DE LA REACCIÓN MOTORA

Zacarías González-Rodríguez¹, Elena Escobar-Linero¹, Luis Muñoz-Saavedra¹, Javier Civit-Masot¹, Manuel Domínguez-Morales^{1,2}

¹Departamento de Arquitectura y Tecnología de Computadores, EPS-ETSII, Sevilla

²I3US: Instituto de Ingeniería en Informática, Sevilla

E-mail de correspondencia: mjdominguez@us.es

RESUMEN

El mundo del deporte ha sufrido un gran cambio, llevando al extremo las exigencias físicas de los deportistas. Uno de los aspectos más importantes en deportes de velocidad es la respuesta de reacción del deportista ante un determinado estímulo. Esta respuesta se compone del tiempo de reacción (desde la aparición del estímulo al inicio del movimiento) y el tiempo de movimiento (desde el inicio del movimiento hasta su finalización). El objetivo de este proyecto es diseñar un entorno automático de entrenamiento para el deportista de cara a mejorar el tiempo de reacción mediante estímulos visuales aleatorios que tendrán que ser apagados por el deportista y cuyos resultados serán registrados en una aplicación a tal efecto. La aplicación de este sistema no solo se aplica a competición de alto rendimiento, sino también a rehabilitación de pacientes con enfermedades neuromusculares.

1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día, el mundo del deporte ha sufrido una gran revolución donde el aspecto físico del deportista es llevado al extremo y, cualquier aspecto por pequeño que sea, puede ser la diferencia entre conseguir los objetivos o no. Uno de los aspectos más importantes es el factor del tiempo, que puede determinar la eficacia y éxito de un movimiento, el cual puede ser clave para la obtención de una meta. Este tiempo puede verse reducido gracias a la Respuesta de Reacción. Ésta se presenta como la capacidad de reacción ante diferentes estímulos externos, y se encuentra compuesta por dos parámetros fundamentales: el Tiempo de Reacción y el Tiempo de Movimiento. El Tiempo de reacción es tiempo desde la aparición del estímulo externo hasta el inicio del movimiento; mientras que el Tiempo de movimiento es el tiempo desde la aparición del movimiento hasta su finalización (Moreno, 1998). Estos dos factores serán los principales parámetros que el deportista tendrá que entrenar y mejorar para conseguir un gran movimiento y de esta manera poder conseguir sus objetivos.

Este proyecto se centra en la creación de un sistema hardware-software que permita ejercitarse al deportista en el primero de los factores, el Tiempo de Reacción. Si se consigue reducir este tiempo al mínimo, se dispondrá de mayor tiempo para ejecutar el movimiento con mayor precisión técnica y con mayor efectividad, ya que el tiempo que antes se gastaba para responder al estímulo externo se emplearía en la ejecución del movimiento o Tiempo de Movimiento.

Dejando a un lado el mundo deportivo y focalizando el estudio en el mundo sanitario, la aplicación que en este proyecto se describe puede encontrar un hueco en pacientes que han sufrido una enfermedad o un accidente que ha dañado una o varias unidades motoras de su sistema neuromotor (Gruart, 2004). Se considera unidad motora como la unión formada entre una neurona motora y las fibras musculares que esta inerva, por lo que se puede encontrar daño en estos pacientes en las fibras musculares, neurona motora o en la unidad motora al completo (siendo este último caso no recuperable).

El sistema presentado ayudará, además de al entrenamiento del tiempo de reacción, a aquellos pacientes que hayan sufrido una enfermedad o accidente neuromuscular donde se haya visto afectada la neurona motora. En este último caso, este sistema permitirá que estas nuevas fibras nerviosas sinérgicas vayan adquiriendo la información de cómo se realiza el movimiento, ya que con el entrenamiento se realiza un envío masivo de órdenes y se activan en mayor medida las fibras nerviosas y musculares pudiendo conseguir una rehabilitación óptima del movimiento perdido.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El sistema propuesto viene descrito en el siguiente diagrama de bloques:

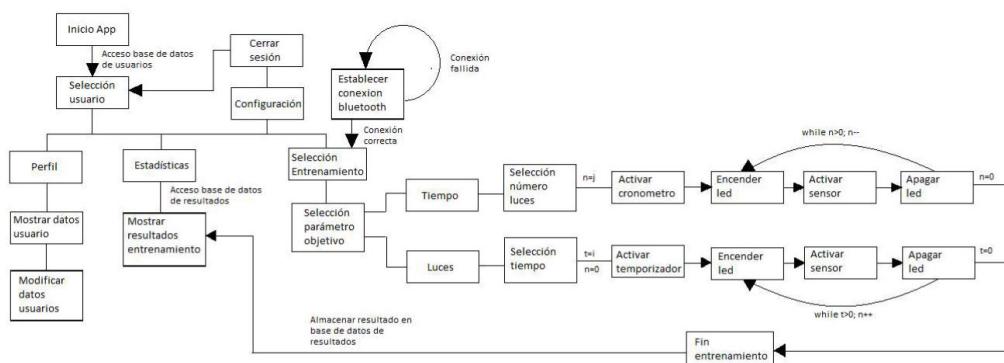


Figura 1. Diagrama de bloques del sistema.

Fuente: elaboración propia.

Está compuesto por una parte hardware y otra parte software. Para la parte hardware, en el prototipo se ha diseñado un sistema sencillo de encendido de luces led y detección de presencia del usuario basándose en un microcontrolador de bajo coste. A continuación, se puede observar el esquemático del sistema para una única luz:

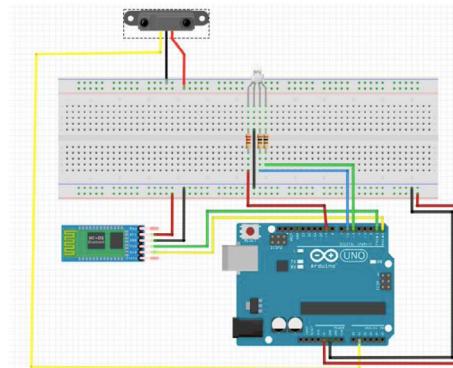


Figura 2. Esquemático del hardware para una luz.

Fuente: elaboración propia.

La comunicación de la parte hardware con la aplicación del usuario se realiza de forma bidireccional mediante una red de área personal basada en bluetooth. La aplicación programa el microcontrolador con el orden de encendido de las luces, y el sistema empotrado registra y notifica cuando el usuario ha completado el acercamiento a cada luz de forma independiente.

