

Universidad Tecnológica Gral. Mariano Escobedo

Volumen IV, Número 2, Diciembre 2025

UTE
Nuevo León
Organismo Público Descentralizado
del Gobierno del Estado de Nuevo León

**Innovación e Investigación
Científica y Tecnológica**

ISSN: 2992-8281

Presentación

Es un honor para mí presentarles la revista **INNOVACIÓN E INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA**, un compendio que refleja la esencia vibrante de nuestro compromiso con el avance del conocimiento y la exploración de nuevas fronteras en la ciencia y la tecnología.

Tengo que decirlo, en nuestra Universidad Tecnológica Gral. Mariano Escobedo, convergen las mentes más brillantes, compartiendo experiencias, descubrimientos y perspectivas que iluminan los caminos hacia un futuro más prometedor. La innovación, piedra angular de nuestra misión educativa, cobra vida en estas páginas a través de investigaciones y proyectos transformadores.

Estas investigaciones, nos sumerge en narrativas concretas de cómo nuestras ideas pueden cambiar el mundo. Desde laboratorios hasta el mercado, observamos cómo la innovación se convierte en una fuerza tangible que impulsa el progreso y redefine los paradigmas.

Los invito a adentrarse en las profundidades del conocimiento, donde nuestros doctores y maestros aportan soluciones a los desafíos más apremiantes de nuestro tiempo. Cada artículo revisado por expertos representa un pilar en la construcción del edificio del saber.

Exploremos cómo la tecnología se convierte en un catalizador para el bienestar colectivo. Desde proyectos locales hasta iniciativas globales, destacando el impacto positivo que podemos lograr cuando la tecnología se pone al servicio de la sociedad.

INNOVACIÓN E INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA no es solo una publicación; es un testimonio de nuestra dedicación colectiva a la búsqueda constante de la excelencia académica y la creación de un impacto positivo en el mundo que nos rodea.

El enfoque de nuestra Revista va dirigido a estudiantes, profesores, investigadores y profesionales asociados, al desarrollo de proyectos científicos e innovaciones tecnológicas, siendo la finalidad el impacto académico, social y ambiental.

M.E.S. Jorge Fernando Gutiérrez Leal
Rector



**Universidad Tecnológica
Gral. Mariano Escobedo**



DIRECTORIO

Gobierno del Estado de Nuevo León

Dr. Samuel Alejandro García Sepúlveda

Gobernador Constitucional

Dr. Juan Paura García

Secretario de Educación

Universidad Tecnológica Gral. Mariano Escobedo

M.E.S. Jorge Fernando Gutiérrez Leal

Rector

M.C. Eliut López Toledo

Encargado de la Secretaría Académica

Comité Editorial

M.C. Jorge Miguel Saldaña Acosta

MDEMS. Rafael Ríos Cazares

MACDE. Erika Patricia Lucio Ayala

M.I. Lizeth Reyna Ovalle Flores

Consejo Técnico

Mantenimiento Industrial:

Dra. Magaly Yajaira Nava Núñez

Dr. Sinuhe Uriel Costilla Aguilar

Dra. Paloma Berenice Jiménez Vara

Química y Nanotecnología:

Dra. María Magdalena del Ángel Sánchez

Dr. Víctor Jesús Gallegos Sánchez

Mecatrónica:

Dra. Luz Hypatia Verástegui Domínguez

Dr. Valentín Guzmán Ramos

M.C. Joel Pablo García Rangel

Negocios y Logística:

M.R.I. Ivett Berenice Quezada Cavazos

Tecnologías de la Información:

Dr. Felipe de Jesús Rosales Mandujano

Lengua Inglesa:

Mtro Abel Cohuo Durán

Consejo Arbitral Externo

Dr. Humberto Quiroz Martínez

UANL - FCB

Dr. Romeo de Jesús Selvas Aguilar

UANL - FCFM

Dr. Eduardo Pérez Tijerina

UANL - FCFM

Dr. Arturo Alberto Castillo Guzmán

UANL - FCFM

CINTILLO LEGAL

INNOVACIÓN E INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA, Volumen IV, Número 2, julio 2025 es una publicación semestral editada por la Universidad Tecnológica Gral. Mariano Escobedo, Libramiento Noreste Km. 33.5, Código Postal 66050 Cdad. Gral. Escobedo, N.L. Tel. 81 5000 4200, <https://www.ute.edu.mx/>, revista@ute.edu.mx, Editor responsable M.D.E.M.S. Rafael Ríos Cazares. Reserva de Derechos a Uso Exclusivo No. 04-2023-062217120300-102, ISSN 2992-8281, otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Fecha de la última modificación enero de 2024.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación. Se autoriza la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación para fines didácticos no lucrativos, siempre y cuando se cite la fuente completa; su uso para otros fines requiere previa autorización de la Universidad Tecnológica Gral. Mariano Escobedo.

"Licitud de Título y contenido: en trámite"

EDITORIAL

Como editores de la revista INNOVACIÓN E INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA, nos complace presentarles nuestro Volumen IV, Número 2, que acentúa los valiosos aportes de investigadores reconocidos de nuestra universidad, además participan otras universidades. Algunos de estos artículos provienen de los cuerpos académicos de diferentes universidades, presentados durante nuestro cuarto coloquio de Innovación e Investigación Científica y Tecnológica.

Les extendemos una cordial invitación a adentrarse en el apasionante mundo del conocimiento de frontera que no solo son relevantes a nivel local, sino que también tienen un impacto significativo para el estado de Nuevo León y, en última instancia, para el mundo. Agradecemos su interés y esperamos que disfruten de este fascinante viaje a través de la innovación y la investigación científica y tecnológica de nuestra institución.

HISTORIA DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA GRAL. MARIANO ESCOBEDO

La Universidad Tecnológica Gral. Mariano Escobedo nace en Septiembre de 1998 como respuesta a la demanda de Técnicos Superiores Universitarios, por parte de las industrias y empresas de región de Apodaca, Escobedo, San Nicolás de los Garza y el norte de Nuevo León. La UTE es una institución de educación superior con un modelo educativo innovador que ofrece a los egresados de bachillerato o equivalente una formación de calidad y excelencia, basada en la preparación técnica y tecnológica principalmente.

El objetivo para el cual fue creada la universidad, es el de formar técnicos superiores universitarios aptos para la aplicación y la solución creativa de problemas, con un sentido de innovación en la incorporación de los avances científicos y tecnológicos, desarrollar estudios o proyectos en las áreas de su competencia y promover la cultura en el Estado, mediante la investigación aplicada y el intercambio académico con otras instituciones educativas nacionales o extranjeras.

A partir de septiembre de 2010, se imparten carreras de nivel 5A (Ingenierías) con el fin de ampliar su cobertura, manteniendo su presencia y calidad, para con ello obtener una mayor rentabilidad social, en apego a las necesidades del país. Las Universidades Tecnológicas brindan una respuesta a las aspiraciones de sus egresados de Técnico Superior Universitario (TSU) que muestran interés por continuar sus estudios de ingeniería/licenciatura.

Índice

Alternativa Libre para la Minería de Opiniones en Twitter: Integración de Nitter, Puppeteer y VADER.

1

Análisis del formato URDF y su rol en la robótica.

12

Aprovechamiento de residuos de olote de maíz para el desarrollo de un biomaterial de etilcelulosa.

19

Dron Acuático Recolector de Algas.

27

Estimación y Observación en Sistemas No Lineales basada en Modos Deslizantes.

34

Evaluación de riesgos por sustancias inflamables mediante modelación con el software ALOHA.

41

Impacto de la práctica del voleibol en el bienestar psicosocial de estudiantes universitarios.

53

Resiliencia y burnout: Un análisis empírico en mujeres trabajadoras.

63

Simulación Numérica de Atomizador tipo Remolino a Presión para Cámara de Combustión de Turbina de Gas.

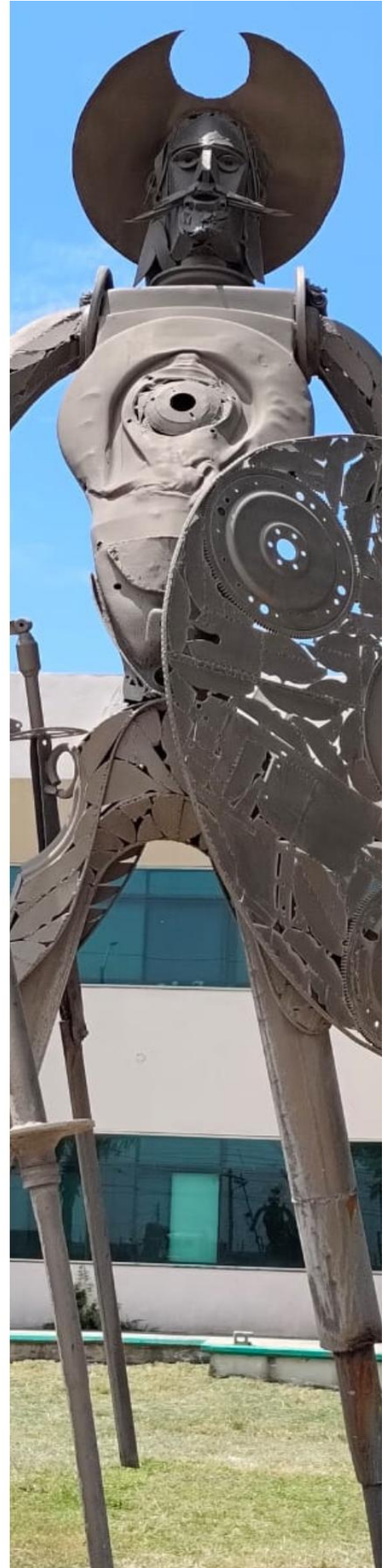
72

El Blockchain y la Disrupción Tecnológica en el Proceso Aduanero.

85

La Responsabilidad Social Universitaria (RSU) en la Universidad Tecnológica del Valle del Mezquital (UTVM): Evaluación, Desafíos y Propuestas de Mejora.

97



Alternativa Libre para la Minería de Opiniones en Twitter: Integración de Nitter, Puppeteer y VADER

**Joshua Nathaniel Arrazola Elizondo¹, Ricardo Emmanuel
Uriegas Ibarra¹, Hector Hugo Áviles Arriaga¹**

¹ Universidad Politécnica de Victoria

joshuanarrazola@gmail.com

Resumen: Se presenta una herramienta para análisis de sentimientos en publicaciones de la red social **X** (antes Twitter), sin depender de su API oficial. La herramienta propuesta utiliza web scraping (extracción web) sobre Nitter para recolectar contenido, filtrar por idioma y aplicar clasificación sentimental utilizando el modelo VADER. Los resultados se visualizan mediante gráficos y agrupaciones automáticas. En pruebas con el término “Liquid Glass”, el sistema muestra precisión aceptable, con un F1-score general superior al 81 %. Esta propuesta representa una alternativa viable, sin costo y replicable para investigadores u organizaciones con barreras económicas al acceso a datos sociales.

Palabras clave: Análisis de sentimientos, Nitter, redes sociales, scraping, VADER

Abstract: A tool is presented for sentiment analysis on posts from the social network X (formerly Twitter), without relying on its official API. The proposed tool uses web scraping (data extraction) through Nitter to collect content, filter by language, and

apply sentiment classification using the VADER model. The results are visualized through graphs and automatic groupings. In tests with the term “Liquid Glass,” the system showed acceptable accuracy, with an overall F1-score above 81%. This proposal represents a viable, cost-free, and replicable alternative for researchers or organizations facing economic barriers to accessing social data.

Keywords: Nitter, scraping, sentiment analysis, social media, VADER

INTRODUCCIÓN: Desde su aparición, **X** (anteriormente **Twitter**) se ha convertido en una fuente clave para monitorear opiniones públicas y detectar tendencias en áreas como política, marketing y gestión de crisis empresariales. Sin embargo, el reciente cambio hacia una *API* pagada ha limitado significativamente el acceso gratuito y masivo a datos [1]. Ejemplo de esto puede contemplarse en el nivel *Enterprise*; el plan más económico brinda acceso a 50 millones de tweets por 42,000 dólares mensuales, siendo los siguientes niveles (100 millones y 200 millones tweets) aún más costosos, alcanzando los 125,000 dólares y 210,000 dólares al mes, respectivamente [2]. En los niveles de uso personal, se encuentran planes como *Basic* (200 USD/mes para

10,000 tweets) y *Pro* (5,000 USD/mes para 1 millón de tweets) [3].

Esta barrera económica, que exige inversiones fuertes únicamente para datos limitados, dificulta el acceso a investigadores, académicos, pequeñas empresas y colectivos de recursos limitados.

El panorama actual obliga a buscar alternativas que permitan el acceso a datos públicos, sin depender exclusivamente de APIs propietarias.

En respuesta, este trabajo propone una alternativa al uso de la API oficial de X. El *scraping* consiste en un proceso automatizado que simula la navegación de un usuario para extraer datos públicos visibles en páginas web; en este caso se utiliza **Nitter** [4], una interfaz de código abierto que presenta contenido público de X en HTML estático, el cual permite

recolectar las mismas publicaciones que la API, pero sin necesidad de autenticación ni planes de pagos.

Esta estrategia no incurre en ninguna actividad ilegal. En Estados Unidos, por ejemplo, el fallo **hiQ Labs vs. LinkedIn** [5, 6] determinó que extraer datos accesibles públicamente no viola la ley federal de fraude informático (Computer Fraud and Abuse Act, CFAA). En México sucede algo similar: siempre que se limiten a datos disponibles públicamente (sin acceder mediante contraseñas ni omitir medidas técnicas), el scraping no implica ilegalidad [7].

METODOLOGÍA: Se diseñó un sistema modular para extraer publicaciones y analizar su contenido sentimental polarizado a 3 clases (positivo, negativo y neutral), sin uso ni dependencia de autenticaciones o claves privadas.

La Figura 1 muestra el flujo lógico del sistema.

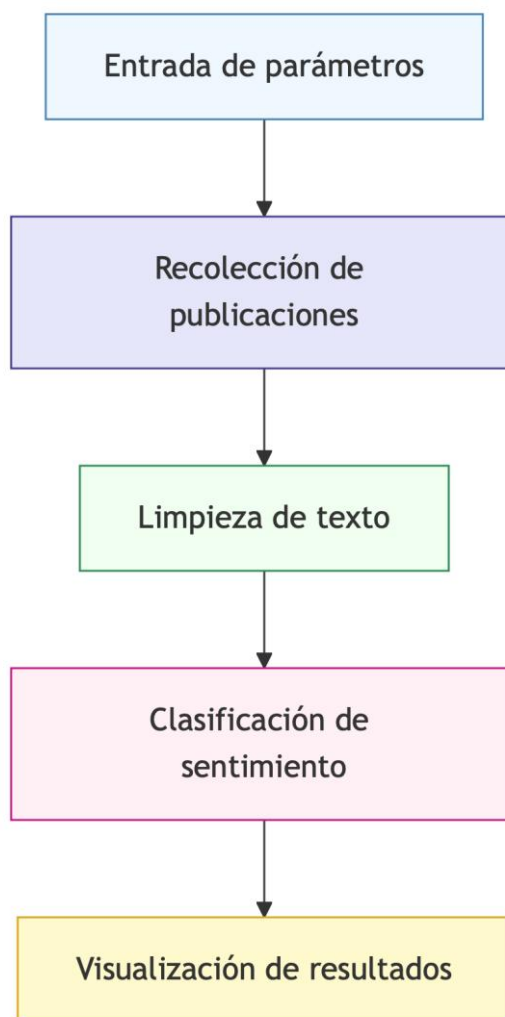


Figura 1: Flujo principal del sistema de análisis de sentimientos.

El sistema propuesto facilita el análisis automatizado de *tweets* públicos en X. El proceso inicia en una interfaz gráfica desarrollada en **PyQt5** [8], que permite al usuario introducir el término de búsqueda, idioma deseado, rango de fechas y la profundidad. Este último parámetro indica cuántas páginas de

resultados serán recorridas durante la recolección; es decir, representa el nivel de desplazamiento vertical dentro del entorno de **Nitter**, donde cada página agrupa entre 20 y 35 publicaciones. Por ejemplo, una profundidad de diez implica que el sistema explorará las diez primeras páginas, lo que suele arrojar una muestra cercana a los 300 tweets. Además de ofrecer flexibilidad y escalabilidad al sistema, este parámetro incide directamente en la representatividad temporal de los datos obtenidos: una profundidad baja tiende a capturar publicaciones más recientes, lo que puede ser adecuado en ciertos contextos, pero también podría introducir un sesgo si se busca una visión más amplia o retrospectiva del fenómeno analizado. Por otro lado, una profundidad alta captura una mayor cantidad de datos, pero exige mayor consumo de recursos computacionales de manera lineal, sin embargo, es importante mencionar que no existe un límite teórico de profundidad de búsqueda.

La recolección de publicaciones se lleva a cabo mediante un *scraper* automatizado basado en **Puppeteer**

[9], una biblioteca de **Node.js** [10] diseñada por Google para controlar navegadores de forma programática, simular *clicks*, *scroll* (deslizar) y navegación como si fuesen realizados por un usuario real. Esta herramienta permite acceder al contenido de Nitter. A través de Puppeteer, el sistema ejecuta búsquedas automatizadas con parámetros definidos (término de búsqueda, idioma, rango temporal y profundidad), el cual carga dinámicamente las páginas de resultados y extrae el contenido textual sin utilizar la API oficial ni autenticaciones externas.

Una vez obtenidas las publicaciones, el sistema las almacena en formato **JSON** para facilitar su procesamiento. En esta etapa, se aplican dos transformaciones esenciales:

Filtrado por idioma, por medio de la librería **langdetect** [11], que emplea modelos de probabilidad basados en n-gramas para detectar si el contenido está en inglés o español.

Limpieza de texto, donde se eliminan menciones, *URLs*, *emojis*, *hashtags* y otros elementos no lingüísticos. Este paso asegura que los textos sean

representativos del lenguaje natural y comprensibles para el modelo de análisis.

La clasificación de sentimientos se realiza mediante **VADER** [12, 13] (*Valence Aware Dictionary and sEntiment Reasoner*), un modelo diseñado específicamente para redes sociales, que no requiere entrenamiento previo y es capaz de capturar matices sentimentales complejas. VADER asigna a cada texto un *compound score* (puntaje compuesto) entre -1 y +1, que se traduce en una etiqueta de sentimientos con base en umbrales estándar: positivo si es mayor a 0.05, negativo si es menor a -0.05, y neutral en los casos intermedios [14].

El sistema culmina con una etapa de visualización. A través de gráficos de barras generados con **matplotlib** [15], se presenta la distribución general de los sentimientos identificados. Además, los tweets son organizados en pestañas según su polaridad, lo que permite una revisión más eficiente tanto a nivel exploratorio como para validación manual.

Se analizaron un total de 989 publicaciones con el término “*Liquid Glass*” [16] (el cual fue seleccionado como objeto de análisis debido a su vínculo reciente con el ecosistema *Apple*, lo que garantiza una variedad significativa de opiniones), cada publicación se clasificó automáticamente mediante el modelo VADER y se validó de manera individual por un humano. Este análisis permite comparar el desempeño del modelo frente a una clasificación considerada como “verdadera”.

Para evaluar el rendimiento del sistema frente a cada clase de sentimiento, se recurrió al cálculo del *F1-score*, una métrica que combina *precision* y *recall* en una única medida. Esta elección se debe a que el conjunto de datos presenta un desequilibrio entre clases, lo cual puede sesgar otras métricas como el *accuracy* global. En contextos como este, donde ciertas clases predominan sobre otras, el *F1-score* permite valorar el desempeño del modelo sin favorecer a la clase mayoritaria.

Las componentes del *F1-score*, *precision* y *recall*, se calcularon de forma individual para cada clase. La *precisión* indica la proporción de verdaderos positivos entre todas las predicciones realizadas para una clase, mientras que el *recall* representa la proporción de verdaderos positivos recuperados entre todos los ejemplos reales de esa clase. A partir de estos valores, se derivó el *F1-score*, que penaliza tanto los falsos positivos como los falsos negativos, proporcionando así una evaluación más equilibrada.

Todos los conteos necesarios para este análisis se extrajeron directamente de la matriz de confusión, construida al comparar las predicciones del sistema con las etiquetas asignadas manualmente por un humano.

RESULTADOS: Se obtuvo la matriz de confusión que se presenta en la Figura 2, la cual muestra el desempeño del sistema en la detección de sentimientos positivos, negativos y neutros.

Matriz de Confusión (%)

| | | | |
|------------|------------|----------|---------|
| | positivo | negativo | neutral |
| Clase real | | | |
| positivo | 74.1 | 15.0 | 10.9 |
| negativo | 3.2 | 88.0 | 8.8 |
| neutral | 6.7 | 10.4 | 82.8 |
| | positivo | negativo | neutral |
| | Predicción | | |

Figura 2. Matriz de confusión porcentual para las tres clases de sentimientos (positivo, negativo y neutral).

A partir de esta distribución, se calculan las métricas de **recall**, **precision** y **F1-score**, definidas a partir de los conteos de verdaderos positivos (**TP**), falsos positivos (**FP**) y falsos negativos (**FN**). Las expresiones generales para cada métrica se presentan en las ecuaciones 1, 2 y 3:

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} \quad (1)$$

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} \quad (2)$$

$$F1 = 2 \cdot \frac{Precision \cdot Recall}{Precision + Recall} \quad (3)$$

Las Ecuaciones 4, 5, 6 corresponden al cálculo de *precision* para cada clase:

$$Precision_{positivo} = \frac{143}{143 + 16 + 20} = 0.798 \quad (4)$$

$$Precision_{negativo} = \frac{439}{439 + 29 + 31} = 0.879 \quad (5)$$

$$Precision_{neutral} = \frac{246}{246 + 21 + 44} = 0.790 \quad (6)$$

Las Ecuaciones 7, 8, 9 definen el *recall* por clase:

$$Recall_{positivo} = \frac{143}{(143 + 50)} = 0.740 \quad (7)$$

$$Recall_{negativo} = \frac{439}{(439 + 60)} = 0.879 \quad (8)$$

$$Recall_{neutral} = \frac{246}{(246 + 51)} = 0.828 \quad (9)$$

A partir de los valores obtenidos anteriormente, se procede al cálculo del *F1-score*, como se puede apreciar en las ecuaciones 10, 11 y 12:

$$F1_{positivo} = 2 \cdot \frac{(0.798)(0.740)}{0.798 + 0.740} = 0.768 \quad (10)$$

$$F1_{negativo} = 2 \cdot \frac{(0.879)(0.879)}{0.879 + 0.879} = 0.879 \quad (11)$$

$$F1_{neutral} = 2 \cdot \frac{(0.790)(0.828)}{0.790 + 0.828} = 0.808 \quad (12)$$

En la clase positiva, se registra un *F1-score* de **0.7688**, resultado de una *precision* de 0.7989 y un *recall* de 0.7409. Este valor indica que el sistema logra identificar correctamente una cantidad considerable de publicaciones con sentimiento positivo, aunque aún existe un margen de error, principalmente por omisión de casos reales.

Para la clase negativa, el *F1-score* alcanzó **0.8798** (el más alto entre las tres categorías). Tanto la *precision* como el *recall* en esta clase son simétricos (0.8798), resultados que evidencian cómo el sistema identifica la mayoría de los casos negativos y rara vez los confunde con otras clases.

En cuanto a la clase neutral, se obtuvo un *F1-score* de **0.8092**, con una *precision* de 0.7910 y un *recall* de 0.8283. Esto sugiere un equilibrio sólido, donde se es capaz de recuperar adecuadamente las publicaciones neutras sin incurrir en

un volumen elevado de falsos positivos.

La Figura 3 presenta una comparación visual de los valores de $F1$ -score por clase.

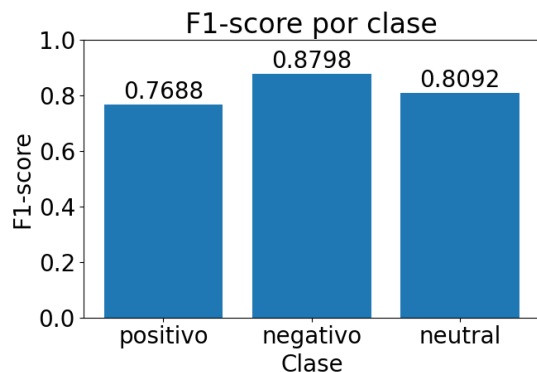
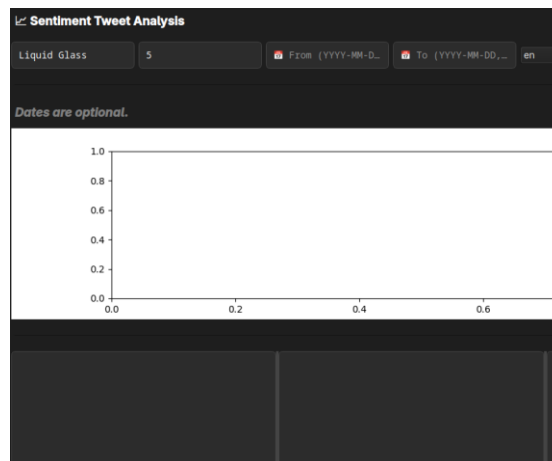


Figura 3: $F1$ -Score obtenido por el modelo en cada una de las tres clases: positiva, negativa y neutral.

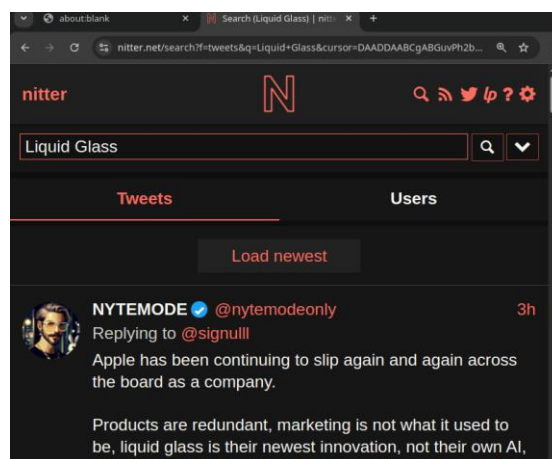
Durante la ejecución del sistema, la interfaz responde de manera fluida y sin errores notables. En las Figuras 4a y 4b se muestra el momento en que el usuario define los parámetros de búsqueda y comienza el proceso de extracción sobre el parámetro de búsqueda *Liquid Glass*.

