



ABSTRACTS

S6. Impresión en 3D, Superficies e Interfaces Poliméricas

S6. Impresión en 3D, Superficies e Interfaces Poliméricas

Symposium Organizers:

José Bonilla Cruz CIMAV, Monterrey

Lorena Farías Cepeda Universidad Autónoma de Coahuila

S6-abs011

HIGH-PERFORMANCE THERMOSETS AND SEMI-FLUORINATED POLYMER PROTECTIVE COATINGS

Eugene Caldon¹

¹North Dakota State University, Coatings And Polymeric Materials, United States.

The consequences of corrosion are extremely costly and troublesome. Corrosion is considered a chronic problem that causes sudden disruptions in many segments of industrial operations. Protection against corrosion is, therefore, desirable, as it helps achieve extended service life for metals and reduced corrosion-related costs. Broader application of protective coatings remains one of the best technical practices in minimizing the effects of corrosion. This plenary talk introduces different classes of high-performance polymeric materials and composites based on thermosets (e.g. polybenzoxazines and epoxies) and fluoropolymers as new groups of corrosion-resistant materials. Fluoropolymers are increasingly gaining interest in the coating industry, but their nonstick nature limits their application as it often leads to poor film adhesion to various surfaces. Different approaches to improving their surface adhesion, including the use of conducting polymer primers, green additives, and ceramic inclusions, are aimed at maximizing the benefits of fluoropolymer properties across a wide array of surface protection applications.

Keywords: Coatings, Corrosion, Fluoropolymers

Presenting author's email: eugene.caldona@ndsu.edu

S6-abs007 Invited Talk

3D PRINTING OF POLYMERS: CURRENT TRENDS AND ADVANCED APPLICATIONS

José Bonilla-Cruz¹

¹CIMAV, SC-Subsede Monterrey, Subsede Monterrey, Mexico.

Additive manufacturing (AM), commonly known as 3D printing, represents a transformative technology with significant potential to advance materials science through novel applications across various disciplines. AM enables the development of innovative materials, including resins, inks, powders, and filaments, for various techniques such as digital light processing, stereolithography, two-photon polymerization/multiphoton polymerization, fused deposition modeling, direct ink writing, selective laser sintering/selective laser melting, electrohydrodynamic printing, inkjet printing, among others. These materials encompass polymers, biopolymers, ceramics, metals, and (nano)composites. They are pivotal for advanced applications in energy conversion, environmental remediation, sensors, 4D printing (stimuli-responsive materials), superhydrophobic/oleophobic surfaces, fog harvesting, lightweight structures, tissue engineering, and cell proliferation, among others. Furthermore, integrating artificial intelligence (AI) and machine learning with big

data analytics enhances the design and optimization of these materials, accelerating their development and providing deeper insights into the micro- and nanoscopic structure-property relationships of 3D-printed materials. In this invited Talk, I will cover some current trends and advanced applications of 3D printing focussed on polymer materials.

Keywords: 3D printing, applications, Additive manufacturing

Presenting author's email: jose.bonilla@cimav.edu.mx

S6-abs008

IMPRESIÓN EN 3D DE COPOLÍMERO TRIBLOQUE (SBS) MEDIANTE DLP

Melisa Trejo¹, Edgar Homero Ramirez Soria¹, Tania Ernestina Lara-Ceniceros¹, José Bonilla-Cruz¹

¹CIMAV, SC-Subsede Monterrey, Nano and Microadditive Manufacturing of Polymers and Composite Materials Laboratory, Mexico.

La impresión en 3D por Luz Pulsada (Digital Light Processing, DLP) se destaca en el área de manufactura aditiva debido a la versatilidad de la técnica. Puntualmente, la formulación de resinas presenta una alternativa para el desarrollo de materiales con propiedades físico químicas específicas debido a la posibilidad de modular los componentes dentro de una resina fotocurable. En este trabajo se presentan las propiedades mecánicas de los impresos obtenidos a partir de una resina elastomérica. Para la elaboración de la resina se utilizó el copolímero de poliestireno-b-polibutadieno-b-poliestireno, SBS, como prepolímero y al acrilato de butilo como monómero en la formulación. Como resultado de la fotopolimerización se imprimieron probetas de acuerdo con la norma ASTM-D638 modificando los tiempos de fotocurado. Fue posible desarrollar una formulación nueva a base de elastómero, así como su impresión en 3D por DLP con notables propiedades mecánicas

Keywords: Impresión en 3D, DLP, SBS

Presenting author's email: melisa.trejo@cimav.edu.mx

S6-abs013

OPTIMIZATION OF PRINTING PARAMETERS THROUGH SHORT BEAM SHEAR TESTING USING RESPONSE SURFACE METHODOLOGY FOR ENHANCING STRUCTURAL INTEGRITY IN 3D-PRINTED PEEK

Katia Dafne Daniela Martinez Lopez¹, José de Jesús Kú Herrera², Graciela Morales¹, Alejandro May Pat³, José Manuel Cervantes Uc³, Pascual Bartolo Pérez⁴

¹Centro de Investigación en Química Aplicada, Química Macromolecular y Nanomateriales, Mexico. ²CONAHcyT-CIQA, Química Macromolecular y Nanomateriales, Mexico. ³Centro de Investigación Científica de Yucatán A. C., Unidad de Materiales, Mexico. ⁴CINVESTAV-Unidad Mérida, Física Aplicada, Mexico.

Optimizing 3D printing parameters for polyether-ether-ketone (PEEK) is essential to produce mechanically robust prototypes. This study utilized fused deposition modeling to fabricate PEEK specimens and employed

short beam shear (SBS) test to assess interlaminar shear strength (F_{SBS}). The SBS test provides a more precise evaluation of interlayer bonding compared to traditional three-point bending tests, which primarily focus on flexural strength and are less sensitive to interlaminar failures. Interlaminar shear failure is a critical state indicating poor interlayer adhesion, leading to compromise the structural integrity and mechanical performance in 3D-printed PEEK specimens. A face-centered central composite design with a significance level of $p=0.05$ was implemented using response surface methodology (RSM) to systematically measure the effects of printing temperature (370, 380, 390 °C), printing speed (20, 30, 40 mm/s), and layer height (0.10, 0.15, 0.20 mm) on F_{SBS} , and the interaction between these parameters. Specimens were printed following ASTM D2344 M-13 standards on a Prusa® MK3s+ 3D printer, modified to achieve extrusion temperatures above 350 °C. Analysis of Variance (ANOVA) revealed that both printing temperature ($p=0.001$) and layer height ($p<0.001$) significantly affected F_{SBS} , underscoring their critical roles in optimizing interlayer adhesion. Flexure stress-strain analysis indicated that specimens printed at 370 °C exhibited a stepwise behavior in the stress-strain curve, characteristic of interlaminar shear failure, suggesting that this temperature is insufficient for robust layers bonding. Additionally, specimens printed with a 0.20 mm layer height were prone to interlaminar shear failure, particularly at higher print speeds and temperatures below 390 °C, resulting in F_{SBS} values below 9 MPa. RSM optimization identified the ideal printing conditions as a temperature of 390 °C, a printing speed of 20 mm/s, and a layer height of 0.10 mm, which produced F_{SBS} values exceeding 12 MPa. The stress-strain curves under these conditions displayed abrupt tension failure, indicating excellent interlayer cohesion. This research highlights the importance of precise control over 3D printing conditions to fabricate high-performance, mechanically durable parts of PEEK.