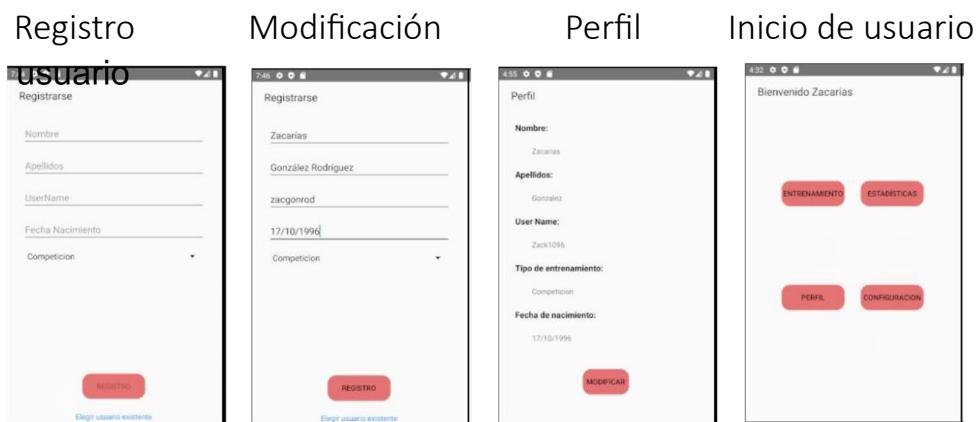


Figura 3. Pantallas principales de la aplicación.

Fuente: elaboración propia.

Con respecto a la aplicación, permite gestionar y seleccionar los usuarios del sistema, mostrar las estadísticas de los entrenamientos realizados, configurar los próximos entrenamientos en base al número de luces, tiempos de activación y aleatoriedad, seleccionar ciertos tipos de entrenamientos prefijados y dar comienzo al entrenamiento pre-configurado. A continuación, pueden observarse ciertas capturas de los modos descritos de la aplicación de usuario:



Figura 4. Obtención de estadísticas.

Fuente: elaboración propia.

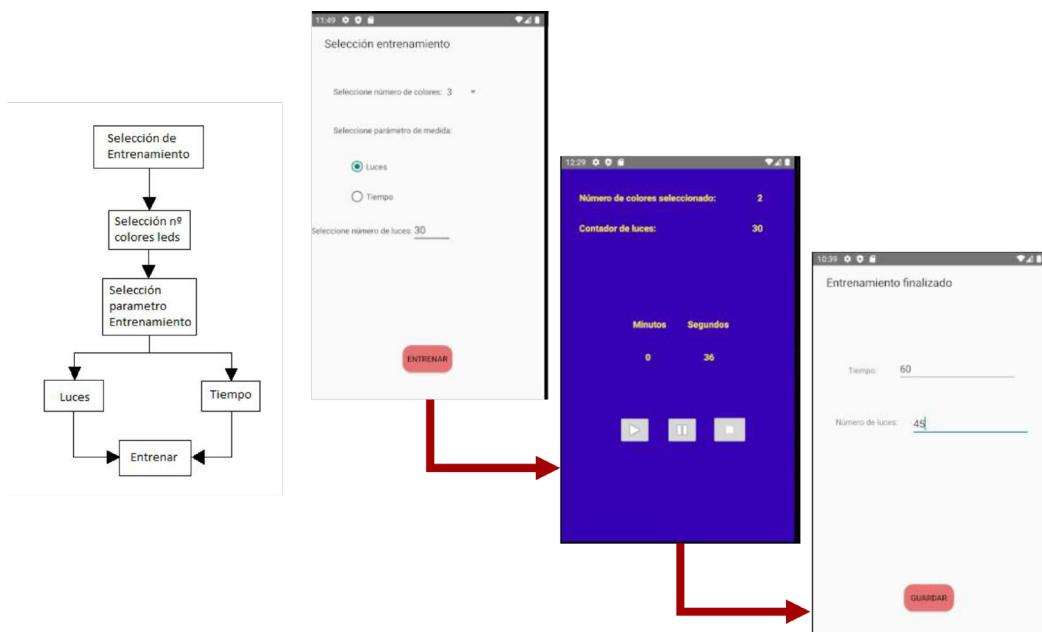


Figura 5. Inicio de entrenamiento.

Fuente: elaboración propia.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Este sistema no ha sido probado con pacientes con limitaciones neuromotoras, pero sí ha sido probado con varios deportistas para conocer sus impresiones y modificar los fallos detectados. Aparte del aspecto visual y los acabados, que precisan de una segunda versión para ser más usables, todos coinciden en la utilidad del sistema y el valor añadido que aporta al mercado, ya que los productos existentes están muy cerrados y no permiten configurar sus propios entrenamientos.

En cuanto a las pruebas de funcionamiento, el sistema funciona perfectamente y solo se han encontrado fallos cuando el dispositivo se encontraba alejado del móvil, momento en el que se perdía información en la transmisión.

4. CONCLUSIONES

Se ha diseñado e implementado un sistema de entrenamiento y ejercitación del tiempo de reacción basado en un microcontrolador de bajo coste y una aplicación de usuario. Este sistema es completamente configurable y portable, aportando novedades que actualmente no se encuentran en el mercado. Su uso no solo sirve a deportistas, sino que hay un nicho de mercado importante que explotar en la rehabilitación de pacientes con deficiencias neuromotoras.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Moreno, F. J. et al.** (1998). La anticipación en el deporte y su entrenamiento a través de preíndices. Revista de psicología del deporte, 7(2).
- Gruart, A., et al.** (2004). Regeneración neuronal y recuperación funcional tras la lesión del sistema nervioso periférico. Rev. Neurol, 38(8), 746-56.

SISTEMA INTEGRAL DE AYUDA A LA CONDUCCIÓN MEDIANTE PROCESAMIENTO CON REDES NEURONALES CONVOLUCIONALES

Juan Arteaga-Carmona¹, Luis Muñoz-Saavedra¹, Javier Civit-Masot¹, Francisco Luna-Perejón¹, Manuel Rivas-Pérez¹, Manuel Domínguez-Morales^{1,2}

¹Departamento de Arquitectura y Tecnología de Computadores, EPS-ETSII, Sevilla

²I3US: Instituto de Ingeniería en Informática, Sevilla

E-mail de correspondencia: mjdominguez@us.es

RESUMEN

Los sistemas de ayuda a la conducción han experimentado un gran auge en los últimos años, convirtiéndose en un punto importante a tener en cuenta tanto para los usuarios finales, que desean adquirir vehículos más seguros, como para las propias empresas que los crean, puesto que es un paso intermedio necesario para la eventual transformación a la conducción autónoma. Sin embargo, este tipo de sistemas suelen estar restringidos a modelos de alta gama. En este proyecto se diseña e implementa un sistema integral de ayuda a la conducción haciendo uso de sistemas empotrados, visión por computador e inteligencia artificial, pudiéndose incluir en cualquier vehículo con relativa facilidad. El objetivo principal es conseguir detectar y avisar al conductor ante estados anómalos de forma acústica y/o visual. Para ello se conecta el sistema con un emulador (utilizado por empresas automovilísticas) obteniendo información mediante sensores, procesando la información y realizando un análisis del estado del vehículo y su entorno.