Una vez finaliza el análisis, como se aprecia en la Figura 5, la interfaz presenta los resultados mediante un gráfico de barras; que resume la distribución de sentimientos identificados en las publicaciones

recolectadas. Los tweets se organizan automáticamente en pestañas según su polaridad.



(a) Parámetros de búsqueda en la interfaz



(b) Proceso de extracción sobre el parámetro de búsqueda Liquid Glass

Figura 4a y 4b: Interfaz del sistema durante la ejecución del *scraping* sobre el tema *Liquid Glass*.

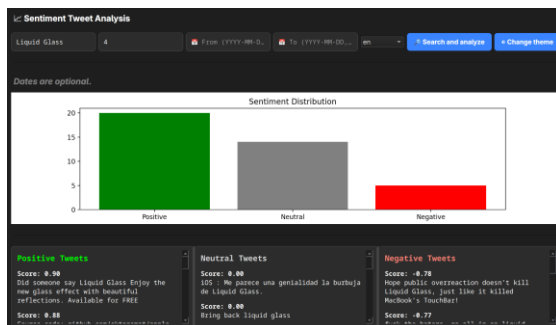


Figura 5: Vista de resultados con gráficas de distribución y tweets clasificados por sentimiento.

Se observa que el sistema logra una velocidad promedio de scraping de aproximadamente 30 publicaciones por minuto, con un comportamiento estable incluso en profundidades de búsqueda superiores a treinta páginas.

CONCLUSIONES: El desarrollo de esta herramienta representa un avance significativo en el acceso libre y automatizado al análisis de sentimientos en redes sociales, particularmente considerando las restricciones impuestas por plataformas como X. Al evitar la dependencia de su API oficial, se presenta una alternativa accesible y funcional para investigadores, periodistas o instituciones que requieren analizar el discurso público

digital sin costos asociados ni limitaciones técnicas estrictas.

Más allá de los buenos resultados alcanzados en pruebas controladas, el sistema demuestra ser replicable, adaptable a otros términos de búsqueda, y útil para explorar tendencias o estados de opinión. Su diseño modular permite futuras mejoras; como la integración de modelos más sofisticados o expansión a soporte de distintos idiomas. En conjunto, esta propuesta evidencia el potencial del *scraping* y la inteligencia artificial ligera como herramientas para el estudio social contemporáneo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- [1] Stokel-Walker, C. (2023, 10 de marzo). Twitter's \$42,000-per-Month API Prices Out Nearly Everyone. WIRED. Recuperado de <https://www.wired.com/story/twitter-data-api-prices-out-nearly-everyone/>
- [2] Safe Software. (2024, 28 de marzo). X (Twitter) Ends Free Access to API: FME Implications. FME Knowledge Center. Recuperado de <https://support.safe.com/hc/en-us/articles/27530052447885-X-Twitter-Ends-Free-Access-to-API-FME-Implications>
- [3] Data365. (2023). Twitter API limitations and pricing. Recuperado de

<https://data365.co/guides/twitter-api-limitations-and-pricing>

[4] Zedeus. (s.f.). Nitter search. Recuperado de <https://nitter.net/search>

[5] International Association of Privacy Professionals. (2022, April 6). Data scraping and the implications of the latest LinkedIn-HiQ court ruling. IAPP. <https://iapp.org/news/a/data-scraping-and-the-implications-of-the-latest-linkedin-hiq-court-ruling/>

[6] PromptCloud. (2023, October 20). Is web scraping legal in the US? A complete guide. <https://www.promptcloud.com/blog/is-web-scraping-legal-in-us-a-complete-guide/>

[7] Guzmán González, J. G. (2023, 31 de marzo). “Web Scraping” como método de obtención de contenido para la práctica legal. LegalTec Lab. Recuperado el 30 de junio de 2025, de <https://legalteclab.mx/%C2%A8web-scraping%C2%A8-como-metodo-de-obtencion-de-contenido-para-la-practica-legal/>

[8] Riverbank Computing Limited. (s.f.). PyQt5 official documentation. Recuperado el 27 de junio de 2025, de <https://www.riverbankcomputing.com/static/Docs/PyQt5/>

[9] Google, Inc. (s.f.). *Puppeteer* [Documentación oficial]. Recuperado el 27 de junio de 2025, de <https://pptr.dev/>

[10] Node.js. (2025). *Node.js: JavaScript runtime built on V8 engine*. OpenJS Foundation. Recuperado de <https://nodejs.org/es>

[11] IBM Corporation. (25 de julio de 2024). Lang-detect – Watson Natural Language Processing Library [Documentación en línea]. Recuperado el 27 de junio de 2025, de <https://www.ibm.com/docs/en/watson-libraries?topic=catalog-lang-detect>

[12] Hutto, C. J. (2021). VaderSentiment documentation. Recuperado el 27 de junio de 2025, de <https://vadersentiment.readthedocs.io/en/latest/>

[13] Hutto, C. J. (s.f.). vaderSentiment (Valence Aware Dictionary and sEntiment Reasoner). GitHub. Recuperado el 30 de junio de 2025, de <https://github.com/cjhutto/vaderSentiment>

[14] BobLd. (2022, febrero 2). VaderSharp2 (versión 3.3.2.1). NuGet. Recuperado de <https://www.nuget.org/packages/VaderSharp2>

[15] The Matplotlib development team. (2025). Matplotlib — Visualization with Python [Documentación en línea]. Recuperado el 27 de junio de 2025, de <https://matplotlib.org/stable/index.html>

[16] Apple Inc. (2025, 9 de junio). Apple introduces a delightful and elegant new software design [Nota de prensa]. Recuperado el 27 de junio de 2025, de

<https://www.apple.com/mx/newsroom/2025/06/apple-introduces-a-delightful-and-elegant-new-software-design/>

Análisis del formato URDF y su rol en la robótica

**Enrique García Trinidad^{1,2}, Emmanuel Arcos Hernández¹,
Manuel Peralta Gutierrez¹**

¹Tecnológico de Estudios Superiores de Huixquilucan, Tecnológico Nacional de México (TecNM)

²Universidad Tecnológica Fidel Velázquez (UTFV)

enrique.g.t@huiquilucan.tecnm.mx

Resumen: Este artículo presenta un análisis exhaustivo del Formato de Descripción Unificado de Robots (URDF), un estándar XML originado en ROS que es fundamental para la robótica moderna. Se detalla su estructura de árbol cinemático de eslabones y articulaciones, y su uso en herramientas clave como RViz, Gazebo y MoveIt!. El informe valida la facilidad de uso de URDF con un ejemplo práctico de un manipulador robótico.

Palabras clave: robótica, simulación, urdf

Abstract: This article presents a comprehensive analysis of the Unified Robot Description Format (URDF), an XML standard originating from ROS that is fundamental to modern robotics. It details its kinematic tree structure of links and joints, and its use in key tools like RViz, Gazebo, and MoveIt!. The report validates URDF's ease of use with a practical robotic manipulator example

Keywords: robotics, simulation, urdf

INTRODUCCIÓN: La proliferación de distintos sistemas robóticos en las últimas dos décadas ha ido acompañada de un aumento en su complejidad, lo que ha requerido el desarrollo de software robusto para gestionar la simulación de estos sistemas. Un desafío central en este campo ha sido la creación de un método estandarizado, portátil y completo para describir las características físicas de un robot. En respuesta a esta necesidad, el Formato de Descripción Unificado de Robots (URDF) se introdujo alrededor de 2009 como un componente central del floreciente Sistema Operativo para Robots (ROS). El formato URDF es una especificación basada en XML, diseñado para representar el modelo tridimensional de un robot, en un formato estructurado y legible por humanos, sirviendo como un único estándar para todos los componentes que requieren conocimiento de las propiedades físicas y cinemáticas del robot.

El objetivo principal del formato URDF es proporcionar un mecanismo consistente y sencillo para almacenar e intercambiar modelos de robots,

facilitando así la interoperabilidad entre el diverso conjunto de herramientas necesarias para el desarrollo de la robótica moderna. Aunque concebida dentro del ecosistema ROS, la naturaleza independiente de la especificación URDF ha permitido su adopción generalizada por una vasta gama de entornos de simulación de terceros. Ejemplos destacados incluyen los simuladores Gazebo (Koenig & Howard, 2004), PyBullet (Mower et al., 2022) y MuJoCo (Todorov, Tassa, & Erez, 2012), así como suites de software de ingeniería como MATLAB/Simulink y Unity. Este amplio soporte ha consolidado el estatus del formato URDF como un estándar de facto para el intercambio de modelos de robots tanto en contextos académicos como industriales, con encuestas que indican que más del 95% de los desarrolladores que simulan robots han utilizado el formato (Tola & Corke, 2023).

El desarrollo de sistemas robóticos complejos requiere una gran inversión de capital y tiempo. La creación de prototipos físicos y las pruebas resultan costosas y riesgosas tanto

para el hardware como para el personal que desarrolla estos sistemas. Los procesos de modelado y simulación se han convertido en herramientas esenciales, ya que permiten probar virtualmente algoritmos, diseños mecánicos e interacciones entre el robot y su entorno antes de la implementación física. Este enfoque requiere un gemelo digital por cada robot que se implemente. Sin una estandarización, los desarrolladores deben mantener modelos separados para cada herramienta, por ejemplo programas CAD, simuladores de comportamiento dinámico, planificadores de trayectoria y entornos de visualización (Acosta, Posa, & Yang, 2022). Este proceso ineficiente aumenta el riesgo de errores al traducir los datos. El formato URDF resuelve este problema al proporcionar una descripción unificada que se comparte a lo largo de todo el proceso de desarrollo, lo que garantiza la coherencia y reduce la desincronización entre los módulos de software. La adopción del estándar URDF ejemplifica el desarrollo exitoso de un ecosistema de software. A pesar de que se han desarrollado formatos

más completos como SDF para abordar las limitaciones de URDF, la simplicidad de URDF y su integración en el creciente ecosistema de ROS aseguran su dominio, ya que su uso con otras herramientas esenciales como Rviz, que usan URDF de forma nativa, lo convierten en la solución práctica para los ingenieros, académicos e investigadores que trabajan con robots.

METODOLOGÍA: En su esencia, el formato URDF es una especificación basada en el formato XML (Kang, Kim, & Kim, 2019). Cada archivo URDF está estructurado como un documento XML con un único elemento raíz. Las etiquetas más importantes son `<robot>`, que encapsula todo el modelo del robot y típicamente incluye un nombre para identificar al robot. Dentro del elemento `<robot>`, se describen una colección de dos componentes principales, `<link>` y `<joint>`. Los eslabones `<link>` representan los cuerpos rígidos o segmentos físicos del robot. Cada eslabón es tratado como un sistema coordinado de referencias independiente. Aunque los eslabones a menudo corresponden a partes

físicas como un brazo, en el caso de un robot manipulador o una rueda, en el caso de un robot móvil, también pueden ser eslabones virtuales utilizados para definir puntos de referencia importantes, como la ubicación de un sensor. Las articulaciones *<joint>* establecen la relación cinemática entre dos eslabones, ya que especifican cómo un eslabón *<child>* o hijo se mueve en relación con otro eslabón *<parent>* o padre. Cada articulación puede ser de un *<type>* o tipo, que se refiere al tipo de movimiento que permite la articulación. Los tipos más comunes son *revolute* que es para articulaciones rotacionales con límites de ángulo superior e inferior definidos, *continuous*, que es para articulaciones rotacionales sin límites, *prismatic* que son para articulaciones prismáticas con límites de posición definidos, y finalmente *fixed*, que son para realizar conexiones rígidas entre dos eslabones sin grados de libertad, a menudo utilizados para unir componentes como sensores al cuerpo del robot.

Esta estructura padre-hijo impone una restricción crítica y fundamental al

formato, ya que un modelo URDF debe ser un árbol cinemático y cada eslabón solo puede tener una articulación padre. Esta elección de diseño simplifica el análisis y los cálculos de cinemática directa, pero prohíbe explícitamente la representación nativa de mecanismos con bucles cinemáticos cerrados, como los mecanismos de cuatro barras o los manipuladores paralelos. Esta limitación es una de las desventajas más significativas del formato y ha motivado numerosas extensiones y soluciones alternativas.

RESULTADOS: Para ilustrar de manera concreta los conceptos descritos, se generó un archivo URDF para un manipulador simple de dos eslabones. Este ejemplo práctico demuestra cómo las etiquetas XML se combinan para construir un modelo de robot funcional para simulación y visualización, como se muestra en la Figura 1. El código desarrollado es el mostrado en la Figura 2.

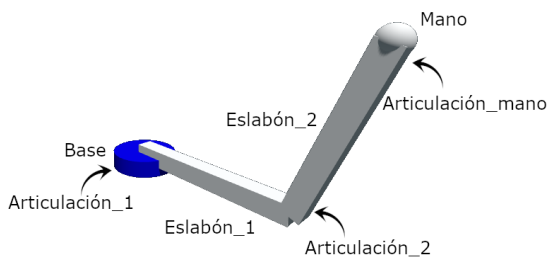


Figura 1. Robot generado por el código en formato URDF.

El archivo comienza con la etiqueta raíz `<robot name="robot_simple">`, que encapsula toda la descripción del robot. Dentro de esta, se definen una serie de eslabones y articulaciones: `articulacion_base` (la base del robot), `eslabon_1` y `eslabon_2` (los eslabones móviles del brazo), y `articulacion_mano` (la mano del robot).

Cada eslabón es un cuerpo rígido con su propio marco de coordenadas.

```
<?xml version="1.0"?>
<robot name="robot_simple">

  <link name="articulacion_base">
    <visual>
      <geometry>
        <cylinder length="0.05" radius="0.1"/>
      </geometry>
      <origin rpy="0 0 0" xyz="0 0 0.025"/>
      <material name="blue">
        <color rgba="0.0 0.0 0.8 1.0"/>
      </material>
    </visual>
    <collision>
      <geometry>
        <cylinder length="0.05" radius="0.1"/>
      </geometry>
      <origin rpy="0 0 0" xyz="0 0 0.025"/>
    </collision>
    <inertial>
      <mass value="1.0"/>
      <inertia ixx="0.01" ixy="0" ixz="0" iyy="0.01" iyz="0" izz="0.01"/>
    </inertial>
  </link>

  <link name="eslabon_1">
    <visual>
      <geometry>
        <box size="0.5 0.05 0.05"/>
      </geometry>
      <origin rpy="0 0 0" xyz="0.25 0 0"/>
      <material name="white">
        <color rgba="1.0 1.0 1.0 1.0"/>
      </material>
    </visual>
    <collision>
      <geometry>
        <box size="0.5 0.05 0.05"/>
      </geometry>
      <origin rpy="0 0 0" xyz="0.25 0 0"/>
    </collision>
    <inertial>
      <mass value="0.5"/>
      <inertia ixx="0.001" ixy="0" ixz="0" iyy="0.001" iyz="0" izz="0.001"/>
    </inertial>
  </link>

  <joint name="articulacion_1" type="revolute">
    <parent link="articulacion_base"/>
    <child link="eslabon_1"/>
    <origin xyz="0 0 0.05"/>
    <axis xyz="0 0 1"/>
    <limit effort="300" velocity="1.0" lower="-3.14" upper="3.14"/>
  </joint>

  <link name="eslabon_2">
    <visual>
      <geometry>
        <box size="0.4 0.05 0.05"/>
      </geometry>
      <origin rpy="0 0 0" xyz="0.2 0 0"/>
      <material name="blue">
        <color rgba="0.0 0.0 0.8 1.0"/>
      </material>
    </visual>
    <collision>
      <geometry>
        <box size="0.4 0.05 0.05"/>
      </geometry>
      <origin rpy="0 0 0" xyz="0.2 0 0"/>
    </collision>
    <inertial>
      <mass value="0.4"/>
      <inertia ixx="0.001" ixy="0" ixz="0" iyy="0.001" iyz="0" izz="0.001"/>
    </inertial>
  </link>

  <joint name="articulacion_2" type="revolute">
    <parent link="eslabon_1"/>
    <child link="eslabon_2"/>
    <origin xyz="0.5 0 0"/>
    <axis xyz="0 1 0"/>
    <limit effort="300" velocity="1.0" lower="-1.57" upper="1.57"/>
  </joint>

  <link name="mano">
    <visual>
      <geometry>
        <sphere radius="0.03"/>
      </geometry>
      <material name="white">
        <color rgba="1.0 1.0 1.0 1.0"/>
      </material>
    </visual>
    <collision>
      <geometry>
        <sphere radius="0.03"/>
      </geometry>
      <origin rpy="0 0 0" xyz="0 0 0"/>
    </collision>
    <inertial>
      <mass value="0.1"/>
      <inertia ixx="0.0001" ixy="0" ixz="0" iyy="0.0001" iyz="0" izz="0.0001"/>
    </inertial>
  </link>

  <joint name="articulacion_mano" type="fixed">
    <parent link="eslabon_2"/>
    <child link="mano"/>
    <origin xyz="0.4 0 0"/>
  </joint>

</robot>
```

Figura 2. Código en formato URDF.

Dentro de cada etiqueta *<link>*, se especifican tres propiedades clave, *<visual>* que define la geometría *<cylinder>* o *<box>* (cilindro o cubo) y el *material* (color) para la visualización en herramientas como Rviz; *<collision>* define la geometría de colisión, que a menudo es una forma más simple que la visual para optimizar los cálculos del motor de simulación dinámica e *<inertial>* que especifica las propiedades dinámicas como *<mass>* (la masa) e *<inertia>* (el tensor de inercia), que son cruciales para una simulación física realista. Las articulaciones que conectan los eslabones y definen su movimiento relativo son *articulacion_1* y *articulacion_2*, que son de tipo *revolute*, lo que permite la rotación alrededor de un eje específico *<axis>* dentro de ciertos límites *<limit>*. La mano del robot *Mano* es de tipo *fixed*, creando una conexión rígida entre el eslabón 2 y el efector final.

Este ejemplo, aunque simple, contiene todos los elementos fundamentales necesarios para que el ecosistema ROS interprete, visualice y simule un robot, sirviendo como un bloque de

construcción básico para modelos más complejos.

CONCLUSIONES: El análisis presentado en este análisis establece el formato URDF como una tecnología fundamental en la robótica moderna, no por su perfección técnica, sino por su simplicidad y su profunda integración con ROS. A través del ejemplo del robot manipulador proporcionado, se valida la relativa facilidad con la que se puede escribir un modelo básico, un factor clave en su amplia adopción. En consecuencia, el futuro de la descripción de robots no apunta hacia un reemplazo revolucionario, sino a una evolución pragmática. Este camino mantiene el formato central de URDF como una base estable mientras la innovación continúa a través de otros preprocesadores como Xacro, SRDF y URDF+ diseñados para abordar sus deficiencias

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

Acosta, B., Posa, M., & Yang, W. (2022). *Validating Robotics Simulators on Real-World Impacts*. IEEE Robotics and Automation Letters, 7(3), 6471–6478. doi: 10.1109/lra.2022.3174367

Kang, Y., Kim, D., & Kim, K. (2019, February 1). *URDF Generator for Manipulator Robot*. 483–487. Institute of Electrical Electronics Engineers. DOI: 10.1109/irc.2019.00101

Koenig, N., & Howard, A. (2004, September 1). *Design and use paradigms for gazebo, an open-source multi-robot simulator*. 3, 2149–2154. Institute of Electrical Electronics Engineers. DOI: 10.1109/iros.2004.1389727

Mower, C., Moura, J., Stouraitis, T., Gienger, M., Vercauteren, T., Rauch, C., ... Vijayakumar, S. (2022, October 13). *ROS-PyBullet Interface: A Framework for Reliable Contact*

Simulation and Human-Robot Interaction. Cornell University. DOI: 10.48550/arxiv.2210.06887

Todorov, E., Tassa, Y., & Erez, T. (2012, October 1). *MuJoCo: A physics engine for model-based control*. Institute of Electrical Electronics Engineers. DOI: 10.1109/iros.2012.6386109

Tola, D., & Corke, P. (2023, August 26). *Understanding URDF: A Survey Based on User Experience*. 1–7. Institute of Electrical Electronics Engineers. DOI: 10.1109/case56687.2023.10260660

Aprovechamiento de residuos de olote de maíz para el desarrollo de un biomaterial de etilcelulosa

**Paloma Berenice Jiménez Vara¹, Arturo Dariel González
Santana¹, Jesús Puente Córdova², Sinuhe Uriel Costilla^{1,2}
Aguilar, Magaly Yajaira Nava Núñez^{1,2}**

¹ Universidad Tecnológica Gral. Mariano Escobedo

² Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ingeniería Mecánica y
Eléctrica

pjimenez@ute.edu.mx

Resumen: La excesiva generación de residuos y la creciente demanda de materiales sostenibles han impulsado el desarrollo de soluciones innovadoras. En México, la producción de maíz genera un subproducto abundante: el olote, del cual se desaprovechan aproximadamente 170 kg por tonelada. En el presente trabajo se propone la reutilización de este mediante la extracción de un biopolímero a través de un proceso de síntesis verde, con el objetivo de incorporarlo como refuerzo en matrices poliméricas. Este biopolímero se integró en una matriz de etilcelulosa para analizar su comportamiento estructural. Se realizó microscopía electrónica de barrido (MEB) y análisis mecánico dinámico (DMA). En base a los resultados obtenidos, se propone el biopolímero como alternativa para materiales elaborados con polímeros sostenibles.

Palabras clave: biopolímero, etilcelulosa, economía circular, análisis mecánico dinámico

Abstract: Excessive waste generation and the growing demand for sustainable materials have driven the development of innovative solutions. In Mexico, corn production generates an abundant byproduct: the corncob, of which approximately 170 kg per ton are wasted. This work proposes the reuse of the corncob by extracting a biopolymer through a green synthesis process, with the aim of incorporating it as reinforcement in polymer matrices. This biopolymer was integrated into an ethylcellulose matrix to analyze its structural behavior. Scanning electron microscopy (SEM) and dynamic mechanical analysis (DMA) were performed. Based on the results obtained, the biopolymer is proposed as an alternative for materials made with sustainable polymers.

Keywords: Biopolymer, ethylcellulose, circular economy, dynamic mechanical analysis

INTRODUCCIÓN: La creciente preocupación por el impacto ambiental ha impulsado la búsqueda y el desarrollo de materiales amigables con el medio ambiente. Uno de los principales factores que impactan directamente en la contaminación ambiental a través de residuos son: la gestión ineficiente de los residuos biodegradables, manejo y disposición final inadecuados (Aguilar et al., 2022).

Por lo cual, se ha enfatizado la importancia de aprovechar los residuos como base para nuevos proyectos, ya que ello fomenta la economía circular y genera alternativas innovadoras para la

creación de productos, otorgando una segunda vida a materiales previamente considerados desechos (Phiri et al., 2023), (Mejías et al., 2016).

El maíz es uno de los cultivos más importantes en México y en el mundo, pero su aprovechamiento se limita principalmente al grano, dejando grandes cantidades de residuos como el olote, que usualmente son incinerados o desechados (Lozano-Salas et al., 2025). Esta práctica representa un problema ambiental y al mismo tiempo una oportunidad que se puede aprovechar, ya que el olote contiene celulosa, un biopolímero con

alto valor industrial (Carrillo, Romero et al, 2025).

El presente estudio propone investigar la viabilidad técnica de extraer un biopolímero a partir del olote de maíz, extraído de los residuos de un área comerciante del estado de Nuevo León, con el interés de aprovechar los desechos como materia prima y desarrollar un proceso sostenible y escalable.

METODOLOGÍA:

Obtención del biopolímero. Para la obtención del biopolímero se utilizó el olote derivado del maíz criollo, hidróxido de sodio (NaOH), hidróxido de amonio (NH_4OH) y etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$). La extracción se hizo mediante el proceso de hidrólisis básica en base a procesos reportados en la literatura (Córdoba et al., 2010). El proceso consistió en el secado, trituración, lavado, extracción mediante hidrólisis básica durante 4 horas con una temperatura promedio de 80°C y agitación continua de 1000 rpm para no romper las fibras del olote. Mediante este proceso fue posible obtener entre 47 y 53% del

biopolímero a partir de nuestra materia orgánica. Después, el material fue filtrado para separar los sólidos y se inició un proceso de secado durante 2 horas para después pasar por hidrólisis ácida con ácido cítrico durante 1 hora con una agitación constante de 1000 rpm. Después se volvió a filtrar hasta alcanzar un pH neutro y se secó a 40°C , ver (Figura 1).



Figura 1. Proceso general de extracción del biopolímero del olote.

Obtención de películas. El procedimiento experimental se llevó a cabo en dos etapas, preparando dos mezclas de forma independiente. La primera (I) consistió en la disolución de 1.0 g de etilcelulosa EC46 (Sigma-Aldrich) en 20 mL de tolueno, la cual se mantuvo bajo agitación constante durante 1 hora. Paralelamente, la segunda mezcla (II) se preparó

dispersando 0.1 g del biopolímero en 10 mL de etanol mediante un tratamiento de ultrasonido durante 30 minutos. Finalmente, ambas disoluciones (I y II) fueron combinadas y sometidas a un proceso de mezclado mediante agitación mecánica a 800 rpm durante 45 minutos, con el fin de asegurar una completa homogeneización y obtener la solución final.