Keywords: PEEK, 3D-printing, Short-beam strength

Presenting author's email: dafne.mtz.lpz@gmail.com

S6-abs004

IMPRESIÓN 3D DE PEG-PNIPAM MEDIANTE DLP EN MEDIO ACUOSO: HACIA LA CAPACIDAD DE IMPRESIÓN HIDROFÍLICA

Armando Edgar Castillo¹, Melisa Trejo¹, Edgar Homero Ramirez Soria¹, Tania Ernestina Lara-Ceniceros¹, Roman Torres Lubián², José Bonilla-Cruz^{*1}

¹CIMAV, SC-Subsede Monterrey, Nano & Micro Additive Manufacturing of Polymers and Composite Materials Laboratory "3D LAB", Mexico. ²Centro de Investigación en Química Aplicada,), Department of Macromolecular Chemistry and Nanomaterials, Mexico.

La impresión 3D acuosa ha surgido como una técnica de fabricación aditiva versátil con prometedoras aplicaciones en biomedicina, ingeniería de tejidos y materiales de hidrogel. En esta contribución, copolímeros de poli(etilenglicol) metil éter acrilato-co-(poli(N-isopropilacrilamida) (PEGMA-co-PNIPAM) se imprimieron en 3D por primera vez mediante tecnología de procesamiento de luz digital (DLP) en medios acuosos (agua = 55 % en peso). N-isopropil acrilamida y poli(etilenglicol) diacrilato (PEGDA) se utilizaron como monómero y entrecruzante, respectivamente. El poli(etilenglicol) metil éter ($M_n = 2000$ Da) se funcionalizó en el extremo de la cadena con cloruro de metacrililo para obtener PEGMA, que se caracterizó por ATR-IR, SEC y ¹H-NMR y se utilizó como prepolímero. La longitud de la cadena del entrecruzante (PEGDA₅, PEGDA₁₃ y PEGDA₁₆) afecta significativamente el tiempo de fotopolimerización: ~6 s utilizando PEGDA₁₃ o PEGDA₁₆, y ~17 s para PEGDA₅. Las evaluaciones de fotorreología (UV = 395 nm) revelaron cambios esenciales en las propiedades viscoelásticas de cada resina durante el proceso de fotocurado desde 10⁻¹ Pa (resina líquida) hasta 10² Pa (resina fotocurada). La densidad de entrecruzado de la red y la distancia entre dos puntos de enredos en

función de la longitud de la cadena del entrecruzante se estimaron en PEGDA5: $v_e = 1,6 \times 10^{19} \text{ m}^{-3}$ y $\xi = 4 \times 10^{-07} \text{ m}$; PEGDA₁₃: $v_e = 2,1 \times 10^{21} \text{ m}^{-3}$ y $\xi = 7,8 \times 10^{-08} \text{ m}$; PEGDA16: $v_e = 4,8 \times 10^{21} \text{ m}^{-3}$ y $\xi = 5,9 \times 10^{-08} \text{ m}$. Curiosamente, PEGDA₁₃ promovió una alta resolución y una excelente capacidad de retención de forma en impresiones con forma de oreja que exhibieron un contenido de gel $G = 51\%$ y una relación de hinchamiento de $Sw = 97\%$. Se imprimieron en 3D muestras rectangulares y se probaron mecánicamente. Se obtuvo una tenacidad significativamente mejorada del 385% y un módulo de Young ($E = 3,7 \text{ MPa}$) utilizando PEGDA₁₃. El análisis SEM y AFM confirmó microdisposiciones de regiones PEG y PNIPAM producidas durante la fotopolimerización. La temperatura crítica inferior de la solución (LCST) se determinó a 35°C utilizando PEGDA₁₆ y a 32°C utilizando PEGDA₁₃. En general, demostramos la importancia de seleccionar la longitud adecuada de la cadena de entrecruzante para modular las propiedades macroscópicas de los materiales impresos en 3D.

Keywords: monomers, resins., acrylates

Presenting author's email: armando.castillo@cimav.edu.mx

S6-abs018 Invited Talk

FUNCIONALIZACIÓN DE NANOTUBOS DE CARBONO Y ÓXIDOS METÁLICOS PARA REFORZAR DIFERENTES TIPOS DE RECUBRIMIENTOS

Lorena Farias Cepeda¹

¹Universidad Autónoma de Coahuila, Facultad de Ciencias Químicas, Mexico.

Recubrimientos formados a base látex híbrido de ploy (MMA-BA-HEMA) reforzados con nanotubos de carbono de pared múltiple (MWCNTs) se sintetizaron mediante polimerización en miniemulsión in situ. Los MWCTNs fueron modificados superficialmente con un plasma de CO_2 . La presencia de los MWCTNs no modificó significativamente la cinética de la polimerización, pero sí afectó las características del polímero. El desempeño de los compuestos preparados in situ se comparó con los preparados por mezclado del látex y los MWCNTs. Los compuestos in situ muestran la presencia de una fase adicional debido a las fuertes interacciones de los MWCNTs y el polímero que reduce la movilidad de las cadenas poliméricas. Como resultado, se observó el incremento del módulo de almacenamiento y de pérdida. A 60°C , que está por encima de la región de transición principal del polímero, los compuestos in situ mantuvieron el refuerzo, mientras que las mezclas se comportaron como un material similar a un líquido. Esto sugiere la formación de una red 3D, lo que concuerda con el alto contenido de polímero insoluble encontrado en los compuestos in situ.

Por otro lado, se modificó un esmalte alquidático con óxidos metálicos y nanotubos de carbono de pared múltiple con el fin de contribuir al desarrollo en materia de recubrimientos solares sobre superficies de aluminio. Se funcionalizó la superficie de las partículas de TiO_2 , ZrO_2 y MWCNT por medio de plasma de estireno. Posteriormente se formularon los esmaltes alquidáticos- OM_{ST} -MWCNT_{ST} utilizando diferentes porcentajes de cada uno de los materiales aditivos. Finalmente, se llevó a cabo la caracterización de los recubrimientos resina alquidática/ OM_{ST} -MWCNT_{ST} sobre superficies de aluminio y para conocer la eficiencia de los recubrimientos sobre el sustrato, se les determinó porcentaje de absortividad y la adherencia. Los recubrimientos formulados presentan resultados favorables para su uso como recubrimientos selectivos con

aplicaciones solares ya que se encuentran a la par de los hallazgos realizados por otros grupos de investigación, pero con la ventaja de ser un método más sencillo.