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha producido una gran explosión en la investigación y comercialización de los sistemas de ayuda a la conducción debido a las peticiones de los clientes que desean más seguridad para sus familias y que tienen la mirada puesta en la eventual conversión a la conducción autónoma total. Los sistemas de ayuda a la conducción han sido unos de los primeros pasos que se han dado en la búsqueda de la conducción autónoma por parte de las empresas automovilísticas.

Así pues nos podemos encontrar con sistemas como Mobileye (Yoffie, 2014), que forman la base de sistemas de ayuda a la conducción como Nissan ProPilot y las primeras versiones del sistema Autopilot de Tesla.

Empresas como Waymo y Uber también han creado sistemas de conducción autónoma con sensores LIDAR que obtienen una nube de puntos de alta resolución de los

alrededores del vehículo. Además, existen otros sistemas basados en visión por computador creados por las propias empresas automovilísticas como SuperCruise de Cadillac, que consigue navegar en autopistas sin problema alguno gracias a la ayuda de HD maps generados previamente (Cadillac, 2019), o las últimas versiones del sistema Autopilot de Tesla (Tesla, 2019), que alcanza un nivel de autonomía 2 en cualquier tipo de calzada con marcas claramente visibles.

Sin embargo, estos sistemas requieren vehículos de alta gama que contengan unidades de procesamiento interno de alta capacidad, con el fin de poder procesar en tiempo real la información proveniente de los múltiples sensores que tengan conectados al vehículo.

El objetivo principal de este trabajo es desarrollar un sistema integral de ayuda a la conducción implementado sobre un sistema empotrado especializado que permita ser integrado con relativa facilidad en cualquier vehículo. Este sistema proporcionaría información de todo tipo de evento de interés para el conductor: señalización, semáforos, colisiones con vehículos y peatones, atención del conductor, etc. Y, para llevar a cabo todo ello en tiempo real, el sistema empotrado deberá ser entrenado mediante técnicas de inteligencia artificial para agilizar el proceso de detección de patrones de la información proporcionada por las diversas cámaras adheridas al vehículo.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La arquitectura del sistema puede observarse en el siguiente esquema:

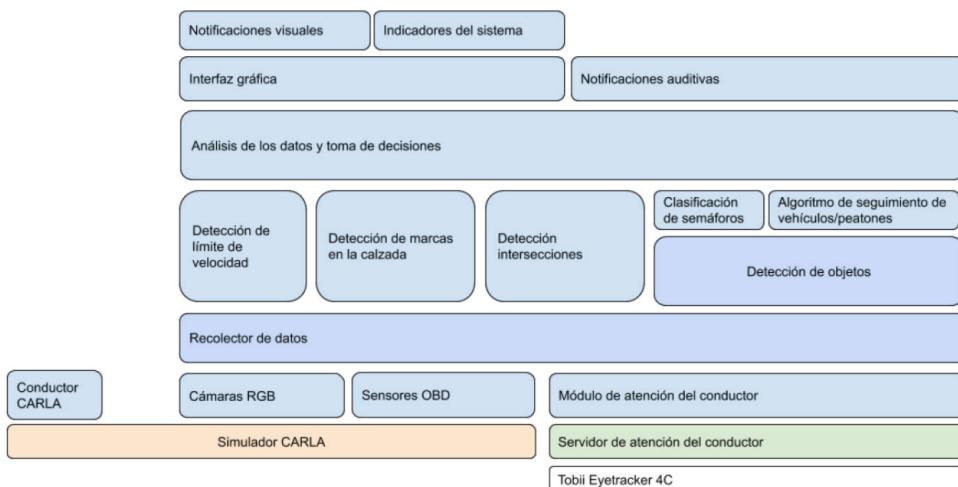


Figura 1. Diagrama de bloques del sistema.

Fuente: elaboración propia.

La idea principal de la aplicación consiste en la recolección de los datos aportados por el simulador CARLA, en el cual controlamos un vehículo mediante el Conductor CARLA, y el servidor de atención del conductor, que utiliza el sensor Tobii Eyetracker 4C, para posteriormente ser analizados por los distintos módulos de detección y, una vez tengamos conocimiento sobre el estado del vehículo, poder tomar las decisiones y alertar al conductor en el caso de que se crea necesario.

La decisión de hacer uso de un simulador de conducción para proporcionar la información de navegación del vehículo se vio necesario debido a las restricciones de la pandemia; aun así, cabe destacar que este simulador es el utilizado por empresas automovilísticas para sus pruebas preliminares. A continuación, se comentan con un poco más de detalle los puntos más importantes de entre los que se pueden observar en la figura anterior:

- Simulador y conductor CARLA: mundo y vehículo sobre el cual se ejecutará el sistema.
- Servidor de atención del conductor: encargada de controlar la atención del conductor gracias al sensor Tobii Eyetracker 4C.
- Recolector de datos: obtiene información del simulador y del servidor de atención del conductor.
- Módulos de detección: clasificadores independientes.
- Análisis de los datos y toma de decisiones: toma decisiones de las notificaciones en base a las detecciones.
- Interfaz gráfica y notificaciones: donde podrán observarse todos los datos recibidos, así como las notificaciones visuales.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tras diseñar y probar el modelo de red de detección de intersecciones (con una red convolucional de 12 capas), los resultados se muestran a continuación:

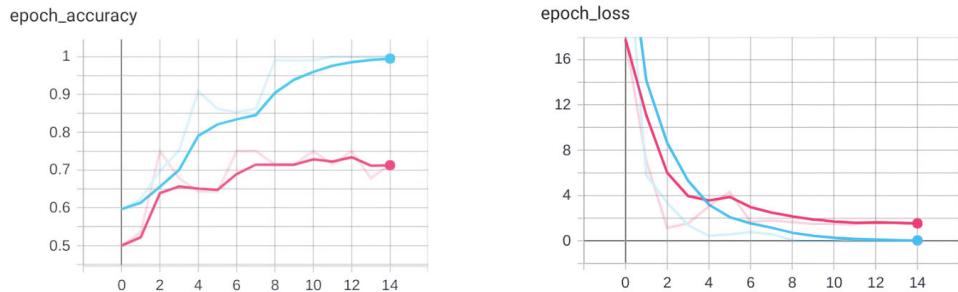


Figura 2. Entrenamiento de la red de intersecciones.