La caracterización del material obtenido se llevó a cabo mediante diversas técnicas. Para evaluar la morfología, se realizó microscopía electrónica de barrido en un FEI Nova Nano SEM 200 con una aceleración de voltaje de 15 kV y una distancia de trabajo de 5 mm, para observar el biopolímero obtenido. Para evaluar la respuesta termo mecánica de las películas preparadas, se realizó un análisis mecánico dinámico (DMA) utilizando el equipo DMA8000 de Perkin Elmer (Figura 2). Los ensayos se llevaron a cabo en el modo tensión, a una frecuencia de 1 Hz y empleando una rampa de calentamiento de 2°C/min, en un intervalo de temperatura de 20 a 180°C.

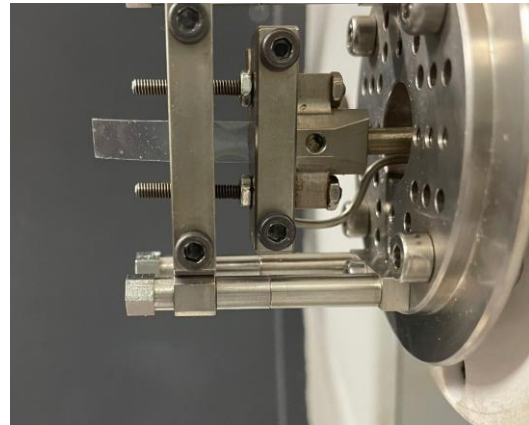


Figura 2. Montaje experimental de películas biopoliméricas en el equipo DMA.

RESULTADOS: Se realizó análisis MEB al biopolímero obtenido, el cual se muestra en la Figura 3. Se puede observar una superficie irregular, rugosa, con algunos aglomerados, lo cual es característico cuando se realiza un tratamiento químico o mecánico que descompone la estructura fibrilar que posee este tipo de material (Venegas-Sánchez & Díaz-Gómez, 2023). Así mismo, se pudieron observar pequeñas partículas dispersas en el material, lo cual podría ser impurezas residuales del proceso de extracción como la lignina. La identificación de la composición química de estas partículas podría requerir un análisis más detallado, como un análisis

elemental.

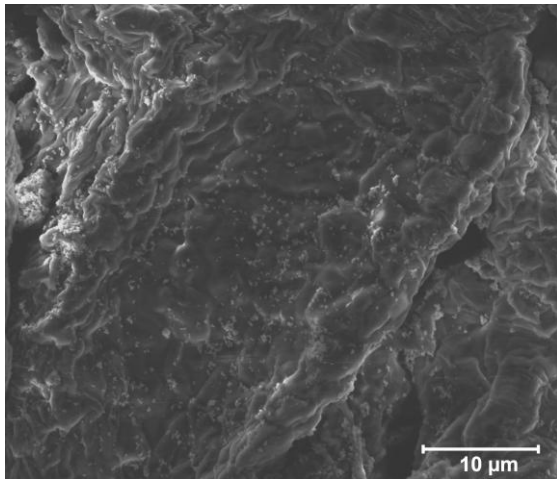


Figura 3. Análisis de resultado MEB del biopolímero.

En la (Figura 4) se presenta el resultado de DMA, el EC representa la etilcelulosa pura y la EC-BP la etilcelulosa con 10% de carga del biopolímero extraído del olote del maíz. El análisis del módulo de almacenamiento (E') en función de la temperatura reveló tres regiones distintas. A bajas temperaturas (por debajo de 120°), en la meseta vítrea, ambas muestras exhibieron un alto módulo de almacenamiento, del orden de 10^9 Pa, indicando una alta rigidez. En esta región, los valores de E' para EC y EC-BP fueron prácticamente idénticos, sugiriendo que la adición del biopolímero no alteró significativamente la rigidez del material en el estado vítreo.

Posteriormente, en la zona de transición (120 - 150°C), ambas muestras experimentaron una caída drástica en E' de aproximadamente tres órdenes de magnitud. Esta caída abrupta está asociada a la manifestación mecánica de la transición vítrea (T_g), donde el material pasa de un estado rígido a un estado elastomérico. Finalmente, por encima de 150°C , el módulo se estabiliza en una meseta elástica, promovida por el enmarañamiento de las cadenas poliméricas y las interacciones físicas que se generan entre ellas. Si la energía térmica sigue en aumento, el siguiente proceso es el flujo del polímero.

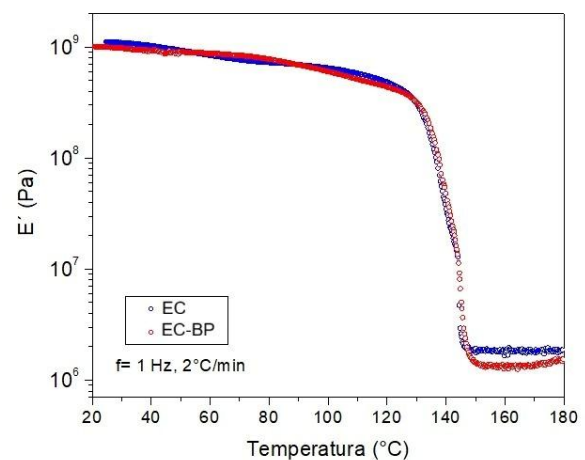


Figura 4. DMA, módulo de almacenamiento.

En la (Figura 5), se presenta la gráfica del factor de pérdida ($\tan \delta$), la cual

proporcionó información más precisa sobre la transición mecánica. El pico de la curva de tan delta, comúnmente usado para determinar la Tg, mostró un claro desplazamiento hacia temperaturas más altas para la muestra EC-BP. Mientras que la Tg de la EC pura se situó aproximadamente a 140°C, el pico para el compuesto EC-BP se encontró alrededor de 142-143°C. Este incremento, aunque sutil, es significativo e indica que la movilidad molecular de las cadenas de etilcelulosa está más restringida en presencia del biopolímero. Esto sugiere una buena interacción y adhesión en la interfase entre la matriz de EC y el relleno del biopolímero extraído del olote de maíz, que actúa como un obstáculo físico que dificulta el movimiento cooperativo de los segmentos de cadena, requiriendo mayor energía térmica para que se manifieste la transición mecánica. Adicionalmente, se observó que, en la región vítrea, la muestra EC-BP presentó valores de tan delta consistentemente menores que la EC pura, lo que indica una menor capacidad de disipación de energía y una restricción de los movimientos

moleculares locales (relajación secundaria). La magnitud del pico de tan delta también fue ligeramente inferior para EC-BP, lo cual es coherente con la presencia de un relleno que no participa en la transición, reduciendo así la fracción volumétrica de la matriz polimérica móvil.

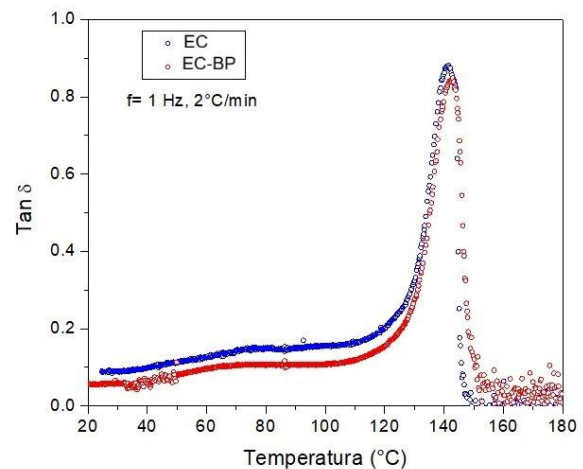


Figura 5. DMA, gráfica del factor de pérdida.

En resumen, los resultados de DMA demuestran que la incorporación del biopolímero extraído induce un ligero aumento en la Tg y una reducción en la capacidad de amortiguamiento, efectos atribuidos a una fuerte restricción de la movilidad molecular de las cadenas de EC impuesta por el relleno, sugiriendo una interacción

interfacial efectiva entre ambos componentes.

CONCLUSIONES: Con base en los resultados, se pudo corroborar que el material extraído del olote de maíz es un biopolímero funcional para ser usado como material reforzante mediante el método de extracción propuesto, el cual representa un proceso amigable con el ambiente, se promueve la reutilización de un residuo orgánico y se contribuye a la economía circular del país. Por medio del DMA, se demostró la viabilidad de utilizarlo como refuerzo. Los resultados confirmaron que la adición de un 10% en peso del biopolímero obtenido, se incrementa la temperatura de transición vítrea de la matriz, lo cual se atribuye a una fuerte restricción de la movilidad segmentaria de las cadenas de EC impuesta por el refuerzo, sugiriendo una adhesión interfacial efectiva.

Se busca completar la caracterización de las películas de EC-BP para alguna aplicación como un polímero sostenible y evaluar su potencial desempeño mecánico y eléctrico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

Aguiar S., Enríquez Estrella M., & Uvidia Cabadiana H. (2022). Residuos agroindustriales: su impacto, manejo y aprovechamiento. AXIOMA, 1(27), 5-11.

<https://doi.org/10.26621/ra.v1i27.803>

Carrillo-Rodríguez, L. A., Romero, M. C., & Galindo Larrahondo, J. A. (2025). The use of agro-industrial waste towards a sustainable circular economy: A systematic review. *Detritus*, 31, 45–61. <https://doi.org/10.31025/2611-4135/2025.19491>

Córdoba, Jhon Alexander, Salcedo, Eduardo, Rodríguez, Ramón, Zamora, Juan Francisco, Manríquez, Ricardo, Contreras, Héctor, Robledo, Jorge, & Delgado, Ezequiel. (2013). Caracterización y valoración química del olote: degradación hidrotérmica bajo condiciones subcríticas. *Revista latinoamericana de química*, 41(3), 171-184. Recuperado en 20 de noviembre de 2025, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-59432013000300004&lng=es&tlng=es.

Lozano-Salas, L., Ortiz-Duarte, G., Romero-Ibarra, I. C., Canseco-Urbieto, A., Bravo-González, E., & León-Nataret, Y. A. (2025). Síntesis de nanocelulosa de olote de maíz mediante hidrólisis ácida. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías Del ICBI*, 12(24), 56–60.

<https://doi.org/10.29057/icbi.v12i24.11746>

Mejías-Brizuela, N., Orozco-Guillén, E., & Galáan-Hernández, N. (2016). Aprovechamiento de los residuos agroindustriales y su contribución al desarrollo sostenible de México. *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*, 2(6), 27-41.

Phiri, R., Mavinkere Rangappa, S., Siengchin, S., Oladijo, O. P., & Dhakal, H. N. (2023). Development of sustainable biopolymer-based composites for lightweight applications from agricultural waste biomass: A

review. *Advanced Industrial and Engineering Polymer Research*, 6(4), 436–450. <https://doi.org/10.1016/j.aiepr.2023.04.004>

Venegas-Sánchez, J. A., & Díaz-Gómez, L. (2023). Deslignificación de olote de maíz por ultrasonido. *Revista Tecnología En Marcha*. <https://doi.org/10.18845/tm.v36i10.7009>

Dron Acuático Recolector de Algas

Esteban Guerra-Bravo¹, Cesar J. Parga Marruffo¹, Claudia E. Flores de la Rosa¹, Sergio Mancillas-Salas¹

¹ Universidad Politécnica de Ramos Arizpe

sergio.mancillas@upra.mx

Resumen: Este proyecto propone la implementación de un dron recolector diseñado para eliminar algas y otros contaminantes de los cuerpos de agua de manera eficiente. Este dron es un prototipo de bajo costo con materiales de fácil acceso como la estructura de PTR que tiene y botellas de plástico como flotadores. Dotado además con una cámara de vigilancia y dos motores, este dron tiene un diseño modular que permite el fácil reemplazo de sus componentes. Las pruebas de campo mostraron que el dron es capaz de recolectar 500 gr de basura y 1 kg de materia orgánica del agua en aproximadamente 30 minutos.

Palabras clave: Dron acuático, algas marinas, calidad del agua.

Abstract: This project proposes the implementation of a collection drone designed to efficiently remove algae and other pollutants from water bodies. This drone is a low-cost prototype using readily available materials such as a PTR frame and plastic bottles as floats. Also equipped with a surveillance camera and two motors, this drone has a modular design that allows for easy component replacement. Field tests showed that the drone is capable of collecting 500 grams of trash and 1 kg of organic matter from the water in approximately 30 minutes.

Keywords: Aquatic drone, seaweed, water quality.

INTRODUCCIÓN: La proliferación de las algas en cuerpos de agua representa un problema ambiental con impactos en la salud y la calidad del agua. Las algas tienden a acumularse y descomponerse en los cuerpos de agua, afectando significativamente el entorno.

El crecimiento acelerado de las algas deteriora considerablemente la calidad del agua, representando un riesgo tanto para las personas como para los animales [1]. Un ejemplo de estos riesgos son las cianotoxinas, las cuales son producidas por algas capaces de adaptarse a vivir en lagos, ríos, lagunas, humedales y mares. Las cianotoxinas son poderosas toxinas que, al entrar en el cuerpo humano, mediante la ingesta, pueden ocasionar daños severos en el hígado, parálisis respiratoria, convulsiones, entumecimientos, mareos y daños al riñón [2].

En México, los cuerpos de agua más contaminados de manera general son las presas y los ríos donde de manera frecuente las empresas liberan sus residuos, este fenómeno ya ha sido documentado y reportado por el

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua en su reporte [3]. Además de la posible proliferación de cianobacterias, la descomposición de algas afecta fuertemente la calidad del agua.

En años recientes, se han desarrollado diversos dispositivos orientados a la recolección de residuos y control de vegetación en cuerpos de agua. Aunque estas soluciones han demostrado avances importantes, en general tienden a depender de sistemas complejos, altos costos de implementación y una integración tecnológica que puede dificultar su adopción en contextos con recursos limitados. Además, muchas de estas plataformas están diseñadas para tareas específicas, lo cual limita su flexibilidad y capacidad de adaptación [4–8].

Frente a ello, el presente trabajo propone una alternativa más accesible, robusta y modular, con un enfoque en la eficiencia energética mediante el uso de celdas solares y un diseño que permite la actualización de componentes de manera sencilla, promoviendo así su escalabilidad y

mantenimiento en diversos entornos operativos.

El objetivo de este proyecto es desarrollar un sistema que contribuya a controlar esta situación. Como una solución tecnológica, se propone el desarrollo de un dron acuático recolector, diseñado para eliminar las algas flotantes presentes en lagos, ríos y presas. Este dispositivo permitirá implementar una rutina constante de limpieza en estos cuerpos de agua, contribuyendo a mantener su calidad, prevenir riesgos sanitarios y mitigar el impacto ambiental asociado a la acumulación de biomasa vegetal.

La implementación del dron no solo contribuirá al cuidado del medio ambiente, sino también a mejorar la calidad de vida de comunidades humanas y especies animales que dependen directamente de estos recursos hídricos.

METODOLOGÍA: El desarrollo del dron acuático recolector de algas se dividió en tres fases principales: diseño estructural (chasis), integración del sistema de control (subchasis y

electrónica), y ensamblaje funcional completo.

La estructura principal se fabricó utilizando perfiles PTR de 3 cm acero ligero, cuatro botellas de 2 L como flotadores, 8 tornillos M5 de 5 cm, una hoja de foami, una lámina de estireno, dos motores 9 V dos cilindros de PVC de 5 cm. láminas de aluminio ligeras, dos servomotores, alambre galvanizado, barras de silicón, tornillos auto taladrantes, tornillos M3 de 3, 5, 7 cm, cable calibre 18 y 20 (3 m cada uno), panel solar de 15 x 7 cm, dos chips RC, chip regulador, 4 baterías 18650 de 2500 mAh, un control lógico programable, bomba de agua micro, tubo de PVC de 5x12 cm, una cámara de vigilancia wifi, un chip medidor de temperatura, un sensor higrómetro detector de humedad para controlador lógico programable, pintura en aerosol de color blanco y prime de zinc.

Para realizar la construcción del prototipo se comienza por soldar dos barras de PTR cada barra será de 45 cm, las barras fueron conectadas por dos más pequeñas de 10 cm al inicio y al medio de esta como se muestra en la Figura 1, seguido a esto se

soldaron dos brazos de 20 cm en los extremos, con dos barras de madera barnizada de 30 cm las cuales irán fijadas con 4 tornillos M5 de 7 cm que unirán estas dos piezas transversalmente, en cada extremo se unirán los fletadores mediante dos tornillos M5 de 3 cm por flotador usando foami como empaque sellador entre cada pieza.



Figura 1. Fase 1: Diseño de estructura con barras de PTR.

Sobre esta plataforma se colocan los soportes laterales que están ubicados entre los dos flotadores, en estos están montados los propulsores, dos motores metidos en carcasas cilíndricas de PVC creadas para evitar el contacto de estos con el agua, en medio de todo esto va la cinta transportadora junto a la pala delantera.



Figura 2. Sistema de flotación y estructura interna.

Todos estos componentes son parte de la fase 1 llamada chasis (ver Figura 2.).

La fase 2, denominada sub chasis, involucra una cubierta de estireno con forma de trapecio de 52 cm de base 50 cm de altura y 40 cm de ancho, con un corte en el medio rectangular desde lo ancho superior de 20 cm x 35 cm de alto, sobre esta en la esquina lateral izquierda de la base se crea un rectángulo de 13 cm de altura por 25 cm con una altura de 15 cm en este rectángulo se colocarán los componentes electrónicos, a su vez se instalaron sobre esta superficie paneles solares en el frente superior del barco. Finalmente, la fase 3 comprende la electrónica, donde se desarrollan el hardware y software que controlarán al dron. Se colocó en la parte superior de la cubierta un motor

reductor fijado por tornillos M5 de 5 cm y de la misma forma, se coloca un motor reductor en la banda que moverá hacia atrás lo recolectado, donde se instaló una botella recortada a la mitad mediante dos alambres circulares. Posterior a esto en el rectángulo se colocarán dos chips RC uno para controlar los motores laterales mediante una línea de energía sumergible, y el otro chip controla la subida y bajada de la pala recolectora, así como la rotación de la banda. El montaje de las 4 baterías se realizó sobre el PTR. Cada chip recibirá la energía de dos baterías, una vez puestos los chips se colocaron una tapa de estireno, colocando las antenas hechas de alambre de cobre.

Para finalizar, todos los componentes del chasis metálico fueron cubiertos por prime de zinc para proteger a las piezas de la corrosión. Las piezas de estireno fueron pintadas con aerosol blanco, maximizando su durabilidad y ayudando a los paneles solares gracias a la reflexión de la luz. La versión final del dron acuático se muestra en la Figura 3.



Figura 3. Versión final del dron acuático incorporando la estructura flotante con chasis modular, paneles solares frontales, pala recolectora y sistema de propulsión lateral.

RESULTADOS: Una vez completado el diseño y ensamblaje del dron, se llevaron a cabo pruebas de campo en distintos lagos artificiales de la región. La evaluación preliminar se realizó en el lago de la Alameda de Saltillo, donde se recopilaron datos clave, tales como la duración de las baterías, la durabilidad de los materiales y la capacidad de flotación sin carga (véase Figura 4). Además, se realizó un análisis técnico para estimar la fuerza necesaria para operar la pala sumergida del dron. La pala, fabricada en aluminio con forma trapezoidal, tiene un volumen de 0.000115 m^3 y una masa de 0.31 kg . Para acelerarla a 1 m/s^2 se requiere una fuerza de aproximadamente 0.31 N . Considerando el empuje hidrostático

(1.13 N), el peso aparente (1.92 N) y la resistencia del agua a 1 m/s (6.9 N), la fuerza total estimada necesaria para mover la pala es de alrededor de 9.13 N. Este valor confirma que el diseño y los actuadores seleccionados son adecuados para el funcionamiento eficiente y seguro del sistema en condiciones reales.

Posteriormente, se realizaron más pruebas para validar su comportamiento en distintos entornos.



Figura 4. Dron acuático recolector de algas en pruebas de flotación.

La primera prueba se llevó a cabo en el lago de la Alameda de Saltillo, donde se evaluaron los siguientes aspectos:

Estabilidad y flotación: El dron mantuvo una flotación adecuada, sin hundimiento ni balance excesivo.

Recolección de residuos: Se logró recolectar 500 gramos de residuos plásticos flotantes durante 30 minutos

(aros de plástico de botellas) y 1 kg de material orgánico (lama, hojas, raíces, etc.), usando motores con hélices toroidales. En la Figura 5 se aprecia la pala delantera en acción y parte del material recolectado en la cinta transportadora. Esta etapa valida la funcionalidad del sistema de recolección en condiciones reales.



Figura 5. Dron en operación recolectando residuos flotantes durante una prueba en lago artificial.

CONCLUSIONES: Se logró desarrollar un dron acuático funcional y adaptable para la recolección de algas y desechos en cuerpos de agua de distintas escalas. Su diseño modular permite reemplazos y mejoras rápidas, así como ajustes en su programación según las necesidades. A diferencia de otras soluciones, este prototipo destaca por su bajo costo, facilidad de

implementación y enfoque en la eficiencia económica y operativa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

[1] Amorim, C. A., & do Nascimento Moura, A. (2021). Ecological impacts of freshwater algal blooms on water quality, plankton biodiversity, structure, and ecosystem functioning. *Science of the Total Environment*, 758, 143605.

[2] Villalobos, T., Suárez-Isla, B., & Garcia, C. (2025). Health and Environmental Impacts of Cyanobacteria and Cyanotoxins from Freshwater to Seawater. *Toxins*, 17(3), 126.

[3] Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. (s.f.). La eutrofización de cuerpos de agua: un síntoma antropogénico que requiere atención. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/imta/articulos/la-eutrofizacion-de-cuerpos-de-agua-un-sintoma-antropogenico-que-requiere-atencion>

[4] Hansen, S. T., Pallisgaard, S., & Hansen, K. D. (2021, June). Collection of Aquatic Biomass in Ports using Autonomous Marine Robots-Initial Findings. In the 1st Advanced Marine Robotics TC Workshop: Active Perception, online (Vol. 4).

[5] Patel, M., Jernigan, S., Richardson, R., Ferguson, S., & Buckner, G. (2019). Autonomous robotics for identification and management of invasive aquatic plant species. *Applied Sciences*, 9(12), 2410.

[6] Chang, H. C., Hsu, Y. L., Hung, S. S., Ou, G. R., Wu, J. R., & Hsu, C. (2021). Autonomous water quality monitoring and water surface cleaning for unmanned surface vehicle. *Sensors*, 21(4), 1102.

[7] Mengling, Y., Long, Y., Jiannan, Z., Yixin, Y., & Huizhen, Y. (2023, June). Water surface cleaning using a multi-sensor surface vehicle. In *OCEANS 2023-Limerick* (pp. 1-5). IEEE.

[8] Lee, J., Yoon, T., S. Lee, D., & Shin, D. (2024). Development of autonomous surface vehicles for floating garbage-collection support. *JMST Advances*, 6(3), 341-348.

Estimación y Observación en Sistemas No Lineales basada en Modos Deslizantes

Oscar Salas Peña^{1,4}, Jesús de León Morales³,

José A. Barrios Gómez^{1,2}

¹ Universidad Politécnica de Apodaca,

² Universidad Tecnológica Gral. Mariano Escobedo,

³ Universidad Autónoma de Nuevo León,

⁴ Ecole Centrale de Nantes

oscar.salas-pena@ec-nantes.fr

Resumen: En este artículo se diseña un observador adaptativo para una clase de sistemas no lineales con el fin de estimar estados no medibles e identificar simultáneamente parámetros desconocidos. El diseño del observador propuesto se basa en el enfoque de modos deslizantes, donde se introduce una modificación del algoritmo super-twisting para mejorar la convergencia y la robustez ante incertidumbres. Se presentan resultados experimentales para ilustrar el desempeño del observador propuesto.

Palabras clave: Observadores, Modos deslizantes, Motor CD

Abstract: In this paper, an adaptive observer for a class of nonlinear systems is designed to estimate unmeasurable states and simultaneously identify an unknown parameters. The proposed observer design is based on the sliding mode approach,

where a modification on the super twisting algorithm is introduced to improve the convergence and robustness under uncertainties. Experimental results are given for illustrating the performance of the proposed observer.

Keywords: Observers, Sliding Modes, DC Motor

INTRODUCCIÓN: La información de los estados de un sistema es necesaria cuando se pretende implementar un control. Sin embargo, no siempre es posible medir los estados. Para ello, se han propuesto varios métodos para reconstruir el estado del sistema (Ali 2015), donde los estados estimados se obtienen a partir de las entradas y salidas del sistema. Para ello se utiliza el concepto conocido como observador, que se refiere a un sensor computacional, es decir, un algoritmo que permite estimar el estado de un sistema. No obstante, no existe un método sistemático para diseñar un observador para sistemas no lineales.

Las metodologías de diseño de observadores se pueden clasificar según su convergencia de la siguiente manera: convergencia asintótica o exponencial y convergencia en tiempo finito. Entre los observadores cuya convergencia es asintótica o

exponencial, se han propuesto diseños basados en Kalman (Ciccarella 1993) y diseños de observadores tipo Luenberger (Boker 2013). Sin embargo, los diseños de Luenberger se basan en el conocimiento perfecto de los parámetros del sistema; mientras que el diseño de Kalman a veces resulta inviable para sistemas de alta dimensión, debido a su complejidad computacional. Por otro lado, entre los observadores de convergencia en tiempo finito los observadores de modos deslizantes y de modos deslizantes de orden superior son los más comúnmente implementados (Xu 2012)

Además, de los estados no medibles, existen parámetros desconocidos que pueden ser necesarios para implementar un controlador. Con respecto a la estimación simultánea de estado y la identificación de parámetros se han presentado varios

resultados al respecto, por ejemplo, mediante observadores adaptativos (Yu 2019).

Por otro lado, debido a sus conocidas ventajas, como la convergencia en tiempo finito y la robustez ante perturbaciones acotadas, el diseño de observadores basados en modos deslizantes es uno de los principales métodos para estimar el estado de un sistema. Entre los algoritmos basados en el enfoque de modos deslizantes, el algoritmo Super-Twisting es de las metodologías más populares para aplicaciones prácticas (Martínez-Fonseca 2014).

