

Propuesta de Tesis de Ingeniería Mecánica

Alumno: Juan Ignacio Teich

Director: Dr. Alejandro Daniel Otero

Co-Director: Ing. Dimas Alejandro Barile

Título: *Análisis paramétrico de actuadores discales para simulación de aerogeneradores en parques eólicos*

Descripción del tema

1. Resumen

En este trabajo se realizará un análisis de los distintos modelos de actuadores discales disponibles en la bibliografía, variando parámetros característicos de cada actuador. Se analizará el comportamiento de los mismos frente a distintas condiciones, como puede ser estar detrás de la estela de otro actuador, ya sea interferencia parcial o total, distintos perfiles de velocidad de entrada, distinta orientación frente al viento, etc. Se evaluará la relación precisión-costo computacional de cada modelo contrastado contra la variante más exacta.

Este análisis permitirá una mejor selección del modelo adecuado para cada caso de aplicación considerando la mayor precisión posible al menor costo computacional.

2. Estado actual del conocimiento sobre el Tema

A la hora de simular aerogeneradores en parques eólicos, la representación exacta de los aerogeneradores resulta de un costo computacional muy elevado. Es por esto que se han desarrollado alternativas para poder simular su efecto, una de ellas siendo la técnica de actuadores. Entre ellos se encuentra el modelo de actuador discal [6]. Este modelo consiste de un disco con fuerzas aplicadas sobre el fluido, equivalentes a las desarrolladas sobre las aspas de una turbina real. Al no necesitar incluir el detalle de las aspas, el costo computacional resultante es sumamente menor.

Dentro de los distintos modelos de actuadores discales se tiene una gama muy amplia de complejidad, dando resultados de variada satisfacción según el caso a simular. El modelo de actuador más preciso es el *airfoil*, el cual incorpora la teoría del elemento de pala o perfil alar, desarrollando un disco con infinitos perfiles alares. El modelo más simple de actuador es el *uniforme*, el cual distribuye de forma uniforme la fuerza del aerogenerador. Este modelo se encuentra muy limitado, solo pudiendo funcionar con velocidad uniforme a su entrada. Esto lo hace incapaz de simular diversos casos, como por ejemplo encontrarse en la estela de otro aerogenerador.

3. Objetivos

Como objetivo general de este plan de investigación se propone el desarrollo de un análisis paramétrico de los distintos actuadores discales disponibles en la bibliografía, comparando su comportamiento y costo computacional frente al actuador *airfoil*.

Objetivos específicos:

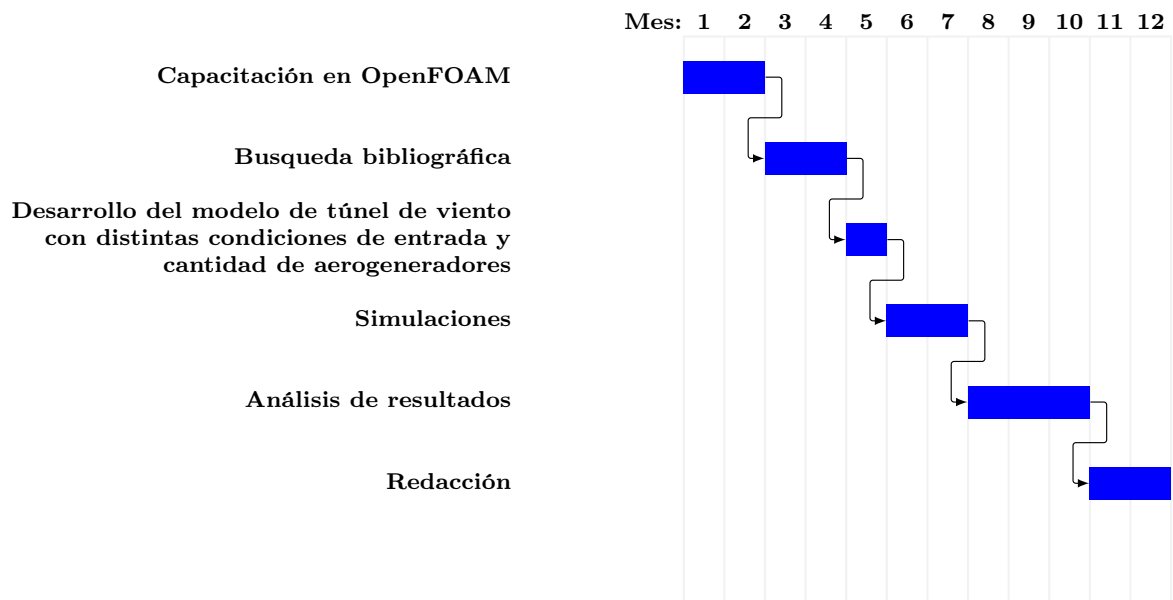
- Realizar una búsqueda bibliográfica sobre los actuadores discales disponibles y sus prestaciones.
- Implementar los actuadores discales a estudiar en el software OpenFOAM con condiciones de entrada de flujo uniforme y flujo atmosférico.
- Realizar simulaciones de un túnel de viento de todos los actuadores en situaciones de flujo libre, interferencia total o parcial.
- Analizar el costo computacional y la precisión obtenida en cada caso.