Fuente: elaboración propia.

Con respecto al modelo de clasificación de semáforos (con una red convolucional de 9 capas), los resultados se muestran a continuación:

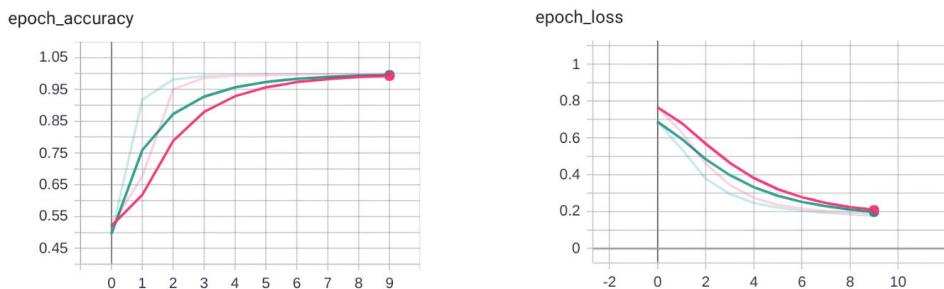


Figura 3. Entrenamiento de la red de semáforos.

Fuente: elaboración propia.

Todo ello integrado junto al detector de personas, coches y señalizaciones, dan pie al sistema completo que se presenta seguidamente:



Figura 4. Sistema integral en funcionamiento.

Fuente: elaboración propia.

4. CONCLUSIONES

Se ha creado un sistema robusto y funcional que cumple los objetivos técnicos del proyecto. Para ello se han entrenado diversos sistemas de redes neuronales convolucionales para detectar diversos patrones y/o señalizaciones del medio, obteniéndose resultados más que aceptables.

Con todo ello, se demuestra la viabilidad de utilizar este tipo de sistemas sobre vehículos reales y que no dispongan de sistema de procesamiento propio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Yoffie, D. B.** (2014). Mobileye: The future of driverless cars. Harvard Business School Case, 715-421.
- Caddillac.** (2019) Supercruise: Hands-free driving. Recurso online. Disponible en: <https://www.cadillac.com/ownership/vehicle-technology/super-cruise> (Consultado el 02-09-2019).
- Tesla.** (2019) Tesla autopilot. Recurso online. Disponible en: https://www.tesla.com/es_ES/autopilot (Consultado el 04-11-2019).

HERRAMIENTA DE VISUALIZACIÓN, ANÁLISIS Y CONVERSIÓN DE DATASETS ANALÓGICOS A IMÁGENES PARA SU POSTERIOR PROCESADO POR DEEP LEARNING

Manuel Rivas Pérez¹, Francisco Luna-Perejón¹, Javier Civit-Masot¹, Lourdes Miró-Amarante^{1,2}, Antón Civit^{1,2}, Manuel Domínguez-Morales^{1,2}

¹Departamento de Arquitectura y Tecnología de Computadores, EPS-ETSII, Sevilla

²I3US: Instituto de Ingeniería en Informática, Sevilla

E-mail de correspondencia: mrivas@us.es

RESUMEN

Las herramientas de aprendizaje automático se desarrollaron inicialmente para clasificar información visual y detectar patrones en éstas. Debido a ello, muchos trabajos transforman información almacenada analógicamente a imágenes para utilizar sistemas de clasificación basados en redes neuronales convolucionales. Sin embargo, con el auge de las señales fisiológicas se han extendido los sistemas de clasificación que utilizan directamente información analógica en las redes neuronales. Aun así, por experiencia, muchos investigadores continúan transformando la información a imágenes para su procesado. En este trabajo se diseña, desarrolla y prueba una herramienta software capaz de trabajar con un dataset analógico para visualizarlo y almacenarlo en forma de imágenes según las preferencias del usuario y permitiendo diversos procesamientos previos. Esta herramienta permitirá realizar una comparativa exhaustiva entre ambos sistemas de clasificación.

1. INTRODUCCIÓN

El Aprendizaje Automático es una rama de la Inteligencia Artificial (IA) que tiene como objetivo principal desarrollar mecanismos que permitan que un computador aprenda (Moreno, 1994). Éste se basa en el análisis de datos y extracción de características de estos, todo realizado de forma automática por un computador. La principal herramienta para extraer esta información y almacenar las características son las redes neuronales artificiales, que consisten en un modelo computacional compuesto por neuronas artificiales conectadas entre sí para transmitirse señales, permitiendo la variación de pesos en estas conexiones y, de esta manera, modificando las señales de entrada hasta obtener la respuesta deseada. Son estos pesos de los enlaces de las neuronas los que modelan la respuesta y contienen el conocimiento aprendido.

Para procesar datos propiamente dichos, se utilizaba inicialmente la estadística inferencial (y actualmente se sigue utilizando en algunos ámbitos), por lo que la necesi-

dad del aprendizaje automático surge cuando los datos a analizar son más complejos y no es trivial extraer características de estos. Es por ello por lo que, inicialmente, estas técnicas se comenzaron a aplicar sobre imágenes.

Para ello, se elaboran modelos de redes neuronales convolucionales, que admiten poblaciones bidimensionales de neuronas, activadas independientemente por la información de cada píxel de la imagen. Estas redes neuronales, habitualmente, están formadas por múltiples capas de filtros convolucionales y reducciones de muestreo para ir extrayendo las características buscadas en el modelo (Albawi, 2017). Como resultado, estas redes son ampliamente utilizadas en visión artificial, ya que el procesamiento se asemeja a las neuronas de la corteza visual primaria (V1) de un cerebro biológico. Debido a su uso extendido en la visión artificial, múltiples profesionales del campo de la IA focalizaron su investigación a este ámbito, obteniendo una amplia experiencia al respecto.

Fruto de este hecho, cuando posteriormente se comenzó a dar importancia al procesamiento de señales analógicas (entre ellas, las fisiológicas), estos profesionales adaptaron la información de entrada para poder realizar el procesamiento con los sistemas convolucionales que ya dominaban. Esto implica que estas señales analógicas son transformadas a imágenes para poder ser procesadas por las redes neuronales convolucionales; por supuesto, de una forma totalmente personalizada por parte de cada profesional. Pero surgen redes neuronales y mecanismos especializados en procesar dicho tipo de información analógica con buenos y rápidos resultados.

