



**XXII Congreso Chileno de  
Mecánica Computacional**  
3 y 4 de octubre de 2024  
Quilpué, Chile



Sociedad Chilena de  
Mecánica Computacional

## **Evaluación de la Altura del Eje en Aerogeneradores para la Optimización de Parques Eólicos utilizando ANSYS-Fluent**

**Luis Cucumides Cid<sup>1</sup>, Andrea Torrejón Fontana<sup>2</sup>, Ernesto Castillo del Barrio<sup>1</sup>,  
Amaru González Andres<sup>1</sup>, Luis Silva Llanca<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Mecánica - Universidad de Santiago de Chile  
Av. Bdo. O'Higgins 3363 – Santiago – CHILE  
e-mail : [luis.cucumides@usach.cl](mailto:luis.cucumides@usach.cl)

<sup>2</sup>Departamento de Ingeniería Mecánica – Universidad de La Serena  
Benavente 9980 – La Serena – CHILE  
e-mail : [atorrejonf@alumnosuls.cl](mailto:atorrejonf@alumnosuls.cl)

### **RESUMEN**

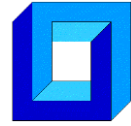
En la optimización de parques eólicos, la variación de la altura del eje de los aerogeneradores es un factor clave. Este estudio utiliza herramientas avanzadas de dinámica de fluidos computacional (CFD) para analizar el impacto de diferentes alturas de eje en aerogeneradores en un terreno complejo [1]. Aplicando el Método de Volúmenes Finitos (MVF) con ANSYS-Fluent y modelos de turbulencia RANS y mediante la representación de las turbinas como un disco actuador [2], se simulan tres configuraciones de altura en el Parque Eólico Totoral, Coquimbo, Chile. Los resultados muestran que la variación en la altura de los ejes mejora la captación de energía y reduce la turbulencia entre aerogeneradores, aumentando la producción de energía anual del sistema. Este enfoque proporciona una comprensión profunda de la influencia de la altura del eje en el rendimiento de los aerogeneradores y ofrece un grado de libertad crucial para la optimización de parques eólicos.

### **REFERENCIAS**

- [1] Hu, X., & Yang, J. (2023). Hub height optimization for wind farms in complex terrain using CFD and optimization algorithms. *Renewable Energy*, 200, 123456. doi:10.1016/j.renene.2023.123456.
- [2] Stevens, R. J. A. M., Meneveau, C., & Gayme, D. F. (2018). Large Eddy Simulation studies of the effects of alignment and wind farm length. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, 10(5), 053306. doi:10.1063/1.5042771.



**XXII Congreso Chileno de  
Mecánica Computacional**  
3 y 4 de octubre de 2024  
Quilpué, Chile



Sociedad Chilena de  
Mecánica Computacional

## **COMPARACIÓN DE MODELOS DE FLUIDODINÁMICA COMPUTACIONAL PARA LA TURBINA EÓLICA DE EJE HORIZONTAL DE MAQUEHUE**

**Francisco Lagos<sup>1</sup>, Jorge Leiva<sup>1</sup>, Cristian Morales<sup>1</sup>, Millaray Curilem<sup>2</sup>, Roberto Moncada<sup>2</sup>, Rodrigo Soto<sup>1</sup>, Renato Hunter<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Mecánica – Universidad de La Frontera  
Av. Francisco Salazar 01145 – Temuco – CHILE

<sup>2</sup>Departamento de Ingeniería Eléctrica– Universidad de La Frontera  
Av. Francisco Salazar 01145 – Temuco – CHILE  
e-mail : [f.lagos06@ufromail.cl](mailto:f.lagos06@ufromail.cl)

### **RESUMEN**

Los modelos de fluidodinámica computacional (CFD) son esenciales para estudiar el comportamiento y rendimiento de las turbinas eólicas [1]. La Universidad de La Frontera ha diseñado e instalado una turbina de 20 [kW] con un diámetro de 10 [m] en la estación experimental de Maquehue. Actualmente, la orientación no es exacta debido a que la medición de la dirección del viento presenta errores causados por la turbulencia generada por la propia pala. Este trabajo propone implementar un modelo computacional con el fin de generar una base de datos de la respuesta transitoria del viento aguas abajo del rotor. Los datos permiten el diseño y optimización del sistema de control de rotación de la turbina.

