

XVIII *Jornadas de
Investigación
de la Unexpo
Puerto Ordaz*
Y

II *Congreso de
Investigación,
Ciencia y Tecnología*

2021

UNIVERSIDAD, CIENCIA y TECNOLOGÍA

Edición Especial de la Jornadas de Investigación 2021
Revista electrónica Trimestral editada por la Universidad
Nacional Experimental Politécnica "Antonio José de Sucre",
UNEXPO, Vicerrectorado Puerto Ordaz.

INDIZADA EN:

- Actualidad Iberoamericana 
- Aluminium Industry Abstracts
- Corrosion Abstracts
- CSA Engineering Research Database
- CSA Materials Research Database with METADEX
- CSA Recent References Related to Technology
- CSA Technology Research Database
- Environment Abstracts
- LATINDEX 
- Mechanical & Transportation Engineering Abstracts
- METADEX
- REVENCYT 
- Colección Scielo (www.scielo.org.ve) 

• CiteFactor 

• MIAR 

• ERIHPLUS 

REGISTRADA EN:

- Ulrich's Internacional Periodicals Directory

"Para garantizar la originalidad de los documentos presentados debe llenar el formulario de compromiso de originalidad que se encuentra en este enlace: <https://www.uctunexpo.autanabooks.com/index.php/uct/formatos> Todos los artículos presentados deben ser inéditos y originales."

Diagramación y Diseño de Portada:

Br. Manuelis Salazar

Impresión:

Dirección de Investigación y Postgrado, UNEXPO Puerto Ordaz

Visualización de la Revista:

<http://uctunexpo.autanabooks.com/index.php/uct>
www.uct.unexpo.edu.ve

DIRECTORIO DE LA REVISTA UNIVERSIDAD, CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Director: Dr. Luis Rosales

Editor: Dr. Sergio Velásquez

Co-Editoras: MSc. Franyelit Suárez ; Dr. Linda Gil

Comité Editorial:

Dr. Oscar Dam(Universidad Nacional Experimental Politécnica "Antonino José de Sucre")

Dr. Ángel Custodio (Universidad Nacional Experimental Politécnica "Antonino José de Sucre")

Dr. Herman Fernández(Universidad Nacional Experimental Politécnica "Antonino José de Sucre")

Dra. Linda Gil(Universidad Nacional Experimental Politécnica "Antonino José de Sucre")

Dr. Luis Rosales(Universidad Nacional Experimental Politécnica "Antonino José de Sucre")

PhD. Simón Caraballo(Universidad Nacional Experimental Politécnica "Antonino José de Sucre")

Dr. Ovidio León(Universidad Nacional Experimental Politécnica "Antonino José de Sucre")

Dr. Alejandro Marcus(Universidad Nacional Experimental de Guayana)

PhD. Henry Izquierdo(Universidad Nacional Experimental de Guayana)

MSc. Franyelit Suárez (empresa AutanaBooks-Ecuador)

Dr. Janio Jadán (Universidad Tecnológica Indoamérica-Quito-Ecuador)

Dra. Hilda Márquez (Universidad Metropolitana de Quito-Ecuador)

Dr. Diego Bonilla (Universidad Estatal de Bolívar-Provincia de Bolívar- Ecuador)

Dr. David Parra (Universidad Israel-Quito- Ecuador)

Mgt. Alberto Haro (Empresa Enyde.ec- Ecuador)

Mgt. Gustavo Chango (Pontificia Universidad Católica-Sede Esmeraldas- Ecuador)

Dra. Gloria Peña (Pontificia Universidad Católica-Sede Esmeraldas- Ecuador)

Dra. Beatriz Maldonado (Pontificia Universidad Católica-Sede Esmeraldas- Ecuador)

Mgt. Karina Mendoza (Universidad UTE-Quito- Ecuador)

Mgt. Juan Segura (Universidad Tecnológica Indoamérica-Quito- Ecuador)

Dra. Neris Ortega (Universidad Metropolitana de Quito-Ecuador)

Dra. Elsa Zamora (Universidad Metropolitana de Quito-Ecuador)

Autoridades Nacionales de la UNEXPO

Rectora: Dra. Rita Añez

Vicerrectora Académica: Dra. Fraisa Codecido

Vicerrectora Administrativa: MSc. Mazra Morales

Secretaria: Ing. Magly de Peraza

Autoridades Regionales, Vicerrectorado Puerto Ordaz

Vicerrector: Dr. Luis Rosales

Director Académico: Lic. Richard Resplandor

Director Administrativo: Dr. Sergio Velásquez

Director de Investigación y Postgrado: Ing. Luisa Boet

Los artículos, opiniones y colaboraciones que se publican en esta revista no representan necesariamente la filosofía informativa ni institucional de la UNEXPO y podrán ser reproducidos previa autorización del Editor. En caso de reproducción se agradece citar la fuente y enviar ejemplares del medio utilizado a la UNEXPO, a la siguiente dirección: Dirección de Investigación y Postgrado, UNEXPO, Vicerrectorado Puerto Ordaz, Alta Vista Sur, Urb. Villa Asia, Final Calle China, Apdo. Postal 8050. Puerto Ordaz, Estado Bolívar, Venezuela. Telf./fax (0286) 9625245-9611382. Email: uct-poz@unexpo.edu.ve

Contenido

4

Tolentino Masgo San Luis B, Análisis de la Fluctuación de la velocidad del Flujo en la longitud de Garganta de un Grupo de Toberas Cónicas Experimentales.

13

Ramírez Linares Nelson Javier, Villarroel Rojas Jesús Manuel y Lira Carlos, Conocimiento del uso de los pepinos de mar en la medicina.

19

Eduardo Silveira Gómez, Control inteligente a través de redes neuronales aplicadas a la identificación y control de sistemas realimentados.

35

Izquierdo Henry, Direccionamiento del Desarrollo Local como Eje Estratégico a través de un Modelo de Gestión.

45

Boet Luisa, Dam Oscar, Efecto de la corriente impresa en protección catódica sobre la generación de gases en materiales con hierro.

55

Marturet Pérez, Gustavo José. y Torres M., Carlos F, Estrategia de desarrollo de turbinas hidrocinéticas con aplicación CFD para la determinación de rendimientos.

69

Girón Villarroel Thamara y Dam González Oscar, Influencia de la entropía social en el tráfico de internet.

76

Salomón Liliana, Ortiz Alexis, Metamodelo de Regresión Lineal Multivariante de Sistemas de Carga y Acarreo de mineral

85

Izquierdo Henry, Predisposición de la familia guayanesa por la influencia del covid-19.

93

Ontiveros González Margiolys, Propuesta de Integración Participativa Escuela – Comunidad en el Proceso de Aprendizaje (Caso específico Escuela Básica Nacional Puerto Ordaz, octavo grado).

99

Marturet Pérez Gustavo José, Torres M Carlos F, Caraballo F Simón A., Simulaciones en dominios bidimensionales para el análisis de rendimientos de turbinas helicoidales por efectos de variaciones en la relación de solidez.

Análisis de la Fluctuación de la velocidad del Flujo en la longitud de Garganta de un Grupo de Toberas Cónicas Experimentales

Tolentino Masgo San Luis B.

sanluist@gmail.com

Universidad Nacional Experimental Politécnica "AJS" Vice-Rectorado Puerto Ordaz, Bolívar, Venezuela.
Grupo de Modelamiento Matemático y Simulación Numérica, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.

Resumen: En el presente trabajo, el objetivo es analizar las fluctuaciones de la velocidad del flujo en la longitud de garganta de un grupo de toberas cónicas experimentales que han sido utilizadas en motores de cohetes sonda de combustible sólido. El flujo compresible se simuló en dominios computacionales 2D con el código ANSYS-Fluent v.12.1, el cual fue resuelto con el modelo RANS, para un análisis basado en densidad. Para reproducir la turbulencia del flujo se empleó el modelo de turbulencia de Menter; para la viscosidad en función de la temperatura la ley de Sutherland. Los resultados muestran que para el caso de un flujo sobre-expandido se presenta fluctuaciones, con regiones del flujo a velocidad subsónica, transónica y supersónica; y para el caso de un flujo sub-expandido no se presenta fluctuaciones, sin embargo la aceleración es escalonada. Al reducir la longitud de garganta, las fluctuaciones disminuyen. Se concluye que, la geometría de la sección de la garganta influye en el desarrollo del flujo, por lo cual, establece una relación de longitud y diámetro, siendo la longitud de la garganta un parámetro geométrico dominante.

Palabras Clave: Longitud de garganta, Fluctuaciones, Flujo sobre-expandido, Flujo sub-expandido, Tobera cónica, Simulación.

Analysis of the Flow Velocity Fluctuation in the Throat Length of a Group of Experimental Conical Nozzles

Abstract: In the present work, the objective is to analyze the flow velocity fluctuations in the throat length of a group of experimental conical nozzles that have been used in sounding solid rocket motors. The compressible flow was simulated in 2D computational domains with the ANSYS-Fluent v.12.1 code, which was solved with the RANS model, for a density-based analysis. To reproduce the turbulence of the flow, Menter's turbulence model was used; for viscosity as a function of temperature Sutherland's law. The results show that for the case of an over-expanded flow, fluctuations are present, with regions of the flow at subsonic, transonic and supersonic speeds; and for the case of an under-expanded flow there are no fluctuations, however the acceleration is staggered. By reducing the throat length, the fluctuations decrease. It is concluded that the geometry of the throat section influences the development of the flow, for which it establishes a relationship of length and diameter, with the length of the throat being a dominant geometric parameter.

Keywords: Throat length, Fluctuations, Over-expanded flow, Under-expanded flow, Conical nozzle, Simulation.



I. INTRODUCCIÓN

El estudio experimental y numérico del flujo en toberas experimentales supersónicas permite conocer el comportamiento del campo de flujo de presión, número de Mach, temperatura, densidad, entre otros parámetros termodinámicos, para diferentes configuraciones geométricas de diseño de la pared interna de la tobera. La pared interna de la sección convergente, garganta y la divergente influye en el desarrollo del flujo cuando se le aplica carga de presión al flujo a la entrada de la tobera. Luego que el flujo está estrangulado en la garganta, la diferencia de presión entre la entrada y salida de la tobera acondiciona para que el flujo esté sobre-expandido, expandido o sub-expandido [1].

La técnica Schlieren [2, 3, 4] permite captar las imágenes de las ondas de choque y la turbulencia del flujo, cuando las paredes de las toberas son transparentes, la cual es común en toberas experimentales para flujo frío empleadas en laboratorios [5, 6, 7]; así como, la dinámica de fluidos computacional (CFD, por sus siglas en inglés) [8] permite simular la turbulencia del flujo y cuantificar sus magnitudes termodinámicas. En la literatura, están reportados trabajos sobre la turbulencia, la capa límite, ondas de choque [9, 10, 11], y los diferentes modelos de turbulencia [12] que se emplean en la CFD para la modelación del flujo.

El estudio del campo de flujo de toberas cónicas, de campana, parabólicas, entre otros, empleadas en motores de cohetes es extenso. La sección de la garganta de la tobera tiene un radio de curvatura que permite la unión suave de la sección convergente con la divergente.

También se tiene otros estudios, para el caso de toberas experimentales con longitud de garganta, donde la garganta es una sección recta de tramo corto, donde estos tipos de toberas han sido empleadas en motores de cohetes sonda de combustible sólido con fines de investigación; así como, ensayadas en bancos de prueba para la recolección de datos experimentales [13-19].

El estudio del campo de flujo interno para toberas con longitud de garganta es de suma importancia, ya que se quiere conocer la estructura del choque en la sección de la garganta y en la divergente. La técnica Schlieren tiene sus limitaciones para registrar las imágenes del choque, debido a que las paredes de las toberas ensayadas son de material de acero, por lo cual, se debe recurrir a métodos numéricos.

Estudios recientes de simulaciones numéricas aplicando la CFD para un flujo sobre-expandido en toberas con longitud de garganta han reportado choques oblicuos en la sección de la garganta, por lo cual, en dicha sección se presentan fluctuaciones de los parámetros termodinámicos [20]. Así como, han realizado el estudio para diferentes configuraciones de la longitud de garganta y ángulo medio de la divergente [21]. Además, han reportado resultados numéricos para un flujo sub-expandido, donde, en la longitud de garganta la aceleración del flujo se ralentiza [19, 22].

En el presente trabajo, el objetivo es analizar las fluctuaciones de la velocidad del flujo en la longitud de garganta de un grupo de toberas cónicas experimentales que han sido utilizadas en motores de cohetes sonda de combustible sólido. En la sección II se presenta el fundamento matemático y aspectos elementales del dominio computacional. En la sección III se exponen los resultados y discusión. Seguidamente, en la sección IV se exponen las conclusiones del análisis realizado.

II. METODOLOGÍA

A. Fundamento matemático

El campo de flujo compresible se simuló en condiciones estacionarias, el cual fue resuelto con el modelo de las ecuaciones de Navier-Stokes de número de Reynolds promedio (RANS, por sus siglas en inglés) [23]. Las cuatro ecuaciones gobernantes: conservación de la masa (1), cantidad de movimiento (2), conservación de la energía (3) y de estado (4), de forma compacta se expresan como:

$$\nabla \cdot (\rho u_i) = 0 \quad (1)$$

$$\nabla \cdot (\rho u_i u_j) = -\nabla p + \nabla \cdot (\bar{\tau}) + \nabla \cdot (-\rho \overline{u'_i u'_j}) \quad (2)$$

$$\nabla \cdot (u_i (\rho E + p)) = \nabla \cdot (k_{eff} \nabla T + (\bar{\tau}_{eff} \cdot u_i)) \quad (3)$$

$$p = \rho RT \quad (5)$$

Donde, la densidad es ρ ; la velocidad u ; la presión p ; el tensor de tensiones $\bar{\tau}$; las tensiones de Reynolds $-\rho \overline{u'_i u'_j}$. La energía total es E ; la temperatura T ; la conductividad térmica efectiva k_{eff} ; el tensor de tensiones efectivo $\bar{\tau}_{eff}$; la constante del gas R . Así como, se empleó la ley de Sutherland [24] para la viscosidad en función de la temperatura.

El número de Mach, M , es el parámetro dominante para flujo compresible. Se encuentra en el siguiente rango: flujo incompresible $M < 0,3$; flujo subsónico $0,3 < M < 0,8$; flujo transónico $0,8 < M < 1,2$; flujo supersónico $1,2 < M < 5$; flujo hipersónico $M > 5$; flujo sónico $M = 1$ [11]

Para reproducir la turbulencia del flujo se tomó en cuenta el modelo de turbulencia SST $k-\omega$ de Menter [25], la cual es resuelta en conjunto con la ecuación de cantidad de movimiento. Este modelo de turbulencia fue evaluado previamente para sustentar su empleo en las simulaciones del presente trabajo [26, 27].

Se tomó en consideración tres toberas cónicas experimentales con longitud de garganta perteneciente al Proyecto Cohete Sonda ULA [13-17], donde las toberas están clasificadas como ULA-1A XP, ULA-2 y ULA-1B. Las toberas de la serie ULA son consideradas toberas fuera de diseño por tener el ángulo medio de la divergente menor de 12° [1]. Además, se consideró una cuarta tobera experimental con longitud de garganta clasificada como Helios-X, diseñado por Richard Nakka [13, 19, 22]

Las dimensiones básicas principales de las toberas con longitud de garganta se presentan en la Tabla 1. Donde, el ángulo medio de la convergente es β , de la divergente α ; el diámetro de la garganta D_g , la longitud de garganta L_g y la longitud de la divergente L_d , respectivamente.

Tabla 1. Dimensiones elementales de las toberas con longitud de garganta.

Tobera	1A-XP	2	1B	Helios-X
:				
β	29°	20°	29°	30°
α	11°	9°	11°	15°
L_g/D_g	1,10	0,91	0,91	1,07
L_d/D_g	5,39	6,35	5,80	2,39

Se construyó los dominios computacionales 2D con simetría axial en el eje x , para cada tobera. Adicionalmente, para el caso de las toberas ULA, se tomó en cuenta otros dominios computacionales para valores menores de

longitud de garganta, previos análisis de los parámetros geométricos sustentados en la función objetivo.

El flujo se consideró con los siguientes parámetros: relación de calor específico $\gamma=1,4$, constante del gas $R=287 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$, calor específico a presión constante $C_p=1006,43 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ y la conductividad térmica $k=0,0242 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$.

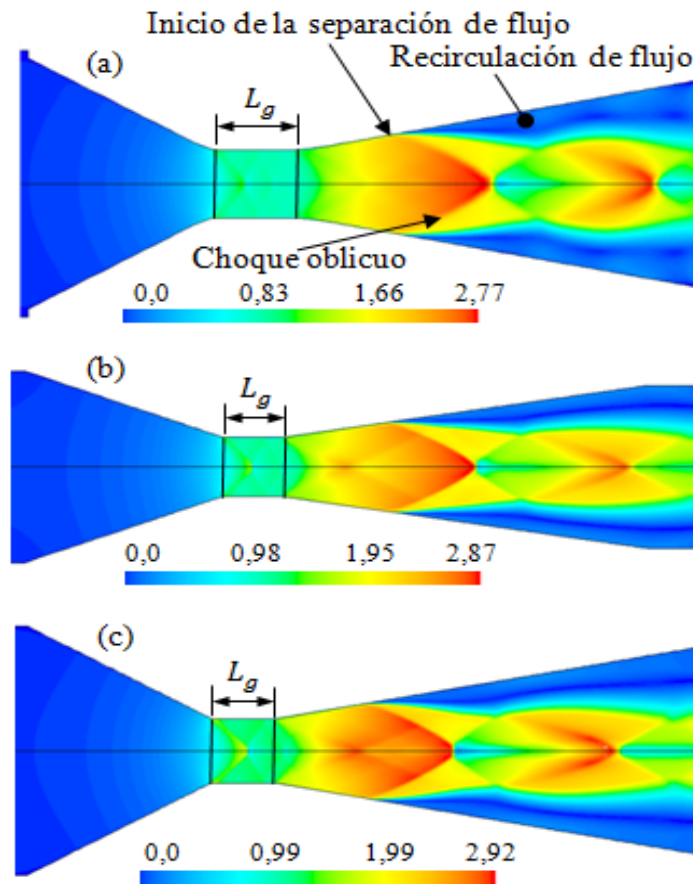
Las condiciones iniciales y de borde del flujo se establecieron como: para el caso de las toberas ULA, el flujo a la entrada se estableció a 709 kPa y $1673,15 \text{ K}$, a la salida de la tobera, en el ambiente, a 98 kPa y $293,15 \text{ K}$ [16, 17]. Para el caso de la tobera Helios-X, a la entrada de la tobera se estableció a $6996,11 \text{ kPa}$ y 2558 K , a la salida a $101,5 \text{ kPa}$ y $263,15 \text{ K}$ [19, 22].

Se realizó el mallado de los dominios computacionales en la plataforma ANSYS-Meshing. Para la simulación del flujo se aplicó el código ANSYS-Fluent versión 12.1, el cual aplica el método de volumen finito. El análisis computacional fue basado en densidad para un fluido compresible.

III.RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El campo de número de Mach, para las cuatro toberas con longitud de garganta se muestra en la Figura 1. Las Figuras 1(a)-1(c) corresponden para el campo de flujo sobre-expandido, donde se muestra en la sección divergente la distribución de la magnitud del número de Mach, donde el chorro supersónico presenta gradientes de velocidad producto de los cambios abruptos de las ondas de presión. Se muestra el inicio de la separación del flujo, el choque oblicuo y reflejado, así como la recirculación de flujo. En la sección de la garganta, el flujo presenta fluctuaciones, con presencia de ondas de choque oblicuas, tal como se evidencia en la Figura 2 en escala de grises, cuya imagen corresponde a la Figura 1(c), para el caso de la tobera ULA-1B. Para las toberas ULA-1A XP y ULA-2, la estructura del choque en la sección de la garganta son ligeramente similares.

Para el caso de la tobera Helios-X, se muestra en la Figura 1(d), la simulación fue realizada para un flujo sub-expandido. Se observa que no se presenta ninguna onda de choque en ninguna región del campo de flujo. En la sección de la garganta de longitud L_g y en la divergente, el comportamiento del flujo es diferente con respecto a las tres toberas antes mencionadas que fueron simulados para un flujo sobre-expandido.



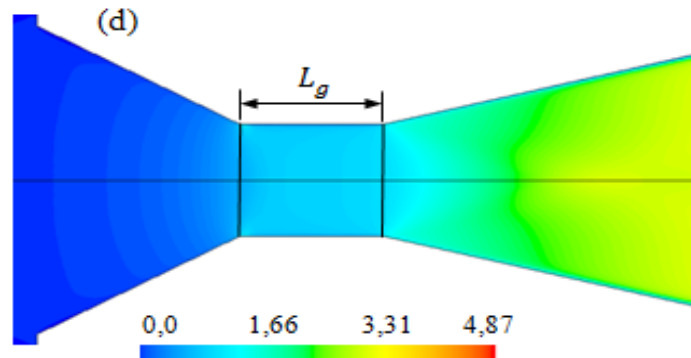


Figura 1: Campo de flujo de número de Mach. Flujo sobre-expandido: a) Tobera ULA-1A XP. b) Tobera ULA-2. c) Tobera ULA-1B. Flujo sub-expandido: d) Tobera Helios-X.

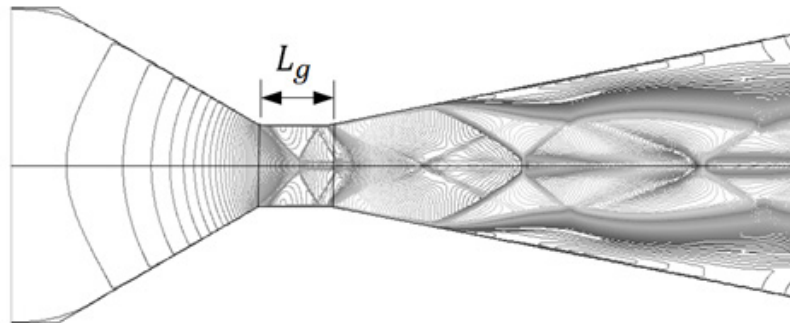


Figura 2: Flujo sobre-expandido: línea de contorno de número de Mach, tobera ULA-1B.

El análisis del flujo se ha enfocado en la sección de la garganta, por ser de interés en determinar los rangos estimados del número de Mach en dicha sección. En la Figura 3 se muestra el comportamiento de los datos de velocidad del flujo en la simetría axial, en el eje x , para una distancia adimensional L_g/D_g , para las toberas simuladas para un flujo sobre-expandido: se muestran las regiones subsónica, transónica y supersónica. El flujo al ingresar a la sección recta de la garganta se acelera, se presenta el choque y se presenta una caída de velocidad, seguidamente la velocidad fluctúa aguas abajo, hacia la salida de la garganta.

Caso diferente sucede para un flujo sub-expandido, el flujo ingresa acelerado, posteriormente se ralentiza su velocidad durante el recorrido a lo largo de la sección recta de la garganta, antes de salir de la garganta el flujo incrementa ligeramente su velocidad.

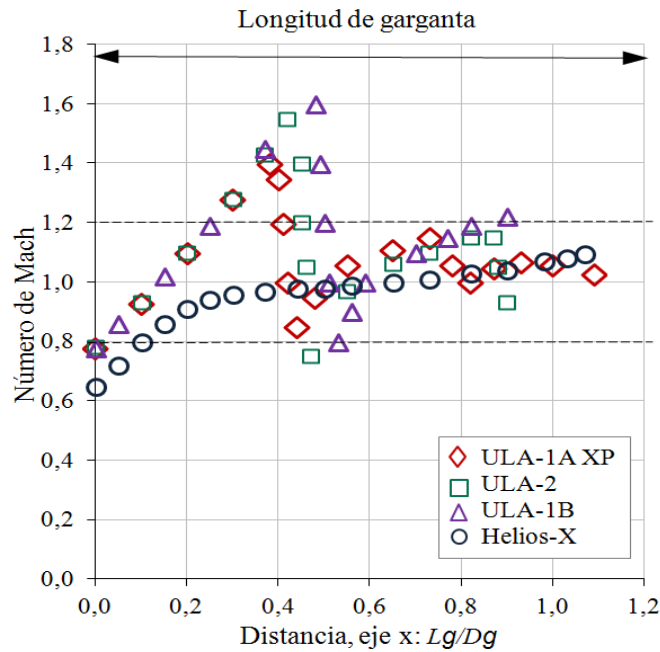


Figura 3: Patrón de flujo en la sección recta de la garganta de longitud L_g . Flujo sobre-expandido: ULA-1A XP, ULA-2 y ULA-1B. Flujo sub-expandido: Helios-X.

En la Figura 4 se muestra un esquema simple, sin escala, referenciado en base a la Figura 3 del patrón de flujo del número de Mach para un flujo sobre-expandido y sub-expandido.

Cabe destacar, al incrementar la presión del flujo a la entrada de la tobera, en la divergente las ondas de choque se trasladan de manera progresiva hacia la salida de la tobera, por tanto, el comportamiento de la trayectoria del perfil del número de Mach para un flujo sobre-expandido cambia su configuración de manera gradual para obtener la forma de la trayectoria para un flujo sub-expandido, la cual tiene una forma escalonada con una ligera pendiente. Para un flujo sub-expandido, la longitud de la garganta permite que el flujo se estrangule en cierta región y reduzca su aceleración. De acuerdo a los datos en la sección de la garganta, la velocidad del flujo es afectado por la longitud de la sección recta de la garganta.

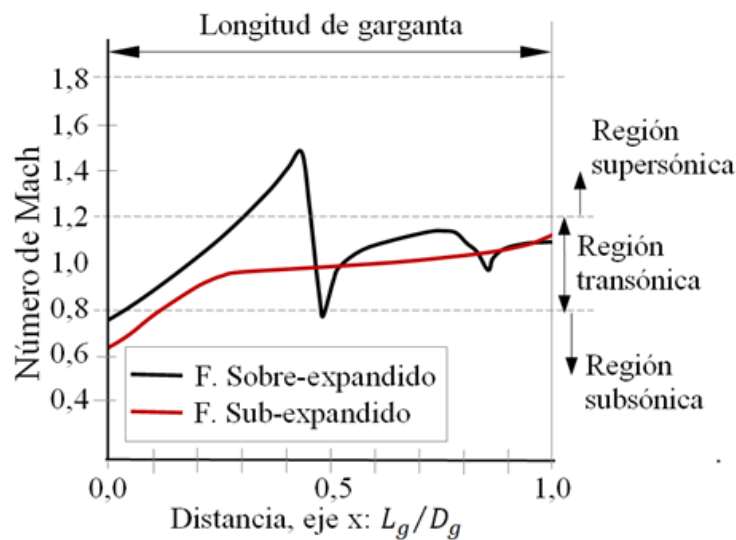


Figura 4: Patrones de comportamiento del flujo en la longitud de garganta L_g , para un flujo sobre-expandido y sub-expandido.

Para el caso de un flujo sobre-expandido en una tobera con mayor longitud de garganta $L_g(D_g > 1,0)$, a partir de esta referencia, la fluctuación disminuye dentro de la región transónica, y el flujo a la salida de la garganta tendrá un valor mayor de la velocidad sónica con una tendencia próxima a ser uniforme en su área de sección transversal. Sin embargo, para un flujo sub-expandido, la resistencia a la aceleración del flujo en la sección de la garganta será mayor por causa de un mayor recorrido. Por otro lado, para $L_g(D_g < 1,0)$, la velocidad del flujo a la salida de la garganta de la tobera disminuye por debajo de la velocidad sónica, a la vez que se reduce la fluctuación de la región del flujo en la divergente que se encuentra adyacente a la salida de la garganta.

En la Figura 5 se muestra el patrón de comportamiento de la velocidad del flujo, para el caso de la tobera ULA-1A XP, para cinco casos de longitud de garganta, el cual inicia con $L_g = 10$ mm, y finaliza para $L_g = 1$ mm, siendo la relación $L_g/D_g = 0,066$ para $L_g = 1$ mm; y el ángulo medio de la divergente se encuentra en el rango de $\sim 11,5^\circ$ hasta $\sim 13,5^\circ$ [21]. El inicio de la garganta comienza en la posición $x = 37,82$ mm, y a partir de esta posición se miden las longitudes L_g . A partir de $L_g = 2$ mm la fluctuación se incrementa, lo cual ocasiona que se intensifique el inicio de choque oblicuo al inicio de la entrada de la garganta de la tobera. La región de inflexión se presenta en la posición estimada de 43-45 mm, y el rango de 1,3-1,5 Mach.

Para las toberas ULA-2 y ULA-1B también se realizó el análisis del flujo para $L_g = 1$ mm, siendo $L_g/D_g = 0,042$ y $L_g/D_g = 0,06$, respectivamente; donde el comportamiento de la trayectoria del perfil de número de Mach, hasta cierto tramo, son similares al de la tobera ULA-1A XP.

El desarrollo del flujo del eje x hacia las paredes, también presentan fluctuaciones, donde el campo de flujo fue analizado para la presión, velocidad, número de Mach y temperatura para el caso de la tobera ULA-1A XP, y reportado en [20, 21]; así como, para la tobera Helios-X [22].

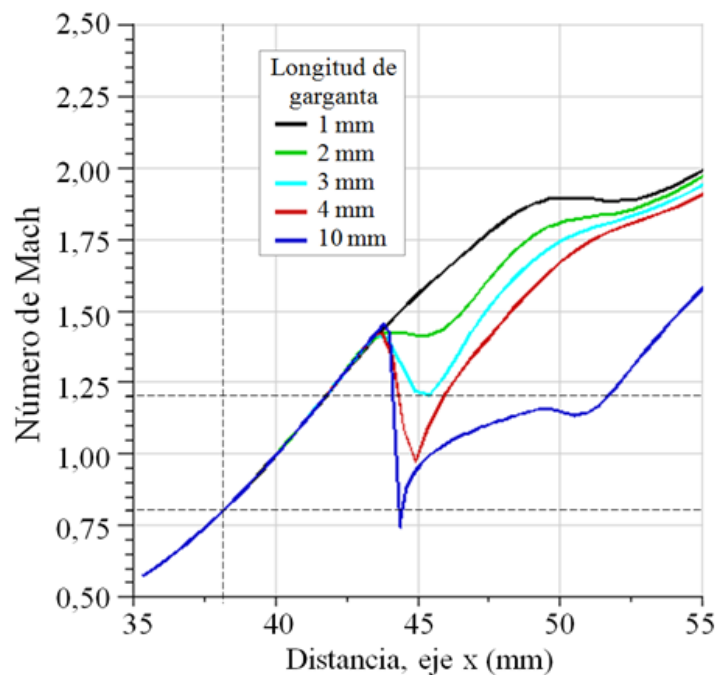


Figura 5: Perfiles de número de Mach evaluados para diferentes longitudes de garganta L_g .

Según los resultados, para reducir las fluctuaciones en toberas con longitud de garganta, como criterio de parámetro de control se considera aceptable tomar en cuenta $L_g/D_g = 0,1$, lo cual corresponde la longitud equivalente al 10% del diámetro de la garganta ($L_g = 0,1D_g$). Para un caso más estricto del control de la fluctuación, se debe tomar en cuenta como criterio de parámetro de control el rango de $0,05 \leq L_g/D_g \leq 0,1$, el cual se encuentra en el rango del 5% al 10% del diámetro de la garganta. Señalando que, la longitud de la garganta L_g es un parámetro geométrico dominante, por lo tanto, valores $L_g/D_g < 0,1$ garantiza un buen desarrollo del régimen del flujo en la sección de la garganta a la vez que la velocidad disminuye. Valores $L_g/D_g > 0,1$ incrementa la velocidad del flujo a la salida de la garganta hasta cierto tramo, e influyen en el desarrollo del flujo en la sección de la garganta, por lo cual presenta desaceleraciones, vibraciones, ganancia del peso por la estructura de la sección recta de la garganta,

entre otros.

IV. CONCLUSIONES

Basado en el análisis realizado, se concluye que:

Para una longitud de garganta equivalente a su diámetro, $Lg(Dg=1)$ se presenta dos escenarios: cuando el flujo está sobre-expandido en la divergente, en la garganta se presentan fluctuaciones a velocidad subsónica, transónica, incluso alcanza un pico de velocidad supersónica. Cuando el flujo en la divergente está sub-expandido, en la sección de la garganta no hay presencia de fluctuaciones, el patrón de comportamiento de la velocidad se encuentra a régimen subsónico y transónico.

Para $Lg(Dg<1)$, en el caso de un flujo sobre-expandido, las fluctuaciones en la sección de la garganta tienden a disminuir. Para el caso de flujo sub-expandido, se reduce la resistencia a la aceleración del flujo.

Para una relación de longitud de garganta y diámetro del mismo se considera aceptable como criterio de parámetro de control $Lg(Dg=0,1)$; para un caso más estricto se considera en el rango de $0,05 \leq Lg(Dg \leq 0,1)$.

REFERENCIAS

- [1] G. P. Sutton and O. Biblarz, *Rocket propulsion elements*. USA: John Wiley & Sons, 2016.
- [2] P. Krehl & S. Engemann, “August Toepler — the first who visualized shock waves”, *Shock Waves*, vol. 5, no. 1, pp. 1–18, Jun 1995.
- [3] G. S. Settles, “Toma ultrarrápida de imágenes de ondas de choque, explosiones y disparos”, *Revista Investigación y Ciencia*, pp. 74-83, May, 2006.
- [4] M. Dagaro, L. Peralta, G. A. Ludueña, D. Lorenzon, J. O. García, A. Galeasso, & J. Bustamante, “Sobre el diseño y construcción de un túnel de viento supersónico bidimensional”, *Revista FCEfyN*, vol 6, no. 2, pp. 35-40, 2019.
- [5] C. A. Hunter, “Experimental, theoretical, and computational investigation of separated nozzle flows”, 34th AIAA/ASME/SAE/ASEE Joint Propulsion Conference exhibit, July 1998, Cleveland, OH. <https://doi.org/10.2514/6.1998-3107>
- [6] R. Arora, R. Vaidyanathan, “Experimental investigation of flow through planar double divergent nozzles”, *Acta Astronautica*, vol. 112, pp. 200-216, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2015.03.020>
- [7] O. Kostic, Z. Stefanovic, I. Kostic, “Comparative CFD analyses of a 2D supersonic nozzle flow with jet tab and jet vane”, *Tehnicki Vjesnik*, vol. 24, no.5, pp. 1335-1347, 2017. <https://doi.org/10.17559/TV-20160208145336>
- [8] J. Blazek, *Computational fluid dynamics: principles and applications*. Butterworth-Heinemann, 2015.
- [9] T. V. Karman, “The fundamentals of the statistical theory of turbulence”, *Journal of the Aeronautical Sciences*, vol. 4, no. 4, pp. 131–138, 1937.
- [10] H. Schlichting, *Boundary-layer theory*. McGraw-Hill classic textbook reissue series, 2016.
- [11] J. D. Anderson, *Fundamentals of aerodynamics*. McGraw-Hill series in aeronautical and aerospace engineering, 2017.
- [12] D. C. Wilcox, *Turbulence modeling for CFD*. DCW Industries, 2006.
- [13] R. Nakka, “Richard Nakka’s experimental rocketry web site”, [Online]. Available: <http://www.nakka-rocketry.net>.
- [14] Universidad de Los Andes, “Programa Espacial ULA”, [Online]. Available: <https://www.ing.ula.ve/programaespacialula/Publicaciones/PUBLICACIONES.html>.
- [15] V. Marcano, P. Benítez, C. La Rosa, L. Lacruz, M. A. Parco, J. Ferreira, R. Andressen, A. Serra, M. Peñaloza, L. Rodríguez, J. E. Cárdenas, V. Minitti, J. J. Rojas, “Progresos alcanzados en el proyecto universitario cohete sonda ULA”, *Revista Universidad, Ciencia y Tecnología*, vol. 13, no. 53, pp. 305-316, 2009.
- [16] M. A. Parco, “Análisis experimental de temperaturas en la tobera de un motor de cohete de combustible sólido”, Trabajo de Grado de Maestría. Facultad de Ingeniería, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela, 2014.
- [17] L. Lacruz, M. A. Parco, R. Santos, C. Torres, J. Ferreira, P. Benítez, “Análisis experimental de las oscilaciones de presión interna en un motor de combustible sólido para cohete sonda”, *Revista Ciencia y Tecnología*, vol. 37, no 2, pp. 81-88, 2016.
- [18] G. Ordoñez, “Diseño, fabricación y experimentación de un motor a reacción con fines de investigación”. Trabajo de Grado de Maestría. Universidad Nacional de Ingeniería, Perú, 2014.
- [19] S. L. Tolentino R. Nakka, “Simulación del flujo supersónico en la tobera del motor cohete Helios-X de categoría amateur”, XVIII Jornadas de Investigación y I Congreso de Ciencia y Tecnología, Sede Postgrado Unexpo

Puerto Ordaz, Bolívar, Venezuela, 2019.

[20]S. L. Tolentino, J. Ferreira, M. A. Parco, L. Lacruz V. Marcano, “Simulación numérica del flujo sobre-expandido en la tobera cónica experimental ULA-1A XP”, Revista Universidad, Ciencia y Tecnología, vol. 21, no 84, pp. 126-133, 2017.

[21]S. L. Tolentino, M. A. Parco, S. Caraballo, L. Lacruz, V. Marcano, J. Ferreira, J. Mírez, “Análisis numérico del comportamiento del flujo en la sección de la garganta de una tobera cónica experimental”, Revista Enfoque UTE, vol. 12, no. 1, 2021. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.676>

[22]S. L Tolentino, R. Nakka, S. Caraballo, J. Mírez, “Simulación numérica del flujo sub-expandido en la tobera cónica experimental Helios-X”, Revista INGENIUS, no. 25, 2021. <https://doi.org/10.17163/ings.n25.2021.08>

[23]ANSYS. “Ansys Fluent 2019 R1: Theory guide”. [Online]. Available: <https://go-pdf.online/out/2BE079D/ansys-fluent-theory-guide.pdf>

[24]F. White, Viscous fluid flow. USA: McGraw-Hill Education, 2005.

[25]F. R. Menter, “Two equation eddy-viscosity turbulence models for engineering applications”, AIAA Journal, vol 32, no. 8, pp. 1598–1605, 1994. <https://doi.org/10.2514/3.12149>

[26]S. L. Tolentino, “Evaluation of turbulence models for the air flow in a planar nozzle”, Revista INGENIUS, no. 22, pp. 25-37, 2019. <https://doi.org/10.17163/ings.n22.2019.03>

[27]S. L. Tolentino. “Evaluación de modelos de turbulencia para el flujo de aire en un difusor transónico”. Revista Politécnica, vol. 45, no. 1, pp. 25-38, 2020. <https://doi.org/10.3333/rp.vol45n1.03>

Conocimiento del uso de los Pepinos de Mar en la Medicina

Ramírez Linares Nelson Javier, Villarroel Rojas Jesús Manuel y Lira Carlos

noslenr1993@gmail.com, jesusvil281197@gmail.com, carloslirag@gmail.com

Universidad de Oriente. Núcleo Nueva Esparta. Escuela de Ciencias Aplicadas del Mar (ECAM), Departamento de Acuicultura, Boca de Río, Isla de Margarita, Venezuela.

Resumen: Los pepinos de mar son organismos que poseen componentes orgánicos importantes como: aminoácidos (glicina, ácido glutámico y arginina), carbohidratos, proteínas, enzimas, sulfatos de condroitina, saponinas, ácidos poliinsaturados (ácido eicosapentaenoico y docosahexaenoico) y fenoles. Estos compuestos pueden ser empleados en la medicina, ya que poseen propiedades: antiinflamatorias, analgésicas antipiréticas, antibacterianas, antitumorales, anti-hipertensión, antifúngica, anticoagulantes, antivirales, antipatógenas, antioxidantes y anticancerígenas. Estos compuestos son empleados para el tratamiento de algunas enfermedades como: el asma, úlceras estomacales, reumatismo, renales, artritis reumatoide, espondilitis reumática, osteoartritis, distintos tipos de cáncer (pulmón, páncreas, seno y próstata) y también para combatir algunos patógenos como: bacterias, hongos y virus. Por lo tanto, se plantea como objetivo de esta investigación realizar una recopilación bibliográfica del uso de los pepinos de mar en el área de la medicina y farmacología.

Palabras Clave: Medicina, pepinos de mar, propiedades, uso.

Knowledge of the use of sea Cucumbers in Medicine

Abstract: Sea cucumbers are organisms that have important organic components such as: aminoacids (glycine, glutamic, acid and arginine), carbohydrates, proteins, enzymes, chondroitin, sulfates, saponins, polyunsaturated acids (eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids) and phenols, these compounds can be used in medicine, since they have properties: anti-inflammatory, antipiretician analgesics, antibacterial, anti-tumor, antihypertension, antifungal, anticoagulants, antiviral, antipathogenic, antioxidant and anticancer. Its compounds are also used for the treatment of some various chronic diseases such as: asthma, ulcers, stomach ulcers, rheumatism, kidney, rheumatoid arthritis, rheumatic spondylitis, osteoarthritis, different types of cancer (lung, pancreas, breast and prostate) and also fight some pathogens such as: bacteria, fungi and viruses. Therefore, the objective is to carry out a bibliographic compilation of the use of sea cucumbers in medicine and pharmacology.

Keywords: Medicine, properties, sea cucumbers, use.



I. INTRODUCCIÓN

Muchos grupos de organismos marinos producen compuestos bioactivos con propiedades que son aprovechadas artesanalmente en la medicina tradicional y con numerosas aplicaciones biotecnológicas actuales y/o potenciales, ejemplo de ello son los crustáceos, de cuyo exoesqueleto se obtiene el quitosano, empleado en la industrias farmacológica, alimenticia, cosmética, así como para saneamiento de aguas e infinidad de otros usos [1], y las ascidias de las cuales se obtienen medicamentos para combatir el cáncer e incluso el SARS-CoV2 [2].

Los pepinos mar (Echinodermata: Holothuroidea) son equinodermos de cuerpo blando y simetría bilateral, conformados por más de 1700 especies [3]. Son muy apreciados en la cocina asiática, pudiendo comercializarse en fresco, congelados, secos, deshidratados, en salmuera y procesados industrialmente. También son empleados en la medicina tradicional asiática y se ha encontrado que poseen metabolitos intermediarios con propiedades antiinflamatorias, antitumorales, anti-hipertensión, analgésicas antipiréticas, antibacterianas, anticoagulantes, anti-fúngicas, antivirales y anticancerígenas [4], [5], [6].

Por tal motivo, en los últimos años se ha incrementado el comercio de productos con extractos derivados de los pepinos de mar que están siendo utilizados en el tratamiento de diversas enfermedades como la artritis reumatoide, osteoartritis y espondilitis reumática, entre otras [7], [8]. Debido a ello se plantea como objetivo de esta investigación hacer una recopilación bibliográfica del uso de los pepinos de mar en el área de la medicina y farmacología.

II. USOS MÉDICOS DE LOS PEPINOS DE MAR

Las holoturias, o pepinos de mar, son ampliamente reconocidos en la medicina tradicional y en la gastronomía asiática. Sus metabolitos intermedios poseen propiedades anticancerígenas, anticuagulantes, antitumorales, anti-hipertensivos, antioxidantes, antibacteriales, anti-arterioesclerosis y antifúngicas [9].

Estos compuestos han sido empleados en el tratamiento de ciertas enfermedades como el asma, úlceras estomacales, reumatismo, enfermedades renales y como cicatrizante, entre otras aplicaciones [10] También se ha demostrado que ayudan a la regulación de los niveles de triglicéridos en la sangre.

Los tejidos de su cuerpo son ricos en glicina, ácido glutámico y arginina, los cuales fortalecen el sistema inmunitario [11], [12]. La proteína más abundante en estos animales es el colágeno, un componente importante del tejido conectivo [13], [14]. Presenta también péptidos que han mostrado tener propiedades para combatir la hipertensión, anticoagulantes, antioxidantes y antimicrobiales [15], [16].

Otros compuestos importante son los ácidos grasos, claves para la reparación de tejidos. Entre estos, el principal componente de las especies tropicales es el araquidónico, el cual es un ácido graso poliinsaturado. Este ácido es conocido por tener la propiedad de promover el crecimiento y la reparación de los tejidos y el principal componente de las especies tropicales [17].

Algunas especies presentan ácido eicosapentaenoico (EPA) y docosahexaenoico (DHA), los cuales son ácidos grasos sumamente importantes para prevenir enfermedades del corazón y el cáncer [13]. También existen otros componentes como los mucopolisacáridos y los sulfatos de condroitina, con capacidad para aliviar el dolor de enfermedades como la artritis; y las saponinas (conocidas como holoturinas), con efectos antiinflamatorios, anti-neoplásicos, anticancerígeno y antitumoral [18], [19].

Adicional a estos, presentan glucósidos, y glucósidos de triterpenos, los cuales tienen propiedades antifúngicas y antitumorales [13]. El incremento de la incidencia de cáncer y la limitada efectividad de los tratamientos convencionales ha llevado a los investigadores a buscar nuevos medicamentos que sean efectivos en la lucha contra el cáncer y que tengan limitados efectos secundarios [20], [21].

Por otro lado, extractos acuosos del pepino de mar *Holothuria edulis*, son capaces de incrementar la producción de proteínas proapoptóticas en presencia de células cancerígenas “eliminándolas” [21].

A. Uso de sus extractos

Una investigación para intentar comprobar las propiedades antiproliferativas de los extractos orgánicos de tres especies de pepino de mar de Malasia (*Holothuria scabra*, *Holothuria leucospilota* y *Stichopus chloronotus*) contra células cancerígenas de pulmón y cervicales, mostró que *Stichopus chloronotus* posee un alto efecto inhibitorio en el crecimiento de las mismas, dependiendo de la dosis suministrada [22].

Estudios comparados de la capacidad antitumoral y antibacterial de los extractos de diferentes equinodermos de Filipinas, entre los cuales se encontraban *Holothuria nobilis*, *Bohadscia marmorata*, *Stichopus chloronotus* y *Holothuria axiologa* frente a medicamentos comerciales contra el cáncer como el Taxol, Etoposide y Ara-C mos-

traron que los extractos de los pepinos de mar (especialmente ricos en saponinas y glicósidos) presentaban mayor actividad antitumoral que los medicamentos comerciales [23].

El pepino de mar *Holothuria polii* también ha demostrado tener una gran capacidad inhibitoria en el crecimiento de cáncer del tipo melanoma en un 50% [24]. Lo mismo ocurre con extractos de la especie *Holothuria leucospilata*, los cuales además inducen apoptosis a las células [25]. En la actualidad existen medicamentos anticancerígenos contra distintos tipos de cáncer, como el Frondadol, creado a partir del Frondosido A del pepino de mar *Cucumaria frondosa*, el cual es el más estudiado en modelos animales de cáncer de seno, próstata, pulmón y de páncreas [24], [26].