Keywords: Recubrimientos, Nanotubos de Carbono, Funcionalización

Presenting author's email: lorefariascepeda@hotmail.com

S6-abs014 Invited Talk

UTILIZATION OF SURFACE-MODIFIED NANOCELLULOSE DERIVED FROM OFFICE WASTE FOR THE TREATMENT OF WASTEWATER.

Catalina M. Pérez Berumen¹

¹Universidad Autónoma de Coahuila, Organic Chemistry, Mexico.

Water pollution is a significant challenge because water is essential for the survival of all living organisms. Nanocellulose biopolymers present a promising and environmentally friendly approach to addressing wastewater treatment issues. This study investigates the use of cellulose nanomaterials from office waste to treat wastewater from the textile industry. Initially, cellulose nanocrystals (CNC) were extracted through acid hydrolysis from recycled paper that had gone through a deinking process. The obtained CNCs were then chemically modified by using a Fischer esterification process with citric acid to introduce multiple carboxyl groups. The modified nanomaterial was characterized, and its potential as a surface modifier was assessed to determine its effectiveness as a flocculating agent for removing cationic dyes from synthetic wastewater samples.

Keywords: cellulose, nanomaterials, wastewater

Presenting author's email: catalinaperez@uadec.edu.mx

S6-abs009

IMPROVING THERMO-MECHANICAL PROPERTIES OF 3D PRINTOUTS VIA SLA BY TUNING GRAFT DENSITY OF BIFUNCTIONALIZED GO

Edgar Homero Ramirez Soria¹, Tania Ernestina Lara-Ceniceros², Alfredo Aguilar Elguézabal³, Rigoberto Advincula⁴, José Bonilla-Cruz²

¹Centro de Investigación en Materiales Avanzados, Subsele Monterrey, Mexico. ²CIMAV, SC-Subsele Monterrey, Nano & Micro Additive Manufacturing of Polymers and Composite Materials Laboratory "3D LAB", Mexico. ³Centro de Investigación en Materiales Avanzados, Laboratorio de Materiales Nanoestructurados, Mexico. ⁴University of Tennessee, Institute for Advanced Materials and Manufacturing, United States.

Surface functionalization of graphene oxide (GO) is one of the best ways to achieve homogeneous dispersions of GO within polymeric matrices and composites. Nonetheless, there are still few studies on how the level of GO functionalization affects the macroscopic properties of three-dimensional (3D) printed nanocomposites. Herein, a one-step microwave-assisted synthesis presents fast and straightforward surface bifunctionalization

of GO with a controlled ratio of $\text{NH}_2/\text{NH}_3^+$ groups at low, medium, and high functionalization levels (AGOL, AGOM, and AGOH). A plateau of maximum functionalization ($G_{\text{p}} = 4.9 \mu\text{mol}/\text{m}^2 = 2.9 \text{ molecules}/\text{nm}^2$) was reached, suggesting that full coverage of the GO surface is achievable. Stereolithographic (SLA) 3D-printed nanocomposites were obtained using ultralow loads (0.01 wt %) of each bifunctionalized material. This ultralow amount was sufficient to enhance thermal stability (up to 4°C) and a significant increase in the glass transition temperature ($93^\circ\text{C} \leq T_g \leq 120^\circ\text{C}$). Interestingly, we found that low and medium grafting density promotes a ductile material ($\epsilon > 5\%$); meanwhile, a high graft density produces brittle materials. Also, we observe that the toughness can be tuned as a function of the graft density (AGOH: 24 MPa, AGOM: 342 MPa, AGOL: 562 MPa) at ultralow loadings. The 3D-printed nanocomposites using GO with low graft density (AGOL) increase their tensile strain by 90% in comparison with the control sample (without filler). Finally, the underlying mechanisms were discussed to explain the findings.

Keywords: 3D Printing, Bi-Functionalized Graphene, Mechanical Properties

Presenting author's email: ehers91@gmail.com

S6-abs003

NANOCOMPUESTOS PIEZORRESISTIVOS Y TERMORRESISTIVOS A BASE DE LLDPE Y MWCNT

Odilia Pérez Camacho¹, Luis Fernando González Sánchez¹, José de Jesús Kú Herrera¹, Maricela García Zamora¹, Víctor Eduardo Comparán Padilla¹

¹Centro de Investigación en Química Aplicada, Química Macromolecular y Nanomateriales, Mexico.

Los nanocompuestos poliméricos han contribuido significativamente en el desarrollo e innovación de dispositivos inteligentes que utilizan sensores térmicos y eléctricos. Uno de los desafíos de esta tecnología es combinar diferentes propiedades como la flexibilidad para la comodidad del usuario, sin disminuir su resistencia y sensibilidad a los fenómenos mecánicos y eléctricos, que rigen sus respuestas como sensores. En el presente trabajo se estudió la incorporación de MWCNT en polietilenos lineales de baja densidad (LLDPE) mediante reacciones de copolimerización in situ de etileno y 1-octeno, obteniendo nanocompuestos entre 1.2 y 2 % en peso de MWCNT. Las matrices de polietileno mostraron porcentajes de incorporación de 1-octeno entre 1 y 1.2 % mol, suficiente para la obtención de materiales flexibles, sin embargo, las actividades catalíticas disminuyeron entre el 20 y 30 % con respecto a las copolimerizaciones sin nanocarga. Los materiales fueron caracterizados por RMN, GPC, DSC, TGA y SEM, y los nanocompuestos obtenidos (MWCNT/LLDPE) fueron extruidos como filamentos para la obtención de prototipos mediante FDM por impresión 3 D. Las propiedades eléctricas y térmicas de las muestras se midieron en un electrómetro, observando que en los nanocompuestos con 2 % en peso de MWCNT la conductividad eléctrica se incrementó 5 órdenes de magnitud mostrando valores de 10^{-2} S/m , característico de materiales semiconductores con propiedades piezorresistivas y termorresistivas.