Con el fin de resolver el problema de estimación e identificación, se presenta el diseño de un observador adaptativo basado en modos deslizantes. Para ello, se utiliza un algoritmo de Super Twisting modificador para estimar tanto las variables de estado, como para identificar los parámetros desconocidos de una clase de sistemas uniformemente observables no lineales.

METODOLOGÍA: Considere la siguiente clase de sistemas no lineales.

$$\begin{aligned}\dot{x}_1(t) &= x_2(t) + \varphi_1(u(t), y(t)) \theta \\ &\quad + \Psi_1(x_1(t), u(t)) \\ \dot{x}_2(t) &= \varphi_2(u(t), y(t)) \theta \\ &\quad + \Psi_2(x_1(t), x_2(t), u(t)) \quad (1) \\ y(t) &= Cx(t) = x_1(t)\end{aligned}$$

donde $x(t) \in \mathbb{R}^2$ denota el estado del sistema, $u(t) \in \mathbb{R}$ es la entrada, $y(t) \in \mathbb{R}$ representa la salida, $\theta \in \mathbb{R}$ es el parámetro desconocido que se considera como constante.

Además:

$$\varphi(u(t), y(t)) = [\varphi_1(u(t), y(t)), \varphi_2(u(t), y(t))] \quad (2)$$

Es una función continua no lineal que depende de $u(t)$ e $y(t)$, y es uniformemente acotada.

El vector

$$\begin{aligned}\Psi(x(t), u(t)) &= [\Psi_1(x_1(t), u(t)), \\ &\quad \Psi_2(x_1(t), x_2(t), u(t))] \quad (3)\end{aligned}$$

Es también una función no lineal continua, la cual depende de $x(t)$ y $u(t)$, y es uniformemente acotada.

Entonces, para estimar los componentes no medibles del estado e identificar el parámetro desconocido

simultáneamente, considere el siguiente sistema

$$\begin{aligned}
 \dot{z}_1(t) &= z_2(t) + \varphi_1(u(t), y(t))\theta + \\
 &\Psi_1(y(t), u(t)) + 2L|e_1|^{1/2}\text{sign}(e_1) \\
 &+ S_\theta^{-1}\Lambda^2|e_1|^{1/2}\text{sign}(e_1) \\
 \dot{z}_2(t) &= \varphi_2(u(t), y(t))\theta + \Psi_2(x_1(t), x_2(t), u(t)) + \\
 &L^2/2 \text{sign}(e_1) + S_\theta^{-1}\Lambda_1\Lambda_2 \\
 &\text{sign}(e_1) \\
 d\theta/dt &= 1/(2|e_1|^{1/2}) S_\theta^{-1}\Lambda^T C^T C \xi \\
 0 &= L S_x + A^T S_x + S_x A - C^T C \\
 \Lambda &= 1/(2|e_1|^{1/2}) \{ [A - S_x^{-1} C^T C] \Lambda + \\
 &\varphi(u(t), y(t)) \} \\
 \dot{S}_\theta &= 1/(2|e_1|^{1/2}) [-2|e_1|^{1/2} \rho_\theta S_\theta + \Lambda^T C^T \\
 &C \Lambda]
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

el cual representa un observador para el sistema (1), donde $e=x(t)-z(t)$ representa el error de estimación y L una constante positiva empleada para sintonizar el observador (Alvaro-Mendoza 2021).

RESULTADOS: Para ilustrar el resultado de la estrategia de estimación propuesta, considérese la dinámica eléctrica y mecánica de un motor de CC de dimensiones pequeñas tales que su resistencia interna es mucho mayor que su inductancia. Entonces se tiene que su

dinámica se puede representar de la siguiente forma:

$$\begin{aligned}
 \dot{x}_1 &= x_2, \\
 \dot{x}_2 &= a x_2 + \theta u, \\
 y &= x_1, \\
 a &= -1/T_s, \quad \theta = K_s/T_s,
 \end{aligned}$$

donde $x=(x_1, x_2)^T$ corresponde a $(\theta, \dot{\theta})^T$, respectivamente. U denota la entrada de voltaje al motor. Además, T_s denota la constante de tiempo, mientras que K_s corresponde a la ganancia del motor. El observador para el motor CC basado en la ecuación (4) se implementó en la plataforma Modular Servo System (MSS) mostrada en la imagen (1). El sistema de medición está basado en la tarjeta de adquisición RTDAC/PCI. El ángulo de la flecha del motor se mide a través de un encoder incremental, mientras que la velocidad se mide a través de un tacogenerador. La señal de control está normalizada a ± 1 , que corresponde a una señal de ± 24 V.

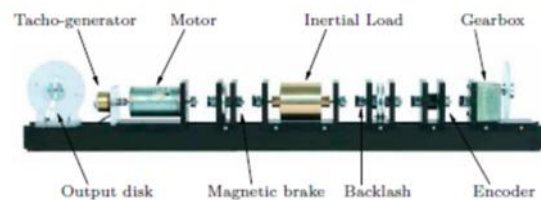


Figura 1. Plataforma experimental.

El algoritmo de control y el observador se diseñaron en el ambiente Matlab/Simulink, el código ejecutable asociado se generó a través de la librería RTW / RTWI con un período de muestreo de 0.4 kHz usando el método numérico de Euler.

Tabla 1. Parámetros del motor.

| Parameter | Value | Unit |
|-------------------------|-------------|--------------------|
| Rated voltage V | $[-24, 24]$ | Volts |
| Rated current i | 3.1 | Ampere |
| Armature resistance R | 2 | Ohm |
| Rotor inertia J | 63.41 | oz-in ² |
| Torque back emf K_e | 1 | ms |
| Torque constant K_m | 13 | ms |

Los parámetros del motor se ilustran en la Tabla 1. Los parámetros $a=-0.9153$ y $\theta=110$ se encontraron experimentalmente. Los parámetros del observador se seleccionan como $L = 5$ y $\rho = 0.25$. Además, las condiciones iniciales fueron elegidas como:

$$z_1(0)=-25, \quad z_2(0)=10, \quad S_\theta(0)=0.01, \\ \Lambda_1(0)=0.1, \quad \Lambda_2(0)=0.1 \text{ y } \theta(0)=70$$

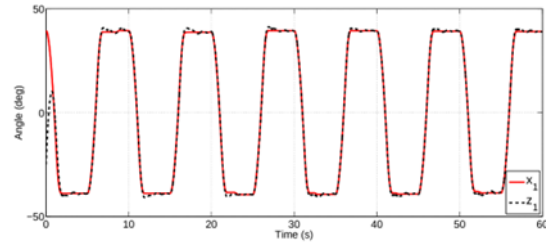


Figura 2. Posición del rotor

Como se puede apreciar en las Figuras 2 y 3, los valores estimados convergen a los valores reales, mientras que los errores de estimación se puede apreciar que convergen a cero en la Figura 4.

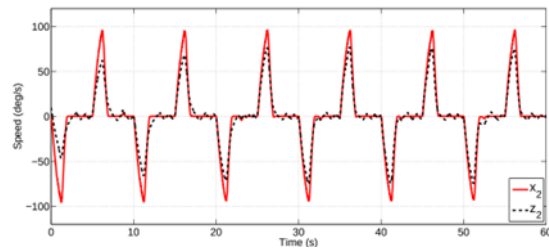


Figura 3. Velocidad del motor.

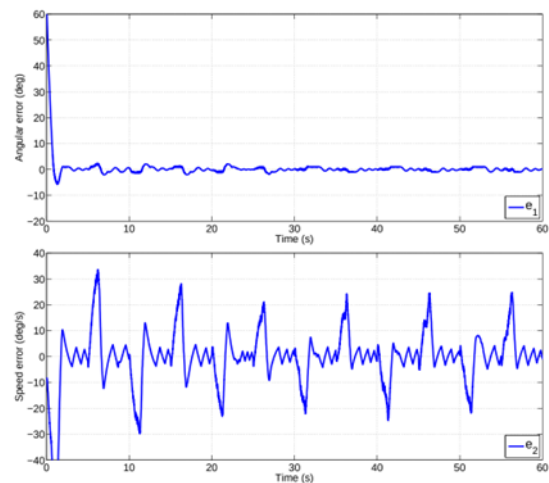


Figura 4. Error de posición (superior), error de velocidad (inferior).

Además, como se ilustra en la Figura 5, el valor estimado del parámetro θ converge al valor real en tiempo finito.

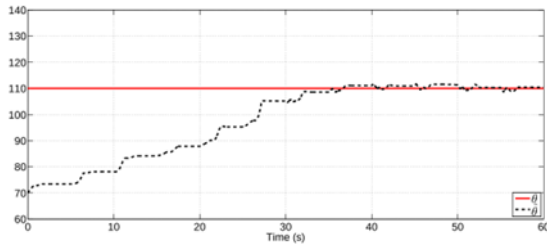


Figura 5. Valor real y estimado del parámetro θ .

CONCLUSIONES: En este trabajo se presentó un observador basado en el algoritmo Super-Twisting, para una clase de sistemas no lineales con un parámetro desconocido constante. La metodología propuesta permite realizar la estimación de estados y la identificación del parámetro desconocido de manera simultánea. La factibilidad y el desempeño del esquema propuesto se ilustraron a través de la implementación en un motor de CC.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

Ali, J. M., Hoang, N. H., Hussain, M., and Dochain, D., 2015. "Review and classification of recent observers applied in chemical process systems". Computers & Chemical Engineering, 76, pp. 27 – 41.

Ciccarella, G., Mora, M. D., and Germani, A., 1993. "A luenberger-like observer for nonlinear systems". International Journal of Control, 57(3), pp. 537–556.

Boker, A. M., and Khalil, H. K., 2013. "Nonlinear observers comprising high-gain observers and extended

kalman filters". Automatica, 49(12), pp. 3583 – 3590.

Xu, Z., and Rahman, M. F., 2012. "Comparison of a sliding observer and a kalman filter for direct- torque-controlled ipm synchronous motor drives". IEEE Transactions on Industrial Electronics, 59(11), Nov, pp. 4179–4188.

Yu, L., Zheng, G., and Boutat, D., 2017. "Adaptive observer for simultaneous state and parameter estimations for an output depending normal form". Asian Journal of Control, 19(1), pp. 356–361. asjc.1355.

Martínez-Fonseca, N., Chairez, I., and Poznyak, A., 2014. "Uniform step-by-step observer for aerobic bioreactor based on super-twisting algorithm". Bioprocess and Biosystems Engineering, 37(12), Dec, pp. 2493–2503.

Alvaro-Mendoza E, De León-Morales J, Salas-Peña O. State and parameter estimation for a class of nonlinear systems based on sliding mode approach. ISA Transactions 2021;112:99e107.<https://doi.org/10.1016/j.isatra.2020.12.018>.

Evaluación de riesgos por sustancias inflamables mediante modelación con el software ALOHA

**Nayely Castruita Narváez¹, Sergio D. López Martínez¹,
Celene Y. Frago Fernández¹**

¹ Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), Facultad de Ciencias Químicas
(FCQ), Departamento de Ingeniería Química e Ingeniería Ambiental.

slopezmr@uanl.edu.mx

Resumen: Este estudio presenta el modelado de una liberación accidental de hidrocarburos inflamables (n-pentano y n-heptano) y sus consiguientes impactos catastróficos. La metodología empleó el software ALOHA para simular un jet fire (n-pentano) y una explosión BLEVE/fireball (n-heptano) en un emplazamiento industrial. Se utilizó un diseño factorial 23 y un análisis ANOVA para evaluar la influencia de variables operacionales. Los resultados muestran que el n-heptano generó radios de riesgo de hasta 851 m (frente a 115 m del n-pentano). El diámetro de la fisura y el porcentaje de llenado fueron estadísticamente los factores de mayor criticidad, respectivamente. Estos resultados validan a ALOHA como una herramienta esencial para la prevención, caracterización y respuesta eficiente ante emergencias químicas.

Palabras clave: ALOHA®, jet fire, BLEVE, fireball, ANOVA.

Abstract: This study presents the modeling of an accidental release of flammable hydrocarbons (n-pentane and n-heptane) and its resulting catastrophic impacts. The methodology used ALOHA software to simulate a jet fire (n-pentane) and a BLEVE/fireball explosion (n-heptane) at an industrial site. A 2^3 factorial design and ANOVA analysis were used to evaluate the influence of operational variables. The results show that n-heptane generated risk radii of up to 851 m (compared to 115 m for n-pentane). The crack diameter and fill percentage were statistically the most critical factors, respectively. These results validate ALOHA as an essential tool for the prevention, characterization, and efficient response to chemical emergencies.

Keywords: ALOHA, jet fire, BLEVE, fireball, ANOVA.

INTRODUCCIÓN: En la actualidad, la industria química impulsa al desarrollo económico y tecnológico, sin embargo, todavía enfrenta desafíos en seguridad y mejoras en la gestión de riesgos ambientales. De lo anterior, en las industrias consideradas de alto riesgo se han presentado accidentes con un potencial significativo en la salud humana y daño al medio ambiente debido a la liberación de sustancias peligrosas. [1]

Se ha reportado que los accidentes industriales con repercusiones significativas se deben a las propiedades de los compuestos químicos tales como su inflamabilidad, explosividad, reactividad y toxicidad,

aunado a los fallos humanos o mal mantenimiento en los equipos involucrados en los procesos. [2]

Por lo anterior, los tanques de almacenamiento en plantas químicas representan un riesgo, puesto que, al contener grandes volúmenes de sustancias inflamables y peligrosas, son elementos clave en incidentes de gran magnitud. Diversos factores pueden comprometer su función, como fallos en los equipos, actos de vandalismo, fisuras estructurales, rupturas, fugas en tuberías, acumulación de electricidad estática y fuentes directas de ignición, como llamas abiertas. Además, los errores humanos, tanto en la operación como

en el mantenimiento inadecuado de los equipos, también representan un riesgo significativo. [3]

Para tener conocimiento sobre los daños a la salud y al ambiente, es importante realizar análisis mediante el uso de herramientas que permitan modelar el comportamiento y la dispersión de las sustancias químicas peligrosas para una buena gestión cuando se presenten riesgos en las industrias químicas y disponer de respuesta a emergencias en caso de siniestros.

En ese sentido, el software ALOHA® (Areal Locations of Hazardous Atmospheres) permite estimar las tasas a las que los vapores químicos pueden liberarse en la atmósfera causadas por roturas en tuberías de gas, fugas en tanques o la evaporación de líquidos derramados. Además, permite modelar la dispersión de una nube de gas tóxico, nube de gas inflamable, BLEVEs (Explosiones de Vapores en Expansión de Líquidos en Ebullición), jet fires, pool fires y explosiones de nubes de vapor. [4,5]

Los alcanos son hidrocarburos saturados fundamentales en la industria química, se utilizan principalmente como materias primas para la producción de plásticos, combustibles, disolventes y productos petroquímicos. Sin embargo, representan riesgos potenciales en la salud humana y el medio puesto que su volatilidad e inflamabilidad es muy alta. Las sustancias más utilizadas en este tipo de industria son el n-pentano y el n-heptano [6,7]

El n-pentano es un hidrocarburo alifático con peso molecular de 72.15 g/mol. Se presenta como un líquido incoloro, con un ligero olor característico similar al de la gasolina. Posee una presión de vapor de 420 mm Hg a 20 °C y muestra una solubilidad muy limitada en agua. Desde el punto de vista químico, es altamente inflamable y reacciona violentamente al contacto con agentes oxidantes fuertes, lo que puede desencadenar incendios o explosiones. Su baja temperatura de ignición permite que se encienda fácilmente al exponerse a fuentes de calor, chispas o llamas, formando mezclas explosivas con el aire. Bajo

condiciones de descomposición térmica, libera vapores irritantes y cáusticos. Además de su peligrosidad fisicoquímica, la inhalación de n-pentano representa un riesgo significativo para la salud humana, afectando los sistemas nervioso y cardiovascular. La exposición puede provocar síntomas como euforia, vértigo, pérdida de conciencia y, en casos graves, arritmias ventriculares potencialmente letales.

Por su parte, el n-heptano presenta un peso molecular de 100 g/mol y también se manifiesta como un líquido incoloro con olor tenue a gasolina. Su presión de vapor es de 40 mm Hg a 22.3 °C y es prácticamente insoluble en agua. Aunque químicamente estable bajo condiciones normales, puede reaccionar con agentes oxidantes. A pesar de ser menos volátil que el n-pentano, el n-heptano también forma mezclas explosivas con el aire, especialmente en presencia de fuentes de ignición o acumulación excesiva de vapores. La descomposición térmica genera humos irritantes y óxidos de carbono, por lo que se recomienda el uso de equipo de protección respiratoria

autónoma en situaciones de exposición. Sus vapores pueden causar irritación en las vías respiratorias y depresión del sistema nervioso central, con síntomas como náuseas, somnolencia y efectos neurotóxicos. Además, se absorbe fácilmente por inhalación y contacto dérmico, lo que incrementa su potencial de riesgo ocupacional [8].

METODOLOGÍA:

Ubicación del caso de estudio. Para este estudio se tomará como referencia la estación de monitoreo NTE2 (Unidad de Posgrado CEEDEM UANL) ubicada en el municipio de San Nicolás, Nuevo León, con la finalidad de obtener los datos meteorológicos reportados en el mes de agosto.

En la Tabla 1 se reportan las coordenadas de la estación de monitoreo para el estudio. [9]

Tabla 1. Coordenadas de la estación de monitoreo NTE2.

| Coordenadas | |
|-------------|-----------------|
| Latitud | 25°43'47.99" N |
| Longitud | 100°18'38.65" O |
| Elevación | 525 m |

En la Figura 1 se presenta el predio en donde se localiza la estación de

monitoreo NTE2, la cual está dentro de las instalaciones del Posgrado de FaCPyA.



Figura 1. Ubicación de la estación de monitoreo NTE2 (Google Earth).

En la Tabla 2 se muestran los datos meteorológicos (temperatura, % humedad relativa, velocidad y dirección del viento), utilizados para las simulaciones, estos se recopilarán del reporte mensual del Sistema Integral de Monitoreo Ambiental (SIMA) correspondientes al mes de agosto de 2024. [9]

Tabla 2. Parámetros meteorológicos del reporte del mes de agosto de 2024.

| Parámetros | |
|----------------------|----------|
| Temperatura | 38.36 °C |
| % H. relativa | 81 % |
| Vel. del viento | 4.53 m/s |
| Dirección del viento | Este |

Asimismo, para evaluar las zonas de riesgo se tomará como referencia la guía para la Elaboración de Riesgo Ambiental (ERA) para empresas que

realizan actividades altamente riesgosas, la cual establece valores críticos de radiación térmica para la zona de alto riesgo (5 KW/m² o 1,500 BTU/Pie²h) y de amortiguamiento (1.4 KW/m² o 440 BTU/Pie²h) [10]. La Tabla 3 presenta los valores críticos para la evaluación de la zona de alto riesgo y de amortiguamiento.

Tabla 3. Criterios para la evaluación de la zona de alto riesgo y de amortiguamiento.

| Zona | Inflamabilidad (Radiación térmica) |
|-----------------|--|
| Alto riesgo | 5 kW/m ² o 1,500 BTU/Pie ² h |
| Amortiguamiento | 1.4 kW/m ² o 440 BTU/Pie ² h |

Variables de entrada en el software ALOHA. Para modelar la dispersión y el alcance de las zonas de riesgo generadas por la liberación de n-pentano y n-heptano desde tanques de almacenamiento, se estará utilizando el software ALOHA® 5.4.7. Estos líquidos inflamables fueron seleccionados debido a su presencia en grandes cantidades en instalaciones de industrias químicas y a los peligros que representan [11]. La Tabla 4 muestra los parámetros fijos

de entrada que se estarán utilizando en las simulaciones.

Tabla 4. Parámetros fijos de entrada en el software ALOHA ® 5.4.7.

| Datos | Variables de entrada |
|-----------------|---|
| Área de estudio | -Localización: NTE2, San Nicolás de los Garza. -Elevación: 525 m. -Latitud: 25 25° 43' 47.99 N. -Longitud: 100° 18' 38.65 O. -Fecha y hora: agosto 25, 2025, a las 12:30 horas ST |
| Condición | Rugosidad del suelo: urbana o forestal. Inversión térmica: sin inversión térmica. Nubosidad: despejado |
| Zonas de riesgo | Ejecución del modelo: líquido inflamable Zona de alto riesgo: 5 kW/m ² . Zona de amortiguamiento: 1.4 kW/m ² . |

Diseño de experimentos. De acuerdo con datos provenientes de la literatura se establecen dimensiones estandarizadas para tanques de almacenamiento de hidrocarburos como se reportan en la Tabla 5.

Tabla 5. Dimensiones del tanque.

| Dimensiones del tanque | |
|------------------------|-----------------|
| Diámetro | 2.98 m |
| Altura | 5.64 m |
| Capacidad | 39,337 L |
| Material | Acero al carbón |
| Posición | Vertical |

Además, con la finalidad de minimizar la cantidad de simulaciones, se utilizará un diseño de experimentos factorial. Este enfoque permite identificar cuáles son los factores más influyentes y sus interacciones al considerar k variables en solo dos niveles. Se utiliza un diseño factorial 2k para analizar el impacto de las condiciones físicas del tanque para una fuga de n-pentano (jet fire) y un BLEVE que origina un fireball para el n-heptano, en donde k representa el número de factores estudiados y 2 los niveles en los que se evalúan, como se observan en las Tabla 6 para el n-pentano y la Tabla 7 para el n-heptano.

Tabla 6. Factores para el diseño de experimentos de dos niveles del n-pentano.

| Propiedades físicas del tanque | Notación | Niveles | |
|--------------------------------|----------|----------|----------|
| | | Bajo (-) | Alto (+) |
| Porcentaje de llenado (%) | A | 20 | 80 |
| Diámetro de fisura (m) | B | 0.05 | 0.1 |
| Altura de la fisura (m) | C | 0.1 | 0.3 |

Tabla 7. Factores para el diseño de experimentos de dos niveles del n-pentano.

| Propiedades físicas del tanque | Notación | Niveles | |
|-----------------------------------|----------|----------|----------|
| | | Bajo (-) | Alto (+) |
| Porcentaje de llenado (%): | A | 20 | 80 |
| Presión interna del tanque (atm): | B | 2 | 3 |
| Temp. de almacenamiento (°C): | C | 80 | 120 |

En la Tabla 8 se presenta la matriz de experimentos general que se utilizará en las simulaciones, teniendo como variable respuesta el radio de afectación total del evento de riesgo.

Tabla 8. Matriz de experimentos general.

| Escenario | Factores | | |
|-----------|----------|---|---|
| | A | B | C |
| 1 | - | - | - |
| 2 | + | - | - |
| 3 | - | + | - |
| 4 | + | + | - |
| 5 | - | - | + |
| 6 | + | - | + |
| 7 | - | + | + |
| 8 | + | + | + |

Escenarios simulados en ALOHA.

Para la simulación del n-pentano, se considerará un tanque de almacenamiento con las dimensiones establecidas en la Tabla 5, el cual sufre un fallo mecánico en la válvula ocasionando una fuga. La temperatura ambiente es de 38.36 °C, con una humedad relativa del 81% y una

velocidad del viento de 4.53 m/s proveniente del este. Se determinará el radio de afectación para el n-pentano.

En cuanto a la simulación del n-heptano, se origina un incendio en el sitio, el tanque de almacenamiento se ve sometido a un aumento significativo de temperatura externa. Lo que conlleva una explosión por sobrepresión de líquido en ebullición (BLEVE). Como resultado, se genera un fireball debido a la ignición instantánea del vapor en contacto con la fuente de calor. Se toman como referencia los parámetros de entrada de la Tabla 4 y las dimensiones del tanque mostrados en la Tabla 5.

Para los dos escenarios se consideran los criterios de inflamabilidad mostrados en la Tabla 3.

RESULTADOS:

Simulación del N-pentano. La Figura 2 muestra la gráfica del escenario 4 simulado en el software ALOHA. Para este evento, el software propuso un jet fire en el cual se observa que abarca un radio de afectación de 115 m para

las zonas de alto riesgo y amortiguamiento con un porcentaje de llenado del 80%, un diámetro de fisura de 0.1 m y una altura de fisura en el tanque de 0.1 m. Sin embargo, en el escenario 5 (llenado de tanque 20%, diámetro de fisura de 0.05 y una altura de fisura de 0.3 m) el radio de afectación del jet fire para las zonas de alto riesgo y amortiguamiento alcanzó una distancia de 52 m.

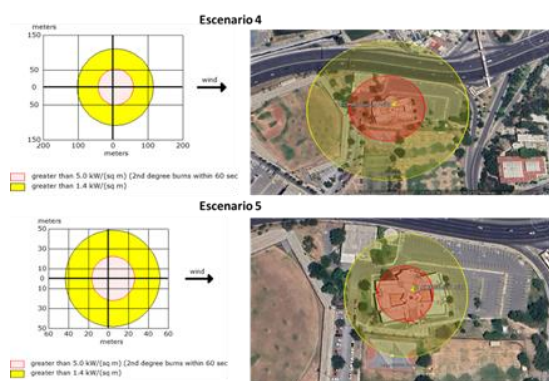


Figura 2. Radio de afectación del n-pentano para los escenarios 4 y 5.

Simulación del N-heptano. La Figura 3, representa un fireball en consecuencia de un BLEVE por incendio en el sitio. En la gráfica 1 del escenario 4 se observa que a un nivel alto de porcentaje de llenado de tanque y una alta presión, el radio de afectación abarca un radio de 851 m. Sin embargo, en el escenario 8 (gráfico 2), se observó que a niveles

altos de porcentaje de llenado (80%), alta presión (3 atm) y alta temperatura (120°), el radio de afectación es de 834 m. No obstante, a pesar de estas condiciones, la simulación del escenario 8 no supera el radio de afectación del escenario 4.