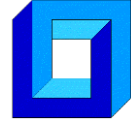
Se analizan dos modelos CFD de la turbina eólica con condiciones de borde basadas en el modelo real. Para diferentes velocidades de viento, se ajusta la velocidad de rotación manteniendo la razón óptima de diseño. El primer modelo emplea un dominio estático y rotativo, así como un mallado fijo, mientras que el segundo modelo emplea un dominio único y un mallado dinámico que se ajusta con la rotación del aerogenerador. Se presenta una comparación entre los modelos respecto a su eficiencia computacional y sensibilidad a condiciones de operación.

### **REFERENCIAS**

[1] G. Su, Z. Ye, G. Wang, and Z. Chen, "The Aerodynamic Performance of Horizontal Axis Wind Turbines under Rotation Condition," Sustainability, vol. 15, no. 16, p. 12553, Aug. 2023, doi: 10.3390/su151612553.



**XXII Congreso Chileno de  
Mecánica Computacional**  
3 y 4 de octubre de 2024  
Quilpué, Chile



**Sociedad Chilena de  
Mecánica Computacional**

## **ESTUDIO COMPUTACIONAL DE LOS EFECTOS DE LOS GENERADORES DE VÓRTICES EN AUTOMÓVILES**

**Vicente Álvarez y Christian Muñoz**

Departamento de Mecánica - Universidad Tecnológica Metropolitana  
Av. José Pedro Alessandri 1242 – Santiago – CHILE  
e-mail : vicente.alvarezr@utem.cl, christian.munoz@utem.cl

### **RESUMEN**

Es importante que los automóviles consuman menos combustible cuando viajan a velocidades de crucero en tramos largos de autopista. Esta mejora en el rendimiento producirá una menor descarga de elementos nocivos a la atmósfera.

Este estudio compara los efectos aerodinámicos sobre el coeficiente de arrastre que los generadores de vórtices, ubicados en la parte posterior del techo de un automóvil sedán, producen entre tres números de Reynolds desde  $8E6$  hasta  $1.2E7$ , basados en el largo del automóvil, en flujo de baja intensidad de turbulencia. Los generadores estudiados son del tipo aleta con una altura de 100mm, posicionados en ángulos de guiñada de  $10^\circ$  con respecto al flujo. Al disminuir el arrastre se contribuye directamente a reducir el consumo de combustible [1].

Se utilizó el software OpenFOAM, con un modelo de turbulencia URANS - K-Omega SST para las simulaciones tridimensionales. La malla analizada contiene  $3E6$  celdas.

Los resultados indican una reducción máxima del 2.5% en el coeficiente de arrastre al usar los generadores de vórtices con un ángulo de  $10^\circ$  en comparación al modelo sin generadores. Esto sugiere que los generadores de vórtices se pueden considerar como elementos pasivos reductores del coeficiente de arrastre en un automóvil, en comparación con otros elementos que se han estudiado [2].

### **REFERENCIAS**

[1] M.J. Rose, "Commercial vehicle fuel economy - The correlation between aerodynamic drag and fuel consumption of a typical truck", Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, vol 9, pp. 89-100. November 1981.

[2] G. Sivaraj, K. M. Parammasivam y G. Suganya, "Reduction of Aerodynamic Drag Force for Reducing Fuel Consumption in Road Vehicle using Basebleed", Journal of Applied Fluid Mechanics, vol 11, no 6, pp. 1489-1495, 2018.