B. Uso en algunas enfermedades comunes

Tradicionalmente, los pepinos de mar han sido usados para tratar diferentes enfermedades inflamatorias como el asma y para mitigar las alergias [27]. Extractos acuosos de *Stichopus japonicus*, estimulan la actividad del gen responsable de la expresión de las células inmunitarias, confiriéndole potencial antiinflamatorio en ratones con asma [28], [29]. Por otro lado, se ha demostrado que las saponinas de los pepinos de mar son eficientes en el tratamiento de arterioesclerosis en ratones alimentados con una dieta rica en lípidos [30].

C. Uso como antipatógeno

Uno de los principales problemas de la farmacología actualmente es la resistencia de los patógenos a los medicamentos, lo que reduce su eficacia y pone la vida de los afectados en peligro. Por ello se investigan los efectos antimicrobiales de los extractos de varios organismos marinos prometedores, incluyendo los pepinos de mar [31].

Ejemplo de ello es la Heparina, uno de los medicamentos más usados para combatir la malaria, cuya función es impedir que el parásito se adhiera a las células sanguíneas del hospedador y las infecte. No obstante, su efectividad se ve limitada por sus elevadas propiedades anticoagulantes y hemorrágicas, lo que supone un elevado riesgo para el afectado [32].

Se ha demostrado que el Sulfato de Condroitina Fucosilado (FucCs) extraído de la pared del cuerpo del pepino de mar *Holothuria grisacea* interfiere en el ciclo de vida del patógeno *Plasmodium falciparum*. Este compuesto es capaz de impedir que eritrocitos infectados con el patógeno se adhieran a los tejidos de los pulmones y además, es capaz de bloquear el ciclo de vida del patógeno [33], [34]. Un estudio para determinar la efectividad de los FucCs de dos especies de pepinos de mar (*Ludwigothurea grisacea* e *Isostichopus badionotus*) en cultivos de los patógenos *Plasmodium falciparum* y *Plasmodium yoelii* arrojó que los FuCs disminuyen la tasa de invasión de *P. falciparum* en células sanguíneas, aunque los valores más altos de actividad antimalarial los tuvo el pepino de mar *L. grisacea* [32].

Por otro lado, este compuesto tuvo la capacidad de reducir la parasitemia en la sangre de ratones infectados con *P. yoelii*, pero en menor grado que *I. badionotus*. Los FucCs extraídos de invertebrados marinos como los pepinos de mar pueden ayudar a tratar casos severos de malaria. Cabe destacar que sus principales ventajas son: que se puede administrar de forma natural y disminuye del riesgo de contagio del patógeno [33]. El tejido del cual es obtenido el extracto acuoso de los pepinos de mar afecta su actividad anti-patógena. Se ha demostrado que extractos en metanol del fluido celómico de *Holothuria leucospilata* es más efectivo contra *Leishmania infantum* que los obtenidos de la pared corporal y órganos de Cuvier del pepino de mar [35].

Sin embargo, existen especies de pepinos de mar cuyos metabolitos intermedios muestran poca o ninguna actividad antibacteriana, al menos contra algunos patógenos. Por ejemplo, estudios que buscaron explorar la capacidad antibacteriana de los extractos de metanol y etil acetato extraídos de la pared del cuerpo, fluido celómico y los órganos de cuvier de *Actinopyga echinites*, *Actinopyga miliaris*, *H. atra* y *H. leucospilata* demostraron no tener ningún efecto sobre *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* [33].

Estos compuestos, por otra parte, mostraron una marcada actividad anfífungica. Los compuestos metanólicos de *Actinopyga lecanora* demostraron ser efectivos en la inhibición del crecimiento de *Candida albicans*, *C. neoformans*, *Sporothrix schenckii*, *Trychophyton mentagrophytes* y *Aspergillus fumigatus*. Esta actividad se debe a la presencia de dos glicósidos de triterpeno: holoturina A y holoturina B, mostrando esta última incluso mejores resultados que el fluconazol [33]. Otros estudios también han arrojado mejor actividad antifúngica que antibacteriana de los extractos de pepino de mar [36].

También se tiene evidencia del potencial antiviral de los compuestos de los pepinos de mar. Como ejemplo tenemos a los compuestos acuosos de *Holothuria sp* contra el virus del herpes, que inhiben la adhesión del virus

en las células y suprimen sus efectos citóxicos [33], [37]. Por otro lado, los FuCs anteriormente mencionados tienen el amplio potencial para prevenir la infección y la resistencia a medicamentos contra varias cepas del VIH [38], [39].

III. CONCLUSIONES

Los pepinos de mar son empleados en la medicina tradicional asiática contra distintas enfermedades, mostrando potencial para el desarrollo de nuevos fármacos.

Extractos acuosos y alcohólicos de distintas especies de pepino de mar han sido probados con éxito en el tratamiento de enfermedades de origen microbial como la malaria, sin embargo muestran poca efectividad contra otras enfermedades.

Uno de los compuestos extraídos de pepinos de mar que han mostrado mejores resultados farmacológicos es el Sulfato Fucosilado de Condroitina.

Los extractos de pepino de mar resultan más eficientes, o presentan menores efectos colaterales que algunos medicamentos, tales como heparina o el fuconazol.

Los compuestos bioactivos obtenidos de pepinos de mar también muestran potencial en el tratamiento de enfermedades fúngicas, como la candidiasis, y de origen viral, como el herpes o el VIH.

APÉNDICE

Se deben realizar estudios del ciclo de vida y análisis bioquímicos de las especies de pepinos de mar, específicamente en los países caribeños donde existe poca información al respecto, además de profundizar más el conocimiento e información de los extractos orgánicos para otras posibles aplicaciones. Por otro lado, las especies en cultivos son de importancia y aprovechamiento, para no sobreexplotar su población en su hábitat o ambiente natural. Se recomienda tomar conciencia de este recurso marino, ya que posee un ciclo biológico muy lento y cumplir con las normativas o leyes de veda del mismo.

RECONOCIMIENTO

Dedicado a la difunta señora Olga Xiomara Linares Aché por su dedicación y entrega maternal al autor. Agradecimiento al Profesor Carlos Lira por su paciencia, comprensión y correcciones del manuscrito. También con mucha gratitud de paciencia, enseñanzas, consejos morales y preparación profesional a todos los profesores en las distintas especialidades de la Escuela de Ciencias Aplicadas del Mar, Universidad de Oriente, Núcleo Nueva Esparta.

REFERENCIAS

- [1] M. Dash, F. Chiellini, R. M. Ottenbrite and E. Chiellini, E, "Chitosan—A versatile semi-synthetic polymer in biomedical applications", *Prog. Polym. Sci.*, vol. 36, no. 8, pp. 981-1014, August 2011.
- [2] K.M. White, R. Rosales, S. Yildiz, T. Hehrer, L. Miorin, E. Moreno, S. Jangra, M. Uccellini, R. Rahnasinghe, L. Coughlan, C. Martínez-Romero, J. Batra, A. Rojc, M. Bouhaddou, J. M. Fabius, K. Obernier, M. Dejoze, M. J. Guillén, A. Losada, P. Avilés, M. Schotsaert, T. Zwaka, M. Vignuzzi, K. M. Shokat, N. J. Krogan and A. García-Sastre, "Plitidepsin has potent preclinical efficacy against SARS-CoV-2 targeting the host protein eEF1A", *Science*, vol. 371: pp. 926-931, 2021.
- [3] R. Pangestuti and Z. Arifin, "Medical and Health benefit effects of functional sea cucumbers", *J. Tradit. Complement. Med.*, vol. 8, no. 3, pp. 341-351, July 2018.
- [4] K. Díaz-Sol, C. Sánchez-Robinet, C. Pariona and P. Londoño-Bailon. "Actividad antibacteriana del pepino de mar (*Pattalus mollis*) frente bacterias patógenas". *Rev. investig. vet. Perú* vol. 30, no. 3, July-September 2019.
- [5] I. Hawa, M. Zulaikah, M. Jamaludin, A.A. Zainal, M. Kaswandi and B. Ridzwan, "The potential of the coelomic fluid in sea cucumber as an antioxidant", *Mal J Nutr*, vol. 5, no. 1, pp. 55–59, 1999.
- [6] B. Ridzwan, T. Leong and S. Idid, "The antinociceptive effects of water extracts from sea cucumbers *Holothuria leucospilota* Brandt, *Bohadschia marmorata* vitiensis Jaegar and coelomic fluid from *Stichopus hermanii*", *Pak J Biol Sci*, vol. 6, no. 24, pp. 2068–2072, 2003.
- [7] A. Hernández, R. Armenta, X. Guzmán and I. Guereo. "Bioactividad del pepino de mar". En R. Armenta, X. Guzmán, & I. Guereo, "Utilización de pescados y mariscos: tecnología e innovación". Editorial Académica Española. 2018, ch. 4.

- [8]B. Fredalina, B. Ridzwan, A. Abidin, M. Kaswandi, H. Zaiton and I. Zali, “Fatty acid compositions in local sea cucumber, *Stichopus chloronotus* for wound healing”, *Gen Pharmacol*, vol. 33, no. 1, pp.337–340, 1999.
- [9]H. Ebrahimi, G. H. Mohebbi, A. Vazirzadeh, I. Nabipour and M. N. Bahabadi, “Sea cucumbers, the ocean of bioactive compounds”, *Iranian South Medical Journal*, vol. 18, pp. 664-679, Jun. 2015.
- [10]A. Hossain, D. Dave and F. Shahidi, “Northern Sea Cucumber (*Cucumaria frondosa*): A Potential Candidate for Functional Food, Nutraceutical, and Pharmaceutical Sector”. *Mar. Drugs*, vol. 18, May 2020.
- [11]J. Wen, C. Hu, and F.S. Sigang, “Chemical composition and nutritional quality of sea cucumbers”, *J Sci Food Agric*, vol. 90, pp. 2469–2474, November 2010.
- [12]S. Bordbar, F. Anwar and N. Saari, “High-Value Components and Bioactives from Sea Cucumbers for Functional Foods—A Review”, *Mar. Drugs*, vol. 9, no. 10, pp. 1761–1805, October 2011.
- [13]H. Achmad, A. Mardiana, T. Rezdy, T. Huldani, B. Sukmana and A. Prahatama, “Use os Cucumber Extract as an Alternative treatment of Infammation By Chronic Periodontitis”, *Int. J. Pharm. Res*, vol. 12, pp. 3567-3575, 2020.
- [14]A.M. Rafiuddin, U. Venkateshwarlu and R. Jayakumar, “Multilayered peptide incorporated collagen tubules for peripheral nerve repair”, *Biomaterials*, vol. 25, no. 1, pp. 85–94, June 2004.
- [15]R. Pangestuti and Z. Arifin, “Medical and Health benefit effects of functional sea cucumbers”, *J. Tradit. Complement. Med.*, vol. 8, no. 3, pp. 341-351, July 2018.
- [16]A. Popov, A. Artyukov, O. Krivoshapko and E. Kozlovskaya, “Biological Activities of Collagen Peptides Obtained by Enzymic Hydrolysis from Far-Eastern Holothurian”, *Am J Biomed Life Sci*, vol. 1, no. 1, pp. 17-26, June 2013.
- [17]Y. S. Khotimchenko, “The nutritional value of holothurians”, *Russ J Mar Biol*, vol. 41, no. 6, pp. 409–423, January 2016.
- [18]G. Caulier, E. Igor, P. Gerbaux and P. Flammang, “Review of saponin diversity in sea cucumbers belonging to the family Holothuriidae”, *SPC Beche-de-mer Information Bulletin*, vol. 31, no. 1, January 2011.
- [19]Y. C. Zhao, C.-H. Xue, T. T. Zhang and Y. M. Wang, “Saponins from Sea Cucumber and Their Biological Activities”, *J Agric Food Chem*, vol. 66, no. 28, pp. 7222–7237, June 2018.
- [20]E. Kamyab, S. Rohde, M. Y. Kellermann and P. J. Schupp, “Chemical Defense Mechanisms and Ecological Implications of Indo-Pacific Holothurians”, *Molecules*, vol. 25, no. 20, pp. 4808, October 2020.
- [21]W. Wijesinghe, Y. J. Jeon, P. Ramasamy, M. Wahid and C. Vairappan, “Anticancer activity and mediation of apoptosis in human HL-60 leukaemia cells by edible sea cucumber (*Holothuria edulis*) extract”, *Food Chem*, vol. 139, no. 1-4, pp. 326-331, August 2013.
- [22]Y. Osama, R. B. Althunibat, T. J. M.-A. Muhammad and B. Zali, “In Vitro Antioxidant and Antiproliferative Activities of Three Malaysian Sea Cucumber Species”, *Eur. J. Sci. Res.*, vol. 37, no. 3, pp. 376-387, 2009.
- [23]R. Layson, M. Rodil, E. Mojica and C. Deocarís, “Potential Anti-cancer and Anti-bacterial Activities of Philippine Echinoderm Extracts”, *J. Trop. Life Sci.*, vol. 4, no. 4, pp. 175-181, 2014.
- [24]M. Kareh, R. El Nahas, L. Al-Aaraj, S. Al-Ghadban, N. Naser-Al Deen, N. Saliba, M. El-Sabban and R. Talhouk, “Anti-proliferative and anti-inflammatory activities of the sea cucumber *Holothuria polii* aqueous extract”, *SAGE Open Med.*, vol. 6, pp. 1-14, November 2014.
- [25]J. Baharara, E. Amini, N. Nikdel and F. Salek-Abdollahi, “The Cytotoxicity of Dacarbazine Potentiated by Sea Cucumber Saponin in Resistant B16F10 Melanoma Cells through Apoptosis Induction”, *Avicennia J Med Biotechnol.*, vol. 8, no. 3, pp. 112-119, July-September 2016.
- [26]S. Attoub, K. Khoulood, A. Gélaude, M. Al Sultán, M. Bracke, P. Collin, P., et al, “Frondoside A Suppressive Effects on Lung Cancer Survival, Tumor Growth, Angiogenesis, Invasion, and Metastasis”, *PLoS ONE* vol. 8, January 2013.
- [27]L. Almaral-Machado, W. N. Oliveira, S. S. Moreira-Oliveira, D. T. Pereira, E. N. Alencar, N. Tsapis and E.S.T. Egito, “Use of Natural Products in Asthma Treatment”, *Evid-Based Compl. Alt*, vol. 1, pp. 1-35, February 2020.
- [28]D.-I. Lee, M.-K. Park, S. Kang, J.-H. Choi, S.-J. Kang, J.-Y. Lee and H. Yu, “Preventive Intra Ora Traitment of sea cucumber Ameliorate OVA-Induced allegic way Inflammation”, *Am. J. of Chinese Med.*, vol. 44, pp. 1663-1674, 2016.
- [29]S.W.A. Himaya, B. Ryu, Z. J. Qian and S. K. Kim, “Sea cucumber, *Stichopus japonicus* ethyl acetate fraction modulates the lipopolysaccharide induced iNOS and COX-2 via MAPK signaling pathway in murine macropha-

ges”, *Eviron. Toxicol. Pharmacol.*, vol. 31, pp. 68-75, July 2010.

[30]L. Ding, T. T. Zhang, H.-X. Che, L.- Y. Zhang, C. H. Xue, Y.-H., Chang et al, “Saponins of sea cucumber attenuate atherosclerosis in ApoE mice via lipid-lowering and anti-inflammatory properties”, *J. Funct. Food*, vol. 48, pp. 490-497, September 2018.

[31]N. Adibpour, F. Nasr, F. Nematpour, A. Shakouri and A. Ameri, “Antibacterial and Antifungal Activity of *Holothuria leucospilota* Isolated From Persian Gulf and Oman Sea”, *Jundishapur J Microbiol*, vol. 7, no. 1, January 2014.

[32]J. Marques, E. Vilanova, P. Mourao and X. Fernández-Busquets, “Marine organism sulfated polysaccharides exhibiting significant antimalarial activity and inhibition of red blood cell invasion by *Plasmodium*”, *Sci. Rep.*, vol. 6, April 2016.

[33]Y. Khotimchenko, “Pharmacological potential of sea cucumbers”, *Int. J. Mol. Sci.*, vol. 19, no. 5, 2018.

[34]M. F. Bastos, L. Albrecht, E. O. Kozłowski, S. C. Lopes, Y. C. Blanco, B. C. Carlos, F. T. M. Costa et al, “Fucosylated Chondroitin Sulfate Inhibits *Plasmodium falciparum* Cytoadhesion and Merozoite Invasion”, *Antimicrob Agents Chemother*, vol. 58, no. 4, pp. 1862–1871, January 2014.

[35]S. Khademvatan, A. Eskandari, J. Saki and M. Foroutan-Rad, “Cytotoxic Activity of *Holothuria leucospilota* Extract against *Leishmania infantum* In Vitro”, *Adv. Pharmacol. Pharm. Sci.*, vol. 1, pp. 1-6, February 2016.

[36]S. Khademvatan, A. Eskandari, J. Saki and M. Foroutan-Rad, “Cytotoxic Activity of *Holothuria leucospilota* Extract against *Leishmania infantum* In Vitro”, *Adv. Pharmacol. Pharm. Sci.*, vol. 1, pp. 1-6, February 2016.

[37]S. Shi, W. Feng, S. Hu, S. Liang, N An, and Y. Mao “Bioactive compounds of sea cucumbers and their therapeutic effects”, *Chin J Oceanol Limnol*, vol. 34, no. 3, pp. 549–558, November 2015.

[38]N. Huang, M.-Y. Wu, C.-B. Zheng, L. Zhu, J.-H. Zhao and Y.-T. Zheng, “The depolymerized fucosylated chondroitin sulfate from sea cucumber potently inhibits HIV replication via interfering with virus entry”, *Carbohydr Res.*, vol. 380, no. 18, pp.64-69, October 2013.

[39]F. Farshadpour, S. Gharibi, M. Taherzadeh, R. Amirinejad, R. Taherkhani, A. Habibian and K. Zandi, “Anti-viral activity of *Holothuria* sp. a sea cucumber against herpes simplex virus type 1 (HSV-1)”, *Eur Rev Med Pharmacol Sci*, vol. 18pp, no. 1, pp. 333-337, 2014.

Control inteligente a través de redes neuronales aplicadas a la identificación y control de sistemas realimentados

Eduardo Silveira Gómez

eduardosilveirag@gmail.com.,

Universidad Nacional Experimental Politécnica “Antonio José de Sucre” (UNEXPO) Vicerectorado Puerto Ordaz
Centro de Investigación Aplicado a la Ingeniería (CIRNAR).

Resumen: Este trabajo va dirigido a abrir un camino hacia el desarrollo de modelos de inteligencia artificial con el fin de experimentar nuevas técnicas altamente efectivas para la automatización y control de dispositivos y elementos con aplicación tangible a la ingeniería electrónica. Este trabajo propone una herramienta de optimización de control automático adaptativo en sistemas realimentados, además de su identificación, dicha herramienta propuesta se encuentra basada en la metodología de redes neuronales artificiales que constatará la efectividad de esta. La investigación se encuentra basada en el control e identificación de un sistema compuesto por una red de potencia provista de un compensador sincrónico de reactivos STATCOM que se encargará de regular los perfiles de voltaje, potencia reactiva y factor de potencia en la mencionada red de forma automática, mediante procesos de simulación y procesamiento de datos, siendo posible hallar y analizar de manera amplia un proceso de automatización traducido en resultados realmente satisfactorios

Palabras Clave: Compensación, Voltaje, Neurona, Identificación, Control.

Intelligent control through neural networks applied to the identification and control of feedback systems

Abstract: This research seeks to open a path towards the development of models of artificial intelligence in order to experiment with highly effective new techniques for automation and control of devices and elements with tangible application to electronic engineering. This research proposes an optimization tool for adaptative automatic control in feedback system, in addition to its identification, said proposed is based on the methodology of artificial neural networks that verify the effectiveness of this. The investigation is based on control e identification of a system composed of a system composed of a power network equipped with a synchronous reagent compensator that will be responsible for regulating voltage profiles, reactive power and power factor in the mentioned network automatically, through processes of simulation and data processing being possible to find and analyze in an extensive way an automation process translates into highly satisfactory results

Keywords: Compensation, Voltage, Neuron, Identification, Control.



I. INTRODUCCION

Un sistema de control automático es una interconexión de elementos que forman una configuración denominada sistema, de tal manera que el arreglo resultante es capaz de controlarse por sí mismo. Un sistema o componente del sistema susceptible de ser controlado, al cual se le aplica una señal $r(t)$ a manera de entrada para obtener una respuesta o salida. Los sistemas de control se clasifican en sistemas de lazo abierto (o no automáticos) donde la acción de control es, en cierto modo, independiente de la salida. Este tipo de sistemas por lo general utiliza un regulador o actuador con la finalidad de obtener la respuesta deseada. La capacidad que tales sistemas tienen para ejecutar una acción con exactitud depende de su calibración.

En general, los sistemas de lazo abierto están regulados por base de tiempo, por su parte, los sistemas de lazo cerrado (retroalimentados o automáticos) son aquellos donde la acción de control depende de la salida. Dicho sistema utiliza un sensor que detecta la respuesta real para compararla, entonces, con una referencia a manera de entrada. Por esta razón, los sistemas de lazo cerrado se denominan sistemas retroalimentados. El término retroalimentar significa comparar; en este caso, la salida real se compara con respecto al comportamiento deseado, de tal forma que si el sistema lo requiere se aplica una acción correctora sobre el proceso por controlar.

De acuerdo a lo anteriormente expuesto y teniendo una idea más firme a lo que al control automático concierne, debe mencionarse que para aumentar la competitividad ha sido necesario desarrollar nuevas técnicas: métodos y herramientas que permitan maximizar la eficiencia de los procesos, desarrollando controladores de gran calidad, y maximizar la flexibilidad de los procesos con el menor ajuste de la máquina. Para ello es imprescindible conocer el comportamiento dinámico del proceso, principalmente de las partes críticas, mediante su identificación

La identificación es un método de construcción de modelos basado en experimentos. El caso particular de un sistema lineal invariante en el tiempo puede ser descrito por su función de transferencia (modelos paramétricos) o por su correspondiente respuesta impulso o frecuencial (modelos no paramétricos). Se consideran modelos no paramétricos a aquellos en que no es posible definir un vector de parámetros finito para representarlo. Estas técnicas, la mayoría de ellas más fáciles o directas de aplicar o utilizar en un proceso real, aportan información muy útil para afrontar las decisiones que debe tomar el usuario ante un problema de identificación de un proceso. Para utilizar debidamente los métodos de identificación es necesario, siempre que sea posible, diseñar adecuadamente el experimento. Para ello es necesario disponer de unos conocimientos básicos sobre el comportamiento del proceso, seleccionar las señales de entrada, entre otras. Esta información puede obtenerse realizando una serie de experimentos básicos y sencillos conocidos con el nombre de experimentos preliminares.

Por otra parte, recientemente, la computación evolutiva tal como algoritmos evolutivos o algoritmos de inteligencia colectiva han estado solucionando problemas del mundo real en el área de control automático, es propicio en este aspecto proponer alternativas o soluciones orientadas a los problemas de identificación de sistemas de control y así lograr una mayor precisión en este ámbito mediante herramientas computacionales, ya que el uso de estos programas trae como ventaja la disminución del tiempo invertido en el cálculo.

El trabajo que se presenta a continuación tiene como objetivo primordial Desarrollar una metodología de control inteligente a través de redes neuronales aplicadas a la identificación y control de sistemas realimentados, para lo cual se debe utilizar y adaptar una herramienta computacional aplicada como técnica de inteligencia artificial que lleva el nombre de “Redes Neuronales Artificiales”, y que forman una familia grande de modelos de sistemas no lineales, tienen un relativo respaldo formal y han resultado efectivas en numerosos casos prácticos, las cuales minimizan el error temporal, error de predicción o error de salida, entre el modelo y el proceso, de manera que esta investigación propone un proceso de identificación y control mediante redes neuronales artificiales, donde pueda analizarse los distintos procesos que en ella influyen, poniendo como centro de la investigación una red de potencia de 500kV que estará provista de un sistema de compensación reactiva, para el control de voltaje de forma autoregurable, ante perturbaciones en el sistema de potencia a consecuencia de rechazos, de carga, de fluctuaciones en fuente, o bien sea recuperación o asimilación de carga de la red de potencia

II. DESARROLLO

El principio de todo sistema de control automático es la aplicación del concepto de realimentación o feedback (medición tomada desde el proceso que entrega información del estado actual de la variable que se desea controlar) cuya característica especial es la de mantener al controlador central informado del estado de las variables para generar acciones correctivas cuando así sea necesario. Este mismo principio se aplica en campos tan diversos como el control de procesos químicos, control de hornos en la fabricación del acero, control de máquinas herramientas,

control de variables a nivel médico e incluso en el control de trayectoria de un proyectil militar.

A pesar de que los principios de funcionamiento del lazo de control ya eran conocidos, las técnicas de control y análisis de estabilidad se desarrollaron lentamente hasta que los primeros sistemas de transmisión neumática comenzaron a volverse comunes en los años 40. Desde esta fecha en adelante se marca un hito debido a la necesidad de contar con herramientas de análisis y nuevas tecnologías aplicadas a los equipos de control, necesarios para la implementación de sistemas más seguros, robustos y estables

La identificación paramétrica permite encontrar los coeficientes de un modelo matemático predeterminado mediante datos experimentales que describan a partir el comportamiento de un sistema dinámico en principio y con el objetivo de modelar se pueden proponer tres formas distintas de utilizar los métodos de identificación

Hacer distintas aproximaciones para estructurar el problema: seleccionar las señales de interés, observar la dependencia entre ellas, estudiar el grado de linealidad del proceso

Construir un modelo que describa el comportamiento entre las entradas y las salidas, prescindiendo del comportamiento físico. Hay distintas formas de abordar el problema, según se consideren modelos no paramétricos o modelos paramétricos

Utilizar los datos para determinar los parámetros no conocidos del modelo físico obtenido a base del estudio de propiedades y leyes físicas del proceso estudiado. En este caso se habla de modelos “tailor-made” de los cuales se debe estimar solamente los valores de los parámetros no conocidos. Para ello se recurre a ensayos de comportamiento o pruebas físicas y/o a la utilización de técnicas de optimización

En la actualidad, cada vez más, el trabajo de un ingeniero consiste en la realización de modelos matemáticos de los procesos estudiados [21]. Los modelos son utilizados en áreas tan distintas como: bioingeniería, construcción, economía, meteorología, procesos químicos.

La situación que se plantea se perfila de especial interés a nivel académico y científico, ya que el problema del control de procesos industriales usando herramientas de control inteligente recientemente mediante la computación evolutiva tal como algoritmos evolutivos o algoritmos de inteligencia colectiva han estado solucionando problemas del mundo real en el área de control automático, en aras de maximizar la eficiencia de los procesos, desarrollando controladores de gran calidad, y maximizar la flexibilidad de los procesos con el menor ajuste de la maquina lo cual es una demanda hoy en la industria

1.Sistema de control realimentado

Se define el sistema de control realimentado como aquel sistema en que la variable controlada se compara continuamente con la señal de referencia y cualquier diferencia produce una acción que tiende a reducir la desviación existente. En otras palabras la acción de control realizada por el sistema de control depende del valor de la variable controlada en todo instante, por lo tanto también toma el nombre de control dinámico. Esto se puede representar en forma de un diagrama de bloques que muestra la interacción lógica de los elementos que conforman un sistema de control retroalimentado. [10]

2.Identificación de sistemas

La identificación de sistemas es la aproximación experimental al modelado de sistemas. Consiste en obtener un modelo a partir de observaciones obtenidas directamente del propio sistema que se pretende modelar. [23]

3.Redes Neuronales Artificiales

[27] Diserta que una red neuronal artificial es un esquema de computación distribuida inspirada en la estructura del sistema nervioso de los seres humanos. La arquitectura de una red neuronal es formada conectando múltiples procesadores elementales, siendo éste un sistema adaptivo que posee un algoritmo para ajustar sus pesos (parámetros libres) para alcanzar los requerimientos de desempeño del problema basado en muestras representativas. Por lo tanto se puede señalar que una red neuronal artificial es un sistema de computación distribuida caracterizada por:

- Un conjunto de unidades elementales, cada una de las cuales posee bajas capacidades de procesamiento.
- Una densa estructura interconectada usando enlaces ponderados.
- Parámetros libres que deben ser ajustados para satisfacer los requerimientos de desempeño.
- Un alto grado de paralelismo

Es importante señalar que la propiedad más importante de las redes neuronales artificiales es su capacidad de aprender a partir de un conjunto de patrones de entrenamientos, es decir, es capaz de encontrar un modelo que ajuste los datos. El proceso de aprendizaje también conocido como entrenamiento de la red puede ser supervisado o no supervisado. El aprendizaje supervisado consiste en entrenar la red a partir de un conjunto de datos o patrones de entrenamiento compuesto por patrones de entrada y salida. El objetivo del algoritmo de aprendizaje es ajustar los pesos de la red w de manera tal que la salida generada por la red neuronal artificial sea lo más cercanamente posible a la verdadera salida dada una cierta entrada. Es decir, la red neuronal trata de encontrar un modelo al procesos desconocido que generó la salida y . Este aprendizaje se llama supervisado pues se conoce el patrón de salida el cual hace el papel de supervisor de la red. En cambio en el aprendizaje no supervisado se presenta sólo un conjunto de patrones a la red neuronal artificial, y el objetivo del algoritmo de aprendizaje es ajustar los pesos de la red de manera tal que la red encuentre alguna estructura o configuración presente en los datos. Para ello, se emplean modelos sencillos del comportamiento neural. La Figura 4 presenta un esquema que contempla la artificialización de las partes fundamentales de la neurona biológica. En este modelo se puede ver un conjunto de entradas que provienen de otras neuronas o de algún estímulo externo, un conjunto de pesos que indican las fuerzas de las conexiones sinápticas entre las entradas y las dendritas de la neurona; el cuerpo celular de la neurona cuya función es acumular todas las señales ponderadas recibidas; una función "I", llamada función de activación que determina el cambio de estado inhibitorio a excitatorio de la neurona; y por último, el axón encargado de transmitir las salidas de la neurona activada a otras neuronas.

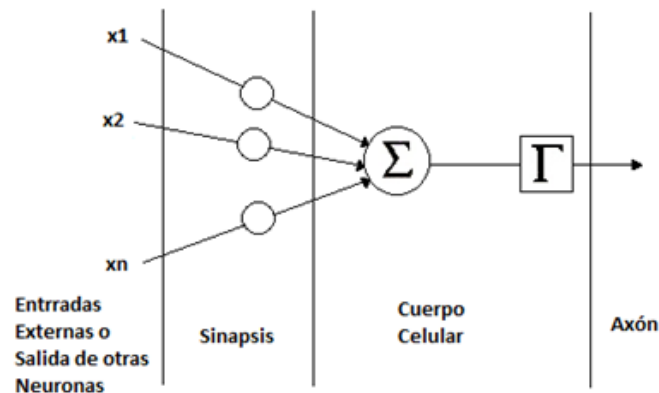


Figura 1. Modelo de neurona artificial a partir de neurona biológica

Una función de activación sencilla, que permite asociar un estado inhibitorio o excitatorio a una neurona, es la función signo, descrita como:

$$= \begin{cases} 1 & \text{si } x \geq 0 \\ -1 & \text{si } x < 0 \end{cases} \quad \text{Sign}(x) \quad (1)$$

En general, la función de activación es una función no lineal de su argumento.

La Figura 4 ilustra un modelo operacional de una neurona artificial. De allí se pueden obtener las siguientes expresiones:

$$N = \sum_{i=1}^n w_i + bw_{n+1} \quad (2)$$

Nótese que en el modelo artificial ha sido incorporado por medio del término $bw_{(n+1)}$, el fenómeno de la predisposición a la inhibición (ver Figura 5), presente en las neuronas biológicas. Para efectos de aplicación práctica de las redes RNA, la predisposición antes mencionada no es un valor conocido de antemano, y por ende, se deja como un término adicional de ajuste de la red neuronal llamado sesgo, desviación o umbral.

Usando notación vectorial para simplificar las expresiones que describen el modelo matemático neural, se puede definir un vector X de entradas ampliadas (incluye las entradas y un valor constante que define el sesgo o desviación (b) incorporado para modelar la predisposición a la inhibición de la neurona) como se muestra en la ecuación (4).

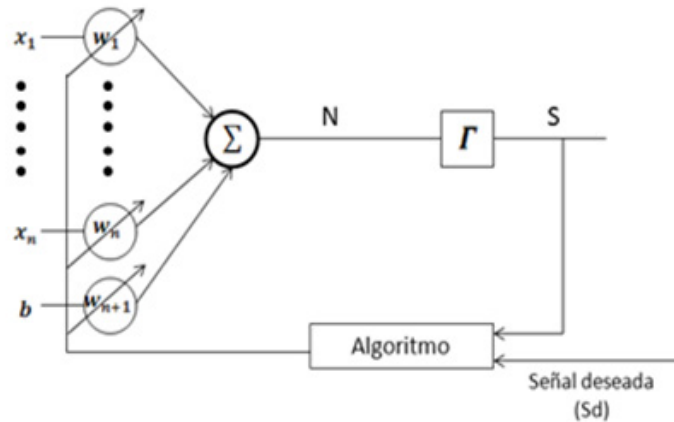


Figura 2 Neurona artificial considerando predisposición a la inhibición

$$X = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ x_n \\ b \end{bmatrix}, \quad (4)$$

Y un vector de pesos ampliados W , que contiene las intensidades de las interconexiones sinápticas ante todas las entradas incluyendo la asociación al valor del sesgo o desviación.

$$W = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ w_n \\ w_{n+1} \end{bmatrix} \quad (5)$$

De ese modo, el modelo matemático resultante es el siguiente:

$$N=W^T X \quad (6)$$

$$S=\Gamma(N)$$

4. Compensador Sincrónico (STATCOM)

La evolución del SVC es el STATCOM, que se basa en el principio de que un inversor de voltaje genera un voltaje de AC controlable atrás de la reactancia de dispersión del transformador, de modo que la diferencia de voltaje a través de la reactancia produce intercambio de potencia activa y reactiva entre el STATCOM y la red de transmisión.

El control primario del inversor es tal que se regula el flujo de corriente reactiva a través del STATCOM. Esto es, el controlador se utiliza para operar el inversor de tal manera que el ángulo de fase entre el voltaje del inversor y el voltaje de línea se ajusta dinámicamente, de modo que el STATCOM genera o absorbe potencia reactiva en el punto de conexión. La Figura 14 muestra un diagrama simplificado del STATCOM que consiste de un inversor de voltaje basado en GTO y un capacitor (C_s) en el lado de DC. La resistencia (R_p) en paralelo con C_s representa las pérdidas en el capacitor.

El STATCOM está conectado al sistema a través de un transformador de acoplamiento representado por la inductancia de dispersión (L_s) y la resistencia (R_s) Cuando el voltaje del inversor es mayor que el voltaje del sistema, el STATCOM ve una reactancia inductiva conectada a sus terminales. Por lo tanto, el sistema ve al STATCOM como una reactancia capacitiva y el STATCOM se considera operando en un modo capacitivo. Similarmente, cuando el voltaje del sistema es mayor que el del inversor, el sistema ve una reactancia inductiva conectada a sus terminales. Por lo tanto, el STATCOM ve al sistema como una reactancia capacitiva y el STATCOM se considera operando en un modo inductivo.

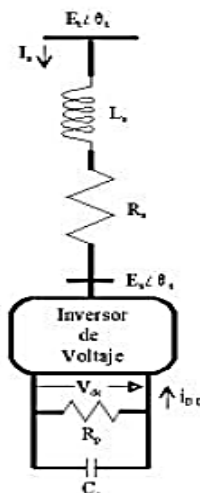


Figura 2 Circuito de un STATCOM

El diseño del controlador para un STATCOM está sujeto a la estrategia de control a implementar para inyectar o absorber reactivos de la red, [8] lo que podría entonces verse de un modo más completo y detallado al integrar dicho controlador al sistema al visualizar la Figura 3.

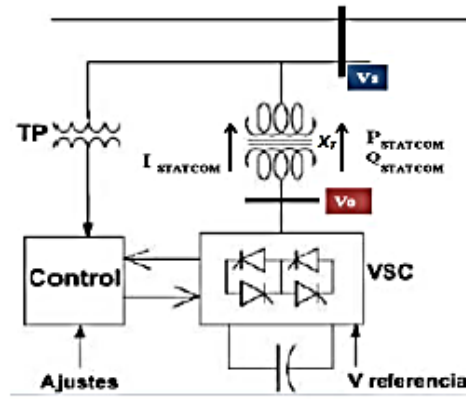


Figura 3 Circuito de control de un STATCOM

5.Desarrollo del modelo computacional de aplicación del (RNA)

El desarrollo del modelo computacional para la identificación y control de sistemas realimentados basados en redes neuronales artificiales (RNA) se encuentra reflejado en el diagrama presentado en la Figura 4, que muestra por bloques la construcción y funciones del mismo, siendo este compendio de funciones lo que conforman la herramienta computacional que permitirá el desarrollo del experimento que mostrara la efectividad de la estrategia que se presenta y es objeto de la investigación.

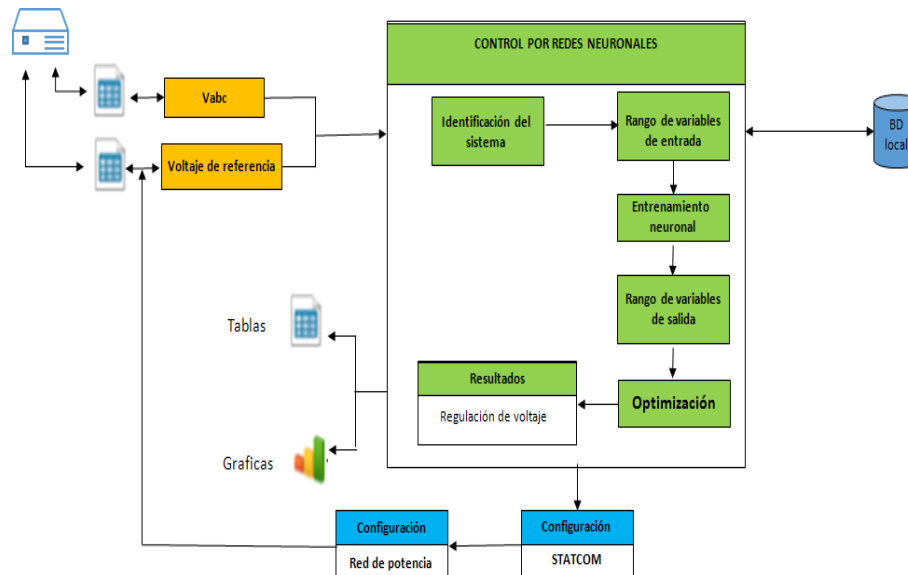


Figura 4. Desarrollo del modelo computacional (RNA)

El modelo a utilizar para el diseño del estudio de la red neuronal será el señalado en la Figura 5. Es una red adaptada y aprovechando las bondades del Software Matlab 2016a, cuyo modelo permitirá realizar las modificaciones necesarias para la aplicación del estudio que se tiene a bien nombrar. Este esta provisto de una red trifásica con una línea de transmisión de longitud corta de 75Km y otra de longitud media de 180 Km, con un voltaje de operación de 500kV en C.A

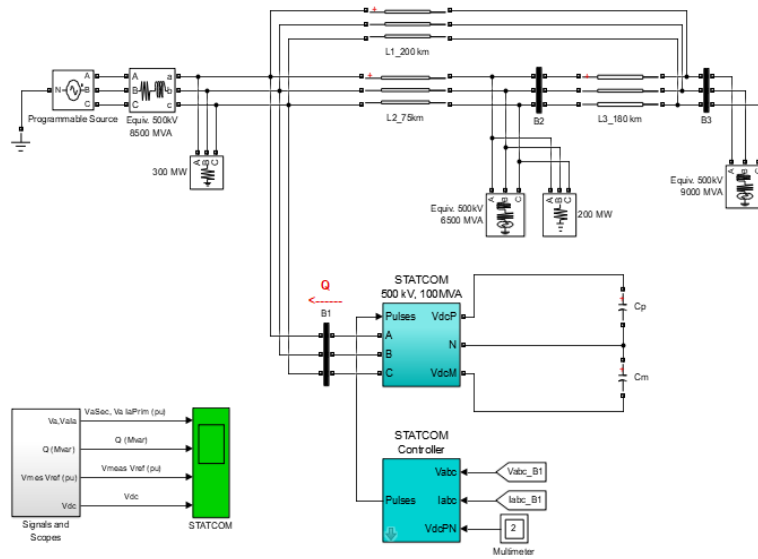


Figura 5. Red de aplicación del modelo de inteligencia artificial.

La red posee un STATCOM que permitirá la compensación reactiva del sistema ante las pérdidas propias del sistema, el dispositivo fungirá en esta investigación como planta a controlar, mediante redes neuronales artificiales, esta posee cuatro puentes de tiristores trifásicos acoplados a cuatro transformadores conectados de la siguiente forma; transformador 1 conectado en Zig-zag – Estrella (Z-Y) a 7.5° grados eléctricos en sentido horario, transformador 2 conectado en Zig-zag – Delta (Z- Δ) a 7.5° grados eléctricos en sentido horario, transformador 3 conectado en Zig-zag – Estrella (Z-Y) a 7.5° grados eléctricos en sentido horario, transformador 2 conectado en Zig-zag – Delta (Z- Δ) a 7.5° grados eléctricos en sentido horario, con el fin de lograr la cantidad de pulsos que se establecen en 48. Ver Figura 6

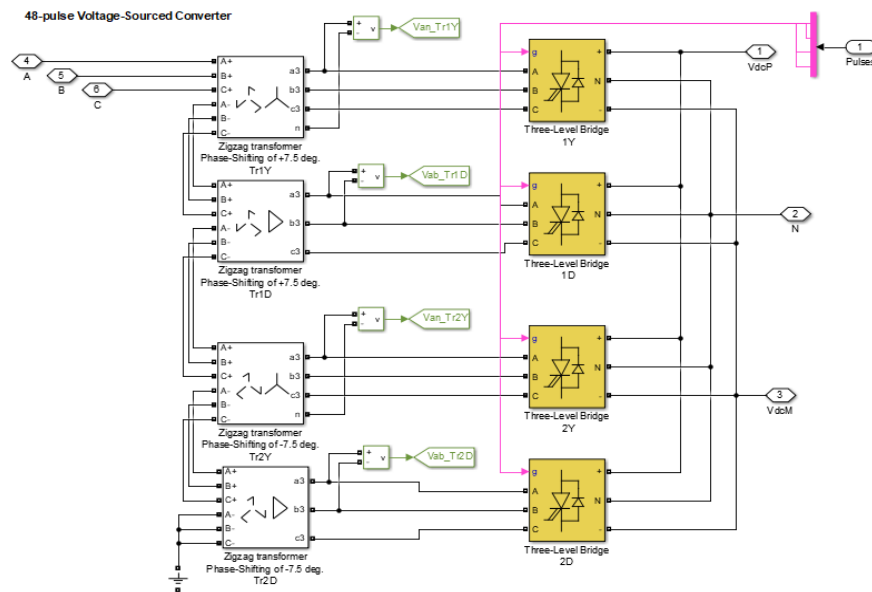


Figura 6 Modelo de STATCOM a controlar

Se hace imperativo entonces el ejecutar la previa identificación o modelado del sistema en estudio para su posterior control, la principal ventaja del modelado de procesos, es que permite predecir el comportamiento dinámico y estático de los sistemas antes de construirlos y también se puede analizar el desempeño de uno existente, con la intención de estudiar su comportamiento. Además, sin exponer el proceso a daños, se puede determinar que puede

ocurrirle, simulando el modelo con una condición, entrada inusual o perturbación, para el logro de esta consigna, se hace necesario un proceso de entrenamiento, para este caso se optó por el método de Levenberg-Marquardt para entrenamiento de redes neuronales bajo topología tipo feedforward: Redes perceptrónicas multicapas (RNPM) y redes de base radial (RNBR), por ser las más populares y apropiadas para una gran variedad de problemas en ingeniería, con entrenamiento supervisado usualmente es considerado mejor que otros métodos de entrenamiento. Sin embargo, éste método requiere más memoria que otros métodos. En el caso de redes que tienen un gran número de salidas el método del gradiente conjugado puede ser más rápido que el método de Levenberg-Marquardt, por tanto corresponde a una técnica iterativa que localiza el mínimo de una función que se expresa como la suma de los cuadrados de funciones no lineales.

Como prioridad, se dio lugar a la obtención de los datos de entrenamiento, con el fin de cubrir todo el conjunto de entradas esperado, es decir, todo el rango de frecuencia y amplitud de las señales de entrada al sistema. Debido a las características del sistema de reacción en estudio (sistema SISO, Single Input Single Output), para poder ampliar el conjunto de valores que conforman el patrón de entrenamiento

Para reconocer patrones, la RNA divide la información en tres grupos, uno de los cuales es una técnica de división, K-Fold Cross Validation con $k = 3$, que divide cada base de datos específica en tres grupos de igual extensión con vectores de información escogidos al azar, usando alternativamente dos grupos como conjunto de educación de la red (entrenamiento y prueba), y el tercero como validación. Esta técnica utiliza también, una regulación estadística bayesiana, elimina los sesgos de elección y entrega una mejor idea de los errores de validación y de la existencia de valores extremos o atípicos (outliers), que normalmente quedan ocultos por la división de datos y otros efectos.

III.RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.Ensayos para mostrar la efectividad de la estrategia de control

Estas pruebas consisten en ir variando los parámetros de la Red Neuronal hasta obtener el mejor resultado posible. Tomando en cuenta que la red para las pruebas es una red eléctrica adecuada para los fines previstos y donde solo las variaciones de voltaje fluctúan en pequeños valores. Para este sistema se utiliza el algoritmo de control denominado control predictivo no lineal, que se basa en una red neuronal que se encarga de determinar el valor de la salida teniendo como entradas: salidas y entradas pasadas, o entradas pasadas, o salidas pasadas del sistema, y en base a esos valores determinar el valor óptimo de la entrada de control de tal forma que el error tienda a cero, es decir; en primera instancia se debe ejecutar el entrenamiento, que permitirá realizar el modelado de la planta, a partir de un compendio de valores de entrada y de salida que se adquieren y permiten realizar los ajustes óptimos de la red neuronal, obtenidos al aplicar la regla de aprendizaje establecida del algoritmo de Levenberg – Marquardt, obteniendo finalmente que la salida del sistema alcanza la trayectoria de la referencia a través de la señal controlada

7.Entrenamiento de la red neuronal

El entrenamiento muestra algunos paralelismos con el desarrollo intelectual de los seres humanos. No obstante, aun cuando parece que se ha conseguido entender el proceso de aprendizaje conviene ser moderado porque el aprendizaje de las mismas está limitado.