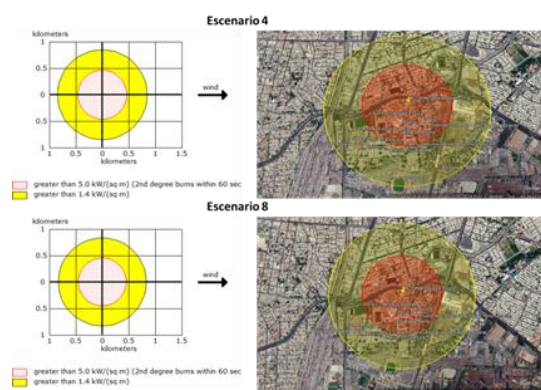


Figura 3. Radio de afectación del n-pentano para el escenario 2.

ANOVA. Se utilizó el método de Análisis de Varianza (ANOVA) para evaluar la influencia de variables como el porcentaje de llenado del tanque, el diámetro de la fisura (m) y la altura de la fisura (m) sobre el radio de afectación. Este análisis permite determinar si se acepta la hipótesis nula o la alternativa para cada uno de los factores evaluados.

El valor F más alto indica una mayor influencia sobre la variable de respuesta, tomando como referencia el valor crítico $FA = 10.13$ para el n-

pentano. Asimismo, un valor de P más bajo señala un mayor nivel de efecto o significancia del factor, siendo $P = 0.05$ el umbral establecido para las sustancias [12].

Los resultados del ANOVA para el evento jet fire del pentano mostrados en la Tabla 9, indican que los factores significativos presentan valores $F_0=1587$ para el factor A (llenado del tanque), 31212 para el factor B (diámetro de la fisura), 192 para la interacción AB (llenado del tanque y diámetro de fisura) y 3 para la interacción AC (porcentaje de llenado y altura de la fisura), todos superiores al valor crítico $FA = 10.13$. Esto sugiere una mayor influencia de estos factores sobre el radio de afectación del n-pentano en las zonas de alto riesgo y amortiguamiento. La mayor contribución corresponde al factor B (diámetro de la fisura) con un 94.59%, seguido del factor A (llenado del tanque) con un 4.81%. Por otro lado, las interacciones AB (llenado del tanque y diámetro de la fisura) y AC (porcentaje de llenado y altura de la fisura) no aportan significativamente a la distancia de la zona de alto riesgo (véase Tabla 9).

Tabla 9. Resultados del ANOVA de los factores significativos para el n-pentano.

| Factor | G L | SS | CM | Valor- r-F | Valor- P | (%) |
|--------|--------|-------|-------|---------------|----------|-------|
| A | 1 | 264.5 | 264.5 | 1587 | 3.5 E-05 | 4.81 |
| B | 1 | 5202 | 5202 | 31212 | 4.0 E-07 | 94.59 |
| AB | 1 | 32 | 32 | 192 | 8.1E-04 | 0.58 |
| AC | 1 | 0.5 | 0.5 | 3 | 1.8E-01 | 0.01 |

Por otra parte, para evaluar el porcentaje de llenado del tanque (A), la presión interna del tanque (B) y la temperatura de almacenamiento (C) sobre el radio de afectación total producido por un evento tipo BLEVE representados en la tabla 10, el ANOVA indicó que únicamente el factor A presentó un efecto estadísticamente significativo sobre la variable de respuesta con un valor $F_0=15.27$ superior al valor crítico $FA=10.13$ y un valor p de 0.03 (<0.05), lo cual cumplió la hipótesis alternativa.

Tabla 10. Resultados del ANOVA de los factores significativos para el n-heptano.

| Factor | G L | SS | CM | Valor- F | Valor- r- P | (%) |
|--------|--------|---------|---------|-------------|----------------|-------|
| A | 1 | 308898 | 308898 | 15.27 | 0.03 | 68.90 |
| AB | 1 | 31000.5 | 31000.5 | 1.53 | 0.30 | 6.91 |
| AC | 1 | 22898 | 22898 | 1.13 | 0.37 | 5.11 |
| ABC | 1 | 24864.5 | 24864.5 | 1.23 | 0.35 | 5.55 |

Efectos e interacciones del N-pentano. La gráfica de los efectos muestra que el porcentaje de llenado

del tanque (A) y el diámetro de fisura (B) tienen una influencia positiva importante sobre el radio de afectación, ya que ambas pendientes son ascendentes, lo cual indica que, al aumentar estos factores, la magnitud del jet fire incrementa.

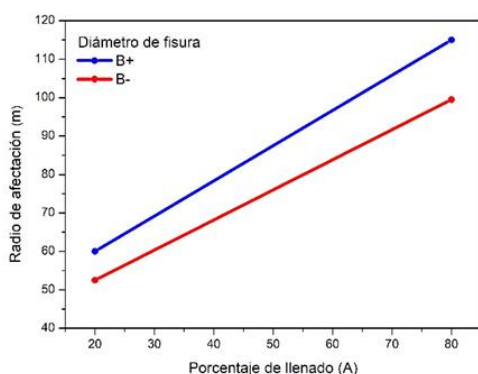


Figura 4. Efectos e interacciones del n-pentano.

Efectos e interacciones del N-heptano. Para el caso del n-heptano, la gráfica mostrada en la Figura 5 de efectos simples muestra que el porcentaje de llenado del tanque (A) tiene un impacto considerable sobre el radio de afectación, con una pendiente ascendente marcada al pasar del 20 % al 80 %, lo que lo posiciona como el principal factor de riesgo. En contraste, en la Figura 5 b) los factores B y C presentan pendientes negativas suaves y sin significancia estadística, lo que indica una influencia limitada en el comportamiento del jet fire.

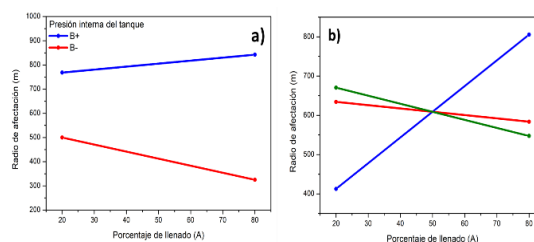


Figura 5. Efectos e interacciones del n-heptano.

Evaluación de riesgos ambientales.

La evaluación del riesgo ambiental en relación con la contaminación del aire mostró diferencias significativas entre las sustancias analizadas. En el caso del n-pentano, se generó un jet fire que originó una radiación térmica localizada, afectando áreas de hasta 115 m. Esta sustancia, por su alta volatilidad y presión de vapor, tiene mayor propensión a dispersarse rápidamente en la atmósfera, elevando los riesgos de inhalación y quemaduras térmicas. En contraste, el evento BLEVE asociado al n-heptano produjo un fireball de gran magnitud, con radios de afectación de hasta 851 m, liberando una gran cantidad de energía en corto tiempo. Estos eventos implican emisiones de compuestos orgánicos volátiles y productos de combustión (como CO y CO₂), que impactan la calidad del aire y suponen un riesgo inmediato para la salud humana en áreas cercanas. Por

lo tanto, es esencial considerar estas emisiones como parte integral del análisis de riesgo ambiental.

CONCLUSIONES: El análisis de escenarios realizado mediante el software ALOHA® permitió evidenciar diferencias sustanciales en el comportamiento del n-pentano y el n-heptano frente a eventos de inflamabilidad. En el caso del n-pentano, se observaron radios de afectación variables, lo que posibilitó la aplicación del análisis ANOVA y la identificación de efectos e interacciones estadísticamente significativas entre los factores evaluados. En contraste, los escenarios simulados con n-heptano mostraron radios de afectación constantes, lo que limitó la utilidad del ANOVA al no presentar variabilidad suficiente para determinar efectos o interacciones relevantes. De estos resultados, ANOVA identificó al diámetro de la fisura como el factor más crítico en el n-pentano, mientras que el porcentaje de llenado fue clave para el n-heptano.

Estas diferencias pueden atribuirse a las propiedades fisicoquímicas de cada sustancia, donde el n-pentano, con mayor presión y menor punto de ebullición, se comporta como gas, lo que da origen a una eventualidad jet fire. No obstante, el n-heptano, presenta una menor presión de vapor (0.11 atm) permanece en estado líquido bajo condiciones ambientales, por lo cual ALOHA propuso un pool fire para esta sustancia.

Por lo tanto, los resultados obtenidos, muestran la importancia de considerar las características específicas de cada sustancia para la evaluación del riesgo. Esta diferenciación es clave para la selección de modelos predictivos adecuados y para el diseño de estrategias de prevención y respuesta ante emergencias químicas tanto a nivel industrial como de gobierno.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- [1] Ancione, G., & Milazzo, M. F. (2025). Identifying risk factors in handing and lifting loads by the analysis of near-miss and accident reports. *Safety Science*, 181, 106701. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2024.106701>

- [2] Pak, S., & Kang, C. (2021). Increased risk to people around major hazardous installations and the necessity of land use planning in South Korea. *Process Safety and Environmental Protection*, 149, 325–333.
<https://doi.org/10.1016/j.psep.2020.11.006>
- [3] Chang, J. I., & Lin, C. C. (2006). A study of storage tank accidents. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 19(1), 51–59.
<https://doi.org/10.1016/j.jlp.2005.05.015>
- [4] Environmental Protection Agency (EPA). (1998). ALOHA: En español, manual para usuarios versión 5.2.2. U.S. Environmental Protection Agency.
<https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockkey=1000375Z.TXT>
- [5] Environmental Protection Agency (EPA). (2024). ALOHA software. U.S. Environmental Protection Agency.
<https://www.epa.gov/cameo/aloha-software>
- [6] Evaluación de compuestos orgánicos volátiles en el Área Metropolitana de Monterrey (2015). Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.
https://aire.nl.gob.mx/docs/reportes/seminario/02a_COV-Salvador_Blanco.pdf
- [7] Naciones Unidas. (2016). Informe del Comité de Revisión de Productos Químicos. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
<https://documents.un.org/doc/undoc/gen/k15/038/13/pdf/k1503813.pdf>
- [8] Arcos Serrano, M. E., & Izcapa Treviño, C. (2003). Identificación de peligros por almacenamiento de sustancias químicas en industrias de alto riesgo en México (1ª ed., versión electrónica 2014). Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED).
- [9] Secretaría de Medio Ambiente de Nuevo León. (2024). Reporte mensual de calidad del aire – Agosto 2024. Gobierno de Nuevo León.
https://aire.nl.gob.mx/rep_mensual.htm
- [10] Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Guía de estudio de riesgo y análisis de riesgo. Gobierno de México.
<https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/estudios-de-riesgo-e-impacto-ambiental>
- [11] Tseng, J. M., Su, T. S., & Kuo, C. Y. (2012). Consequence evaluation of toxic chemical releases by ALOHA. *Procedia Engineering*, 45, 384–389.
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.08.175>
- [12] Chen, W. H., Wang, Y. S., Chang, M. H., Show, P. L., & Hoang, A. T. (2024). Operation parameter interaction and optimization of vertical axis wind turbine analyzed by Taguchi method with modified additive model and ANOVA. *Energy Reports*, 11, 5189–5200.
<https://doi.org/10.1016/j.egyr.2024.04.070>

Impacto de la práctica del voleibol en el bienestar psicosocial de estudiantes universitarios

**Felipe de Jesús Amador Ortiz¹, Carina Alejandra
Rodríguez Palomera², Carlos Miguel Amador Ortiz³**

¹ Universidad Tecnológica Gral. Mariano Escobedo,

² División de investigación Plantel CECYTEJ 24,

³ Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez, Tecnológico
Nacional de México

famador@ute.edu.mx

Resumen: El presente trabajo muestra los resultados obtenidos en una investigación que tuvo lugar en una universidad pública del noreste de México, cuyo objetivo planteado fue relacionar la práctica del voleibol entre alumnos universitarios y su bienestar psicosocial, para lo cual se incluyeron como variables la satisfacción con la vida escolar, la felicidad, la motivación escolar y la identidad universitaria. La información se recabó mediante una encuesta de elaboración propia con escala de Likert. Los hallazgos obtenidos indican que la práctica constante del deporte incide positivamente en el bienestar personal de los estudiantes, por lo que se recomienda el mantenimiento y promoción de este tipo de actividades extracurriculares dentro de las instituciones educativas para fomentar el desarrollo integral de los alumnos.

Palabras clave: deporte universitario, felicidad, identidad, motivación escolar, satisfacción escolar

Abstract: This study presents the results of a cross-sectional research project conducted at a public university in northeastern Mexico. The objective was to analyze the relationship between university students' participation in volleyball and their psychosocial well-being, including variables such as academic life satisfaction, happiness, academic motivation, and institutional identity. Data was collected using a custom Likert-scale survey. The findings indicate that regular engagement in this sport positively impacts students' personal well-being. Thus, we recommend sustaining and promoting such extracurricular activities in educational institutions to foster students' holistic development.

Key words: university sports, happiness, identity, school motivation, school satisfaction

INTRODUCCIÓN: El vínculo entre la felicidad y el deporte es un tema que ha sido desarrollado por algunos investigadores como Bohórquez, Lorenzo y García (2014) que relacionaron felicidad y actividad deportiva, encontrando que las personas que hacían actividad física eran más felices que los demás, concluyendo que existe una relación positiva entre estas dos variables.

Por su lado, Hernández (2021) define el ejercicio físico como “cualquier actividad física planificada,

estructurada, repetitiva y realizada para el mantenimiento o mejora de uno o más componentes de la aptitud física” (p. 4). Moreno y Ribas (2004) admiten que para que una actividad física o ejercicio pase a la categoría de deporte tiene que haber reglas claras estipuladas, instituciones que lo regulen y ser competitivo.

Para Melin, Fugl-Meyer, & Fugl-Meyer (2003) aquellos que realizan actividades deportivas suelen reportar una mayor sensación de satisfacción con la vida, en comparación con

quienes no las practican; a su vez, Jiménez, Martínez, Miró y Sánchez (2008) aseveran que existe una asociación entre el bienestar personal y la actividad física.

La motivación escolar o del estudiante es concebida como “aquella acción mental para animar o animarse a ejecutar sus tareas y trabajos, con interés y diligencia” (Sesento y Lucio, 2015 p.129). La motivación escolar es sin duda alguna una de las claves para que los alumnos concluyan sus estudios académicos de forma exitosa.

Continuando con el tema, Teuber, Leyhr, & Sudeck (2024) concluyen que las universidades deberían promover la actividad física como un medio no solo para mantener la salud de los estudiantes, sino también para que mejoren su desempeño en sus estudios académicos; estas actividades pueden tener lugar en recesos entre clases con actividad física dentro del mismo campus.

En cuanto a la felicidad, desde la mirada de Diener y Suh (1998), como se citó en García, Bohórquez y Lorenzo (2014, p. 20), “sería un

resultado en la evaluación del bienestar subjetivo caracterizado por un balance afectivo positivo y un juicio global de satisfacción con la vida en el dominio del yo”. Por su parte, Diener y Seligman (2002), como se citó en Herrera y Perandones (2017) describen a una persona feliz como alguien que es positiva, tiende a ver el lado bueno de las situaciones que vive, tiene amistades y personas en quien confiar y dispone de recursos para hacer frente a problemas estresantes.

Otro constructo relevante para este trabajo es la satisfacción por la vida, que es definida por Diener, Emmons, Larsen & Griffin (1985) como un juicio subjetivo que elaboran las personas sobre su vida como un todo; se toman y comparan las circunstancias que envuelven al sujeto en la actualidad y los estándares que se consideran pertinentes

Desde la mirada de Béjar y Capello (1990) la identidad se forma con el reconocimiento del individuo de sus límites subjetivos de las acciones que realiza y el destino que le espera, dentro de su espacio personal y con las particularidades de su ambiente. A

su vez, este constructo tiene un aspecto bidimensional, la identidad puede ser colectiva e individual.

La identidad universitaria es un tipo de identidad colectiva o social que se fortalece con la participación de los alumnos dentro de la institución, integrándose a través de grupos, como pueden ser deportivos o artísticos. Este contacto regular durante el ciclo escolar produce una sólida asimilación de la identidad universitaria (Pérez-Rivera, Tarango, & González-Quñones 2020).

El objetivo de la investigación fue determinar el impacto de la participación de alumnos universitarios en un torneo de voleibol en sus niveles de felicidad, satisfacción con su vida escolar, identidad universitaria y motivación escolar. El estudio se llevó a cabo en una universidad pública localizada dentro del área metropolitana de la ciudad de Monterrey con alumnos de la Facultad de Mecatrónica del turno matutino, cursando la carrera de Técnico Superior Universitario Área Automatización, en el cuatrimestre enero-febrero de 2024.

METODOLOGÍA: Se trató de una investigación de corte exploratorio descriptivo, con un enfoque mixto, pues aspectos subjetivos como la felicidad y la satisfacción con la vida fueron medidos a través de instrumentos que recogieron información cuantitativa. Se utilizó una encuesta de creación propia, para obtener información sobre la incidencia de esta actividad en la satisfacción y la felicidad de los estudiantes dentro de su vida en la universidad.

Esta investigación empleó un diseño poblacional completo conformado por 72 alumnos, jóvenes de los cuatrimestres primero al quinto, 68 hombres y 4 mujeres, que participaban en un torneo mixto de voleibol e interno con solo estudiantes de la facultad de mecatrónica. La desproporción de género se explica por la misma matrícula escolar en la que el porcentaje de mujeres cursando estos estudios es muy bajo. Se aprovechó que estaba desarrollándose un torneo interno de voleibol en esta facultad para llevar a cabo la investigación.

La encuesta aplicada para este estudio incluyó 4 secciones: el consentimiento informado, la información demográfica, una sección sobre experiencias previas en la práctica del deporte en general y del voleibol en particular, más la última sección con los ítems relacionados con las variables a estudiar en este trabajo.

El instrumento para recabar información de las variables propuestas fue una encuesta de elaboración propia, que se desarrolló basándose en los conceptos vertidos en el marco teórico de esta investigación, particularmente en la Escala de Felicidad Subjetiva de Lyubomirsky & Lepper (1999) y la Escala de Satisfacción con la Vida de Diener et al. (1985). Conceptos como la felicidad pueden ser analizados y evaluados, aunque cada persona tenga su idea particular de lo qué es ser o estar feliz (Lyubomirsky, 2008). Lo cual puede ser aplicado también a la motivación, la satisfacción con la vida y el sentido de identidad con las instituciones.

Se pidió a los alumnos responder con una escala de Likert de acuerdo o desacuerdo de siete puntos, donde 1 era totalmente en desacuerdo, 2 en desacuerdo, 3 un poco en desacuerdo, 4 neutral, 5 un poco de acuerdo, 6 de acuerdo y 7 totalmente de acuerdo. La aplicación de la encuesta se realizó citando a cada uno de los equipos en diferentes días durante el mes de febrero del 2024.

Se analizaron datos estadísticos usando el programa Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) versión 2021, la consistencia del instrumento arrojó un alfa de Cronbach de 0.902, lo cual es considerado como alto y le da fiabilidad al instrumento.

RESULTADOS: Las respuestas dieron como resultado una media global de 5.347, con una varianza de los elementos de 1.706, como se puede apreciar en la Tabla 1. Los datos revelan una tendencia positiva clara en las respuestas de los alumnos, la mayoría expresó estar de acuerdo en algún grado en cada uno de los ítems.

Tabla 1. Estadísticos de los elementos.

| | Media | Mínimo | Máximo | Rango |
|----------------------------|-------|--------|--------|-------|
| Medias de los elementos | 5.347 | 5.153 | 5.556 | 0.403 |
| Varianzas de los elementos | 1.706 | 1.599 | 1.772 | 0.173 |

Fuente: elaboración propia.

Sobre la participación en el torneo y la motivación para asistir a la escuela, se distingue en la Figura 1 que el estar totalmente de acuerdo, estar de acuerdo y algo de acuerdo ocupan el 68% de las respuestas de los estudiantes.

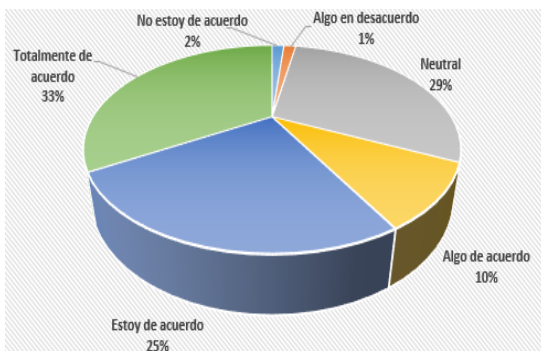


Figura 1. Gráfica de motivación para asistir a la escuela por participación en el torneo.

En cuanto a si influyó el participar en el torneo en fortalecer su identidad como alumnos de la universidad, se aprecia en la Figura 2 que el porcentaje de alumnos en estar

totalmente de acuerdo, de acuerdo y algo de acuerdo fue de 61%.

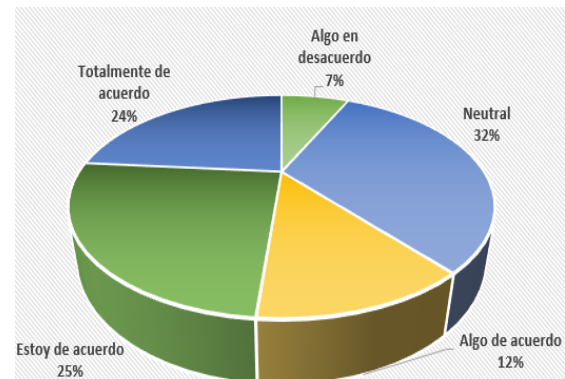


Figura 2. Gráfica de fortalecimiento de identidad.

Con respecto al haberse sentido más satisfechos con su vida dentro de la universidad por jugar en el torneo, los estudiantes reportaron que el porcentaje en estar totalmente de acuerdo, de acuerdo y algo de acuerdo fue de 64%, esto se ilustra en la Figura 3.

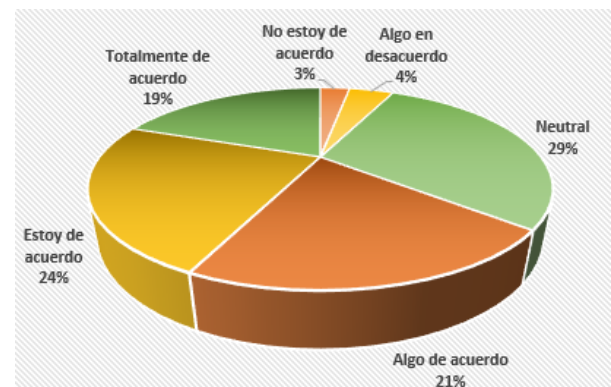


Figura 3. Gráfica de satisfacción con la vida dentro de la universidad.

En el último ítem, sobre sentirse más feliz en la universidad que en cuatrimestres anteriores al participar en el torneo, las respuestas se inclinaron también en la balanza a estar de acuerdo. El total del porcentaje de alumnos que dijeron estar totalmente de acuerdo, de acuerdo y algo de acuerdo fue de 70%, tal cual se aprecia en la Figura 4.

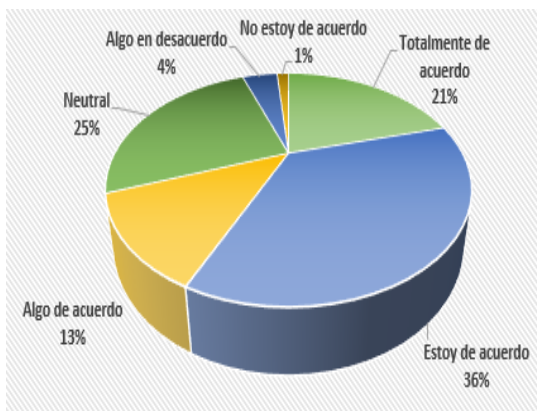


Figura 4. Gráfica sobre sentirse feliz.

CONCLUSIONES: Los resultados arrojados en este estudio marcan con claridad la pauta para inferir que la práctica de actividades deportivas, como el caso del torneo de voleibol en cuestión, tienden a generar un impacto positivo en las cuatro variables que se propusieron en el objetivo de esta investigación.

Los alumnos reportan en su mayoría estar de acuerdo en que se sienten más motivados con su vida universitaria, lo cual suele ser un aliciente para la permanencia en sus estudios.

La identidad universitaria también se ve robustecida, lo cual se convierte en un ancla para dejar cimientos sólidos que le permitan al joven consolidar su identidad como universitario y su amor por la institución en la cual estudia.

La vida de los jóvenes en la universidad no se puede circunscribir solamente al área académica; los alumnos son más que una mera cifra arrojada a sus registros de calificaciones; son seres humanos con necesidades de socializar, de moverse, de reconocimiento, de sentirse plenos y satisfechos con sus vidas. Los resultados de investigaciones como esta demuestran la relevancia que tienen las actividades deportivas en el nivel de satisfacción del alumnado, lo cual justifica que se sigan promoviendo dentro de las instituciones universitarias.

Una vida plena incluye también una vida sana, para lo cual es esencial el tener actividad física de forma permanente, de ahí la importancia de actividades como el torneo de voleibol de la facultad de mecánica, que tiene una duración de dos cuatrimestres en las temporadas de otoño e invierno.

En cuanto a la dimensión de la felicidad, la respuesta también fue alta por parte de los alumnos, de estar de acuerdo en haberse sentido más felices con su vida escolar con respecto a los cuatrimestres en los que no se llevaba a cabo la actividad, esto considerando que era la primera vez que se organizaba dentro de la facultad. Los resultados terminan por solidificar las conclusiones de este estudio, en el sentido de la relevancia del deporte para el desarrollo integral del alumno.