**XXII Congreso Chileno de  
Mecánica Computacional  
3 y 4 de octubre de 2024  
Quilpué, Chile**



**Sociedad Chilena de  
Mecánica Computacional**

**Modelo CFD para extracción de sales de litio en Salar de Atacama**

**Nicolás Rodríguez C.<sup>1</sup> y Cristóbal Sarmiento-Laurel.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Escuela de Ingeniería Civil Industrial– Universidad Diego Portales  
Av. Ejército 441 – Santiago – CHILE  
e-mail : nicolas.rodriguez2@mail.udp.cl, [cristobal.sarmiento@udp.cl](mailto:cristobal.sarmiento@udp.cl)

**RESUMEN**

La extracción de sales a partir de salmuera rica en litio mediante estanques de evaporación solar es un proceso lento, que llega a tardar meses en completarse [1]. La literatura existente aborda su análisis bajo condiciones ambientales ideales [2]. El presente trabajo tiene como objetivo desarrollar un modelo de simulación CFD en OpenFOAM® para describir y analizar el comportamiento de pozas de evaporación solar destinadas a la extracción de sales a partir de salmuera rica en litio bajo condiciones ambientales reales. Se implementó un modelo con una disolución de NaCl en agua para caracterizar la primera fase del sistema, el cual abarca procesos termodinámicos y fisicoquímicos, considerando la composición química de la salmuera, temperatura, radiación solar y viento bajo las condiciones climáticas variables de San Pedro salar de Atacama, región de Antofagasta, Chile. El modelo permite determinar la cantidad de sal precipitada y caracterizar el comportamiento de las pozas de evaporación bajo condiciones meteorológicas variables durante invierno y verano. Este estudio proporciona una herramienta valiosa para comprender y analizar el desempeño de los estanques de evaporación solar en climas variables. La caracterización transitoria es esencial para entender el desempeño del sistema y así establecer estrategias operativas según las condiciones climáticas de la zona.

**Agradecimientos**

Se agradece a la Universidad Diego Portales por ofrecer las facilidades necesarias para el desarrollo de esta investigación.

**REFERENCIAS**

- [1] D. Fuentealba, C. Flores-Fernández, E. Troncoso, and H. Estay, ‘Technological tendencies for lithium production from salt lake brines: Progress and research gaps to move towards more sustainable processes’, *Resources Policy*, vol. 83, p. 103572, Jun. 2023, doi: 10.1016/j.resourpol.2023.103572.
- [2] H. Kasedde, A. Namagambe, J. D. Lwanyaga, J. B. Kirabira, and D. Okumu, ‘Numerical modelling of a solar salt pan for improved salt production at Lake Katwe, Uganda’, *Case Studies in Thermal Engineering*, vol. 42, p. 102592, Feb. 2023, doi: 10.1016/j.csite.2022.102592.



**XXII Congreso Chileno de  
Mecánica Computacional**  
3 y 4 de octubre de 2024  
Quilpué, Chile



Sociedad Chilena de  
Mecánica Computacional

## **ANÁLISIS NUMÉRICO EN RÉGIMEN TRANSITORIO DE UNA TURBINA VAWT H-DARRIEUS DE PERFIL NACA0021, BASADO EN LA SEGUNDA LEY DE LA TERMODINÁMICA**

**Valentina Nannig G.<sup>1</sup> y Cristóbal Sarmiento-Laurel.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Escuela de Ingeniería Civil Industrial– Universidad Diego Portales  
Av. Ejército 441 – Santiago – CHILE  
e-mail : valentina.nannig@mail.udp.cl, cristobal.sarmiento@mail.udp.cl