El objetivo del entrenamiento de una red neuronal artificial es conseguir que una aplicación determinada, para un conjunto de entradas produzca el conjunto de salidas deseadas o mínimamente consistentes. El proceso de entrenamiento consiste en la aplicación secuencial de diferentes conjuntos o vectores de entrada para que se ajusten los pesos de las interconexiones según un procedimiento predeterminado.

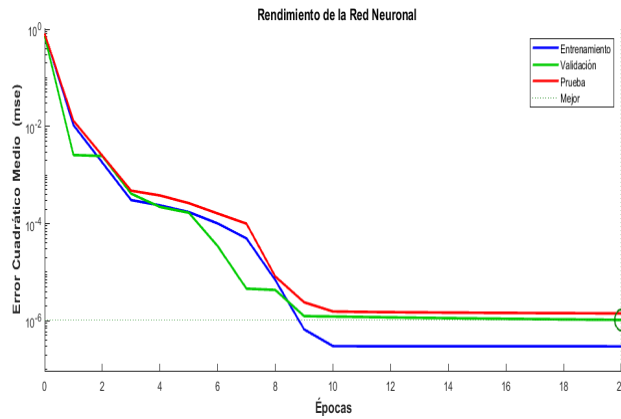
Durante la sesión de entrenamiento los pesos convergen gradualmente hacia los valores que hacen que cada entrada produzca el vector de salida deseado. Para esta sesión se realizaron 6 ensayos. Se mostrara a continuación solo la que genero mejores resultados

Se tomará entonces los datos de la Tabla I. Que se muestra a continuación

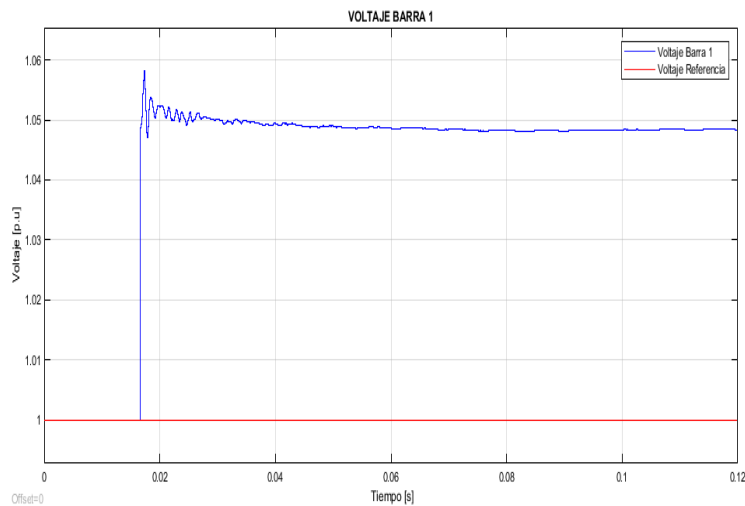
Tabla I Datos de prueba de la red neuronal

Parámetros RNA	
Número de muestras de entrada	10
Número de neuronas de entrada	10
Número de neuronas capa oculta	20
Número de épocas	20

De manera que el rendimiento de la red neuronal puede Visualizarse en la Figura 6

**Figura 6 Rendimiento de la red neuronal**

Por lo tanto, los perfiles de voltaje en barra 1 con STATCOM, pueden visualizarse en la Figura 7

**Figura 7 Perfil de voltaje en barra 1 con statcom**

Voltaje Barra 1: 1.048 p.u

El voltaje se encuentra entre los canones esperados

Al continuar los ensayos de prueba se puede concluir que si se continúan incrementando los valores de los parámetros de la RNA no hay variación en los resultados, pero si hay un aumento de consumo de recurso en el proceso. Por lo tanto, puede concluirse que el mejor diseño sería la prueba número 5, donde los perfiles de voltaje se

regulan a un valor aceptable no mayor de 1.05 p.u, intervalo de regulación deseado para el STATCOM. Poniéndose en evidencia una vez mas mediante el análisis de regresión lineal mostrado en la Figura 8.

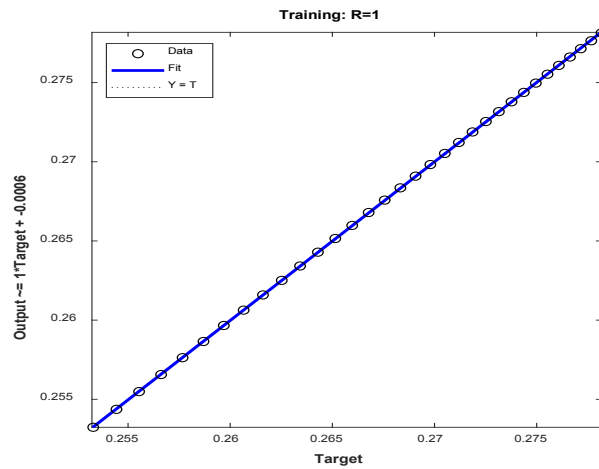


Figura 8 Regresión lineal del entrenamiento de la red neuronal

En el análisis de regresión lineal se puede ver como el coeficiente R es muy bueno y la regresión de los datos presenta una relación lineal calificable de perfecta; igual a 1. Es decir, presenta una relación altamente lineal; la nube de datos se apila colinealmente, esto pone en evidencia un alto desempeño de la red neuronal con los parámetros de ajuste obtenidos y mencionados anteriormente. El método de entrenamiento utilizado en este experimento, fue el método de Levenberg-Marquardt que puso en evidencia su eficacia en el entrenamiento de la red

8. Validación del modelo de redes neuronales

Para probar el sistema bajo condiciones de operación distintas a la de régimen permanente se simula el sistema de potencia previamente presentado en las barras B1, B2 y B3 donde se tomaran los parámetros de medición de la regulación realizada por el compensador estático, según la Figura 45. Puede observarse de forma evidente una falta de la regulación de tensión, ya que en la barra B3 se observa una caída considerable de la componente fasorial “Va Ia prim (p.u) 3” hasta la entrada de la acción reguladora del compensador estático a los 0.29ms traducido en un aumento de este parámetro que logra posicionarse entre los [-0.94, 0.94] P.U, poniendo de manifiesto el hecho que la necesidad de la absorción de reactivos enviados a la red de potencia se da de forma efectiva, esta función será desempeñada por el controlador ejerciendo su acción directamente en el STATCOM. El procedimiento se llevará a cabo tomando las mediciones en la red con el STATCOM conectado a la red. Ver Figura 9

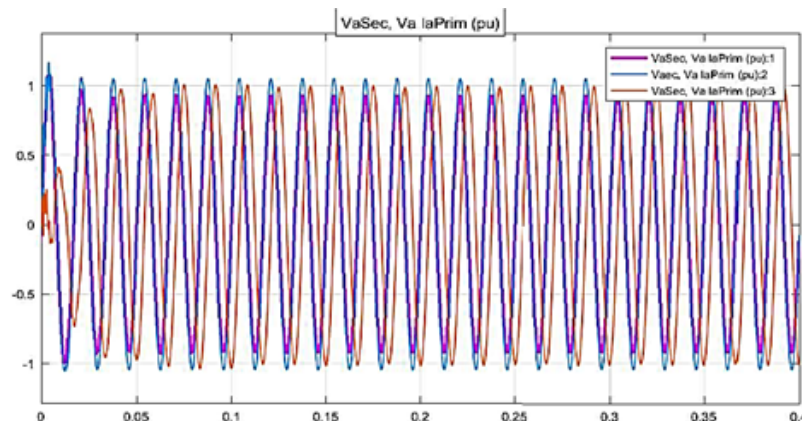


Figura 9 Perfil de voltaje en barras con STATCOM mediante RNA

En contraste con este análisis podría estudiarse este fenómeno para la conexión de un STATCOM con control tradicional PI (proporcional – integral) y puede observarse que la acción reguladora es menos eficaz en cuanto al tiempo, al hacer efectiva la regulación de voltaje del sistema que empieza a materializarse en 0.111s, mientras que los voltajes en la barra tres alcanzan los 0.75 P.U (Figura 10) en cuyo valor no sigue la referencia dada por barra2 y barra 1, a diferencia del control neuronal donde los perfiles de tensión se adaptan a los niveles de referencia de una manera casi exacta en las tres barras y en mucho menos tiempo.

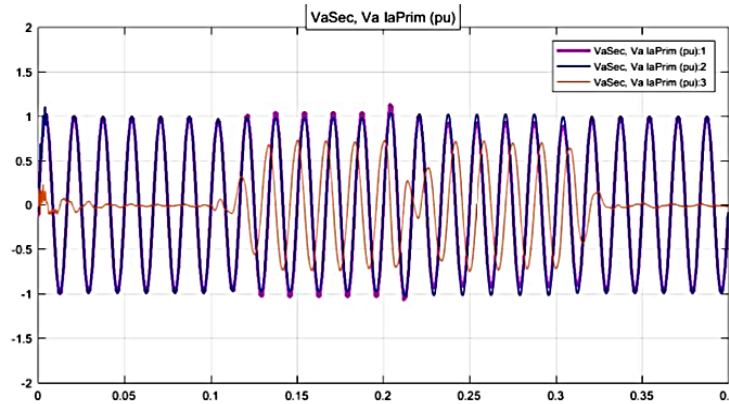


Figura 10 Perfil de voltaje en barras con STATCOM con control PI

En este sentido se muestra la evolución de algunos de los voltajes nodales del sistema. Para poder apreciar claramente su comportamiento, se seleccionaron magnitudes de tensión en los nodos 2 y 3. En ella se puede observar que la modificación en la magnitud del voltaje en la barra 1 tiene un impacto global en todos los voltajes nodales del sistema de potencia, pero dicho impacto es mas notable en las barras mas cercanas a la barra de salida del STATCOM que es la barra 1, En este caso, por ejemplo, lo que se hace es aumentar la magnitud de voltaje de la barra 1, lo que lleva a un aumento en las magnitudes restantes de la red de potencia, de tal modo que todas las magnitudes en este sistema mejoran su valor en menor o mayor porcentaje. Asimismo, debido a que la señal controlada no presenta oscilaciones ni sobreimpulsos este efecto se ve reflejado en el resto de las tensiones sistema.

Esto se traduce en un intercambio de potencia reactiva de -105.4MVAR , indicativo de una absorción en la red, visualizable en la Figura 46, al accionarse a los 0.29ms. Ver Figura 11. Es evidente que al generarse el intercambio de potencia reactiva generado por acción del compensador estático a -105.4MVAR la acción de control logra regular mediante el incremento del perfil del voltaje los niveles de este parámetro en la barra 3. Sería tácito entonces asumir el hecho de que a menor nivel de voltaje crecerá el nivel de reactivos proporcionados por el STATCOM en lo concerniente al nivel de regulación.

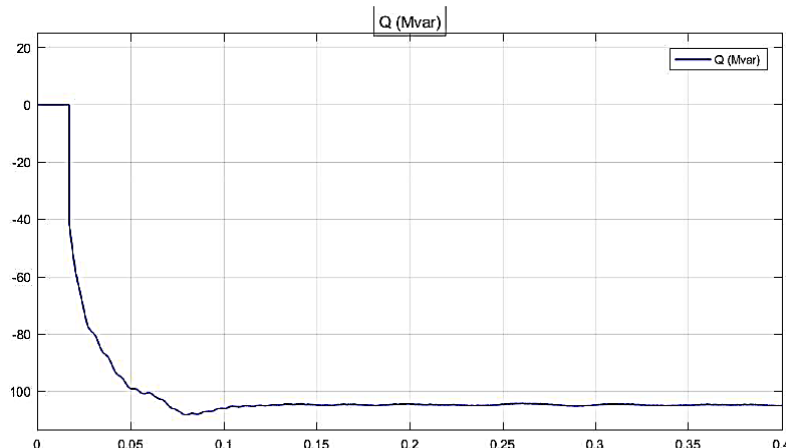


Figura 11 Intercambio de potencia reactiva del STATCOM

Tomando en cuenta que los valores del sistema se ponderan 1 p.u, que son 500kV, luego de la actuación del STATCOM al detectar un descontrol en los valores de voltaje de la red y realizar su respectiva regulación con un intercambio reactivo estimado entre los -105.4MVAR mediante control neuronal, los niveles de tensión en la red donde se produce la inyección directa de reactivos (barra 1) se maneja un nivel de voltaje para un pico máximo de 1.03 p.u que es equivalente a los 515kV y un establecimiento del nivel de voltaje a 1.02p.u equivalente a 510kV ante perturbaciones en la red. Ver Figura 12.

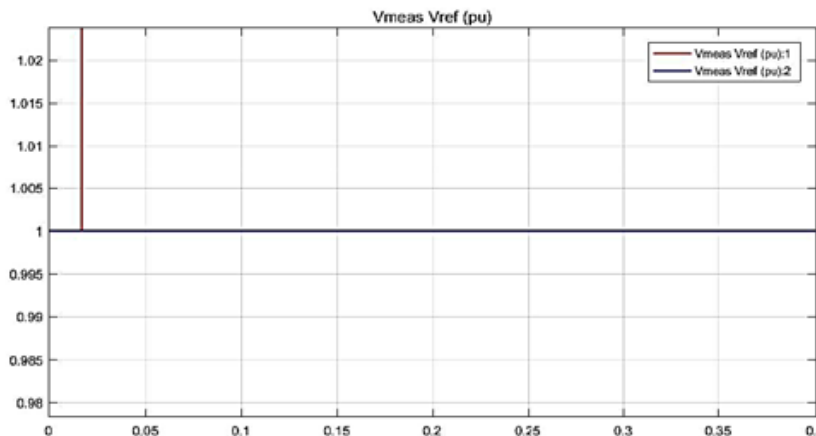


Figura 12 Magnitud de tensión en la barra 1.

Es evidente entonces el desempeño de la señal controlada que se aprecia, observando buenas características al presentarse las modificaciones de la red eléctrica, comprobando sus buenas perspectivas al emplear un modelo neuronal adecuado. En la figura anterior se exhibe la comparación de la salida real con la predicción realizada por la red neuronal, permitiendo así, el buen desempeño de la red neuronal. Por otra parte al contrastar el control neuronal con el control clásico

•Análisis finales

La habilidad del STATCOM para mantener un nivel de voltaje predeterminado por medio de compensación de potencia reactiva ha mostrado mejorar la estabilidad transitoria y el amortiguamiento de oscilaciones

La corriente reactiva que fluye hacia adentro o hacia fuera del compensador síncrono depende de la diferencia entre el voltaje del sistema de AC y el voltaje de salida en las terminales del STATCOM. Cuando la amplitud de voltaje en las terminales de salida del STATCOM es mayor que la amplitud del voltaje del sistema de AC, la corriente fluye del inversor del STATCOM hacia el sistema; de manera que, el inversor genera potencia reactiva (capacitiva) para el sistema de AC. Por otro lado, si la amplitud de voltaje de salida del STATCOM disminuye por debajo del voltaje del sistema de AC, la corriente reactiva fluye del sistema de AC al inversor del STATCOM; por lo tanto, el inversor absorbe potencia reactiva (inductiva). Si el voltaje de salida es igual al voltaje del sistema de AC,

En base a los resultados obtenidos en la presente investigación, se tiene que la estrategia de control alcanza los resultados esperados al controlar el perfil de voltaje, mediante la compensación reactiva en la red de potencia haciendo uso del modelo de compensador sincrónico (STATCOM), ya que, en la validación de resultados mediante el programa comercial especializado Simulink, se lograron datos de respuestas muy satisfactorios al ser comparados con los ensayos hechos sin el control propuesto

En lo que respecta a este apartado el control inteligente de los compensadores es un punto neurálgico a nivel de interconectado de grandes redes de potencia, entendiéndose que este control permite entonces, aumentar la capacidad eléctrica de la red, disminuyendo las pérdidas de energía, al automatización de este dispositivo ofrece una respuesta automática y como se ha demostrado en este trabajo, sumamente efectiva mostrándose en todas las barras de la red de potencia donde se tomó el comportamiento de la compensación

Por otra parte a nivel de simulación pudo notarse que hay una interacción irrefutable entre los tiempos de simulación y los recursos del computador donde tenga lugar el experimento, En general, una de las principales ventajas

del uso de redes neuronales en control es su implementación, debido a que permiten reducir la complejidad y costo computacional de algunos controladores no lineales y mejoran el desempeño de los controladores diseñados con técnicas convencionales, es menester entonces destacar que al momento las pruebas el mayor consumo de recursos computacionales pudo notarse en el proceso de identificación del sistema y el entrenamiento de la red neural, sin embargo, esto no es una limitante de alta significación ante la efectividad del método, La selección de la función de desempeño determina el tipo de regla de aprendizaje, su complejidad computacional y el modelo final, aunque generalmente se adopta una función de desempeño del error cuadrático medio (mean square error, MSE) debido a que proporciona un resultado satisfactorio en la mayoría de los casos, y las reglas de aprendizaje resultantes son simples para su implementación

La propuesta realizada mediante el control neuronal ha mostrado su eficacia en los casos donde el sistema se somete a un cambio en los requerimientos de magnitud de voltaje en los nodos de la red, las referencias del acervo experimental manifiesto en esta investigación principalmente se muestran en la barra de referencia 1 que es la barra de salida donde se obtienen las señales inmediatas del STATCOM. Con su capacidad de adaptación cuando se suscita algún cambio en el sistema, se enfatizan las ventajas de emplear las redes neuronales a diferencia de las técnicas convencionales.

La evolución en general, de la magnitud de voltaje en la barra 1 se observa con características satisfactorias en la red de potencia lo que permite que regrese a su valor de referencia ante diferentes variaciones y/o contingencias en la red, así como a mejorar el perfil de voltaje del sistema. Estos resultados se obtienen a partir del control predictivo exponiendo el impacto de establecer los horizontes de predicción correctos. Considerando una eficiente predicción que realiza la red neuronal para la magnitud de tensión. También se muestra que el control es rápido, ya que no permite un error grande al momento de que se presenta alguna de las perturbaciones presentadas en el estudio.

La ejecución de las diferentes pruebas pudo colocar en evidencia que si se tiene un modelo neuronal erróneo de la planta, simplemente la ley de control no converge a un valor óptimo. Por el contrario, lo que sucede en esos casos es que el error se incrementa en el tiempo en lugar de disminuir. Así también es necesario definir apropiadamente las metas de predicción para obtener la mejor señal controlada, llevando la salida al valor deseado

Estos resultados permitieron comprobar que las Redes Neuronales realmente poseen la habilidad para representar cualquier sistema no lineal, donde la mayoría de los métodos de identificación clásicos no conducen a resultados aceptables, en contraste, se puede señalar que los modelos neuronales realmente presentan un comportamiento dinámico representativo del proceso real. Esta ventaja es aplicable tanto a modelos lineales como a no lineales, ya que es una habilidad de éstas representar cualquier función lineal o no entre una data de entrada y una de salida, además mantiene una respuesta satisfactoria, rápida y estable para el sistema eléctrico cuando se somete a perturbaciones, en este sentido se presenta una alternativa enfocada a ser aplicada en grandes sistemas de potencia, incluido el sistema de potencia venezolano el cual posee dos grandes sistemas de compensación reactiva en el sistema troncal de 765kV en dos puntos neurálgicos del interconectado, como los son S/E San Gerónimo 765 kV y S/E La Horqueta 765 kV (Ver Anexo 5 y Anexo 6), pero estos carecen de una autoregulación no intervenida por un operador desde un centro de despacho de carga, siendo esta investigación aplicable a dicho sistema

IV. CONCLUSIONES

Una vez hecho el estudio de aplicación Control inteligente a Través de Redes Neuronales Aplicadas a la Identificación y Control de Sistemas Realimentados se llegaron a los resultados que permiten el siguiente conjunto de conclusiones:

- Se determinó que la metodología basada en redes neuronales es una técnica versátil, amplia, práctica, aplicable y efectiva para diversas aplicaciones en diferentes ámbitos, dando una respuesta óptima a los requerimientos para la que fue empleada, en este caso el control de un compensador estático para el control de voltaje de una red de potencia

- La aplicación de la metodología, posee varias formas de implementación según los fines propuestos en cuanto a los diversos métodos de entrenamiento aplicables, para esta investigación resultó efectivo el método de implementación, se debe mencionar que el éxito de los experimentos dependen también de los recursos computacionales disponibles

•El análisis de la estrategia permitió que su aplicación se basara en la medición de un valor de referencia de voltaje que sería el que serviría de paradigma para el control efectuado desde la red neuronal y atender la contingencia del sistema de potencia según los requerimientos de voltaje de este por medio de la absorción o inyección de potencia reactiva. La medición de los valores de obtenidos se obtuvieron directamente de la barra 1 para su posterior análisis, resultando ser los esperados

•El diseño de el modelo de redes neuronales fue basado en el método de Levenberg-Marquardt en base a control predictivo y en la ley del control endilgada a la minimización de funciones objetivo lo que reviste al método de una filosofía practica y versátil que produjo un resultado satisfactorio en su aplicación, además de su rapidez de convergencia con respecto a otros métodos

•La implementación del modelo a la identificación y control de sistemas realimentados fue aplicada a una red didáctica de potencia para un mejor manejo de resultados e interpretación de los mismos, además el estudio hace énfasis en el control de voltaje a la red, se deja como investigación futura las respuestas ante fallas de alto alcance que requieran de una compensación de un nivel mas amplio

•La implementación de modelo a la identificación y control de sistemas realimentados resultó válida, por lo tanto confiable tomando en cuenta que los valores, efectividad y rapidez se atribuyen al algoritmo base de la simulación, decimales utilizados en el cálculo y valores de truncamiento inherentes al programa, por tanto se pudo interpretar como una alternativa perfectamente viable y totalmente eficaz en el marco de la inteligencia artificial, para redes de transmisión permitiendo la poca o nula intervención de un operador en los controles de la misma.

REFERENCIAS

- [1]Aboukheir (2008) Neuroidentificador Basado en Filtro Kalman. Tesis doctoral. Universidad Rafael Bellosó Chacín. Venezuela
- [2]Alzate, A. Herrera, J. Castro, O. (2003). Efecto de un Compensador de VAR Estático en el Amortiguamiento de las Oscilaciones. Departamento de ingeniería eléctrica. Universidad Tecnológica de Pereira. Pereira. Colombia
- [3]Amaya, F (2011). Desarrollo de una Metodología para la Coordinación de Relés de Sobrecorriente Utilizando Teoría de Redes Neuronales Artificiales. Departamento de ingeniería eléctrica. UNEXPO – Puerto Ordaz. Venezuela
- [4]Billings, S. Aguirre, L. Effects of the sampling time on the dynamics and identification of nonlinear models. International journal of Bifurcation and Chaos, 5(06):1541–1556, 1995.
- [5]Carrillo, A. (2011) Sistemas Automáticos de Control Fundamentos Básicos de Análisis y Modelado. Universidad Nacional Experimental “Rafael María Baralt”. Venezuela. ISBN: 978-980-6792-12-8
- [6]Carrillo, J. Cidrás J. (2003). Compensadores Estáticos de Potencia Reactiva (SVC). Vigo. España
- [7]Coello, J. De Pool, S. Fabelo, R (2013). Control Difuso De STATCOM Para La Regulación Del factor De Potencia En Una Red Eléctrica. Universidad Privada Dr. Rafael Bellosó Chacín. Publicado en la revista Ing. USB-Med, Vol. 4, No. 2, Julio-Diciembre. Caracas Venezuela
- [8]Davalos, R. Ramirez J (2001). Características Funcionales Del STATCOM. CINVESTAV- I.P.N. - Unidad Guadalajara. Publicado por CIGRE comité mexicano. Guadalajara. Mexico
- [10]Dulhoste J (2012). Introducción al Control de Procesos para Ingenieros. Universidad de Los Andes (ULA). Mérida. Venezuela
- [11]Elgueta, F. (2008). Control De Sistemas HVDC. Departamento de ingeniería eléctrica. Facultad de ciencias físicas y matemáticas. Universidad De Chile. Santiago de Chile. Chile
- [12]Fuenmayor, R. P. (2000). Mejores Técnicas de la Investigación. Limusa.: Madrid. España.
- [13]Galán, R. Jiménez, A. Sanz, R. Matia, F. (2000) Control Inteligente. Centro Departamento de Automática, Ingeniería Electrónica e Informática Industrial Universidad Politécnica de Madrid publicado en la Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial, vol. 4, núm. 10
- [14]Goire, M. Flores, M. Bonilla, M Baruch, I. (2003) Control Neuronal por Modelo de Referencia para un Sistema de Estructura Variable. CINVESTAV-IPN Facultad de Ingeniería Eléctrica, Departamento de Informática. México
- [15]Gonzalez, A. Avila, M. Gomez, E (2000). Redes Neuronales para Identificación y Predicción de Series de Tiempo Revista del Centro de Investigación. Universidad La Salle, vol. 4, núm. 14. México D.F
- [16]Hartmanis, J. y Leeuwen, J. (2002). Artificial Neural Networks: An introduction to ANN theory and practice. Berlín. Springer-Verlag. ISBN: 3-540-59488-4.

- [17]Haykin, S. (1999) Neural networks: A comprehensive foundation. 2^da ed. New Jersey. Prentice-Hall International. ISBN: 0-13-908385-5.
- [18]Hernandez, L. (2006) Predicción y optimización de emisores y consumo mediante redes neuronales en motores diesel. Reverté (2006). ISBN-10: 84-291-4708-x. ISBN-13:978-84-291-4708-7.
- [19]Hudson, M. Hagan, M y Demuth,H. (2001). Neural Networks Toll Box User's Guide. R2001b. MathWorks
- [20]Leal, A (2017). Desarrollo de Algoritmos de Control Basados en Inteligencia Artificial para ser Implementados en PLCs Simatic S7. Departamento de ingeniería electrónica. UNEXPO – Puerto Ordaz. Venezuela
- [21]Ljung, L. and J. Sjöberg, "A System Identification Perspective of Neural Networks", IEEE Workshop on Neural Networks for Signal Processing, 1992
- [22]Mathworks Microsoft Corporation®. Matlab. Washington D.C. [Citado el 13 de agosto de 2018]. Disponible en: <http://msdn.microsoft.com/eses/library/2x7h1hf k%28v=vs.80%29.aspx>
- [23]Mendoza, F. (2010). Diseño Multiobjetivo Multietapa de Sistemas de Distribución de Energía Eléctrica Aplicando Algoritmos Evolutivos. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza, España. Abril de 2010
- [25]Rodríguez, D. Bordons, C. (2005) Apuntes de Ingeniería de Control. Análisis y control de sistemas en espacio de estado identificación de sistemas control adaptativo control predictivo. Universidad Literaria de Sevilla. España.
- [26]Romero et al (2007) Inteligencia Artificial y Computación Avanzada. Santiago de Compostela. España ISBN.: 84-934497-0-9. 400p
- [27]Sampieri,R. Fernández,C. Baptista P. (2010). Metodología de la Investigación, Roberto Hernández Sampieri. McGraw-Hill.
- [28]Sanz, R (1990) Arquitectura de Control Inteligente de Procesos. Departamento de Automática de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid.
- [30]Salas, R. (2005) Redes Neuronales Artificiales. Departamento de Computación. Universidad de Valparaíso. Chile
- [31]Silveira, E (2017). Sintonización de un Controlador PID Basado en el Algoritmo Competitivo Imperialista para el Control de Velocidad de un Motor de Corriente Continua. Departamento de Investigación y Post Grado. UNEXPO – Puerto Ordaz. Venezuela

Direccionamiento del Desarrollo Local como Eje Estratégico a través de un Modelo de Gestión

Izquierdo Henry

Universidad Católica Andrés Bello, Guayana, Venezuela,

hizquier@ucab.edu.ve

<https://orcid.org/0000-0002-6679-8735>

Resumen: El presente trabajo de investigación responde a una necesidad en las organizaciones gubernamentales, ciertamente complejas, reguladas por sus propias dinámicas, con estructuras orgánicas y procedimientos administrativos particulares. La investigación está dirigida a diseñar un modelo que permita evaluar la gestión de los procesos de desarrollo endógeno, con aplicación a la Alcaldía del Municipio Caroní. La metodología que soportó el modelo fue a través del Cuadro de Mando Integral (CMI) y el análisis estratégico prospectivo como elementos de reflexión colectiva. El modelo propuesto fue simulado por el software Bitam-Stratego y el Mic-Mac, este último mostró las relaciones de los factores claves obtenidos en el análisis estructural con el (CMI). El 27% de las variables tienen una alta influencia sobre el resto, y el 36% tienen una alta dependencia. Sólo el 46% de las variables claves permitieron evaluar el proceso de desarrollo endógeno como eje sustentable, es decir las que están en las zonas de conflicto y poder. Dichas variables claves del sistema, son las que se utilizarán para evaluar los factores potenciales que incidirán en el desarrollo, llamándose factores claves estratégicos. El modelo permite simular e incorporar o eliminar variables sin que cambie su esencia en la toma de decisiones.

Palabras Clave: Desarrollo Endógeno, Gestión Local, análisis prospectivo, Planificación, Simulación.

Addressing Local Development as a Strategic Axis through a Management Model

Abstract: This research responds to a need in the government, certainly complex, governed by its own dynamics, organizational structures and administrative procedures in particular. The research is aimed at designing a model to evaluate the management of endogenous development processes, with application to the Mayor of the Municipality of Caroní. The methodology that supported the model was through the Balanced Scorecard (BSC) and prospective strategic analysis as elements of collective reflection. The proposed model was simulated by software-Stratego Bitam and Mic-Mac, the latter showed the relationships of the key factors in the structural analysis obtained with the (WCC). 27% of the variables have a strong influence on the rest, and 36% have a high dependency. Only 46% of the key variables allowed us to evaluate the process of endogenous development as sustainable axis, ie those that are in the areas of conflict and power. These key variables of the system are those used to evaluate potential factors that will affect the development, calling key strategic factors. The model can simulate and add or delete variables without changing the essence in making decisions.

Keywords: Endogenous Development, Local Management, Prospective Analysis, Planning, Simulation.



I. INTRODUCCION

El presente trabajo de investigación responde a una necesidad identificada en las organizaciones gubernamentales, indudablemente complejas, normalizadas por sus propias políticas, con estructuras orgánicas y procedimientos administrativos particulares.

Hoy en día las Alcaldías en Venezuela deben ser más responsables en sus gobiernos y en sus administraciones, por lo que las creaciones de una nuevas instancias de gobierno territorial supone que el poder comunal o los centros comunales que tienen sus particularidades y características y que la diferencian de las otras instancias de gestión gubernamental, la finalidad es que los servicios eleven el estándar de vida de los ciudadanos a través de una correcta toma de decisión (IVEPLAN, 2002).

En tal sentido se plantea como objetivo fundamental proponer un modelo que permita la evaluación del proceso de Desarrollo Endógeno a través de modelo de gestión integral. La metodología del Cuadro De Mando Integral y el análisis estructural están basados en las teorías de sistemas blandos y el análisis caudal o de dependencia o influencia de los factores claves. El análisis estructural permite detectar cuales son las variables claves, es decir aquellas que ejercen la mayor influencia sobre las restantes y permite su simulación para hallar las variables futuras que incidirán en el proceso de desarrollo en los espacios territoriales.

La modalidad de la investigación aplicada fue la de proyecto factible con un nivel de investigación descriptivo. Se empleó la observación directa y la entrevista no estructurada como técnicas primarias de recolección de datos y el uso de la técnica de expertos (Delphi).

La investigación se realizó en 3 fases. En la primera fase se parte con una revisión del estado del arte, a partir de ahí se construyó el marco teórico que abarca los tópicos referidos al proceso de desarrollo, análisis prospectivo, control de gestión, planificación estratégica, efectividad, eficiencia y eficacia.

La segunda fase lo constituyó el diseño y propuesta del CMI soportado por el análisis estructural que proporcionó las bases para la realización del diagnóstico de la situación actual de la Alcaldía del Municipio Caroní. En el diagnóstico se analizaron los factores internos, y externos que intervienen en los procesos de desarrollo endógeno. Este análisis permitió conocer las características propias de la AMC. En esta fase se incluye el método prospectivo que expresa las variables o factores claves influyentes y dependientes.

Por último, se simuló con el Mic-Mac la influencia de las variables para los próximos 20 años y a partir de ahí se realizó la propuesta de un modelo de gestión como alternativa a la toma de decisión en tiempo real. Esto permite evaluar el proceso de desarrollo endógeno para los próximos años. El modelo provee información sobre el cumplimiento y avance de los lineamientos y de las directrices propuestas durante la dinámica del proceso de desarrollo.

Adicionalmente fue necesario realizar la simulación del modelo propuesto con el Software Bitam – Stratego (Bitam, 2007), y el Mic-Mac (Godet, 1997) para predecir con un alto grado de certeza el alcance y el nivel de cumplimiento de los objetivos y metas propuestas en el proceso de desarrollo endógeno por las comunidades.

II. Desarrollo

2. Enfoque del Desarrollo Endógeno

(Vásquez, 1999) sugiere que el verdadero desarrollo endógeno, ha de significar voluntad de iniciativa, innovación, cambios, acción emprendedora y dinámica. Asimismo se requiere el impulso y la participación de la comunidad. Generar cambios incuestionables en los procesos de desarrollo de las áreas locales.

El término de desarrollo endógeno ha originado numerosos debates y definiciones, pero sobre él existe un consenso más o menos generalizado al reconocer la importancia de los procesos sociales y la participación local y fundamental en este tipo de desarrollo (Montero, Carmenado, y Puente, 2005).

Para efecto de ésta investigación se tomará el concepto de desarrollo que aparece en el Informe Brundtland, (1987) La definición se encuentra en el Principio 3 de la Declaración de Río (1992): “Aquel desarrollo que satisfaga las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las del futuro, para atender sus propias necesidades” (Comisión de las Comunidades Europeas, 2001; Albuquerque, 2006).

2.1 Cuadro de Mando Integral (CMI) como Modelo de Gestión

(Kaplan y Norton, 2004) generaron un proyecto de investigación multiempresarial dedicado a explorar nuevas formas de medir el desempeño organizacional. De esta iniciativa surge el Balanced Scorecard o Cuadro de Mando Integral (CMI) que permite mantener un equilibrio entre los indicadores tangibles e intangibles (blandos o duros

como se denominan a veces).

El principio del Cuadro de Mando Integral (CMI) es sencillo y está basado en cuatro perspectivas, donde tres de ellas, la del cliente, la de los procesos internos y la del aprendizaje (Brooking, 1997) y crecimiento representan los impulsores que generan la cuarta perspectiva, la financiera.

Los objetivos que surgieron a partir del análisis estructural forman parte de cada perspectiva y están vinculados a través de relaciones de causa - efecto, y estos a su vez están vinculados con las estrategias generadas con el software Mactor, que se van generando durante el transcurso de la formulación y ejecución del plan estratégico de la organización a través de la metodología Delphi.

2.3 Construcción del Modelo de evaluación para la de la gestión de programas de Desarrollo Endógeno. Aplicación al Municipio Caroní, Guayana, Venezuela con el CMI.

La Figura 1 presenta el modelo metodológico aplicado para interactuar con las comunidades del Municipio Caroní y extraer la información de los espacios territoriales.

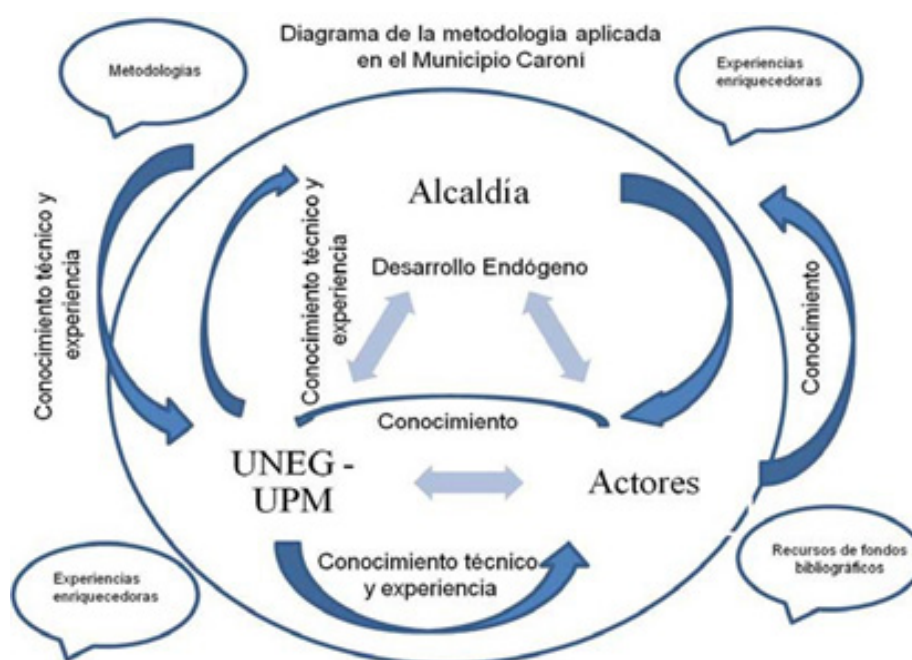


Figura 1. Diagrama del modelo metodológico aplicado en el Municipio Caroní Desarrollo Endógeno

La Figura 2, presenta el flujograma completo del proceso de diseño del modelo, en donde se indica cada uno de los procedimientos a seguir para cumplir con los 37 pasos, y así establecer el modelo (ver Figura 3). En cada paso, hubo la aplicación de más de una de las metodologías propuestas para evaluar los programas de Desarrollo Endógeno.

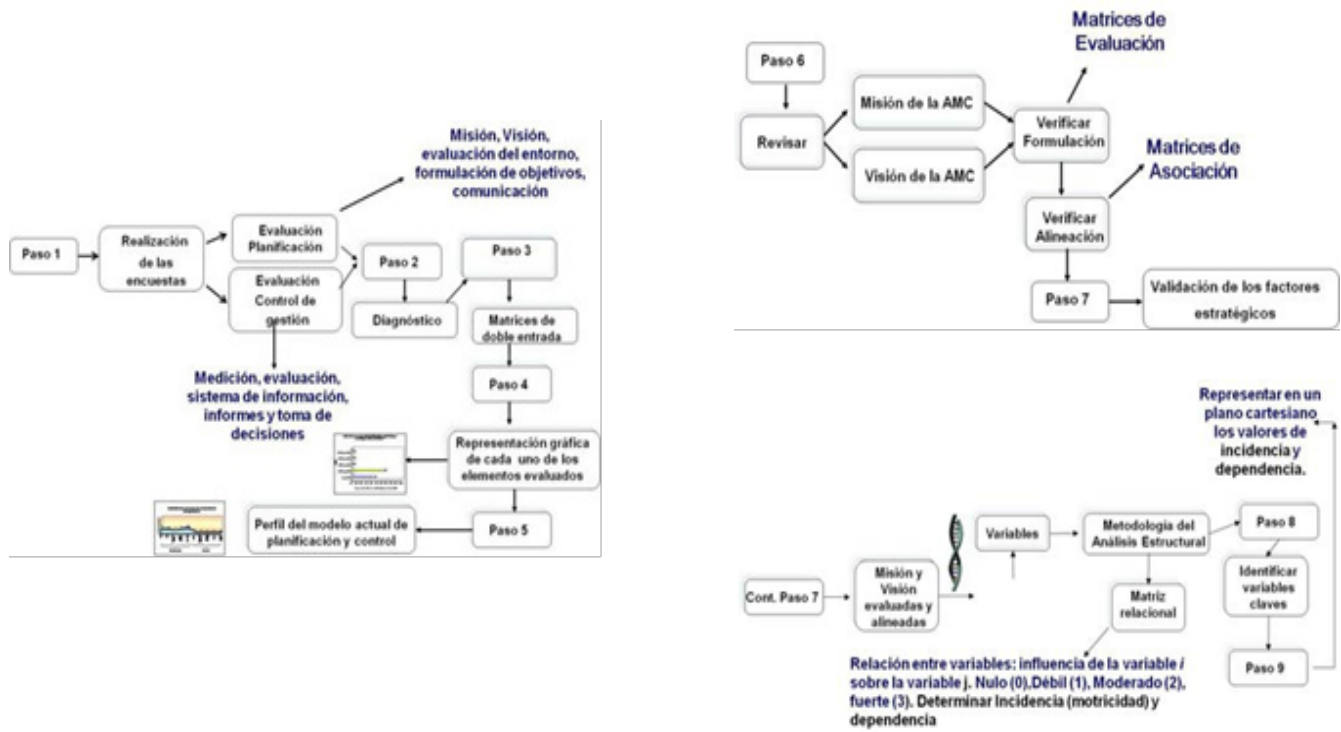


Figura 2. Flujograma del proceso de diseño de modelo para evaluar la mejora de la gestión del Desarrollo Endógeno

III.RESULTADOS

En la Figura 3 se aprecia el perfil del modelo actual de gestión de la Alcaldía del Municipio Caroní.

Se representó gráficamente el valor promedio obtenido por cada elemento estratégico en los aspectos de Planificación y Control de Gestión; presentándose para el proceso de planificación un valor promedio de 30%, lo cual indica una brecha de 70%, siendo mayor durante la evaluación del entorno.

De la misma forma se ha obtenido un promedio del 10% para el proceso actual de Control de gestión de la AMC, apreciándose una brecha del 90%, y así para cada uno de los parámetros evaluados.

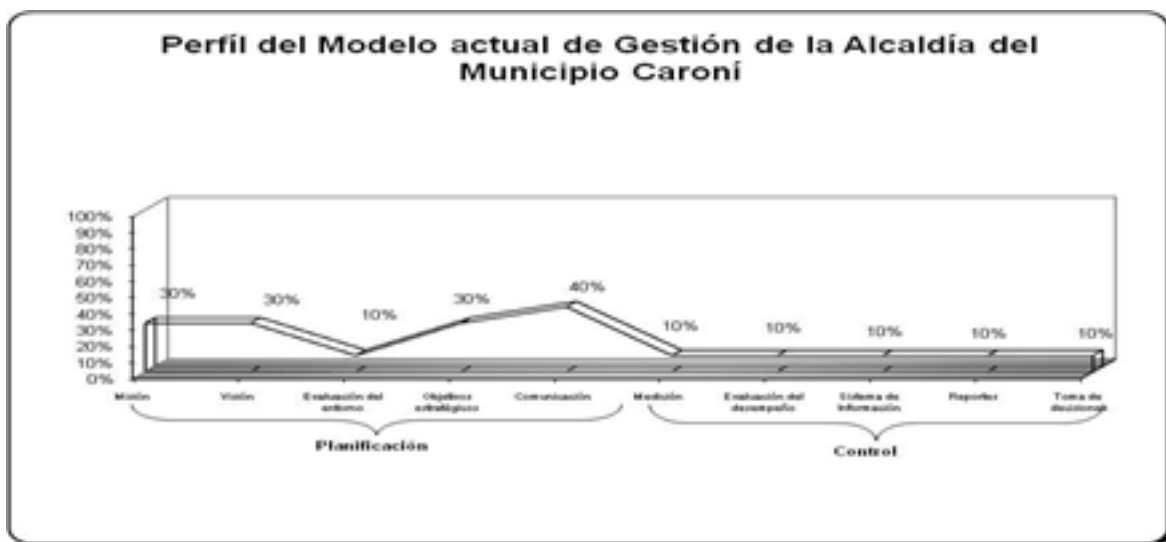


Figura 3 Perfil del modelo actual de gestión de la AMC

De los factores estratégicos (Misión y Visión) se obtuvo un total de 11 variables, de ahí se obtuvo la relación de causalidad entre las variables, influencia y dependencia, partiendo de allí se diseñó una matriz de doble entrada o matriz relacional, donde se reflejó la relación directa entre las variables con la calificación $X(i,j)$.

En donde la matriz relacional se le da respuesta a la pregunta ¿Existe una relación o influencia directa entre la variable i y la variable j ? Si la respuesta es no, entonces se anota cero, en caso contrario se pregunta si la influencia directa es débil (1), importante (2) o determinante (3), (Checkland, 1994).

En la Tabla 1. Se muestra la matriz relacional de las variables contenidas en la Misión y la Visión de la AMC. En total se estudiaron 121 relaciones directas $X(i, j)$ con los niveles de influencias 0, 1, 2 y 3. En la misma Tabla se muestra la motricidad o causalidad de cada una de las variables y su influencia sobre las restantes. Asimismo su dependencia o el impacto que las demás variables ejercen sobre una en particular.

Partiendo de los datos de la Tabla 1, se elaboró la Tabla 2. De modo, que se fijaron los valores de motricidad o causalidad y dependencia de las variables en estudio (Godet, 1997), y luego se procedió al cálculo del porcentaje relativo de cada variable.

En función de los resultados obtenidos en la Tabla 2, se logró extraer las variables de mayor motricidad o causalidad y dependencia, aspectos más relevantes dentro de la organización, es decir las variables que se le deberán prestar mayor atención.

Tabla 1. Matriz relacional de las variables contempladas en la misión y visión para la Alcaldía del Municipio Caroní

		Cobertura de servicios públicos	Servicios públicos de calidad	Bienestar de los habitantes del Municipio	Coordinación con el gobierno regional y nacional	Manejo transparente y eficiente de los recursos	Desarrollo económico y social	Herramientas técnicas	Participación ciudadana	Capital humano calificado	Principios y valores	Calidad de vida de población	
		V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	Motricidad
V1	Cobertura de servicios públicos		0	2	0	0	3	0	0	0	0	3	8
V2	Servicios públicos de calidad	1		3	0	0	3	0	2	0	0	3	12
V3	Bienestar de los habitantes del Municipio	0	0		0	0	0	0	1	0	0	0	1
V4	Coordinación con el gobierno regional y nacional	2	0	0		0	2	0	0	0	0	1	5
V5	Manejo transparente y eficiente de los recursos	3	1	2	0		3	0	0	0	1	2	12
V6	Desarrollo económico y social	0	0	2	0	0		0	0	0	0	2	4
V7	Herramientas técnicas	1	3	0	1	3	0		0	0	0	0	8
V8	Participación ciudadana	3	0	2	0	0	1	0		0	0	1	7
V9	Capital humano calificado	0	3	0	2	1	0	1	0		3	0	10
V10	Principios y valores	0	1	0	0	2	0	0	0	2		0	5
V11	Calidad de vida de población	0	0	2	0	0	1	0	2	0	0		5
	Dependencia	10	8	13	3	6	13	1	5	2	4	12	77

Fuente: Elaboración propia, 2007

Tabla 2. Valores de motricidad o causalidad y dependencia expresados en porcentaje para la AMC

X(i, j)	Motricidad (j)		Dependencia (i)	
	Abs	%	Abs	%
V ₁	8	10.39	10	12.99
V ₂	12	15.58	8	10.39
V ₃	1	1.30	13	16.88
V ₄	5	6.49	3	3.90
V ₅	12	15.58	6	7.79
V ₆	4	5.19	13	16.88
V ₇	8	10.39	1	1.30
V ₈	7	9.09	5	6.49
V ₉	10	12.99	2	2.60
V ₁₀	5	6.49	4	5.19
V ₁₁	5	6.49	12	15.58
Total	77	100.00	77	100.00

En la Figura 4 se muestra la representación de los datos obtenidos en la Tabla 2. Para ello, se representaron gráficamente los valores de motricidad o causalidad y dependencia de las variables en un plano cartesiano, dividido en cinco zonas previamente identificadas.

