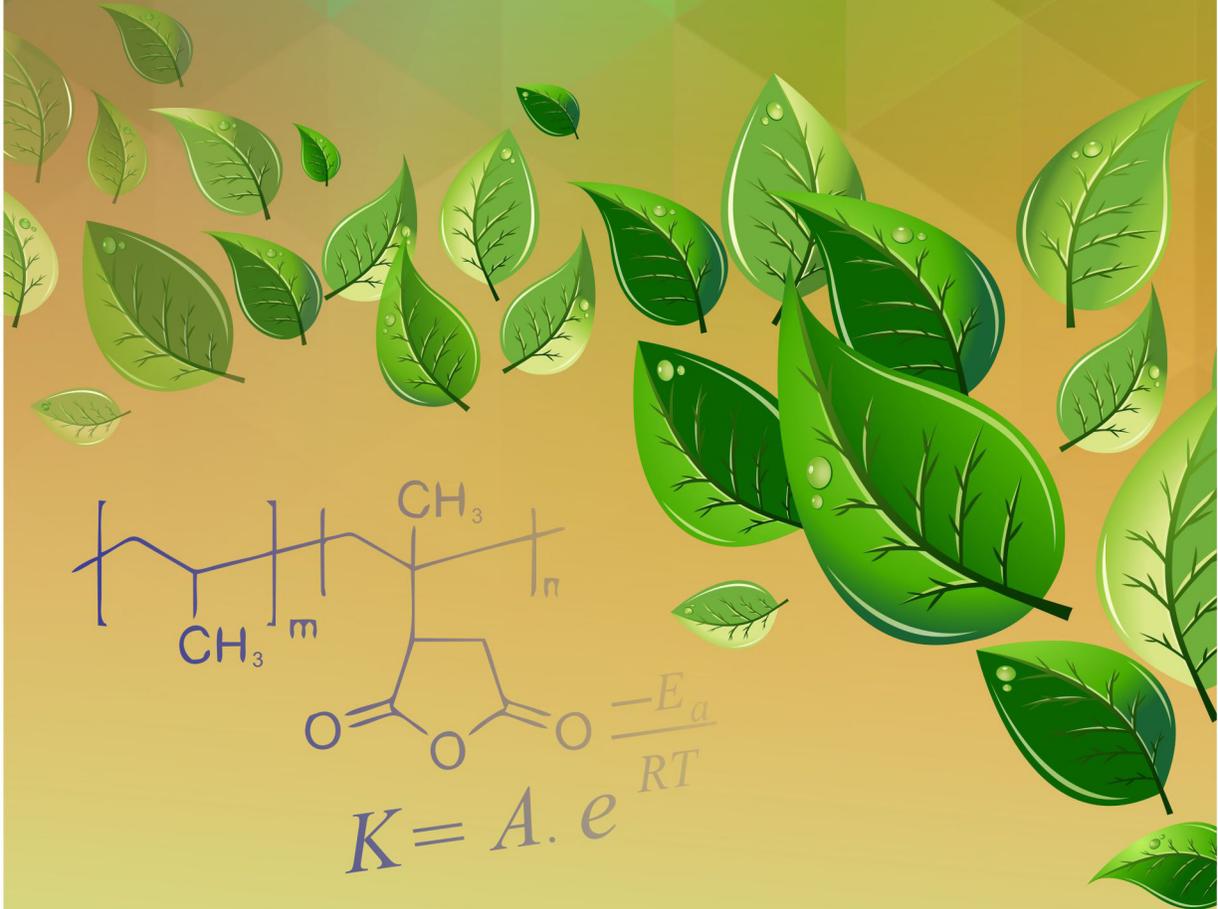




III Simposio
DE MATERIALES
POLIMÉRICOS



Energías Renovables y Medio Ambiente



Revista Informador Técnico, Volumen 81 n2 - Suplemento I - 2017

III Simposio de Materiales Poliméricos - del 30 de Agosto al 1 de Septiembre de 2017, Cali - Colombia

III SIMPOSIO DE MATERIALES POLIMÉRICOS

Suplemento I • e-ISSN 2256-5035

CONTENIDO

Modificación de superficies de carbono por la reducción electroquímica de 5-cloro-1,10-fenantrolina para la electroremediación de aguas contaminadas con metales pesados.....	171
Gloria Crespo, Tatiana Trujillo, Stephannia Villamizar, Noemi Montoya, Antonio Domenech, Drochss Valencia	
Electro-oxidación del 2-aminotiazol en agua: un estudio preliminar.....	174
Andres Felipe Villamarin, Jimmy Alexander Morales	
Caracterización de las propiedades mecánicas de un material biodegradable a partir de los procesos de extrusión y peletizado.....	177
Pedro Rodríguez Sandoval, Sandra Milena Camargo Silva	
Diseño e implementación de un banco experimental de electrohilado sin aguja (needleless spinning) para preparación de microfibras poliméricas de poliácido láctico -PLA.....	181
Maria Clara Palacios M., Edwin Yesid Gómez-Pachón, Jorge Arturo Torres Pemberti, Efrén de Jesús Muñoz-Prieto	
Evaluación del comportamiento del almidón de plátano modificado como agente coagulante/floculante natural en la remoción de la turbidez y color del agua.....	185
Diana Isabel León Castiblanco, Andrés Camilo Zapata Hernandez, Luis Eduardo Meñaca Jimenez	
Superficies antibacterianas de haluros metálicos inmovilizados sobre materiales poliméricos.....	188
John Alexander Vergara, Yeraldin Serna, Carolina Caicedo, Yenny Ávila	
Evaluación del proceso de extrusión del pet reciclado con el fin de obtener filamentos.....	193
Erika Cecilia Banquet Hoyos, Julio Bernardo Marrugo Gutiérrez, Walter José Moreno Escalante, Johana Inés Rodríguez Ruiz	
Captura y simulacion aerodinámica de la nariz de la aeronave aa-007 a partir de herramientas de ingeniería inversa.....	196
Jaime Pastes, Andrés Torres	
Undimotriz: columna de agua oscilante para generación de energía eléctrica.....	200
Fredy F. Miramag-Martinez, Bairo Vera-Mondragón, Rodrigo Martinez-Zúñiga	

Modificación de superficies de carbono por la reducción electroquímica de 5-cloro-1,10-fenantrolina para la electroremediación de aguas contaminadas con metales pesados

Gloria Crespo¹
Tatiana Trujillo¹
Stephannia Villamizar¹
Noemi Montoya²
Antonio Domenech²
Drochss Valencia^{1*}

¹ Universidad Santiago de Cali, Calle 5 # 62-00
Barrio Pampalinda, Cali, Colombia.

¹ Universidad de Valencia, Facultad de
Química, Dr. Moliner, 50, Ed. E, 2^a 46100
Burjassot, Valencia, España.

* drochss.valencia@usc.edu.co.

Modalidad: Póster

Resumen

Este trabajo describe un método electroquímico para la modificación covalentemente de superficies de carbono con 1,10-fenatrolina. El método se basa en la reducción electroquímica de 5-cloro-1,10-fenantrolina en acetonitrilo sobre electrodos de carbón vítreo y grafito en polvo. Se muestra que la modificación covalente de las superficies de carbono vítreo es posible a través de un proceso de transferencia de electrones. El primer paso del mecanismo consiste en la reducción electroquímica del 5-cloro-1,10-fenantrolina, que genera la especie anión radical del compuesto, la estabilidad de esta especie en solución es poca y evoluciona convirtiéndose en radicales 1,10-fenatrolina y anión cloro, el siguiente paso consiste en la reacción de los radicales entre ellos, o con las superficie del electrodo de carbón vítreo, que es evidente por la disminución de la corriente en barridos continuos, evidenciando la generación de un polímero sobre la superficie. Cuando se realizó la electrolisis exhaustiva de 5-cloro-1,10-fenantrolina a un potencial de -2.5 V vs Ag/AgCl, sobre electrodos de platino de gran área y carbón suspendido, la solución inicialmente incolora se torna de un color rojo intenso, análisis del carbono evidencia la modificación superficial del mismo, con radicales 1,10-fenantrolina, este carbón modificado puede ser usado para la remoción covalente de metales pesados en aguas contaminadas debido a las altas constante de afinidad entre la 1,10-fenatrolina y los iones metálicos.

Palabras claves: *polimerización asistida; electroremediación; tratamiento de aguas; transferencia de electrón, educción electroquímica.*

Introducción

Se ha demostrado que el carbón activado es un adsorbente eficaz para la eliminación de una amplia variedad de contaminantes orgánicos e inorgánicos disueltos en medios acuosos o de ambientes gaseosos (Jia & Thomas, 2002; Streat & Horner, 2000 y Suffet, Brenner, Coyle, & Cairo, 1978). Su gran capacidad de adsorción está ligada a su bien desarrollada estructura interna de poros, área superficial y a la presencia de un amplio espectro de grupos funcionales sobre la superficie del mismo. Dado que los límites para los contaminantes se revisan constantemente, la industria necesita emplear los adsorbentes más eficaces con propiedades químicas específicas. Por lo tanto, durante el último cuarto de siglo, la investigación sobre el carbón se ha centrado en su modificación y caracterización con el fin de satisfacer la creciente demanda de aire y agua más limpia (Biniak, Pakuła, Szymański, & Światkowski 1999; Jia, Xiao & Thomas 2002)

Como se mencionó, el carbón activado presenta una gran variedad de grupos funcionales unidos a Anillos aromáticos, lo que hace que presente propiedades químicas similares a las de los hidrocarburos aromáticos. Por lo tanto, se espera que las reacciones químicas que se aplican a los hidrocarburos aromáticos se apliquen a los carbones activados. Por lo tanto, la existencia de grupos funcionales de superficie sobre la matriz de carbono implica que pueden ser manipulados por tratamientos térmicos, químicos o electroquímicos para producir adsorbentes adaptados para funciones particulares. Recientemente en nuestro grupo de investigación hemos reportado la modificación de una superficie de oro con 5-bromo-1,10-fenantrolina, la modificación ocurre por la electrogeneración de radicales 1,10-fenantrolina, que se unen de manera covalente a la superficie de oro, generando un polímero con características quelantes (Valencia et al., 2014), en este trabajo mostramos que esta electropoliimerización asistida también ocurren en superficies de carbono y estas superficies pueden llegar a ser usadas como superficies para la electroremediación de aguas contaminadas con metales pesados, debido a las constantes de afinidad metal-ligando entre la fenantrolina y los diversos iones metálicos que pueden presentarse en aguas contaminadas (Plomo, Cadmio, mercurio, etc).

Parte Experimental

Todas las soluciones se prepararon usando acetonitrilo (ACN, Merck) como disolvente, que se secó

por agitación vigorosa con CaH_2 a temperatura ambiente durante 4 h y se destiló a presión reducida. Se usaron 5-Cloro-1,10-fenantrolina (G.F.S. Chemical Company), hexafluorofosfato de tetrabutilamonio (NBu_4PF_6 , Fluka $\geq 98\%$) según se recibieron.

Se utilizó una celda electroquímica de tres electrodos para realizar todas las mediciones electroquímicas en un potenciostato CV50W (BAS). Los electrodos de trabajo eran un disco de glassy carbón de 3 mm de diámetro, y una malla de platino. El contraelectrodo era un alambre de platino y se usó como electrodo de referencia un electrodo de Ag/AgCl/AgNO₃ 0.2 mol L⁻¹ (ACN+NBu₄PF₆) conectado a la celda electroquímica por un puente por un puente salino. Todos los experimentos electroquímicos se realizaron a 25°C. Las soluciones se desoxigenaron burbujeando argón seco y se mantuvo una atmósfera de argón sobre las soluciones durante cada ensayo experimental.

Resultados y discusión

El comportamiento electroquímico de la 5-cloro-1,10-fenantrolina se examinó en una solución de 0.2 mol L⁻¹ de n-Bu₄PF₆ + ACN. La figura 1 muestra el voltamograma obtenidos durante un ciclo de potencial, observando claramente tres picos para la reducción electroquímica de esta especie, los potenciales de pico E_p , son respectivamente $E_{p1} = -0,85$, $E_{p2} = -1,65$ y $E_{p3} = -2,05$ V vs Ag/AgCl.

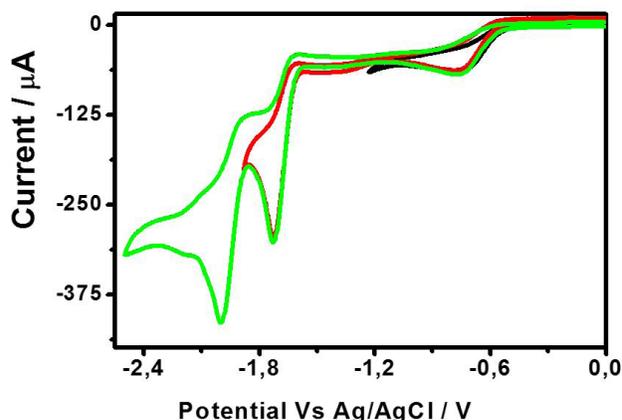


Figura 1 Voltametría cíclica para la reducción electroquímica de 5-Cloro-1,10-fenantrolina 2.0 mmol L⁻¹ sobre un electrodo de glassy carbón ($\phi = 3$ mm) en 0.20 mol L⁻¹ n-Bu₄NPF₆ + ACN a 0.10 V s⁻¹.