Por lo tanto, el interés futuro de este trabajo es realizar una comparativa entre las redes neuronales especializadas en señales fisiológicas y las redes neuronales convolucionales que hagan uso de conversiones a imágenes de dichas señales (Chen, 2014). Para ello, en este trabajo se presenta una herramienta software capaz de trabajar con datasets de información almacenada completamente de forma analógica y obtener un conjunto de imágenes que la representen.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se parte de un conjunto de datasets de prueba, que integran información de tres sensores inerciales con etiquetas, y el resultado es obtener ese mismo dataset particionado en forma de imágenes con un ancho de muestras idéntico y etiquetados automáticamente en base a las señales analógicas de entrada. Puede observarse el objetivo principal de la herramienta en la siguiente figura:

Entrada → Dataset analógico Salida → Dataset de imágenes

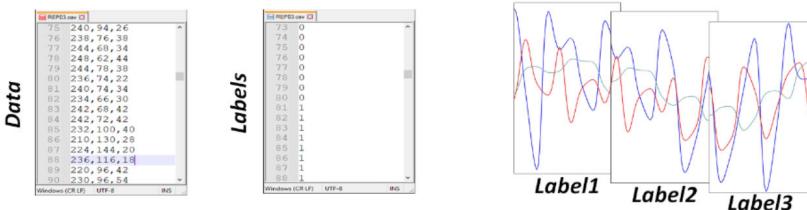


Figura 1. Objetivo principal de la herramienta.

Fuente: elaboración propia.

Para ello se hará uso de la herramienta Visual Studio, utilizando las librerías de .NET 5, con el fin de permitir la multiplataforma. Además del aspecto visual intuitivo y usable, se precisan las siguientes características para considerarla una herramienta útil para la tarea a desarrollar en el futuro:

- Selección del dataset de entrada: la herramienta debe permitir seleccionar la fuente de entrada, permitiendo la división de la información en varios ficheros si fuera necesario y con las etiquetas en el mismo fichero o en uno diferente.
- Filtrado de la señal: debe permitir aplicar filtros a cada fuente de forma independiente. Inicialmente se incluirán los filtros más comunes, pero puede ser ampliable.
- Visualización con interpolación: debe permitir al usuario que la representación sea fluida e incluya la posibilidad de interpolar los puntos para que el resultado no posea picos.
- Solapamiento: la herramienta debe permitir elegir el porcentaje de solapamiento que tendrán las imágenes resultantes entre ellas.
- Reglas de etiquetado: debido a que el dataset origen posee una etiqueta por muestra y que la herramienta agrupará múltiples muestras en una misma imagen, ésta debe permitir configurar las reglas de etiquetado automático en base al porcentaje de aparición de cada tipo de etiqueta del origen.
- Simulador adaptable: todas las herramientas incluidas se implementarán como módulos, para permitir ampliar con nuevas herramientas y filtros en el futuro.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tras desarrollar la herramienta, se han incluido todos los objetivos propuestos en el apartado anterior, obteniéndose una herramienta útil y, a su vez, visualmente atractiva. El esquema de procesado de la herramienta se muestra a continuación:

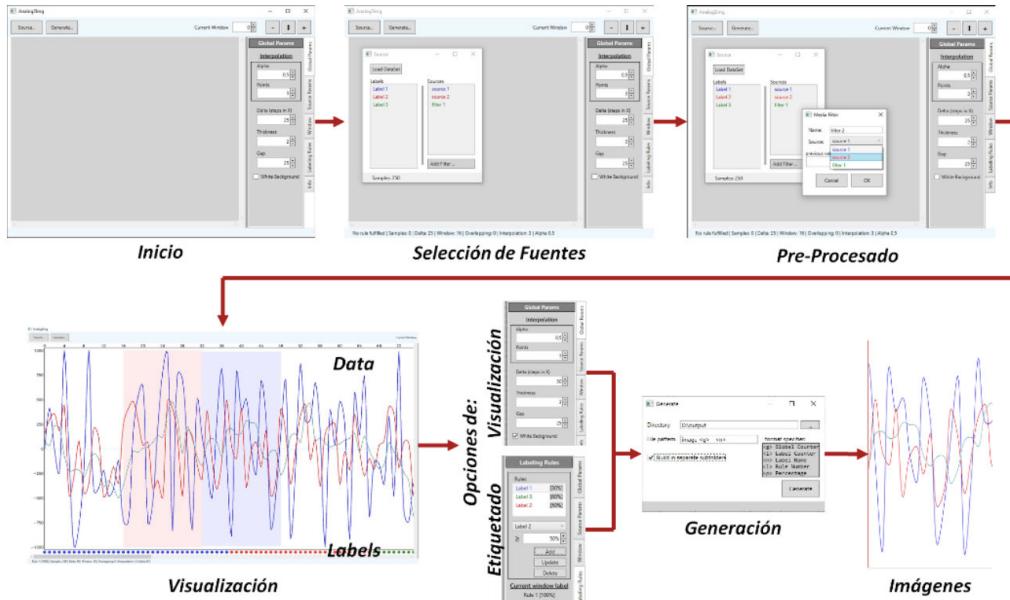


Figura 2. Esquema de procesamiento.

Fuente: elaboración propia.

4. CONCLUSIONES

Se ha diseñado, implementado y probado una herramienta software capaz de convertir de forma automática información almacenada analógicamente a información en imágenes. La herramienta permite realizar filtrados de la señal, contiene múltiples opciones de visualización y admite reglas de etiquetado automático para el dataset de salida.

Esta herramienta es muy útil para trabajos futuros de comparativa entre procesamiento por redes neuronales analógicas y redes neuronales convolucionales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Moreno, A. (1994). Aprendizaje automático.

Albawi, S., Mohammed, T. A., & Al-Zawi, S. (2017, August). Understanding of a convolutional neural network. In 2017 International Conference on Engineering and Technology (ICET) (pp. 1-6). Ieee.

Chen, D. G., Tang, F., Law, M. K., & Bermak, A. (2014). A 12 pJ/pixel analog-to-information converter based 816× 640 pixel CMOS image sensor. IEEE Journal of Solid-State Circuits, 49(5), 1210-1222.

APLICACIÓN DEL MÉTODO KANO EN EL DISEÑO CONCEPTUAL DE BIPEDESTADORES PARA NIÑOS CON PARÁLISIS CEREBRAL

Carlos Enrique Ramírez Mulet¹, Alexis Cordovés Rodríguez², Jose Antonio Hechavarría Lago², Alexis Álvarez Cabrales³

¹Centro de Estudios CAD/CAM, Universidad de Holguín, Cuba

²Departamento de Mecánica Aplicada, Universidad de Holguín, Cuba

³Departamento de Ciencias Técnicas, Universidad de Granma, Cuba

E-mail de correspondencia: aalvarezc@udg.co.cu

RESUMEN

En el proceso de desarrollo de productos, el diseño es una de las actividades que demanda un alto grado de análisis y síntesis de soluciones. La base de todo este proceso se basa en la determinación de los requerimientos funcionales y su posterior clasificación. En este artículo se muestra la utilización del método Kano, para el análisis cualitativo de los requerimientos funcionales en el caso de un bipedestador para pacientes con parálisis cerebral infantil. Los resultados obtenidos demuestran la visualización de la estratificación de los requerimientos funcionales, aspecto esencial a ser utilizado en la etapa de definición de las variantes conceptuales del diseño de productos.