Por último, las iniciativas de ligas de deportivas dentro de las instituciones deben tener apoyo por parte de las autoridades universitarias y por parte también de la comunidad en general, que deben dejar a un lado sus prejuicios de que la universidad es

solo un templo del saber, o un lugar al que solo se va a adquirir competencias profesionales para la vida laboral. La universidad debe ser el espacio formativo por excelencia para la juventud, dejar de lado el deporte y los beneficios que reporta el practicarlo, tanto para la salud mental como física, es olvidar uno de los propósitos más importantes de la universidad: formar personas sanas que se integren a la sociedad como seres humanos capacitados para vivir sus vidas plenamente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

Béjar, R. y Capello H. M. (1990). Bases teóricas y metodológicas en el estudio de la identidad y el carácter nacionales. CRIM/UNAM

Bohórquez, M. R., Lorenzo, M., & García, A. J. (2014). Actividad física como promotor del autoconcepto y la independencia personal en personas mayores. Revista iberoamericana de psicología del ejercicio y el deporte, 9(2), 481-491. Recuperado de <https://shorturl.at/rtMR1>

Diener E., Emmons R., Larsen R. J., & Griffin S. (1985). The Satisfaction with Life Scale. Journal of Personality

Assessment, 49, 71-75. Recuperado de https://doi.org/10.1207/s15327752jpa4901_13

García, A., Bohórquez, M. y Lorenzo, M. (2014). La implicación en la actividad física como fuente de felicidad en personas mayores. *European Journal of Investigation in Health, Psychology and Education*, 4 (1), 19-30. Recuperado de <https://doi.org/10.1989/ejihpe.v4i1.37>

Hernández, M. (2021). Deporte y bienestar personal: nivel de competición, hábitos de salud, personalidad y necesidades psicológicas básicas [Tesis de Maestría, Universidad de la Laguna] Repositorio institucional – Universidad de la Laguna. Recuperado de <https://riull.ull.es/xmlui/handle/915/22387>

Herrera, L. y Perandones, T. (2017). Felicidad subjetiva, sentido del humor y personalidad en la docencia. *International Journal of Developmental and Educational Psychology*, (1), 401-410. Recuperado de [https://dehesa.unex.es/flexpaper/template.html?path=https://dehesa.unex.](https://dehesa.unex.es/flexpaper/template.html?path=https://dehesa.unex.es/bitstream/10662/14831/1/0214-9877_2017_1_3_401.pdf#page=1)

[es/bitstream/10662/14831/1/0214-9877_2017_1_3_401.pdf#page=1](https://dehesa.unex.es/bitstream/10662/14831/1/0214-9877_2017_1_3_401.pdf#page=1)

Jiménez, M. G., Martínez, P., Miró, E., y Sánchez, A. I. (2008). Bienestar psicológico y hábitos saludables: están asociados a la práctica de ejercicio físico. *International Journal of Clinical and Health Psychology*, 8(1), 185-202. Recuperado de <http://www.redalyc.org/html/337/33780113>

Lyubomirsky, S. (2008). La ciencia de la Felicidad. Un método probado para conseguir el bienestar. Barcelona. Urano.

Lyubomirsky, S., & Lepper, H. S. (1999). A measure of subjective happiness: Preliminary reliability and construct validation. *Social Indicators Research*, 46, 137-155. Recuperado de <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1006824100041>

Melin, R., Fugl-Meyer, K. S., & Fugl-Meyer, A. R. (2003). Life satisfaction in 18-to 64-year-old Swedes: in relation to education, employment situation, health and physical activity. *Journal of rehabilitation medicine*, 35(2), 84-90. Recuperado de

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12691338/>

Moreno, J, y Ribas, J. (2004). La Praxiología Motriz: Fundamentos y aplicaciones. Barcelona. Inde.

Pérez-Rivera, J., Tarango, J., & González-Quiñones, F. (2020). Caracterización de la identidad universitaria y su importancia en el desarrollo institucional. RECIE. Revista Electrónica Científica de Investigación Educativa, 5(1), 329-341. Recuperado de <https://mail.rediech.org/ojs/2017/index.php/recie/article/view/956/1248>

Sesento, L., & Lucio, R. (2015). La motivación, trabajo permanente en el

aula. Revista de investigación y desarrollo, 1, 128-132. Recuperado de https://santic.cl/mt-content/uploads/2023/07/sesento-y-lucio_desercion-escolar-y-motivacion.pdf

Teuber, M., Leyhr, D., & Sudeck, G. (2024). Physical activity improves stress load, recovery, and academic performance-related parameters among university students: A longitudinal study on daily level. BMC Public Health, 24(1), 598. Recuperado de <https://doi.org/10.1186/s12889-024-18082-z>

Resiliencia y burnout: Un análisis empírico en mujeres trabajadoras

**J. Patricia Muñoz-Chávez¹, Héctor Barrios-Quiroz², Rafael
González-Zamudio¹, Jessica Pacheco Ortiz¹**

¹Universidad Tecnológica de la Zona Metropolitana del Valle de México

²Universidad Politécnica Metropolitana de Hidalgo

hbarrios@upmh.edu.mx

Resumen: La presente investigación tuvo como propósito analizar la relación entre la resiliencia y el burnout en entornos laborales en diversos sectores profesionales de México. El enfoque del estudio fue cuantitativo de tipo correlacional. Los resultados muestran una correlación significativa e inversa entre las variables de estudio, lo que sugiere que niveles más altos de resiliencia se vinculan con menores niveles de burnout. Estos hallazgos indican que la resiliencia puede considerarse un mecanismo positivo de afrontamiento ante fenómenos organizacionales adversos.

Palabras clave: Resiliencia, burnout, mujeres trabajadoras.

Abstract: The aim of this study was to examine the relationship between resilience and burnout in occupational settings across diverse professional sectors in Mexico. Quantitative correlational design was employed. The results revealed a significant and inverse correlation between the variables, indicating that higher levels of resilience are associated with lower levels of burnout. These findings suggest that resilience may serve as a protective factor or positive coping mechanism in response to adverse organizational conditions.

Keywords: Resilience, burnout, working women.

INTRODUCCIÓN: Actualmente el bienestar de los miembros de las organizaciones se ha convertido en una necesidad prioritaria para los líderes, ya que la prevalencia o ausencia de fenómenos negativos impacta en el desempeño tanto individual como organizacional. En este sentido se encuentran factores como el acoso laboral, el estrés y el burnout (Muñoz-Chávez y López-Chau, 2022). Esta investigación abordará este último elemento y específicamente en mujeres, ya que si bien, no es exclusivo de este género y las condiciones actuales en cuanto a roles están cambiando, investigaciones señalan que las mujeres trabajadoras siguen ocupándose mayormente de las actividades domésticas por lo que incrementan la posibilidad de experimentar este síndrome debido a factores estresantes relacionados con cargas asociadas con dichas actividades, y en muchos casos además, a la maternidad o el cuidado de dependientes del hogar (Sharp y Whitaker-Worth, 2020).

El síndrome de burnout o síndrome de desgaste profesional se define como agotamiento, cinismo e ineficiencia. Representa una respuesta crónica al estrés laboral prolongado o no gestionado adecuada y oportunamente. Los factores estresantes desencadenantes pueden ser tanto emocionales como interpersonales en el trabajo (Wasfie et al., 2024).

Investigaciones señalan que el síndrome de burnout está relacionado con la falta de capacidad del individuo para afrontar demandas laborales o personales, especialmente en contextos donde la interacción constante con personas es un componente central de la actividad laboral cotidiana. Por lo que, aunque no es exclusivo, tiende a presentarse con mayor frecuencia en profesionales de la salud, educación, servicios sociales, entre otros que tienen contacto directo con clientes o usuarios (Maslach y Jackson, 1981).

El burnout se manifiesta principalmente a través de tres

dimensiones. Primero, el agotamiento emocional que implica sentimientos de cansancio ante las exigencias del trabajo, una sensación de sobrecarga y fatiga persistente. Lo que conduce a los trabajadores a no sentir ninguna motivación o atractivo para acudir a su trabajo. Segundo, la despersonalización, caracterizada por actitudes o sentimientos negativos o indiferentes hacia clientes, usuarios del servicio o incluso compañeros. Lo que se traduce en deshumanización hacia los demás. Y finalmente, la falta de realización personal que refiere sentimientos de ineficacia, pérdida de interés y baja autoestima profesional, lo que conduce a que el trabajador se encuentre irritable e insatisfecho con el trabajo y consigo mismo (Patlán, 2013).

Por otro lado, la resiliencia puede definirse como la capacidad que tienen algunos individuos para regresar a un estado funcional previo después de haber experimentado un evento estresante, el cual puede ser tanto favorable como desfavorable (American Psychological Association, 2013). La resiliencia se ha convertido en un

concepto clave dentro del estudio del afrontamiento, particularmente en contextos de trauma, pérdida o crisis.

En el campo psicológico, la resiliencia no se entiende como una característica fija, sino como una construcción multidimensional que incluye elementos personales como la autoestima, el sentido del humor y la autonomía, así como factores sociales relacionados con la red de apoyo, los vínculos afectivos y la capacidad de socialización (Truffino, 2010). También se ha destacado la orientación al futuro como un aspecto relevante, ya que la posibilidad de establecer metas y mantener un sentido de propósito fortalece la recuperación (Harvey, 2004). Sin embargo, en los últimos años se ha creado una visión idealizada de la resiliencia. Esta puede convertirse en una trampa cuando el estado anterior al evento estresante no era saludable o funcional (Lazarus y Folkman, 1984; Hill et al., 2024). En esos casos, el retorno a ese punto previo podría implicar la reproducción de estructuras psicológicas disfuncionales, lo cual limita el crecimiento y la adaptación genuina. Además, este concepto

suele confundirse con invulnerabilidad, cuando en realidad la persona resiliente sí transita por el malestar, pero reorganiza sus recursos para enfrentarlo (Hill y Morison 2024).

Por otro lado, investigaciones han demostrado que existen factores neurobiológicos y genéticos que pueden influir en la capacidad de una persona para ser resiliente. Estudios sobre neuroplasticidad han identificado zonas del cerebro, como la corteza prefrontal, implicadas en la regulación emocional y en la modulación de la respuesta al estrés. Asimismo, se ha observado que ciertas variantes genéticas, como las relacionadas con los genes BDNF o 5-HTTLPR, pueden facilitar una respuesta adaptativa más eficiente (Cicchetti y Blender, 2006). Estos hallazgos sugieren que, además de los factores psicosociales, existen componentes biológicos que predisponen a algunas personas a tener mayor afinidad con la resiliencia. Sin embargo, a pesar del avance en su estudio, no existe aún un consenso definitivo sobre la naturaleza exacta del concepto. Se han desarrollado

instrumentos como la Escala de Resiliencia de Connor y Davidson (CD-RISC) para intentar medirla, pero su complejidad y variabilidad cultural hacen que su operacionalización siga siendo un reto en el ámbito académico y clínico (Hill et al., 2024).

METODOLOGÍA: La investigación se llevó a cabo a través de un enfoque cuantitativo y alcance correlacional. El diseño fue no experimental y de corte transversal, ya que se realizó en un momento determinado, durante el año 2024. Este diseño se seleccionó debido a que no se manipulan deliberadamente las variables. Es decir, en el estudio se observa la relación existente entre la resiliencia y el síndrome de burnout en una muestra conformada por 1,546 mujeres mexicanas que trabajan. De ellas, el 56.4% realiza sus actividades en el sector público y el 43.6% en el privado.

Para recolectar las respuestas se distribuyó de manera electrónica un instrumento conformado por siete ítems tomados del Connor-Davidson Resilience Scale-10 (CD-RISC-10) para la variable resiliencia, que es un

cuestionario de autoinforme de amplio alcance, adaptado en este caso para entornos laborales y, siete ítems del Maslach Burnout Inventory (MBI), para la variable dependiente, ya que evalúa el síndrome de burnout en tres dimensiones: agotamiento emocional, despersonalización y realización personal. Sin embargo, se utilizó una escala tipo Likert que comprende desde totalmente en desacuerdo hasta totalmente de acuerdo en lugar de la escala de frecuencia original del MBI, debido a que el objetivo de la presente investigación fue analizar la relación entre las variables de estudio. Ambos instrumentos están adaptados al contexto mexicano. En este sentido, se llevó a cabo una prueba piloto para verificar la consistencia interna. En ambas variables se cumplió con este criterio, ya que para la resiliencia se obtuvo 0.830 (Tabla 1) y para el síndrome de burnout 0.855 (Tabla 2).

Tabla 1. *Consistencia interna y resiliencia.*

| Estadísticas de fiabilidad | |
|----------------------------|-----------------|
| Alfa de Cronbach | N° de elementos |
| 0.830 | 7 |

Nota. Elaborado con base en la información recabada en la prueba piloto a 30 participantes.

Tabla 2. *Consistencia interna Burnout.*

| Estadísticas de fiabilidad | |
|----------------------------|-----------------|
| Alfa de Cronbach | N° de elementos |
| 0.855 | 7 |

Nota. Elaborado con base a la información recabada en la prueba piloto a 30 participantes.

Los datos fueron analizados mediante el software estadístico SPSS versión 25. Se emplearon estadísticas descriptivas para caracterizar a la muestra (media, desviación estándar) y coeficientes de correlación Rho de Spearman para examinar la relación entre la resiliencia y el burnout. Y un nivel de significancia de $p < 0.05$.

A continuación, se presentan las hipótesis que guiaron la investigación:

H₀: No existe una relación estadísticamente significativa entre la resiliencia y el síndrome de burnout en mujeres trabajadoras.

H₁: Existe una relación estadísticamente significativa entre la resiliencia y el síndrome de burnout en mujeres trabajadoras.

RESULTADOS: En esta sección se describen los hallazgos derivados del

análisis estadístico. La Tabla 3 expone los valores correspondientes a la prueba de normalidad aplicada a las variables del estudio, lo cual permitió determinar la pertinencia de utilizar pruebas paramétricas o no paramétricas en el análisis subsecuente.

Tabla 3. Prueba de normalidad.

| | Kolmogorov-Smirnov ^a | | |
|-------------|---------------------------------|------|-------|
| | Estadístico | gl | Sig. |
| Resiliencia | 0.182 | 1546 | 0.000 |
| Burnout | 0.078 | 1546 | 0.000 |

a. Corrección de significación de Lilliefors.

Para evaluar la distribución de los datos, se aplicó la prueba de normalidad de Kolmogórov-Smirnov, dado que el tamaño de la muestra ($n = 1546$) supera el umbral recomendado para esta prueba. Los resultados arrojaron un valor de significancia (p) de .000 para ambas variables analizadas, lo cual indica que los datos no siguen una distribución normal ($p < .05$). En consecuencia, se recurrió al coeficiente de correlación de Spearman (ρ), una prueba no paramétrica adecuada para analizar relaciones entre variables cuando no se cumple el supuesto de normalidad.

Con el propósito de contrastar las hipótesis planteadas que permita analizar la relación entre la resiliencia y burnout, se aplicó la prueba de correlación de Spearman. En la Tabla 4 se observa la dirección y fuerza de la asociación entre ambas variables.

Tabla 4. Correlación de Spearman entre resiliencia y Burnout.

| | | | Resiliencia | Burnout |
|-----------------|-------------|-----------------------------|-------------|----------|
| Rho de Spearman | Resiliencia | Coefficiente de correlación | 1.000 | -0.190** |
| | | Sig. (bilateral) | - | 0.000 |
| | | N | 1546 | 1546 |
| | Burnout | Coefficiente de correlación | -0.190** | 1.000 |
| | | Sig. (bilateral) | 0.000 | - |
| | | N | 1546 | 1546 |

** La correlación es significativa en el nivel 0.01 (bilateral).

De acuerdo con los resultados inferenciales, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa. Debido a que el análisis de correlación de Spearman evidenció una relación estadísticamente significativa entre las variables de resiliencia y burnout ($\rho = -.191$, $p < .001$), con una muestra de 1546 casos válidos. Este coeficiente negativo, aunque de baja magnitud, indica que, a mayor nivel de resiliencia, menor nivel de burnout en las mujeres participantes en el estudio. La

dirección inversa de la relación es coherente con lo reportado en la literatura, sugiriendo que la resiliencia podría funcionar como un factor protector frente a fenómenos organizacionales adversos, en este caso el burnout.

CONCLUSIONES: Las evidencias empíricas permiten afirmar que la resiliencia actúa como un factor de contención del burnout, evidenciando la necesidad de los trabajadores a recurrir a la construcción de significados a partir de los estímulos negativos que el entorno laboral puede ejercer en ellos. En este sentido, es importante reconocer que el ser humano se objetiva en la subjetivación, y la resiliencia permite establecer mecanismos positivos de desviación de los efectos agresores de los factores estresantes producidos en el trabajo. Cuando la fuente que provoca el estrés laboral no puede ser modificada, la naturaleza del individuo y su capacidad de adaptación puede crear mecanismos que inhiban una afectación psicosomática en el trabajador.

En la actualidad eliminar el estrés laboral es una tarea prácticamente imposible. Sin embargo, a partir de un ejercicio de internalización de autoapoyo en el ser humano y de canalización positiva que puede representar la resiliencia, un fenómeno complejo como el burnout puede ser llevado a instancias de sublimación en el inframundo organizacional que tiene como base la vida simbólica en la que el trabajador está inmerso en la organización y de la cual crea significado en un ejercicio constante de adaptar su yo individual con el yo organizacional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

American Psychiatric Association. (2013). Diagnostic and statistical manual of mental disorders (5th ed.). Arlington, VA: American Psychiatric Publishing.

Cheng, C., Dong, D., He, J., Zhong, X., & Yao, S. (2020). Psychometric properties of the 10-item Connor–Davidson Resilience Scale (CD-RISC-10) in Chinese undergraduates and depressive patients. *Journal of affective disorders*, 261, 211-220.

<https://doi.org/10.1016/j.jad.2019.10.018>.

Cicchetti, D., & Blender, J. A. (2006). A multiple-levels-of-analysis perspective on resilience: implications for the developing brain, neural plasticity, and preventive interventions. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1094(1), 248-258.

Hill, Y., Morison, M., Westphal, A., Gerwahn, S., & Ricca, B. P. (2024). When resilience becomes undesirable—A cautionary note. *New Ideas in Psychology*, 73, 101076. <https://doi.org/10.1016/j.newideapsych.2024.101076>.

Lazarus, R. S. (1984). *Stress, appraisal, and coping* (Vol. 464). Springer.

Maslach, C., & Jackson, S. E. (1981). The measurement of experienced burnout. *Journal of organizational behavior*, 2(2), 99-113.

Muñoz-Chávez, J. P., & López-Chau, A. (2022). Identificação de assédio laboral em docentes de educação superior baseado em respostas de satisfação no trabalho. *Revista iberoamericana de educación*

superior, 13(37), 42-62.

<https://doi.org/10.22201/iisue.20072872e.2022.37.1303>.

Pérez, J. P. (2013). Efecto del burnout y la sobrecarga en la calidad de vida en el trabajo. *Estudios gerenciales*, 29(129), 445-455.

Sharp, K. L., & Whitaker-Worth, D. (2020). Burnout of the female dermatologist: How traditional burnout reduction strategies have failed women☆. *International Journal of Women's Dermatology*, 6(1), 32-33.

Truffino, J. C. (2010). Resilience: An approach to the concept. *Revista de Psiquiatría y Salud Mental (English Edition)*, 3(4), 145-151. <https://doi.org/10.1016/j.ijwd.2019.08.004>.

Truffino, J. C. (2010). Resilience: An approach to the concept. *Revista de Psiquiatría y Salud Mental (English Edition)*, 3(4), 145-151.

Wasfie, T., Kirkpatrick, H., Barber, K., Hella, J., Lange, M., & Vogel, M. (2024). Burnout and well-being of medical and surgical residents in

relation to emotional intelligence: A 3-
year study. Surgery, 175(3), 856-861.

[https://doi.org/10.1016/j.surg.2023.08.
035](https://doi.org/10.1016/j.surg.2023.08.035).

Simulación Numérica de Atomizador tipo Remolino a Presión para Cámara de Combustión de Turbina de Gas

Alejandro Vega Villegas¹, Aris Iturbe Hernández¹

¹ Universidad Aeronáutica en Querétaro

alejandro.vega@unaq.mx

Resumen: La atomización es crucial para el rendimiento de la cámara de combustión en aeronaves. Este proceso, generado por atomizadores como el remolino a presión (pressure-swirl), transforma el combustible en una fina lámina cónica que se rompe en pequeñas gotas. Se estudió la atomización de Jet-A1 usando Dinámica de Fluidos Computacional y el software Ansys. Se observaron las características y se midieron parámetros del rendimiento de la atomización. La metodología presentada aquí sienta las bases para desarrollar modelos de computacionales, optimizar el diseño de nuevos atomizadores y lograr una inyección de combustible más ecológica, contribuyendo a un futuro más sostenible en la aviación.

Palabras clave: Atomización, dinámica de fluidos computacional, simulación, remolino a presión.

Abstract: Atomization is crucial to combustor performance in aircraft. This process, generated by atomizers such as pressure-swirl, transforms the fuel into a thin conical film that breaks into small droplets. Jet-A1 atomization was studied using Computational Fluid Dynamics and Ansys software. Characteristics were observed and atomization performance parameters were measured. The methodology presented here lays the foundation for developing computational models, optimizing the design of new atomizers and achieving greener fuel injection, contributing to a more sustainable future in aviation.

Keywords: Atomization, computational fluid dynamics, simulation, pressure-swirl

INTRODUCCIÓN:

El calentamiento global es un problema que la humanidad ha estado enfrentando de forma tecnológica y científica las últimas décadas, el reto es migrar a nuevas formas de energía, alejarse de los combustibles fósiles gradualmente y reducir la emisión de gases de efecto invernadero. Dentro de este contexto es crucial analizar el impacto de sectores específicos. Por ejemplo, en el sector de la aviación las emisiones de dióxido de carbono corresponden a aproximadamente al 2.5% y las emisiones de gases de efecto invernadero alrededor del 1.9% (Ritchie, 2020). Sin embargo, debido a la gran importancia del sector en

la economía mundial y al incremento de la demanda de aeronaves se prevé que para 2050 las emisiones de dióxido de carbono sean entre 4-4.7% (Ritchie, 2020). Por lo que, el sector de la aviación debe migrar a formas alternativas de energía, no obstante, los combustibles a base de carbono siguen siendo los combustibles más utilizados dentro de las turbinas de gas de los aviones comerciales.

Las turbinas de gas requieren una cámara donde se produzca el fenómeno de combustión, la eficiencia de la cámara de combustión depende en gran medida de

cómo se produce la inyección de combustible, ya que la transferencia de calor, de masa, las reacciones químicas, la reducción y la quema del combustible se acelera cuando el fluido en bulto es transformado en un aerosol formado con pequeñas gotas cuyos tamaños oscilan entre 10 y 360 micrómetros (Seidu, 2015). El proceso de transformación de un fluido en pequeñas gotas es denominado atomización y en una turbina de gas es producido por el inyector de combustible, dispositivo conocido como atomizador. El atomizador de remolino a presión es un dispositivo de gran interés y el más estudiado debido a su sencillez geométrica, la excelente calidad del aerosol que produce y su rol como componente esencial en atomizadores más sofisticados. Su funcionamiento se basa en la transformación de la energía de presión del fluido en energía cinética. Este proceso genera una alta velocidad relativa entre el fluido y el medio circundante, lo que propicia el fenómeno de la atomización. La importancia del atomizador remolino a presión radica en sus aplicaciones en turbinas de gas, en motores de aeronaves espaciales, motores de combustión interna (Durdina et al.

(2012); Gad et al. (2024); Kang et al. (2018)).

La configuración geométrica de un atomizador remolino a presión se observa en la Fig. 1 y se compone de cuatro entradas tangenciales conectadas a una cámara cilíndrica denominada cámara de remolino que a su vez contiene el orificio de salida del fluido. En este tipo de atomizador, el fluido ingresa tangencialmente a una cámara donde se genera un vórtice con un núcleo de aire central. Este núcleo bloquea parcialmente el orificio de salida, forzando al fluido a salir como una película delgada que se transforma en gotas formando un cono. La formación de este núcleo de aire es fundamental, ya que determina el área efectiva del flujo y, consecuentemente, controla parámetros críticos de rendimiento como el coeficiente de descarga y el ángulo del aerosol (Datta & Som, 2000).

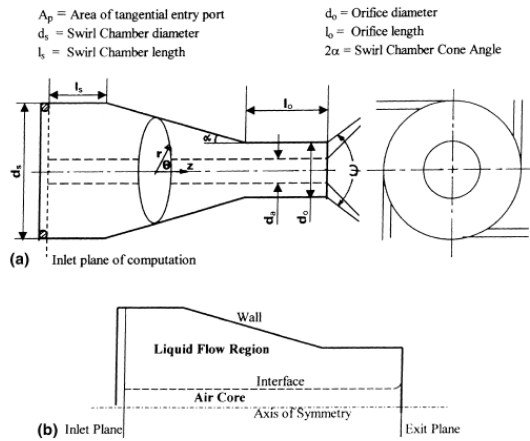


Figura 1. Representación geométrica de un atomizador remolino a presión. Tomado de (Datta & Som, 2000).

El proceso de atomización se divide en atomización primaria, que consiste en la transformación de la película en

de remolino a presión, esto se logra eficazmente mediante la Dinámica de Fluidos Computacional, utilizando comúnmente el modelo de Volumen de Fluido (VOF) para simular el comportamiento bifásico del combustible.

Este estudio, por lo tanto, presenta una metodología para modelar la atomización primaria de combustible Jet A-1 en un

ligamentos, y la atomización secundaria, que es el rompimiento de los ligamentos en pequeñas gotas, y ambos procesos dependen de la presión de inyección, la geometría del atomizador y las propiedades termodinámicas del fluido. El rendimiento de la atomización consiste en conocer diferentes parámetros como la longitud de penetración, longitud de desintegración, espesor de la película, ángulo del aerosol y el tamaño de las gotas. Comprender las características del flujo durante la atomización es crucial para el desarrollo de cámaras de combustión eficientes y sostenibles. En atomizadores

atomizador de remolino a presión, orientado a aplicaciones aeronáuticas, empleando dicho modelo VOF.