4. Metodología y plan de trabajo

El modelo CFD se realizará con el software open-source OpenFOAM, utilizándolo para resolver las ecuaciones de Navier-Stokes con simulaciones RANS (Reynolds Average Navier Stokes). Este software permite la implementación de los actuadores y el desarrollo de los casos necesarios para el análisis. Además, la simulación de los casos a desarrollar impone la necesidad de simulaciones en paralelo utilizando una gran cantidad de procesadores, para lo cual el software OpenFOAM es adecuado.

Se realizará un estudio bibliográfico de los actuadores desarrollados y además de características adicionales que puedan ser encendidas y apagadas al aplicar un aerogenerador. Luego se desarrollarán diversos casos de prueba tomados de la bibliografía, y se compararán los actuadores con el actuador *airfoil*, el cual es aceptado como el más preciso en representar la realidad, aunque el de mayor costo computacional.

5. Cronograma de tareas



Referencias

- [1] D A Barile y A D Otero. “Simulación de Efectos Transitorios en el Parque Eólico Rawson: Impacto de los Cambios de Dirección de Viento.” En: (2022).
- [2] D A Barile y col. “Transient phenomena study in wind energy by means of LES simulations: impact of wind direction changes”. En: *Journal of Physics: Conference Series* 2505.1 (mayo de 2023), pág. 012038. ISSN: 1742-6588, 1742-6596. DOI: 10.1088/1742-6596/2505/1/012038. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/2505/1/012038> (visitado 06-10-2023).
- [3] Gonzalo P. Navarro Diaz, A. Celeste Saulo y Alejandro D. Otero. “Full wind rose wind farm simulation including wake and terrain effects for energy yield assessment”. En: *Energy* 237 (2021), pág. 121642. ISSN: 0360-5442. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.121642>. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544221018909>.
- [4] K. Gunn y col. “Limitations to the validity of single wake superposition in wind farm yield assessment”. En: *Journal of Physics: Conference Series* 749 (2016). DOI: 10.1088/1742-6596/749/1/012003. URL: <https://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/749/1/012003>.
- [5] F. Lazzari. “Simulación computacional de estelas en parques eólicos”. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, 2018.
- [6] R. Mikkelsen. *Actuator disc methods applied to wind turbines*. OCLC: 474919625. 2004. ISBN: 978-87-7475-296-7.
- [7] G. P. Navarro Diaz. “Simulación del efecto de la interacción de turbinas eólicas con su ‘entorno’”. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, 2019.
- [8] G. P. Navarro Diaz y col. “Actuator line model using simplified force calculation methods”. En: *Wind Energy Science* 8.3 (2023), págs. 363-382. DOI: 10.5194/wes-8-363-2023. URL: <https://wes.copernicus.org/articles/8/363/2023/>.
- [9] F. Spirito. “Simulación computacional de estelas y su interacción con el terreno en parques eólicos mediante modelos reducidos de estelas”. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ingeniería, 2023.

Ámbito de desarrollo propuesto

Se propone como ámbito de trabajo el Centro de Simulación Computacional para Aplicaciones Tecnológicas (CSC, CONICET).

Aval de Director, Co-Director y CV

Se adjuntan los documentos.

Estimación de costos y la previsión de la fuente de financiamiento

El Centro de Simulación Computacional para Aplicaciones Tecnológicas cuenta con computadoras disponibles para realizar las simulaciones necesarias.

Solicitud de Alta de TIM

Sirva la presente propuesta de Tesis de Ingeniería Mecánica como solicitud formal de alta.

Acta de acuerdo entre Director, Co-Director y Alumno

Se adjuntan el documento.