1. INTRODUCCIÓN

La etapa de diseño conceptual se encuentra estrechamente relacionada con la determinación y análisis de los requerimientos funcionales. Estos constituyen los parámetros iniciales en la definición del producto, y definen en un entorno del 70 por ciento, la estructura y alcance de las diferentes actividades que componen el ciclo de vida del producto (Álvarez, Pérez, Aguilera, & Riba, 2008).

La Parálisis Cerebral Infantil es una de las tres discapacidades más comunes del desarrollo que prevalecen durante toda la vida (Gulati & Sondhi, 2018; Springer *et al.*, 2019). No puede definirse como una única enfermedad, sino que es un síndrome que engloba un grupo de trastornos heterogéneos del desarrollo del movimiento y de la postura persistentes que causan limitación en la actividad y son atribuidos a lesiones no progresivas, no inmutables, que ocurren en el cerebro inmaduro a causa de una lesión pre, peri o posnatal (Rodríguez-Mariblanca & Cano-de-la-Cuerda, 2017).

El objetivo del presente trabajo es mostrar la utilización de la herramienta Kano en la estratificación de los requerimientos funcionales para el diseño de un bipedestador para niños con parálisis cerebral.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El método Kano se utiliza generalmente para estudios de benchmarking y marketing (Tai-Hsi *et al.*, 2020; Xi, Zhang, Li, & Cheng, 2020). Este método mide la relación entre la funcionalidad de los productos especificada en un sentido amplio, y la satisfacción que esta funcionalidad le brinda a los usuarios. Kano distingue tres tipos de requerimientos del producto (Figura 1) que influyen de diferente manera en la satisfacción del cliente (Alvarez, Pérez, Aguilera, & Riba, 2008).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El método Kano se basa en la aplicación de un cuestionario a los clientes o usuarios, donde el análisis e interpretación de los datos recolectados permite disponer del mapa de respuestas de clientes. Este mapa refleja la clasificación de los requerimientos funcionales necesarios para lograr la conceptualización del producto y su clasificación. En este apartado, se presentan de forma resumida los resultados obtenidos de la utilización del método Kano en el diseño conceptual del caso de estudio.

La definición inicial del diseño conceptual del bipedestador para niños con parálisis cerebral infantil, se basó en la identificación y caracterización de las necesidades de los usuarios a través de una encuesta (no analizada en este artículo). La misma se diseñó orientada a conocer cuáles eran los aspectos que conforman la visión holística del tratamiento de pacientes con estos dispositivos, que implícitamente reflejan el impacto o influencia en las diferentes dimensiones del diseño. El procesamiento de los datos recogidos en el cuestionario Kano se inicia con una observación minuciosa del mapa de las respuestas.

El mapa de respuestas (Tabla 1) es la base para una evaluación cualitativa de los requerimientos que requieren formas complementarias de análisis y compromisos de diseño entre distintos requerimientos. El análisis detallado de las respuestas permite agruparlas en una tabla de concentración, que corresponde a cada una de las preguntas del cuestionario con el objetivo de observar la dispersión de las respuestas.

El análisis del mapa de respuestas del cuestionario Kano (realizado en una macro en Microsoft Excel) permite construir la Tabla 2, correspondiente con la clasificación de

los requerimientos para las 35 encuestas realizadas a los usuarios seleccionados en el estudio exploratorio.

Tabla 1. Mapa de respuestas de seis requerimientos de las encuestas.

REQUERIMIENTO 1: Configuración con estructura modular						REQUERIMIENTO 2: Suficiente resistencia estructural					REQUERIMIENTO 3: Resistencia a procesos corrosivos						
Req 1	Requerimientos disfuncionales					Req 2	Requerimientos disfuncionales					Req 3	Requerimientos disfuncionales				
Requerimientos Funcionales	1	2	3	4	5	Requerimientos Funcionales	1	2	3	4	5	Requerimientos Funcionales	1	2	3	4	5
1	0	0	2	5	9	1	0	0	1	0	5	1	0	0	0	0	
2	0	0	0	0	2	2	0	0	1	0	10	2	0	0	0	2	
3	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	
4	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	1	4	0	0	0	0	
5	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	
REQUERIMIENTO 4: Facilidades ergonómicas						REQUERIMIENTO 5: Dispositivo ligero					REQUERIMIENTO 6: Control de variables por Arduino						
Req 4	Requerimientos disfuncionales					Req 5	Requerimientos disfuncionales					Req 6	Requerimientos disfuncionales				
Requerimientos Funcionales	1	2	3	4	5	Requerimientos Funcionales	1	2	3	4	5	Requerimientos Funcionales	1	2	3	4	5
1	0	0	0	2	3	1	0	0	0	1	6	1	0	1	3	1	
2	0	0	0	1	12	2	0	0	0	0	6	2	0	0	0	1	
3	0	0	0	0	1	3	0	0	0	1	3	3	0	0	1	3	
4	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	2	4	0	0	5	1	
5	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	

Fuente: elaboración propia.

Tabla 2. Clasificación de los requerimientos obtenida con la Tabla de Kano (primeros 10 requerimientos funcionales).

No.	Requerimientos funcionales	A	O	U	I	Inv.	D	T	Cla.	P	S	T	Q	Abs (a-b)	Imp.	Mejor	Peor	
1	Configuración con estructura modular	7	3	9	0	0	19	U	U	O	I	8,21	>	-5	0,91	0,84	-0,63	
2	Suficiente resistencia estructural	1	12	5	1	0	0	19	O	O	UI	A	7,15	>	4	0,68	0,32	-0,89
3	Resistencia a procesos corrosivos	0	10	7	2	0	0	19	O	O	O	A	7,14	>	1	0,74	0,37	-0,89
4	Facilidades ergonómicas	2	13	3	1	0	0	19	O	O	O	I	7,96	>	2	0,79	0,26	-0,84
5	Dispositivo ligero	1	11	6	1	0	0	19	O	O	I	7,03	>	3	0,64	0,37	-0,89	
6	Control de variables por Arduino	4	4	1	10	0	0	19	I	I	O	I	6,89	>	2	0,47	0,26	-0,26
7	Adaptable a los diferentes contextos	2	7	6	4	0	0	19	O	O	O	I	6,70	>	-2	0,55	0,42	-0,68
8	Utilizar piezas intercambiables	4	11	3	1	0	0	19	O	O	O	AI	7,03	>	3	0,65	0,37	-0,74
9	Que sea portátil	4	6	2	7	0	0	19	I	I	O	Inv.	6,96	>	-3	0,56	0,32	-0,42
10	Multiposicionamiento de rehabilitación	8	4	6	1	0	0	19	A	A	O	AI	7,35	>	-3	0,78	0,74	-0,53

Fuente: elaboración propia.