Keywords: Nanocompuestos MWCNT, LLDPE, FDM

Presenting author's email: odilia.perez@ciqa.edu.mx

S6-abs010

IMPRESIÓN EN 3D DE NANOCOMPOSITOS BASE GRAFENO FUNCIONALIZADO CON FOSFATOS/PVA-

ACRILATO EN MEDIO ACUOSO MEDIANTE DLP

Ana Cristina Amparán Estrada¹, Edgar Homero Ramirez Soria², Melisa Trejo², Tania E. Lara-Ceniceros², José Bonilla-Cruz²

¹Centro de Investigación en Materiales Avanzados, Nano & micro additive manufacturing of Polymers and Composite Materials Laboratory 3D Lab, Advanced Functional Materials & Nanotechnology Group, Mexico. ² CIMAV, SC-Subsede Monterrey, Nano & micro additive manufacturing of Polymers and Composite Materials Laboratory 3D Lab, Advanced Functional Materials & Nanotechnology Group, Mexico.

La tecnología de impresión 3d ha abierto un amplio abanico de diseños y manufactura de objetos complejos que se pueden utilizar en diversas áreas. Una de las principales tecnologías que se basa en la polimerización de resinas fotosensibles por UV es el procesamiento de luz digital (o DLP por sus siglas en inglés) que puede fabricar una sola capa de un objeto utilizando un proyector de luz reduciendo tiempo. En este trabajo se llevó a cabo la modificación química de PVA a través del glicidil metacrilato para injertar grupos funcionales metacrilato colgantes. Esta modificación, en conjunto con ácido acrílico y diacrilato de polietilenglicol, nos permitió diseñar una nueva formulación de resina fotocurable apta para la tecnología de impresión 3D DLP. Esta estrategia permite obtener una estructura entrecruzada entre sus componentes al ser expuestos a la luz UV, proveyendo una mayor estabilidad en presencia de nanopartículas como grafeno funcionalizado con fosfatos (GFF) formando nanocompuestos con propiedades multifuncionales. El grado de funcionalización del PVA modificado (PVA-Acr) se evaluó a través del espectro ¹H NMR. Para caracterizar la red estructural formada de los impresos se llevó a cabo el análisis por FTIR. Por último, se realizaron las evaluaciones mecánicas de los especímenes impresos tanto de la resina prístina como nanocompuestos con GFF de acuerdo a las especificaciones de la ASTM D638 tipo 4.

Keywords: DLP, PVA-Acrilato, Grafeno

Presenting author's email: ana.amparan@cimav.edu.mx

S6-abs005

SÍNTESIS DE POLIHIDROXIURETANOS LIBRES DE ISOCIANATOS PARA IMPRESIÓN 3D

Armando Edgar Castillo¹, Melisa Trejo¹, Edgar Homero Ramirez Soria¹, Tania Ernestina Lara-Ceniceros¹, Luis Ernesto Elizalde², José Bonilla-Cruz^{*1}

¹CIMAV, SC-Subsede Monterrey, Nano & Micro Additive Manufacturing of Polymers and Composite Materials Laboratory "3D LAB", Mexico. ²Centro de Investigación en Química Aplicada, Department of Macromolecular Chemistry and Nanomaterials, Mexico.

En este estudio se presenta la síntesis y caracterización de polihidroxiuretanos (PHUs) libres de isocianatos, materiales emergentes con un gran potencial en la fabricación aditiva mediante impresión 3D por procesamiento de luz digital (DLP, por sus siglas en inglés). A diferencia de los poliuretanos tradicionales, los PHUs se obtienen a partir de la reacción entre ciclocarbonatos y aminas, eliminando así la necesidad de utilizar isocianatos, compuestos conocidos por su toxicidad y alta reactividad. La síntesis se llevó a cabo en tres etapas: en la primera, se realizó la adición de 4-vinil-1,3-dioxolan-2-ona y 1,4-butanodiol para obtener un ciclocarbonato de mayor longitud de cadena. En la segunda etapa, se sintetizó el ciclocarbonato y la putrescina mediante el uso de microondas, lo que permitió una notable reducción del tiempo de reacción en comparación con los métodos reportados previamente. Además, se funcionalizó el grupo amina con

metacrilato de glicidilo para obtener una terminación metacrilato, lo que facilita su aplicación como componente en resinas de impresión por DLP. Los compuestos reportados fueron caracterizados utilizando espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR), así como resonancia magnética nuclear (RMN) de ^1H y ^{13}C , confirmando la pureza y estructura deseada de los materiales. Este trabajo abre nuevas posibilidades para la fabricación de polímeros más seguros y sostenibles en el campo de la manufactura aditiva.

Keywords: síntesis, monómeros, 3D

Presenting author's email: armando.castillo@cimav.edu.mx

S6-abs006

PULVERIZACIÓN CATÓDICA DE BICAPAS CuO - SnO_x SOBRE PET PARA APLICACIONES FOTOVOLTAICAS

Adriana Ventolero Hernández¹, Ma. Guadalupe Olayo González¹, Elena Colín Orozco², J. Cuauhtémoc Palacios González², Fernando G. Flores Nava¹, Guillermo Jesús Cruz Cruz¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, Física, Mexico. ²Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Ingeniería, Mexico.

El polietilenterftalato (PET) es un polímero que presenta transparencia y flexibilidad y está siendo estudiado como sustrato para la formación de películas delgadas flexibles y ligeras de óxidos de cobre (CuO_y) y estaño (SnO_y) por pulverización catódica. Con la formación de capas metálicas sobre PET es posible formar heterouniones fotosensibles, con posibles aplicaciones fotovoltaicas y/o fotocatalizadoras. En este trabajo se depositaron sobre PET bicapas de películas delgadas de CuO_y y SnO_x alternando el orden de depósito y se estudiaron sus propiedades estructurales, eléctricas y ópticas.

Las condiciones de pulverización fueron 11.2 Pa, 50 W en atmósfera de 5/95 vol O_2/Ar durante 30 min para CuO_y y de 10/90 vol O_2/Ar para SnO_x durante 90 min para SnO_x . Se estudió la morfología por microscopía electrónica de barrido, la composición química mediante espectroscopia fotoelectrónica de rayos X y la absorción electromagnética con espectroscopia Ultravioleta-Visible, así como la resistividad eléctrica por la técnica de cuatro puntas.

Los resultados mostraron que sobre el PET se formaron bicapas homogéneas y continuas de SnO_x y CuO_y con espesor aproximado de 590 nm. La absorción electromagnética mostró que la bicapa $\text{SnO}_x\text{-CuO}_y$ tuvo absorción máxima en 252 nm, mientras que en la bicapa $\text{CuO}_y\text{-SnO}_x$ la absorción máxima está en el intervalo 300 a 400 nm. La resistividad eléctrica de $\text{SnO}_x\text{-CuO}_y$ fue de 165 $\Omega\text{-cm}$ siendo ligeramente mayor a la de $\text{CuO}_y\text{-SnO}_x$ que fue de 134 $\Omega\text{-cm}$.