METODOLOGÍA:

Se desarrolló una simulación computacional de Dinámica de Fluidos Computacional para modelar el fenómeno

de la atomización de un combustible convencional (queroseno), proceso efectuado por un atomizador remolino a presión (pressure-swirl). El software de ejecución fue ANSYS y se usó la paquetería Fluent. Se utilizó un enfoque de descripción euleriano y el modelo Volumen de Fluido para la descripción del proceso de atomización. Los parámetros geométricos del atomizador remolino a presión fueron tomados de Galbiati et al. (2016) y están resumidos en la Tabla 1:

Tabla 1. Parámetros geométricos del atomizador propuestos por Galbiati et al. (2016).

| Parámetro | Símbolo | Valor |
|--|-----------|------------------------------------|
| Ángulo del cono de la cámara swirl | 2α | 116° |
| Diámetro de la cámara swirl | d_s | $0.625 \times 10^{-3} \text{ m}$ |
| Diámetro del orificio de salida | d_0 | $2 \times 10^{-3} \text{ m}$ |
| Longitud del orificio de salida | l_0 | $1.072 \times 10^{-3} \text{ m}$ |
| Longitud de la cámara swirl | l_s | $0.428 \times 10^{-3} \text{ m}$ |
| Área total de las entradas tangenciales | A_p | $0.288 \times 10^{-6} \text{ m}^2$ |
| Diámetro hidráulico de las entradas tangenciales | d_{Hi} | $0.230 \times 10^{-3} \text{ m}$ |

El queroseno fue modelado de acuerdo con la información del combustible Jet A1.

Tabla 2. Propiedades termodinámicas del queroseno Jet A1.

| Propiedad | Símbolo | Valor |
|---------------------|---------|--|
| Densidad | ρ | $801 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ |
| Viscosidad dinámica | μ | $0.0013 \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}$ |
| Temperatura | T | 300 K |

Las condiciones de operación dentro de la cámara de combustión fueron seleccionadas de la condición Idle para pruebas de un motor de avión reportadas por Galbiati et al. (2016). El flujo másico de combustible tiene un valor de $\dot{m} = 3.4 \text{ g/s}$, la presión dentro de la cámara de combustión es $P = 0.51 \text{ MPa}$, la densidad del aire dentro de la cámara es $\rho = 3.4 \text{ kg/m}^3$ y el número de Reynolds asociado al flujo de combustible en la salida del atomizador es $Re_0 = 5328$.

Geometría y Condiciones de Frontera.

Los parámetros geométricos son presentados en la Tabla 1. La geometría fue

creada en el software Solidworks y se compone de cuatro entradas tangenciales, una cámara swirl (figura con forma cónica), el agujero de salida del atomizador (figura cilíndrica pequeña) y el ambiente de descarga del combustible (figura cilíndrica grande) tal como se muestra en la Figura 1. Las dimensiones del cilindro que corresponde al ambiente tienen las medidas que se sugieren en Galbiati et al. (2016). El diámetro del cilindro es de 16 veces d_0 y con una altura de 8 veces d_0 ,

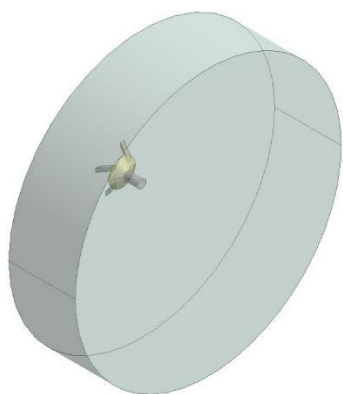


Figura 2. Perspectiva de la geometría del atomizador remolino a presión.

La malla de la geometría se creó con ayuda del módulo Fluent meshing de ANSYS, el tamaño de elemento de malla de las entradas tangenciales, la cámara swirl y el agujero de salida es de $2.5 \times 10^{-5} \text{ m}$ y el

tamaño de elemento del ambiente de descarga es de $1 \times 10^{-4} \text{ m}$. El número de elementos de malla tiene un valor de 833303, la forma de los elementos es poliédrica y la calidad ortogonal es de 0.46.

Las condiciones de frontera se fijaron de tal manera que a la entrada (Inlet) se tiene un flujo másico de combustible de 3.4 g/s mientras que a la salida (Outlet) se tiene una presión constante de 0.51 MPa . Las superficies restantes de la geometría tienen condición de frontera de pared (Wall).

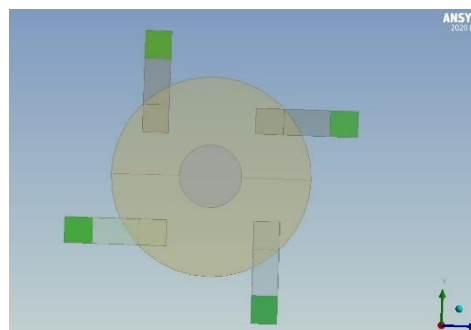


Figura 3. Condición de frontera a la entrada (Inlet) en las cuatro entradas tangenciales.

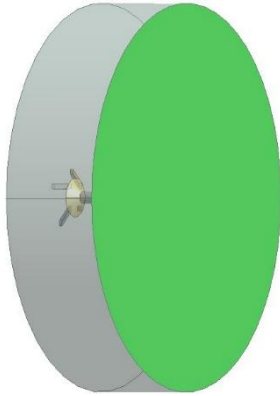


Figura 4. Condición de frontera a la salida (Outlet) en el ambiente de descarga.

la descarga del fluido como una película delgada que se atomiza en ligamentos y gotas, formando un cono de pulverización (sólido o hueco). Por lo tanto, una simulación adecuada debe capturar estas características clave del flujo: el movimiento del vórtice, la formación del núcleo de aire y la morfología del spray en forma de cono.

Validación de la Simulación Numérica. Para tener confianza en los resultados provenientes de una simulación es necesario tener datos experimentales con los cuales se pueda comparar. Los datos experimentales (ver Tabla 4) y de simulaciones (ver Tabla 5) reportados por Galbiati et al. (2016); además de

Características de la atomización. Para simular la atomización en un inyector de remolino a presión, es crucial entender el proceso. El fluido se acelera a través de entradas tangenciales hacia una cámara donde se forma un vórtice con un núcleo de aire central. Este núcleo bloquea parcialmente el orificio de salida, forzando

las características de la atomización discutidas en la sección 2.4 son la forma para validar.

RESULTADOS: Se desarrolló una simulación computacional de Dinámica de Fluidos Computacionales que modeló la atomización de combustible Jet A1, bajo una descripción euleriana del fluido y utilizando el modelo VOF. El proceso de atomización fue producido por un inyector tipo pressure-swirl con los parámetros dimensionales mostrados en la Tabla 1. Las propiedades termodinámicas del combustible se muestran en la Tabla 2. La atomización del combustible fue

simulada en estado transitorio (Transient) y para la condición de Idle (7%) con los valores de flujo másico, presión dentro de la cámara de combustión y densidad del aire reportados a continuación.

Tabla 6. Condiciones de operación para pruebas de un motor de avión en condición de Idle, tomadas de Galbiati et al. (2016).

| Cas o | $\dot{m} \left(\frac{g}{s} \right)$ | $P \text{ (MPa)}$ | $\rho_g \left(\frac{kg}{m^3} \right)$ | Re_0 |
|------------|--------------------------------------|-------------------|--|--------|
| Idle 7% | 3.4 | 0.51 | 3.4 | 5328 |

De acuerdo con lo anterior, se ejecutaron simulaciones de la atomización de queroseno (Jet A1) con el fin de observar el desarrollo del flujo de combustible a través del atomizador y se obtuvo lo siguiente.

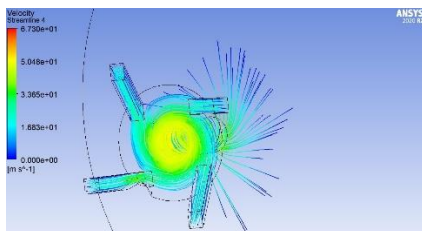


Figura 5. Líneas de corriente del flujo que muestran el movimiento de vórtice dentro de la cámara swirl.

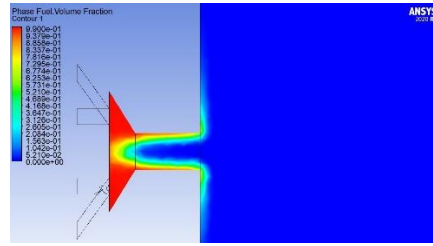


Figura 6. Contornos de la fracción de volumen que permite observar la atomización del combustible.

Los resultados de la simulación mostraron que el combustible ingresó correctamente a la cámara swirl a través de las entradas tangenciales, confirmando la formación de un movimiento de vórtice característico (Figura 5). El análisis de los contornos de presión a lo largo del eje del inyector indicó la presencia de un núcleo de aire. No obstante, la visualización de la atomización mediante los contornos de la fracción de volumen (Figura 6) reveló una desviación significativa del comportamiento esperado. Aunque la entrada de combustible, el movimiento de vórtice y el núcleo de aire eran consistentes con el diseño del atomizador, el spray de queroseno no formó un cono definido, sino que pareció adherirse a las paredes. Esto sugiere que el modelo empleado no

reprodujo la atomización de forma idónea para las condiciones simuladas.

Para abordar la forma inadecuada del spray observada, se investigó la influencia de las dimensiones del cilindro de descarga (altura y diámetro) en la atomización. La hipótesis inicial fue que una sobrepresión dentro del cilindro de descarga restringía el desarrollo horizontal del spray, forzándolo a ir en dirección vertical.

Sin embargo, a pesar de las modificaciones paramétricas en el diámetro y la altura del cilindro de descarga, el combustible no formó el cono esperado y continuó siendo atomizado verticalmente. Este resultado desestimó la sobrepresión ambiental como la causa principal del problema.

Se postula que las dimensiones geométricas reportadas en la literatura (Galbiati, Tonini, Conti, & Cossali, 2016) podrían omitir un parámetro

crítico que es fundamental para el desarrollo adecuado del spray cónico en este tipo de atomizadores.

Modificación de la Geometría del Atomizador: Sin Cilindro de Descarga.

Se decidió eliminar el cilindro de descarga, ya que impide la adecuada atomización del flujo de combustible. La nueva geometría del atomizador se observa en la Figura 7.

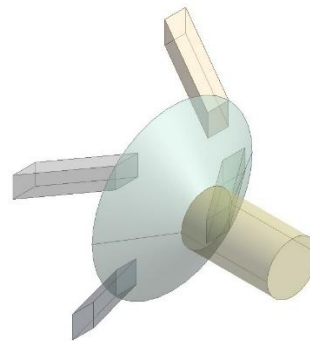


Figura 7. Perspectiva de la geometría del atomizador sin cilindro de descarga.

Se simuló la inyección de combustible para la misma condición de Inlet de flujo másico y de Outlet de presión.

Se observó que el flujo de queroseno exhibió el núcleo de aire y el movimiento de vórtice característicos, como se ilustra en las Figuras 8 y 9.

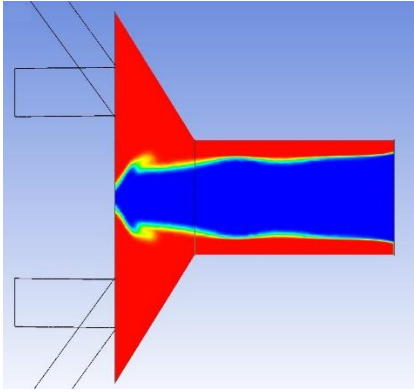


Figura 8. Contornos de fracción de volumen de la fase de queroseno (color rojo) y la fase de aire (color azul).

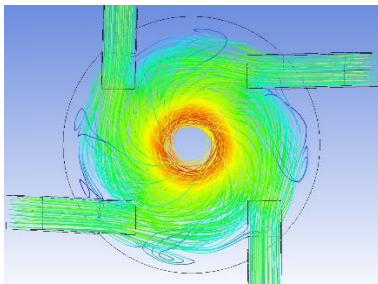


Figura 9. Líneas de corriente del flujo de queroseno donde se aprecia el movimiento de vórtice en la cámara swirl.

Se midió la velocidad a la salida del inyector U_0 , la velocidad a la salida del flujo de combustible $U_{0,fuel}$, la caída de presión a la salida del inyector ΔP , el espesor de la película t y el coeficiente de descarga C_D . Se presentan en la Tabla 7 los valores obtenidos para cada una de las cantidades anteriores.

Tabla 7. Resultados obtenidos de la inyección de queroseno para la condición de operación de Idle.

| $U_0 \left(\frac{m}{s} \right)$ | $U_{0,fuel} \left(\frac{m}{s} \right)$ | $\Delta P \text{ (MPa)}$ | $t \text{ (}\mu\text{m)}$ | C_D |
|----------------------------------|---|--------------------------|---------------------------|-------|
| 31.13 | 45.46 | 0.60 | 63.91 | 0.35 |

Los resultados de la simulación de inyección de queroseno se compararon con los datos experimentales y simulaciones previos de Galbiati et al. (2016), como se muestra en las Tablas 4 y 5. Se observó una discrepancia significativa entre los resultados de este estudio y los datos de referencia, lo que impidió la validación del modelo numérico propuesto. Fueron identificadas dos posibles causas para esta discrepancia. Primero, la ambigüedad en la cuantificación de parámetros como la velocidad de salida, la caída de presión y el coeficiente de descarga en sistemas bifásicos (líquido-gas). Las cantidades reportadas en este trabajo se basaron en la fase líquida, excepto la velocidad de salida, que consideró ambas fases. La segunda y más plausible causa es la hipótesis de que las dimensiones geométricas del atomizador utilizadas, basadas en la literatura, omiten un parámetro crítico. Aunque modificar la geometría del atomizador y simular las condiciones

actualizadas (velocidad de salida, caída de presión, espesor de la película, coeficiente de descarga) permitiría observar las características del flujo, esto impediría una validación directa debido a la ausencia de datos experimentales correspondientes a las dimensiones modificadas.

Dada la necesidad de validar el modelo numérico, se optó por un análisis paramétrico del flujo másico de entrada (Inlet), manteniendo inalteradas las dimensiones geométricas del inyector (Tabla 1). El objetivo fue identificar el flujo másico que mejor concordara con el coeficiente de descarga simulado por Galbiati et al. (2016).

Mediante este análisis, se determinó que un flujo másico de $\dot{m} = 0.0016 \frac{kg}{s}$ producía un coeficiente de descarga que se alineaba con la información experimental. Con este valor optimizado para la entrada, y manteniendo el valor de presión de la condición de Outlet se ejecutó nuevamente la simulación de

atomización de queroseno. Los resultados detallados para esta nueva condición de flujo másico se presentan en la Tabla 8.

Tabla 8. Resultados obtenidos para la inyección de queroseno para un flujo másico a la entrada de

$$\dot{m} = 0.0016 \frac{kg}{s}.$$

| $U_0 \left(\frac{m}{s} \right)$ | $\Delta P (MPa)$ | $t (\mu m)$ | C_D |
|----------------------------------|------------------|-------------|-------|
| 13.42 | 0.07 | 74.99 | 0.48 |

La simulación numérica desarrollada logró reproducir los datos de Galbiati et al. (2016) para un atomizador de remolino a presión con un flujo másico de $\dot{m} = 0.0016 \frac{kg}{s}$. Se observó una buena concordancia entre los valores simulados de velocidad de salida del inyector, espesor de la película y coeficiente de descarga, en comparación con los datos experimentales de las Tablas 4 y 5.

No obstante, la caída de presión en la entrada del inyector presentó una desviación significativa respecto a la evidencia experimental. Esta discrepancia podría atribuirse a la falta de información sobre la condición de

presión de salida utilizada en las simulaciones de Galbiati et al. (2016). En este estudio, se empleó una condición de presión de salida de $P = 0.51 \text{ Mpa}$ considerada como la presión total de ambas fases (queroseno y aire).

CONCLUSIONES: En este estudio, se estableció una metodología de Dinámica de Fluidos Computacional para simular la atomización de Jet A1 en un atomizador de remolino a presión bajo condiciones de operación típicas de pruebas para motores de avión. La metodología abarcó la generación de la geometría, la discretización computacional de la geometría, la definición de condiciones de frontera, la caracterización del flujo de combustible y la cuantificación precisa de la atomización a través de parámetros clave como la velocidad de salida del inyector, la caída de presión, el espesor de la película y el coeficiente de descarga.

Este enfoque metodológico representa una herramienta

computacional valiosa para el diseño y la optimización de atomizadores. Su diseño inherentemente adaptable sienta las bases para futuras aplicaciones, particularmente en el desarrollo de atomizadores eficientes para combustibles de mayor viscosidad, como los biocombustibles, lo que subraya su relevancia para la transición hacia una aviación más sostenible.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

Datta, A., & Som, S. K. (2000). Numerical prediction of air core diameter, coefficient of discharge and spray cone angle of a swirl spray pressure nozzle. *International Journal of Heat and Fluid Flow*, 21, 412-419. doi:10.1016/S0142-727X(00)00003-5

Durdina, L., Jedelsky, J., & Jicha, M. (2012). Spray structure of a pressure-swirl atomizer for combustion applications. *EPJ Web of Conferences*, 25.

Gad, H. M., Baraya, E., Messiha, T., & Abdelrahman, I. (2024). Combustion Characteristics for Assisted Air Pressure Swirl Atomizer. *Journal of*

Advanced Engineering Trends, 43, 171-181.

Galbiati, G., Tonini, S., Conti, P., & Cossali, G. E. (2016). Numerical Simulations of Internal Flow in a Aircraft Engine Pressure Swirl Atomizer. Journal of Propulsion and Power, 32. doi:10.2514/1.B35944

Kang, Z., Wang, Z., & Cheng, Q. L. (2018). Review on pressure swirl injector in liquid rocket engine. Acta Astronautica, 145, 174-198.

Ritchie, H. (2020). Climate change and flying: what share of global CO2 emissions come from aviation? Our World in Data. Obtenido de <https://ourworldindata.org/co2-emissions-from-aviation>

Seidu, I. (2015). Analytical and Numerical Validation of Nozzle Spray Measurement Data Obtained from a Newly Developed Production System.

Master's thesis, Cleveland State University,
<https://engagedscholarship.csuohio.edu/etdarchive/490>.

El *Blockchain* y la Disrupción Tecnológica en el Proceso Aduanero

**Mizraim Martínez Hernández ¹, Mariana Santillán Arroyo¹,
Ana Laura Castañeda Juárez¹**

¹ Universidad Politécnica Metropolitana de Hidalgo

mmartinez@upmh.edu.mx

Resumen: La tecnología Blockchain ha emergido como una herramienta clave para modernizar los procesos aduaneros, aportando mayor transparencia, trazabilidad y eficiencia en el comercio internacional. A través de un enfoque cualitativo y método explicativo-dialéctico, se analizaron casos internacionales documentales que revelan cómo esta tecnología ha optimizado operaciones en países como Dubái, China, Reino Unido y EE.UU. Entre los principales beneficios destacan la automatización de trámites mediante contratos inteligentes, la reducción de errores, fraudes y costos, así como el fortalecimiento de la seguridad en la cadena logística. No obstante, su adopción en México enfrenta desafíos como la necesidad de infraestructura, coordinación interinstitucional y actualización normativa. Blockchain se perfila como una vía estratégica para transformar la gestión aduanera nacional.

Palabras clave: Blockchain, Proceso Aduanero, Innovación.

Abstract: Blockchain technology has emerged as a key tool for modernizing customs processes, providing greater transparency, traceability, and efficiency in international trade. Using a qualitative approach and an explanatory-dialectical method, international documentary cases were analyzed, revealing how this technology has optimized operations in countries such as Dubai, China, the United Kingdom, and the United States. Key benefits include the automation of procedures through smart contracts, the reduction of errors, fraud, and costs, as well as enhanced security across the logistics chain. However, its adoption in Mexico faces challenges such as the need for infrastructure, inter-institutional coordination, and regulatory updates. Blockchain is positioned as a strategic pathway for transforming national customs management.

Keywords: Blockchain, Customs Process, Innovation.

INTRODUCCIÓN: La modernización de las aduanas mexicanas ha experimentado un proceso acelerado de digitalización en los últimos años, impulsado por la necesidad de agilizar el comercio exterior y fortalecer la seguridad en el despacho de mercancías. La implementación de plataformas electrónicas como el Sistema Electrónico Aduanero (SEA) y la Ventanilla Única Electrónica (VUCEM) han sido pasos fundamentales para reducir la carga administrativa y mejorar la eficiencia operativa.

Sin embargo, estos avances aún enfrentan limitaciones en cuanto a la interoperabilidad entre actores, la autoridad y la trazabilidad de las mercancías, aspectos clave para un control aduanero efectivo (Dicex, 2024).

En este sentido, la tecnología *blockchain* emerge como una solución innovadora que puede transformar los procesos aduanales al ofrecer un registro descentralizado, inmutable y compartido entre todos los participantes de la cadena logística.

Esta característica permite que la información sea accesible en tiempo real y confiable, reduciendo la posibilidad de fraudes y errores en la documentación aduanera. Además, los contratos inteligentes *smart contracts* automatizan la ejecución de procesos como la liberación de mercancías y pagos, lo que contribuye a acelerar el despacho y disminuir la burocracia (Grupo 4PL, 2025).

La experiencia mexicana en la aplicación de blockchain se ha visto reflejada en el proyecto piloto *CADENA*, desarrollado en colaboración con el Banco Interamericano de Desarrollo y Microsoft. Este proyecto ha demostrado que la tecnología puede mejorar la seguridad y eficiencia en los acuerdos de reconocimiento mutuo y en los programas de operador económico autorizado, facilitando el intercambio de información segura y en tiempo real entre las aduanas de varios países latinoamericanos. Esto no solo fortalece el control aduanero, sino que también beneficia a los operadores al garantizar un acceso

oportuno a los beneficios comerciales (IADB, 2020).

No obstante, la adopción de blockchain en las aduanas mexicanas también presenta desafíos importantes. Entre ellos se encuentran la necesidad de infraestructura tecnológica avanzada, la capacitación del personal, y la creación de un marco regulatorio claro que favorezca su implementación. Además, la integración con sistemas existentes y la digitalización aún incompleta de algunas empresas limitan el aprovechamiento pleno de esta tecnología (World Customs Organization, 2022).

La aplicación de *blockchain* en las aduanas mexicanas representa una oportunidad estratégica para modernizar y hacer más transparente el control aduanero, facilitando el comercio internacional mediante procesos más rápidos, seguros y confiables. Sin embargo, su éxito dependerá de la capacidad para superar los retos técnicos, organizacionales y regulatorios que implica su adopción.

METODOLOGÍA: Bajo una investigación con enfoque cualitativo, se aplicó el método explicativo-dialéctico para establecer las causas y relaciones en el uso de tecnologías aplicables al proceso aduanero. El modelo dialéctico se aplicó bajo los razonamientos centrados en la contradicción y el cambio como eje o punto de ignición de la realidad, ya que los fenómenos no son estáticos, sino, por el contrario, evolucionan constantemente, característica que se presenta en la dinámica del comercio internacional.

El diseño de la presente investigación fue documental, tomando como referencias casos de éxito en otras latitudes del mundo, obteniendo la información de lecturas, documentos diversos, libros, revistas y periódicos. La tecnología está presente en casi todos los ámbitos de la vida moderna y se convive a diario con ella, con tan solo abrir una revista, una página web o encender la televisión, somos atacados por una masa de información acerca de las tecnologías de punta, las nuevas tecnologías,

innovaciones tecnológicas, entre otras.

El *Blockchain* es conocido por ser una cadena de bloques que plantea una enorme revolución no solo en la economía, sino en todo tipo de ámbitos. El *Blockchain* es una tecnología, que hoy en día está en boca de todos gracias a *Bitcoin* ya que el *Blockchain* es la tecnología que está detrás de la criptomoneda.

La tecnología *Blockchain* ha transformado procesos en diferentes sectores económicos, científicos y otros ámbitos. De hecho, existen plataformas que utilizan la tecnología *Blockchain* para visibilizar la cadena de suministro de los productos que ingerimos, logrando seguir el trayecto que recorre el alimento desde que sale de un cultivo hasta que llega a nuestra mesa. Esta cadena de bloques, como se menciona, es utilizada en diferentes sectores y está teniendo un gran impacto en la sociedad y el mundo entero. Cuando se habla de la industria 4.0 se refiere a la digitalización de los procesos productivos en las fábricas a través de

sistemas de información y sensores que harán que se produzca mejor y más eficientemente. La Industria 4.0 hará que sea posible obtener y examinar diferentes datos a través de las máquinas, lo que permitirá procesos más rápidos, más eficientes y flexibles para la fabricación de productos de mayor calidad a un costo más reducido (Costa, 2020).

La tecnología *Blockchain* tiene la capacidad de mejorar procesos existentes e impactar y modificar la producción de bienes. El uso de esta tecnología en las empresas permite mejorar la trazabilidad, seguridad, velocidad y transparencia de cualquier sistema. Esto es un impacto que no puede tomarse a la ligera.

Uno de los casos de uso del *Blockchain* en las industrias que más fuerza tiene es el de la trazabilidad. Y es que mantener toda la información de rastreo y estado de partes dentro de un sistema no es tarea fácil. Sin embargo, la tecnología *Blockchain* facilita esto y evita situaciones que pueden llevar a errores ya conocidos,

como la duplicación de datos o datos incorrectos.

Con el surgimiento de tecnologías modernas como el internet de las cosas, la inteligencia artificial y *Blockchain* nacen nuevas oportunidades para mejorar la eficiencia, la transparencia y la interoperabilidad del ecosistema del comercio.

RESULTADOS: Datos importantes demuestran que Dubái fue la primera ciudad del mundo en apoyar el *Blockchain* a nivel gubernamental. El servicio de aduanas de este país cooperará con la empresa estadounidense *International Business Machines*. El volumen de comercio internacional, excluyendo el petróleo en Dubái en los primeros tres trimestres de 2016, ascendió a unos 259 mil millones de dólares, lo que convierte a la ciudad en un importante centro comercial que conecta los mercados de Asia, África y Europa.