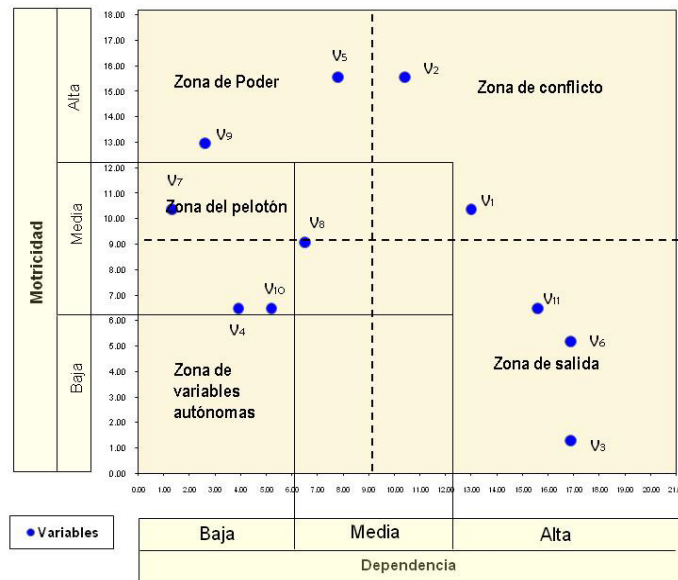


Figura 4. Representación de los valores de motricidad y dependencia directa de las variables en el plano cartesiano

En la Figura 5, se muestra el modelo propuesto de evaluación para la mejora de la gestión de programas de desarrollo endógeno. Se colocó a un nivel de abstracción de tal de manera que se pudiera comprender, debido a que el modelo en si es muy complejo en sus interrelaciones. El modelo permitió evaluar los factores estratégicos (objetivos, metas, e indicadores). Además, permitió evaluar los indicadores directos y los relacionados (los indicadores relacionados son aquellos que no ejercen ninguna influencia sobre el modelo, pero que son importantes evaluarlo, porque en conjunto dan idea del comportamiento de la organización).

Aún cuando en el modelo sencillo no se aprecia la totalidad de objetivos estratégicos. La perspectiva que mayor cantidad de objetivos estratégicos contiene (12), es la perspectiva de proceso de desarrollo, que es la que está relacionada con el proceso de desarrollo endógeno, seguida por la perspectiva de crecimiento y aprendizaje, donde se hace énfasis en los recursos humanos, por último las perspectivas de procesos internos, presupuesto y la de proceso industrial.

El modelo está compuesto por 35 objetivos estratégicos que coinciden con los reportados por el modelo de radar. Esto indica la consistencia entre cada uno de los factores estratégicos planteados durante la investigación. Para efecto de esta investigación se muestra el modelo más sencillo, con la finalidad de que se pueda comprender su propósito, que es la de tomar decisiones en tiempo real.

El modelo se validó con el software Bitam – Stratego con aplicación a la AMC. El Bitam – Stratego está soportado por las herramientas Business Performance Management (BMP) y Business Intelligence (BI), los cuales hacen que el modelo sea flexible y genere información para la toma de decisión en tiempo real.

Una de las bondades o características del modelo propuesto, es que puede simular cualquier organización gubernamental dirigida a evaluar procesos de desarrollo endógeno, solamente incluyendo o excluyendo variables.

En la Figura 5, se muestra el modelo de radar de cumplimiento de los objetivos estratégicos reportados por el simulador Bitam – Stratego.

En la figura 6 se aprecia los objetivos 1, 2, 20 y 30 equivalente al 11,43% (4) del total son los que realmente llegan a la escala de 10, es decir los que alcanzaron el valor establecido por la meta, mientras que los objetivos 3, 25, 32 y 34 equivalente a 11,43% (4), no alcanzan a llegar a la escala de 10, pero se encuentran por encima de la media (5), lo que significa que alcanzaron medianamente la meta establecida. El resto de los objetivos correspondiente al 77,14% (27) muestra valores por debajo de la media, no llegándose a cumplir con las metas propuestas.

Los objetivos evaluados por el simulador Bitam – Stratego, se encuentran incorporados en cada una de las perspectivas propuestas en el modelo para evaluar las mejoras de la gestión de programas de desarrollo endógeno.

El modelo de Radar permite evaluar el comportamiento de los objetivos estratégico a través del simulador Bitam

– Stratego, los cuales fueron propuestos por la AMC y la comunidad en general.

En las Figuras 7 y 8 se aprecian los valores de salida del modelo Mic-Mac en donde originalmente se había partido de 42 variables reportadas por los expertos, se aprecia que para la primera simulación se reporta 11 variables para la matriz de impacto directo, pero cuando se realiza la simulación para una matriz (n) de valor enésima se logra pasar a una matriz de impacto indirecto con 17 variables o factores claves, de ahí la necesidad de ver cómo se comporta el sistema para períodos muy largo, es decir periodos mayores de 20 años, debido a que el modelo cuando simula la matriz cuadrada no contempla aquellas variables que no se tomaron en cuenta en los primeros años, de ahí la importancia de esta última simulación.

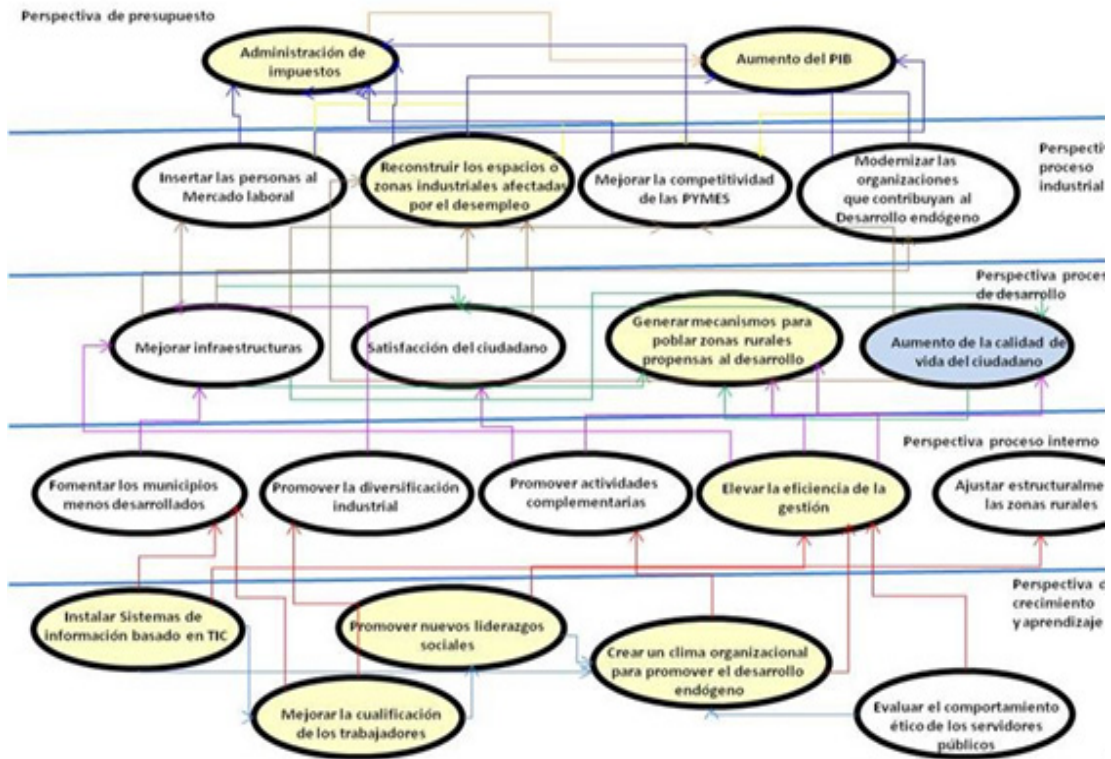


Figura 5. Modelo propuesto de evaluación para la mejora de la gestión de programas de Desarrollo Endógeno

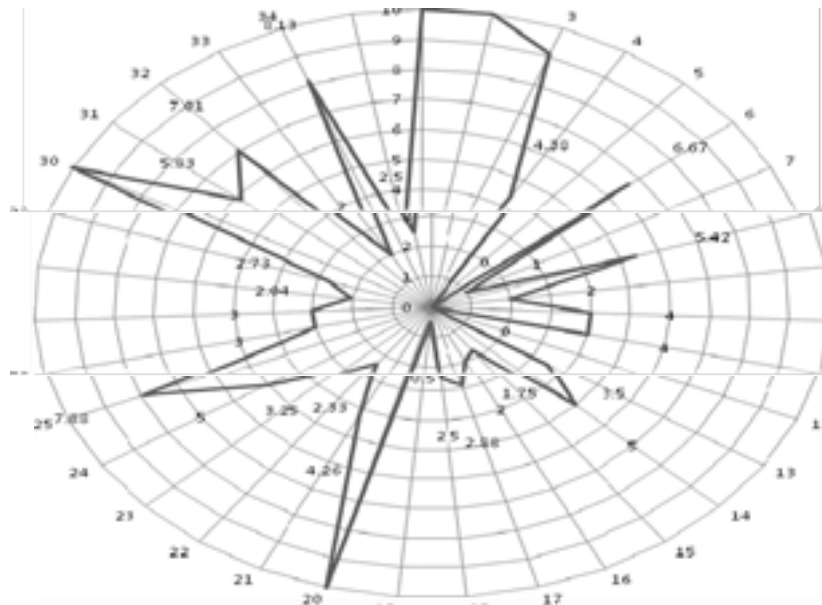


Figura 6. Modelo de radar del comportamiento de los objetivos estratégicos

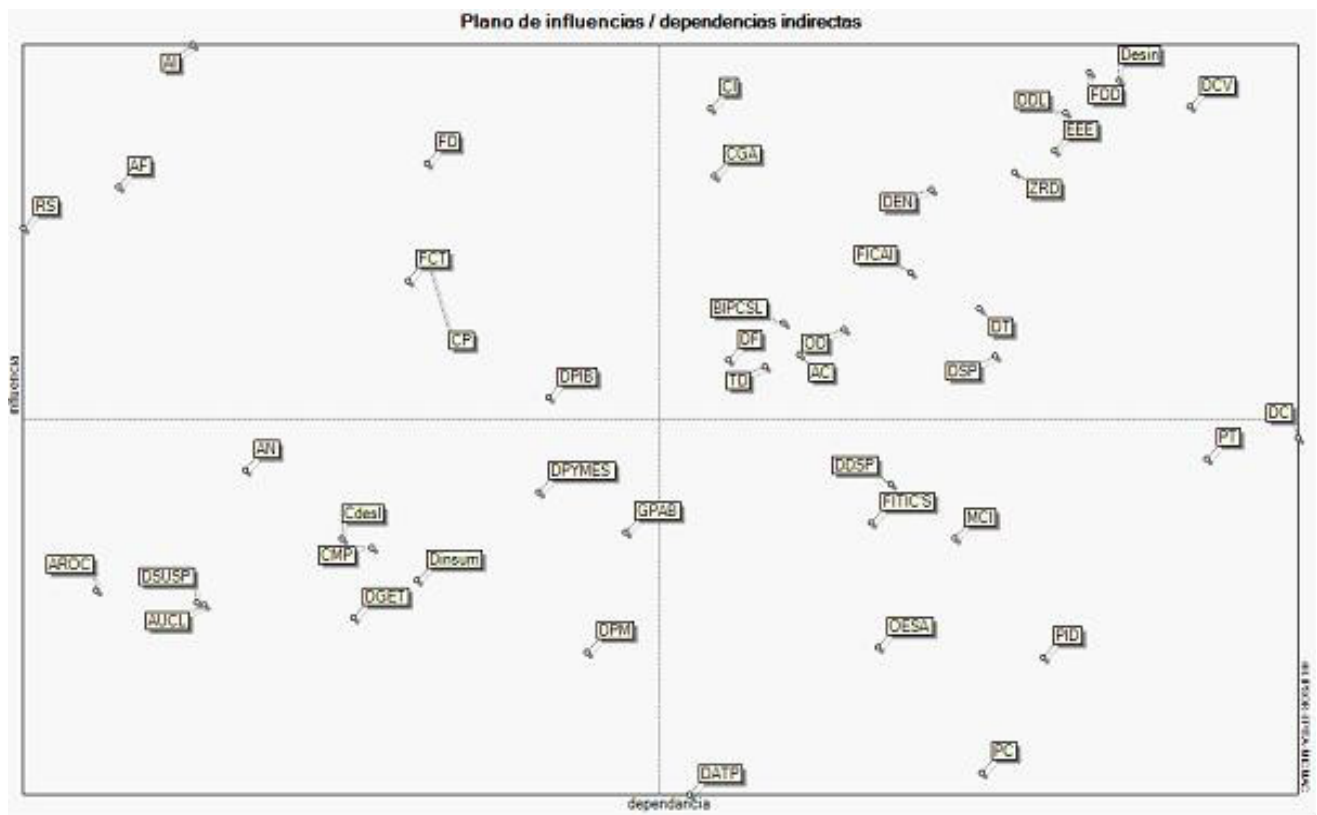


Figura 7. Plano de influencia/dependencia indirecta de los factores claves del Municipio Caroní

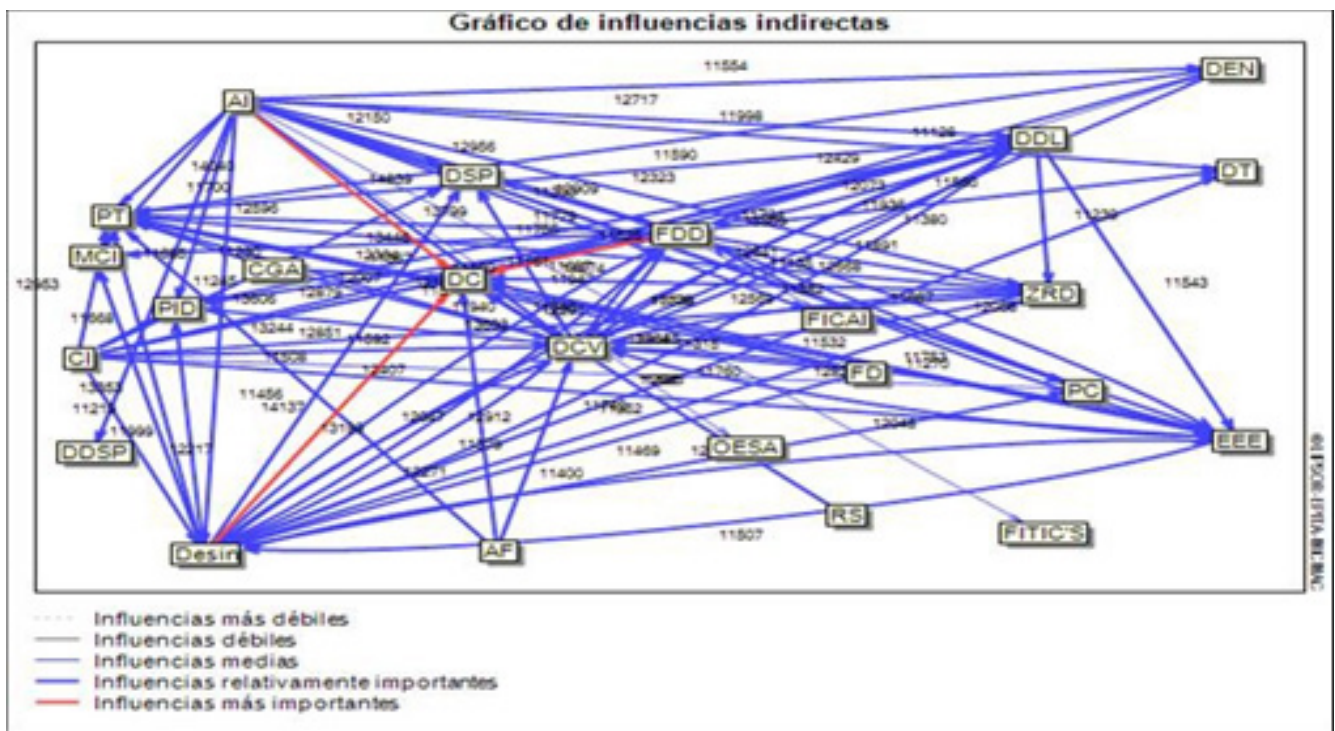


Figura 8. Plano de influencia indirecta de las variables encontradas a través del uso del Mic-Mac

IV. CONCLUSIONES

1. Las técnicas utilizadas en la investigación permiten que el Desarrollo Endógeno viene hacer hoy en día una nueva forma de desarrollar las comunidades, localidades y regiones, y generar información para la toma de decisión.

2. La AMC posee una brecha de 70% en su proceso de planificación. Es decir que solamente el 30% tiene conocimiento de la misión y la visión. En ambas definiciones se incluyo parte de lo que debería ser el desarrollo Endógeno.

3. El proceso actual de control de gestión de la AMC presenta una brecha de 90%, con un control de 10%. Existe una ausencia de indicadores asociados o relacionados con el desarrollo Endógeno y los mismos no están vinculados a los objetivos estratégicos para ser medidos y evaluados

4. El modelo propuesto ofrece una visión holística del modelo causal y se incorpora como elemento novedoso la inclusión del análisis estructural, de manera que se puede que los objetivos están más claros y vinculados con las necesidades de las comunidades.

5. El modelo planteado puede simular diferentes escenarios e incorporarse al análisis prospectivo tomando en consideración tanto las variables econométricas como las variables sociales.

6. El modelo presentado es muy flexible, permite la exclusión e inclusión de variables sin que se altere su concepción de modelo de toma de decisión, esto hará que se pueda visualizar en tiempo real las variables que intervienen en el desarrollo endógeno.

7. Con el uso del análisis prospectivo el modelo se fortalece, debido a que se puede simular diferentes escenarios en diferentes tiempos y tomar decisiones de cuál será el escenario más realista, además de permitirle a los ciudadanos tener información del futuro de sus espacios territoriales.

REFERENCIAS

- [1] Alburquerque, F. L. (2006). Desarrollo territorial rural. Una visión integrada para el desarrollo sustentable (III Congreso internacional de Laredo Sial alimentación y territorios. Madrid: Consejo Superior De Investigaciones Científicas IEG.
- [2] Bitam, S. (2007). Knowledge. Recuperado 15 de febrero del 2007 en <http://www.bitam.com/h2desk/index.php>.
- [3] Brooking, A. (1997). El Capital intelectual, el principal activo de las empresas del tercer milenio, ediciones Paidós Ibérica, S.A
- [4] Checkland, P., y Scholes, J. (1994). Metodología de sistemas suaves. México: Megabyte.
- [5] Godet, M. (1997). De la anticipación a la acción. Manual de prospectiva y estrategia. Barcelona: Alfaomega.
- [6] IVEPLAN (2002). Planificación y política. Caracas: Publicaciones
- [7] Kaplan, y Norton, (2004). Mapas estratégicos (C. Ganzinelli Trans.). Barcelona España: Gestión 2000.
- [8] Montero, A. C., Carmenado, I., y Puente, D. J. (2005). La Iniciativa Comunitaria LEADER Como modelo de desarrollo rural: Aplicación a la Región de España. *Agrociencia*, 39, 697-708. Vázquez, B. Mimeo.

Efecto de la corriente impresa en protección catódica sobre la generación de gases en materiales con hierro

Boet Luisa, Dam Oscar

lboet@unexpo.edu.ve, oscar.curmetals@gmail.com
UNEXPO, Vicerrectorado Puerto Ordaz

Resumen: Los materiales con Hierro apilados tienden a causar explosiones. Un caso particular de este fenómeno se ha visto en buques de carga que contiene Hierro esponja o Hierro obtenido por Reducción Directa, DRI (cuyas siglas en inglés significan Direct Reduced Iron). Existe una teoría que relaciona éste proceso con las emisiones de gases y otra teoría que los buques que tienen protección catódica son susceptibles a catalizar estas reacciones. En esta investigación de carácter experimental con un nivel evaluativo se estudian los cambios de presión y temperatura, diseñando dos prototipos de banco de prueba, que simulan reactores que contienen materiales con el elemento Hierro sometidos a protección catódica por corriente impresa. A tal fin, se aplicó un potencial eléctrico de -850mV a una placa de metal recubierto, donde reposa el material, conectada a un electrodo de referencia, usa como contraelectrodo el Grafito, todo el sistema sumergido en una solución salina al 3,5%, que simula el agua de mar. El material de Hierro tiene una granulometría inferior a 6,35 mm, se experimentó con 6,0% y 10,0 % de humedad en un subsistema cerrado, durante un máximo de 120 minutos. Se demostró la existencia de emisiones de gas en el subsistema generado entre el material DRI. Del mismo modo se comprueba, para la cantidad de muestra ensayada, que la temperatura no supera los 40°C, considerando el hecho que el reactor con DRI no está aislado. El mecanismo electroquímico manifiesta un control catódico y la oxidación del material mostró un comportamiento lineal a los primeros 11 minutos, control químico, para luego cambiar la tendencia a parabólico, control difusivo.

Palabras Clave: Corrosión, protección catódica, Hierro, Hierro de reducción directa.

Effect of the printed current in cathodic protection on the generation of gases in materials with iron

Abstract: Iron stacked materials tend to cause explosions. A particular case of this phenomenon has been seen in cargo ships containing Iron obtained by Direct Reduction, DRI. There is a theory that relates this process to gas emissions and another theory that ships that have cathodic protection are susceptible to catalyzing these reactions. In this experimental research with an evaluative level, pressure and temperature changes are studied, designing two test bench prototypes that simulate reactors that contain materials with the Iron element subjected to cathodic protection by impressed current. To this end, an electric potential of -850mV was applied to a coated metal plate, where the material rests, connected to a reference electrode, using Graphite as a counter electrode, the entire system immersed in a 3.5% saline solution, which simulates sea water. The Iron material has a granulometry of less than 6.35 mm, it was experimented with 6.0% and 10.0% humidity in a closed subsystem, for a maximum of 120 minutes. The existence of gas emissions in the subsystem generated among the DRI material was demonstrated. In the same way, it is verified, for the amount of sample tested, that the temperature does not exceed 40 ° C, considering the fact that the DRI reactor is not isolated. The electrochemical mechanism shows a cathodic control and the oxidation of the material showed a linear behavior in the first 11 minutes, chemical control, to later change the tendency to parabolic, diffusive control.

Keywords: Corrosion, Cathodic Protection, Iron, Direct Reduced Iron.



I. INTRODUCCIÓN

La tecnología de los metales representa uno de los sectores económicos de mayor competencia a nivel global, siendo su mayor reto, en la época actual, la preservación del medio ambiente y la innovación. Porque su objeto principal es mejorar la calidad de vida del ser humano a través de sus procesos de extracción de minerales y manufactura de metales.

La evolución de la industria minera es indispensable para el crecimiento económico de Venezuela, y es por ello que fomenta la explotación, procesamiento y manufactura metalúrgica. Invierte en el desarrollo y la modernización tecnológica para dar respuesta al fortalecimiento de este sector, potenciando la capacidad productiva y exportadora de las empresas y consolidando las inversiones.

El Hierro es el elemento metálico más utilizado en la industria mundial, debido a las excelentes propiedades mecánicas que posee y al bajo costo de procesamiento en comparación con otros metales no ferrosos. Aunque es susceptible a la corrosión.

Los productos a granel generados a partir del Hierro son considerados como mercancía peligrosa, debido a que al ser apilados (en tolvas o silos) y trasladados (en trenes o buques), tienden a generar explosiones. Una causa a este hecho es la generación de gases inflamables, debido a reacciones químicas en el material expuesto al ambiente. Este tipo de cargas son constantemente monitoreadas durante su apilamiento y traslado, para evitar accidentes.

Por otra parte, para preservar la integridad de las estructuras metálicas, como por ejemplo los buques que navegan en ríos y mares, contra los efectos de la corrosión, se aplica un método de mitigación denominado protección catódica.

Los estudios de las causas de los accidentes en buques que transportan productos de Hierro y que se encuentran protegidos catódicamente, sugieren que la corriente suministrada cataliza las reacciones químicas que generan el material. Por lo tanto la finalidad de esta investigación es verificar el efecto de la protección catódica sobre un producto prerreducido de Hierro.

Recientemente, existe un interés en la investigación sobre la licuefacción de cargas sólidas a granel durante transporte en buques, causado por el aumento significativo de accidentes graves, que incluyen la pérdida de vidas y embarcaciones, Sanders (2016, 2017) en su publicación explosión y fuego en las cargas marinas- causas ocultas, comenta que un pequeño pero significativo número de incidentes de explosión e incendio de carga marítima se debe de alguna forma al autocalentamiento, este puede afectar a una sorprendente variedad de cargas que incluyen carbón, hierro en forma de hierro de reducción directa, virutas de metal, carbón vegetal, torta de semillas y biomasa, además de los problemas más obvios con los productos químicos sólidos y líquidos, en general, ocurre cuando una reacción química o bioquímica exotérmica (productora de calor) ocurre dentro de un cuerpo de carga [1,2].

Moreira et al. (2020) estudian la influencia de la distribución del tamaño de partícula de los finos de mineral de Hierro (IOF, siglas en inglés Iron Ore fine) en licuefacción durante el transporte marítimo, que ocasiona accidentes marítimos, asociados a ciertas combinaciones de partículas finas, humedad y cambios en los poros [3]. Por otra parte, en el caso de incidentes causados por materiales de Hierro, Dam (2017), propone un mecanismo para el DRI B en la carga de un buque, que involucra una primera etapa de oxidación en presencia de agua de mar y generación de Hidrógeno de forma endotérmica, el segundo paso es la emisión de Hidrógeno a la zona de vapor, el tercer paso es la secuencia de ignición [4].

En estudios de protección catódica, Varela et al. (2015), presentan un método para medir la corrosión localizada en recubrimientos desprendidos mediante un sensor electroquímico, que fue evaluado mediante pruebas de inmersión en circuito abierto y en condiciones de protección catódica, al final de las pruebas, sugiere que el sensor tiene el potencial de monitorear corrosión localizada y capaz de estimar la corriente de corrosión anódica incluso en electrodos donde las corrientes catódicas son dominantes [5]. Refait et al. (2015), evalúan la corrosión y protección catódica del acero al carbono en la zona de marea: productos, mecanismos y cinética, colocando cupones de corrosión, los productos de corrosión revelaron magnetita e hidróxidos de Fe (III), afirman que parece que parte de los hidróxidos de Fe (III) se reducen a Fe₃O₄ por la polarización catódica, la magnetita es un conductor electrónico, la reducción de O₂ puede aumentar el pH y precipitación de calcáreos [6]. Dam (2014) genera un modelo de aplicación de la celda galvánica de carga del buque (SCGC, siglas en inglés significa Ship Cargo Galvanic Cell), establece la teoría que permite la explicación de la generación simultánea de monóxido de carbono y gas hidrógeno, que incluye la energía suministrada por la nave para promover el calor en la carga, la carga actúa como ánodo, en un casco con un sistema de protección catódica de corriente impresa (conocido con sus siglas como ICCP, Impressed Current Cathodic Protection) [7].

Por lo antes expuesto, se elaboró un banco de prueba experimental que permite controlar las variables que intervienen en el proceso. El enfoque epistemológico que se aplica es el racionalismo deductivo, motivado a que a través de leyes, principios y teorías se demuestra el comportamiento del sistema. La estrategia metodológica que se emplea, es un diseño experimental con un nivel evaluativo. El tipo de investigación es longitudinal y analítica.

II. DESARROLLO

MÉTODOS Y MATERIALES

En el presente proyecto se desarrolla un nivel de investigación del tipo explicativa. Con explicar se entiende convencionalmente como determinar la causa de algo, o encontrar los procesos que permiten comprender de qué manera ocurre el evento.

En ese orden de ideas, las técnicas para el desarrollo de la investigación son la observación directa y la revisión documental; observación directa, luego de realizar el procedimiento experimental correspondiente a la investigación, se realiza una inspección visual del material para determinar las características físicas y comprobar si corresponde con la información teórica investigada. La población es finita, consiste en una muestra de material prerreducido tipo DRI C, llamado subproductos o finos, con un tamaño medio de partícula menores a 6,35 mm.

Para diseñar el banco de pruebas se consideraron los orificios de medición, ubicación del mineral, circuito eléctrico, los equipos de medición, microprocesadores de recolección de datos, ubicación de válvulas, dispositivos, mangueras y cables. Además de otros factores relativos al sistema de protección catódica como el área que pretende proteger, densidad de corriente necesaria, área, propiedades y duración del ánodo.

Los criterios para la selección de un diseño de protección catódica están vinculados con el medio. Se pretende obtener un diseño con usabilidad, fiabilidad, confiabilidad, coherencia y practicidad.

Para la metodología de diseño se hacen una recopilación de información respecto a la estructura a proteger, como al medio corrosivo, realizar mediciones de resistividad, en el caso que lo amerite, potenciales naturales a la estructura a proteger y posibles corrientes parásitas.

Etapas del diseño de sistema de protección catódica por corriente.

Selección y consideración de parámetros: tipo de resistencia. Tipo de ánodo a utilizar. Localización y disposición de los lechos y sus zonas de cobertura. Zonas de Cruces o de interferencia con otras estructuras metálicas.

Cálculo del área a proteger: distinguir entre el área total de toda la estructura con recubrimiento (en caso de que se posea) y el área descubierta, para tomar en cuenta el requerimiento total de corriente.

Selección de la densidad de corriente: este parámetro se determina mediante pruebas de corriente y simulaciones de lechos de ánodos. En base a la experiencia, se ha demostrado que para estructuras metálicas (Acero al Carbono) en suelos desnudos y resistividades en 1000,00 y 1500,00 Ω/cm^2 , se toman densidades de corrientes en los intervalos de 10,00 a 30,00 mA/m². En el Golfo de México se han tomado varias pruebas en las cuales se dan datos de 5 a 12,00 mA/m². Alcanzan un potencial de protección de -850,00 mV contra un electrodo de Cu/CuSO₄, -780,00 mV para Calomelano y -700,00 mV para Ag/AgCl. Especificaciones encontradas en la norma NACE RP0169 (2013), titulada en inglés como Control of External Corrosión [8].

Selección del tipo y cantidad de ánodos: depende de cada caso en particular, en protección catódica por corriente impresa. Para el cálculo del número de ánodos, se obtiene el cociente entre la cantidad de corriente total y la cantidad de corriente del ánodo.

La emisión de gases se mide conectando una manguera a un manómetro, el cual permitirá reportar los cambios de presión en el sistema.

El dispositivo de protección catódica ICCP mantiene un potencial de protección, por lo cual se requiere una fuente que suministra el potencial, un electrodo de referencia y un voltímetro que registre el potencial total del sistema, de tal manera que se mantenga el potencial dentro de los límites de protección requerida.

Las mediciones de temperatura comprenden dos medios, la de los gases emitidos, y la temperatura del material sólido. Para ello se requieren dos tipos distintos de instrumentación. Para los gases se usará un termómetro de mercurio y para el sólido una termocupla tipo K, conectada a un sensor o dispositivo de registro digital.

Estimación de la cinética del mecanismo de emisión de gases.

Para estudiar la cinética química del proceso se implementan diferentes métodos, son los siguientes: (1) el con-

El control electroquímico del proceso se estima mediante una curva de polarización, es decir la representación gráfica del potencial electroquímico en función del logaritmo de la corriente eléctrica. (2) La ley cinética del proceso se determina a partir del comportamiento de la variación de la masa y presión del gas en función del tiempo. Considerando que la actividad de los gases, se mide a partir de la presión. (3) La influencia de la temperatura se evalúa con la variación del logaritmo neperiano de la presión en función del inverso de la temperatura. Y el comportamiento de la Energía de activación se representa con la relación entre logaritmo neperiano de la presión en función de la presión.

III.RESULTADOS

El diseño del prototipo 1, como muestra la fig. 1, se basó en la Teoría de Dam (2014), el Modelo de aplicación de la celda galvánica de carga del buque (SCGC, siglas en ingles significa Ship Cargo Galvanic Cell).

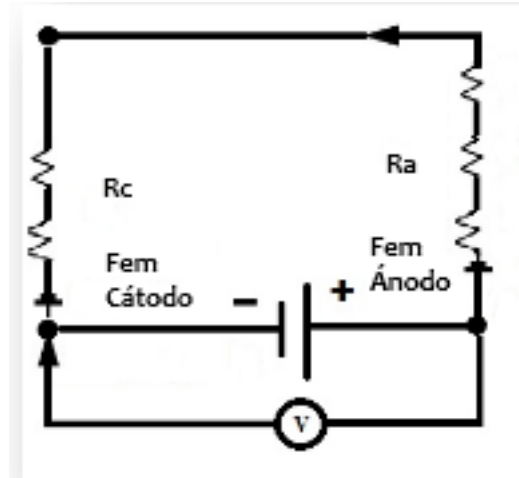


Figura 1. Diseño del prototipo 1. Ra: resistencia del ánodo, Rc: resistencia del cátodo, Fem: fuerza electromotriz.

El diseño del reactor consta de una cuba de vidrio, con tapa de vidrio de cinco bocas, donde se insertan el manómetro, la termocupla tipo K (Digital Heat-Prober®, marca Wahl), el termómetro de alcohol y las conexiones para el ánodo y cátodo. La teoría considera que la carga de material DRI se comporta como un gran ánodo, para ello se conecta este material, a través de dos electrodos, al polo positivo de la fuente de energía eléctrica. Se introduce otro electrodo que se pone en contacto con el material y se conecta al polo negativo de la fuente de energía eléctrica, para que comporte como cátodo. En la teoría, el cátodo es el casco del barco, por lo cual el electrodo del cátodo asemeja este componente. Todo el equipo reposa en una balanza, para medir los cambios de masa del sistema.

En el diseño del prototipo 2, como indica la fig. 2, se usó un cátodo conectado al negativo de la fuente de energía, consiste en una placa de acero al carbono, pintada con un recubrimiento epóxico y dejando una superficie circular expuesta donde reposa el material DRI, con un área recubierta de 100,0308 cm² y un área desnuda de 53,9692 cm² (que implica un 35 %). El reactor del prototipo 2 consta de una cuba de vidrio donde se introduce el material y cuya base es el cátodo, tiene una tapa de vidrio de tres bocas, en la cual se insertan el manómetro, la termocupla tipo K (Digital Heat-Prober®, marca Wahl), y el termómetro de alcohol, de forma hermética. El cátodo conectado a un electrodo de referencia SCE, externo, denominado Calomelano por el contenido de Hg₂Cl₂, cuyo valor de potencial con respecto al electrodo de Hidrógeno es de +0,2415 V. El ánodo es de forma cilíndrica, consiste en un electrodo de grafito, de 20,0 cm de longitud por 6,8 mm de diámetro (7,26 cm²), conectado al lado positivo de la fuente de energía BK Precision CE. Todo el sistema sumergido en un electrolito de NaCl al 3,5%.

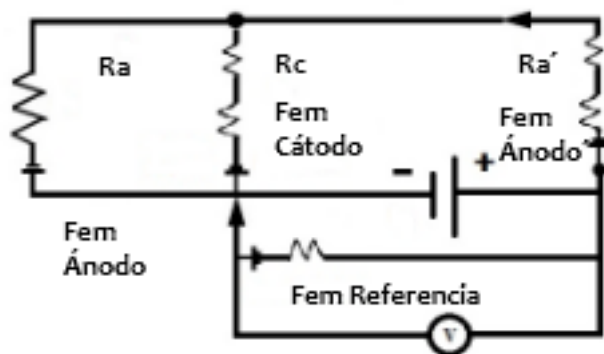
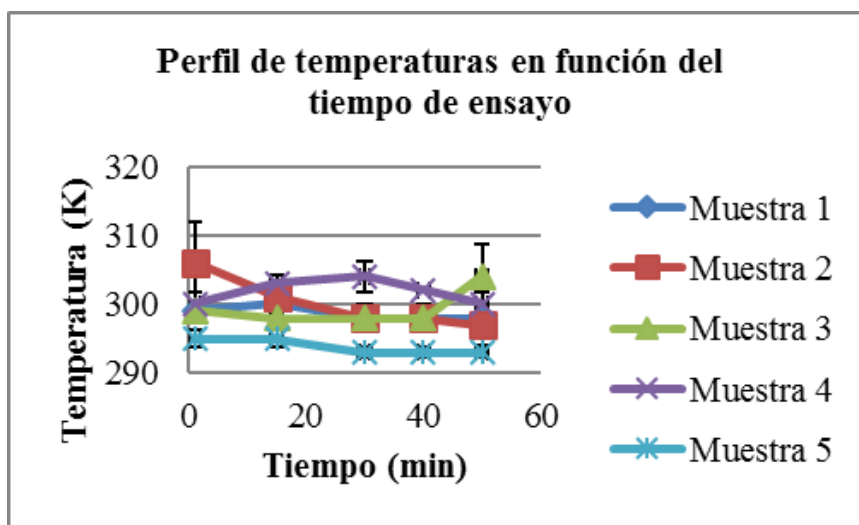


Figura 2. Diseño del prototipo 2. Ra: resistencia del ánodo, Rc: resistencia del cátodo, Fem: fuerza electromotriz.

Con respecto a la comparación del efecto de la variación de temperaturas entre diferentes muestras en función del tiempo, se consideraron las mediciones de tiempo a 1, 15, 30, 40 y 50 minutos, representados en la gráfica 1. La variable inicial que diferencia las muestras es el porcentaje de humedad agregada y la masa, para las muestras 1, 2 y 3 es de 6%, y para las muestras 4 y 5 de 10% de humedad. La temperatura ambiente en todos los casos es de 26°C. Los perfiles de temperaturas registrados revelan una tendencia particular para cada caso. Las muestras 1, 4 y 5 tienen un perfil de temperaturas poco variable en el tiempo, a pesar que la muestra 5 presenta una disminución a los 15 minutos de ensayo, la 4 un aumento en el minuto 40 y la 1 aumenta en el minuto 15. Para la muestra 2, se manifiesta un ligero descenso en el perfil de temperatura, caso contrario observado en la muestra 3, que se detecta un aumento de la temperatura. Es decir, que para la mayoría de las muestras ensayadas, excepto la muestra 3, no se evidencia un recalentamiento apreciable en el material DRI, esto puede atribuirse a la poca cantidad de masa de las muestras estudiadas, aunado a la poca sensibilidad del equipo de medición de temperatura. Un hecho relevante es que el reactor no está aislado, existe pérdida de temperatura por el fondo, paredes y techo.

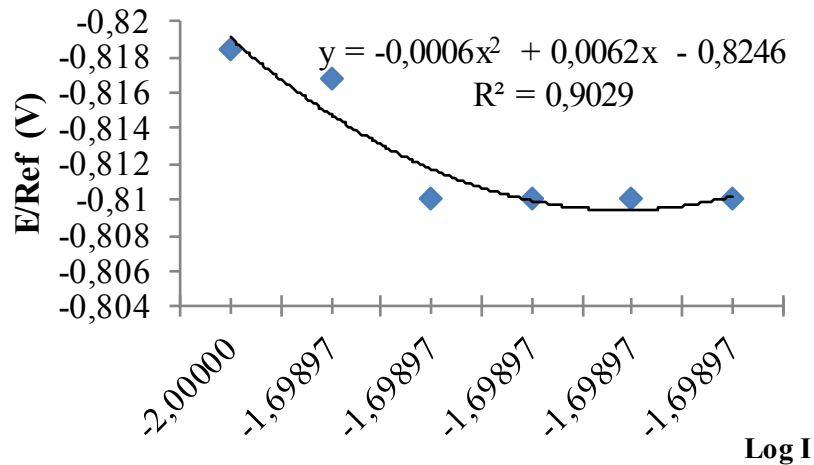


Gráfica 1. Perfiles de temperaturas en función del tiempo para las muestras ensayadas.

Para estudiar la cinética química del proceso, se implementaron diferentes métodos.

Una tendencia interesante para explicar la cinética en el sistema ICCP, se obtuvo con los valores medidos con el banco de ensayos del prototipo 2, específicamente en la muestra 2, la cual contenía 6% de humedad añadida. El electrodo de referencia utilizado fue el de SCE, (Calomelano, Hg_2Cl_2), cuyo valor con respecto al electrodo de

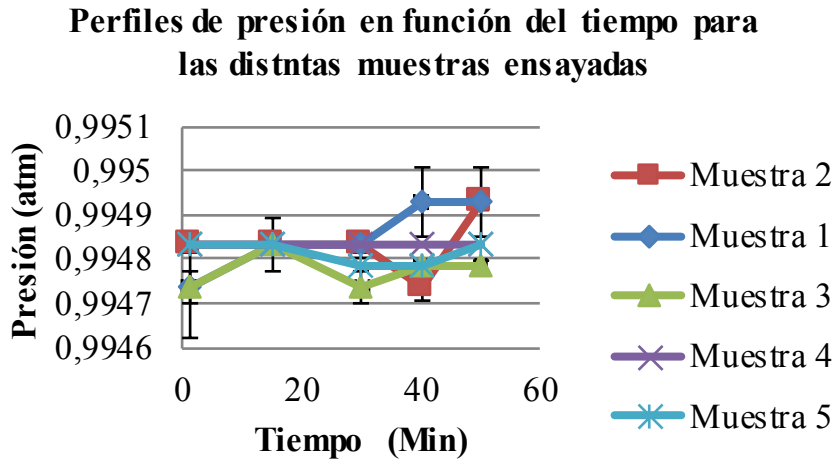
Hidrógeno es de +0,2415 V, conectado al cátodo y sumergido en una solución salina de NaCl al 3,5%, suministrado un potencial eléctrico (-850,0) mV. A través de la representación gráfica de la relación entre el potencial eléctrico y el logaritmo de la intensidad de corriente eléctrica, se observa que el potencial medido varía de forma decreciente, es decir se hace cada vez más negativo, mientras que la corriente es invariante (ver gráfica 2). Esta tendencia obedece a una polarización catódica. Lo que indica que la superficie de metal que corresponde a la base en el reactor, está protegida. Adicionalmente, se observa que los potenciales leídos están en la zona de inmunidad del diagrama de Pourbaix, es decir más negativos a (-0,700) Voltios. En la norma NACE 169 RPO (2013), dentro de los criterios de protección con el uso de electrodos alternativos como el SCE, proponen el potencial de protección de (-780,0) mV, con una polarización máxima de 100,0 MV hacia valores más negativos, para garantizar la protección.



Gráfica 2. Relación entre el potencial eléctrico (E) y el logaritmo de la intensidad de corriente.

La ley cinética del proceso se determina a partir del comportamiento de la variación de la masa y presión del gas en función del tiempo. Considerando que la actividad de los gases, se mide a partir de la presión. Esto quiere decir que mientras la superficie del reactor, correspondiente a la base, se mantiene protegida, el material contentivo de hierro (DRI) emite gases.

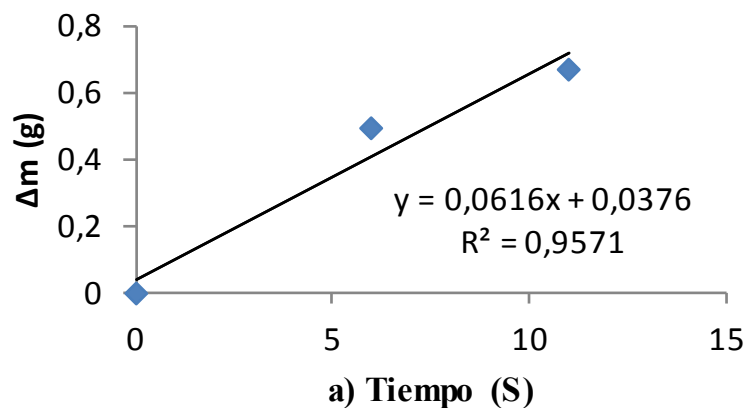
Cuando se graficó la presión del gas en función del tiempo, se obtuvo la trayectoria que describe la gráfica 3, correspondiente a las 5 muestras evaluadas en el banco de pruebas del prototipo 2. La variable inicial que diferencia las muestras es el porcentaje de humedad agregada y la masa, para las muestras 1, 2 y 3 es de 6%, y para las muestras 4 y 5 de 10% de humedad. Los tiempos considerados para la gráfica fueron de 1, 15, 30, 40 y 50 minutos de ensayo. Los perfiles de presión registrados revelan una tendencia particular para cada caso. No se observa algún comportamiento o tendencia entre las muestras. Esto puede deberse a que el proceso de ICCP es sensible a los cambios por fugas de corriente, conductividad del medio, eficiencia de los electrodos, entre otros, siendo diferente para cada caso para el momento del ensayo. Es decir, que es difícil controlar todos los parámetros. Es importante destacar que la poca sensibilidad del equipo de medición de presiones puede estar afectando la lectura de los valores. En todo caso las variaciones de presión proceden debido a la actividad de reacciones químicas en el interior del reactor.

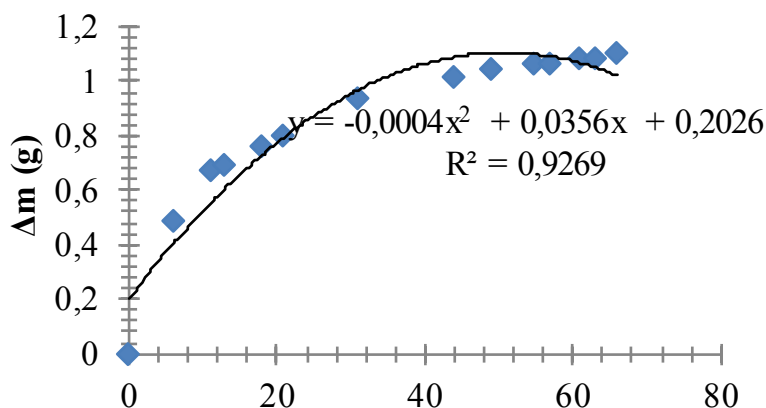


Gráfica 3.Perfiles de presiones registrados en las muestras en función del tiempo de ensayo.