Después de ciclos continuos la corriente de pico comienza a disminuir para los picos 2 y tres como puede observarse en la figura 2, esto evidencia la pasivación parcial de la superficie de carbón vítreo con las especies electrogeneradas en cada barrido de potencial y puede



explicarse teniendo en cuenta el rompimiento del enlace carbono-halógeno en la reducción electroquímica de haluros orgánicos, generando radicales 1,10-fenantrolina (Phen^\bullet) y el anión cloruro. El rompimiento del enlace puede seguir dos caminos uno concertado y el otro multipaso⁵. El radical de Phen^\bullet puede interactuar con la superficie del oro, dando por resultado una pasivación creciente que disminuye el área disponible y la intensidad de la corriente.

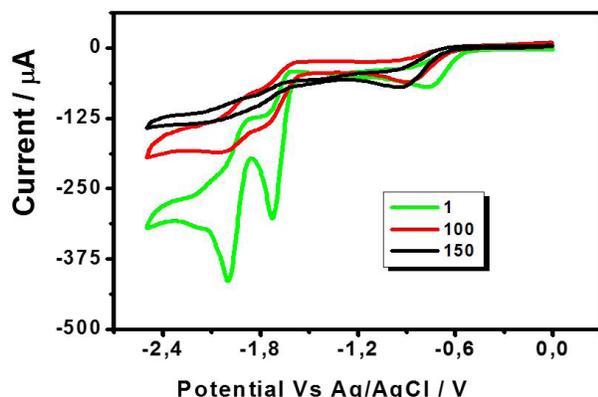


Figura 2 Ciclos Voltamétricos seguidos para la reducción electroquímica de 5-Cloro-1,10-fenantrolina 2.0 mmol L^{-1} sobre un electrodo de glassy carbón ($\phi = 3 \text{ mm}$) en $0.20 \text{ mol L}^{-1} \text{ n-Bu}_4\text{NPF}_6 + \text{ACN}$ a 0.10 V s^{-1} .

Conclusiones

El radical 1,10-fenantrolina se produce directamente sobre el electrodo por reducción electroquímica de 5-cloro-1,10-fenantrolina por el rompimiento del enlace C-Cl. La pasivación de la superficie de carbono puede ser aprovechada para generar la captación de metales de aguas contaminadas. Este método simple, rápido y económico de fabricación de carbonos modificados pretende ser útil para la remoción de metales en aguas contaminadas.

Agradecimientos: A la Universidad Santiago de Cali por el apoyo al presente trabajo con el proyecto DGI-COCEIN-No 531-621116-A33.

Referencias

- Biniak, S., Pakuła, M., Szymański, G. S., & Świątkowski, A. (1999). Effect of activated carbon surface oxygen-and/or nitrogen-containing groups on adsorption of copper (II) ions from aqueous solution. *Langmuir*, 15(18), 6117-6122. doi: <https://doi.org/10.1021/la9815704>
- Jia, Y. F., Xiao, B., & Thomas, K. M. (2002). Adsorption of metal ions on nitrogen surface functional groups in activated carbons. *Langmuir*, 18(2), 470-478. doi: <https://doi.org/10.1021/la011161z>
- Streat, M., & Horner, D. J. (2000). Adsorption of highly soluble herbicides from water using activated carbon and hypercrosslinked polymers. *Process Safety and Environmental Protection*, 78(5), 363-382. doi: <https://doi.org/10.1205/095758200530880>
- Suffet, I. H., Brenner, L., Coyle, J. T., & Cairo, P. R. (1978). Evaluation of the capability of granular activated carbon and XAD-2 resin to remove trace organics from treated drinking water. *Environmental Science & Technology*, 12(12), 1315-1322. doi: <https://doi.org/10.1021/es60147a008>
- Valencia, D. P., de Souza, A. P., Gonçalves, V. R., Antonio, J. L., de Torresi, S. I. C., & Bertotti, M. (2014). From a planar electrode to a random assembly of microelectrodes: A new approach based on the electrochemical reduction of 5-bromo-1, 10-phenanthroline at gold electrodes. *Electrochemistry Communications*, 38, 32-35. doi: <https://doi.org/10.1016/j.elecom.2013.10.033>

Electro-oxidación del 2-aminotiazol en agua: un estudio preliminar

Andres Felipe Villamarin¹
Jimmy Alexander Morales²

¹ Universidad Santiago de Cali, dirección,
Carrera 26l #54-71 Santiago de Cali,
Colombia. andres.villamarin00@usc.edu.co

² Universidad Santiago de Cali, dirección,
Carrera 26l #54-71 Santiago de Cali,
Colombia

Modalidad: Póster

Resumen

En este trabajo se realizó el estudio de la oxidación electroquímica del 2-aminotiazol (2AT) en medio acuoso (H_2O), se utilizó la técnica de ciclovoltamperometria mediante un sistema de tres electrodos, alambre de platino como electrodo de trabajo ($d = 0,5 \text{ mm}$), una malla de platino como contra electrodo y un alambre de plata como seudo referencia. Se observó que el proceso de electro-oxidación (onda Ia) empezó en $0,5V$ y un pico anódico se presentó alrededor de $0,75V$, a diferentes velocidades de barrido de potencial ($v = 0,05 - 0,1 \text{ Vs}^{-1}$) la intensidad de la corriente aumento. Una voltamperometria a 25 ciclos, evidenció la disminución en la intensidad de la señal de oxidación característica del grupo amino primario, probablemente debido a la acumulación de estructuras químicas poco reducidas sobre la superficie del electrodo

Palabras claves: *voltamperometria, electro.oxidacion, aminotiazol.*

Introducción

En los últimos años el interés por la química de los compuestos heterocíclicos ha aumentado considerablemente. Esto está relacionado con muchas de las propiedades especiales mostradas por compuestos similares. El gran interés es representado por los derivados de 2-aminotiazol que pueden utilizarse como potenciales compuestos biológicamente activos (Mori et al., 2014). Los derivados del 2-aminotiazol son un componente importante en la química medicinal y en la investigación para el descubrimiento de fármacos (Zhi-Hua et al 2017). Los derivados de este tipo son conocidos por una amplia gama de actividades antibacterianas (Qin et al 2014).

En medio acuoso se ha estudiado la electrooxidación de 2-amino-4-feniltiazol en electrodo Pt en medio ácido bajo diferentes condiciones de reacción y se obtuvo una película adherente amorfa, homogénea y compacta sobre el electrodo



Pt (Sayyah et al., 2004). También, la electrooxidación de una mezcla binaria de 3-Cloroanilina y 2-amino-4-feniltiazol en el electrodo Pt en medio ácido bajo diferentes condiciones de reacción, obteniéndose una película de copolímero de bloque sobre el electrodo Pt (Sayyah et al., 2005). Igualmente se ha estudiado la electrooxidación de 2-amino-4-(4-metoxifenil) tiazol sobre electrodo de platino en medio de ácido clorhídrico y fue discutido el mecanismo de la reacción de electropolimerización (Sayyah, Kamal & Abd El-Rehim, 2006). La aplicación de estos materiales deja abierta la necesidad de nuevas investigaciones sobre el efecto de diferentes electrolitos y presencia de disolvente orgánico sobre las propiedades físicas y capacidad como inhibidores de corrosión para el acero.

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos de la investigación voltamperométrica de la oxidación electroquímica del 2-Aminotiazol con electrodo de platino en agua, para evaluar el comportamiento electroquímico en medio acuoso. Lo anterior con el fin de aportar más conocimiento sobre el comportamiento del compuesto en pro de electrogenerar compuestos poliméricos con aplicabilidad industrial.

Parte Experimental

Se preparó una concentración 0,01 M + 0.1 M hexafluorofosfato de tetrabutilamonio (TBAPF6) en agua. La voltamperometría cíclica se realizó en un potenciostato marca Metrohm modelo PGSTAT128N conectado a una computadora personal para la adquisición y almacenamiento de datos. Las mediciones se realizaron en barrido catódico, desde -0,2 a 1,6 V. Además se realizaron experimentos a diferentes velocidades de barrido ($0.05 < v < 1$ Vs-1). Se realizó un estudio de 25 ciclos de barrido de potencial a $v = 0,05$ Vs-1. Se empleó una celda simple con un arreglo de tres electrodos, utilizándose un electrodo de trabajo de alambre de platino ($d = 0,5$ mm) y una malla de platino como electrodo auxiliar, se usó como electrolito Oxalato de Amonio 0,3M, como electrodo de referencia se utilizó Ag/AgCl. El procesamiento de los datos se realizó mediante el programa OriginPro 8.0. Los estudios se desarrollaron en atmósfera inerte por medio de saturación con Argón de alta pureza.

Resultados y discusiones

En la figura 1, se muestra la oxidación electroquímica del 2-aminotiazol (2AT), a una velocidad de barrido de 0,1V/s, el compuesto mostro a un potencial de ($E_p = 0,75$ V vs Ag/AgCl), este pico puede ser asignado a una señal de oxidación (Ia) del 2AT.

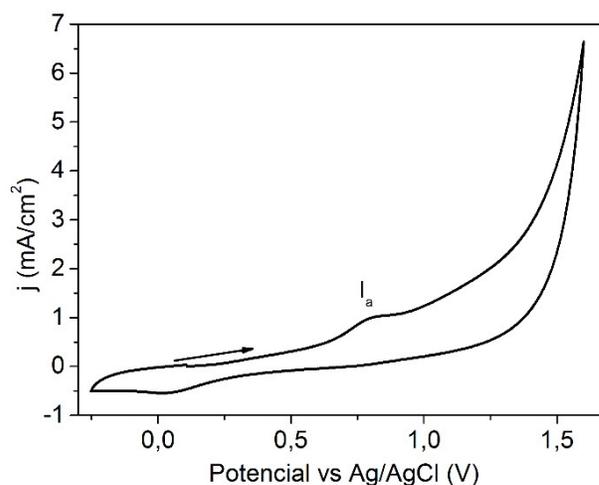


Figura 1. Voltamperograma cíclico 0,01M 2-AT en H₂O + 0,3M Oxalato de Amonio, a una velocidad de barrido $v = 0,1$ Vs-1.

En la figura 2a, se muestra los voltamperogramas cíclicos a diferentes velocidades de barrido de potencial (0,05 - 0,1 Vs-1). Se pudo observar que a medida que aumentó la velocidad de barrido de potencial, la señal se desplaza hacia valores de potencial más positivos, lo que indicó un comportamiento irreversible de la señal Ia, las corrientes de pico anódicas fueron graficadas en función de la velocidad de barrido (Figura 2b), los picos de corriente fueron proporcionales a la velocidad de barrido, esto indicó el comportamiento redox del posible polímero formado en la superficie del electrodo (Ramazan Solmaz, 2009).

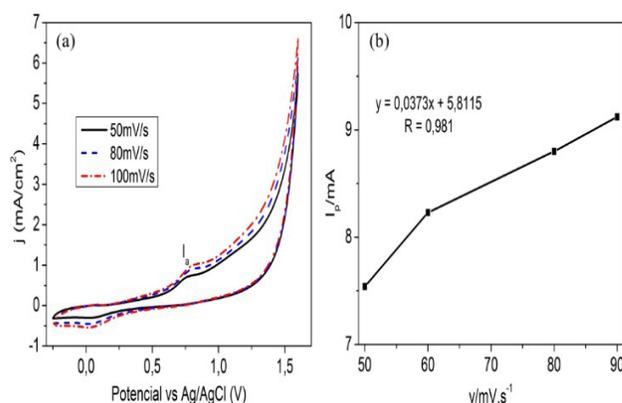


Figura 2. (a) Voltamperograma cíclico (onda Ia) de 0,01M 2-aminotiazol en agua + 0,3M Oxalato de Amonio, $0,05 < v < 0,1$ Vs-1. (b) Curva de picos de corriente anódica vs velocidad de barrido

Finalmente, se realizaron experimentos a varios ciclos de barrido de potencial (25 ciclos), para evidenciar su efecto sobre el proceso de oxidación electroquímica que ocurre en ondas Ia. En la figura 3, se muestra la señal voltamperométrica del 2-Aminotiazol obtenida a 25 ciclos de barrido de potencial $v = 0,05 \text{ Vs}^{-1}$, se observó la señal característica del compuesto, cerca $1,0\text{V}$, señal Ia. Esta señal solo se evidencio en el primer ciclo.

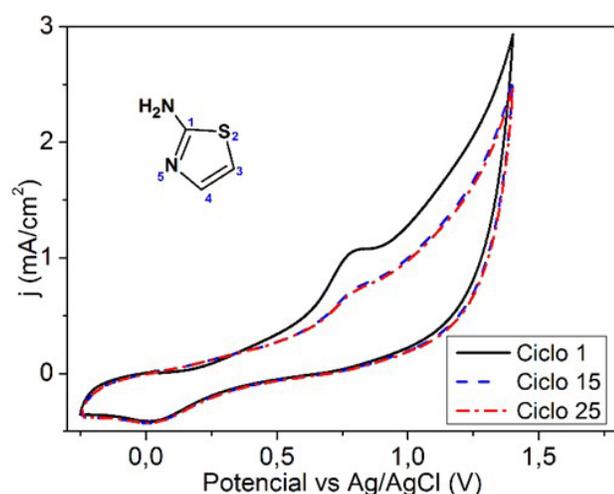


Figura 3. Voltamperometría cíclica a 25 ciclos de 0,01 M 2-AT en agua. Velocidad de barrido $v = 0,05\text{V/s}$.