El desarrollo activo de la *Blockchain* en China promueve el uso de las nuevas tecnologías en el comercio

internacional. La primera plataforma *Blockchain* china fue lanzada por Dianrong en conjunto con el fabricante Foxconn iPhone. La nueva tecnología debe proporcionar financiamiento continuo y racional de las cadenas de suministro, también el comprador envía la lista de envíos aprobados a la plataforma de *Blockchain*, luego el proveedor selecciona aquellos que necesitan ser financiados y el procedimiento se sigue con el comprador en donde él envía fondos al banco para pagar la deuda de los suministros financiados. Este proceso es automatizado, por lo tanto, elimina cualquier falla y demora (Adejanju, 2020).

En la actualidad, se están implementando tecnologías a diferentes sectores del mundo, el ritmo intensivo de estas tecnologías implica que la transformación digital de la economía en su conjunto y las economías de los países participantes avancen gradualmente, basándose en el uso de las tecnologías modernas. La experiencia internacional y la práctica nacional demuestran la insuficiencia de las medidas adoptadas por las

autoridades aduaneras y la necesidad de tecnologías más eficientes que aseguren tanto la protección de los intereses nacionales como la facilitación del comercio internacional. Esto lleva al estudio de la tecnología *Blockchain* como base para la regulación aduanera y una evaluación de las posibilidades para su aplicación.

El Comité Consultivo del Servicio de Aduanas y Protección Fronteriza de EE. UU. Está explorando el uso de la tecnología *Blockchain* en sus actividades. El informe, comenta que el Comité Consultivo estableció un grupo de trabajo en septiembre de 2017 para abordar cuestiones relacionadas con la promoción de tecnologías existentes o la creación de nuevas tecnologías que tendrán un impacto positivo en el comercio. El grupo de trabajo también planea investigar el uso de la tecnología *Blockchain* para procesar transacciones financieras. También se demostraron 14 opciones para usar la tecnología en el campo aduanero, y que entre ellos se encuentran la recopilación y el seguimiento de datos de agencias gubernamentales

asociadas, como licencias, permisos, certificados de origen y acuerdos de libre comercio, calidad del producto, licencia de aduanas, entre otros.

Dentro de los ejemplos más claros del uso de la tecnología *Blockchain* en el Reino Unido es la empresa con sede en Londres *Everledger*, que ha creado un registro para la certificación de diamantes y el historial de transacciones asociadas a ellos basadas en esta tecnología, la empresa registra todos sus datos acerca de diamantes en la cadena de bloques, y después de crear la gema en la base de datos, todas las características y el historial de transacciones están disponibles para los usuarios de la red *Everledger*, lo que contribuye a la lucha contra los productos falsificados. La tarea de esa compañía es crear un sistema de detección de fraude utilizando el *Blockchain*, que permite a los propietarios de diamantes, agencias de cumplimiento de la ley y compañías de seguros rastrear cualquier joya.

La tecnología en las aduanas ha tenido un crecimiento rápido, con el

objetivo de facilitar el comercio entre países. Lo que provocó que sea más frecuente el comerciar con países cuyos gobiernos han adoptado diferentes plataformas o tecnologías como lo es la ventanilla única, y sus procedimientos aduaneros brindan seguridad y tranquilidad a las empresas y con ello se les otorga un valor agregado a las aduanas. El uso de la tecnología en la digitalización demuestra que un gobierno se compromete a reducir el tiempo que los productos permanecen en aduana, así como a aumentar la eficiencia y reducir la corrupción. El crecimiento de la innovación del comercio reduce las interacciones personales en la aduana y, de ese modo, las oportunidades de sobornos y fraudes.

La tecnología *Blockchain* ofrece la mejor manera de registrar los datos de aduanas para que se puedan compartir de manera segura con varios participantes en la cadena de suministro.

Las ventanillas únicas de comercio exterior (VUCEM) son iniciativas emblemáticas que reducen estos

procesos administrativos, permitiendo enviar información estandarizada de manera electrónica a través de un único punto de entrada. El *Blockchain* podría ser una solución particularmente útil, junto con otras tecnologías y medidas políticas para las aduanas, puesto que hará frente a las necesidades que actualmente se viven en cada una de las aduanas. Esta tecnología puede ayudar a lograr un mejor desarrollo y organización entre los participantes, permitiéndoles acceder a los mismos datos de manera simultánea; los contratos inteligentes desarrollados sobre *Blockchain* pueden automatizar el cumplimiento de las obligaciones contractuales de los usuarios, y los datos incluidos dentro de esta tecnología la cual constituye un flujo de información confiable sobre las transacciones pasadas, ya que son inmutables una vez ingresados.

De igual forma el *Blockchain* tiene el potencial de reducir el tiempo y los costos de comercio al ayudar a mejorar la visibilidad para gestionar los riesgos, reconocer patrones, llevar a cabo trámites previos a la llegada,

compartir datos, mejorar la experiencia del usuario, aumentar la trazabilidad, permitir la recopilación de datos más completos sobre los envíos, las cadenas de valor y los registros de auditoría al unir las ventanillas únicas o a los intermediarios del comercio del sector privado en uno mismo.

Asimismo, ayudaría a automatizar los procesos, automatizar los pagos y las conciliaciones para acelerar la recaudación fiscal, aumentar la confiabilidad de los datos, hacer que los datos sean inmutables y brindarles a los usuarios de la ventanilla única identidades exclusivas, que les permitan compartir las partes relevantes de su identidad entre los proveedores de servicios brindados por terceras partes.

La tecnología Blockchain brinda funciones eficaces, clave que se adaptan al entorno de la cadena de suministro y las necesidades comerciales en el comercio internacional y el transporte. Estas funciones son: Transparencia, Auditable por terceros, Datos

inmutables, Escalable, Seguridad, Alto grado de automatización.

El comercio transparente y seguro sin papel, incluidos conocimientos de embarque, certificados y cartas de crédito, proporciona acceso a la ruta del documento y cualquier cambio a estos documentos, ya sean pedidos de compra, reservas o facturas, asegura la autenticidad e integridad de los documentos, así como la transferencia de título. Un valor inmediato es evitar el fraude en el *factoring* de facturación doble.

Las ventajas que proporciona el Blockchain, son la adquisición y contratación fácil en el contrato, se puede registrar y convertir en un contrato inteligente para permitir el control y la automatización de su ejecución, este garantiza la irrevocabilidad de estos contratos, en donde estos contratos inteligentes pueden incluir funciones de auto ejecución, incluidas las obligaciones de pago a nivel granular. Las tarifas de cancelación de reserva, así como los gastos de detención y estadía, se pueden facturar y pagar de forma clara

y consensuada con el uso potencial de criptomonedas. De igual manera puede gestionar y procesar reclamaciones de garantía de forma rápida y automática.

La rastreabilidad en tiempo real de los bienes y eventos de envío, así como la certificación de datos tales como certificado de origen o prueba de entrega. Registra eventos digitales y verificables. La capacidad de verificar el origen de los productos y su ejecución en el transporte es valiosa, especialmente para cargas sensibles como medicamentos, alimentos y algunos bienes de consumo.

CONCLUSIONES: La tecnología podría reducir el fraude, mejorar la gestión de los derechos de propiedad intelectual, mejorar la rastreabilidad, la confianza y brindar nuevas oportunidades a las pequeñas empresas. La tecnología funciona mejor cuando existen múltiples partes implicadas en una transacción, debido a que esto le da mayor confianza y transparencia.

Una de las desventajas que se identificaron en la investigación, es que la implementación de la tecnología *Blockchain* requiere de grandes inversiones y coordinación, así como cambios en los sistemas que actualmente utilizan las aduanas mexicanas, por lo cual, será de vital importancia establecer reglas para precisar las leyes aplicables y regular las responsabilidades de las partes involucradas.

Las principales ventajas de esta tecnología están dirigidas a reducir la desconfianza de los operadores del comercio exterior e internacional, debido a que se brindará transparencia a la cadena de valor mediante el seguimiento de datos que este provee. En el comercio, las oportunidades que brinda la tecnología *Blockchain* son muy amplias, las cuales van desde la eliminación de intermediarios, reducción de riesgo en las operaciones, verificación documental de datos simplificados, hasta el seguimiento de la cadena de suministro.

Actualmente, la mencionada tecnología está evolucionando y de ser implementada en México, seguirá teniendo cambios, y beneficiará a los involucrados en su uso y aplicación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

Dicex. (2024). Transformación digital en las aduanas de México: beneficios, avances y casos de éxito. <https://www.dicex.com/transformacion-digital-en-las-aduanas-de-mexico-beneficios-avances-y-casos-de-exito/>

Grupo 4PL. (2025). Blockchain: Potencial de esta tecnología en aduanas SCM. <https://www.4pl.mx/blog/blockchain-potencial-de-esta-tecnologia-en-aduanas-scm>

Inter-American Development Bank. (2021). Annual Report 2020: The Year in Review. Inter-American Development Bank.

Costa, M. (14 de 07 de 2020). Foro Capital Pymes. Obtenido de <https://forocapitalpymes.com/el-blockchain-y-la-industria-4-0/>

Adejanju, C. (14 de 07 de 2020). COINTELEGRAPH. Obtenido de <https://es.cointelegraph.com/news/blockchain-adoption-as-a-cure-for-cross-border-trading>

Bancomext. (2009). La evolución de las aduanas en México. Comercio Exterior.

Banco Interamericano de Desarrollo. (2020). Blockchain y comercio internacional: nuevas tecnologías para una mayor y mejor inserción internacional de América Latina. <https://publications.iadb.org/es/blockchain-y-comercio-internacional-nuevas-tecnologias-para-una-mayor-y-mejor-insercion-internacional-de-america-latina>

López, M., & Hernández, R. (2022). Blockchain en la gestión aduanera: Perspectivas para América Latina. Revista Latinoamericana de Tecnología y Comercio, 12(1), 33-48.

Molano, N. (14 de 07 de 2020). BBVA. Obtenido de <https://www.bbva.com/es/claves-para-entender-la-tecnologia-blockchain/>

Olmo, J. (17 de 05 de 2019). Bankia Fintech. Obtenido de <https://www.bankiafintech.com/fintech/es/actualidad/blockchain-ayudar-todos-sectores-y-empresa.html>

Reyes, E. (2008). El agente aduanal, Universidad de Asuntos Internacionales,. México : Google Scholar.

Rodríguez, R. P. (10 de Abril de 2019). EXPORT UP. Obtenido de <https://logisticayaduanas.com.mx/motivos-que-generan-retraso-en-las-operaciones-de-comercio-exterior/>

Salcix. (14 de 07 de 2020). Salcix Consultoria en Comercio Internacional . Obtenido de <https://salcix.com/uso-de-la-tecnologia-blockchain-en-las-aduanas/#:~:text=La%20tecnologia%20de%20la%20cadena%20de%20su%20ministro.&text=La%20empresa%20registra%20diamantes%20en,bloques%20registrando%20todos%20sus%20datos>.

Sánchez. (28 de 02 de 2019). Aduana digital: el futuro de las operaciones en México. Obtenido de Aduana digital: el

futuro de las operaciones en México:
<https://www.tibagroup.com/mx/aduan>
a-digital

Shujie, Z. (2009). The implication of
customs modernization.

Swan, M. (2015). Blockchain:
Blueprint for a new economy. O'Reilly
Media.

Tapscott, D., & Tapscott, A. (2016).
Blockchain revolution: How the
technology behind bitcoin is changing
money, business, and the world.
Penguin

T. Norman, A. (2019). Todo Sobre
Tecnología Blockchain: La Guía

Definitiva Para Principiantes Sobre
Monederos Blockchain. Tektime.

Zamora & Reyes. (2022). Eficiencia de
las aduanas de la región APEC y los
países más dinámicos
comercialmente. México y la cuenca
del pacífico, 53-76.

World Customs Organization. (2022).
Study report on the use of disruptive
technologies in customs.
[https://www.wcoomd.org/en/topics/fac](https://www.wcoomd.org/en/topics/facilitation/activities-and-programmes/disruptive-technologies.aspx)
ilitation/activities-and-
programmes/disruptive-
technologies.aspx

La Responsabilidad Social Universitaria (RSU) en la Universidad Tecnológica del Valle del Mezquital (UTVM): Evaluación, Desafíos y Propuestas de Mejora

**Martín Peña Norma Angélica¹, Trejo Díaz Olivia¹, Rangel
Ángeles María Teresa¹**

¹Universidad Tecnológica del Valle del Mezquital

nmartin@utvm.edu.mx

Resumen: El presente estudio analiza la percepción de estudiantes, docentes y personal administrativo sobre la implementación de la Responsabilidad Social Universitaria (RSU) en un ambiente formativo como es la Universidad Tecnológica del Valle del Mezquital (UTVM). Mediante un enfoque cuantitativo y transversal, se identificó un buen desempeño institucional en aspectos normativos, éticos y de integración social (45%). Sin embargo, se detectaron áreas de oportunidad en conservación ecológica, gestión institucional y equidad en beneficios académicos (35%). La UTVM tiene el potencial de ser un referente regional si fortalece sus acciones, priorizando sustentabilidad, transparencia y participación comunitaria.

Palabras Clave: Comunicación interna, Responsabilidad Social Universitaria, Sustentabilidad.

Abstract: The present study analyzes the perception of students, teachers and administrative staff on the implementation of University Social Responsibility (RSU) at the Technological University of Valle del Mezquital (UTVM). Through a quantitative and transversal approach, good institutional performance was identified in regulatory, ethical and social integration aspects (45%). However, areas of improvement were detected in ecological conservation, institutional management and equity in academic benefits (35%). UTVM has the potential to be a regional reference if it strengthens the systematization of its actions, prioritizing sustainability, transparency and community participation.

Keywords: Internal communication, University Social Responsibility, Sustainability.

INTRODUCCIÓN: Cada vez más, las instituciones de educación superior integran la sostenibilidad y la responsabilidad social (RS) en su misión, alineándose con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Iniciativas que no sólo benefician a las comunidades, sino que fortalecen la experiencia educativa al preparar a los estudiantes como líderes conscientes de su entorno y con habilidades clave para enfrentar retos sociales y ambientales actuales (Toman, Harris, y Land, 2023).

La RS en la educación superior trasciende la misión y los objetivos de cada centro educativo: las

instituciones académicas tienen el compromiso de formar y educar profesionales con un nivel de consciencia que les permita ser críticos, y tengan la capacidad de abordar los múltiples desafíos ambientales, sociales y económicos del mundo actual.

Por lo que la Responsabilidad Social Universitaria (RSU), en específico, se erige como un pilar fundamental para garantizar que estas entidades cumplan con su misión de formar profesionales integrales. Es una filosofía que trasciende la formación académica para incorporar el compromiso ético, social y ambiental

de las instituciones de educación superior con su comunidad y entorno (Vallaeys, 2014).

Macías (2019), por su parte, considera a la RSU como una estrategia de gestión que incorpora una visión integral sobre los efectos que generan tanto las actividades administrativas como académicas en todos los ámbitos de la universidad, contemplando además a los actores involucrados y en donde el estudiante desempeña un papel fundamental. En su concepción más amplia, la RSU representa el compromiso activo y voluntario de las instituciones de educación superior para formar profesionales competentes, capaces de responder a las demandas actuales y anticiparse a los desafíos sociales complejos que puedan surgir en el futuro, contribuyendo así al desarrollo de una sociedad más justa y sostenible.

Incluso exige articular, desde una visión holística, las diversas partes de la institución en un proyecto de promoción social de principios éticos y de desarrollo social equitativo y

sostenible, para la producción y transmisión de saberes responsables y la formación de profesionales ciudadanos igualmente responsables (Ramírez *et al.*, 2017).

Debido a esta nueva concepción que está tomando la educación, incorporando aspectos de la sustentabilidad y conciliando ambos en las escuelas, principalmente las de nivel superior, surge la inquietud por identificar el nivel de RS que se tiene en este tipo de instituciones, concretamente en la Universidad Tecnológica del Valle del Mezquital, creada en el año de 1996 en el municipio de Ixmiquilpan, Hidalgo, con la misión de brindar acceso a la educación superior de calidad, a jóvenes de la región y de estados vecinos, muchos de los cuales no hubieran tenido la oportunidad de estudiar una carrera universitaria de no ser por esta institución educativa.

A lo largo de este tiempo, la UTVM ha contribuido al desarrollo económico y social, al formar profesionales capacitados y competentes que pueden ingresar al mercado laboral y

contribuir al crecimiento de las empresas locales.

Asimismo, resulta relevante destacar que la UTVM mantiene una estrecha vinculación con la industria regional a través de convenios de colaboración, programas de estadías y proyectos de investigación aplicada. Esta relación con el sector productivo no solo fortalece la formación profesional de los estudiantes, sino que también permite evaluar el impacto de la RSU en la transferencia de conocimientos y en la contribución al desarrollo económico y social de la región. Y si bien, da seguimiento puntual a su filosofía organizacional -de formar seres humanos con sentido de identidad y valores-, se plantean los siguientes cuestionamientos:

- ¿Cómo perciben los estudiantes y el personal docente/administrativo el cumplimiento de la RSU en la UTVM?

- ¿Qué estrategias podrían implementarse para mejorar la integración de la RSU en los procesos académicos y operativos de la universidad?

Lo anterior motivó el presente objetivo de investigación: determinar la percepción de los estudiantes y el personal docente/administrativo en el cumplimiento de la Responsabilidad Social Universitaria en la Universidad Tecnológica del Valle del Mezquital. El planteamiento de las hipótesis quedó así:

H1. Existe una relación significativa entre la percepción de la responsabilidad social universitaria en la Universidad Tecnológica del Valle del Mezquital y las acciones que se realizan por parte de su comunidad.

H0. No existe una relación significativa entre la percepción de la responsabilidad social universitaria en la Universidad Tecnológica del Valle del Mezquital y las acciones que se realizan por parte de su comunidad.

METODOLOGÍA: La investigación adopta un enfoque cuantitativo, pues se recopilan y analizan opiniones de la comunidad universitaria sobre las acciones de responsabilidad social mediante un cuestionario con escala de Likert (Muchas veces, Siempre,

Pocas veces, Nunca). El instrumento utilizado proviene del documento *Responsabilidad Social Universitaria desde una Perspectiva Iberoamericana* (Erro Salcido et al., 2023). El estudio tiene un alcance transversal, al realizarse en un único momento temporal. Se clasifica como exploratorio, dado que su objetivo principal es comprender el fenómeno en estudio y sentar las bases para futuras investigaciones, más que obtener resultados concluyentes. Esto permite identificar e interpretar aspectos no abordados previamente, lo que facilita una mejor comprensión del tema y de los resultados obtenidos.

La recolección de datos se llevó a cabo mediante la plataforma Google Forms durante los meses de octubre y noviembre de 2024, aplicada a los diferentes grupos que forman parte de la universidad, docentes, administrativos y estudiantes, dando un total de 691 encuestas. El resultado corroboró varios de los avances que ya se tienen en ética y cumplimiento legal, y también dejó ver la necesidad que se tiene para ampliar y reforzar los canales de comunicación al interior de

la universidad, principalmente, así como otros aspectos sobresalientes que serán de utilidad a las autoridades de la institución para mejorar y reforzar las acciones de responsabilidad social que se están llevando a cabo en la universidad.

RESULTADOS: Para determinar la significancia estadística de los hallazgos, se aplicó la prueba de chi-cuadrado para muestras independientes, comparando las respuestas del personal académico-administrativo con las del estudiantado. Los resultados revelan diferencias estadísticamente significativas en los cinco ámbitos evaluados ($p < 0.05$), lo que confirma que las percepciones entre ambos grupos no son atribuibles al azar. Los intervalos de confianza al 95% respaldan estas diferencias, destacando la brecha en dimensiones como igualdad de oportunidades, trato no discriminatorio y formación en responsabilidad social.

Los datos revelan diferencias estadísticamente significativas en la percepción de la implementación de la RSU entre el personal académico-

administrativo y el estudiantado de la UTM (ver tabla 1 en Anexos). Mientras el personal docente muestra niveles de aprobación moderados en dimensiones clave como igualdad de oportunidades (65.3%) y trato no discriminatorio (58.7%), los estudiantes presentan percepciones notablemente más bajas (35% y 32% respectivamente), evidenciando una brecha perceptual promedio de 27.3 puntos.

Resulta preocupante el bajo reconocimiento de las iniciativas ambientales (40.5% personal vs 29% estudiantes) y de formación en responsabilidad social (57% vs 26%), lo que sugiere deficiencias tanto en la implementación efectiva como en la comunicación institucional de estas políticas. Si bien se muestran fortalezas en ética y cumplimiento legal por parte de la institución, se evidencia la necesidad de implementar estrategias más efectivas de comunicación y participación que permitan alinear las percepciones entre los distintos niveles universitarios. Con relación a las preguntas que orientan esta investigación sobre la percepción de la

RSU en la UTM, se identificó una diferencia notable entre las percepciones del personal docente/administrativo y las del estudiantado. El primer grupo reportó niveles de conocimiento más elevados, lo que sugiere un mayor impacto o involucramiento con las acciones que la universidad realiza en este ámbito. En contraste, para una parte significativa del alumnado, dichas acciones parecen pasar desapercibidas. Estos resultados respaldan el cumplimiento del objetivo general del estudio.

Respecto a las hipótesis planteadas, los datos obtenidos confirman una relación significativa entre la percepción de la RSU y las acciones implementadas dentro de la institución. Por tanto, se valida la hipótesis de trabajo y se rechaza la hipótesis nula. Cabe destacar que, en los cinco ámbitos evaluados, los niveles promedio de percepción se ubicaron por debajo del 50%.

De acuerdo con la definición de Macías (2019), previamente citada, estos hallazgos evidencian la necesidad de una visión y acción más integrales que abarquen tanto las

actividades académicas como administrativas, con un rol más activo del estudiantado. Actualmente, las iniciativas en RSU son percibidas de manera fragmentada. En consecuencia, se recomienda desarrollar estrategias orientadas a fortalecer la integración de la RSU en los procesos académicos y operativos, así como mejorar la difusión y visibilidad de las acciones ya existentes. La diferencia de percepción —de hasta un 25% entre el personal y los estudiantes— resalta la necesidad de fortalecer los mecanismos de comunicación institucional.

CONCLUSIONES: La UTMV cumple con los estándares básicos de RSU, especialmente en aspectos legales, éticos y de inclusión, pero enfrenta desafíos en sostenibilidad ambiental, transparencia y equidad en apoyos estudiantiles.

Existe una discrepancia entre la percepción positiva en ciertas áreas (ej. libertad de expresión) y críticas en otras (ej. gestión de residuos), lo que refleja una implementación fragmentada de la RSU. La

vinculación con la industria y la investigación aplicada es una fortaleza, pero se requiere mayor integración curricular de la responsabilidad social en todas las disciplinas. La comunicación institucional es un punto débil, pues muchos proyectos no se difunden adecuadamente, lo que reduce su impacto y participación. La UTMV tiene la oportunidad de posicionarse como un referente en la zona del Valle del Mezquital si logra sistematizar sus esfuerzos, priorizando la sustentabilidad, la transparencia y la participación comunitaria. Esto no solo mejorará su reputación, sino que fortalecerá mucho su contribución al desarrollo regional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

Erro, L.F., Córdova, G., & Mendivil, Y. (2023). *La responsabilidad social universitaria desde una perspectiva iberoamericana*. Qartuppi.

<http://doi.org/10.29410/QTP.23.05>

Macías Vilela, D. y Bastidas Vaca, C. (2019). Responsabilidad Social Universitaria: estudio de caso desde la

perspectiva de los estudiantes Ingeniería Industrial. *Actualidad y Nuevas Tendencias*, 6(23), pp. 23-44.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=215067134003>

Ramírez Vázquez, Y., Moctezuma Merlo, P. y González Muñoz, O. (29 de junio de 2017). Importancia de la responsabilidad social en la formación de los futuros profesionales, 53-65
<https://www.uv.mx/iiesca/files/2017/10/07CA201701.pdf>

Toman, I., Harris, M., y Land Van't, H. (enero de 2023). International Association of Universities (IAU). Accelerating Action For The SDGS In Higher Education, 35-74
https://www.iau-aiu.net/IMG/pdf/iauhesdsurvey2023_accelerating_actions.pdf

Vallaes, F. (2014). La responsabilidad social universitaria: un nuevo modelo universitario contra la mercantilización. *Revista Iberoamericana de Educación Superior*, 5(12), 105-117
<https://www.scielo.org.mx/pdf/ries/v5n12/v5n12a6.pdf>.

ANEXOS:

Resultados de investigación sobre RSU en UTMV.

| Criterio | A. Personal docente y administrativo | B. Estudiantes de UTMV | Promedio UTMV |
|---|--------------------------------------|------------------------|---------------|
| Responsabilidad Legal | | | |
| La Universidad está comprometida a eliminar cualquier forma de discriminación y a promover la igualdad de oportunidades. | 65.30% | 35.00% | 50% |
| Responsabilidad con grupos de interés internos | | | |
| La Universidad respeta los derechos y la dignidad de sus estudiantes/personal, y trata a todos justamente y sin discriminación. | 58.70% | 32% | 45% |
| Compromiso con la comunidad | | | |
| La Universidad está tratando de reducir los desechos generados, y está haciendo los esfuerzos posibles para reusar y reciclar. | 40.50% | 29.00% | 35% |
| Responsabilidades operacionales | | | |
| La Universidad está comprometida a incorporar la igualdad y la diversidad en todas sus operaciones. | 53.70% | 27.00% | 40% |
| Responsabilidad de investigación y desarrollo | | | |
| Los alumnos son educados en cuanto a su responsabilidad social en su área de especialización. | 57% | 26.00% | 42% |

Nota: se aprecian las cifras obtenidas por cada una de las poblaciones encuestadas para esta investigación. Elaboración propia.

Síguenos

en nuestras redes sociales:

 /UTEscobedo

 @UT.Escobedo

 @ut.escobedo

 ut.escobedo

 @SocialUTE

www.ute.edu.mx

Teléfono: 81 5000 42 00