Para estimar la cinética del mecanismo de emisión de gases a partir de la variación de masa, se usó el banco de pruebas diseñado con el prototipo 1, porque ese prototipo permitió medir la masa del sistema.

En la gráfica 4 se muestra la variación del diferencial de masa del sistema en función del tiempo, se observa un comportamiento lineal a los primeros 11 minutos y luego pasó a ser parabólico. El porcentaje de la variación de la masa en función del tiempo no supera el 20%. Lo que indica a actividad en el material DRI, y cumplimiento del modelo SCGC, teoría Dam (2014). Ocurriendo por causa del H₂O añadida, la oxidación del Hierro y reducción de Hidrógeno, generando H₂ (gas) por ser un sistema hermético. La oxidación del material mostró a los primeros 11 minutos, control químico, para luego cambiar a control difusivo. Puede estar asociado a reacciones químicas de formación de productos de hierro, que en presencia de humedad, se transforman en hidróxidos. En un inicio se manifiesta la presencia de oxígeno y la reducción electroquímica del mismo con la oxidación del Hierro a Hierro (II), una vez consumido el oxígeno presente, los productos de oxidación se forman a consecuencia de la reducción del agua, así como la oxidación del Hierro (II) a Hierro (III). Este mecanismo es común en los sistemas ICCP en agua de mar o en tuberías enterradas, Varela et al. (2015), Refait et al (2015).

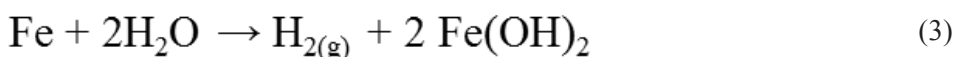




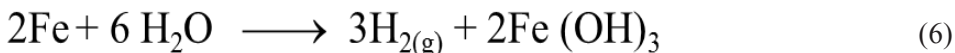
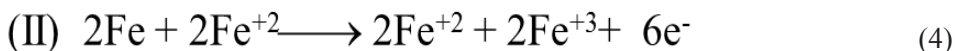
b) Tiempo (S)

Gráfica 4. Variación del diferencial de masa en función del tiempo a) Primeros 11 minutos b) Ensayo completo.

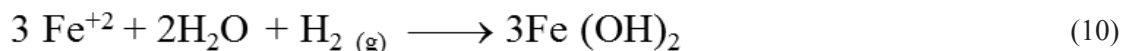
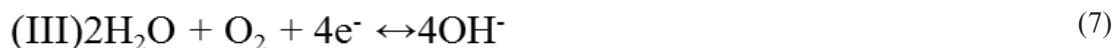
El mecanismo propuesto se corresponde con la teoría de Varela et al (2015). Un mecanismo en presencia de Oxígeno y dos sin Oxígeno. La reacción de oxidación del Hierro para el primer mecanismo (I), sin presencia de oxígeno corresponde a la ecuación (1), la reacción de reducción del agua en la ecuación (2) y la reacción total se representa en la ecuación (3).



La reacción de oxidación del Hierro para el segundo mecanismo (II), sin presencia de oxígeno corresponde a la ecuación (4), la reacción de reducción del agua en la ecuación (5) y la reacción total se representa en la ecuación (6).



Las reacciones de del Hierro reducción del agua y Oxígeno para el mecanismo (III), con presencia de oxígeno corresponden a la ecuación (7) y (8), respectivamente, la reacción de oxidación se muestra en la ecuación (9) y la reacción total se representa en la (10), que en presencia de Oxígeno con agua se transforma en la reacción (11).



La figura 3, destaca los colores de los Hidróxidos de Hierro formados, con colores naranja terroso y blanco.



Figura 3. Formación de hidróxidos luego del ensayo.

III. CONCLUSIONES

Se elaboraron dos diseños de banco de pruebas experimentales, considerando los orificios de medición, ubicación del mineral, circuito eléctrico, los equipos de medición, ubicación de válvulas, dispositivos, mangueras y cables.

Al valorar las emisiones de gases por efecto de la interacción de materiales contentivos del elemento Hierro en presencia de humedad, sometido a ICCP, se demuestra la existencia de emisiones de gas en el subsistema generado entre el material DRI y el medio. Del mismo modo se comprueba, para la cantidad de muestra ensayada, que la temperatura no supera los 40°C, considerando el hecho que el reactor con DRI no está aislado.

El mecanismo electroquímico del sistema ICCP en la muestra con el potencial de protección más negativo medido, manifiesta un control catódico, aplicando el banco de mediciones el prototipo 2.

Aplicando el banco de pruebas del prototipo 1, se midió la variación de masa del sistema en función del tiempo, la oxidación del material mostró un comportamiento lineal a los primeros 11 minutos, control químico, para luego cambiar la tendencia a parabólico, control difusivo.

RECOMENDACIONES

1. Realizar más ensayos en función de ajustar las variables que pudiesen estar afectando el proceso, que pueden estar atribuidas al sistema ICCP.
2. Aumentar el número de mediciones por cada banco de pruebas.
3. Repetir los ensayos utilizando otros tipos de materiales DRI.
4. Verificar el mecanismo electroquímico caracterizando los gases emitidos.
5. Innovar en un modelo electroquímico alternativo que permita la explicación del fenómeno detectado y hasta la actualidad desconocido en el campo de las ciencias tecnológicas. Diseñando un banco de pruebas incorporando

un contra electrodo más noble que el hierro para observar el comportamiento de emisión de gases.

6. Generar una línea de investigación que involucre la ICCP y el efecto en estructuras con materiales contentivos del elemento Hierro.

7. En el banco de pruebas colocar un rectificador que garantice el potencial eléctrico suministrado para la ICCP.

REFERENCIAS

- [1] Sanders N. (2017). Marine Cargo Fire and Explosion- the Hidden Causes. Mfame Team. Disponible: <https://mfame.guru/marine-cargo-fire-explosion-hidden-causes/>
- [2] Sanders N. (2016). Fire and Explosion- the Hidden Causes. The Swedish Club Triton. 6. pp.6-7. Recuperado de: https://www.swedishclub.com/media_upload/files/Publications/Triton/Triton-3-2016-Web.pdf#page=6
- [3] Dam G., O. (2017). On the kinetics and mechanism of corrosion and hydrogen gas emissions of wet direct reduced iron metallized fines, Metallurgical Treatise. Puerto Ordaz, Venezuela.
- [4] Moreira D.D.C., Santos C.A.S., Mesquita A.L.A. y Moreira D.C. (2020). Influence of particle size distribution of iron ore fines on liquefaction during marine transportation. Powder Technology. pp. 1-25.
- [5] Varela F., Tan M. YJ., y Forsyth M. (2015). Electrochemical Method for Studying Localized Corrosion beneath Disbonded Coatings under Cathodic Protection. Journal of The Electrochemical Society, 162 (10), pp. C515-C527.
- [6] Refait Ph., Jeannin M., Sabot R., Antony H. y Pineau S. (2015). Corrosión y protección catódica del acero al carbono en la zona e marea: Productos, mecanismos y cinética. Corrosion Science 90 (2015) 375–382.
- [7] Dam G., O. (2014). On the assessment of the ships cathodic protection on the hydrogen and carbon monoxide gases of iron containing cargoes. Puerto Ordaz, Venezuela.
- [8] NACE RP0169 (2013), SP0169-2013 (formerly RP0169), Control of External Corrosion on Underground or Submerged Metallic Piping Systems.
- [9] Boet L. (2017). Mecanismos de degradación por corrosión. UCT. 21(85).
Recuperado de:
<https://www.google.com/search?q=Boet+2017+UCT&oq=Boet+2017+UCT&aqs=chrome.69i57j33.8315j0j15&sourceid=chrome&ie=UTF-8>
- [10] NACE RP0290 (2019), Impressed Current Cathodic Protection of Reinforcing Steel in Atmospherically Exposed Concrete Structures.
- [11] NRF-047-PEMEX-2014 PC (2014). Diseño, instalación y mantenimiento del sistema de protección catódica.

Estrategia de desarrollo de turbinas hidrocínéticas con aplicación CFD para la determinación de rendimientos

Marturet Pérez, Gustavo José, Torres M., Carlos F.
Instituto Universitario de Tecnología del Estado Bolívar-Venezuela (IUTEB) y Centro de Investigación en Tecnología, Educación y Comunicación – CITEC del IUTEB.
e-mail: marturet@iuteb.edu.ve y gjmarturetp.doctorando@unexpo.edu.ve
Thermal Science Department, University of Los Andes, Mérida 5101, Venezuela
e-mail: ctorres@ula.ve

Resumen: Las turbinas hidrocínéticas son empleadas para el aprovechamiento de energías asociadas a las corrientes de flujo de mareas y ríos. En su diseño son necesarias estimaciones de la energía que de ellas pueda obtenerse. Mediante la modelización y la simulación con el apoyo de la Dinámica de Fluidos computacional es posible determinar el torque y consecuentemente el rendimiento de estas turbinas. Estrategias para la simulación acompañadas de modelos matemáticos permiten determinar de valores de torque, campos de flujo y rendimientos.

Palabras Clave: CFD, modelo de turbulencia, rendimiento, torque, turbinas Gorlov.

Strategy for the development of hydrokinetic turbines with CFD application for the determination of performance

Abstract: Hydrokinetic turbines are used to take advantage of energies associated with the flow currents of tides and rivers. Estimates of the energy that can be obtained from them are necessary in their design. Through modeling and simulation with the support of Computational Fluid Dynamics it is possible to determine the torque and consequently the performance of these turbines. Strategies for simulation accompanied by mathematical models allow the determination of torque values, flow fields and yields.

Keywords: CFD, turbulence model, performance, torque, Gorlov turbines.



I.INTRODUCCIÓN

Frente al impacto ambiental de energías fósiles, la necesidad de proveer de diferentes fuentes de energías a comunidades como aseguramiento ante la falta de alguna de ellas, comunidades alejadas de centros urbanos provistos de redes eléctricas interconectadas que no disponen del servicio eléctrico surgen tecnologías con aplicaciones de energías limpias. Las tecnologías de energías hidrocinéticas se constituyen en una respuesta a estas necesidades medio ambientales, de aseguramiento de fuentes alternas de energías o de disponibilidad en ausencia de otros suministros confiables. La Fig. 1 muestra una turbina hidrocinética (TH) de álabes helicoidales tipo Gorlov (THG) para la conversión de energía del flujo de fluidos en energía mecánica de rotación.

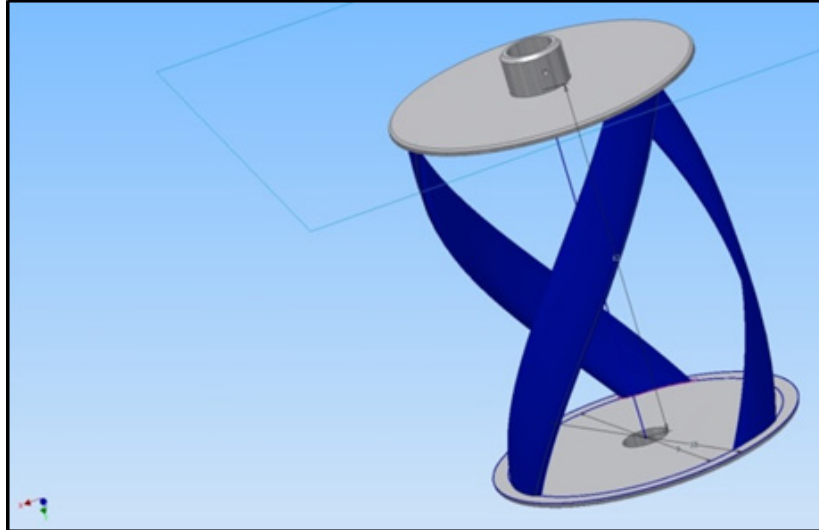


Figura 1. Turbina hidrocinética.

Por tanto las turbinas hidrocinéticas transforman la energía contenida en corrientes de agua de ríos o mareas en energía mecánica de rotación, de tal modo que adosado a la turbina un generador eléctrico puede proveer de energía eléctrica y se constituyen en formas de energías limpias y de bajo impacto ambiental. Como medida de las potencialidades energéticas se emplean los términos relacionados con la potencia y los coeficientes de rendimiento de la THG, a saber:

$$P_{max} = \frac{1}{2} \rho A_t u_o^3 \quad (1)$$

Donde P_{max} es la potencia máxima disponible en el fluido, A_t el área de sección transversal al flujo asociada al rotor de la turbina ($D \cdot H$) según la Fig. 2, y u_o la velocidad del flujo en la corriente libre.

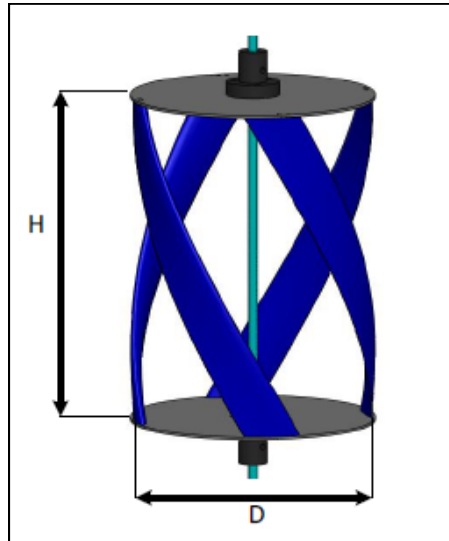


Figura 2. Dimensiones de la THG.

La relación de velocidad λ , representa la velocidad de rotación del álabe la turbina respecto a la velocidad del flujo en la corriente libre u_0 :

$$\lambda = \frac{\omega R}{u_0} \quad (2)$$

Donde R es el radio de la turbina y ω la velocidad angular de la turbina. El coeficiente de potencia C_p o rendimiento definido en la ecuación (3), determina la potencia mecánica de la turbina respecto al potencial cinético incidente sobre un área de sección transversal del mismo tamaño que la turbina:

$$C_p = \frac{T\omega}{\frac{1}{2}\rho u_0^3 A_t} \quad (3)$$

Donde T es el torque de rotación de la turbina, A_t su área de sección transversal que viene dada por el producto de altura H de la turbina por su diámetro D .

La relación de solidez σ expresa la proporción de los álabes de la turbina respecto a la circunferencia total de la misma:

$$\sigma = \frac{BC}{\pi D} \quad (4)$$

Donde B es el número de álabes, C la longitud de la cuerda del álabe y D el diámetro de la turbina.

El ángulo de paso helicoidal δ se refiere a la inclinación del álabe respecto a un plano horizontal, y está definida por:

$$\tan^{-1} \delta = \frac{BH}{\pi D} \quad (5)$$

En la Fig. 3 se muestra el ángulo de paso δ .

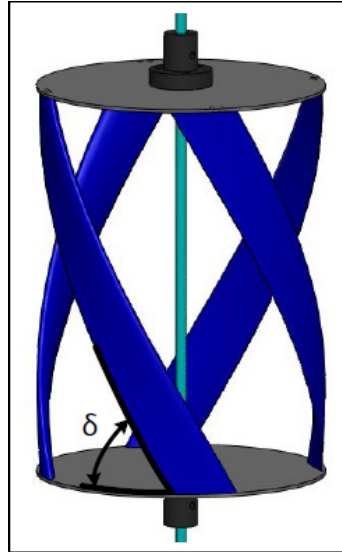


Figura 3. Ángulo de paso helicoidal δ .

El desarrollo de tecnologías hidrocineéticas promueve la investigación en áreas como: aspectos geométricos para la mejora de rendimientos y optimización; interacciones de fluido-estructura de turbinas; campos de flujo para la interpretación de fenómenos de turbulencia, arrastre y sustentación; Ingeniería Básica para la determinación de velocidades de flujo, caudal, y afluentes para el emplazamiento de turbinas; conformación de plantas de generación para producción eléctrica con agregado de turbinas en grupos o tándem y aspectos económicos asociados a demandas energéticas entre otros.

Técnicas de Métodos Numéricos con aplicaciones en Dinámica de Fluidos Computacional (CFD) para la modelización y simulación son alternativas para los ensayos propios de investigaciones. Para las TH se distinguen principalmente tres tipos de álabes: axiales, Darrieus, y helicoidales Gorlov.

La Fig. 4 muestra los tipos de álabes de TH.

En la investigación de [1] se presenta un estudio del estado del arte sobre los diferentes métodos numéricos para el diseño, análisis y optimización de THG. Por otra parte, en [2] se realiza un estudio de modelización de turbinas hidrocineéticas tipo Darrieus para la construcción de curvas características de rendimiento con aplicación en CFD.

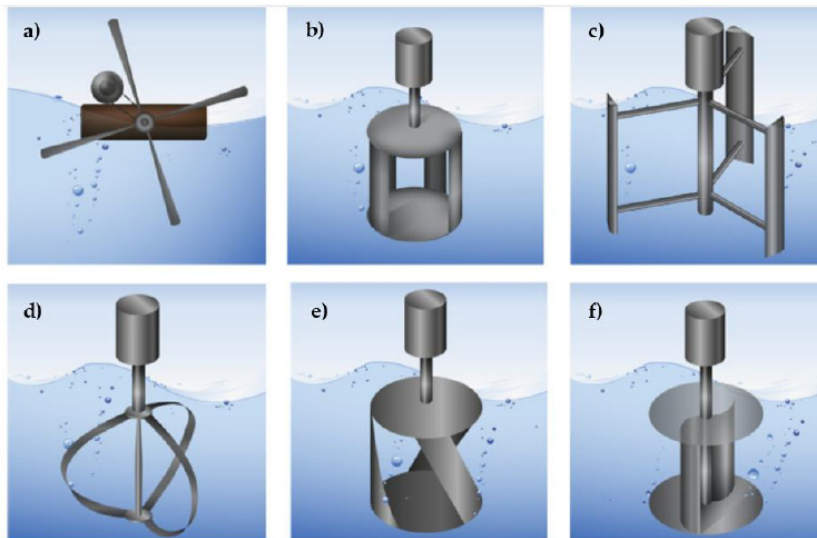


Figura 4. Turbinas hidrocinéticas: a) de eje axial (horizontal), b) Darrieus jaula de ardilla, c) H-Darrieus, d) Darrieus, e) helicoidal Gorlov, f) Savonius.

En el desarrollo de [3] analiza la influencia del espesor de álabes simétricos de turbinas Darrieus en los fenómenos aerodinámicos de cinco modelos de álabes. Para ello emplea dominios computacionales y bidimensionales (2D) en régimen transitorio y determina coeficientes de sustentación, arrastre, momento, potencia y presión. Aplica técnicas numéricas, construye análisis de sensibilidad del mallado como estudio de convergencia y emplea modelos de turbulencia Transition SST (TSST) para la obtención de datos de los coeficientes posterior a la validación con investigaciones que usan imágenes PIV (particle image velocimetry). Adopta el software ANSYS FLUENT [4] como soporte para su modelo numérico.

En la investigación de [5] se analizan los efectos geométricos del tipo y número de álabes, relación de solidez, longitud de cuerda de álabes, ángulo de paso helicoidal, en rendimientos, coeficientes de arrastre y sustentación en variantes de la relación de solidez.

En el presente trabajo se analiza una estrategia de desarrollo de TH con aplicación de modelos numéricos de CFD en dominios computacionales de volumen finito 2D para determinar su rendimiento. Se modelizará y simulará una THG de geometría particular y se validará contra datos experimentales. Se emplea el software de FLUENT de ANSYS para la simulación con técnicas de mallado del dominio computacional mediante el uso del software GAMBIT; también se emplean técnicas de simulación de tipo Sliding Mesh [6]. Las simulaciones se realizarán con aplicación de modelos de turbulencia y ecuaciones de conservación en régimen transitorio.

II.SOBRE LA CONSTRUCCIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO

El desarrollo de turbinas hidrocinéticas con aportaciones de la CFD se ha fundamentado en establecer relaciones entre el campo de flujo de las TH, la geometría del álabe, la relación de solidez, relación de velocidad y el ángulo de paso helicoidal entre otros con el rendimiento de las turbinas y sus aspectos dinámicos de sustentación y arrastre del álabe. La modelización del alabe se realiza con software tipo CAD, en nuestro caso de la serie AUTODESK INVENTOR. A partir de la construcción de la totalidad de los álabes de la TH queda establecido el rotor de la misma. Con lo cual, el diámetro D de la turbina se constituye en un parámetro para la construcción del dominio computacional y mallado, Siendo este último necesario para los procesos de simulación previo a la construcción del dominio.

La Fig. 5 muestra un prototipo virtual para la estrategia de desarrollo con soluciones numéricas de las leyes del movimiento de fluidos a partir de una geometría de turbina modelizada. Siguiendo el prototipo se obtienen variables energéticas asociadas al rendimiento de la turbina que frente a variaciones de la velocidad de flujo y la velocidad angular de la THG permitirían la construcción de curvas características de funcionamiento.

Sobre los parámetros geométricos de la turbina a modelizar de presenta la Tabla 1.

Parámetro	Valor
Tipo de álabe	NACA0015
Longitud de cuerda	100 mm
Número de álabes	3
Diámetro de turbina	300 mm
Ángulo de paso helicoidal	62,36°

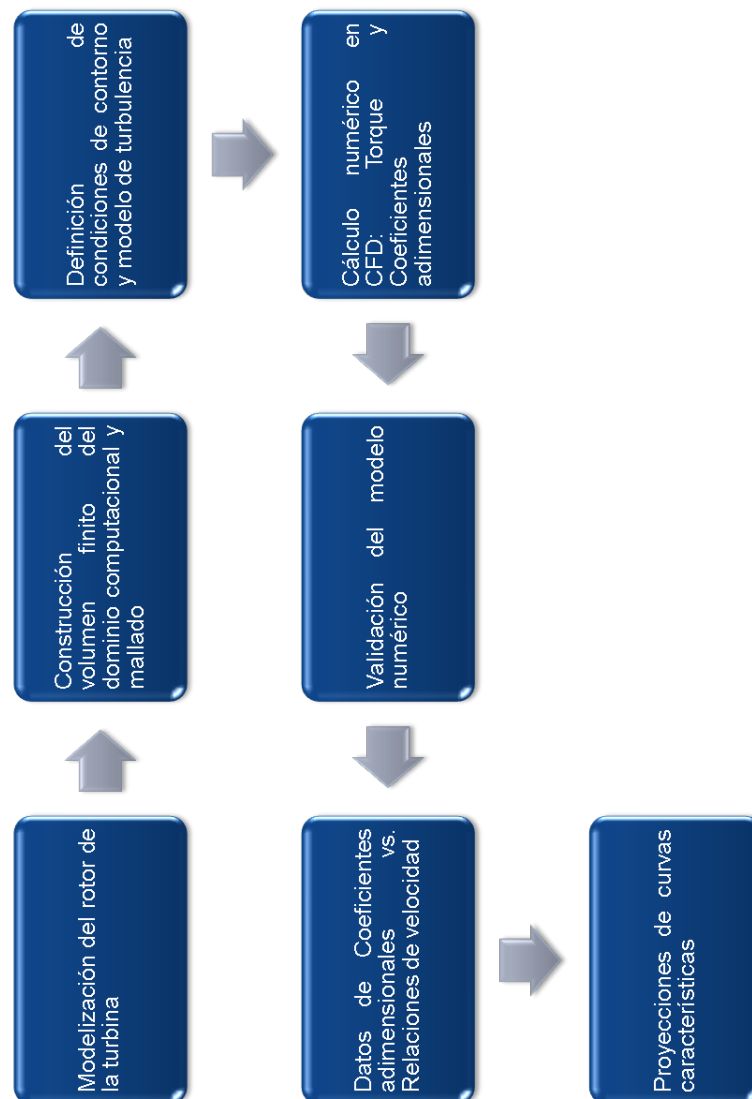


Figura 5. Prototipo virtual para la estrategia de simulación de THG.

Para la elaboración de perfiles de álabes simétricos puede emplearse la ecuación de la National Advisory Committee Aeronautics (NACA) para la generación de las coordenadas del perfil:

$$y = \frac{t}{0.2} c \left[0,2969 \sqrt{\frac{x}{c}} - 0,1260 \left(\frac{x}{c}\right) - 0,3516 \left(\frac{x}{c}\right)^2 + 0,2843 \left(\frac{x}{c}\right)^3 - 0,1015 \left(\frac{x}{c}\right)^4 \right] \quad (6)$$

Donde c es la longitud de cuerda, x es la posición de coordenadas sobre el eje de simetría del álabe, y y es la vertical sobre el eje de simetría del álabe y t la proporcionalidad del espesor respecto de la longitud de cuerda del álabe (15/100).

A partir de las coordenadas del perfil de álabe y con apoyo del software AUTODESK INVENTOR se modeliza el rotor de la THG. De tal modo un tomando como base el diámetro D de la turbina se construye un dominio de $24D \times 10D$. La Fig. 6 muestra mallado del dominio atendiendo a las dimensiones señaladas en la Tabla 1.

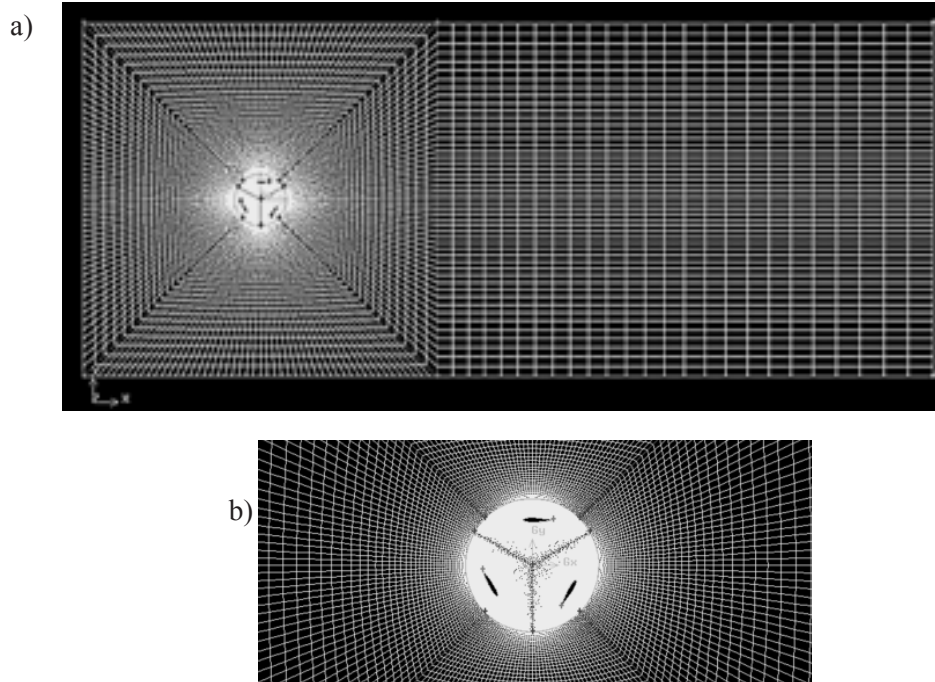


Figura. 6. Mallado de la THG a) Mallado del dominio computacional. b) Detalle del rotor de THG.

Para el mallado del dominio se emplearon mallas de tipo estructuradas con celdas de tipo cuadriláteros en la zona de estacionaria, mientras que la zona del rotor de THG celdas del tipo triangular. Se construyen mallas híbridas de unos 65000 nodos. La Fig. 7 contiene un modelo del dominio y las condiciones de borde del sistema

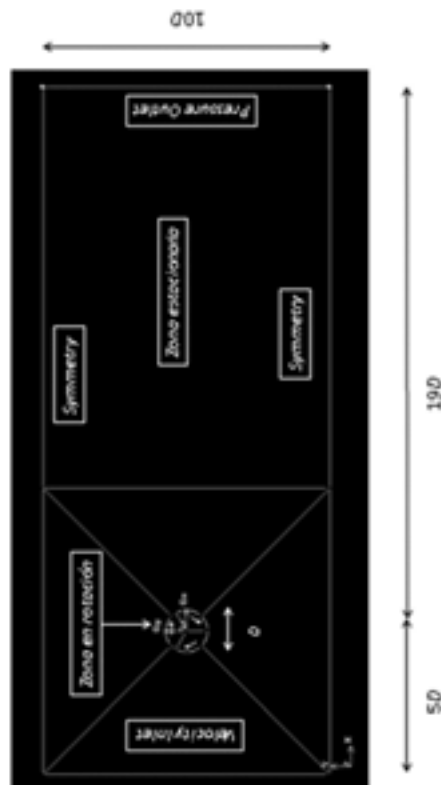


Figura 7. Dominio computacional de la THG y condiciones de borde del sistema.

Para la medición de la calidad del mallado en procura de la precisión de los resultados se emplea la ecuación (7), el valor es suministrado por el software de mallado [7] en términos de:

$$Q_{EVS} = \frac{(S_{eq} - S)}{S_{eq}} \quad (7)$$

Donde S es el área del elemento de malla, $S_{(eq)}$ es el área máxima de la celda equilátera que circunscribe el radio idéntico al elemento de malla. De tal manera que $0 \leq Q_{EVS} \leq 1$. Si $Q_{EVS} = 0$ describe un elemento equilátero ideal y $Q_{EVS} = 1$ describe un elemento deformado completamente. Valores de Q_{EVS} entre 0,25 y 0,85 son de calidad aceptable [7]. Para el dominio de la Fig. 6 se obtuvo una calidad de 0,8.

Por otra parte, valoraciones sobre el mallado del dominio en sus los álabes, son expresadas en términos de la distancia adimensional a la pared Y^+ , cuyo valor está dado por la ecuación (8):

$$Y^+ = \frac{\sqrt{\frac{\tau_w}{\rho}}}{\nu} Y \quad (8)$$

Donde τ_w , ρ , ν e Y son el esfuerzo de corte en la pared del álabe, la densidad del fluido, viscosidad cinemática del fluido y la distancia al centro de la primera celda normal a la pared respectivamente. El valor de Y^+ expresa la precisión en el grado de acercamiento de la cuantificación de fenómenos de capa límite turbulenta y su desarrollo en presencia de esfuerzos turbulentos.

Para el análisis fluidodinámico mediante CFD un software de tipo comercial resuelve [4] y [6] las ecuaciones de que gobiernan el flujo a partir de la discretización del dominio de volúmenes finitos de la Fig. 6. Como modelo

de turbulencia se emplea el SST $k-\omega$ teniendo como fundamento los trabajos de [8] y [9]. La modelación numérica se hace bajo definiciones de un régimen transitorio en la turbina cuando el fluido se modela en 2D. Las ecuaciones de continuidad (9) y de momento (10), bajo forma de Navier-Stokes (RANS), junto a las del modelo de turbulencia SST $k-\omega$ (11) y (12) se tienen como sigue:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u_i)}{\partial x_i} = 0 \quad (9)$$

$$\frac{\partial(\rho u_i)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u_i u_j)}{\partial x_j} = -\frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\mu \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} - \frac{2}{3} \delta_{ij} \frac{\partial u_l}{\partial x_l} \right) \right] + \frac{\partial(-\rho \overline{u'_i u'_j})}{\partial x_j} \quad (10)$$

$$\frac{\partial(\rho k)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho k u_i)}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\Gamma_k \frac{\partial k}{\partial x_j} \right) + \widetilde{G}_k - Y_k + S_k \quad (11)$$

$$\frac{\partial(\rho \omega)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho \omega u_i)}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\Gamma_\omega \frac{\partial \omega}{\partial x_j} \right) + G_\omega - Y_\omega + D_\omega + S_\omega \quad (12)$$

NSYS FLUENT resuelve las ecuaciones del modelo matemático (9), (10), (11) y (12) para la turbina en régimen transitorio considerando una malla deslizante (Sliding Mesh) en el rotor. Con ello puede determinarse el torque en el centro del rotor de la THG.

Una revisión más reflexiva y que se constituye en parte de un estudio de convergencia trata sobre el modelo de turbulencia a aplicar debe partir de las bondades de cada uno. En lo particular, tratándose de THG la simulación debe acompañarse de valoraciones sobre cada uno tal como desarrolla [10]. Pero también determinar la influencia del número de nodos en la precisión de resultados.

La Fig. 8 presenta un estudio de sensibilidad del mallado del dominio computacional. Se observa la tendencia a la estabilidad del valor del torque de la THG frente a incrementos del número de nodos del dominio. Errores relativos del torque frente a la densificación del dominio oscilan entre 4% y 8% para dominios de superiores a 71.000 nodos.

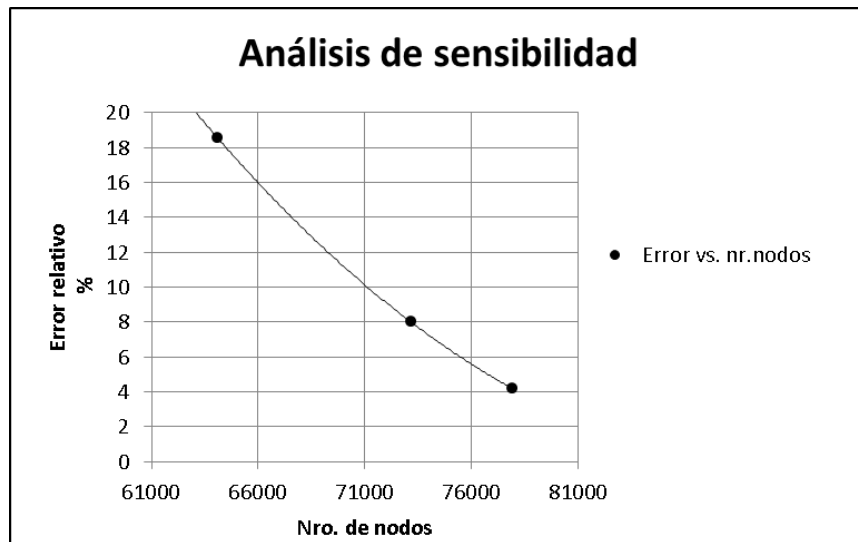


Figura 8. Análisis de sensibilidad del mallado del dominio de la THG.

Para cálculos sobre el error relativo puede emplearse la ecuación (13) cuando ANSYS FLUENT determina el torque en cada intensificación del mallado:

$$Error\ relativo = \frac{Torque_{CFD} - Torque_{exp}}{Torque_{exp}} \times 100\% \quad (13)$$

Otras formas de estudio de sensibilidad del mallado incluyen la extrapolación de Richardson [12] y [13]. También, algunos autores determinan la incidencia de las variables TSS (Time Step Size) y NTS (Number of Time Step) en los coeficientes adimensionales a efectos de determinar su influencia en los resultados energéticos de la turbina. En tal sentido trabajos de [8] y [11] muestran desarrollos fundamentados en las definiciones propias y el error relativo para complementar estudios de sensibilidad del mallado.

Para la validación del modelo matemático de (9), (10), (11) y (12) junto al dominio de la Fig. 7 se emplean los datos experimentales de [9]. Al respecto la Fig. 9 muestra la precisión de resultados en dos curvas, la de datos experimentales y la CFD. Obsérvese el acercamiento de datos producto de diferencias entre 2 al 8% entre ellos. Con lo cual se tiene un rango de la precisión del modelo matemático.

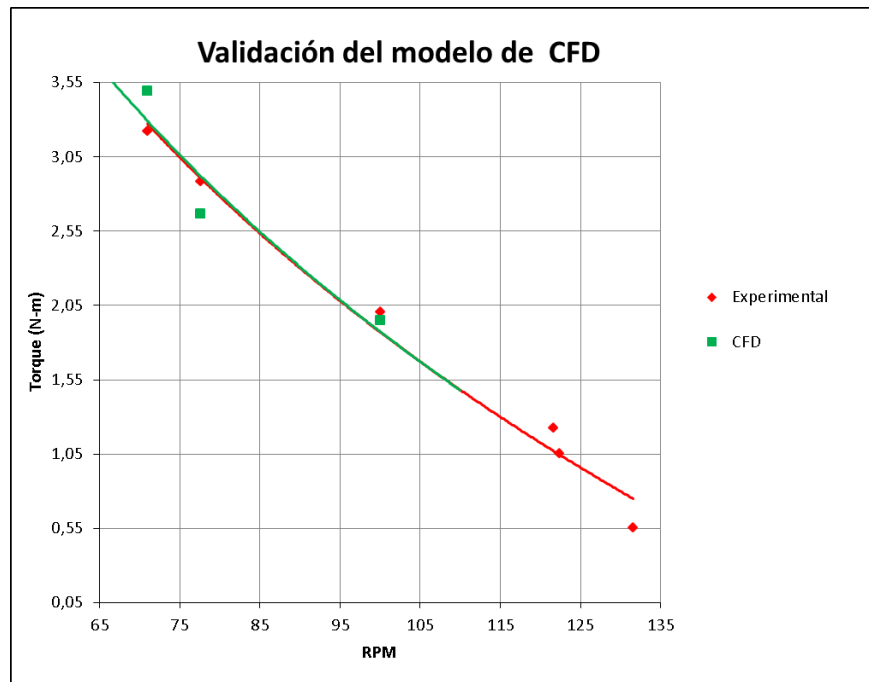


Figura 9. Validación del modelo numérico de CFD para la THG.

III.RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Establecer el modelo matemático para la determinación de variables energéticas de la THG y junto al software permite ANSYS FLUENT concede la oportunidad de estimar el campo de flujo de la turbina, al mismo tiempo pueden cuantificarse valores de torque coeficientes de arrastre, momento y sustentación de los álabes. La Fig. 10 muestra valores de Y^+ , los cuales se comportan entre 19 y 90 aproximadamente, en consecuencia no se hace necesario incluir la corrección para bajos Números de Reynolds en modelo de turbulencia (11) y (12).

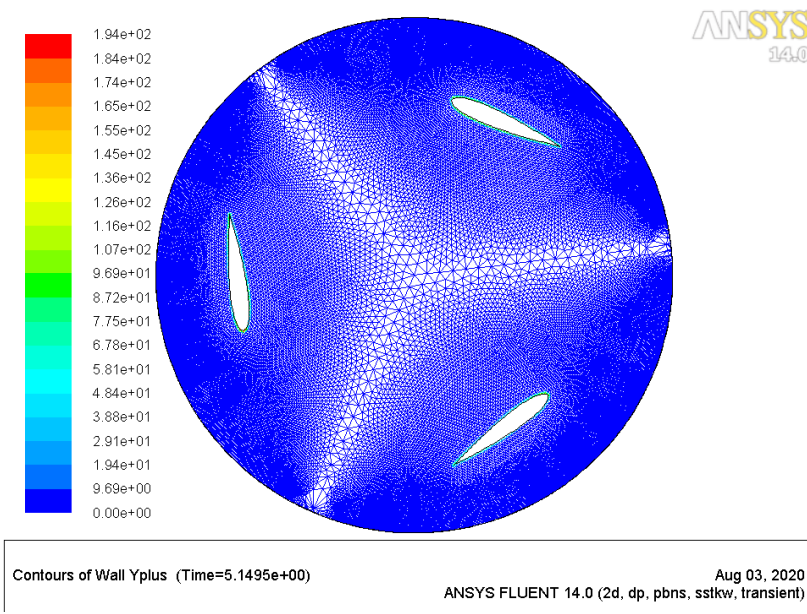


Figura 10. Valores de Y^+ en rotor de turbina.

La Fig. 11 muestra el campo de flujo en el rotor de la turbina., y se corresponden a una velocidad de flujo de 1,2 m/s para una velocidad angular de 71 RPM en el rotor.

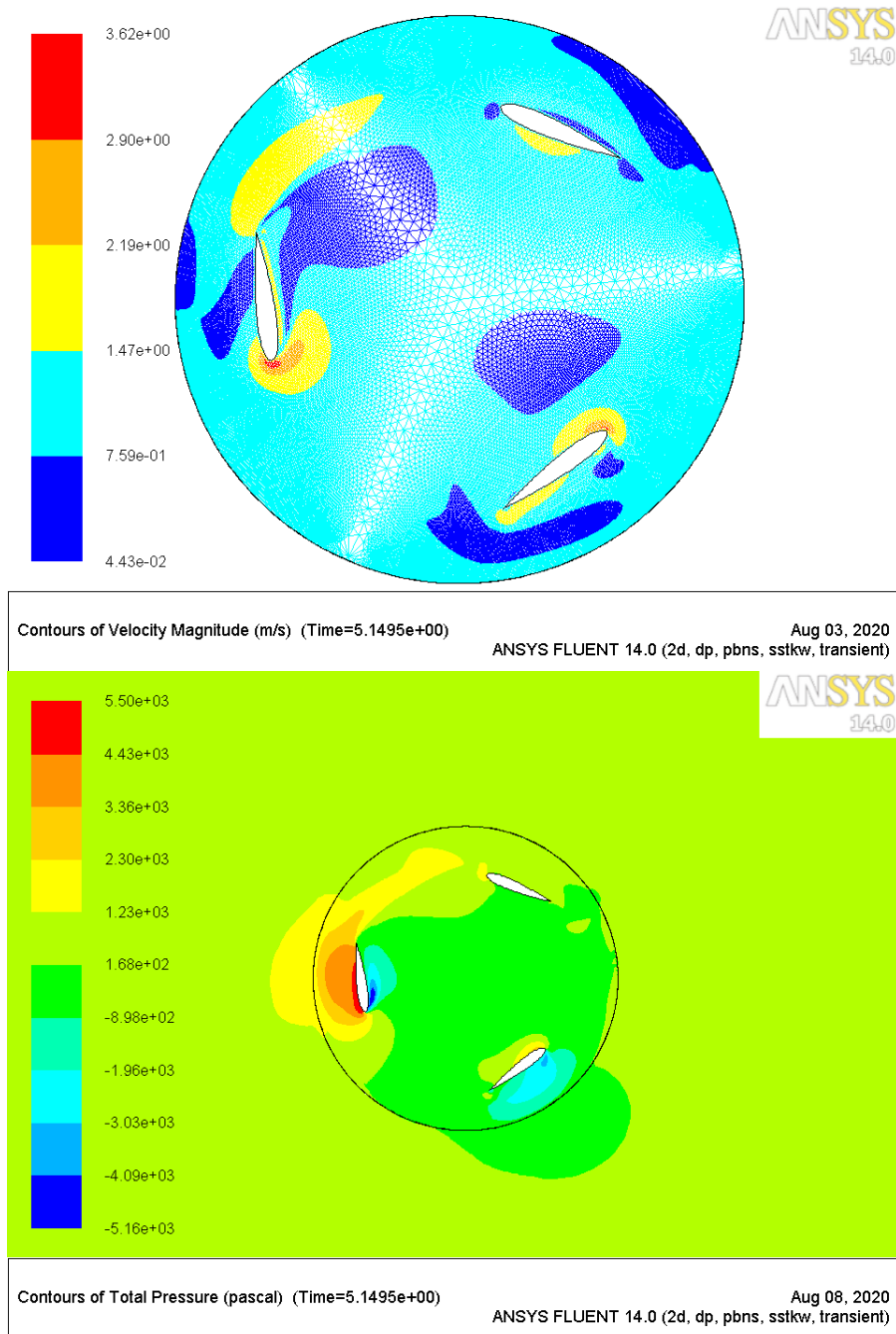


Figura 11. Campos de flujo en rotor de turbina: (a) Velocidad (b) Presión Total..

La Fig. 12 muestra el campo de presión en todo el dominio de la Fig. 7, en las mismas condiciones de ensayo de 1,2 m/s y 71 RPM. Obsérvese la estabilidad de la presión al abandonar el flujo la turbina, aguas abajo. En tales condiciones el torque T en el centro del rotor es de 3,48 N-m, para un rendimiento C_p de turbina de 0,15 según la ecuación (3).



Figura 12. Campo de presión de la THG.

IV. CONCLUSIONES

Esta investigación ha permitido analizar una estrategia para el estudio de turbinas hidrocineéticas con aplicación de modelos numéricos de CFD, régimen transitorio. Para lo cual se aplicó el modelo de turbulencia SST $k-\omega$ junto a técnicas de mallas deslizantes para la solución de ecuaciones RANS. La construcción de un prototipo virtual para el seguimiento de la estrategia es fundamental. La conformación del modelo matemático en esta investigación acompañada de la solución numérica mediante software permite estimar valores energéticos de la turbina a la par del campo de flujo. El modelo matemático fue validado mediante datos experimentales de otras turbinas similares con lo que se obtuvieron diferencias de entre 4% y 8%.

Para condiciones de flujo de 1,2 m/s cuando la turbina gira a 71 RPM el torque es de 3,4 N-m para un rendimiento de 0,15.

A futuro se proponen estudios en CFD para la mejora del rendimiento de la turbina.

REFERENCIAS

- [1] J. C. Pineda-Ortiz and E. L. Chica-Arrieta, "Métodos numéricos para el desarrollo de una turbina hidrocineética tipo Gorlov," *Revista UIS Ingenierías*, 19(3), 187-206, 2020.
- [2] H. A. R. Ortiz, C. A. Peñalosa and Y. V. González, "Generalidades y aporte al estudio de las turbinas tipo Darrieus," *Respuestas*, 23(S1), 14-18, 2018.
- [3] S. Jain and U. K. Saha, "On the influence of blade thickness-to-chord ratio on dynamic stall phenomenon in H-type Darrieus wind rotors," *Energy Conversion and Management*, 218, 113024, 2020.
- [4] ANSYS, I., "ANSYS FLUENT 14.0, User's Guide," ANSYS, 2011.
- [5] A. Muratoğlu, A., and M. S. Demir, "Investigating the Effect of Geometrical and Dynamic Parameters on the Performance of Darrieus Turbines: A Numerical Optimization Approach via QBlade Algorithm," *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 9(1), 413-426, 2020.
- [6] ANSYS, I., "ANSYS FLUENT 14.0, Theory Guide," ANSYS, 2011.
- [7] GAMBIT 2.4., "User's Guide. CFD preprocessor," Fluent, Incorporate, 2007.
- [8] D. Satrio, I. Utama, K. A. Pria, and Mukhtasar, "The influence of time step setting on the CFD simulation result of vertical axis tidal current turbine" *Journal Of Mechanical Engineering And Sciences*, 12(1), 3399-3409, 2018.
- [9] N. Chettiar, S. Narayan, S., J. N. Goundar, and A. Deo, "Design of a gorlov turbine for marine current energy

extraction,” In *Applied Mechanics and Materials* (Vol. 772, pp. 556-560). Trans Tech Publications, 2015.