Keywords: PET, bicapas, Pulverización catódica

Presenting author's email: adrianaventolero@gmail.com

S6-abs012

MODIFICACIÓN QUÍMICA DE POLIALILAMINA POR MOLIENDA

Jessica Chavez Gonzalez^{1,2}, Elena Colín Orozco², Guillermo Jesús Cruz Cruz¹, J. Cuauhtémoc Palacios González², Fernando G. Flores Nava¹, Ma. Guadalupe Olayo González¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, Física, Mexico. ²Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Ingeniería, Mexico.

La molienda de polímeros es un proceso físico que puede llevarse a cabo con diferentes tipos de molino; sin embargo, dependiendo de la energía aplicada, la molienda por impacto y no por corte puede ocasionar adicionalmente cambios químicos en la estructura del polímero. En este contexto, el objetivo de este trabajo es analizar los cambios estructurales que suceden en polialilamina (PAL) molida con molino de bolas. Se sintetizó polialilamina (PAL) con descargas de resplandor obteniendo fracciones solubles e insolubles del polímero. Posteriormente, la PAL se molió durante 10 min en un molino de bolas y se analizó su estructura química. Los resultados indican que las fracciones insolubles no tuvieron cambios químicos, solo se molieron obteniendo partículas con diámetro promedio de 438 nm. Sin embargo, las fracciones solubles tuvieron modificaciones estructurales que sugieren la desaparición de enlaces múltiples, dobles y triples, en la estructura del polímero.

Keywords: Polialilamina, molienda, modificación química

Presenting author's email: jchavezgonzalez988@gmail.com

S6-abs015

NOVEL 3D PRINTED NANOCELLULOSE DERIVED FROM OPUNTIA FICUS INDICA AS BIOTEMPLATES FOR ZnO IN SITU GROWING

Emmanuel Cortes Roos¹, Manuel Alejandro Ávila López², Jael Arlen Briones Magallanes², José Bonilla-Cruz², Tania E. Lara-Ceniceros²

¹CIMAV, SC-Subsede Monterrey, Laboratorio de Nano & Micro Manufactura Aditiva de Polímeros y Materiales Compuestos 3d Lab, Mexico. ²CIMAV, SC-Subsede Monterrey, Laboratorio de Nano y Micro Manufactura Aditiva de Polímeros y Materiales Compuestos 3DLab, Mexico.

Cellulose nanofibrils (CNFs) extracted from *Opuntia Ficus Indica* (nopal) were successfully isolated to obtain a printable bio-ink for 3D direct ink writing (DIW) in combination with sodium alginate. Rheological characterization of the bio-ink showed the shear thinning behavior and yield stress, under stationary and oscillatory state, respectively. Rectangular meshes were obtained by DIW under different printing parameters, and were used as biotemplates for ZnO growing. Using Scanning Electron Microscopy (SEM) different ZnO morphologies, as rods, hexagonal rods, nuts, spheres, ovals, sheets, and hexagonal sheets were obtained by in situ growing over the 3D printed biotemplates using three synthesis methods; hydrothermal growth, chemical precipitation method by chemical bath, and seeding process. The combination of these last two methods with the addition of Triethanolamine (TEA) as a complex agent, and varying the salt precursor and its concentration allowed a complete and homogeneous coating without damaging the cellulose templates, presenting hexagonal nut-shaped (~1µm diameter) and oval-shaped (~400 nm length) ZnO particles. The XRD patterns confirmed the wurtzite crystalline structure, and Fourier Transform Infrared spectroscopy (FTIR) also confirmed the coatings. The content of Zn in the 3D printed decorated biotemplates was obtained by ICP and showed almost 50 wt %. To the best of our knowledge, there is a lack of reports about immobile substrates for

ZnO growing, only a few previous studies have synthesized powdered ZnO materials onto cellulose fibers. These novel sustainable 3D printed and decorated biotemplates are flexible in aqueous media facilitating their implementation in different systems, making them powerful materials for advanced photocatalytic applications.

Keywords: Cellulose, 3D printing, ZnO

Presenting author's email: emmanuel.cortes@cimav.edu.mx

S6-abs016

ÓPTICA DE LAS RESINAS CLEAR Y HIGHT CLEAR EN IMPRESIÓN 3D

Ana Maria Bautista Hernández¹, Eunice Amisadai Padilla Castillo², Francisco Solís Pomar¹, Atilano Martínez Huerta¹, Mauricio Reyes Ruiz³, Eduardo Gerardo Pérez Tijerina¹, Rafael Izazaga Izazaga Pérez⁴

¹Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Fisico Matemáticas, Mexico. ²Universidad Autónoma de Nuevo León, FCFM, Mexico. ³Univeridad Nacional Autónoma de México, INSTITUTO DE ASTRONOMIA, Mexico. ⁴Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica, INAOE, Mexico.

La impresión 3D es muy útil para resolver distintos problemas en el ámbito de la vida cotidiana, científico y tecnológico. Esta manufactura genera una gran demanda en la fabricación de prototipos del tipo aditivo. Permite el avance continuo de tecnologías, que resulta cada vez más accesible a bajo costo y tiempos de fabricación más cortos. En los últimos años, con el desarrollo de nuevas técnicas utilizando la impresora 3D con resina y con uso de la técnica Estereolitografía Enmascarada (MSLA), se mejoran los procesos de impresión y la integración de técnicas de medición de las superficies de estas piezas. Además, se logra una mayor resolución espacial por medio de radiación focalizada, lo cual permite endurecer la resina, dando lugar a una mejora en las propiedades físicas y ópticas de polímeros fabricados mediante la impresora Creality Halot-Mage, la cual tiene una resolución de 8k. Para ello, es importante sintetizar polímeros para obtener índices de refracción y sus propiedades físicas, ópticas, morfológicas y mecánicas con aplicación en lentes ópticos. En este trabajo se presenta la caracterización de 2 resinas fotosensibles Clear y Hight clear; el objetivo es comparar sus propiedades y determinar su posible aplicación en la fabricación de lentes ópticas. Usando el método alternativo y complementario de MSLA, obtuvimos mejorar las características ópticas de las piezas.

Keywords: IMPRESION 3D, MSLA, RESINAS POLIMERICAS

Presenting author's email: ann.bta05@gmail.com

S6-abs017

NOVEL 3D PRINTING FILAMENTS: PLA AND ZINC CARBONATE BASIC COMPOSITES FOR LASER-ASSISTED THERMAL DECOMPOSITION

Luis Carlos Rodriguez Pacheco^{1,2}, Ivan Alziri Estrada Moreno³, Juan C. Pantoja-Espinoza¹, Daniel Lardizábal-Gutiérrez¹, Luis de la Saenz³, Francisco Paraguay-Delgado¹

¹Centro de Investigación en Materiales Avanzados, Física de Materiales, Mexico. ²Tecnológico Nacional de

México-Instituto Tecnológico de Chihuahua, Ciencias básicas, Mexico. ³Centro de Investigación en Materiales Avanzados, Química de materiales, Mexico.