Se observó la caída de corriente de la onda Ia, probablemente debido a la acumulación en la superficie del electrodo, de especies electrogeneradas sin reducirse (Sayyah et. al. 2006).

Conclusiones

Los resultados de la oxidación electroquímica en medio acuoso demuestran que la molécula del 2-AT forma un catión radical acompañado de una desprotonación, esto genera la formación de especies electro generados en la superficie del electrodo, lo que disminuye la intensidad de corriente a medida que el proceso electroquímico sucede en el seno de la solución.

Agradecimientos:

Los autores agradecen a la Universidad de Santiago de Cali (USC), por su apoyo en la realización de este trabajo. Este trabajo fue soportado por el Proyecto DGI-COCEIN-No.939-621115-B4 financiado por la USC.

Referencias

- Mori M., Nucci A., Dasso Lang M. C., Humbert N., Boudier C., Debaene F., Sanglier-Cianferani S., Catala M., Schult-Dietrich P., Dietrich U., Tisne C., Mely Y., & Botta M. (2014) Functional and Structural Characterization of 2-Amino-4- phenylthiazole Inhibitors of the HIV-1 Nucleocapsid Protein with Antiviral Activity. *ACS Chem. Biol.* 9 1950–1955. doi: <https://doi.org/10.1021/cb500316h>
- Qin, Y. J., Wang, P. F., Makawana, J. A., Wang, Z. C., Wang, Z. N., Yan, G., Jiang, A. Q., & Zhu, H. L. (2014) Design, synthesis and biological evaluation of metronidazole–thiazole derivatives as antibacterial inhibitors. *Bioorg. Med. Chem. Lett.* 24 5279. doi: <https://doi.org/10.1016/j.bmcl.2014.09.054>
- Ramazan Solmaz, G. K. (2009). Electrochemical synthesis and characterization of poly-2-aminothiazole. *Progress in Organic Coatings*, 81–88. doi: <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2008.07.010>
- Sayyah, S. M., Abd, E. R., & EL-Deeb, M. M. (2005). Electrocopolymerization kinetics of a binary mixture of 3-chloroaniline 2-amino-4-phenylthiazole and characterization of the obtained block copolymer films. *Journal of applied polymer science*, 97(5), 2076-2087. doi: <https://doi.org/10.1002/app.21977>
- Sayyah, S. M., EL-Deeb, M. M., Abdel-Rehim, S.S., 2004. Electropolymerization of 2-amino-4-phenylthiazole and characterization of the obtained polymer films. *Int. J. Polym. Mater.* 53 11 941–958
- Sayyah, S. M., Kamal, S. M., & Abd El-Rehim, S. S. (2006). Electrochemical polymerization of 2-amino-4-(4-methoxyphenyl) thiazole and characterization of the obtained polymer. *International Journal of Polymeric Materials*, 55(2), 79-101. doi: <https://doi.org/10.1080/009140390916468>



Caracterización de las propiedades mecánicas de un material biodegradable a partir de los procesos de extrusión y peletizado

Modalidad: Póster

Pedro Rodríguez Sandoval¹
Sandra Milena Camargo Silva²

Resumen

Los plásticos sintéticos han contribuido a la contaminación ambiental provocada por desechos sólidos de baja degradabilidad. Esto ha impulsado la búsqueda de sustitutos biodegradables dentro de los cuales el almidón es la alternativa más promisoriosa. En este sentido, el objetivo de esta investigación fue la caracterización de un termoplástico biodegradable, resultante de mezclar almidón de papa con polietileno de baja densidad, para obtener un material compuesto mediante el proceso de extrusión y peletizado. Inicialmente se generó una mezcla física de polímero del almidón de papa con polietileno de baja densidad en porcentajes del 15% y 30% de almidón. Se determinaron experimentalmente los parámetros de extrusión del proceso. Se evaluaron las propiedades mecánicas de los polímeros extruidos por medio de las técnicas de microscopía óptica, microscopía electrónica de barrido-SEM y ensayos de tensión. Este trabajo permitirá por medio de la caracterización del material generar una metodología para el desarrollo y fabricación de productos biodegradables que disminuyan el impacto ambiental y la contaminación de nuestro ecosistema.

Palabras claves: Almidón de papa, degradable, peletizado, proceso de extrusión.

Introducción

Las investigaciones de polímeros biodegradables en base de almidón se iniciaron en los años 1970 y continúa actualmente con la incorporación de granos de almidón o almidón en forma gelatinizada a las formulaciones de las películas fabricadas en procesos de compresión, extrusión soplada, extrusión de un solo tornillo o doble tornillo y moldeo por inyección.

¹ Centro de Materiales y Ensayos Sena Complejo Sur, Cra 30 #17 B-25 Sur, Bogotá D.C, Colombia. prodirguezs@misena.edu.co

² Centro de Materiales y Ensayos Sena Complejo Sur, Cra 30 #17 B-25 Sur, Bogotá D.C, Colombia. sandramilena1906@yahoo.es

La universidad Carlos III de Madrid con Mere Marcos, J. (2009), la universidad tecnológica del suroeste de Guanajuato, México con los ingenieros Ortiz, M y Villalobos, M. (2013), desarrollaron la síntesis de un polímero termoplástico biodegradable basado en almidón de patata, papa y diversos plastificantes que se conoce comúnmente con el nombre TPS.

El doctor Viera Ruiz, H. (2009), desarrolló un polímero biodegradable de almidón – polietileno obtenido a partir del proceso de extrusión. En la elaboración del polímero se consideraron los factores porcentaje de almidón, velocidad de extrusión, y temperatura de extrusión.

Parte Experimental

Materiales

En este trabajo de investigación se utilizó polietileno de baja densidad marca: EXCELLENE 2001 para el proceso de extrusión, almidón de papa modificado referencia: ALMI 4 procesado por ALMICOR Ltda, aditivos: polietilenglicol 400 y agua destilada.

Pósteriormente se procedió con la preparación de los tratamientos según la concentración de almidón de papa, ver tabla 1.

Tabla 1. Porcentajes de PEBD y Almidón de papa

TRATAMIENTO	MEZCLA %	
	PEBD	ALMIDÓN DE PAPA
A	100	0
B	85	15
C	70	30

Proceso de extrusión

Para el proceso de extrusión de filamento se utilizó la maquina extrusora de doble husillo marca: ThermoScientific – Haake Rheomex referencia: 05 PTW16, se definieron los parámetros de transformación así: temperatura entre 100 °C a 195 °C con un perfil ascendente en las diez zonas del cañón, temperatura de cabezal de 192 °C; una presión de masa 5.3 bares, revoluciones del tornillo 90 rpm, torque de 19 N. Se realizaron 3 tratamientos diferentes porcentajes de almidón para luego ser peletizados obteniendo muestras de 3 mm de diámetro por 4 mm de longitud. Ver figura 1.



Figura 1. Proceso de extrusión y Peletizado

Caracterización

La caracterización de los pellets obtenidos se realizó mediante las técnicas de microscopía óptica en un microscopio marca Carl Zeiss, la microestructura fue analizada por microscopía electrónica de barrido SEM en un microscopio marca Phenom World y las pruebas de tensión en la maquina universal de ensayos marca BMT –E con una celda de cinco toneladas.

Resultados y discusiones

Microscopía electrónica de barrido SEM

Los resultados obtenidos de las probetas con los tratamientos de almidón de papa y polietileno de baja densidad se muestran en la figura 2.

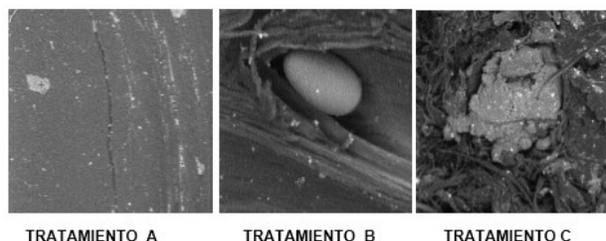


Figura 2. Microfotografías de tratamientos 0, 15 y 30% a 300X y escala de 250 µm

En la figura 2 se observa, el tratamiento A (Polietileno de baja densidad 100% - Almidón de papa 0%) en el que se observa una microestructura de un solo material. En el tratamiento B (Polietileno de baja densidad 85% - Almidón de papa 15%) muestra que en su microestructura existen dos componentes y el almidón se presenta en forma de grano blanco mezclado con la base polimérica color gris. En el tratamiento C (Polietileno de baja densidad 70% - Almidón de papa 30%) la microestructura muestra acumulación de almidón, rechupes en la superficie y una mezcla no homogénea.

En los ensayos de los diferentes tratamientos se observa que a mayor concentración de almidón de papa se tiene una mayor cantidad de poros y rechupes. Además se



evidencian concentraciones de almidón separadas de la base polimérica del polietileno de baja densidad. Comparado con los trabajos de investigación de Ortiz, M y Villalobos, M. (2013), Villada-Castillo, H. S., Navia-Porras, D. P., y Mosquera-Sánchez, S. A. (2011) y Rodríguez Sandoval, P., Muñoz Prieto, E. y Gómez Pachón, Y. E., (2015), en el ensayo SEM se observa que no existe homogeneidad en su microestructura.

Microscopia Óptica

Este ensayo se realizó con las probetas tomadas de la prueba de tensión fracturadas, específicamente la zona donde ocurrió la fractura (Ver figura 3)

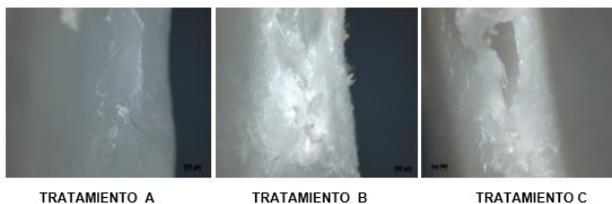


Figura 3. Fotomicrografías de la inspección de la superficie tratamientos a 100X y escala 500 μm

En las fotomicrografías que se presentan en la figura 3 se observa en el tratamiento A (Polietileno de baja densidad 100% - Almidón de papa 0%), el estiramiento de un material polímero tipo visco elástico como es el polietileno de baja densidad, su micro estructura no revela la existencia de poros, huecos y rechupes. En el tratamiento B (Polietileno de baja densidad 85% - Almidón de papa 15%) se observa mayor concentración de almidón de papa en toda la superficie. También se observa un poro en el centro de la probeta y a su alrededor la presencia de almidón. En el tratamiento C (Polietileno de baja densidad 70% - Almidón de papa 30%) se observa mayor concentración de almidón de papa con la presencia de poros grandes en el centro de la probeta.

Se evidenció que a mayor concentración de almidón se presentan poros. Esta situación se puede presentar por el hinchamiento del almidón producido a temperatura de gelatinización superior a 95°C y la alineación de las moléculas de almidón formando concentraciones de moléculas.

Ensayos mecánicos

El ensayo de tensión se realizó a las probetas tipo corbatín de las muestras aleatorias de los tratamientos analizados en este trabajo de investigación.

En la figura 4, se observa las curvas típicas de esfuerzos, deformación de los tratamientos analizados y se diferencian por colores las líneas de la curva, siendo la roja del tratamiento A (polietileno de baja densidad 100% -Almidón de papa 0%), el color verde pasto corresponde al tratamiento B (polietileno de baja densidad 85% -Almidón de papa 15%) y el azul al tratamiento C (polietileno de baja densidad 70% -Almidón de papa 30%).

La forma de las curvas es típica de un material polimérico termoplástico. Se diferencian la curva del tratamiento A de la de los tratamientos B y C. En la primera tiene una tasa lenta de deformación y la B y C poseen una tasa rápida de deformación. Se observa también que en la zona inicial de la curva correspondiente a la región elástica se presenta una línea recta en todos los tratamientos hasta el punto de deformación. También se evidencian los esfuerzos a la ruptura, los porcentajes de deformación y deformación a la ruptura. Estas propiedades mecánicas van disminuyendo con el incremento del porcentaje de almidón y la disminución del polietileno de baja densidad.

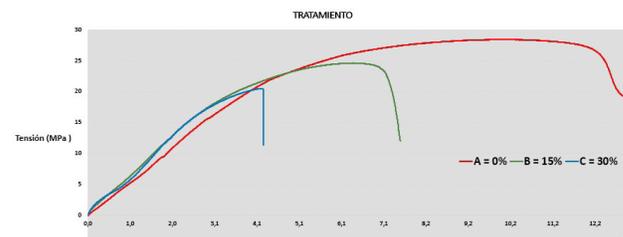


Figura 4. Curva esfuerzo –Deformación

Conclusiones

En las pruebas de caracterización mecánica se demuestra que en la mezcla de almidón y polímero, a mayor concentración de almidón disminuye su esfuerzo y deformación a la ruptura y el porcentaje de deformación.

Con los ensayos de microscopia óptica y electrónica se revela el factor de la concentración. A mayor contenido de almidón hace que el material pierda sus propiedades mecánicas debido a que en el proceso, los gránulos se hinchan por una absorción progresiva e irreversible de agua aumentando su tamaño.