[10]G. Marturet and E. Gutiérrez, “Valoración de modelos de turbulencia en dominios computacionales para simulación de una turbina helicoidal,” *Revista Científica UNET*, 28, 1-18. 2016.

[11]R. Lanzafame, S. Mauro, S., and M. Messina, “2D CFD modeling of H-Darrieus wind turbines using a transition turbulence model,” *Energy Procedia*, 45, 131-140, 2014.

[12]A. Meana-Fernández, J. M. Fernández Oro, K. M. Argüelles Díaz, M. Galdo-Vega, and S. Velarde-Suárez, “Application of Richardson extrapolation method to the CFD simulation of vertical-axis wind turbines and analysis of the flow field,” *Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics*, 13(1), 359-376, 2019.

[13]P.J. Roache, “Quantification of uncertainty in computational fluid dynamics. Annual review of fluid Mechanics, 29(1), 123-160, 1997.

Influencia de la entropía social en el tráfico de internet

Girón Villarroel Tamara y Dam González Oscar.
{thamara.giron, oscar.curmetals}@gmail.com

Doctoranda en Ciencias de la Ingeniería, Unexpo Vice- Rectorado Puerto Ordaz, Venezuela

Resumen: En este artículo se busca determinar como la entropía social ha cambiado rotundamente el tráfico de internet como consecuencia de la pandemia del COVID-19, a fin de definir una base de datos de la demanda y consumo de energía, que servirán para el diseño de un algoritmo del patrón de consumo energético de los dispositivos conectados a internet basado en la interacción hombre-máquina, desde el momento que el usuario interactúa con el dispositivo conectado a internet para comunicarse al enviar y/o recibir mensajes-correos, descargar videos, imágenes, entre otras acciones. A través de una investigación cualitativa por la naturaleza de los datos obtenidos: investigación documental abarcando documentación bibliográfica de diversos países, artículos en revistas del mediante el empleo de diferentes descriptores tales como entropía, entropía social, tráfico de internet, escritos de medios sociales en general, toda la documentación relacionada y expuesta en Internet

Palabras Clave: Entropía social, tráfico de internet, consumo de energía.

Influence of social entropy on internet traffic

Abstract: This article seeks to determine how social entropy has dramatically changed internet traffic as a result of the COVID-19 pandemic, in order to define a database of energy demand and consumption, which will serve to design a algorithm of the energy consumption pattern of devices connected to the internet based on human-machine interaction, from the moment the user interacts with the device connected to the internet to communicate when sending and/or receiving messages-mails, downloading videos, images, among other actions. Through qualitative research due to the nature of the data obtained: documentary research encompassing bibliographic documentation from various countries, articles in magazines through the use of different descriptors such as entropy, social entropy, internet traffic, social media writings in general. , all related documentation and posted on the Internet

Keywords: Social entropy, internet traffic, energy consumption.



I. INTRODUCCIÓN

Desde el surgimiento del término entropía en 1985 por el fundador de la primera ley termodinámica Rodolf Clausius, que estudia la disipación o pérdida de energía en la frontera de un sistema, en cualquier proceso irreversible [1], o como una conversión entre energía térmica y energía mecánica [2]. A partir de entonces, este término ha sido utilizado en las más variadas disciplinas de conocimiento, como la física, la química, las matemáticas, la astrofísica, entre otras, para hacer referencia a la medida de desorden, caos o falta de organización [3].

Así como los fenómenos sociales, donde el sociólogo Kenneth D. Bailey en 1990, evaluó los comportamientos sociales utilizando la segunda ley de la termodinámica como método, que “en la actualidad solo podemos ver en la conducta social un fenómeno repetitivo” [4]. El equivalente de entropía en un sistema social se considera riqueza o lugar de residencia [5], [6].

También es aplicado en la teoría de la información, desarrollada por Claude E. Shannon, como una ayuda para entender los límites fundamentales en la compresión y almacenamiento confiable y de la comunicación de datos, cuantificando la incertidumbre que involucra al encontrar una variable de azar, es decir, para medir los intercambios energéticos y las transmisiones de mensajes, basadas en la entropía [7]. La noción de entropía se ha tomado como base para cuantificar el impacto de la pérdida de información [8], así como para la evaluación del grado de orden de los sistemas de información [9].

En su conjunto se manifiesta la entropía social en su vínculo con el tráfico de internet, basado en la interacción hombre-máquina o dispositivo conectado a internet para comunicarse al enviar y/o recibir mensajes, correos, descargar videos, imágenes, entre otras acciones. o el comportamiento del usuario con el manejo de los datos, manejo de suministros y uso de bienes, servicios sociales, disponible en la información organizada cuya interacción depende del tiempo de respuesta en la demanda de información y servicios, además de la diversidad de dispositivos, sistemas, capacidades entre otras, y su intención de uso: movilidad, interconectividad, que a su vez estará influenciado por la geografía y clima (estaciones, tropicales, desérticas etc.).

Este artículo propone determinar la influencia de la entropía social en el tráfico de internet referente a la demanda y consumo energético tanto en vatios como en bytes, de allí la importancia del mismo, partiendo del comportamiento social por el uso y manejo de dispositivos digitales (smartphones, tablets, lapto...) conectados a la red, para acceso y obtención de información organizada al enviar y recibir mensajes y/o correos, descargar videos, imágenes, entre otras acciones el cual genera escenarios entrópicos de índole muy compleja y diversificada.

Pues todo proceso se realiza a un grado de entropía, desorden perfecto = demasiada información, saturación, entropía. [10], partiendo de un desorden para llegar a un orden, con una variedad de posibilidades, creado no por el “emisor” sino por el “receptor”. La recepción conduce a la disminución o eliminación de incertidumbres o indecisiones [11].

Por tanto, esta investigación se sustenta en la 2da. Ley termodinámica, por el sistema entrópico el uso dinámico y carga de tráfico en la red, que aún no ha sido investigada por los autores y considerada de este estudio.

Y se abordará de acuerdo al tipo de Investigación cualitativa por la naturaleza de los datos obtenidos: investigación documental abarcando documentación bibliográfica de diversos países, artículos en revistas del mediante el empleo de diferentes descriptores tales como entropía, entropía social, tráfico de internet, escritos de medios sociales en general, toda la documentación relacionada y expuesta en Internet.

A continuación, se presenta introducción, descripción (tráfico de internet, definición de términos básicos, estudios relacionados, resultados y su discusión), las conclusiones y las referencias bibliográficas.

II. DESCRIPCIÓN

A. Tráfico de internet

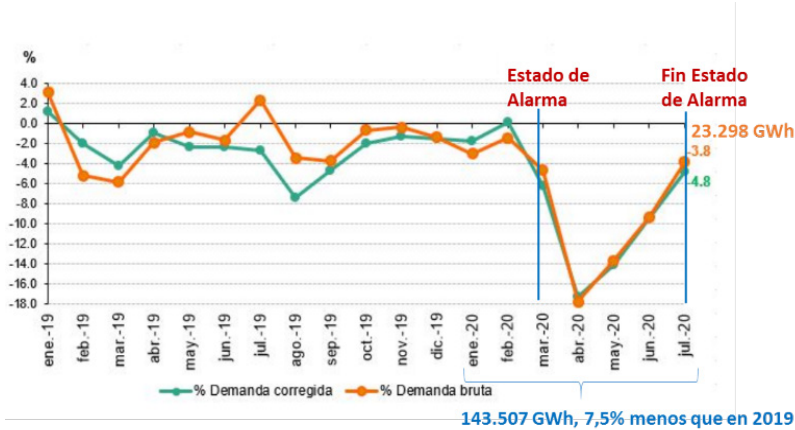
Como consecuencia de la pandemia del COVID-19, a fin de definir una base de datos de la demanda y consumo de energía, diferenciadas como consecuencia de la pre y post pandemia del COVID-19, declarada así por el centro global de pandemia, la organización mundial de la salud (OMS), el 13 de marzo de 2020, siendo Europa luego de China, las primeras zonas afectadas masivamente [12].

Resaltando efectos característicos de entropía en las actividades del usuario, tales como: la Educación a distancia, el Teletrabajo, el uso masivo de las redes sociales como medio de interacción y comunicación [13], y sobre todo cambios en los hábitos de las personas.

Así ocurrió en España (caso de estudio), cuando se decretó estado de alarma el 14 de marzo, debido a las altas

tasas de contagio, obligando a permanecer en casa a la mayoría de la población, excepto los trabajadores encargados por velar la salud, seguridad y bienestar.

Registrándose -7,9% de demanda de energía en el mes de abril de 2020 a diferencia del año 2019, y a nivel mundial descendió un 6%, ver la Gráfica.1.



Gráfica 1: Evolución de la demanda energética en España (2020)

También produjo variaciones en el consumo de electricidad, en el sector doméstico tuvo un aumento notorio del 32% y el sector servicios solo con 5%, mientras que el sector industrial cayó con un -25%, ver Fig. 1

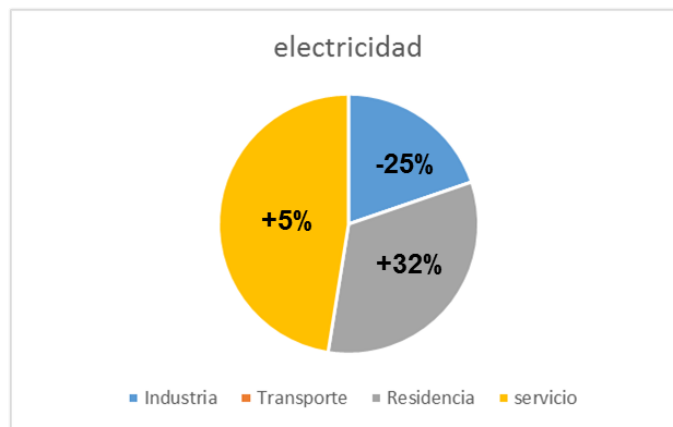


Figura 1: Consumo de electricidad (OCED, 2020)

El tráfico de internet durante la pre-pandemia, durante la pandemia y post-pandemia la comparación de datos correspondientes a los efectos de la entropía, diferenciadas en la. Ver Tabla 1.

TABLA I

Actividades digitales	Pre- pandemia		Pandemia		Post-pandemia		
	2019		2020		mar-21		
Educación a distancia, virtual y en línea	91,40%		95,40%		99,40%		[14]
Pedidos online	740 millones de euros	>23%	1770 millones de euros	>41%	2510 millones de euros	>65%	[15]
Teletrabajo	951.000 personas, >55 años	9,9%	3015000 personas	16,4%	2665702 personas	14,5%	[16]
Redes sociales	28,07 millones de usuarios activos por mes	60% población	29 millones de usuarios activos por mes	62% población	37,40 millones de usuarios activos por mes	80% población	[17]

B. Definición de términos básicos

La entropía social: Es un proceso termodinámico que llevan al desorden o caos en una sociedad [18].

Se aplica al manejo, suministros y uso de bienes, servicios sociales, disponible en la información organizada cuya interacción depende del tiempo de respuesta en la demanda de información y servicios, “en la actualidad solo podemos ver en la conducta social un fenómeno repetitivo”

Tránsito de Internet: conjunto de red de routers y enlaces de comunicaciones.

Como cuando realizamos streaming con conexión de fibra óptica desde nuestros hogares y se satura la conexión con el uso de programas que consumen mucho ancho de banda, y al quedarnos sin ancho de banda disponible, cuesta navegar con fluidez [19].

El tráfico de internet: son aquellos datos que se desplazan por una red en un momento determinado. Y están compuestos por paquetes, que son las unidades fundamentales más pequeñas de datos que se transmiten por una red [20].

C. Estudios relacionados

En el 2020, [21] presento el trabajo de grado. “Evaluación de la entropía como métrica para la detección y clasificación de ataques en base al tráfico de red”. Resultando cinco anomalías en el horario laboral y se comprobó que se trataba de una compañía de correos basura. Converge con esta investigación en el uso de la entropía de Shannon en el tráfico de internet.

En el 2019, [22] en su artículo “Sistemas piezoeléctricos en el tren urbano de Guadalajara, México: entropía y negentropía” resuelve generar negentropía termodinámica, a través de la energía eléctrica proveniente de los sistemas piezoeléctricos y el peso de los usuarios. Converge en el uso de la entropía en el gasto y consumo energético

III. RESULTADOS

Entropía y cantidad de información

Con la teoría de Shannon, es posible encontrar una forma de medir la cantidad de información que es una forma de entropía. Si se tiene la serie aleatoria x con N estados posibles $\{x_1, x_2, x_3, \dots, x_N\}$ cada uno de los cuales tiene una probabilidad $\{p_1, p_2, p_3, \dots, p_N\}$ con la condición expresada en la “ecuación 1”

$$\sum_{i=1}^N p_i = 1 \quad p_i \neq 0 \forall i \quad (1)$$

Dónde: P_i = probabilidades, N = número de posibilidades

También se puede calcular las probabilidades en base a las frecuencias de aparición para cada una de las entradas IP destino, tamaño del paquete y puerto destino, ver “ecuación 2”.

$$p(x_i) = \frac{\text{paquete } x_i \text{ con IP destino}}{\text{total de paquetes}} \quad (2)$$

Teoría de la información

La expresión general para la cantidad de información y que corresponde a una sucesión de eventos que tienen diferentes valores de probabilidades de realización, fue planteada por Shannon. La cantidad de información y la entropía se fundamentan en la teoría clásica que los sistematiza. Shannon (Shannon, 1948):

$$H = - \sum_{i=1}^N \frac{p_i \ln(p_i)}{\ln N} \quad (3)$$

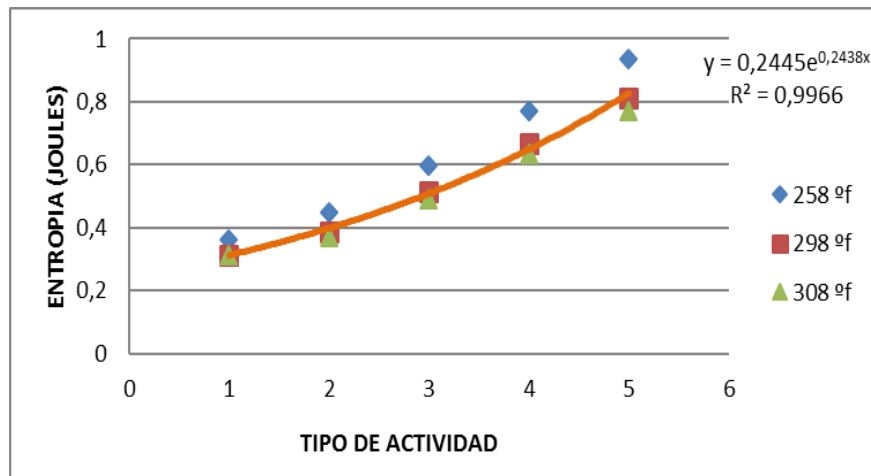
H cantidad de información.

La cantidad de información desarrollada en el área de las comunicaciones, para medir el grado de desorden o entropía de un sistema. En este caso particular de calcular la entropía de una serie de números supuestos aleatorios, H tendrá un valor cercano a 1, indicando que cada estado es equiprobable.

Impacto de los usuarios de internet interacción hombre –maquina

Tomando en cuenta que hay un efecto ambiental sobre la actividad humana, sobre todo en las latitudes con estaciones, las cuales inciden sobre el tipo de actividad y lugar, como por ejemplo en el invierno, sería preferible trabajar desde la casa en donde la actividad sería pasiva pero más intensa en uso de los dispositivos, con efecto similar en un verano fuerte.

El calor generado por un ser humano promedio, su tipo de actividad genérica (1.- Reposo sentado, 2.- Actividad ligera, 3.- Reposo oficina 4.- Actividad moderada, 5.- Corriendo en plano) y su confort para usar la internet, independientemente del tipo de dispositivo, ver Gráfica.2.



Gráfica 2: Efecto de la temperatura sobre la entropía

la Segunda ley de la Termodinámica y las expresiones anteriores, considerando la “ecuación 4”:

$$\Delta S_{AB} = S_B - S_A > \int_{A \text{ irrev}}^B \frac{\delta Q_1}{T} \quad (4)$$

Dónde:

A irrev = Gasto de energía humana para manejo de la interacción hombre máquina, B = Gasto diario de bytes, T (°C) = Temperatura ambiental

Si la temperatura exterior es <15 °C o >30 °C, utilizar la temperatura de interior de 24 °C.

El calor generado por un ser humano promedio, su tipo de actividad genérica y su confort para usar la internet, independientemente del tipo de dispositivo.

Asumiendo:

A = 0,38 J, B=0,78 J; T (°F) = 298, ΔH = MET= 34.770 (4 Bps/persona)

Cálculo

dQ = 0,40 J = 0,4 Watts

Consumo MB por persona = 3200 MB/día

Consumo Vatios Eq. /día = 12,8 vatios/día

Energía total consumida = 13,2 Vatios-persona/día

No considera la energía de módems, cargadores entre otros.

IV.DISCUSIONES

El tráfico de internet en la entropía social constituye un sistema indeterminado. Si el estado futuro se considera altamente predecible, la entropía resulta baja y viceversa. Por tanto, un sistema de baja entropía se considera organizado y deseable [23], mientras que uno caracterizado por falta de organización o con una elevada variedad de estados posibles de realización, resulta altamente entrópico y poco deseable.

Los sistemas abiertos como este caso y sus subsistemas en general, están constituidos por elementos que tienen acciones inherentes a entes disipativos. Serían la principal fuente de información necesaria para el funcionamiento del sistema como un todo. Estos sistemas tienen un nivel de organización crítica. Si la regularidad del sistema es inferior a tal nivel, se incrementa el orden, pero si dicho nivel de regularidad está por encima, entonces se genera el desorden o caos. Durante la ocurrencia, si existe un equi-balance entre los mismos, el estado del sistema se torna estable [24].

En los subsistemas sociales se vincula la entropía con el grado de desarrollo de las demandas de información y el nivel de incertidumbre informacional.

La entropía tiene una naturaleza aditiva lo cual está relacionado con el hecho de que el macroestado de un sistema depende de la cantidad probable de microestados. De aquí que la suma de la entropía de los elementos de un sistema es igual a la entropía del sistema en conjunto. Por otra parte, en una entidad social y en su sistema de información en particular, se hace posible determinar recursos informacionales y por ende cuantificarla.

Cualquier información adicional representa en la concepción entrópica, una contribución al aumento de la entropía negativa del sistema. De hecho, en entidades de la sociedad, el incremento del volumen de información no siempre conduce al decrecimiento de la entropía. Por ende, la entropía negativa de un sistema puede incrementarse sólo debido a la información de la calidad requerida y su entrada en ciertos instantes.

El aumento irreversible de la entropía es solo para los sistemas cerrados, estos son los que no interactúan con el medio externo. En los sistemas abiertos como lo representa cualquier subsistema de la sociedad, la entropía puede aumentar, permanecer constante o decrecer. La propia entropía del sistema tiende a crecer constantemente y a la existencia de dos flujos entrópicos: el que llega desde el medio exterior y aquel en el que la entropía es cedida por el sistema a dicho medio o entorno [24].

V.CONCLUSIONES

Con respecto al objetivo de investigación la entropía social constituye en sí misma una medida de incertidumbre por su contexto social aunado al consumo energético del tráfico de internet

Ello la convierte en un recurso metodológico para enfocar el consumo energético de internet en la entropía social entidades en las cuales dicho proceso resulta esencial y así propiciar más orden, menos incertidumbres y comportamientos poco caóticos durante su funcionamiento.

En aspecto social, en general, los usuarios no pueden influir en la eficiencia de las conversiones de una fuente primaria de energía en energía útil para los consumidores, proceso donde participan sectores como el refinamiento y la generación eléctrica. Por ello, los indicadores de eficiencia energética se centran en la demanda final de energía. Este caso particular se presenta cuando existe electrificación en los usos finales.

REFERENCIAS

- [1]Tarragó, J. C. P., Avila, R. A., Gallardo, M. del C. E., & Gálvez, D. L. D. (2020). La gestión de la información en un enfoque a partir de la entropía. *Sinapsis: La revista científica del ITSUP*, 1(Extra 16), 6. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7471219>
- [2]Césarman, E. (1974). *Hombre y entropía*. <https://books.google.co.ve/books?id=SSA6AQAAIAAJ>
- [3]Pino Tarragó, J., Ávila Ávila, R., Expósito Gallardo, M. y Domínguez Gálvez, D. (2020). La gestión de la información en un enfoque a partir de la entropía. *Revista Científica Sinapsis*, 1(16). <https://doi.org/10.37117/s.v1i16.296>
- [4]Césarman, E. (1974). *Hombre y entropía*. <https://books.google.co.ve/books?id=SSA6AQAAIAAJ>
- [5]Ritzer, G. (2004). *Enciclopedia de la teoría social*. pag.314. ISBN1452265461
- [6]Parra, F. (2009). *Sistemas de Ciencia y Cybernetics- Volumen I*. pag. 165. ISBN1848262027
- [7]Jae-Yoon, J.; Chang-Ho, C. y Cardoso, J. (2011). An entropy-based uncertainty measure of process models.

Journal Information Processing Letters, Volume 111, Issue 3, January, 2011, pp: 135-141.

- [8]Schwarz, M. (2014). Una medida de la incertidumbre basada en la entropía para cuantificar el impacto de la pérdida de información en los Sistemas de Gestión. *Revista Escuela de Posgrado Paideia XXI* 4 (5), pág. 46-56.
- [9]Song, Z.; Liang, P. and Ni, L. (2015). Order Degree Evaluation of Information System Based on Improved Structural Entropy. *Open Journal of Business and Management*, 3, pp: 235-242.
- [10]Iturbide, M. (2015). la entropía y la neguentropía como ideas en la música y en el arte sonoro. *Espacio Sonoro*, http://espaciosonoro.tallersonoro.com/wp-content/uploads/2015/09/01.-Mario-Charneca_37_2015.pdf
- [11]Mihail, N. y Mircea, A. (1989). *¿Qué es la Biocibernética?* La Habana: Editorial Científico-Técnica.
- [12]Bahmanyar, A. Estebansari, A. y Ernst, D. (2020) The impact of different COVID-19 containment measures on electricity consumption in Europe. *Energy Research & Social Science*, 0 (68), 101683. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214629620302589>
- [13]Gómez Braun, G. (2020). La Educación, la Entropía, el COVID 19 y la Gestión de la Calidad / Education, Entropy, COVID 19 and Quality Management. *Revista de Educación*, 0(22), 301-318. https://fh.mdp.edu.ar/revistas/index.php/r_educ/article/view/4808
- [14] INEbase / Nivel y condiciones de vida (IPC) /Condiciones de vida /Encuesta sobre equipamiento y uso de tecnologías de información y comunicación en los hogares / Últimos datos. (s. f.). INE. Recuperado 18 de mayo de 2021, de https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736176741&menu=ultiDatos&idp=1254735976608
- [15]Gerentes, D. y. (2021, abril 19). El eCommerce en España se dispara durante los tres primeros meses de 2021. *Dir&Ge | Directivos y Gerentes*. <https://directivosygerentes.es/e-commerce/e-commerce-espana-dispara-tres-primeros-meses-2021>
- [16]Lara, D. (2020, septiembre 17). El teletrabajo se triplica en España por la pandemia. *EL PAÍS*. <https://elpais.com/economia/2020-09-17/el-teletrabajo-se-triplica-en-espana-por-la-pandemia.html>
- [17]Situación digital, Internet y redes sociales España 2021 - Yi Min Shum Xie. (s. f.). Recuperado 15 de mayo de 2021, de <https://yiminshum.com/redes-sociales-espana-2021/>
- [18]Fonseca pascal, L. (2016, 28 de abril) Entropía y gobierno. *El universal*
- [19]Cómo controlar el tráfico de red e Internet con NetLimiter en Windows. (s. f.). Recuperado 15 de mayo de 2021, de <https://www.redeszone.net/tutoriales/redes-cable/netlimiter-controla-traffic-internet-windows-configuracion/>
- [20]Monitor del tráfico de red: ver, analizar y optimizar el tráfico | SolarWinds. (s. f.). Recuperado 15 de mayo de 2021, de <https://www.solarwinds.com/es/network-bandwidth-analyzer-pack/use-cases/network-traffic-monitor>
- [21]Castro Turga, J. (2020). Evaluación de la entropía como métrica para detección y clasificación de ataques en base al tráfico de red [Info:eu-repo/semantics/bachelorThesis]. <http://oa.upm.es/57859/>
- [22]Sistemas piezoeléctricos en el tren urbano de Guadalajara, México: entropía y negentropía. (s. f.). Recuperado 15 de mayo de 2021, de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0123-921X2019000300013&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- [23]Mavrofides, T.; Achilleas, K.; Dimitris, P.; Antonios, L. (2011). On the Entropy of Social Systems: A Revision of the Concepts of Entropy and Energy in the Social Context. *Systems Research and Behavioral Science*. Published online in Wiley Online Library. DOI: 10.1002/sres.1084 (wileyonlinelibrary.com)
- [24]Markina, I.; Dyachkov, D. (2014). Entropy Model Management of Organization. *World Applied Sciences Journal* 30 (Management, Economics, Technology & Tourism): pp: 159-164.
- [25]Román Reyes (Dir): *Diccionario Crítico de Ciencias Sociales. Terminología Científico-Social*, Tomo 1/2/3/4, Ed. Plaza y Valdés, Madrid-México 2009

Metamodelo de Regresión Lineal Multivariante de Sistemas de Carga y Acarreo de mineral

Salomón Liliana; Ortiz Alexis

lilianasalomon14@gmail.com; alexisortizuseche@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-4176-654X>; <https://orcid.org/0000-0002-4187-2329>

Universidad Nacional Experimental Politécnica “Antonio José de Sucre” UNEXPO
Universidad Nacional Experimental de Guayana, UNEG

Resumen: Con base en la información obtenida a través de la simulación del sistema de carga y acarreo de mineral en minas a cielo abierto, se presenta el desarrollo y la validación de un modelo matemático auxiliar “Metamodelo” que sirve como apoyo a la toma de decisiones relacionadas con la planificación de minas. En la fase de construcción del modelo auxiliar se utiliza la Regresión Lineal Multivariante (RLM), que permite elegir el Metamodelo de mejor ajuste. La mejora lograda en la calidad del simulador es medida en términos del ajuste entre los datos de salida, o simulados, y los datos reales, u observados para tres minas a cielo abierto que abarcan aproximadamente el 84% de la producción de mineral de hierro del país. Para generar la información necesaria para construir el Metamodelo, se corrió el modelo de simulación bajo 33 escenarios y fue sometido a las pruebas estadísticas que corroboraban el cumplimiento de los supuestos de normalidad, independencia, multicolinealidad y homoscedasticidad de los datos. Finalmente, el R2 indica que la proporción de datos en los cuales es posible predecir el volumen total extraído y acarreado en minas, con las variables rendimiento de carga, rendimiento de acarreo y condición de la ruta es muy alta (0,914), siendo el factor rendimiento del acarreo el de mayor importancia.

Palabras Clave: Carga- acarreo, metamodelo, minas a cielo abierto

Influence of social entropy on internet traffic

Abstract: Based on the information obtained through the simulation of the ore loading and hauling system in open pit mines, the development and validation of an auxiliary mathematical model "Metamodel" is presented, which serves as support for decision-making related with mine planning. In the construction phase of the auxiliary model, Multivariate Linear Regression (MLR) is used, which allows choosing the Metamodel with the best fit. The improvement achieved in the quality of the simulator is measured in terms of the fit between the output, or simulated, data and the actual, or observed, data for three open pit mines covering approximately 84% of the iron ore production of the country. To generate the necessary information to build the Metamodel, the simulation model was run under 33 scenarios and was subjected to statistical tests that corroborated compliance with the assumptions of normality, independence, multicollinearity, and homoscedasticity of the data. Finally, R2 indicates that the proportion of data in which it is possible to predict the total volume extracted and hauled in mines, with the variables load yield, haul yield and road condition is very high (0.914), with the factor hauling performance the most important.

Keywords: Cargo-hauling, metamodel, open pit mines.



I. INTRODUCCIÓN

Desde la década de los 70 el uso de la metodología “Metamodelos” ha venido tomando cada vez más fuerza en el área de la Simulación y la Optimización de sistemas complejos, por el puente de comunicación que se logra al insertar el Metamodelo en una fase intermedia entre la Simulación y la Optimización [1][2].

Los metamodelos de regresión pueden reducir en gran medida el costo, el tiempo y la cantidad de esfuerzo invertido en realizar la simulación. Su aplicación en el análisis de sensibilidad, la optimización de sistemas complejos y la validez del modelo de simulación, son de gran apoyo en la toma de decisiones.

Específicamente en la minería a cielo abierto, el desarrollo de un metamodelo tuvo como propósito predecir las variables de mayor impacto en el desempeño de la mina, en término de “maximización del volumen de carga o extracción y acarreo de material, desde los distintos frentes de excavación hasta sus destinos, tanto para la mena que es el material comercializable, como para el material no conforme (mpnc); esto, bajo parámetros de eficiencia, seguridad, calidad y ambiente” [3].

Esto debido a que las operaciones de carga y acarreo de material en minas a cielo abierto, son operaciones unitarias medulares que requieren de equipos de gran tamaño y costo, como palas eléctricas (Komatsu P&H 4800XPC/ 70,3 m³); palas hidráulicas (CAT 6090 FS/ 52 m³); cargadores frontales (Komatsu P&H L-2350/40,52 m³/ CAT 993K/23,7 m³); y camiones mineros (CAT 797F/>380 tn), que impactan en un 50% a 60% la estructura de costos mineros. [4-7].

Esto implica, que cualquier ahorro generado por una mejora en las operaciones de carga y acarreo impactan directamente en un costo menor por tonelada de material. Por tanto, en los planes de minas, el cálculo óptimo de la flota de palas y camiones es un factor fundamental para garantizar el flujo continuo de material.

El indicador de mayor uso en la optimización de estos sistemas pala-camión es el match factor o factor de acoplamiento. Donde la productividad de una pala depende del número de camiones que tiene asignados, y la productividad de una flota de camiones depende del número de palas operativas. Sin embargo, esta relación no es directa, ya que existen fenómenos de congestión en la carga y descarga de material [8].

Asimismo, este indicador supone una flota de camiones y cargadores homogénea, tiempos de espera promedio para los ciclos de carga y acarreo, y se excluye los tiempos de espera o demoras producto de la congestión o fallas operativas [9].

Otros factores dinámicos como: el avance en las minas de acuerdo al modelo de excavación; las distancias entre las diferentes zonas de explotación; las condiciones operativas del frente de excavación; el rendimiento de los equipos en condiciones reales; la disponibilidad de plantas, depósitos y estaciones de carga; condiciones de las rutas; la interdependencia entre las operaciones de voladura-carga-acarreo; definen este sistema minero como altamente estocástico y complejo [10][11].

Por lo que, en la última década, se ha recurrido a la simulación de eventos discretos para analizar diferentes escenarios o configuraciones, con el apoyo de softwares de simulación comercial, que se han aplicado a operaciones mineras, como Arena, GPSS/H, FlexSim, entre otros.

Pero una limitante importante es, el uso y dependencia del modelo de simulación cada vez que las condiciones operativas de la mina se ven alteradas, recurriendo así a la metodología “Metamodelado” [12].

De allí, que en este artículo se plantea: (1) La metodología del metamodelado, bajo la técnica de RLM; (2) Descripción del modelo conceptual de carga-acarreo; (3) Desarrollo del Metamodelo, como modelo analítico para predecir el volumen de material (mena+mpnc) extraído y acarreado en minas, en función de las variables de mayor impacto; y (4) Validación del Metamodelo.

II. DESARROLLO

A. Metodología Metamodelado

Un metamodelo es un modelo analítico del modelo de simulación cuyo propósito es encontrar una relación funcional estadísticamente significativa entre un conjunto de variables de entrada y una variable de salida, que describa una medida de desempeño del sistema [13].

La representación matemática de una función de entrada-salida del modelo de simulación se representa como (1):

$$y = g(v) \quad (1)$$

Aquí, y y v tienen valores vectoriales y normalmente incluirán un componente aleatorio. El vector v para una simulación de carga y acarreo de mineral incluyen los siguientes componentes; el número de equipos (palas, cargadores frontales y camiones roqueros); los tiempos de ciclo de carga y acarreo; los parámetros de distribución de probabilidad del tiempo de falla de los equipos, entre otros utilizados en la ejecución de la simulación. El vector y incluye el volume promedio de material extraído y acarreado por semana, donde: i) y tiene un componente, ii) el componente aleatorio es aditivo, y iii) la lista de parámetros está dirigida a los que estarán en el argumento del metamodelo (2).

$$y = g(x) + \varepsilon \quad (2)$$

El objetivo del metamodelado implica encontrar maneras de modelar g y ε . Generalmente se denota el metamodelo como f y las respuestas de salida predichas como $f(x)$ o \hat{y} . Las principales cuestiones en metamodelado incluyen: i) la elección de una forma funcional para f ; ii) el diseño de experimentos; y iii) la evaluación de la adecuación del metamodelo ajustado (intervalos de confianza, prueba de hipótesis, falta de ajuste y otros diagnósticos del modelo. La Fig. 1, presenta las fases básicas del metamodelado [13].

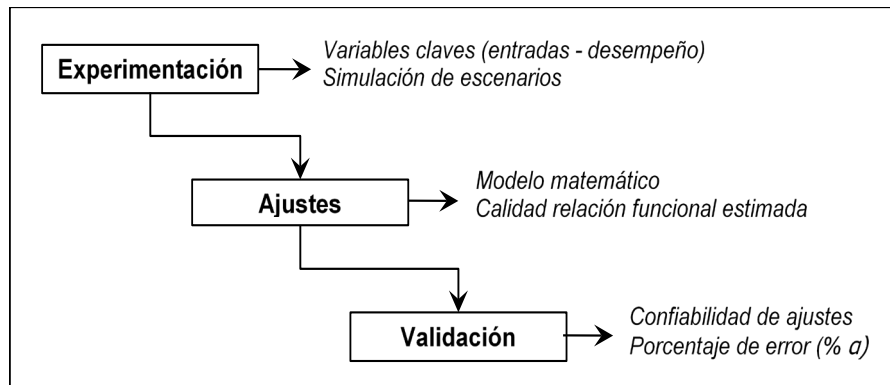


Figura 1: Fases de un Metamodelo [12]

En la etapa de experimentación: Se establecieron las variables de entrada del sistema de carga y acarreo de mineral en minas a cielo abierto partiendo del Análisis Estructural [14], y Estudio Estadístico realizado en las tres principales minas de hierro del país. Estas variables alimentaron el Modelo de Simulación, desarrollado en Java Script [15]. Se plantearon tres escenarios a través de distintas configuraciones reales de minas y se tomó el valor de la variable de desempeño del sistema de carga y acarreo de mineral, expresada en toneladas de material (mena+mpnc) extraído y acarreado por semana.

En la etapa de ajustes: De tabla de resultados de la simulación, se realizaron ajustes matemáticos que permitieron encontrar una ecuación que explicara la relación existente entre las variables de entrada y la variable de desempeño (que sería el metamodelo).

Dada la cantidad de variables y complejidad del sistema de carga y acarreo en minas, se requirió más de una variable independiente, por lo que se desarrolló un modelo de Regresión Lineal Múltiple (RLM). Donde cada coeficiente de regresión β_i se estimó a partir de los datos muestrales, usando el Método de los Mínimos Cuadrados. De allí, se generó un conjunto de ecuaciones normales para la RLM, que fueron resueltas utilizando el programa estadístico SPSS V.25.

Los estimadores de mínimos cuadrados de los parámetros $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k$ mediante el ajuste del modelo de regresión lineal múltiple son referidos en (3) y (4) [16]

$$\mu_Y | x_1, x_2, \dots, x_k = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_k x_k \quad (3)$$

a los puntos de los datos:

$$\{(x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{ki}, Y_i); i = 1, 2, \dots, n; n > k\} \quad (4)$$

donde

Y_i es la respuesta observada (volumen mena+mpnc) a los valores $x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{ki}$ de las K variables independientes x_1, x_2, \dots, x_k . Se supone que cada observación $(x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{ki}, Y_i)$ satisface a (5).

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \dots + \beta_k x_{ki} + \varepsilon_i \quad (5)$$

o bien

$$y_i = \bar{y}_i + e_i = b_0 + b_1 x_{1i} + b_2 x_{2i} + \dots + b_k x_{ki} + e_1 \quad (6)$$

donde

E_i y e_i son el error aleatorio y el residual, respectivamente, asociados con la respuesta y_i y con el valor ajustado \bar{y}_i . Posteriormente, para juzgar sobre la calidad de la relación funcional estimada, se realizaron las siguientes pruebas estadísticas:

Prueba T Student, para inferir sobre la significancia de los parámetros estimados y poder decidir cuáles eran las variables independientes que debían mantenerse en el modelo. El estadístico de Shapiro-Wilk ($n < 50$), para verificar si los residuos se distribuían normalmente. El estadístico de "Durbin-Watson", para evaluar la ausencia de correlación entre los diferentes residuos, garantizando de tal manera la independencia en los valores estimados en el modelo de regresión. Y la Prueba F para probar la homoscedasticidad, o cumplimiento de varianza constante.

Finalmente, en la etapa de validación: luego de tener el metamodelo que mejor se ajusta a los datos de estudio, se generaron escenarios adicionales, también de manera aleatoria. Se utilizó tanto la simulación y el metamodelo, y se registraron los valores de la variable de desempeño para cada uno. Posteriormente, se evaluó la diferencia existente entre los resultados del modelo simulado y los resultados del metamodelo, obteniéndose el «porcentaje promedio de error» que presenta el metamodelo respecto al modelo simulado para cada escenario a través de la ecuación (7):

$$\%Error = \frac{\text{Modelo Simulado} - \text{Meta modelo}}{\text{Modelo Simulado}} \quad (7)$$

B. Descripción del modelo de carga-acarreo

Este modelo se circunscribe en el ciclo de minado conformado por cuatro etapas: (1) preparación del frente de producción (frente volado); (2) carga del material volado; (3) acarreo del material tanto mena como mpnc a su destino; y (4) descarga del material (Fig.2).

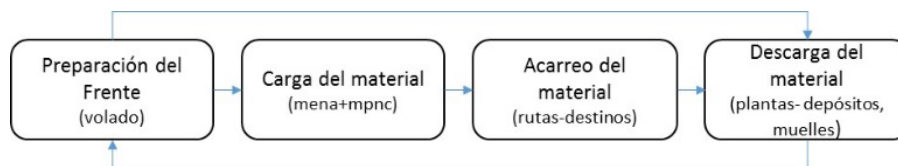


Figura 2: Ciclo de minado [17]

El tiempo promedio de ciclo en minas a cielo abierto se sub divide en: (1) espera de carga; (2) maniobra para carga; (3) carga; (4) transporte cargado; (5) espera de descarga; (6) maniobra de descarga; (7) descarga; y (8) transporte vacío. Mediciones de tiempos de ciclo en operaciones a cielo abierto indican que, en primer lugar, el mayor tiempo corresponde al transporte o acarreo del material, tanto como lleno (32%) y vacío (23%); seguido de la demora o espera en el punto de carga (13%) y descarga (6%). Lo que significa que, cerca del 80% del ciclo minero se traduce en acarreo y demoras [17]. Por lo tanto, se estableció como función objetivo: Maximizar el volumen de carga y acarreo de material volado (mena/mpnc), efectuada por cargadores y camiones, desde los distintos frentes de excavación, pasando por diferentes rutas hasta sus respectivos destinos (plantas, muelles, depósitos), con criterios de eficiencia, calidad, seguridad y ambiente.

El Modelo Conceptual se configura en cuatro componentes: (1) frentes de excavación; (2) rutas; (3) equipos; y (4) destinos (Fig. 3).



Figura 3: Modelo conceptual carga-acarreo en minas [18]

Estos componentes se asocian al ciclo minero representado como una red de transporte: las palas o puntos de carga como nodos oferentes, los sitios de vaciado como nodos demandantes y las rutas entre estos puntos como los arcos del sistema.

C.Desarrollo del metamodelo

El modelo de carga y acarreo de mineral en minas a cielo abierto es determinado a través de un «Metamodelo» para predecir el mejor conjunto de parámetros de entrada al sistema minero que resultan en obtener su mejor desempeño [19]. La mejora lograda en la calidad del simulador fue medida en términos del ajuste entre los datos de salida, o simulados, y los datos reales, u observados, para tres minas a cielo abierto que abarcan aproximadamente el 84% de la producción de mineral de hierro del país.

De acuerdo al resultado de la Prueba T Student, para cada uno de los parámetros de la ecuación, con un nivel de significancia de (0.05), permitió inferir sobre la significancia de los parámetros estimados y decidir cuáles eran las variables independientes que debían mantenerse en el modelo.

En este sentido, se toman como variables clave de entrada (variables independientes) el rendimiento estándar de carga (tn/h), el rendimiento de acarreo (tn/h) y la condición de la ruta (óptimo, regular y deficiente); y como variable de desempeño (variable dependiente) el desempeño de la mina en término de toneladas de material (mena+mpnc) cargadas y acarreadas. Para generar la información necesaria para construir el Metamodelo, se corrió el modelo de simulación bajo 33 escenarios los cuales se presentan en la Tabla I. El modelo fue sometido a las pruebas estadísticas necesarias que corroboraban el cumplimiento de los supuestos de Normalidad, Independencia,

Multicolinealidad y Homoscedasticidad de los datos.

TABLA I
RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

Escenario	X ₁	X ₂	X ₃			Y
	Rendimiento Carga (tn/hr)	Rendimiento Acarreo (tn/hr)	Condición Ruta óptima (1)	regular (2)	deficiente (3)	
1	1300	2090	1			358628
2	1280	2070	1			348882
3	1333	2160	1			360581
4	1260	2030	1			322890
5	1180	2010	1			283681
6	1310	2136	1			359664
7	1258	2198	1			335393
8	1200	2130	1			261444
9	1288	2110	1			326200
10	1191	1996	1			309830
11	1306	2158	1			350246
12	1167	1980	1			234263
13	3488	2412	3			378376
14	3380	2328	3			335475
15	3541	2476	3			396605
16	3398	2423	3			345854
17	2897	1879	3			284919
18	1968	1546	3			173751
19	2473	1726	3			237894
20	1896	1441	3			159622
21	1915	1523	3			167977
22	2036	1695	3			192288
23	2154	1937	3			214915
24	1951	1482	3			168078
25	895	781	2			133090
26	911	795	2			147011
27	1436	1238	2			201657
28	1577	1397	2			210153
29	1612	1412	2			224506
30	1662	1430	2			231174
31	1569	1344	2			217606
32	1418	1187	2			191733
33	1231	1008	2			162024

Con objeto de analizar la capacidad de explicación de los tres factores estudiados, se realizó un Análisis de Regresión sobre la variable volumen de material cargado y acarreado en minas (mena+mpnc), que muestra la importancia relativa que tiene cada una de las dimensiones identificadas. Se determinó el ajuste de los datos al modelo de regresión lineal múltiple presentado en la ecuación (6). A continuación, se presentan los estadísticos descriptivos de los factores considerados.

TABLA II
ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS

Factores	Media	Desv. Desviación	N
Producción Mena+Mpnc (tn/mes)	261406,36	79901,483	33
Rendimiento Carga (tn/h)	1772,15	765,889	33
Rendimiento Acarreo (tn/h)	1773,58	466,774	33
Condición Ruta	2,36	,489	33

En la Tabla III, se muestran los parámetros del Metamodelo obtenido:

TABLA III
ANÁLISIS DE REGRESIÓN
(VOLUMEN TOTAL MENA+MPNC)

Factores	B	Desv. error	β	t	Sig.
Constante	160571,336	32521,799		4,937	,000
Rendimiento de carga (tn/hr)	44,705	11,344	,429	3,941	,000
Rendimiento de acarreo (tn/hr)	142,450	10,883	,832	13,089	,000
Condición ruta	-97745,766	16319,213	-,598	-5,990	,000
R²= 0,914 ; F=102,544, Sig. 0,000					

Los valores T-Student de todas las variables independientes y los niveles de significación obtenidos, indican que el modelo de regresión es estadísticamente significativo y que las tres variables influyen de forma significativa en la valoración del desempeño del sistema de carga y acarreo, medido en términos del volumen total de material por mes.

Los coeficientes β de las tres variables independientes indican la importancia relativa de cada uno de los tres aspectos para predecir la variable producción total. El factor que tiene una mayor importancia es el rendimiento del acarreo. El R² indica que la proporción de datos en los cuales es posible predecir el volumen total de material extraído y acarreado en minas, con las variables de rendimiento de carga, rendimiento de acarreo y condición de la ruta es muy alta (0,914 o 91,4%). En la ecuación (8), se plantean los Parámetros del Metamodelo.

$$\hat{y} = 160571.336 + 44.705(x_1) + 142.450(x_2) - 97745.766(x_3) \quad (8)$$

La revisión de la ecuación (8) permite observar el hecho de que cada vez que aumenta el rendimiento de la carga y el acarreo en toneladas horas, se incrementa linealmente la producción total de material en mina, aunque con un poco de retraso causado por la condición de la ruta cuyo parámetro tiene un valor negativo. En el caso de tener un rendimiento de carga de 1662 tn/hr, un rendimiento de acarreo de 1430 tn/hr, y unas condiciones de ruta regular (2), se tiene una producción total en mina de 243.082,984 tn/mes.

Para verificar si los residuos se distribuyen normalmente, en la Fig. 4 se puede observar el cumplimiento del supuesto de «Normalidad» dado el comportamiento gráfico de los residuos.