Additive manufacturing (AM), also known as 3D printing, has revolutionized the production of complex geometric structures across various industries. This study presents an innovative approach by integrating zinc carbonate basic (ZCB) precursor with polylactic acid (PLA) to develop composite filaments for fused deposition modeling (FDM) 3D printers. The resulting filaments undergo surface transformation into zinc oxide (ZnO) through high-power laser irradiation. Thermal analysis (TGA-DSC) and Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR) were used to confirm the decomposition of ZCB ($[ZnCO_3] \cdot [Zn(OH)_2]$) into ZnO during the thermal decomposition stages. The study successfully extruded a composite filament containing 10% of ZCB, which worked adequately in 3D printing. The printed parts were analyzed through tensile tests (based on ASTM D638-5 standard), showing a notable difference in mechanical behavior between the commercial filament PLA and the composite filament (PLAC10). Laser irradiation of these samples facilitated a targeted conversion to ZnO, verified through scanning electron microscopy (SEM), energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDS), X-ray diffraction (XRD), and X-ray photoelectron spectroscopy (XPS). The integration of zinc oxide within the printed structures enhances structural stability and provides surfaces enriched with ZnO, a metal oxide with widely reported applications. Furthermore, an irradiated 3D-printed sample demonstrated chemo-resistive properties upon carbon monoxide (CO) exposure, underlining its potential as a gas sensor and confirming its semiconductor nature. This approach provides a cost-effective and efficient way to develop innovative devices with integrated functional materials.

Keywords: additive manufacturing, CO gas sensor, Zinc basic carbonate

Presenting author's email: luis.rodriguez@cimav.edu.mx

S6-abs019

EFFECTO DE LA RAPIDEZ DE DEFORMACIÓN EN LA RESPUESTA MECÁNICA Y LA SUPERFICIE DE FRACTURA DEL POLIPROPILENO.

Karla Louisse Segura Méndez¹, Jesús Gabino Puente Córdova¹, Moisés Hinojosa Rivera¹

¹Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Mexico.

Las poliolefinas son polímeros ampliamente utilizados en diversas industrias, por ejemplo, en la de empaque, la automotriz, la médica, la electrónica, entre otras. Una de las poliolefinas con alta demanda a nivel mundial es el polipropileno, y su aplicación requiere someterse a diferentes cargas mecánicas, las cuales pueden afectar sus propiedades mecánicas y la respuesta viscoelástica. En este sentido, el objetivo de este trabajo es considerar el efecto de la rapidez de deformación en la respuesta mecánica del PP. Para ello, se realizaron ensayos de tensión bajo condiciones isotérmicas, hasta la fractura. Se aborda la relación entre la superficie de fractura y la rapidez de deformación del PP.

A nivel experimental se observó una influencia considerable en las propiedades mecánicas del PP debido a la rapidez de deformación empleada. A altas tasas de deformación, el material mostró un comportamiento más rígido y una mayor resistencia a la tensión. Sin embargo, la elongación fue menor antes de llegar a la fractura. También se identificó una superficie de fractura pronunciada conforme la rapidez de deformación aumenta. Es decir, a deformaciones rápidas la fractura tiende a ser más frágil con superficies más lisas y menos deformadas. Por otro lado, a velocidades de deformación bajas, la fractura presenta características más

dúctiles, con superficies rugosas y mayor deformación plástica.

Estos resultados proporcionan una comprensión de la relación entre la rapidez de deformación y el comportamiento mecánico del PP, lo cual es fundamental para optimizar su uso en aplicaciones que demandan un balance entre resistencia y elongación.

Keywords: Polipropileno, Fractura, Superficie

Presenting author's email: karlalouisse@hotmail.com

S6-abs020

EVALUATION OF PRINTABILITY OF CELLULOSE GELS, USING GUAR GUM AND I-CARRAGEENAN AS RHEOLOGICAL MODERATOR

Jael Arlen Briones Magallanes¹, José Bonilla-Cruz¹, Tania E. Lara-Ceniceros¹

¹Centro de Investigación en Materiales Avanzados, Nano & Micro Additive Manufacturing Of Polymers And Composite Materials Laboratory 3d Lab, Mexico.

Los geles de nanocelulosa pueden ser impresos en 3D mediante la técnica Direct ink Writing, una técnica versátil que permite imprimir pastas, soluciones altamente viscosas, siliconas, hidrocoloides e hidrogeles con un módulo reológico adecuado.

En este estudio evaluamos las condiciones reológicas adecuadas para tener un gel imprimible utilizando la combinación de dos moderadores reológicos como lo son la goma guar y el i-carragenan, estos polisacáridos son macromoléculas que en su estructura repetitiva presentan una gran cantidad de grupos hidroxilo que favorecen la modulación de viscosidad, entre las propiedades físicas del i-carragenan está que da lugar a un gel suave y elástico, mientras que la goma guar muestra un comportamiento de hinchamiento y una reducción de viscosidad a medida que aumenta el corte. Los parámetros de estudio fueron la viscosidad dinámica, es decir, la presencia de un comportamiento pseudoplástico, adelgazamiento al corte que facilita la extrusión a través de la boquilla de impresión y al mismo tiempo la pieza final puede mantener la forma deseada. Mediante reología oscilatoria se evaluó el régimen viscoelástico en el cual se analizó el comportamiento del módulo de almacenamiento o elástico G' y la pérdida o módulo viscoso G'' , donde inicialmente predomina el módulo elástico sobre el módulo viscoso $G' > G''$, a medida que aumenta la tensión se produce la deformación hasta un punto crítico llamado punto de gel $G' = G''$ y finalmente el módulo viscoso predomina sobre el módulo elástico $G' < G''$, lo cual es común en geles coloidales, mediante caracterización SEM se observaron las características morfológicas. Con esta investigación se desarrollan aplicaciones de aerogeles impresos.

Keywords: Gel nanocelulosa, Direct ink writing, comportamiento Reológico

Presenting author's email: jael.briones@cimav.edu.mx

S6-abs021

MEJORA DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS Y TÉRMICAS DE COMPÓSITOS IMPRESOS EN 3D VÍA DLP CON

CARGAS ULTRA BAJAS UTILIZANDO GRAFENO FUNCIONALIZADO CON FOSFATO

Edgar Homero Ramirez Soria¹, Melisa Trejo¹, Tania E. Lara-Ceniceros¹, Alfredo Aguilar Elguézabal², José Bonilla-Cruz¹

¹CIMAV, SC-Subsede Monterrey, Nano & Micro Additive Manufacturing of Polymers and Composite Materials Laboratory "3D LAB", Mexico. ²Centro de Investigación en Materiales Avanzados, Laboratorio de Materiales Nanoestructurados, Mexico.