La distribución de los requerimientos se puede apreciar en la Figura 1, representando un análisis más completo de los requerimientos a considerar para el diseño conceptual. Del total de 32 requerimientos, se catalogaron como unidimensionales 19, como obligatorios 8 y como indiferente 5. El gráfico obtenido permite la clarificación y estratificación de los requerimientos de usuarios en función de las cualidades que los mismos poseen, para el caso de estudio.

Esta clasificación de los requerimientos funcionales permite conceptualizar el bipedestador para niños con parálisis cerebral infantil en la siguiente fase del proceso de diseño, en base a diferentes combinaciones de requerimientos.

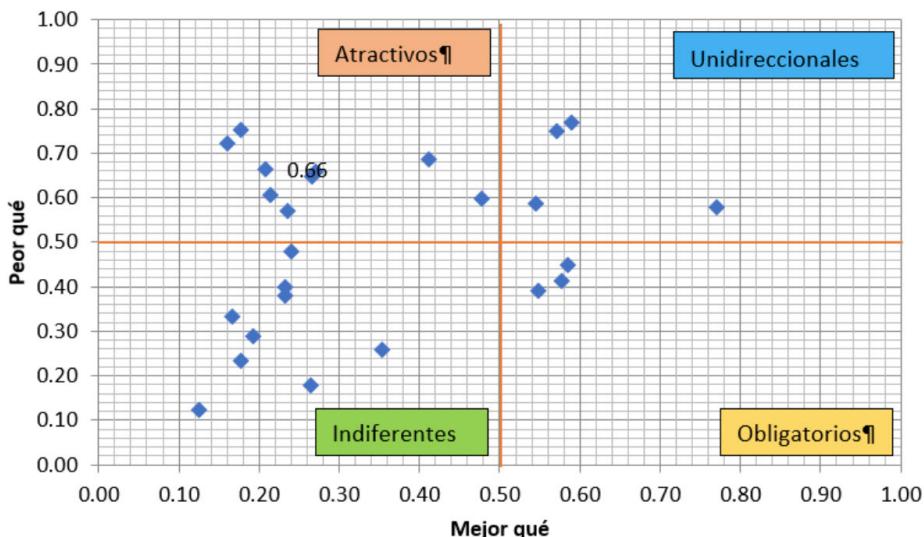


Figura 1. Clasificación de los requerimientos por el método Kano.

Fuente: elaboración propia.

4. CONCLUSIONES

La utilización del método Kano para el diseño conceptual de productos mecánicos, constituye una herramienta adecuada para el diseñador, pues le permite la clarificación y estratificación de los requerimientos funcionales o necesidades del cliente. El método Kano aplicado al caso de estudio permitió la estratificación de los requerimientos funcionales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarez, A., Pérez, R., Aguilera, O., & Riba, C.** (2008). Análisis conceptual del diseño de gradas a través del método Kano. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 17(4), 31-35.
- Gulati, S., & Sondhi, V.** (2018). Cerebral Palsy: An Overview. The Indian Journal of Pediatrics, 85(11), 1006–1016.
- Rodríguez-Mariblanca, M., & Cano-de-la-Cuerda, R.** (2017). Aplicaciones móviles en la parálisis cerebral infantil. Neurología(Diciembre), 1-14.

Tai-Hsi, W., et al. (2020). Exploring service quality combining Kano model and importance-performance analysis – customer satisfaction of luxury housing service management. *International Journal of Services, Economics and Management*, 11(1), 71-94.

Xi, L., Zhang, H., Li, S., & Cheng, J. (2020). Integrating fuzzy Kano model and fuzzy importance–performance analysis to analyse the attractive factors of new products. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 16(5). doi: 10.1177/1550147720920222

DESARROLLO DE NANOESTRUCTURAS DE TRIACETATO DE CELULOSA CON POTENCIALES APLICACIONES INGENIERILES

J. F. Rubio-Valle*, M. C. Sánchez, C. Valencia, J. E. Martín-Alfonso y J. M. Franco

Pro2TecS – Centro de Investigación en Tecnología de Productos y Procesos Químicos.

Departamento de Ingeniería Química, Química Física y Ciencia de los Materiales, ETSI,

Campus de “El Carmen”, Universidad de Huelva, 21071 Huelva, España.

E-mail de correspondencia: josefernando.rubio@diq.uhu.es

RESUMEN

El presente trabajo se centra en el desarrollo de membranas obtenidas por electrohilado a partir de disoluciones de triacetato de celulosa a diferentes concentraciones (1,5-7% en peso), utilizando como disolventes una mezcla de diclorometano y etanol (70/30). Se realizó una caracterización de las propiedades físico-químicas y reológicas de las disoluciones del biopolímero, para obtener información sobre la viabilidad para formar nanofibras de las distintas disoluciones durante el proceso electrohilado. Posteriormente se llevó a cabo una caracterización morfológica de las nanoestructuras obtenidas mediante microscopía electrónica de barrido (SEM). Los resultados obtenidos demuestran que existe una correlación entre las propiedades morfológicas de las nanoestructuras obtenidas con las propiedades físico-químicas que presentaban las disoluciones. Estas nanoestructuras tienen potenciales aplicaciones ingenieriles.

1. INTRODUCCIÓN

El electrohilado es una de las técnicas más importantes en la fabricación de nanoestructuras poliméricas. Aunque este proceso fue patentado hace más de ochenta años, hasta hace relativamente poco tiempo, no se ha prestado especial atención. Su gran interés radica en su alta reproducibilidad para determinadas condiciones de procesado, la facilidad de implementación y de combinar diferentes tipos de polímeros, permitiendo así obtener nanoestructuras personalizadas (Rubio-Valle *et al.*, 2021).

El triacetato de celulosa es un polímero producido como resultado de una reacción química entre la celulosa y el anhídrido acético (Nguyen *et al.*, 2013). Tiene propiedades interesantes como alta transparencia, excelente resistencia a los disolventes y resistencia al calor. Además, se puede procesar fácilmente en películas, membranas y fibras a partir de fusión o solución, lo que lo convierte en un éster de celulosa

importante en áreas como la biomedicina, industria alimentaria, agroquímica, liberación de fármacos, etc.