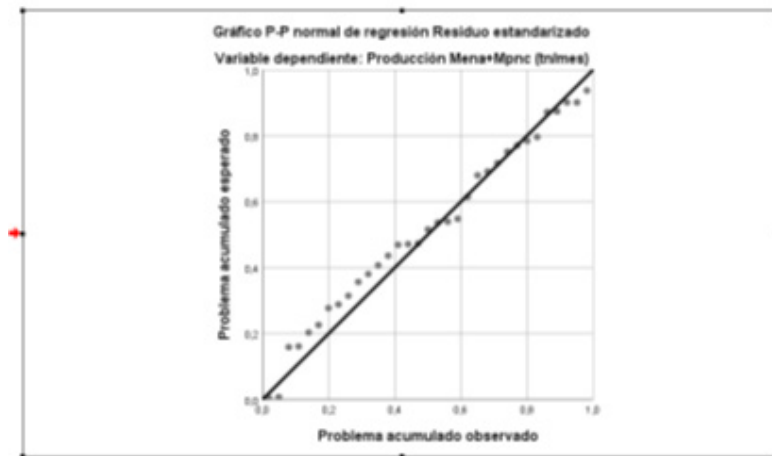


Figura 4: Prueba de Normalidad

Asimismo, se aplicó la Prueba de Independencia, para verificar la ausencia de correlación entre los diferentes residuos, garantizando de tal manera la independencia en los valores estimados por la regresión. Para ello se utilizó el estadístico de prueba de «Durbin-Watson» dando como resultado un valor cercano a 2 (1,965), el cual indica que los datos analizados son independientes. Por último, para el análisis de varianza (ANOVA) el estadístico de con-

traste F arrojó un valor de 102,544, con un P valor $< 0,05$ lo que significa el rechazo de la hipótesis nula de igualdad de medias. Esto confirma el efecto significativo del rendimiento de carga, rendimiento de acarreo y condición de la ruta en la producción promedio de material (mena+mpnc) por mes. Con los resultados de las pruebas estadísticas presentadas se puede inferir sobre la buena calidad del Metamodelo estimado. Además, este Metamodelo presentó un coeficiente de determinación de 90,3% lo que reitera un ajuste fuerte de las variables independientes con la variable dependiente. Finalmente, el Metamodelo propuesto en la ecuación (8) se validó para ser aceptado como el modelo auxiliar que mejor se ajusta al comportamiento de las variables de entrada y salida del modelo principal de simulación.

D. Validación del Metamodelo

El Metamodelo desarrollado para la predicción de la producción de material (mena+mpnc) en minas a cielo abierto, fue validado partiendo del cálculo del porcentaje promedio de Error (ec. 7), para seis nuevos escenarios corridos en el Modelo de Simulación y en el Metamodelo descritos en la tabla IV.

**TABLA IV
VALIDACIÓN METAMODELO**

Escenario	R. Carga (tn/hr)	R. Acarreo (tn/hr)	Condición Ruta	(Y) Simulado	(Y) Metamodelo	% Error
1	1154	1710	1	358.628,08	358.004,64	0,00174
2	1200	1650	1	359.664,24	351.514,07	0,02266
3	3488	2412	3	378.376,87	366.854,48	0,03045
4	1896	1441	3	159.622,23	157.365,17	0,01414
5	895	810	2	133.090,56	120.475,28	0,09479
6	911	890	2	147.011,34	132.586,56	0,09812
Promedio						0,04365

El porcentaje de error encontrado en la fase de validación es de 4,365%, lo cual corrobora que el Metamodelo se ajusta muy bien a los datos analizados. Por lo tanto, la ecuación del Metamodelo que hace referencia a un modelo lineal multivariante, puede ser empleada para explicar la relación funcional entre el rendimiento de carga, rendimiento de acarreo, condición de ruta (variables de entrada) y la producción de material en minas (mena+mpnc) «toneladas por mes» (variable de desempeño).

III. CONCLUSIONES

El desarrollo de Metamodelos como modelos auxiliares, permiten obtener un mayor entendimiento de las relaciones funcionales entre las variables que alimentan el sistema y la variable encargada de evaluar el desempeño de dicho sistema, por lo cual se convierte en una gran ayuda para comprender comportamientos de sistemas más complejos como el minero.

El Metamodelo obtenido, permite predecir la productividad en minas en función principalmente del rendimiento de las operaciones de carga, acarreo y condiciones de la ruta. Estas a su vez están afectadas por un conjunto de variables no convencionales que fueron consideradas en el modelo de simulación.

El porcentaje promedio de Error encontrado en la fase de validación del metamodelo fue de 4,36%, lo cual corrobora que el Metamodelo se ajusta muy bien a los datos analizados.

Los resultados de la investigación permiten la medición del desempeño de las operaciones en minas a cielo abierto en el contexto holístico de la industria, considerando cuatro componentes esenciales: (1) Frente de Producción; (2) Rutas; (3) Equipos; y (4) Destinos.

REFERENCIAS

- [1] L. W. Friedman and I. Pressman, "The Metamodel in Simulation Analysis: Can it Be Trusted?", *Journal of Operational Research Society*, vol. 39, no. 10, pp. 939-948, 1998.
- [2] C. Madu, « Simulation in manufacturing: A regression metamodel approach », *Computers & Industrial Engineering*, vol 18, no 3, pp. 381-389, 1990.

- [3]L. Salomón, A. Ortiz y V. Cordero, “Productividad del proceso minero, más allá de la producción”, *Revista Universidad, Ciencia y Tecnología*, vol.22, no. 89, pp. 04-16, diciembre 2018.
- [4]C. Burt, and L. Caccetta, “Match factor for heterogeneous truck and loader fleets”, *International journal of mining, reclamation and environment*, vol.21, no.4, pp. 262 – 270, 2007.
- [5]S. Ercelebi, and A. Bascetin, “Optimization of shovel-truck system for surface mining”, *The Journal of The Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, vol. 109, July 2009.
- [6]M. Fisonga and V. Mutambo, “Optimization of the fleet per shovel productivity in surface mining: Case study of Chilanga Cement, Lusaka Zambia”, *Cogent Engineering*, vol 4, no. 1, pp. 1-16, 2017.
- [7]W. Zeng, “A simulation model for truck-shovel operation”, [PhD Thesis], University of Wollongong, 2018.
- [8]S. Alarie, and M. Gamache, “Overview of solution strategies used in truck dispatching systems for open pit mines”, *International Journal of Surface Mining, Reclamation and Environment*, vol.16, no.1, pp.59–76,2002.
- [9]C. Burt, “An optimisation approach to materials handling in surface mines”, [PhD Thesis], Mathematics and Statistics, Curtin University of Technology, Bentley, Perth, Australia, 2008.
- [10]L. Salomón, A. Ortiz y V. Cordero, “Enfoque Sistémico en el Análisis de Operaciones en Minería a Cielo Abierto”, en XIV Jornadas de Investigación UNEXPO, Puerto Ordaz, Bolívar, 2016, pp. 160-165.
- [11]L. Salomón, “Modelo de Optimización de Sistemas de Acarreo de Mineral en Minas a Cielo Abierto”, *Ferrominera Orinoco, Ciudad Guayana, Venezuela, Informe de Pasantía*, 2016.
- [12]J. Soto Mejía y S. Fernández Henao, «Los metamodelos de regresión en simulación con aplicación en sistemas de manufactura. », *Scientia Et Technica*, vol. 1, no. 47, pp. 285 - 290, abr. 2011
- [13]R. Barton, and. M. Meckesheimer, “Metamodel-based simulation optimization in simulation”, *Handbooks in Operations Research and Management Science*, vol.13, pp.535-574, 2006.
- [14]L. Salomón, A. Ortiz, y M. D’Armas, “Análisis Estructural de la Minería de Hierro”, en 15 th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: Global Partnerships for Development and Engineering Education, Boca Raton Fl, United States, July 2017, pp. 1-7.
- [15]S. Molea, U. Silva, “Prototipo de simulación del proceso de carga y acarreo de mineral todo en uno (TEU). Caso: Ferrominera Orinoco- Ciudad Piar”, *Trabajo de Grado, Carrera Ingeniería Informática, Universidad Nacional Experimental de Guayana (UNEG), Ciudad Guayana, Edo. Bolívar*, 2019.
- [16]R. Myers, D. Montgomery, and C. Anderson, “Response surface methodology: Process and product optimization using designed experiments”. 4ta ed. New York: John Wiley and Sons, Inc, 2002.
- [17]P.Vasquez y V. Tenorio, “Modelos de optimización de ciclo de carguio- transporte-acarreo”, *Proceedings of the 27th International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection –MPES 2018*. Editado por Eleonora Widzyk-Capehart, Asieh Hekmat, Raj Singhal.
- [18]L. Salomón, A. Ortiz, “Modelo conceptual de sistemas de carga y acarreo de mineral en minas a cielo abierto”, *Revista Universidad, Ciencia y Tecnología*, vol.24, no. 101, pp. 04-16, junio 2020.
- [19]R. Barton, “Simulation optimization using metamodels”, *Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference*. M. D. Rossetti, R. R. Hill, B. Johansson, A. Dunkin and R. G. Ingalls, eds.

Predisposición de la familia guayanesa por la influencia del covid-19

Izquierdo Henry

hizquier@ucab.edu.ve

Universidad Católica Andrés Bello,
<https://orcid.org/0000-0002-6679-8735>

Resumen: El COVID-19 se ha convertido en una enfermedad donde debemos convivir con él, el mundo ha cambiado nuestra forma de vida en todas sus dimensiones: político, social y económico. Ya no será lo mismo a partir de este virus. Las redes sociales son actualmente consideradas un nuevo modo de obtener datos valiosísimos debido a la Pandemia. Podemos interactuar y obtener información en forma virtual mucho más rápida y en tiempo real. La investigación es de tipo relacional, prospectivo, analítico y de campo, se basó en tomar una muestra de 67 personas que tuviesen teléfonos celulares, 9 estudiantes de la UCAB y 58 personas de Ciudad Guayana, esto se realizó vía cuestionario por WhatsApp, de los cuales respondieron el 100%. El propósito de la investigación era la de observar si había predisposición dentro del grupo familiar, con la premisa de que algún miembro de la familia estaba infectado por el COVID-19. Para ello la investigación se soportó en la sociometría como herramienta de trabajo para evaluar la aceptación o rechazo como elemento de estudio eficiente para grupos de interacción. Los resultados no reportaron predisposición por algún miembro en particular de las familias estudiadas.

Palabras Clave: Redes Sociales, Sociometría, Predisposición, Covid- 19.

Predisposition of the Guyanese family due to the influence of covid-19

Abstract: COVID-19 has become a disease where we must live with it, the world has changed our way of life in all its dimensions: political, social and economic. It will no longer be the same from this virus. Social networks are currently considered a new way to obtain invaluable data due to the Pandemic. We can interact and obtain information in a virtual way much faster and in real time. The research is relational, prospective, analytical and field-based, based on taking a sample of 67 people who had cell phones, 9 students from UCAB and 58 people from Ciudad Guayana, this was done via questionnaire by WhatsApp, from the which responded 100%. The purpose of the investigation was to observe if there was a predilection within the family group, with the premise that some member of the family was infected with COVID-19. For this, the research was supported by sociometry as a working tool to evaluate acceptance or rejection as an efficient study element for interaction groups. The results did not report a predilection for any particular member of the families studied.

Keywords: Social Networks, Sociometry, Predilection, Covid-19



I. INTRODUCCIÓN

El COVID-19 es la enfermedad infecciosa causada por el coronavirus que se ha descubierto más recientemente. Tanto este nuevo virus, como la enfermedad que provoca eran desconocidos antes de que estallara el brote en Wuhan (China) en diciembre de 2019. Actualmente la COVID-19 es una pandemia que afecta a muchos países de todo el mundo [1].

En este sentido, el trabajo de investigación se llevó a cabo en el Municipio Caroní que comprende Puerto Ordaz y San Félix, desde el punto de vista metodológico, es de tipo relacional, prospectivo, analítico y de campo, se basó en tomar una muestra de 67 personas que tuviesen teléfonos celulares, 9 estudiantes de la UCAB y 58 personas de Ciudad Guayana, esto se realizó vía cuestionario por WhatsApp, de los cuales respondieron el 100%. La investigación se basó en diseñar un cuestionario que fue validado por la metodología Delphi, donde se encontró un índice de valor de contenido de 0.99, siendo un valor muy bueno dentro de lo que se contempla para validar contenidos, el total de expertos escogidos fueron 15 personas en el área de medicina y vinculados con la investigación en Ciencias Sociales y por otra parte se realizó el análisis de fiabilidad encontrándose un Alpha de Cronbach de 0.8988, valor de índice muy bueno, indicando que el instrumento es preciso, es decir es reproducible bajo las condiciones de trabajo de esta investigación.

El propósito general de la investigación fue determinar si había Predisposición entre los miembros de una familia, para ello se utilizó Chi² de Pearson, el valor encontrado fue superior (0.216) comparado con el 5% (0.05) de error aceptado para una confiabilidad de 95%, todos los cálculos fueron realizados a través del uso del software SPSS versión 23.

Por lo que se concluye que no existe Predisposición entre los miembros de una familia, bajo la premisa de la Pandemia, además de servir de ejercicio y aprendizaje para los estudiantes del 5 semestre de Relaciones Industriales de la UCAB en la cátedra de Metodología de la investigación Social III. Enfoque Cuantitativo.

1.0 LA SOCIOMETRÍA COMO HERRAMIENTA PARA OBSERVAR EL IMPACTO DEL COVID-19 EN LAS FAMILIAS.

En este sentido, desde el punto de vista médico e incluso psicológico, debemos definir qué se entiende por Predisposición, viene Del lat. prae- 'pre-' y el lat. tardío dilectio, -ōnis 'amor', se define como “Cariño especial con que se distingue a alguien o algo entre otros. [2], otra definición Preferencia a la hora de elegir o en el trato con una persona o cosa, para poder entender cómo se aplicará en el contexto de esta investigación.

Las redes de relaciones formales e informales pueden trabajarse en forma holística y gestionarse para fomentar las interacciones entre los grupos [3]. Esto se logra a través de un enfoque metodológico muy particular de las interacciones humanas sociales representadas mediante redes sociales, denominado ARS (Análisis de Redes Sociales).

Mediante del ARS y la sociometría se intentará profundizar en el conocimiento de los fenómenos sociales en el ámbito específico de los grupos familiares en específico.

Las interacciones en los grupos se dan en distintos ámbitos; entre los que se destaca las organizacionales, comunidades, familias y en general en grupos. Por lo tanto, este es un proceso que se da a través de diversos agentes sociales, como la familia, la escuela, la universidad y otros pares por medio de los medios de comunicación [4] y [5].

Las personas asimilan e internalizan sus experiencias mediante la convivencia grupal cómo relacionarse y de qué manera fortalecer estos vínculos aun con la Pandemia (Covid-19). No es extraño que en función de los lazos anteriormente mencionados se construyan diversos grupos más fuertes, aun en las peores crisis de salud, las personas no abandonen a sus seres queridos. Estos pudiesen variar con respecto a los integrantes de la familia sin son numeroso o pocos de manera que se pudiese fortalecerse y generar lazos duraderos, se debería esperar que bajo una crisis sanitaria o de salud por una Pandemia existan lazos más fuertes o relaciones más enérgicas.

Teniendo en cuenta la sociometría como instrumento para conocer cómo funcionan los grupos y en específicos el grupo familiar, es importante la definición del padre y fundador de la Sociometría Dr. Jacob Moreno, “La sociometría tiene por objeto el estudio matemático de las propiedades psicológicas de las poblaciones; con este fin utiliza una técnica experimental fundada sobre los métodos cuantitativos y expone los resultados obtenidos por la aplicación de estos métodos. Persigue a través una encuesta metódica sobre la evolución y la organización de los grupos junto a la posición de los individuos en los distintos grupos.” [1]

Desde esta óptica, podemos orientar la sociometría como un instrumento excelente que le permite al investigador extraer conocimiento del dominio del problema, es posible determinar cómo los grupos que se conforman

entre personas o cuáles son los patrones de interacción entre ellos.

Por lo tanto, podemos llegar a inferir que este instrumento será útil para los investigadores dado que, a través de la misma, se puede generar información útil (grupos universitarios) el aprendizaje y bienestar general en el aula; puntualizar los individuos que necesitan ayuda y/o contención por la falta de integración a algún grupo o la apatía generada en diversos problemas personales que hacen que las personas sean temerosas, retrotraídas y tal vez, tímido. Esto lo podemos llevar a otros contextos bien sea organizacional, empresarial, escolares, universitarios, comunidades entre otros.

Con la Sociometría se puede demostrar mediante y más concretamente mediante el test sociométrico, la utilidad que reviste como instrumento para mejorar las relaciones sociales dentro de los grupos y favorecer la integración de las personas que se encuentran aceptadas y/o aisladas y los rechazados.

2.0 CONCEPTUALIZACIÓN DE LA SOCIOMETRÍA Y TEST SOCIOMÉTRICO EN EL CONTEXTO DE LAS REDES SOCIALES.

El concepto de red fue acuñado y fue tomado en gran parte de la teoría matemática de grafos [4], donde las redes corresponden a un campo de investigación mucho más amplio en el mundo de la investigación y el mismo ha evolucionado, considerándose parte fundamental en la Sociometría. [6].

La representación de la información que son la transformación de datos correspondiente a los patrones de relaciones entre individuos y grupos es aquí donde las redes de relaciones informales pueden visualizarse y puede ser gerenciadas, de esta manera, se estaría potenciando el aprendizaje en varios ámbitos o caminos entre los cuales podemos destacar; organizacional, empresas, escuelas, universidades, organizaciones militares entre otras. Esto puede ser llevado a cabo a través de un enfoque metodológico de estudio de las interacciones humanas sociales representadas mediante redes sociales, denominado Análisis de Redes Sociales (ARS) en sus siglas en inglés "Social Network Analysis". [7] ARS el cual intenta profundizar en el conocimiento de los fenómenos sociales. Dentro del ARS, una de las definiciones más importantes es la de sociometría.

En este sentido, la sociometría entra a jugar un rol importantísimo dentro del estudio de los rasgos psicológicos de los grupos sociales mediante el análisis matemático de las preferencias y rechazos entre los miembros de un grupo, para deducir modelos de interrelación [8].

Teniendo en cuenta esto, definimos una de las principales herramientas de la sociometría: el test sociométrico. [8] es una de las técnicas de investigación de la sociometría de orden cuantitativo que permite entre actores sociales interacciones, especificadas en las características formales de una red y sus actores, de manera completa y sistemática la cual se realiza generalmente mediante el uso de sociogramas.

3.0 REDES SOCIALES

Por otra parte, tenemos el Análisis de Redes Sociales que proporciona apoyo tanto visuales como matemáticas para el estudio de las relaciones humanas [9]. El estudio descansa en la asociación y medida de las relaciones y flujos entre las personas, grupos, organizaciones, computadoras, sitios web entre otros. Los nodos en la red son personas y grupos mientras que los enlaces muestran relaciones o flujos entre los nodos. Así se logra determinar el grado en que los individuos son aceptados o rechazados en un grupo (su status sociométrico), descubrir las relaciones entre los individuos y revelar la estructura del grupo mismo.

Siguiendo en el mismo orden de ideas tenemos, la aplicación de la sociometría en grupos donde se pueden detectar problemas entre los problemas que se han encontrado; la existencia de elementos aislados en el grupo, no elegidos por nadie, ante lo cual habrá que procurar que los demás les presten atención y esto ocurre igual en los grupos familiares [10]. Detectar la existencia de personas rechazadas por la mayoría de los miembros de una familia o grupo, ante lo cual, será necesario examinar las causas que provocan esta marginación.

Detectar la existencia de subgrupos familiares, ante lo cual será conveniente hablar con aquella persona que corresponda a la familia y pueda surgir como líder temporario.

Dentro de este contexto la sociometría permitirá obtener óptimo, resultados. Cuando haya algún sujeto con dificultades de integración, el conocimiento estructural del grupo servirá para incorporarlo a la familia o grupo que más le puedan motivar y con los que él se encuentre más compenetrado.

En este sentido, en el plano personal la integración del individuo en la familia y la sociedad dependerá en buena medida de la capacidad que posea para relacionarse con sus conciudadanos, compañeros, amigos, familiares, entre

otro [11]. El resultado de estas relaciones condiciona absolutamente la felicidad o infelicidad de la persona, mucho más que otros componentes de su vida. En el plano profesional dado el modelo de sociedad actual, puede resultar decisivo para el desarrollo laboral del individuo el conocimiento de sus capacidades de relación interpersonal, ya que de ellas dependerá su adecuada elección de trabajo, aspecto esencial para su desenvolvimiento futuro.

Dentro de la teoría sociométrica [12] no está dicho todo, por ejemplo, que pasa con las personas que pertenecen a un grupo familiar existiendo una enfermedad como es el Covid-19, es posible que surjan preguntas donde no tendremos respuestas y más cuando tenemos un familiar cercano con el virus, este tipo de estudio por la revisión del estado del arte no se encontró publicaciones que nos permitiesen tener idea del comportamiento o actitud de los grupos familiares acerca de una Pandemia.

En vista de la rapidez de la pandemia no permitió tiempo de madurar algunos elementos que pudiesen reforzar la investigación, pero es un paso de saber qué tipo predisposición podría tener un miembro de la familia, con respecto al resto que está enfermo con el virus (Covid- 19).

II.METODOLOGÍA

Tomando en cuenta la rapidez o velocidad de contagio del virus se logró diseño de un Cuestionarios Sociométricos [13] de una sola pregunta, por interés del investigador y la cual fue valida su contenido por 10 expertos en el área (Metodología Delphi), encontrándose un índice de valor de contenido 0.99, índice muy bueno, que indica que el instrumento diseñado pasa la prueba de validez de contenido.

Por otra parte, el valor encontrado de fiabilidad del instrumento (Alpha de Cronbach) fue de 0.8988, valor de índice muy bueno, indicando que el instrumento es preciso, es decir es reproducible bajo las condiciones de trabajo de esta investigación.

A continuación, se centró el cuestionario en ciertas particularidades, dentro de lo que se destaca:

- a) Título: pretende ser motivador y recoger la intención u objetivo del test.
- b) Encabezamiento: Se tendrán en cuenta los datos más importantes del alumno/a por ejemplo nombre completo y edad.
- c) Instrucciones: se debe especificar cómo responder el cuestionario tratando de seguir las siguientes pautas:

1. A quién se puede elegir (sólo dentro del grupo de la familia o alguien muy cercano)

2. A cuántos puedo elegir (un número limitado o ilimitado)

3. Escribir los nombres completos (apoyarse con una lista)

La pregunta hecha a un sector de la población estudiantil (9) de la clase de sociometría de la UCAB y el resto de la sociedad (58) de Puerto Ordaz- Estado Bolívar-Venezuela.

1. En caso de tener un familiar enfermo con Covid-19 dentro del núcleo de la familia (ver formación de núcleo familiar en la página siguiente), a quien le daría la prioridad, en otra palabra se estableció como premisa (se acoto la escogencia) que la predisposición se le debería colocar un uno (1), había solo una posibilidad y al y al resto se le debería colocar cero (0).

Formación de núcleo familiar

Madres (), Padre (), Hijo(a) (), hermano(a) (), abuelo(a) (), Tío(a) (), Sobrino(a) (), Amigo (a) ().

El contenido de esta pregunta nos permitirá recabar cuál de las personas que integran un grupo familiar pudiese ser importante (Predisposición) ante una enfermedad fatal.

Por este motivo la investigación se centró en cómo una persona del grupo familiar se siente en relación al resto de su familia.

III.RESULTADOS

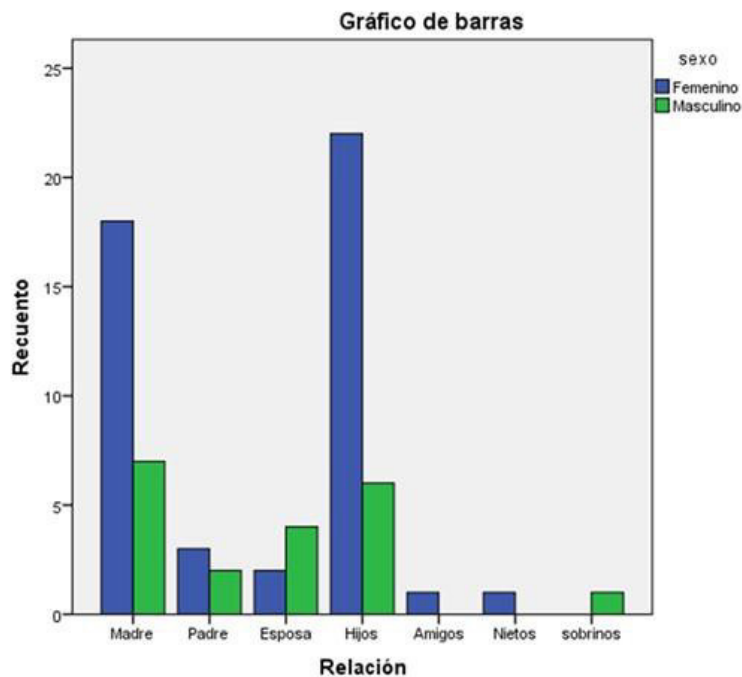
Tabla 1. Resumen de los datos recopilados en frecuencia

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Madre	25	37,3	37,3	37,3
	Padre	5	7,5	7,5	44,8
	Esposa	6	9,0	9,0	53,7
	Hijos	28	41,8	41,8	95,5
	Amigos	1	1,5	1,5	97,0
	Nietos	1	1,5	1,5	98,5
	sobrinos	1	1,5	1,5	100,0
	Total	67	100,0	100,0	

Fuente. elaboración propia, 2020

En la Tabla 1, se aprecia las frecuencias en que aparecen cada uno de los integrantes de la familia, es decir cuantas veces se repiten, podemos observar que los más se repiten son madre e hijos con un total de 53, el resto es muy bajo, aquí se puede inferir, simplemente que ambos se repiten, se deberán hacer otros análisis para conocer si hay predisposición o no por algún integrante de la familia.

En la gráfica 1, se aprecia la frecuencia tabulada en la tabla 1, se puede observar los valores que más se repiten madre e hijos, confirma los datos de la tabla 1.



Gráfica 1. Frecuencia del grupo familiar que se repite durante la investigación.

Fuente. Elaboración propia, 2020

Tabla 2. Valores estadísticos

		Estadísticos	
		Sexo	Grupo familiar
N	Válido	67	67
Asimetría		,901	1,352
Error estándar de asimetría		,293	,293
Curtosis		-1,226	3,037
Error estándar de curtosis		,578	,578

Fuente. Elaboración propia, 2020

En la tabla 2, se observan los valores de asimetría tanto para el género como para el grupo familiar, se aprecia valores positivos, por lo que la curva se encuentra hacia la derecha.

Para el caso de apuntamiento o curtosis, se encuentra que el género es negativo, lo que indica es Platicúrtica, mientras que la de género es Leptocúrtica por ser positiva.

Tabla 3. Resumen de los datos válidos y no válidos**Resumen de procesamiento de casos**

	Casos					
	Válidos		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Relación * sexo	67	100,0%	0	0,0%	67	100,0%

Fuente. Elaboración propia, 2020

Tabla 4. Cruzada de relación de sexo**Tabla cruzada Relación* sexo**

			sexo		Total
			Femenino	Masculino	
Relación	Madre	Recuento	18	7	25
		% dentro de sexo	38,3%	35,0%	37,3%
	Padre	Recuento	3	2	5
		% dentro de sexo	6,4%	10,0%	7,5%
	Esposa	Recuento	2	4	6
		% dentro de sexo	4,3%	20,0%	9,0%
	Hijos	Recuento	22	6	28

Amigos	Recuento	1	0	1
	% dentro de sexo	2,1%	0,0%	1,5%
Nietos	Recuento	1	0	1
	% dentro de sexo	2,1%	0,0%	1,5%
sobrinos	Recuento	0	1	1
	% dentro de sexo	0,0%	5,0%	1,5%
Total	Recuento	47	20	67
	% dentro de sexo	100,0%	100,0%	100,0%

Fuente. Elaboración, propia, 2020

En la Tabla 3, se observa que no hubo datos perdidos todos fueron válidos, es decir el número total de personas fue 67.

Mientras que la Tabla 4, se aprecia en la parte inferior del total de 47 personas prefirieron de sexo femenino 18 (38,3%) preferirían estar en contacto con la madre, y de 20 masculinos 7 (35%) preferirían estar también con la madre, de ese mismo valor de 47, 22 (46,8%) preferirían estar con los hijos y de los 20 masculinos preferirían estar 6 (30%) con los hijos, se puede observar una tendencia, pero no es concluyente, no podemos decir que hay predisposición por algún familiar.

Para poder concluir que existe predisposición debemos hacer la prueba de Chi² de Pearson para variables categóricas, en la tabla 5 se aprecia el valor 0.216 es mayor que el grado de significancia que podemos aceptar de 0.05, es decir al error que se puede aceptar de 5%, por lo tanto, no hay predisposición hacia un miembro de la familia con el COVID-19

Tabla 5. Cálculo de chi² de Pearson

Pruebas de chi-cuadrado			
	Valor	gl	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	8,320 ^a	6	,216
Razón de verosimilitud	8,573	6	,199
Asociación lineal por lineal	,002	1	,965
N de casos válidos	67		

Fuente. Elaboración propia, 2020

CONSIDERACIONES FINALES.

Partiendo de los datos suministrados por los estudiantes de la UCAB y las personas que se entrevistaron en Ciudad Guayana, se concluye que no existe Predisposición hacia un miembro de la familia con la Pandemia (COVID-19).

Una vez más las herramientas de la Sociometría permiten ser eficientes para hallar interacciones en los grupos, asociaciones, comportamiento de los mismos.

Este trabajo puede servir de base para los estudiantes de la UCAB, específicamente del área de Relaciones Industriales y afines donde se aprecia se aplicación de las herramientas sociométricas al ambiente universitario y su entorno.

Estamos en la era de la Tecnología de la Información y comunicación (TIC) en donde Facebook, Twitter, Instagram, WhatsApp son el día a día. Esta es una de las razones por las cuales la UCAB a través de la Escuela de Ciencias Sociales y Económicas ensayaremos e incorporaremos todos estos conceptos en los test sociométricos para poder llevarlos a cabo de una manera interesante para quienes son el centro de la pirámide u objeto verdadero de los test: los alumnos de la UCAB.

REFERENCIAS

- [1]OMS, 2020. Enfermedad por Coronavirus (COVID-19). Bajado 07 de julio. <https://www.who.int/es/emergencias/diseases/novel-coronavirus-2019>
- [2]Diccionario de la Real Academia Española. Disponible 09/07/2020. <https://dle.rae.es/predilecci%C3%B3n>
- [3]The Free Dictionary by Farley. 2003. Disponible 09/07/2020. <https://es.thefreedictionary.com/predilecci%C3%B3n>
- [4]Moreno, J. L. (1954) Fundamentos de la sociometría, Paidós, Buenos Aires.
- [5]J. Scott. (2000) Social Network Analysis: A Handbook. SagePublications.
- [6]Hoffman, C. (2001). Introduction to sociometry. <http://www.hoopandtree.org/sociometry.htm>
- [7]Casanova M. A. (1991) La sociometría en el aula, La Muralla, Madrid.
- [8]Cadwallader, T. W. (2000). Sociometry reconsidered: the social context of peer rejection in childhood. International Journal of Action methods: Psychodrama, Skill training and Role playing, 22/09/2000 Retrieved from: <http://www.highbeam.com>
- [9]Sorin Matei (2011) Analyzing Social Media Networks with NodeXL: Insights from a Connected World by Derek Hansen, Ben Shneiderman, and Marc A. Smith. International Journal of Human- Computer Interaction.
- [10]Marc Smith, Ben Shneiderman, Natasa Milic-Frayling, Eduarda Mendes Rodrigues, Vladimir Barash, Cody Dunne, Tony Capone, Adam Perer, and Eric Gleave (2009). Analyzing (social media) networks with NodeXL. In C&T '09: Proc. fourth international conference on Communities and Technologies, pages 255,264. ACM.
- [10]Moreno, Jacob (1953) The sociometric system. Who Shall survive, A new approach to the problem of human relationships. (pp. 95). Beacon, N.Y.: Beacon House.
- [11]Jerry D. Braian (2009) Team Development Social Networking and its Impact on the Encouragement of Spiritual Leadership. University of Phoenix.
- [12]Andreola, B. A. (1995) Dinámica de grupo, (pp. 17-18) Sal Terrae, Santander.
- [13]Moreno, Jacob (1953) The sociometric system. Who Shall survive, A new approach to the problem of human relationships. (pp. 98, 105). Beacon, N.Y.: Beacon House.

Propuesta de Integración Participativa Escuela – Comunidad en el Proceso de Aprendizaje (Caso específico Escuela Básica Nacional Puerto Ordaz, octavo grado)

Ontiveros González Margiolys
montiveros1972@gmail.com

Universidad Nacional Experimental de Guayana (UNEG)

Resumen: La investigación tuvo como propósito elaborar una propuesta para la integración participativa de los padres y/o representantes en el proceso de aprendizaje de los alumnos de octavo grado de la Escuela Nacional Puerto Ordaz para el año escolar 2018 – 2019, se aplicó una investigación de tipo descriptiva con diseño de campo, una muestra representativa conformada por padres y/o representantes, docentes y alumnos, se le aplicaron instrumentos – cuestionarios con indicadores del problema en estudios. Entre los resultados se destaca la falta de mecanismos para establecer un vínculo de integración participativa entre los padres y/o representantes con el plantel, además de evidenciarse que éstos no mantienen una comunicación efectiva con la institución. Así como también que estos participan poco en las actividades programadas por el plantel. Del estudio surgió ésta propuesta que se fundamenta en el pensamiento pedagógico moderno de la Educación Básica, se elaboran acciones integradoras que motiven a los padres y/o representantes a participar activamente en el proceso de aprendizaje de los alumnos y conformar equipos de trabajo multidisciplinarios con profesionales de la comunidad y a su vez ellos puedan servir de facilitadores de estrategias a través de la modalidad vivencial.

Palabras Clave: Comunidad, Escuela, Integración, Participación.

Proposal for Participatory School-Community Integration in the Learning Process (Specific case of the Puerto Ordaz National Basic School, eighth grade)

Abstract: The purpose of the research was to develop a proposal for the participatory integration of parents and / or representatives in the learning process of eighth-grade students of the Puerto Ordaz National School for the 2018 - 2019 school year, a type of research was applied descriptive with field design, a representative sample made up of parents and / or representatives, teachers and students, instruments - questionnaires with indicators of the problem in studies were applied. Among the results, the lack of mechanisms to establish a participatory integration link between parents and / or representatives with the campus stands out, in addition to showing that they do not maintain effective communication with the institution. As well as that they participate little in the activities programmed by the campus. From the study came this proposal that is based on the modern pedagogical thought of Basic Education, integrative actions are developed that motivate parents and / or representatives to actively participate in the learning process of students and to form multidisciplinary work teams with professionals from the community and in turn they can serve as facilitators of strategies through the experiential modality.

Keywords: Community, School, Integration, Participation



I. INTRODUCCIÓN

Todas las organizaciones sociales empezando por la familia deben participar activamente en el desarrollo de la educación. Tal como lo expresa Clemente (2013) “ la familia como núcleo central de la sociedad, tiene la responsabilidad primaria en la formación del individuo, cuyas bases se gestan en su seno, como principal agente socializador” (p.41), la familia debe acompañar esta responsabilidad con el apoyo de una importante organización, la escuela, porque en esta subyace de manera imperativa la misión de formar y preparar integralmente al ciudadano, quién vendrá a conformar en un momento dado la generación de relevo en los campos de la vida social, cultural, económica y política del país.

En consecuencia, para obtener resultados óptimos en esta formación se requiere activamente de la participación de los padres y/o representantes en el proceso de aprendizaje. No obstante, la realidad actual refleja un distanciamiento de ellos con la escuela, al observarse una poca integración en las actividades que organizan, un deterioro en las relaciones entre la escuela y la comunidad, baja participación de los padres y/o representantes en el proceso educativo, poca asistencia de los padres y/o representantes a las convocatorias que hace la escuela para tratar aspectos inherentes al aprendizaje de los alumnos. Esta investigación tuvo como objetivo general diseñar una propuesta de integración participativa escuela – comunidad para incorporar a los padres y/o representantes al proceso de aprendizaje de los alumnos de octavo grado para el año escolar 2018 - 2019.

Este estudio se justifica por cuanto la escuela debe ser más dinámica en sus acciones de integrar a los padres y/o representantes y comunidad en general al proceso educativo. Así mismo, asume preeminencia, por cuanto beneficia la labor del docente quien sentirá gran apoyo y verá recompensada su participación activa por la consolidación de vínculos estrechos con la familia el educando, en virtud, que esto facilitará el proceso de aprendizaje debido a la atención orientadora que los padres y/o representantes le ofrecerá a los alumnos en el cumplimiento de las asignaciones escolares, por parte de la familia en las actividades programadas por la escuela.

En la medida que la escuela acerque a los padres y/o representantes al proceso educativo, estos se sentirán satisfechos, porque la escuela los estará tomando en cuenta, dándoles una mayor responsabilidad en su participación activa como es el manejar recursos pedagógicos, didácticos y evaluativos para facilitar a los alumnos mayor comprensión en los contenidos que revistan más complejidad.

Este artículo está estructurado en los siguientes apartados: desarrollo, en esta parte se esboza de una manera sucinta la descripción del problema; el estado del arte; el abordaje metodológico, la propuesta, las conclusiones y recomendaciones y posteriormente las referencias.

II. DESARROLLO

La sociedad venezolana desde tiempos muy remotos ha depositado en la escuela y en el docente la responsabilidad de dirigir el proceso de educación, al considerarlo como la persona con más credenciales para orientar y guiar el desarrollo cognitivo y social del futuro ciudadano. Para Prieto (1996) otrora, la escuela prepara al individuo para la vida, pues es a través del proceso de aprendizaje que brinda la oportunidad para que valore las relaciones sociales con éxito. Pero esto se pueda proporcionar, solo si la escuela incluye activamente la participación de la comunidad para promocionar una educación multidisciplinaria, donde el alumno aprenda de todas las experiencias ocupacionales que en la práctica se llevan a cabo en la comunidad, las cuales le servirán como medio de vida. Al respecto, Santillana (2010), señala “Las actividades educativas deben venir acompañadas de una renovación de las técnicas y procedimientos pedagógicos utilizados, y considerar a su vez los aportes de la comunidad para dinamizar el proceso de aprendizaje” (p.31). La colaboración de los padres con los docentes, es necesario, ya que al aproximarse la escuela a la vida y a los problemas de los padres y a la inversa, se despertará en los padres un interés por las cosas de la escuela. Por consiguiente, la escuela más allá de enseñar sistemáticamente las asignaturas, debe a su vez constituirse en un centro que involucre, integre y de participación a los padres y/o representantes a los procesos de aprendizajes. Por otra parte, a diario se escucha que la escuela no está dando los resultados que se esperan, como por ejemplo, jóvenes preparados para asumir nuevos roles productivos en la sociedad; se cuestiona con ligereza la labor del docente; que los programas curriculares no están consonos con la realidad del contexto donde vive el alumno. Esta responsabilidad se ha dejado solo a la escuela, a los docentes, y muchas veces el educador requiere de ciertas informaciones que solo el contacto con los padres y/o representantes puede transmitir y de esta manera conocer aspectos inherentes a ciertos comportamientos que inciden en el rendimiento académico del alumno. Al respecto, Pernalet (2012), sostiene que “la poca comunicación de los padres y/o representantes con los docentes contribuye a un mayor desestímulo del alumno” (p.56). En palabras del autor,

la comunicación entre el docente y los padres y/o representante es vital para el logro de los objetivos del aprendizaje, por cuanto la educación hoy por hoy plantea la necesidad de establecer una relación docente – alumno - familia para integrarlos a las actividades pedagógicas.

Ahora bien, la Escuela Básica Nacional Puerto Ordaz, en las secciones de octavo grado no escapa a esta realidad, en virtud de tenerse evidencias referente a los padres y/o representantes, los cuales participan muy poco en el proceso de aprendizaje, demostrando poco interés y preocupación en los resultados del rendimiento académico de sus representados, asisten muy poco a las reuniones convocadas por los docentes y poco se involucran en las actividades culturales y pedagógicas que promueven el plantel. En virtud, de lo enunciado se optó por diseñar una propuesta de integración participativa escuela – comunidad para incorporar a los padres y/o representantes en el proceso de aprendizaje de los alumnos de octavo grado de Educación Básica en la Escuela Nacional Puerto Ordaz, año escolar 2018 - 2019.

Rol de la Familia en la Educación

La educación es un proceso social en el que deben participar activamente todos los sectores y cada sector está conformando por un conjunto de valores y representaciones cognitivas que harán del individuo un ciudadano de bien. Tal como lo sostiene Pérez (2016) “la educación cambiará cuando construya conjuntamente con la familia la acción de educar al niño” (p.41). La escuela es una organización de estructura compleja que debe ser entendida como un ente integrador del contexto sociocultural. De tal manera, que el modelo de convivencia entre la escuela y la familia debe establecerse como necesidad en el crecimiento social del ciudadano. Para Flores (2011) “la escuela es el centro del saber y se interrelaciona eficazmente con los otros sistema como la familia, la comunidad para contribuir a formar al joven con la capacidad de discernimiento”(p. 2).

En este mismo orden de ideas, Odremán (2013) exhorta a la colaboración de los padres con los maestros, porque al aproximar la escuela a la vida y a los problemas cotidianos de la familia, se logra despertar en ellos el interés por las cosas de las escuelas, llegando a generar una idea de distribución de responsabilidades. Por lo tanto, la participación de los padres en el proceso educativo, contribuye a generar información sobre los requerimientos de los educandos en cuanto a sus comportamientos, preferencias sobre la construcción de aprendizaje y hábitos de estudios, por eso el alumno construye muchas veces su propio aprendizaje, partiendo de su realidad inmediata. Tal como lo sostiene Coll citado por Díaz y Hernández (2013) “La concepción constructivista del aprendizaje se sustenta en la idea de que la educación que se imparte en la escuela promueve los procesos de crecimiento personal de los alumnos en marco de la cultura del grupo al cual pertenece” (p.15). Esta visión pone énfasis en la labor de docente como promotor de diversas formas y estrategias didácticas que faciliten en el alumno el aprendizaje autónomo y auténtico. En tal sentido, la escuela y el hogar deben trabajar en una inseparable cooperación, con el fin de ofrecer una mejor educación. Para Pérez (ob.cit) ratifica la importancia que tiene la escuela en promover conjuntamente con los padres y/o representantes un proceso de concientización y análisis de la realidad social, económica y cultural de su comunidad, para así construir una cosmovisión contextualizada de la educación.

Estrategia de Integración dirigida a los padres y/o representantes

Integrar es unir esfuerzo, establecer planes de acción en conjunto, por consiguiente, en el campo educativo, es prioritario acercar a los padres y/o representantes a la escuela generando una unidad operativa. Esta integración de acuerdo a lo expresado por Martínez (2004) alude la “necesidad de informar a los padres sobre las estrategias dirigidas para organizar el aprendizaje de los educando mediante el uso del tiempo libre” (p. 89). Por lo tanto, los padres y/o representantes deben manejar los criterios de la planificación educativa de los docentes, reconociendo el método de enseñanza que aplican a fin de mantener coherencia entre el desarrollo programático de la escuela con la asistencia - reforzamiento en el hogar y generar así estrategias de conformación de asociaciones a través de clubes ya sean deportivos, cultural o salud para consolidar la presencia de los padres y/o representantes en los proyectos educativos planificados por la escuela.

III.METODOLOGÍA

Esta investigación es tipo descriptiva con un diseño de campo, porque se fundamenta en la descripción del objeto de estudio, por cuanto trata de dar respuesta a la situación en un momento determinado, sin hacer modificaciones en sus variables de estudios.

Ahora bien, para el cálculo del tamaño muestral se obtuvo aplicando la fórmula de Gabaldón para la población de 250 padres y/o representantes quedo representada por 70 padres y/o representantes; de los 300 alumnos distribuidos en las secciones de octavo grado, la muestra obtenida fue de 73 estudiantes y para el caso de los 26

docentes se tomo la totalidad de la población por ser esta una población finita. En cuanto a la recolección de la información se utilizo la técnica de la encuesta y el cuestionario como instrumento.

Una vez aplicados los instrumentos se procedió a tabular la información mediante una distribución absoluta y porcentual en tablas de representación simple: indicador – frecuencia - porcentaje, posteriormente se procedió al proceso de analizar los datos y esta manera obtener los resultados en consonancias con los objetivos.

Análisis de los Resultados

Como resultado de los instrumentos aplicados, se generaron una serie de datos los cuales se presenta a nivel de frecuencias y porcentajes, mostrados a continuación.

Cuadro 1: Distribución absoluta y porcentual de las respuestas de los padres y/o representantes sobre las razones de asistencia al plantel educativo.

Indicadores	Frecuencia	Porcentaje
Elección Asociación Civil	16	23,0
Reuniones	12	18,0
Rendimiento escolar	10	14,0
Todas las anteriores	06	08,0
Ninguna de las anteriores	26	37,0
Total	70	100

Fuente: Cuestionario aplicado a los padres y/o representantes. Abril, 2019

Los resultados obtenidos señalan que un 37% de los padres y/o representantes no se sienten motivados para asistir al plantel, un 23% asisten solamente a la elección de la asociación civil, un 18% a reuniones informativas, un 14% para conocer sobre el rendimiento escolar y finalmente un 8% asisten por cualquier motivo al plantel. Se puede observar que los padres y/o representantes presentan poca motivación para asistir a las convocatorias del plantel, manifiestan poco interés para acudir a las convocatorias que realizan, eso reflejan el desinterés por conocer las actuaciones de sus hijos y/o representados.

Cuadro 2: Distribución absoluta y porcentual sobre la comunicación que mantienen los padres y/o representantes con la institución educativa.

Alternativas	Frecuencia	Porcentaje
Siempre	06	08,0
A veces	51	70,0
Nunca	16	22,0
Total	73	100

Fuente: Cuestionario aplicado a los alumnos, octavo grado. Abril, 2019.

El 70% de alumnos consultados respondieron que sus padres y/o representantes “a veces” mantienen comunicación con el plantel, el 08% señalan que “siempre” sus padres y/o representantes se mantienen en contacto con el plantel y un 22% expresaron que “nunca” se comunican.

Cuadro 3: Distribución absoluta y porcentual sobre la disposición de los padres y representantes a participar sobre el proceso de aprendizaje.

Alternativas	Frecuencia	Porcentaje
Siempre	02	08,0
A veces	07	27,0
Nunca	17	65,0
Total	26	100

Fuente: Cuestionario aplicado a los docentes, octavo grado. Abril, 2019.

En relación a la disposición de los padres y/o representantes a participar en las reuniones para tratar aspectos relacionados con el proceso de aprendizaje y así permitir orientar sobre estrategias, esquemas u otras formas de aprendizaje, los docentes manifestaron en 65% que “nunca” los padres y/o representantes tienen la disposición a participar, mientras un 27% admitieron que “a veces” participan en las reuniones y un 8% señaló que “siempre” los padres y/o representantes están dispuestos. Lo que demostró por parte de los interesados apatía y desinterés en involucrarse en el proceso de aprendizajes de sus hijos y/o representados.

PROPUESTA

Integración escuela – comunidad a través de la participación de los padres y/o representantes en las actividades planificadas para optimizar el aprendizaje en los alumnos de octavo grado.