### **RESUMEN**

La energía eólica ha emergido como una pieza clave en el panorama energético global, destacando por su integración con el medio ambiente y su baja emisión de gases de efecto invernadero, disminuyendo un 4% su producción hasta el 2022[1]. Sin embargo, para satisfacer las crecientes demandas, especialmente en entornos urbanos[2], se requiere innovación. En este contexto, las turbinas de eje vertical (VAWT), y en particular la turbina H-Darrieus, ofrecen una solución prometedora por su eficiencia y baja emisión de ruido. Este estudio realiza un análisis computacional sobre una VAWT de modelo H-Darrieus, sustentado por resultados experimentales de la literatura[3]. Se utiliza el perfil aerodinámico Naca0021 por su óptima relación entre sustentación y resistencia. Mediante simulaciones realizadas con OpenFOAM, se analiza en régimen transitorio el desempeño de la turbina partiendo del reposo, considerando tres ángulos de inclinación de los perfiles del álabe ( $-6^\circ$ ,  $-2^\circ$ , y  $0^\circ$ ) y velocidades de viento de 6, 8 y 10 m/s. Además, se realiza un análisis de desempeño basado en la entropía, con el objetivo de proporcionar una comprensión más profunda del comportamiento de las VAWT y mejorar su eficiencia energética.

### **Agradecimientos**

Se agradece a la Universidad Diego Portales por ofrecer las facilidades necesarias, junto con el reconocimiento a Cristóbal Sarmiento por ser guía a lo largo de la investigación.

### **REFERENCIAS**

- [1] IEA, "Global Energy Review 2021.
- [2] T. Sharpe and G. Proven, "Crossflex: Concept and early development of a true building integrated wind turbine," *Energy and Buildings*, vol. 42, no. 12, pp. 2365-2375, Dec. 2010. doi: 10.1016/j.enbuild.2010.07.032.
- [3] M. Elkhoury, T. Kiwata, and E. Aoun, "Experimental and numerical investigation of a three-dimensional vertical-axis wind turbine with variable-pitch," *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, vol. 139, pp. 111-123, Apr. 2015. doi: 10.1016/j.jweia.2015.01.004.



**XXII Congreso Chileno de  
Mecánica Computacional**  
3 y 4 de octubre de 2024  
Quilpué, Chile



Sociedad Chilena de  
Mecánica Computacional

## **Análisis CFD de una celda de flotación minera utilizando el método Euler-Euler mediante OpenFOAM**

**Pablo Bascuñán<sup>1</sup>, Diego A. Vasco<sup>2</sup>, Claudio García-Herrera<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Servicios integrales de Ingeniería ENERCAT

<sup>2</sup>Departamento de Ingeniería Mecánica - Universidad de Santiago de Chile

Av. Bdo. O'Higgins 3363 – Santiago – Chile

e-mail : pablo.bascunan@enercat.cl, diego.vascoc@usach.cl, claudio.garcia@usach.cl

### **RESUMEN**

Actualmente, el análisis numérico es esencial para optimizar el diseño y el rendimiento de las celdas de flotación en la industria minera. La flotación es un fenómeno complejo, donde se lleva a cabo la concentración y separación de minerales mediante la formación de burbujas de aire en una suspensión [1]. La simulación computacional de estos procesos permite tener una visión detallada de los fenómenos físicos involucrados y mejorar la eficiencia del proceso de flotación [2]. En el presente estudio, se emplea el software OpenFOAM para realizar simulaciones tridimensionales del proceso de flotación en régimen turbulento, utilizando el enfoque de volúmenes finitos Euler-Euler para interpretar las fases gas y sólido como un continuo [3]. El análisis de los resultados de la simulación computacional de una celda de flotación de aire forzado proporciona una comprensión profunda del comportamiento fluido-dinámico, incluidas las burbujas y las partículas sólidas al interior de la celda.

### **REFERENCIAS**

- [1] Shen, Z.; Zhang, M.; Fan, X.; Shi, S.; Han, D. (2019), 'Hydrodynamic and Flotation Kinetic Analysis of a Large Scale Mechanical Agitated Flotation Cell with the Typical Impeller and the Arc Impeller'. *Minerals*, 9(2), 79. doi:10.3390/min9020079.
- [2] Koh, P.T.L. & Schwarz, Phil, 'A novel approach to flotation cell design', *Separation Technologies for Minerals, Coal, and Earth Resources*. 575-582.
- [3] G. Holzinger, 'Eulerian two-phase simulation of the flotation process with OpenFOAM', Johannes Kepler Universität Linz. 2016