La funcionalización del grafeno con grupos orgánicos es la mejor manera de lograr dispersiones homogéneas dentro de matrices poliméricas, evitando así su reapiamiento. La selección de grupos funcionales y la cantidad de nanomaterial son cruciales para desarrollar nanocompuestos avanzados con propiedades mecánicas o conductoras notables una vez que se ha alcanzado la percolación (por encima del 1% en peso). Por lo tanto, con cargas bajas de nanomaterial (< 1% en peso), es difícil alcanzar una percolación; no obstante, hemos descubierto que con cargas ultra bajas, muchas propiedades térmicas y mecánicas de los nanocompuestos impresos en 3D se pueden ajustar. Curiosamente, los estudios sobre cómo las propiedades macroscópicas de los nanocompuestos impresos en 3D se ven afectadas con cargas ultra bajas todavía son pocos. Nanocompuestos impresos en 3D vía DLP utilizando cargas ultra bajas (<0,1 % en peso) de grafeno funcionalizado con fosfato en una resina comercial (Formlabs® Elastic Resin). Se imprimieron en 3D muestras de tracción (ASTM D638) al 0, 0,01, 0,05, 0,1 y 0,25% en peso de grafeno funcional. Al 0,01% en peso y al 0,05% en peso, todos los parámetros de tracción aumentaron simultáneamente. No obstante, en la concentración óptima (0,05 % en peso), la tenacidad, la tensión y la deformación mejoraron en un 132, 73 y 35 %. Este enfoque tiene el potencial de modular las propiedades mecánicas de resinas comerciales para lograr materiales livianos y resistentes con diseños complejos para posibles aplicaciones en dispositivos médicos, sensores, equipos de salud, automoción, robótica, entre otros.

Keywords: Impresión 3D, Grafeno, Propiedades Mecánicas y Térmicas

Presenting author's email: eh91@gmail.com

S6-abs022

REFUERZO DE PET RECICLADO CON POLVO DE CÁSCARA DE NUEZ: ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS Y MORFOLÓGICAS DE FILAMENTOS.

Jesús Armando Zuñiga Estrella¹, Ulises Matías García Pérez¹, Mariana Geronis Ibarra¹, Sofía Vázquez Rodríguez¹

¹Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Mexico.

La contaminación por residuos plásticos es un problema global significativo. Para mitigar este impacto, tecnologías como la manufactura aditiva, que genera grandes cantidades de desechos plásticos, están adoptando filamentos hechos de plásticos reciclados como materia prima [1]. El polietilentereftalato (PET) se destaca por su excelente resistencia a la tracción y rigidez, además de ser fácilmente reciclable [2]. Sin embargo, como ocurre con otros termoplásticos, el reciclado del PET provoca alteraciones en sus propiedades mecánicas. En este proyecto, se busca reforzar una matriz de PET reciclado con polvo de cáscara de nuez de nogal (WSP) y polvo de cáscara de nuez tratado con álcalis (WSP_Na), para evaluar sus propiedades térmicas, mecánicas y morfológicas. La cáscara de nuez, un subproducto agroindustrial, posee buena estabilidad y propiedades mecánicas, lo que la convierte en un excelente material de refuerzo para

compuestos poliméricos [3]. Los filamentos se fabricaron mediante extrusión de doble tornillo utilizando PET reciclado triturado. La cantidad de nuez (WSP y WSP_Na) utilizadas como refuerzo fue a concentraciones de 0%, 2.5%, 5%, 7.5% y 10%. Las membranas, junto con los polvos de WSP, WSP_Na y los filamentos fracturados tras los ensayos de tensión, fueron analizados mediante microscopía electrónica de barrido (SEM) para observar la textura y morfología superficial. Los resultados observados muestran una fractura vítrea con poca adherencia entre nuez y polímero. Sin embargo, cuando se analiza la fractura de los materiales usando la nuez modificada, se puede observar como hay una mejora en la adherencia entre nuez y carga, pero al mismo tiempo ocurre una fractura de las partículas de relleno provocando una disminución en las propiedades mecánicas del material. Por lo anterior, podemos asumir que crear una formulación utilizando cáscara de nuez sin modificar, mejora las propiedades mecánicas del material, y que buscar una modificación superficial de la nuez podría mejorar la compatibilidad entre el sistema estudiado.

Keywords: Biocarga, Polietiléntereftalato, Filamento

Presenting author's email: jesusarmando900@hotmail.com

S6-abs024

IMPRESIÓN 3D DE ANDAMIOS COMPLEJOS CON PLA/BT/G PARA APLICACIONES MULTIDISCIPLINARIAS

Mariana L. Luján-Aguilar¹, Iván A. Estrada-Moreno², Caleb Carreño-Gallardo³, Mónica E. Mendoza-Duarte⁴, Daniel Lardizábal-Gutiérrez⁴, Erika I. López-Martínez⁴, Luis C. Rodríguez-Pacheco⁴, Néstor O. Uribe-Chavira¹, Guillermo M. Herrera-Pérez⁵

¹Centro de Investigación en Materiales Avanzados, Física de Materiales, Mexico. ²CONAHCyT- CIMAV, Ingeniería y Química de Materiales, Mexico. ³Centro de Investigación en Materiales Avanzados, Metalurgia e Integridad Estructural, Mexico. ⁴Centro de Investigación en Materiales Avanzados, Ingeniería y Química de Materiales, Mexico. ⁵CONAHCyT- CIMAV, Física de Materiales, Mexico.

La manufactura aditiva ha permitido la fabricación de estructuras con geometrías complejas de manera eficiente y precisa, abriendo nuevas oportunidades en diversas áreas de aplicación. En este estudio, se desarrolló un filamento compuesto de ácido poliláctico (PLA), titanato de bario (BaTiO₃) y glicerol (G) para la fabricación de andamios basados en superficies mínimas triplemente periódicas (TPMS), conocidas por su alta complejidad geométrica. El filamento se obtuvo mediante un proceso de extrusión y fue empleado en la impresión 3D de estructuras complejas basadas en la celda primitiva de Schwarz. La difracción de rayos X (DRX), la microscopía electrónica de barrido (SEM), y el análisis de viscosidad, demostraron la presencia de la fase tetragonal, una buena dispersión de las partículas de BaTiO₃ en la matriz polimérica y un comportamiento de flujo adecuado para su procesamiento mediante modelado por deposición fundida (FDM). Además, las pruebas mecánicas dinámicas (DMA) y el análisis termogravimétrico (TGA) confirmaron la estabilidad térmica y las propiedades mecánicas del filamento. Los resultados obtenidos demuestran la capacidad del filamento PLA/BaTiO₃/G para la fabricación de andamios que requieren geometrías complejas, ofreciendo nuevas perspectivas para aplicaciones en campos como la robótica, la ingeniería biomédica, y dispositivos de recolección de energía.