La propuesta de Integración escuela – comunidad se enfoca a efecto de potencial el vínculo escuela -padres y/o representantes – alumnos. Esta propuesta trata de presentar una alternativa de gestión educacional que transforme a la escuela en una institución generadora de acciones que hagan propicio la participación de la familia, la comunidad y otras instituciones en el proceso de aprendizaje

1.- Sensibilizar a los padres y/o representantes acerca de las necesidades, intereses, motivaciones y ambiciones que constituyen los niveles psico-sociales del alumno, para esto la escuela debe generar espacios de comunicación entre las aprtes afectadas.

2.- Realizar un censo con los datos socio – educativo de los padres y/o representantes.

3.-Categorizar a los padres y/o representantes de acuerdo a su disciplina especifica, arte u oficio a fin de integrarlos al plan de acción educativa.

4.-Conformar comisiones para realizar un estudio diagnóstico de las situaciones problemáticas presente en la escuela – comunidad.

5.- Involucrar activamente a los padres y/o representantes en la organización y coordinación de eventos científicos, culturales y deportivos.

6.- La escuela debe aprehenderse de las habilidades y destrezas de los padres y/o representantes para así propiciar la conformación de equipos multidisciplinarios que puedan dictar talleres de autoestima, motivación al logro, de valores y principios.

7.- Fortalecer la comunicación virtual a través de la utilización de las redes sociales como instagram, facebook, telegram, correo electrónico, otros.

8.- Consolidar redes de evaluación sistemática de las actividades planificadas en pro de la integración de los padres y/o representantes en el proceso de aprendizaje de los alumnos.

9.- Presentar periódicamente a la comunidad los avances de las actividades planificadas para poder retroalimentar las estrategias de integración y participación de los padres y/o representantes.

10.- Convocar a los padres y/o representantes para que se integren y participen en trabajos compartidos y complementarios donde se fortalezca la alianza familia – escuela y a la vez estén convencidos de intervenir en el proceso de aprendizaje del alumno en sus distintas áreas (corporales, sociales, psíquicas y cognitivas).

IV. CONCLUSIONES

Los resultados alcanzados de esta investigación permiten esbozar las siguientes aseveraciones:

1) las actividades programadas por la escuela carecen de sentido práctico por cuanto, la escuela no termina de integrar y fortalecer el vínculo escuela - comunidad, hecho constataado por la poca asistencia de los padres y/o representantes a las reuniones.

2) Los padres y/o representantes mantienen poca comunicación con los docentes y la escuela en general.

3) Se evidenció un desconocimiento por parte de los padres y/o representantes sobre las actuaciones académicas de sus hijos y/o representados.

4) Los padres y/o representantes expresaron que no reciben asesorías de la escuela para conformar equipos multidisciplinarios que les permitan manejar estrategias y herramientas idóneas para facilitarles asesoría en el ámbito académico de sus representados.

5) Los alumnos manifestaron que sus padres y/o representantes, carecen de tiempo suficiente para apoyarlos y supervisarlos en sus tareas escolares.

6) Los docentes señalaron que los padres y/o representantes carecen de disposición para participar en las actividades escolares programadas por la escuela, alegando muchas veces, estar muy ocupados en otras actividades.

7) Los docentes declararon que convocan periódicamente a los padres y/o representantes a la escuela para tratar asuntos inherentes al proceso de aprendizaje y acuden muy pocos al llamado.

8) Los docentes no tienen iniciativa propia para difundir los deberes que tienen los padres y/o representantes en el proceso de aprendizaje de los educandos.

REFERENCIAS

[1]Clemente, A. (2013). La familia, su función en la Prevención.

[2]Díaz F y Hernández G. (2013) Teoría del Aprendizaje Significativo. Editorial Mc Graw – Hill. México.

[3]Flores, M. (2011). Escuela – Comunidad. Correo del Caroní, Ciudad Guayana, 23 de marzo de 2018.

[4]Martínez, M. (2004) La Psicología Humanista: Un nuevo Paradigma Psicológico. [Documento en línea]: Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/61824148/1-Martinez-M-Psicologia-Humanista-Nuevo-Paradigma> [Consultado: 2019, Enero 12]

[5]Pérez, E. (2016). Escuela. Familia y Comunidad. Familia cristiana, Caracas.

[6]Odremán, N. (2013). Proyecto Educativo. Educación Básica. Dirección de Educación Básica. Caracas – Venezuela.

[7]Pernalet, L. (2014). Por una educación de calidad para todos [Documento en línea]: Disponible en: http://www.cerpe.org.ve/tl_files/Cerpe/contenido/documentos/Noticias%20y%20Boletines/Informe%20Final-%20%20Encuentro%20Nacional-Agosto%206%202014.pdf. [Consultado: 2019, Febrero 12]

[8]Prieto, F (1996). El concepto del Líder y del Maestro como líder. Editorial Monte Ávila. Caracas- Venezuela.

[9]Santillana, F. (2010). Organización Administrativa Escolar. Editorial Erfo. Madrid – España.

Simulaciones en dominios bidimensionales para el análisis de rendimientos de turbinas helicoidales por efectos de variaciones en la relación de solidez

Marturet Pérez Gustavo José, Torres M Carlos F, Caraballo F Simón A.

Instituto Universitario de Tecnología del Estado Bolívar-Venezuela (IUTEB) y Centro de Investigación en Tecnología, Educación y Comunicación – CITEC del IUTEB.

e-mail: marturet@iuteb.edu.ve y gjmarturet@unexpo.edu.ve

Thermal Science Department, University of Los Andes, Mérida 5101, Venezuela

e-mail: ctorres@ula.ve

Universidad Experimental Politécnica “Antonio José de Sucre” (UNEXPO),

e-mail: scaraballo@unexpo.edu.ve

Resumen: Las turbinas hidrocínéticas Gorlov son modelos de turbinas helicoidales para la generación de energía eléctrica mediante el aprovechamiento de potenciales hidráulicos de ríos y mareas. En uso de herramientas computacionales como soporte de la Mecánica de Fluidos se elabora una investigación para determinar la influencia en el rendimiento de estas turbinas de la relación de solidez como consecuencia de incrementos en el número de álabes. La construcción de un dominio computacional, de ecuaciones de Navier–Stokes y el modelo de turbulencia SST $k-\omega$ permite determinar el torque de las turbinas con el que se determina el rendimiento.

Palabras Clave: CFD, coeficiente de potencia, relación de solidez, turbinas helicoidales Gorlov, turbulencia.

Simulations in two-dimensional domains for the analysis of performance of helical turbines due to the effects of variations in the solidity ratio

Abstract: Gorlov hydrokinetic turbines are models of helical turbines for the generation of electrical energy by harnessing the hydraulic potential of rivers and tides. In the use of computational tools as a support for Fluid Mechanics, an investigation is carried out to determine the influence on the performance of these turbines of the solidity ratio as a consequence of increases in the number of blades. The construction of a computational domain, of Navier–Stokes equations and the SST $k-\omega$ turbulence model allows determining the torque of the turbines with which the efficiency is determined.

Keywords: CFD, power coefficient, solidity ratio, Gorlov helical turbines, turbulence,



I. INTRODUCCIÓN

Las turbinas helicoidales Gorlov (THG) son de los modelos de turbinas hidrocínéticas empleadas para la conversión de la energía cinética de ríos y mares. Algunos autores también las denominan turbinas hidrocínéticas tipo Gorlov. Con ellas, las turbinas, es extraída esta energía cinética para ser convertida en energía mecánica y posteriormente en energía eléctrica. Este proceso de conversión puede valorarse en términos de su eficiencia mediante el rendimiento de la turbina, más específicamente en su coeficiente de potencia. La Fig. 1 muestra un modelo de THG.

El coeficiente de potencia C_p también llamando rendimiento, definido en la ecuación (1), determina la potencia mecánica de la turbina respecto al potencial cinético incidente sobre un área de sección transversal del mismo tamaño que la turbina:

$$C_p = \frac{T\omega}{\frac{1}{2}\rho u_0^3 A_t} \quad (1)$$

Donde T es el torque de rotación de la turbina, ω es la velocidad angular, u_0 la velocidad del flujo aguas arriba de la turbina, R el radio de la turbina y A_t el área de la sección transversal que viene dada por el producto de altura H de la turbina por su diámetro D . (Véase Fig.2).

La relación de velocidad λ , representa la velocidad de rotación del álabe la turbina respecto a la velocidad del flujo en la corriente libre u_0 :

$$\lambda = \frac{\omega R}{u_0} \quad (2)$$

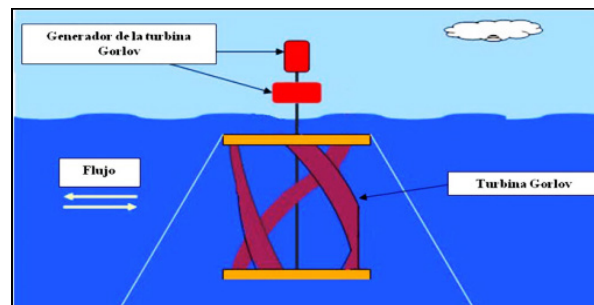


Figura 1. Turbina Gorlov.

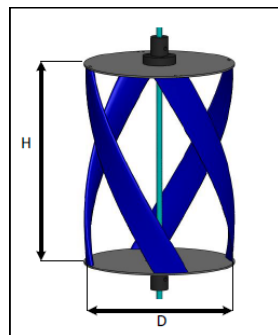


Figura 2. Altura H y diámetro de D de la turbina.

La relación de solidez σ expresa la proporción de los álabes de la turbina respecto a la circunferencia total de la misma:

$$\sigma = \frac{BC}{\pi D} \quad (3)$$

Donde B es el número de álabes de la turbina, C la longitud de la cuerda del perfil de álabes y D el diámetro de la turbina. Su estudio como parámetro geométrico de turbinas resulta importante en cuanto que aquellas turbinas de relación de solidez mínima implican una cantidad menor de materiales de construcción y menores costos de fabricación, por lo que se desea mayores rendimientos.

En la investigación de [1] se presenta estudio para la obtención de curvas características de turbinas de tres álabes helicoidales y rectos tipo Darrieus para diferentes configuraciones o parámetros de diseño: relación de solidez σ , longitud de cuerda del álabes C, ángulo de paso helicoidal δ , altura de turbina H; además de diferentes perfiles de álabes. Con el empleo de un banco de ensayos experimental determinaron a diferentes velocidades de flujo y RPM de las turbinas el torque desarrollado por ellas siendo la configuración más eficiente para una relación de solidez de 0,4 y tres álabes.

En la investigación de [2] se estudia la influencia de la relación de solidez en rendimiento de turbinas hidrocínéticas. Su desarrollo abarca turbinas de dos y cuatro álabes para relaciones de solidez de 0,019 y 0,038. Con importante inclusión de valores de coeficientes de sustentación y arrastre determinan el desarrollo de coeficientes de potencia para las dos relaciones de solidez citadas conforme cambia la relación de velocidad.

Por otra parte, en [3] estudia el rendimiento de turbinas hidrocínéticas de álabes rectos con altas relaciones de solidez ($C/R = 0,28$) y los efectos del número de Reynolds (Re) y el diámetro en diferentes tipos de álabes. Determinaron la normalización de coeficientes de rendimiento en diferentes perfiles NACA conforme crece Re.

En el desarrollo de [4] se usó un modelo de turbulencia LES (Large Eddy Simulations) para analizar la influencia en el rendimiento de turbinas de álabes rectos para varias relaciones de solidez, y evalúan las pérdidas energéticas por estructuras de turbinas y coeficientes de potencia conforme la posición angular de la turbina. También se estudia el coeficiente de potencia óptimo en función de la relación de solidez.

Adicionalmente en [5] estudiaron cuatro turbinas helicoidales de relación de solidez 0,15; 0,2, 0,25 y 0,3 a diferentes números de Froude (Fr) y cuyas turbinas son de tres álabes posicionadas de manera horizontal. Siendo los valores Fr de 0,0714 y 0,143 como las más eficientes bajo esa configuración de posicionamiento respecto del flujo.

En el presente trabajo se analiza la influencia en el rendimiento de turbinas helicoidales del número de álabes de la turbinas como variable que compone la relación de solidez. Se modelizarán y simularán tres THG de dos, tres y cuatro álabes de similares perfiles y de igual diámetro, en idénticas condiciones operacionales de flujo y velocidad angular para un mismo dominio computacional bidimensional (2D); de análogas dimensiones para todos los casos. El análisis se fundamenta en herramientas de la Dinámica de Fluidos Computacional (CFD). También el uso del software de FLUENT de ANSYS [6]-[7] para la simulación, técnicas de mallado del dominio computacional con el uso del software GAMBIT [8] y técnicas de simulación de tipo Sliding Mesh [7]. Las simulaciones se realizarán con aplicación de modelos de turbulencia y ecuaciones de conservación en régimen transitorio.

En el trabajo de [9] se planteó la importancia e influencia de la relación de solidez y el número de álabes en rendimiento de turbinas. En su análisis compara rendimientos de turbinas en diferentes configuraciones. Pero también esboza algunas discrepancias entre modelos matemáticos para la simulación, los fenómenos de capa límite y los datos experimentales con diferencias de hasta un 24% en el coeficiente de potencia entre su modelo y los datos experimentales. Como trabajos a futuro propone determinar métodos para predecir mejoras de rendimientos de turbinas en función del ángulo de paso helicoidal, relación de velocidad y relación de solidez en C_p . Tanto [9] como [1] coinciden en relaciones de solidez de mayor rendimiento corresponden con valores σ entre 0,3 y 0,4. Esta proporción es la deseable en turbinas operando a bajas velocidades de flujo (menores a 1 m/s).

II. MODELO MATEMÁTICO Y NUMÉRICO

La CFD se ha hecho cada vez más popular como herramienta de estudio de turbinas hidrocínéticas. Para [10] los métodos numéricos y experimentales de la Mecánica de Fluidos han adquirido relativa relevancia en los últi-

mos 50 años. Sin embargo, están y continúan presentes en los métodos numéricos de discretización limitaciones en cuanto a la capacidad de almacenamiento y cálculo de los computadores. La Fig. 3 presenta un modelo para la simulación de turbinas helicoidales en estudios de rendimiento por influencia de la relación de solidez.

Para la modelización del dominio computacional y posterior simulaciones de las condiciones operacionales de la turbina se toma como base el diámetro D de la turbina. La Tabla 1 contiene parámetros geométricos de la turbina a modelizar. Las especificaciones técnicas del computador para la simulación en 2D y análisis en CFD son: i5-4670K 3,4 GHz, 32 Gb RAM. El dominio computacional 2D de la turbina y configuración de condiciones de borde y paredes del dominio se tiene en la Fig.4.

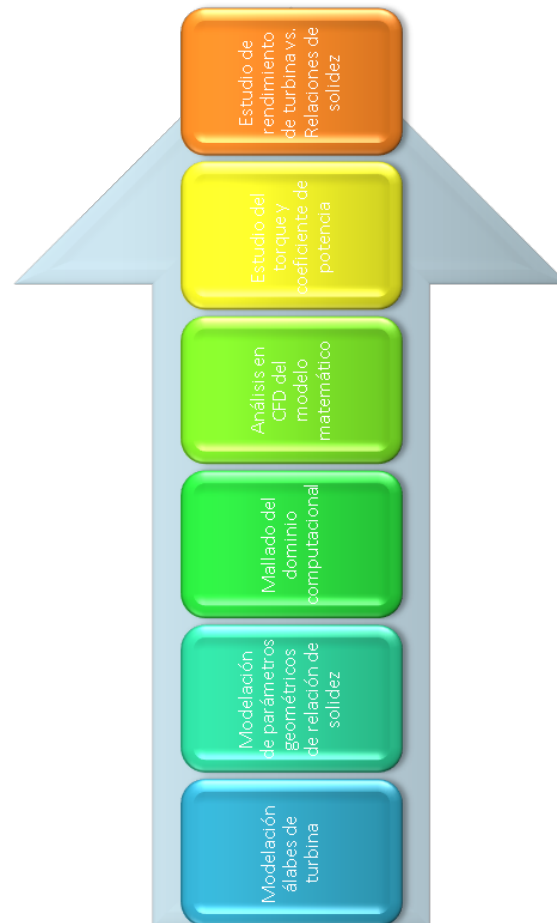


Figura 3 Modelización de estudios en CFD para rendimiento de turbinas hidrocínicas frente a variaciones de parámetros geométricos: relación de solidez.

Tabla 1. Geometría de turbina.

Parámetro	Valor
Tipo de álabes	NACA0015
Longitud de cuerda	100 mm
Número de álabes	2,3 y 4
Diámetro de turbina	300 mm
Ángulo de paso helicoidal	62,36°

El dominio de 24Dx10D. Para el mallado del dominio se emplearon mallas de tipo estructuradas con celdas de tipo cuadriláteros en la zona de estacionaria, mientras que la zona del rotor de THG celdas del tipo triangular. Esto con el fin de limitar la excesiva difusión numérica y lograr una mayor precisión con menor requerimiento de memoria y de tiempo para el cálculo computacional. Con ello se construyen mallas híbridas de unos 65000 nodos. La Fig. 5 contiene un modelo del mallado del dominio. Para la cuantificación de la calidad de la malla del dominio, se hizo con fundamento en la ecuación (4) y cuyo valor es proporcionado por el software de mallado [8] en términos de:

$$Q_{EVS} = \frac{(S_{eq} - S)}{S_{eq}} \quad (4)$$

Donde S es el área del elemento de malla, $S_{(eq)}$ es el área máxima de la celda equilátera que circunscribe el radio idéntico al elemento de malla. De tal manera que $0 \leq Q_{EVS} \leq 1$. Si $Q_{EVS} = 0$ describe un elemento equilátero ideal y $Q_{EVS} = 1$ describe un elemento deformado completamente. Valores de Q_{EVS} entre 0,25 y 0,85 son de calidad aceptable [8].

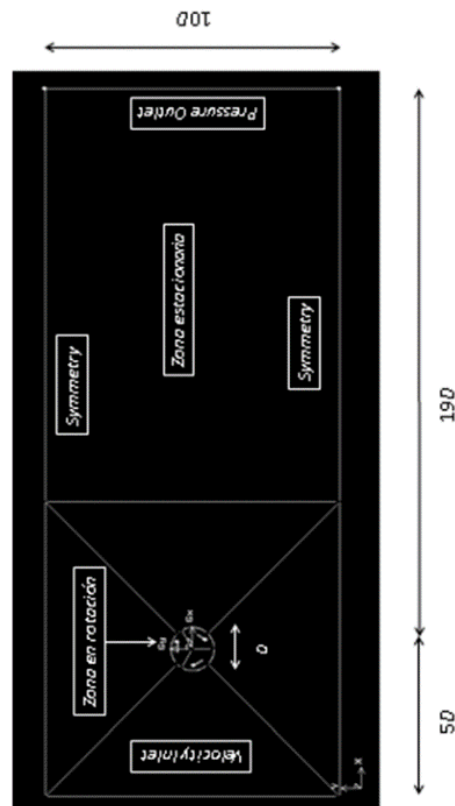


Figura 4. Dominio computacional de la THG y configuración de condiciones de borde.

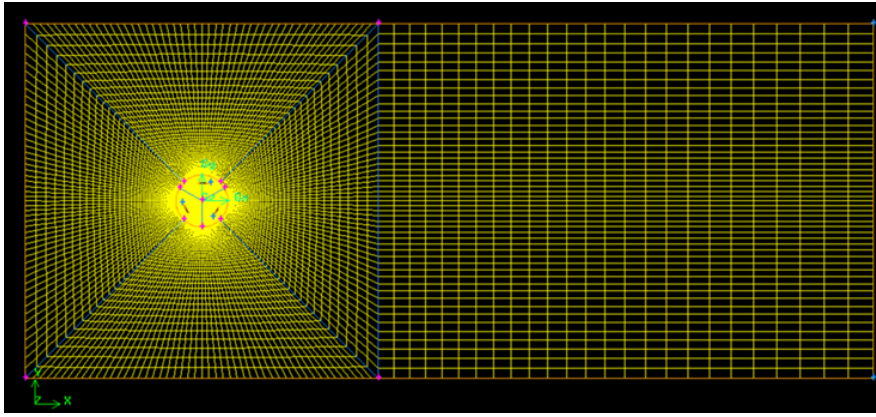


Figura. 5. Mallado del dominio computacional.

Al mismo tiempo, valoraciones sobre el mallado del dominio en sus los álabes, son expresadas en términos de la distancia adimensional a la pared Y^+ , cuyo valor está dado por la ecuación (5):

$$Y^+ = \frac{\sqrt{\frac{\tau_w}{\rho}}}{\nu} Y \quad (5)$$

Donde τ_w , ρ , ν e Y son el esfuerzo de corte en la pared del álabe, la densidad del fluido, viscosidad cinemática del fluido y la distancia al centro de la primera celda normal a la pared respectivamente. El valor de Y^+ expresa la precisión en el grado de acercamiento de la cuantificación de fenómenos inherentes a la capa límite turbulenta y su desarrollo en presencia de esfuerzos turbulentos importantes. Pero también revela el grado de densificación de la malla en las cercanías con las paredes del dominio para la precisión de resultados y consecuentemente los tiempos de simulación o costos de recursos computacionales [11]. Un análisis sobre condiciones de borde del dominio, configuraciones de paredes (wall) y el tratamiento numérico sobre las mismas puede encontrarse en [12].

Para el análisis fluidodinámico mediante CFD un software de tipo comercial [6] y [7] resuelve las ecuaciones de que gobiernan el flujo usando la discretización del dominio de volúmenes finitos de la Fig. 5. Como modelo de turbulencia se emplea el SST $k-\omega$ teniendo por soporte los trabajos de [13] y [14]. En todas las simulaciones ecuaciones de continuidad, momentum y los escalares de turbulencia y transporte serán resueltas usando el método PISO.

Los términos convectivos de la discretización espacial energía cinética turbulenta y razón de disipación turbulenta, momentum se discretizan usando un esquema de segundo orden aguas. La ecuación de presión se discretiza usando la modalidad standard. Para la zona de entrada de flujo al dominio computacional (Velocity Inlet) se fija la velocidad de entrada de manera uniforme, mientras que la de salida (Pressure Outlet) se fija la presión. Los álabes rotan sobre su eje central a las revoluciones del estudio y el torque a determinar se hará en las coordenadas (0,0) de la zona de rotación del dominio de la Fig. [5] correspondiente al centro u origen de la THG. La modelación numérica se hace suponiendo un régimen de trabajo transitorio en la turbina cuando el fluido se modela en 2D. Las ecuaciones continuidad (6) y momentum (7), bajo forma de Navier-Stokes (RANS), junto a las de turbulencia en su forma SST $k-\omega$ (8) y (9) se tienen seguidamente:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u_i)}{\partial x_i} = 0 \quad (6)$$

$$\frac{\partial(\rho u_i)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u_i u_j)}{\partial x_i} = -\frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\mu \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} - \frac{2}{3} \delta_{ij} \frac{\partial u_l}{\partial x_l} \right) \right] + \frac{\partial(-\overline{\rho u_i u_j})}{\partial x_j} \quad (7)$$

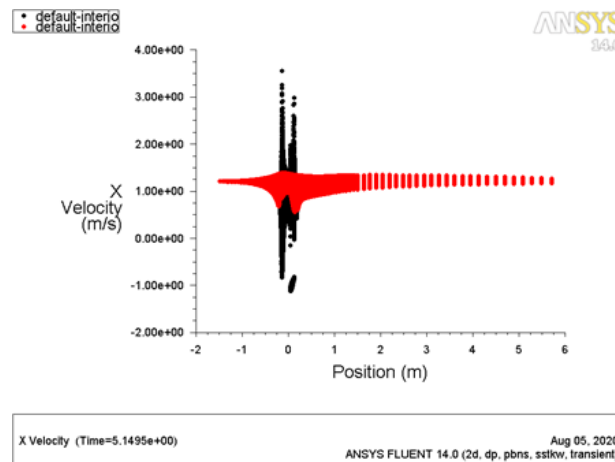
$$\frac{\partial(\rho k)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho k u_i)}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\Gamma_k \frac{\partial k}{\partial x_j} \right) + \widetilde{G}_k - Y_k + S_k \quad (8)$$

$$\frac{\partial(\rho \omega)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho \omega u_i)}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\Gamma_\omega \frac{\partial \omega}{\partial x_j} \right) + G_\omega - Y_\omega + D_\omega + S_\omega \quad (9)$$

ANSYS FLUENT resuelve las ecuaciones del modelo matemático (6), (7), (8) y (9) para la turbina en régimen transitorio considerando una malla deslizante (Sliding Mesh) en el rotor. Para esta investigación detalles del desarrollo y configuración del régimen transitorio junto a técnicas de Sliding Mesh pueden encontrarse en [13], [15] y [16]. Como también estudios sobre la precisión en atención al modelo de turbulencia son desarrollados, en lo particular sobre el modelo k- ω [17].

III.RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS

En del software ANSYS FLUENT se hicieron las simulaciones con el modelo de volúmenes finitos del dominio computacional de la Fig. 4 previa elaboración de las mallas en GAMBIT. Los resultados indican valores de $Y^+ > 19$ con lo cual no se hace necesario incluir la corrección para bajos Números de Reynolds en modelo de turbulencia [6] y [7]. En [13] se presenta una propuesta de volumen finito para el dominio de 15D aguas abajo de la turbina. La investigación de [16] determina una longitud de 16D aguas abajo de la THG como longitud que permite la menor perturbación del flujo que sale de la turbina. En tal sentido, la Fig. 6 presenta la estabilidad de las variables presión y velocidad del campo de flujo de la THG. Note una baja perturbación de los campos aguas abajo de la turbina por lo cual longitud 19D es suficiente para este estudio.



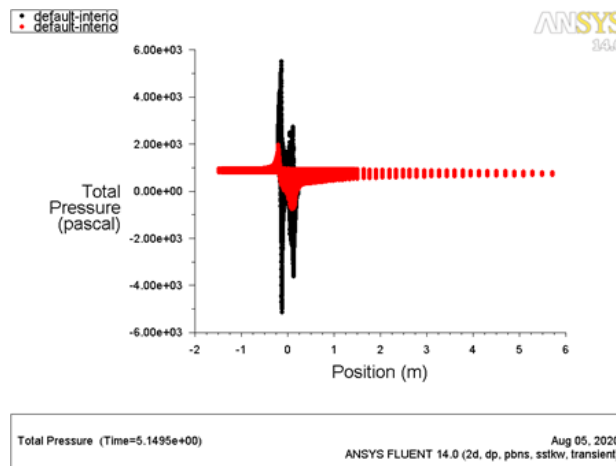


Figura 5. Estabilidad de campos de velocidad (a) y de presión en el dominio(b) de THG

Frente a las dificultades en la cuantificación de la incertidumbre de estudios en CFD [19] propone la elaboración de estudios de convergencia que incluyen el mallado de dominios como la práctica para el logro de soluciones numéricas precisas. En [20] emplean un estudio de convergencia en conjunto con métodos de error relativo del mallado para diferentes dominios computacionales a partir de valores de potencia de turbinas, y seleccionan aquellos dominios con valores menores al 9% de error relativo. Para lo cual en esta investigación se sigue la metodología presentada por [21] en el uso de errores relativos como soporte en estudios de sensibilidad del mallado. La Fig. 6 presenta un estudio de sensibilidad del mallado del dominio computacional del Fig.4. Se observa la tendencia a la estabilidad del valor del torque de la THG frente a incrementos del número de nodos del dominio. Errores relativos del torque frente a la densificación del dominio oscilan entre 8% y 4% para dominios de más de 71.000 nodos.

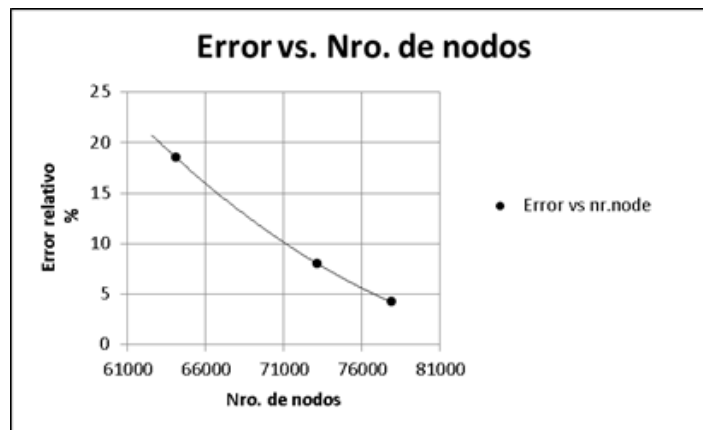


Figura 6. Análisis de sensibilidad del mallado del dominio computacional.

Para la validación del modelo matemático y numérico de las simulaciones se emplean los datos experimentales aportados por [14]. Al respecto el uso de datos experimentales obtenidos desde otras investigaciones es empleado por [22] como forma de efectuar procesos de validación en CFD. Los resultados de la validación experimental se muestran en la Fig. 7. Diferencias entre valores experimentales de [14] y el análisis en CFD del modelo desarrollado son del orden del 2 al 8 % según la ecuación (11):

$$Error\ relativo = \frac{Torque_{CFD} - Torque_{exp}}{Torque_{exp}} \times 100\% \tag{11}$$

En [23] desarrollan una investigación sobre procesos de diseño y construcción en uso de máquinas de control numérico de THG, señalando la poca difusión de los procesos de fabricación necesarios para su logro. La consideración del parámetro relación de solidez en la THG está relacionada también con la cantidad de material a emplear para su construcción y consecuentemente sus costos; al mismo tiempo, desde el punto de vista hidrodinámico refiere con el parámetro rendimiento de turbina. La Tabla 2 contiene datos de la relación de solidez de las THG simuladas.

Parámetro geométrico	2 álabes	3 álabes	4 álabes
Relación de solidez	0,21	0,31	0,42

Esta tendencia en la Fig. 7, también fue observada en los experimentos de [1], en los que un aumento de las RPM de turbina conduce a una disminución del torque mecánico.

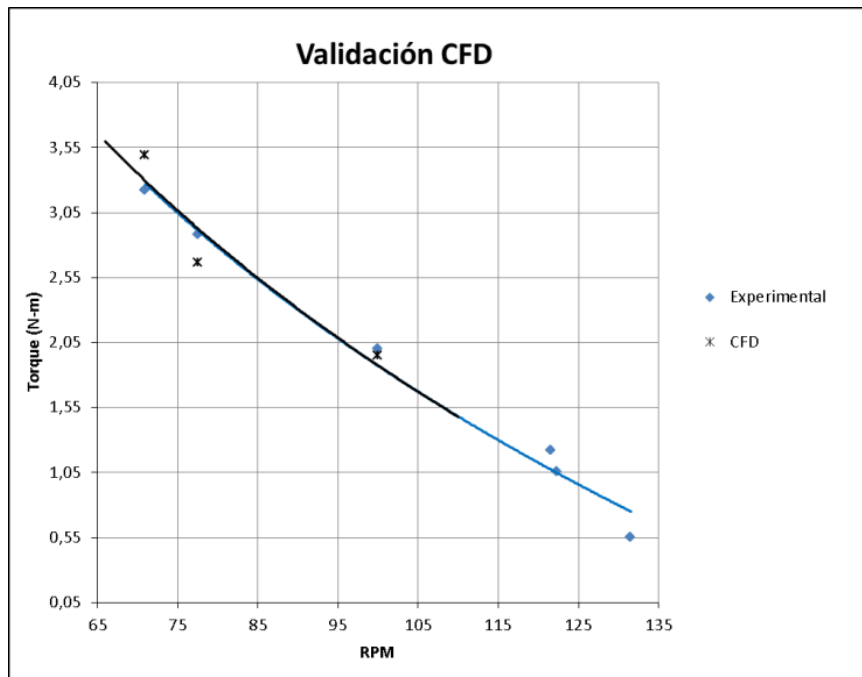


Figura 7. Curvas de validación Torque experimental vs. CFD. La velocidad de flujo es de 1,2 m/s.

La Figura 8a muestra valores de torque de la TGH simuladas y modelizadas cuando se configura para 2, 3 y 4 álabes bajo análisis CFD para flujos 2 m/s. El valor experimental del torque se corresponde con flujos de 1,2 m/s. Estas diferencias en velocidades de flujo tanto en CFD como en el dato experimental revelan la posibilidad de autoarranque de turbinas tal y como señala [9]. Capacidades de autoarranque de turbinas son deseables puesto que se evita el empleo de perfiles asimétricos de los álabes con los que se dificulta el proceso de fabricación de la THG. La investigación de [9] proporciona un análisis sobre la relación entre capacidades de autoarranque de turbinas, velocidad del flujo y relación de solidez. Velocidades de flujo de 0,5 m/s proporcionan el torque suficiente para el autoarranque en turbinas de altos valores de σ , mientras que flujos 0,8 m/s pueden emplearse en valores de σ más bajas [9].

La Fig. 8b muestra los valores en CFD para THG configuradas en 2, 3 y 4 álabes para flujos de 2 m/s.

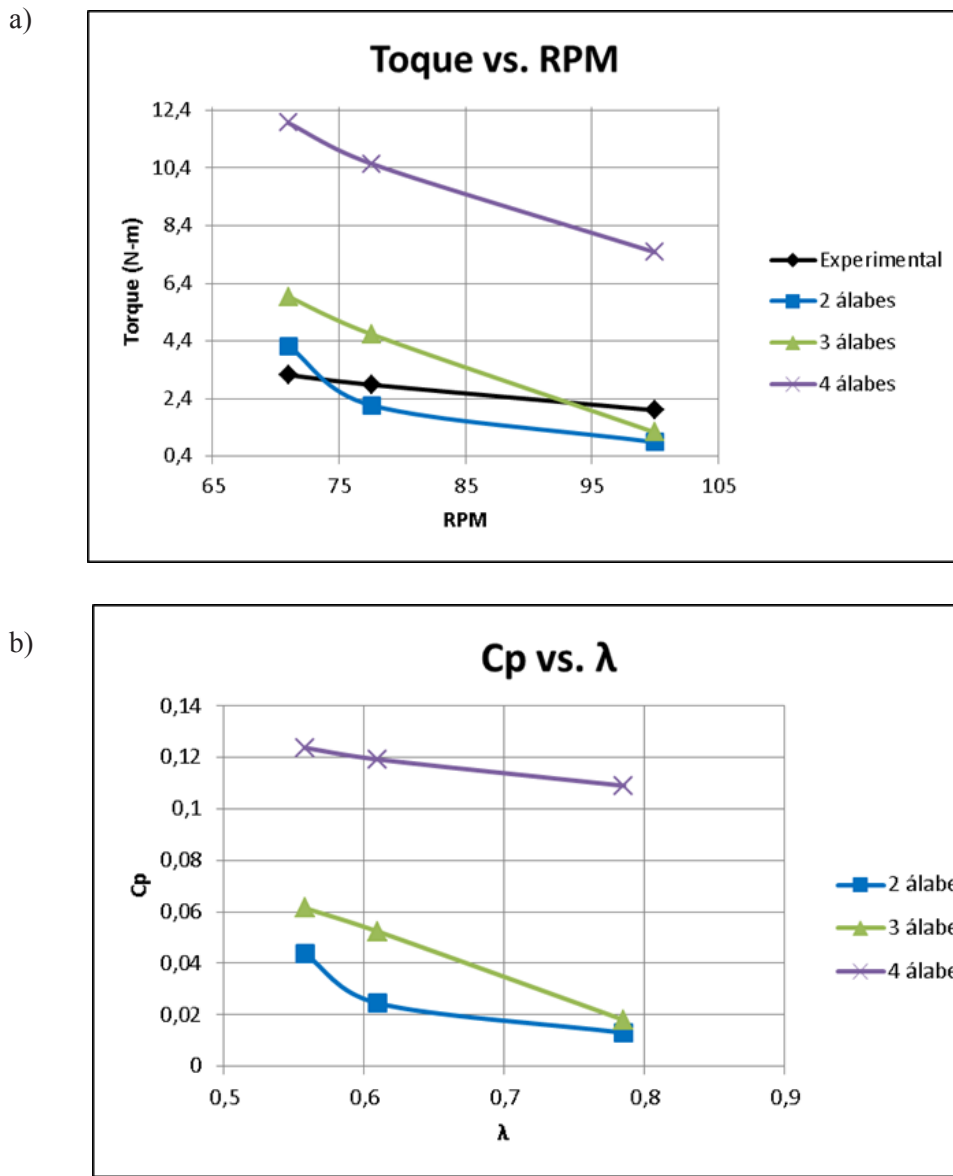


Figura 8. a) Curvas características de Torque vs. RPM. b) Curvas características de rendimiento vs. Relación de velocidad λ .

Observe en la Fig. 8 una tendencia a mayores rendimientos conforme aumenta la relación de solidez producto del incremento en el número de álabes de la turbina. Con lo cual rendimientos de una THG experimental de C_p de 0,6 para tres álabes pueden alcanzar C_p de 0,16 con cuatro álabes, duplicando su rendimiento. Este mismo resultado fue obtenido por [9].

La Fig. 9 contiene elementos de campos de presión de THG de cuatro, tres y dos álabes.

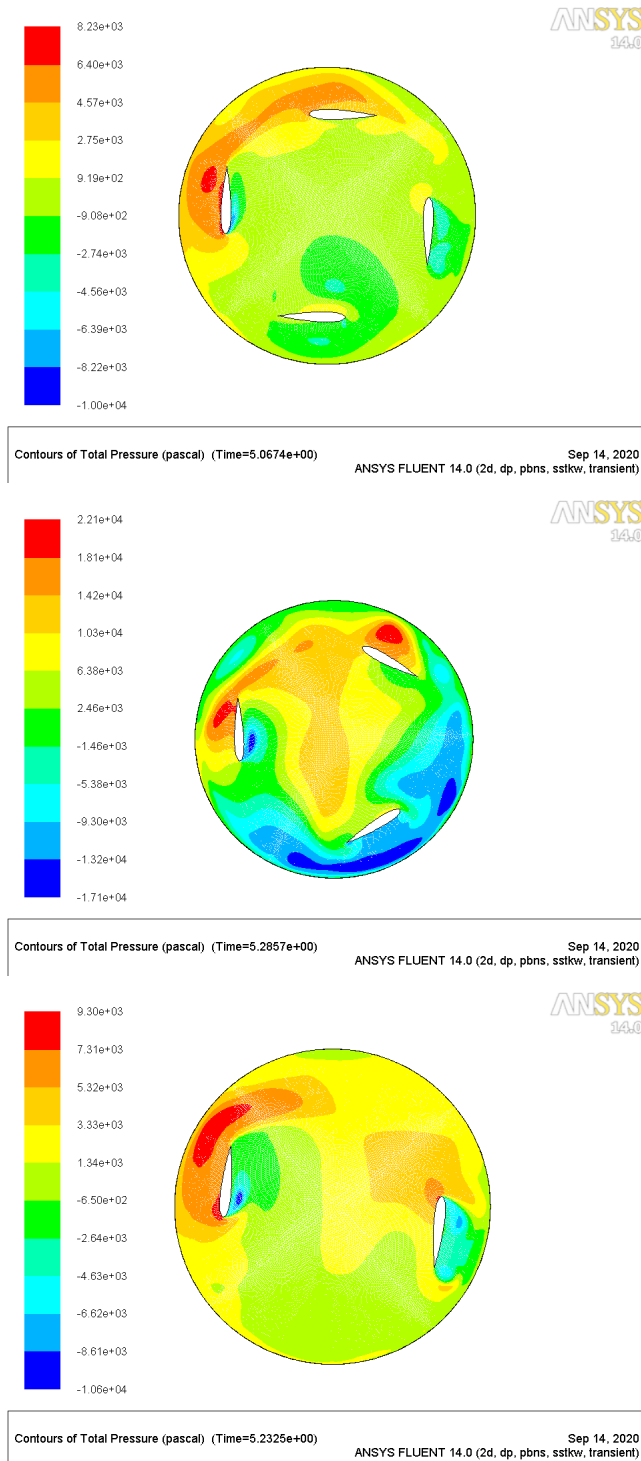


Figura 9. Campos de presión en THG.

Distinguen diferenciales de presión en turbinas de cuatro álabes sobre las otras turbinas (véase Fig. 9) lo que contribuye a importantes cargas en coeficientes de arrastre y sustentación sobre las mismas. Incrementos en la potencia mecánica de la turbina en las mismas condiciones de operación, velocidad de flujo y velocidad angular son evidentes cuando se comparan las turbinas de cuatro y tres álabes.

IV.CONCLUSIONES

Esta investigación ha permitido analizar la influencia en coeficientes de potencia o rendimiento de diferentes relaciones de solidez como producto de variaciones en el número de álabes las turbinas helicoidales Gorlov. El

desarrollo de un modelo matemático y numérico de ecuaciones RANS en conjunto con un modelo de turbulencia SST $k-\omega$ configurado en régimen transitorio permitió obtener valores del torque de los diferentes casos de turbinas. También las simulaciones en dominios bidimensionales para el análisis de rendimientos de indica la mejora de la potencia mecánica cuando la turbina posee cuatro álabes.

El estudio permitió establecer que adicional a las condiciones de velocidad del flujo incidente sobre la turbina y su velocidad angular el número de álabes también afecta su rendimiento.

Como trabajos a futuro se podrían considerar la incidencia de la posición angular de los álabes, las modificaciones del perfil de álabes a los fines de determinar mejoras en el rendimiento. La construcción de metodologías. Al mismo tiempo el desarrollo y valoración de modelos matemáticos con la aplicación otros modelos de turbulencia a fin de estudiar la convergencia y reducción de tiempos de cálculo en contraposición de validaciones experimentales.

REFERENCIAS

- [1] M. Shiono, K. Suzuki and S. Kiho, "Output characteristics of Darrieus water turbine with helical blades for tidal current generations," In The twelfth international offshore and polar engineering conference. International Society of Offshore and Polar Engineers Japon, 2002.
- [2] C. A. Consul, R. H. J. Willden, E. Ferrer, and M. D. McCulloch, "Influence of solidity on the performance of a cross-flow turbine," In Proceedings of the 8th European wave and tidal energy conference, Uppsala, Sweden, 2009.
- [3] P. Bachant, and M. Wosnik, "Effects of Reynolds number on the energy conversion and near-wake dynamics of a high solidity vertical-axis cross-flow turbine," *Energies*, 9(2), 73, 2016.
- [4] N. Guillaud, G. Balarac, G., E. Goncalves and J. Zanette, "Large Eddy Simulations on Vertical Axis Hydrokinetic Turbines-Power coefficient analysis for various solidities," *Renewable Energy*, 147, 473-486, 2020.
- [5] M. A. Al-Dabbagh and M. I. Yuca, "Numerical evaluation of helical hydrokinetic turbines with different solidities under different flow conditions," *International Journal of Environmental Science and Technology*, 16(8), 4001-4012, 2019.
- [6] ANSYS, I., "ANSYS FLUENT 14.0, User's Guide," ANSYS, 2011.
- [7] ANSYS, I., "ANSYS FLUENT 14.0, Theory Guide," ANSYS, 2011.
- [8] GAMBIT 2.4., "User's Guide. CFD preprocessor," Fluent, Incorporate, 2007.
- [9] A. L. Niblick, A. L., "Experimental and analytical study of helical cross-flow turbines for a tidal micropower generation system," M.Sc. thesis. University of Washington, USA, 2012.
- [10] F. Durst, "Fluid mechanics. An introduction to the theory of fluid flows," Erlagen, Germany: Springer, 2008.
- [11] E. F. Barrera, F. A. Aguirre, S. Vargas, S., and E. D. Martínez, E. D., "Influencia del Y Plus en el Valor del Esfuerzo Cortante de Pared a través Simulaciones empleando Dinámica Computacional de Fluidos," *Información tecnológica*, 29(4), 291-302, 2018.
- [12] J. Blazek, "Computational fluid dynamics: principles and applications," USA: Elsevier, Butterworth-Heinemann, 2015.
- [13] D. Satrio, I. Utama, K. A. Pria, and Mukhtasar, "The influence of time step setting on the CFD simulation result of vertical axis tidal current turbine" *Journal Of Mechanical Engineering And Sciences*, 12(1), 3399-3409, 2018.
- [14] N. Chettiar, S. Narayan, S., J. N. Goundar, and A. Deo, "Design of a gorlov turbine for marine current energy extraction," In *Applied Mechanics and Materials* (Vol. 772, pp. 556-560). Trans Tech Publications, 2015.
- [15] N. Durrani, H. Hameed, H. Rahman and S. Chaudhry, "A Detailed Aerodynamic Design and Analysis of a 2-D Vertical Axis Wind Turbine Using Sliding Mesh in CFD," In 49th AIAA aerospace sciences meeting including the new horizons forum and aerospace exposition (p. 541), January 2011.
- [16] R. Lanzafame, R., S. Mauro and M. Messina, "2D CFD modeling of H-Darrieus wind turbines using a transition turbulence model," *Energy Procedia*, 45, 131-140, 2014.
- [17] D. Wilcox, "Turbulence modeling for CFD," USA: DCW Industries, 1993.
- [18] G. Marturet., "Simulación fluidodinámica de un modelo de turbina hidrocínética tipo Gorlov," M.S. thesis. UNEXPO, Puerto Ordaz, Venezuela, 2012.
- [19] P. J. Roache, "Quantification of uncertainty in computational fluid dynamics," *Annual review of fluid Mechanics*. 29(1), 123-160, 1997.
- [20] J. Ríglín, C. Daskiran, J. Jonas, W. C. Schleicher and A. Oztekin, "Hydrokinetic turbine array characteristics for river applications and spatially restricted flows". *Renewable Energy*, 97, 274-283, 2016.
- [21] W. L. Oberkampf and T. G. Trucano, "Verification and validation in computational fluid dynamics," *Progress in Aerospace Sciences*, 38(3), 209-272, 2002.
- [22] T. Q. Le, Kwang-Soo Lee, Jin-Soon Park and J. H. Ko, "Flow-driven rotor simulation of vertical axis tidal turbines: A comparison of helical and straight blades," *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering*, 6(2), 257-268, 2014.

[23]S. C. Bulla Avellaneda and N. D. Romero Salinas, “Fabricación de un modelo de turbina tipo Gorlov a escala de laboratorio,” (Thesis Universidad Santo Tomas) Bogotá, Colombia, 2018.



“En inteligencia artificial, los investigadores usan modelos computacionales para obtener una percepción profunda de la psicología humana así como para reflexionar sobre esta como fuentes para generar mecanismo que emulen la inteligencia humana”.

Seymour Papert



@DIP.POZ



@DIP.POZ



urinvestigacion-poz@unexpo.edu.ve