Sin embargo, este material biodegradable podría ser una solución para fabricar productos que estén dentro de estas características demostradas en las pruebas realizadas y así contribuir con productos amigables con el ecosistema.

Agradecimientos

Se agradece a la Subdirección del Centro de Materiales y Ensayos, Distrito Bogotá por su apoyo en la ejecución de este proyecto investigativo, a SENNOVA por promover la investigación del mismo y al Centro de Asistencia para la Industria ASTIN.

Referencias

- Mere Marcos, J. (2009). Estudio del procesado de un polímero termoplástico basado en almidón de patata amigable con el medio ambiente . Universidad Carlos III de Madrid, Madrid.
- Ortiz, M & Villalobos, M. (2013). Desarrollo de una película plástica a partir de almidón extraído de papa residual. Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato, México.
- Rodríguez Sandoval, P., Muñoz Prieto, E., Gómez Pachón, Y. E., (2015). Obtención y caracterización de un biodegradable a partir de almidón de papa y polietileno de baja densidad por inyección. I Simposio de Materiales Poliméricos, Centro ASTIN – SENA, Cali, Colombia.
- Viera Ruiz, H. (2009). Elaboración de polímeros biodegradables polietileno- almidón y estudio de biodegradabilidad, Tesis para obtener Maestro en Tecnología Avanzada, México.
- Villada-Castillo, H. S., Navia-Porras, D. P., & Mosquera-Sánchez, S. A. (2011). Efecto del tiempo de secado, concentración de plastificante y tamaño de partícula en la fuerza de ruptura de materiales semirrígidos basados en harina termoplástica de yuca. Ingeniería y Universidad, 15(2), 385-401.



Diseño e implementación de un banco experimental de electrohilado sin aguja (needleless spinning) para preparación de microfibras poliméricas de poliácido láctico -PLA

Maria Clara Palacios M¹
Edwin Yesid Gómez-Pachón²
Jorge Arturo Torres Pemberti³
Efrén de Jesús Muñoz-Prieto⁴

^{1,2,3} Facultad Duitama, Escuela de Diseño Industrial, Grupo de Investigación Diseño, innovación y Asistencia Técnica de Materiales Avanzados- DITMAV, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Duitama, Boyacá.

⁴ Facultad de Ciencias básicas, Ciencias Químicas o Grupo de Investigación Desarrollo y aplicación de nuevos materiales DANUM, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Boyacá.

Modalidad: Póster

Resumen

El electrohilado se define de manera general como el proceso de producir fibras haciendo uso de un campo eléctrico, el cual actúa sobre las cargas inducidas en una solución polimérica, logra vencer la tensión superficial del material generando un hilado que es acelerado hacia un colector donde se deposita. Mediante el electrohilado es posible fabricar fibras con diámetros desde micras (millonésima parte de un metro) hasta nanómetros (equivale a una mil millonésima parte de un metro). Se desarrolla la investigación experimental alrededor de nuevas técnicas de obtención de nanofibras, analizar su viabilidad técnica, realizar el diseño conceptual del equipo basado en las nuevas variantes de electrohilado que optimice la manera de preparar membranas de nanofibras poliméricas actualmente en el mundo.

Palabras claves: diseño, *electrohilado*, *fibras*, *polímero*.

Introducción

En los últimos 20 años se vienen desarrollando nanofibras poliméricas, las cuales están impactando en diferentes áreas industriales a través de productos como cosméticos, sensores, dispositivos para la liberación controlada de medicamentos, materiales para regeneración de tejidos condensadores, transistores, separadores de baterías, almacenamiento de energía, prendas para vestir y tecnología de la información, entre otros sectores industriales (Agarwal, Wendorff, & Greiner, 2008; Barnes, C. P, Sell, S. A., Boland, E. D., Simpson, D. G., & Bowlin, G. L., 2007; Jayaraman, Kotaki, Zhang, Mo, & Ramakrishna, 2004). Estas aplicaciones, tratan de aprovechar las excelentes propiedades físicas, químicas, mecánicas y biológicas de

las nanofibras debido a su diámetro nanométrico, su alta relación superficie/volumen y al perfeccionamiento que se logra en su estructura interna.

Existen diferentes procesos para preparar nanofibras algunas de estas son: auto ensamble, extrusión continua, sol-gel, electrohilado con aguja y sin aguja, entre otras. El proceso del electrohilado sin aguja el hilado sin aguja. Ver figura 1. (needleless spinning) es una técnica que está en fase experimental, con la cual se puede mejorar el nivel de productividad y la eficiencia producto-energía de nanofibras debido a la múltiple inyección del polímero (Yarin, & Zussman, 2004). Este proceso experimental combina tres fenómenos físicos (eléctricos, mecánicos e hidráulicos), por lo cual sería imprescindible conocer como afectarían estos parámetros en las propiedades estructurales de las nanofibras, lo cual es fundamental para el diseño de membranas y sus potenciales aplicaciones industriales.

Todas estas técnicas mencionadas todavía son desconocidas en el país, en las Universidades y mucho más en el sector industrial Colombiano, razón por la cual, son bajas las proyecciones para desarrollar nuevos materiales y productos tecnológicos relacionados con nanofibras poliméricas biodegradables.

Por tanto, el objetivo de este proyecto es desarrollar nuevas técnicas de procesamiento, con la cual se obtengan membranas con nanofibras de diferentes tipos de polímeros de alta calidad estructural de manera eficiente y productiva. También es conveniente indicar que para un gran número de polímeros no es fácil disolverlos y procesarlos hasta transformarlos hasta grado nanométrico y por tanto es un reto tecnológico desarrollar nuevas tecnologías de procesamiento para este fin.

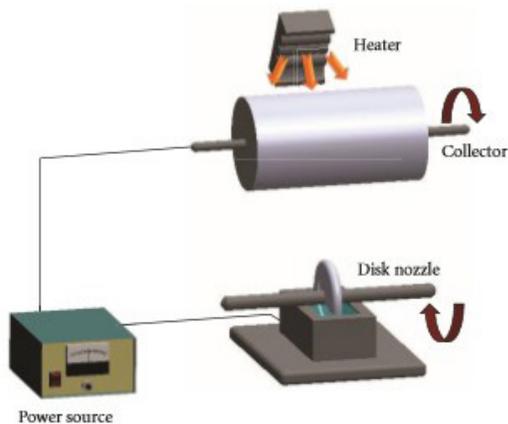


Figura 1. Esquema básico de electrohilado sin aguja.
Fuente: (Huang, Niu, Wu, Ke, Mo, & Lin, 2012).

Parte Experimental

Este proyecto de investigación se basa en un concepto teórico-experimental donde se integraran los saberes de Ingeniería Electromecánica (diseño de elementos mecánicos, electrónicos, eléctricos y de programación), Química (con el conocimiento profundo del comportamiento y la disolución de los polímeros) y el Diseño industrial, la cual liderará el proceso de análisis de soluciones, planteamientos creativos y experimentales de los mecanismos esenciales el desarrollo Tecnológico y consideraciones de interacción hombre-máquina. En esta interdisciplinariedad, interactúan el posgrado de Ciencias Químicas y los pregrados de Diseño industrial e Ingeniería electromecánica. El diseño axiomático es una metodología de diseño de sistemas que utiliza métodos matriciales para analizar sistemáticamente la transformación de las necesidades de los clientes en requisitos funcionales, parámetros de diseño y variables de proceso. Desde el punto teórico-experimental se va a realizar un diseño sistemático que me permita por medio de mediciones determinar cuáles son los efectos sobre las nanofibras, así variar los factores del equipo como diferencia de Potencial, hileras giratorias. Ver Figura 2, distancia colector – hilera y velocidades de colección.

Discusiones

Unos de los aspectos importantes para definir el electrohilado sin aguja son las diferentes hileras que hay, como lo son: Esfera, cilindro, espiral y disco. Cada una de ellas tiene características diferentes como sus formas, espesores y material.

Se llegara a hacer una prueba pertinente para cada una de estas hileras para comprobar funcionalidad y exactitud al llegar al colector giratorio.

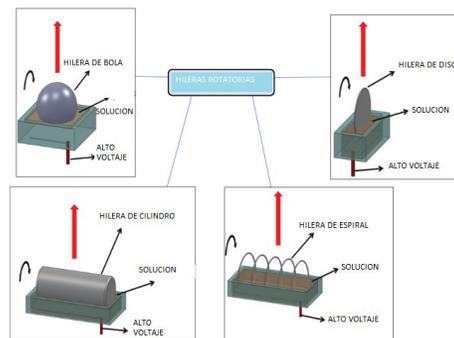


Figura 2. Resumen esquemático de las hileras giratorias sin aguja.
(Lin, Wang, & Niu, 2010)



Otro aspecto importante es el polímero con el que se van a realizar las pruebas el cual es el ácido poliláctico.

Se experimentará con diferentes hileras giratorias para ver el comportamiento de la fibra en su posición en el colector, lo que permitirá tener unos parámetros diferentes para las pruebas Posteriores.

El proceso de electrohilado, permite que una amplia gama de fármacos puedan ser directamente encapsulados dentro de la fase en masa de fibras a nano escala disuelto o dispersado en el disolvente orgánico usado para electrohilado. La malla fibrosa resultante posee un período de tres dimensiones con una estructura porosa abierta y alta área superficial específica, proporcionando una condición ideal para la administración controlada de fármacos (Kim, Lee, & Park, 2007).

Hasta la fecha, el electrohilado se ha usado para la fabricación de andamios de numerosos polímeros biodegradables, tales como poli(ϵ -caprolactona) (PCL), poli(ácido láctico) (PLA), poli(ácido glicólico) (PGA), poli(lactida-co-glucósido) (PLGA) y poliuretano (PU) (Pérez, Manuel Ruiz, Schneider, Autino, & Romanelli, 2013). Además, las proteínas naturales también se han utilizado, incluyendo colágeno, elastina y gelatina.

Los polímeros naturales han sido de gran interés por su no toxicidad, compatibilidad con otros biopolímeros, la adhesión celular y la proliferación; como la quitina, quitosano y celulosa. Estos se mezclan a menudo con polímeros sintéticos porque poseen limitaciones como la baja estabilidad, la liberación de tóxicos y productos de degradación que pueden ser perjudiciales para las células, ya que la miscibilidad entre sus moléculas es un factor muy importante especialmente para las propiedades mecánicas de la mezcla (Shalumon et al., 2010; Moreno, Muñoz Prieto, & Casanova, 2015).

Conclusiones

El desarrollo de equipos de capacidad industrial para preparar nanofibras poliméricas en Colombia es muy incipiente o inexistente por lo que limita los tipos de investigación y desarrollo tecnológico que se pretende desarrollar con estos tipos de materiales, lo cual lleva también a que no se aproveche todo el potencial de los polímeros naturales y artificiales, condenando al atraso científico, social y económico de nuestra región.

Referencias

- Agarwal, S., Wendorff, J. H., & Greiner, A., (2008) Use of electrospinning technique for biomedical applications. *Polymer* 49, 5603–5621. doi: <https://doi.org/10.1016/j.polymer.2008.09.014>
- Barnes, C. P, Sell, S. A., Boland, E. D., Simpson, D. G., & Bowlin, G. L., (2007) Nanofiber technology: designing the next generation of tissue engineering scaffolds. *Adv Drug Deliv Rev.* 59, 1413–1433. doi: <https://doi.org/10.1016/j.addr.2007.04.022>
- Huang, C., Niu, H., Wu, J., Ke, Q., Mo, X., & Lin, T. (2012). Needleless electrospinning of polystyrene fibers with an oriented surface line texture. *Journal of Nanomaterials*, 2012, 7. doi: <https://doi.org/10.1155/2012/473872>
- Jayaraman, K., Kotaki, M., Zhang, Y., Mo, X., & Ramakrishna, S., (2004) Recent advances in polymer nanofibers. *J Nanosci Nanotechnol* 4, 52–65
- Kim, T. G., Lee, D. S., & Park, T. G. (2007). Controlled protein release from electrospun biodegradable fiber mesh composed of poly(ϵ -caprolactone) and poly(ethylene oxide). *International Journal of Pharmaceutics*, 338(1-2), 276-283. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2007.01.040>
- Lin, T., Wang, X., & Niu, H. (2010). Electrostatic spinning assembly. *Chinese science bulletin*, 2265-2286.
- Moreno, L. M., Muñoz Prieto, E., & Casanova, H. (2015). Flocculatin with Chitosan of Microalgae Native of the Colombian Plateau. *Ciencia en Desarrollo*, 6(1), 17-24. doi: <https://doi.org/10.19053/01217488.3646>
- Pérez, M. E., Manuel Ruiz, D., Schneider, M., Autino, J. C., & Romanelli, G. (2013). La química verde como fuente de nuevos compuestos para el control de plagas agrícolas. *Ciencia en Desarrollo*, 4(2), 83-91.
- Shalumon, K. T., Anulekha, K. H., Girish, C. M., Prasanth, R., Nair, S. V., & Jayakumar, R. (2010). Single step electrospinning of

chitosan/poly (caprolactone) nanofibers using formic acid/acetone solvent mixture. *Carbohydrate Polymers*, 80(2), 413-419. doi: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2009.11.039>

Yarin, A., & Zussman, E. (2004). Upward needless electrospinning of multiple nanofibers. *Polymer* 45, 2977-2980. doi: <https://doi.org/10.1016/j.polymer.2004.02.066>



Evaluación del comportamiento del almidón de plátano modificado como agente coagulante/floculante natural en la remoción de la turbidez y color del agua

Diana Isabel León Castiblanco¹
Andrés Camilo Zapata Hernández²
Luis Eduardo Meñaca Jiménez³

¹ Sena – Centro Astin, dirección, Santiago de Cali, Colombia. dianaleon@misena.edu.co

² Sena – Centro Astin, dirección, Santiago de Cali, Colombia. zapata91@misena.edu.co

³ Sena – Centro Astin, dirección, Santiago de Cali, Colombia. lemenaca@misena.edu.co

Modalidad: Póster

Resumen

Este proyecto investigativo está basado en la modificación catiónica del almidón de plátano mediante la sal de amonio cuaternaria EPTAC, para su posible uso como coagulante/floculante de aguas. Las propiedades y características del almidón de plátano nativo y modificado se comparan con almidones nativos comerciales de maíz, yuca y papa cationizados con la misma sal y se efectúa la modificación de los almidones teniendo en cuenta variables como temperatura, tiempo y concentración, revisando las propiedades funcionales y el grado de sustitución de los almidones modificados. Se realiza la toma de muestras de agua y se desarrolla la prueba del test de jarras para evaluar su desempeño en comparación con los agentes floculantes/coagulantes utilizados habitualmente y almidones modificados obtenidos.