El objetivo principal del trabajo consiste en la preparación y caracterización de las nano/microestructuras de triacetato de celulosa producidas mediante la técnica de electrohilado.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

El triacetato de celulosa (TC) fue suministrado por Sigma Aldrich (USA) y contiene entre un 43,3-43,9% de grupos acetilos. Como disolventes se emplearon diclorometano (DCM) y etanol (EtOH), ambos suministrados por Honeywell (USA).

Elaboración de las nanoestructuras

Las disoluciones de TC se elaboraron a distintas concentraciones en peso (1,5-7%), como se puede observar en la Tabla 1. Para ello se empleó una mezcla de DCM y EtOH con una relación 70/30. Para la fabricación de las nanoestructuras se colocaron 20 ml de disolución de TC en una jeringa de plástico equipada con una aguja de 18 G; la jeringa se fijó al soporte utilizando una configuración horizontal y se aplicó 15 kV provenientes de una fuente de alimentación de alto voltaje.

Caracterización de las disoluciones

En primer lugar, las viscosidades de las disoluciones poliméricas fueron caracterizadas empleando un reómetro de deformación controlada de TA-Instruments (USA). Las medidas de tensión superficial y la conductividad eléctrica se realizaron utilizando un tensiómetro de fuerza de la marca registrada Biolint Science (China) y un conductímetro de la marca comercial Crison (España), respectivamente.

Por último, la caracterización morfológica de las nanoestructuras de TC se realizó mediante microscopía electrónica de barrido (SEM) utilizando un microscopio Hitachi, modelo FlexSEM1000 (Japón), operando a un voltaje de aceleración de 15 kV y a diferentes aumentos. Las muestras se recubrieron previamente con oro utilizando un sputtering modelo HHV Scancoat Six SEM (Reino Unido).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Propiedades físico-químicas de las disoluciones

El rendimiento del proceso de electrohilado depende de varias propiedades físico-químicas de la disolución, como son la viscosidad, la tensión superficial y la conductividad eléctrica.

En la Tabla 1 se muestran estos valores en función de la concentración de TC. La viscosidad y la tensión superficial aumentan al incrementar la concentración de polímero en la disolución. Por otro lado, la conductividad eléctrica tiende a aumentar con la concentración de TC hasta llegar a una concentración critica (>5%) donde empiezan a disminuir. Esto puede ser debido al aumento de la concentración de iones que produce el aumento de la concentración de TC en la disolución provocando una disminución de la movilidad de estos.

Tabla 1. Viscosidad, tensión superficial y conductividad eléctrica para las disoluciones de TC a distintas concentraciones. Nota: Los valores con diferentes símbolos son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

Concentración (%)	Viscosidad (mPa.s)	Tensión superficial (mN/m)	Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
1	3,4 ^a	29,15 ^A	1,01 ^{aA}
3	8,1 ^b	30,45 ^B	1,38 ^{BB}
5	12,5 ^c	31,31 ^C	1,57 ^{CC}
7	23,1 ^d	32,09 ^C	1,48 ^{dD}

Fuente: elaboración propia.

3.2 Propiedades morfológicas de las nanoestructuras

La Figura 1 muestra las micrografías de las nanoestructuras obtenidas mediante SEM a partir de las disoluciones elaboradas de TC. Como puede observarse, los sistemas elaborados al 1% en peso no pudieron generar una nanoestructura formada por nanofibras, sino que las membranas resultantes consistieron en una dispersión de partículas de tamaño micro y nanométrico, presentando una distribución heterogénea conformada por aglomerados (Figura 1A). Por el contrario, se obtuvo una distribución heterogénea de fibras de tamaño nanométrico para el sistema elaborado al 7% (Figura 1B), esto posiblemente pueda ser debido a las propiedades físico-químicas que presenta la disolución.

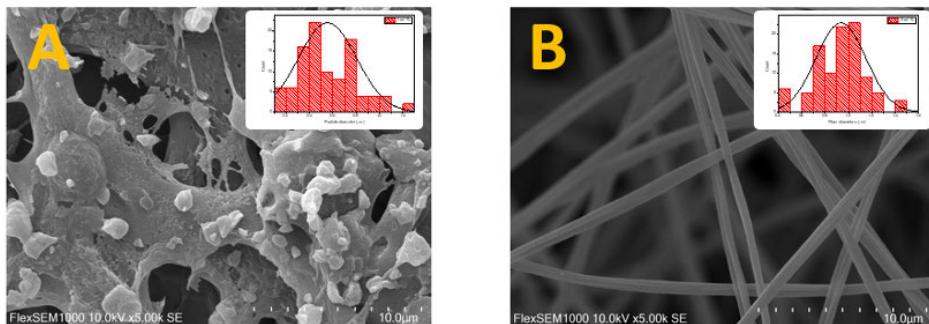


Figura 1. Micrografías de las nanoestructuras obtenidas a diferentes concentraciones de TC.

A) 1%, B) 7% a una magnificación de 5.000X.

Fuente: (Hitachi, modelo FlexSEM1000)

4. CONCLUSIONES

En este estudio, se han desarrollado nanoestructuras de triacetato de celulosa utilizando la técnica de electrohilado. En particular, se estudió la influencia de la concentración de TC en una proporción fija de DCM/EtOH (70/30). Esto permitió obtener información sobre cómo afecta la concentración de TC a las propiedades morfológicas de las nanoestructuras elaboradas. Además, varios de los sistemas elaborados tienen una potencial aplicación en diversos sectores ingenieriles.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el proyecto de investigación (540) del Programa Estrategia de Política Científica 2020 de la Universidad de Huelva (España) y el apoyo financiero del proyecto recibido por parte del ministerio de Ciencia en Innovación (RTI2018-096080-B-C21 MICINNR, UE). Los autores también agradecen la beca predoctoral de José Fernando Rubio-Valle (PRE2019-090632).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Nguyen, T. P. N., Yun, E.-T., Kim, I.-C., & Kwon, Y.-N.** (2013). Preparation of cellulose triacetate/cellulose acetate (CTA/CA)-based membranes for forward osmosis. *Journal of Membrane Science*, 433, 49–59. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2013.01.027>

- Rubio-Valle, J. F., Sánchez, M. C., Valencia, C., Martín-Alfonso, J. E., & Franco, J. M.** (2021). Electrohydrodynamic Processing of PVP-Doped Kraft Lignin Micro- and Nano-Structures and Application of Electrospun Nanofiber Templates to Produce Oleogels. *Polymers*, 13(13), 2206. <https://doi.org/10.3390/polym13132206>

Ingeniería y Tecnología