Keywords: FDM, PLA/BaTiO₃/G, Andamio

Presenting author's email: marlizluj@gmail.com

S6-abs023

POLIMERIZACIÓN DE MIRCENO EN MEDIOS DISPERSOS ACUOSO.

Angel Pablo Morales¹, María Esther Treviño-Martínez², Enrique Saldívar Guerra¹

¹Centro de Investigación en Química Aplicada, Procesos de Polimerización, Mexico. ²Centro de Investigación en Química Aplicada, Química Macromolecular, Mexico.

Hay una demanda cada vez mayor de sustituir los materiales poliméricos de origen fósil por alternativas sostenibles. Los terpenos representan una buena alternativa debido a su disposición en el medio ambiente. El mirceno (Myr) es un monómero terpénico de origen biológico, extraído de varias plantas, que tiene el potencial de reemplazar a los monómeros de dieno en la producción de elastómeros. En este contexto, se presenta el informe sobre la copolimerización del mirceno (Myr) con metacrilato de metilo (MMA) empleando la técnica de polimerización radicalica controlada en emulsión con la adición del monómero en semicontinuo. Se empleó dodecilsulfonato de sodio (SDBS) como surfactante, persulfato de potasio (KPS) como iniciador y ácido 4-ciano-4-[(dodecilsulfaniltiocarbonil) sulfanil] pentanoico (CDSPA) como agente RAFT. Las copolimerizaciones se realizaron a presión atmosférica, una temperatura de 70 °C y con una agitación de 300 rpm. Se investigó el efecto de la relación molar RAFT/KPS y del flujo de adición del monómero sobre la tasa de polimerización, el diámetro promedio de partículas (D_p) y el peso molecular de las cadenas de copolímero. Los látex obtenidos se caracterizaron para determinar el contenido de sólidos mediante gravimetría y el D_p mediante DLS. Se lograron látex estables con conversiones superiores al 60 %, y los polímeros obtenidos resultaron ser solubles. La incorporación del MMA en el copolímero se confirmó mediante ¹H-RMN y DSC, mientras que el control ejercido por el agente RAFT fue evaluado a través de GPC.

Keywords: Mirceno, Emulsión, RAFT

Presenting author's email: pablo.angel.d19@ciqa.edu.mx

Advincula, Rigoberto S6-abs009
Aguilar Elguézabal, Alfredo S6-abs021, S6-abs009
Amparán Estrada, Ana Cristina S6-abs010
Ávila López, Manuel Alejandro S6-abs015
Bartolo Pérez, Pascual S6-abs013
Bautista Hernández, Ana Maria S6-abs016
Bonilla Cruz, José S6-abs021, S6-abs008, S6-abs007, S6-abs020, S6-abs015, S6-abs010, S6-abs009
Bonilla Cruz*, José S6-abs004, S6-abs005
Briones Magallanes, Jael Arlen S6-abs020, S6-abs015
Caldona, Eugene S6-abs011
Carreño Gallardo, Caleb S6-abs024
Castillo, Armando Edgar S6-abs005, S6-abs004
Cervantes Uc, José Manuel S6-abs013
Chavez Gonzalez, Jessica S6-abs012
Colín Orozco, Elena S6-abs006, S6-abs012
Comparán Padilla, Víctor Eduardo S6-abs003
Cortes Roos, Emmanuel S6-abs015
Cruz Cruz, Guillermo Jesús S6-abs006, S6-abs012
de la Saenz, Luis S6-abs017
Elizalde, Luis Ernesto S6-abs005
Estrada Moreno, Ivan Alziri S6-abs017
Estrada Moreno, Iván A. S6-abs024
Farias Cepeda, Lorena S6-abs018
Flores Nava, Fernando G. S6-abs006, S6-abs012
García Pérez, Ulises Matías S6-abs022
García Zamora, Maricela S6-abs003
Geronis Ibarra, Mariana S6-abs022
González Sánchez, Luis Fernando S6-abs003
Herrera Pérez, Guillermo M. S6-abs024
Hinojosa Rivera, Moisés S6-abs019
Izazaga Pérez, Rafael Izazaga S6-abs016
Kú Herrera, José de Jesús S6-abs013, S6-abs003
Lara Cenicerros, Tania E. S6-abs021, S6-abs020, S6-abs015, S6-abs010
Lara Cenicerros, Tania Ernestina S6-abs009, S6-abs008, S6-abs004, S6-abs005
Lardizábal Gutiérrez, Daniel S6-abs024, S6-abs017
López Martínez, Erika I. S6-abs024
Luján Aguilar, Mariana L. S6-abs024
Martínez Huerta, Atilano S6-abs016
Martinez Lopez, Katia Dafne Daniela S6-abs013
May Pat, Alejandro S6-abs013
Mendoza Duarte, Mónica E. S6-abs024
Morales, Graciela S6-abs013
Olayo González, Ma. Guadalupe S6-abs012, S6-abs006
Pablo Morales, Angel S6-abs023
Padilla Castillo, Eunice Amisadai S6-abs016
Palacios González, J. Cuauhtémoc S6-abs006, S6-abs012
Pantoja Espinoza, Juan C. S6-abs017
Paraguay Delgado, Francisco S6-abs017
Pérez Berumen, Catalina M. S6-abs014
Pérez Camacho, Odilia S6-abs003

Pérez Tijerina, Eduardo Gerardo S6-abs016
Puente Córdova, Jesús Gabino S6-abs019
Ramírez Soria, Edgar Homero S6-abs005, S6-abs009, S6-abs008, S6-abs004, S6-abs021, S6-abs010
Reyes Ruiz, Mauricio S6-abs016
Rodríguez Pacheco, Luis Carlos S6-abs017
Rodríguez Pacheco, Luis C. S6-abs024
Saldívar Guerra, Enrique S6-abs023
Segura Méndez, Karla Louise S6-abs019
Solís Pomar, Francisco S6-abs016
Torres Lubián, Roman S6-abs004
Trejo, Melisa S6-abs005, S6-abs021, S6-abs008, S6-abs004, S6-abs010
Treviño Martínez, María Esther S6-abs023
Uribe Chavira, Néstor O. S6-abs024
Vázquez Rodríguez, Sofía S6-abs022
Ventolero Hernández, Adriana S6-abs006
Zuñiga Estrella, Jesus Armando S6-abs022