Palabras claves: agente modificante, almidón de plátano, coagulación/floculación, espectroscopia raman, ion amino cuaternario.

Introducción

Los agentes coagulantes/floculantes utilizados en los procesos de tratamiento de agua cruda y residual permiten la remoción de la turbiedad provocada por partículas coloidales, material suspendido y microorganismos. Estas sustancias son compuestos minerales como el sulfato de aluminio $[Al_2(SO_4)_3 \cdot 14 H_2O]$, el tricloruro férrico ($FeCl_3$) y la poliacrilamida las cuales pueden generar aumento en la concentración de hierro, aluminio y oligómeros de acrilamida en el agua generando problemas a la salud humana y al medio ambiente.

Por lo anterior, se hace necesario el desarrollo de nuevos agentes coagulantes/floculantes de origen vegetal que permitan sustituir a las sales mencionadas anteriormente, los cuales ofrecen ventajas tales como agente microbiano, capacidad adsorbente de metales pesados y generar lodos biodegradables.

Parte Experimental

La obtención del almidón de Plátano nativo se llevó a cabo por vía húmeda utilizando la pulpa del plátano. La lechada obtenida fue filtrada en una tela tipo "Chambray". El filtrado se dejó sedimentar, se decantó y se secó a 50 °C. El almidón seco se pasó por una malla de 100 micras y se empacó en bolsas de polietileno.

La modificación del almidón de plátano se llevó a cabo por medio del agente modificante EPTAC en una solución acuosa de sulfato de sodio (Na_2SO_4) como agente inhibidor de hinchamiento del almidón e hidróxido de sodio (NaOH) como catalizador. Se realizaron modificaciones al 1, 5, 10, 20, 30 y 40% de agente modificante en relación al peso del almidón (Wurzburg, 1986).

El almidón nativo de plátano obtenido y modificado se caracterizó respecto al contenido de materia seca, ceniza, fibra bruta, azúcares reductores, proteína, contenido de pulpa, claridad de la pasta, humedad y sus propiedades funcionales como temperatura de gelatinización e índice de absorción (Sánchez & Aristizábal, 2007). Se realizaron pruebas RAMAN a los almidones obtenidos luego del proceso de modificación para revisar los cambios en la estructura de la molécula.

Se realizó una prueba cualitativa preliminar en una muestra de agua cruda utilizando el almidón modificado obtenido como agente coagulante/floculante.

Resultados y discusiones

La caracterización fisicoquímica del almidón de plátano obtenido (tabla 1) evidencia que el proceso por vía húmeda es eficiente debido a la ausencia de azúcares reductores, lo que indica que el proceso de obtención es bueno y durante la modificación del almidón no habrá reacciones de caramelización por aumento de temperatura. Sin embargo, el porcentaje de pulpa se encuentra alto comparado con el valor reportado en la literatura (0,3%)

(Sánchez & Aristizábal, 2007). Se está evaluando la filtración del almidón obtenido a través de un filtro metálico reutilizable de 40 micras con el fin de mejorar la calidad del almidón respecto a los contenidos de materia seca, claridad a la pasta y pulpa.

Tabla 1. Caracterización fisicoquímica de almidones nativos.

Determinación	Almidón plátano	Almidón papa	Almidón maíz	Almidón yuca
Temperatura gelatinización (°C)	60,15	64,15	65,1	69,55
Azúcares reductores	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
Materia seca (%)	77,43	85,45	89,25	89,25
Pulpa (%)	3,9	--	--	--
Claridad de la pasta (%T)	5,41	65,3	52,4	23,8

El análisis de los almidones modificados mediante espectroscopia Raman (figura 1) permitió identificar el porcentaje de agente modificante al cual ocurre la mayor sustitución en relación a la intensidad de las bandas correspondientes al ion amonio cuaternario, las cuales se evidencian en el alcance simétrico de 761 cm^{-1} y el alcance anti simétrico de $962\text{ a }975\text{ cm}^{-1}$ (Larkin, 2011). El mayor grado de sustitución se presentó a una concentración del 20%. Parámetros como el tiempo de reacción, concentración de almidón, cantidad de agua, hidróxido de sodio y agente inhibidor, están siendo evaluados para determinar la relación entre reactivos que optimice el proceso de modificación, a fin de obtener un grado de sustitución entre 0,4 y 0,7. Así mismo garantizar que el almidón catiónico obtenido continúe en su estructura inicial, evitando cambios por gelatinización o empastamiento.

La prueba cualitativa de coagulación/floculación en una muestra de agua cruda, muestra disminución en la turbiedad y el color de esta agua, evidenciando que el almidón de plátano modificado es una alternativa natural para reemplazar en un alto porcentaje a los agentes sintéticos.

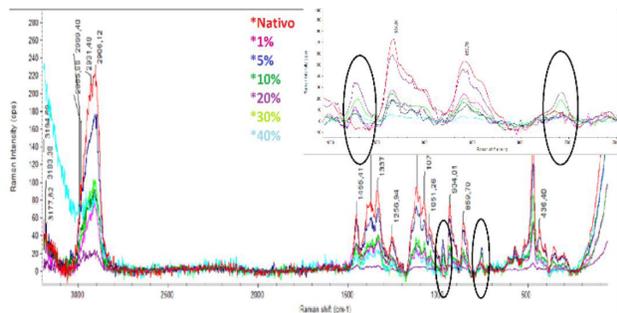


Figura 1. Espectro Raman de almidón nativo y modificado.

Conclusiones

Se deben evaluar los contenidos de materia seca, claridad de la pasta y porcentaje de pulpa en el almidón nativo de plátano obtenido con el filtro de 40 micras, con el fin de garantizar su mayor calidad, en comparación con los almidones comerciales de papa, yuca y maíz.

Se debe cuantificar el grado de sustitución en los almidones modificados a una concentración inferior de 20% de agente EPTAC con el fin de determinar a qué concentración se alcanza un grado de sustitución entre 0.4 y 0.7, debido a que en este rango se presenta su mayor potencia como agente coagulante/floculante.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los aprendices de la ficha 1260032 del programa de Química Aplicada a la Industria del centro ASTIN, a Tecno parque Nodo Valle, Ingenio Colombia S.A, Grupo GIDEMP, al Sena – Centro Astin y a RTL Representaciones Técnicas LTDA.

Referencias

- Larkin, P. (2011). Infrared and Raman spectroscopy: principles and spectral interpretation. Elsevier
- Sánchez, T., & Aristizábal, J. (2007). Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. Boletín de servicios agrícolas de la FAO, 163.
- Wurzburg, O. B. (1986). Modified starches-properties and uses. CRC Press Inc.

Superficies antibacterianas de haluros metálicos inmovilizados sobre materiales poliméricos

John Alexander Vergara¹
Yeraldin Serna¹
Carolina Caicedo²
Yenny Avila^{1*}

² Universidad Tecnológica de Pereira, Programa de Química Industrial. GI-QCOAMMSB, Álamos, La Julita, Pereira, Colombia. yennypatricia.avila@utp.edu.co

Modalidad: Póster

Resumen

En el presente artículo se hace un reporte del hilado de quitosano (Q)-alcohol polivinílico(PVA) vía electrohilado sobre aluminio y vidrio erosionado con ácido fluorhídrico (HF). Posteriormente su coordinación a centros metálicos de cobre(II), cobalto(II), plata(I) y manganeso(II). Finalmente, la evaluación antibacterial contra *Staphylococcus aureus* con el método modificado de Kirby – Bauer sobre discos, comparando las diferentes superficies de Q con haluros metálicos con respecto a los complejos respectivos en disolución sin hilar. Es de notar que los iones metálicos de cobalto(II), manganeso(II) y plata(I) tienen un efecto significativo en las propiedades bacteriostáticas con respecto a la matriz de quitosano y PVA. La mayor actividad antibacterial la representa el PVA sólo. Fue posible utilizar la técnica de electrohilado para obtener materiales compuestos con diferentes centros metálicos, así como una mejor separación de la película con respecto al sustrato en vidrio erosionado con respecto al aluminio.

Palabras claves: Electrohilado, actividad microbiológicas, inmovilización de metales.

Introducción

Los cationes metálicos pueden ser adsorbidos por quelación en grupos amina de quitosano en soluciones casi neutras, por medio de interacciones electrostáticas o formando enlaces de coordinación con los pares electrónicos libres del grupo acetilo y del nitrógeno. En el caso de los aniones metálicos, la adsorción procede por atracción electrostática sobre grupos amina protonados en soluciones ácidas. El pH es una variable importante que discrimina el tipo de interacción. Varios ejemplos se discuten con metales preciosos (Pd, Pt), oxo-aniones (Mo, V) y metales pesados (Cu, Ag). Estas interacciones



de los iones metálicos con el quitosano se pueden utilizar para la descontaminación de efluentes, aplicaciones optoelectrónicas, en la agricultura, en la recuperación de metales valiosos, modificación de antimicrobianos entre otros. El rendimiento de la adsorción también se controla estrictamente por otros parámetros estructurales del polímero (grado de desacetilación, cristalinidad, superficie, método de preparación de las películas) que controlan las propiedades de hinchamiento y difusión del quitosano. La identificación de las etapas limitantes del proceso de adsorción ayuda a diseñar nuevos derivados del quitosano en diferentes formas: sólida, geles, fibras, fibras huecas, películas entre otras (Lawal, 2004).

A nivel microbiológico las nanopartículas de quitosano funcionalizadas con aniones como tripolifosfato generan una carga residual negativa que interactúa electrostáticamente con los iones metálicos como Cu^{2+} . Estos materiales han mostrado actividad antibacteriana contra *E. coli*, *S. choleraesuis*, *S. typhimurium* y *S. aureus*. Se considera que el quitosano interrumpe las membranas celulares y la fuga de citoplasma. La inhibición es dependiente de la dosis. Se ha detectado permeabilización simultánea de la membrana celular a pequeños componentes celulares, acoplada a una despolarización significativa de la membrana. Con respecto a células de *Staphylococcus simulans* 22 no hay reportada lisis de la pared celular, la membrana celular permanece intacta, pero el análisis transcripcional reveló que el tratamiento con quitosano conduce a múltiples cambios en los perfiles de expresión de los genes SG511 de *Staphylococcus aureus* implicados en la regulación del estrés y la autólisis, así como los genes asociados con el metabolismo energético (Fu, Ji, Fan & Shen, 2006).

Los complejos de iones metálicos están desempeñando un papel cada vez más importante en el desarrollo de antimicrobianos. Cobalto(III), cobre(II) y plata (I) han sido asociados a este tipo de propiedades biológicas. Derivados de sulfacetamida (N- [4- (amino-fenil) sulfonil] acetamida) con los metales de cobre, cobalto y níquel han mostrado actividad contra *E. coli* y *S. aureus*, apreciable en comparación a los ligantes libres, lo cual manifiesta que el centro metálico puede potenciar las actividades biológicas.

A nivel de películas multicapa de quitosano con nano partículas de plata sobre PET, también se ha reportado actividad citotóxica. Sin embargo, hoy en día el método de

deposición de nanofibras, por electrospinning, se ha empleado para introducir actividad antibacteriana y biocompatibilidad a la superficie de textiles de PET.

Las mezclas de polímeros de PET y quitosano se electro-pasan a las esterillas de micro-no tejidos de PET para aplicaciones biomédicas. La actividad antibacteriana de las muestras se ha evaluado contra *Staphylococcus aureus* y *Klebsiella pneumoniae* mostrando una tasa de inhibición del crecimiento significativamente mayor comparada con el

Método de síntesis de superficies con haluros metálicos

Cada sal metálica fue mezclado con las disoluciones de quitosano de mediano peso molecular al 2% y con alcohol polivinílico al 16 % (PVA) a temperatura ambiente, pH de 3.5, disolvente agua y agitación por 30 min. Después de homogenización de las soluciones, se procedió a electrohilar.

control de la nanofibra de PET. Además, las células de fibroblastos se adhieren mejor a nanofibras de PET / quitosano que a las esteras de nanofibras de PET, lo que sugiere una mejor compatibilidad de tejidos.

Dado el contexto anterior, en el presente artículo se hace un reporte del hilado de quitosano (Q)-alcohol polivinílico (PVA) vía electrospinning sobre aluminio y vidrio erosionado con ácido fluorhídrico (HF). Posteriormente su coordinación a centros metálicos de cobre(II), cobalto(II), plata(I) y manganeso(II). Finalmente, la evaluación antibacterial contra *Staphylococcus aureus* con el método modificado de Kirby – Bauer sobre discos, comparando las diferentes superficies de Q con haluros metálicos con respecto a los complejos respectivos en disolución sin hilar.

Parte Experimental

Reactivos y equipos

$\text{CuCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $\text{CoCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, MnCO_3 , AgCl , Quitosano BPM, Quitosano MPM, marca aldrich. Disolventes: metanol, agua destilada, agar Mueller-Hinton, Infusión-Cerebro-Corazón (BHI).

Método de electrohilado

Las soluciones preparadas fueron suministradas a temperatura ambiente en una jeringa de diámetro 12.45

mm, con aguja (capilar metálico) de diámetro interno 0,7 mm. La velocidad de flujo programada en la bomba de inyección (Syringe Pump, NE-1600) fue de 0,2 mL/h. Se utilizó una placa de aluminio estática para recolectar las nanofibras electrohiladas y vidrio erosionado con HF a diferentes distancias (15, 16, 17, 18, 19, 20 y 21 cm). La tensión aplicada varió entre 12 kV y 20 kV en la que se utilizó una fuente de alimentación de alto voltaje (Glassman High Voltage, EH60).

Método de evaluación microbiológica

Se llevó a cabo inicialmente la preparación del inoculo de *Staphylococcus aureus* en el caldo Infusión-Cerebro-Corazón, incubando durante un tiempo de 48 h. Posteriormente se realizó siembra por profundidad, sobre el agar Mueller-Hinton, depositando discos impregnados de las mezclas en estado líquido y las películas hiladas sobre vidrio y aluminio. La siembra se realizó por triplicado en cada experimento programado, con un periodo de incubación de 24 h a a 37 °C. El antibiotico utilizado como control fue ampicilina grado reactivo, con una concentración de 5×10^5 ppm.

Resultados y discusiones

En la **tabla 1**, se reportan las condiciones de hilado de cada material y su actividad antimicrobiana caracterizada como bactericia y bacteriostática. El % de inhibición está expresado en términos del control ampicilina grado reactivo.

El quitosano hilado sobre aluminio no presenta actividad microbiológica. Sin embargo, el PVA al 16 % presenta una actividad del 64% en disolución con respecto a ampicilina. A partir de la mezcla de estas dos especies, los resultados evidencian que al inmovilizarse el metal en la matriz polímero cobre(II) no presenta actividad. Sin embargo, cobalto(II) **figura 2**, manganeso(II) y plata(I) evidencian actividad en el orden del 62.4 %, siendo mayor para manganeso. Hay una marcada influencia de la actividad biológica del PVA en las películas formadas. Por otro lado, en la **tabla 2**, se realiza una comparación con respecto al estado líquido como soluciones y es evidente que el centro metálico no sinergiza la actividad del PVA. Sin embargo, para cobre(II) y manganeso(II) hay una disminución de la actividad en la solución con respecto a

la sal metálica de partida. Caso contrario para plata(I) y cobalto(II).

Las superficies evaluadas vidrio erosionado y aluminio muestran diferencias significativas en la adherencia de la película sobre el sustrato. Existe menor adherencia en vidrio, lo cual facilita la estimación de las propiedades microbiológicas, ya que se desprende la película y se elimina la interferencia del aluminio. En la **figura 1**, se muestra el aumento de la rugosidad superficial en vidrio erosionado con HF a diferentes tiempos desde 1 min hasta 35 min.

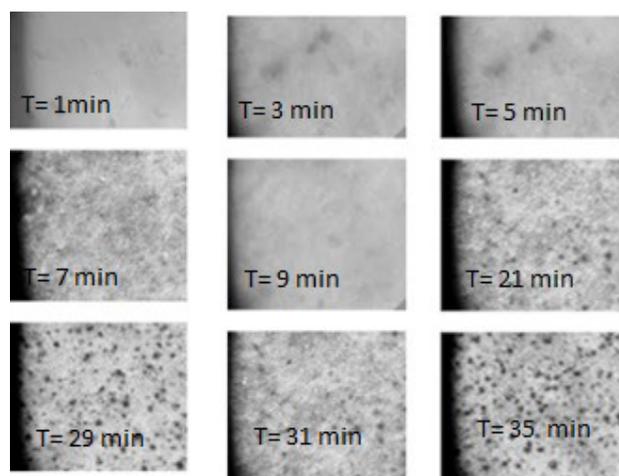


Figura 1. Vidrio erosionado con HF

A la misma concentración hay mayor actividad para manganeso(II) y plata(I) con respecto a cobre(I) y cobalto(II). Existe una marcada diferencia entre centros metálicos, el cobre(II) presenta una configuración d9, cobalto(II) d7 y manganeso(II) d5. Esto implica una geometría de los pares electrónicos del quitosano entorno al centro metálico diferente para cada uno. Esto sugiere que existe una influencia de la configuración electrónica del metal sobre las propiedades biológicas.

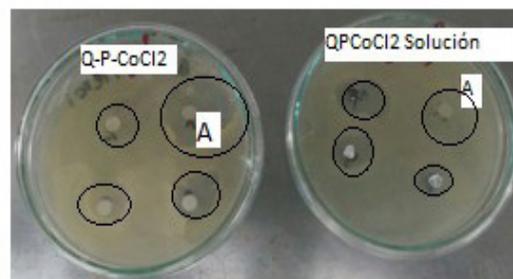


Figura 2. Caracterización microbiológica para las Q-P-CoCl₂ en película y en solución



Conclusiones

Con base en los resultados se considera que los iones metálicos de cobalto(II), manganeso(II) y plata(I) tienen un efecto significativo en las propiedades bacteriostáticas con respecto a la matriz de quitosano y PVA. La mayor actividad antibacteriana la representa el PVA sólo. Fue posible utilizar la técnica de electrohilado para obtener materiales compuestos con diferentes centros metálicos, así

como una mejor separación de la película con respecto al sustrato en vidrio erosionado con respecto al aluminio.

Agradecimientos

Este trabajo se desarrolló en las instalaciones de la Universidad Tecnológica de Pereira, proyecto 9-17-3 en convenio con ASTIN (Instituto de Asistencia Técnica a la Industria).

Tabla 1. Condiciones de hilado de cada material y su actividad antimicrobiana

Muestra	Concentración (ppm)	CONDICIONES DE HILADO		Bactericida	Bacteriostático	% de inhibición (halo de inhibición muestra/ halo de inhibición antibiótico) *100		
Sólida	Q-PVA	Q	20098,1	Velocidad de Bombeo Distancia Colector Voltaje variable	0,120 ml/h 11 cm 19,5Kv	-----	-----	
		PVA	16%	Tiempo Humedad Temperatura pH	40 min 50% 25,7 °C 5	-----	-----	
	Q-PVA-CuCl ₂	Q	20098,1	Velocidad de Bombeo Distancia Colector Voltaje variable	0,120ml/h 11 cm 19,4Kv	-----	-----	
		PVA	16%	Tiempo Humedad	40 min 54%	-----	-----	
		CuCl ₂	1977,8	Temperatura pH	24,8° C 6	-----	-----	
	Q-PVA-CoCl ₂	Q	20098,1	Velocidad de Bombeo Distancia Colector Voltaje variable	0,120 ml/h 11 cm 18,4 Kv	Activo	-----	44.4%
		PVA	16%	Tiempo Humedad	40 min 52%	-----	-----	
		CuCl ₂	2002,2	Temperatura pH	25,5°C 6	-----	-----	
	Q-PVA-MnCO ₃	Q	20098,0	Velocidad de Bombeo Distancia Colector Voltaje variable	0,120 ml/h 11 cm 18,3 KV	Activo	-----	84.5%
		PVA	16%	Tiempo Humedad	40 min 52%	-----	-----	
		MnCO ₃	2001, 0	Temperatura pH	26,3°C 5	-----	-----	
	Q-PVA-AgCl	Q	20098,1	Velocidad de Bombeo Distancia Colector Voltaje variable	0,120 ml/h 11 cm 18,3 KV	Activo	-----	58.9%
		PVA	16%	Tiempo Humedad Temperatura	40 min 51% 26,3°C	-----	-----	
		AgCl	2009,5	pH	4	-----	-----	

Tabla 2. Condiciones de hilado de cada material y su actividad antimicrobiana en disolución

Muestra	Concentración (ppm)	Bactericida	Bacteriostático	% de inhibición (halo de inhibición muestra/ halo de inhibición antibiótico) *100			
Líquida	PVA	16%	-----	Activo	64%		
	Q-PVA	Q	20098,1	-----	Activo	64%	
		PVA	16 %				
		Q	20098,1	-----	Activo	0%	
	Q-PVA-CuCl₂	PVA	16%				
		CuCl₂	1977,8				
		Q	20098	-----	Activo	51.1%	
	Q-PVA-CoCl₂	PVA	16 %				
		CoCl₂	2002,2				
		Q	20098,1	-----	Activo	22.2%	
	Q-PVA-MnCO₃	PVA	16%				
		MnCO₃	2001,0				
		Q	20098,1	Activo	-----	66.7%	
	Q-PVA-AgCl	PVA	16%				
		Ag	2009,5				
		CuCl₂	Cu	2000,2	-----	Activo	33.4%
		CoCl₂	Co	2000,1	-----	Activo	33.4%
		MnCO₃	Mn	2000,3	-----	Activo	55.6%
		AgCl	Ag	2000,4	-----	Activo	84.5 %

Referencias

- Fu, J., Ji, J., Fan, D., & Shen, J. (2006). Construction of antibacterial multilayer films containing nanosilver via layer-by-layer assembly of heparin and chitosan-silver ions complex. *Journal of Biomedical Materials Research Part A*, 79(3), 665-674. doi: <https://doi.org/10.1002/jbm.a.30819>
- Lawal, O. S. (2004). Succinyl and acetyl starch derivatives of a hybrid maize: physicochemical characteristics and retrogradation properties monitored by differential scanning calorimetry. *Carbohydrate Research*, 339(16), 2673-2682. doi: <https://doi.org/10.1016/j.carres.2004.08.015>



Evaluación del proceso de extrusión del PET reciclado con el fin de obtener filamentos

Erika Cecilia Banquet Hoyos¹
Julio Bernardo Marrugo Gutiérrez¹
Walter José Moreno Escalante¹
Johana Inés Rodríguez Ruiz¹

¹ Centro Para la Industria Petroquímica CIP- SENA Regional Bolívar, Avenida Pedro De Heredia Sector Tesca, Cartagena- Bolívar, Colombia. Grupo de Investigación en Procesos de la Industria Petroquímica GIPIQ. erikc-b@hotmail.com; jbmarrugo@misena.edu.co; walter.moreno@misena.edu.co; jrodriguezr@sena.edu.co

Modalidad: Póster

Resumen

El tratamiento de los residuos de origen poliméricos proveniente de la industria del envasado, en especial la industria de transformación del politereftalato de etileno (PET) ha suscitado creciente interés en los últimos años, por la problemática existente en el colapso de sitios de disposición final por el gran volumen de residuos de esta naturaleza. Para conseguir el objetivo de alargar el tiempo de vida útil de los materiales poliméricos dentro de un rango de propiedades acotadas y de calidad, se requiere conocer con certeza las variables tecnológicas de transformación del plástico y en concreto, los efectos que tienen estas operaciones de reprocesado sobre las características del polímero. En el presente trabajo se ha planteado el conocimiento y caracterización mediante análisis Calorimetría diferencial de barrido ASTM D 3418

Palabras claves: *Extrusión, PET (Politereftalato De Etileno), Reciclaje.*

Introducción

En la actualidad, la demanda creciente de bienes y servicios por parte de la población, impulsan el desarrollo de tecnologías innovadoras, las cuales además de satisfacer las necesidades de la sociedad, también sean menos agresivas con el ambiente (Juárez, Santiago, & Vera, 2011). Este proyecto en ejecución forma parte de un trabajo de investigación mayor, el cual, se está desarrollando con el acompañamiento del semillero de investigación del Centro para la industria Petroquímica SENA-Regional Bolívar, y busca nuevas alternativas al PET reciclado, disminuyendo la contaminación por volumen que este genera en nuestro país, por esa razón este proyecto está implementando una metodología la cual implica someter el material a varios cambios y pruebas antes de ser extruido con el fin de conocer las condiciones que debe tener este proceso para que el producto final sea el deseado. El proceso de extrusión que es uno de los más importantes en la industria

de transformación de los plásticos. Entre los productos que se puedan manufacturar se encuentran: tubería, manguera, fibras, películas y un número ilimitados de perfiles (Ríos Ramos, 2014).

Parte Experimental

Para llevar a cabo esta investigación se realizó una selección de métodos para la recuperación y transformación de las botellas de PET para llevarlas a su estado de fleques y ser cristalizado para recuperar propiedades térmicas y evitar daño del material al momento de ser extruido. Para la cristalización del material molido, utilizamos un secador shini plastics technologies en este equipo se dejó el material a una temperatura de 110°C a 120°C durante un tiempo que oscilo de 10 a 15 minutos dependiendo el proceso. Se realizaron dos pruebas de calorimetría diferencial de barrido (DSC Q2000 V24.11 Build 124) antes y después del cristalizado para saber las condiciones de temperatura que se deben manejar, estos se realizaron bajo las siguientes condiciones: rampa de calentamiento de 10°C por minutos hasta 300°C. Teniendo el material cristalizado y los DSC se procede a fundirlo, se realizaron varias pruebas variando los parámetros del extrusor (haake rheomex os thermo scientific) hasta obtener los resultados deseados.

Resultados y discusiones

El material extruido mostro inestabilidad en el proceso ya que al momento de ser extruidos se presentó porosidad, fractura del fundido (Melt Fracture), y según Ramos de Valle esto se debe a las condiciones a las que estábamos exponiendo al equipo como la temperatura y las revoluciones por minutos (RPM), sin embargo con ayuda de las pruebas de DSC (Calorimetría Diferencial de Barrido) se mejoraron las condiciones para que el resultado sea óptimo, tal como lo muestra la tabla 1.

El Análisis de calorimetría diferencial de barrido (DSC) del PET cristalizado, representado en la Fig. 2 muestra se diferencia del análisis realizado para el PET antes de ser cristalizado porque este muestra un punto de reblandecimiento y requiere de menos energía para alcanzar el punto de fundición (Tabla 1).

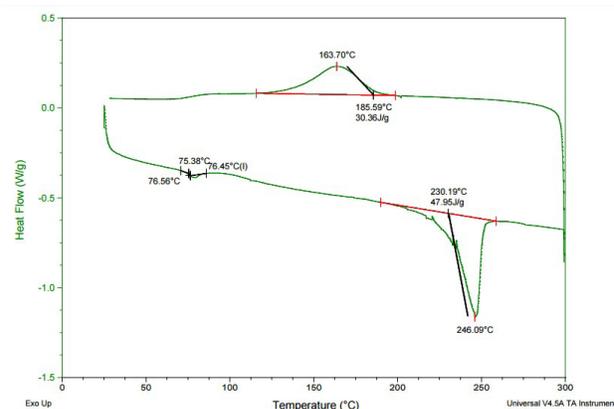


Figura 1. Análisis de calorimetría diferencial de barrido (DSC) del PET reciclado antes de ser cristalizado.

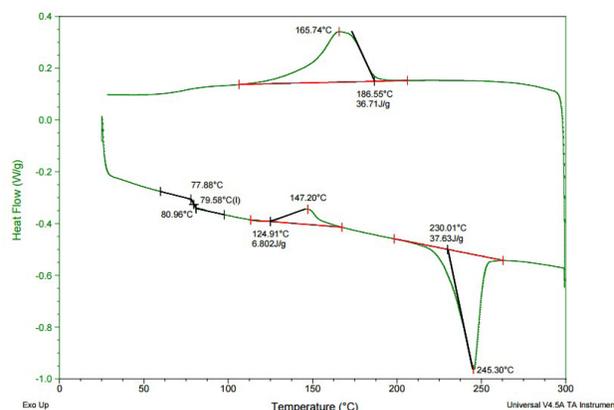


Figura 2. Análisis de calorimetría diferencial de barrido (DSC) del PET cristalizado.

Tabla 1. Condiciones de temperaturas y revoluciones por minuto (rpm) a las que fue expuesto el PET cristalizado por primera vez.

Zonas de la extrusora	Temp. °C	rpm
S1	260.0	100
S2	265.0	
S3	270.0	
S4	275.0	
S5	280.0	
S6	285.0	

Conclusiones

Las pruebas y técnicas empleadas para el proceso de extrusión facilitaron la optimización en la obtención del filamento.



Agradecimientos

Sistema de Investigación, Desarrollo tecnológico e innovación SENNOVA-SENA 2017.

Referencias

Juárez, M., Santiago, M. E., & Vera, J. (2011). Estudio de factibilidad para la manufactura de empuñaduras de PET reciclado. *e-Gnosis*, 9.

Ríos Ramos, E. F. (2014). Estudio de factibilidad para la creación de una microempresa productora de bolsas de papel para regalo a base de papel reciclado y su comercialización en el cantón marcabelí, provincia de el oro (Bachelor's thesis).

Captura y simulación aerodinámica de la nariz de la aeronave aa-007 a partir de herramientas de ingeniería inversa

Jaime Pastes¹
Andrés Torres²

¹ Aero Alianza Fabricación Aviones Agrícolas AIS S.A.S, Cr 100 11 60 To Farallones, Cali – Vale del Cauca, Colombia. jalexgp26@gmail.com

² Tecnoparque – Sena Astin, Nodo – Cali, Carrera 5 No. 11-68, Plaza de Caicedo, dirección, Cali – Valle del Cauca, Colombia

Modalidad: Video

Resumen

El objetivo general de este trabajo es obtener el diseño CAD de la nariz de la aeronave de fumigación aérea AA-007 a partir de la implementación de herramientas de escaneo 3D para su posterior análisis Aerodinámico, mediante la simulación por computadora, utilizando herramientas de Mecánica de fluidos (CFD) bajo condiciones de velocidad del viento y turbulencia determinados.

Estos resultados preliminares hacen parte de un proyecto articulado al Tecnoparque Sena – Astin. Que se propone acompañar las etapas de Simulación, prototipado y caracterización de materiales para la aeronave AA-007 ALS, durante su etapa de fabricación y certificación de la aeronave de fumigación aérea.

Palabras claves: *Diseño Asistido por Computador CAD, Ingeniería Inversa, Simulación Aerodinámica.*

Introducción

La industria actual enfrenta grandes desafíos, la sofisticación de los mercados y la exigencia de los clientes por productos más precisos y elaborados hacen necesario la integración de métodos de experimentación e innovación a los procesos tradicionales de diseño y fabricación.

La ingeniería inversa busca a partir del análisis, validación y reconocimiento de procesos, descubrir el principio tecnológico de un dispositivo. La integración entre el diseño y la manufactura mediante las técnicas CAD/CAM ha permitido el desarrollo de productos en forma rápida, óptima y eficiente; que sumado a las tecnologías de escaneo 3D ((Raja & Fernandes, 2008) ha logrado que la ingeniería inversa de partes y componentes sea una de las áreas de la ingeniería que más se ha beneficiado con la integración de estas disciplinas o tecnologías. Además, dar un nuevo enfoque a la metrología dimensional a partir de la captura de la información del objeto para Posteriormente



ser tratada, refinada y validada con la ayuda de software especializado (Udroiu, 2017).

El presente artículo pretende socializar la metodología de escaneo 3D implementada para la captura y Pósterior rediseño de la nariz de la aeronave de fumigación aérea AA-007. Para su evaluación aerodinámica preliminar con la ayuda del software solidworks complemento CFD.

Parte Experimental

Los pasos principales antes de iniciar el proceso de escaneo de la hoja consisten en las siguientes operaciones:

Preparación de la Nariz para escaneado

En esta etapa se preparó la superficie de la nariz del avión eliminando el brillo de la superficie con revelador de soldadura, para los escáneres de Nocontacto como **Handy Scaned** el brillo de la pieza puede afectar la captura de la superficie. Pósteriormente se ubicaron targets de posicionamiento sobre la superficie de la nariz del avión para que el escáner pueda ubicar el objeto en el espacio como se muestra en la siguiente Figura 1.

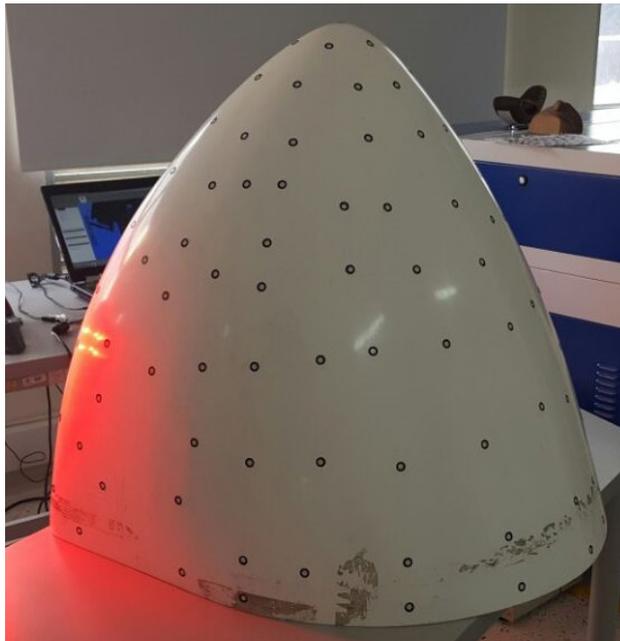


Figura 1. Nariz de avión con Targets de posicionamiento.

Configuración del escáner y captura de la superficie

Desde el programa **VxElements** se configuro la potencia y la apertura del láser de captura del escáner, este proceso se realizó para cada una de las piezas que se escanearon pues el brillo superficial de cada pieza determina la potencia del láser y la popturacion del mismo. La configuración de la resolución del escáner tiene un efecto directo sobre el tiempo de captura, entre más alta la resolución de escaneado mayor tiempo de captura. Para el caso del escáner **Handy Scaned** como se observa en la Figura 2, la resolución esta entre (2.0 -0.2) mm/s., en este caso se utilizó una resolución de 0.5 mm/s.

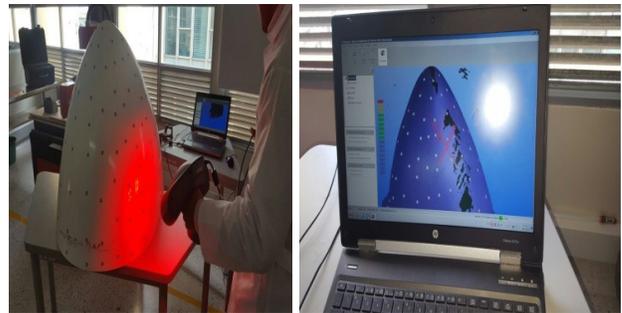


Figura 2. Configuración potencia del láser y captura de la nariz del avión con el Software **VxElements** escáner **Handy Scaned**.

Modelado 3D simulación aerodinámica de la nariz mediante el software Soliworks

Existen varios productos de software de inspección / ingeniería inversa en el mercado, que unen la brecha entre la recogida de puntos y los requisitos de diseño (Storti, Peralta, Careno, & Albanesi, 2013). Se pueden mencionar productos de software independientes tales como Geomagic, Rapidform, Gom Inspect o algunos módulos de software de los sistemas de software complejos, Catia, Creo y SolidWorks (Ospina Pérez, & Ramírez Tobón, 2015).

A partir de la malla de puntos obtenida durante el proceso de escaneo y con la ayuda de los módulos de reparación de malla y superficie del software solidworks, se realizó una reconstrucción rápida de la superficie y Pósteriormente un diseño generativo de la nariz del avión, siguiendo la metodología de la Figura 3.

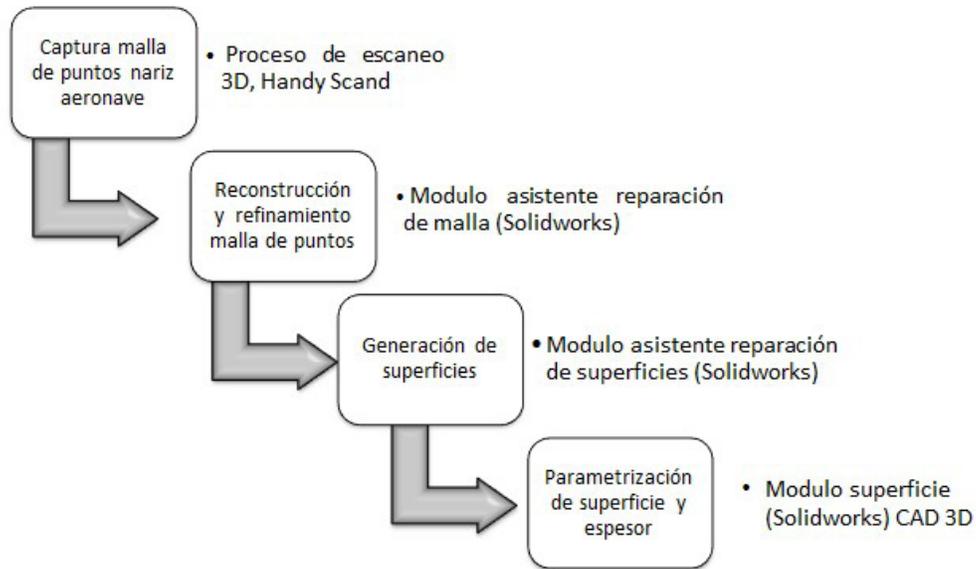


Figura 3. Metodología captura y rediseño de la nariz del avión (Jacob, 2001).

Para el Pósterior aerodinámico de la nariz del avión se utilizó el módulo de solidworks flow simulation de software solidworks, con las condiciones de contorno entrada como velocidad de viento V (38 m/s), turbulencia del aire del 12%, longitud de turbulencia de 0.0088 m. Se logró obtener un modelo 3D nariz del avión como se observa en la Figura 4.

Se utilizó la ley de pared sin deslizamiento (no-slip). En la salida, se considera que el valor de la presión es la atmosférica.



Figura 4. Modelo 3D nariz del avión

Resultados y discusiones

De las simulaciones numéricas en solidworks flow simulation Figura 5, se obtuvieron los siguientes resultados cualitativos y cuantitativos.

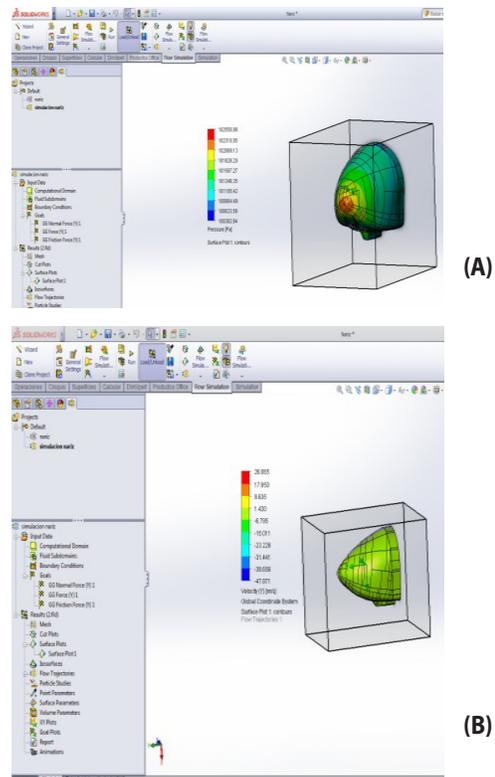


Figura 5. Valores de presión y velocidad sobre la superficie de la nariz del avión.



De acuerdo a las simulaciones los valores de presión más altos se concentran en la parte frontal de la nariz y disminuyen a medida que el diámetro de la sección transversal de la nariz aumenta. Lo que permite suponer, que bajo de condiciones de vuelo la geometría de la nariz beneficia el desplazamiento de la aeronave en ángulos de vuelo menores a 30°.

Por otra parte las líneas de trayectoria de velocidad sobre la superficie de la nariz, muestran los valores más altos sobre la parte superior media de la nariz. De igual manera se observaron los valores de velocidad más bajos en la parte frontal de la nariz ocasionados por el impacto del aire con la superficie de la nariz.

Conclusiones

Se logró obtener el diseño CAD de la nariz de la aeronave de fumigación aérea AA-007 a partir de la implementación de herramientas de escaneo 3D e ingeniería inversa, con una desviación con respecto a la malla de puntos de 0.2 mm.

Se consiguió realizar la simulación aerodinámica de la nariz del avión con la ayuda del módulo de solidworks flow simulation del software de Diseño Solidworks.

Respecto a los resultados preliminares obtenidos, se hace necesario implementar herramientas de simulación aerodinámicas más robustas que permitan conocer con mayor precisión el comportamiento de la velocidad del aire en la parte baja de la nariz donde se ubican las tomas de aire.

Agradecimientos

Agradecimiento al Sena - Astin y a los gestores de la línea de Ingeniería y Diseño del Tecnoparque Nodo – Cali.

Referencias

- Jacob, J. (2001). Experimental and computational aerodynamic analysis of ice fragments shed from aircraft surfaces.
- Ospina Pérez, C. A., & Ramírez Tobón, B. Y. (2015). Aplicación de la ingeniería inversa en la reproducción de una pieza plástica inyectada (Bachelor's thesis, Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira).
- Raja, V., & Fernandes, K. (2008). Reverse engineering. London: Springer. doi: <https://doi.org/10.1007/978-1-84628-856-2>
- Storti, B., Peralta, I., Carengo, S., & Albanesi, A. (2013). Aerodinámica de turbinas eólicas de baja potencia. In XXXII Congreso de Métodos Numéricos y sus Aplicaciones ENIEF.
- Udroiu, R. (2017). Research regarding reverse engineering for aircraft components. MATEC Web Of Conferences, 94, 01012. doi: <http://dx.doi.org/10.1051/mateconf/20179401012>

Undimotriz: columna de agua oscilante para generación de energía eléctrica

Fredy F. Miramag-Martinez¹
Bairo Vera-Mondragón²
Rodrigo Martinez-Zúñiga³

¹ SENA ASTIN, Regional Valle Calle 52 No.2Bis-15 Barrio Salomia, Cali, Colombia. fmiramagm@sena.edu.co

² SENA ASTIN, Regional Valle Calle 52 No.2Bis-15 Barrio Salomia, Cali, Colombia.

³ SENA ASTIN, Regional Valle Calle 52 No.2Bis-15 Barrio Salomia, Cali, Colombia.

Modalidad: Video

Resumen:

Este proyecto se enfoca en la captación de energía eléctrica al aprovechar el potencial energético de las olas del mar, analizando y optimizando variables que intervienen por medio de simulaciones en software y procesos experimentales de laboratorio, proyectados a un prototipo de campo de implementación en una zona costera del Valle del Cauca, utilizando un dispositivo denominado Columna de agua oscilante OWC (Oscillating Water Column), para satisfacer la necesidad de abastecimiento eléctrico de las zonas no interconectadas (ZNI).

Palabras claves: *energía, undimotriz, mareomotriz, oscilante, turbinas.*

Introducción

Con la implementación de un sistema eficiente, además de provenir de fuentes ambientalmente sostenibles, se pueden tomar datos y analizar las variables de incidencia de las olas del mar en la generación de energía eléctrica. La experimentación por medio del prototipo de campo, permite evaluar el sistema y verificar la importancia de esta tecnología en la solución a la necesidad del abastecimiento eléctrico para las comunidades en zonas no interconectadas (ZNI) de las costas del pacífico colombiano, que no cuentan con este servicio debido a su difícil acceso. El prototipo Undimotriz basado en un dispositivo de Columna de Agua Oscilante (OWC) se desarrolla a partir de la necesidad expuesta, permitiendo el mejoramiento de la calidad de vida de la población y en consecuencia promover el desarrollo del territorio, cuya propuesta se define de acuerdo a las consideraciones en cuanto a eficiencia del sistema, costos de fabricación e instalación, teniendo en cuenta el impacto producido al medio ambiente.



Parte Experimental

El desarrollo del prototipo y sus turbinas (Ver figura 1) se hace a partir de investigaciones que demuestran la eficiencia de estos sistemas (Salueña Berna, Ortiz Marzo, & Raso Bautista, 2009; Váldez Loiacano, 2013), los cuales son evaluados para su Pósterior análisis de resultados y así lograr la optimización del prototipo undimotriz. Los trabajos experimentales en el prototipo de laboratorio se describen en tres partes, la primera parte es **control de oleaje**, donde se determinan las

variables (altura de onda, longitud de onda, frecuencia de onda) en el prototipo de laboratorio para tener control del dispositivo; la segunda parte es **cámara de aire** con diferentes volúmenes que permite la obtención de velocidades de flujo de viento, deltas de presión, desplazamiento de ondas dentro de la cámara de aire, de acuerdo a los mejores resultados obtenidos del control de oleaje y por último se experimenta con varios **tipos de turbinas** unidireccionales con distintas configuraciones en sus álabes, dimensiones, diámetros, estructura como la turbina tipo Wells, de impulso axial o turbinas de acción. La metodología en cada experimento corresponde a la realización de varios tratamientos o pruebas con cada una de las variables controlables de entrada en el dispositivo undimotriz, recogiendo los datos en cada fase que componen el prototipo, que se definen así: fase de generación de olas (en las que se presentan la energía cinética y potencial), fase de obtención de energía neumática en la cámara de aire, fase de energía mecánica presente en la turbina y fase de energía eléctrica en el generador; con base en dichos experimentos y usando los elementos de medición correspondiente como cintas métricas, anemómetro, multímetro, tacómetro y barómetro, además de los análisis previos a cada resultado conseguido se generan en la figura 2 la representación de la energía eléctrica obtenida a partir del movimiento de las olas.

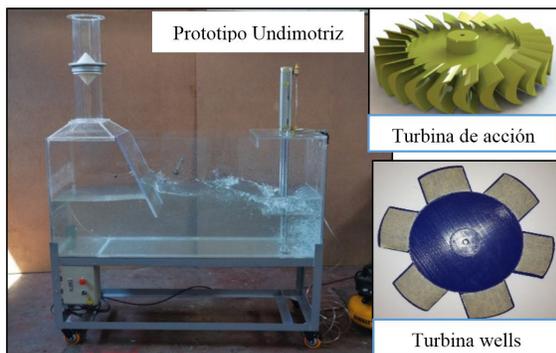


Figura 1. Prototipo Undimotriz basado en un dispositivo de Columna de Agua Oscilante (OWC) y Turbinas.

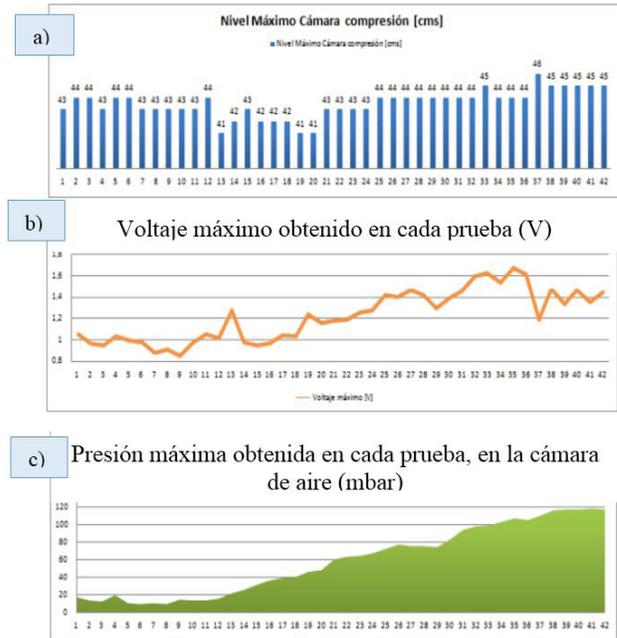


Figura 2. Representación de la energía eléctrica obtenida a partir del movimiento de las olas

Resultados y discusiones

Se realizaron pruebas con varios tipos de turbinas de las que se obtuvieron los mejores resultados (Ver tabla 1) en cuanto a generación de energía eléctrica asociada a la velocidad de rotación de las mismas, esto bajo las condiciones de oleaje que se simulan en el prototipo de laboratorio.

Tabla 1. Análisis de dos turbinas unidireccionales

Tipo de turbina	Voltaje AC	RPM	Velocidad de viento m/s
Turbina 25	7,12	895	1,3
Turbina 20	2	293	2

Actualmente se está realizando un prototipo de campo que será instalado en una zona costera del pacífico colombiano, gracias a que se ha presentado esta propuesta tecnológica e innovadora en varias regiones del país con una gran aceptación por parte de la comunidad en general.

Conclusiones: La innovación que se presenta con este proyecto son el tipo de turbinas que no se han empleado antes en estos dispositivos OWC, que son diseñadas y fabricadas por aprendices e instructores del SENA Regional Valle en Cali y de Tecnoparque, además de presentar el

primer prototipo Undimotriz con dispositivo OWC en Colombia.

Se resalta además el establecimiento de la alianza que se forjó entre el SENA ASTIN Complejo Salomia Cali, el SENA Centro Náutico Pesquero de Buenaventura, el SENA Centro de Recursos Naturales, Industria y Biodiversidad de Quibdó – Chocó, la UMATA – Alcaldía de Buenaventura, DIMAR (Ministerio de Defensa Nacional – Dirección General Marítima – Autoridad Marítima Colombiana) y la Fundación de Asesorías Pesqueras de Buenaventura, todo esto con el propósito de llevar a cabo la Fase II de este proyecto, que tiene por objeto la implementación del dispositivo OWC en la zona costera del pacífico colombiano. Como estrategia de desarrollo del proyecto se determina primero la incidencia de las variables del proceso OWC en la generación de energía utilizando el prototipo de laboratorio, estas acciones han permitido diseñar y empezar a fabricar un prototipo experimental de campo que instalaremos en la zona conocida como San Pedro costa pacífica del Valle del Cauca en Buenaventura.

Agradecimientos

Centro ASTIN, Tecnoparque Nodo Cali, CNP Buenaventura.

Referencias

- Salueña Berna, J., Ortiz Marzo, J. A., & Raso Bautista, A. (2009, July). Diseño y fabricación de un prototipo a pequeña escala de una turbina de aire, para el aprovechamiento de la energía marina, a bajo coste mediante técnicas de prototipado rápido. In UPC Sostenible 2015. Centre per a la Sostenibilitat.
- Váldez Loiacano, P. P. (2013). Estudio del flujo en un grupo turbinado de dos turbinas axiales unidireccionales para Centrales OWC.