

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE UNA TURBINA SAVONIUS BAJO CONDICIONES DE SUPERFICIE LIBRE.

Integrantes:
Mateo Velandia Suarez
Nicolas Ardila Vergara
Laura Catalina Ramírez

APLICACIONES DE ELEMENTOS FINITOS

RESUMEN

El diseño de turbinas en canales con interfase agua-aire presenta desafíos importantes en la ingeniería hidráulica. Este estudio investiga el comportamiento del flujo a través de una turbina sumergida, utilizando simulaciones avanzadas para modelar con precisión las interacciones entre los fluidos. La metodología empleada permite evaluar el rendimiento del diseño de la turbina en condiciones complejas, ofreciendo una solución para mejorar la eficiencia en sistemas de energía renovable.

INTRODUCCIÓN

El problema planteado es un problema real del proyecto de investigación FLUSS, en el cual se busca indagar la viabilidad de las turbinas hidrocinéticas tipo Savonius de eje horizontal en ríos de montaña, el problema de simulación planteado busca responder interrogantes sobre el desempeño de la turbina en un ambiente de laboratorio previo a la construcción y diseño para un banco de pruebas de turbinas en el canal de pruebas hidráulicas del IEI



Canal de hidráulica

OBJETIVOS

I-A. Objetivo general

Desarrollar un modelo de simulación de una turbina Savonius sumergida en un canal con superficie libre utilizando ANSYS, con el fin de analizar bajo estas condiciones el comportamiento del campo del flujo, el coeficiente de potencia C_p , coeficiente de arrastre C_d , coeficiente de sustentación C_l , y coeficiente de momento C_m de la turbina.

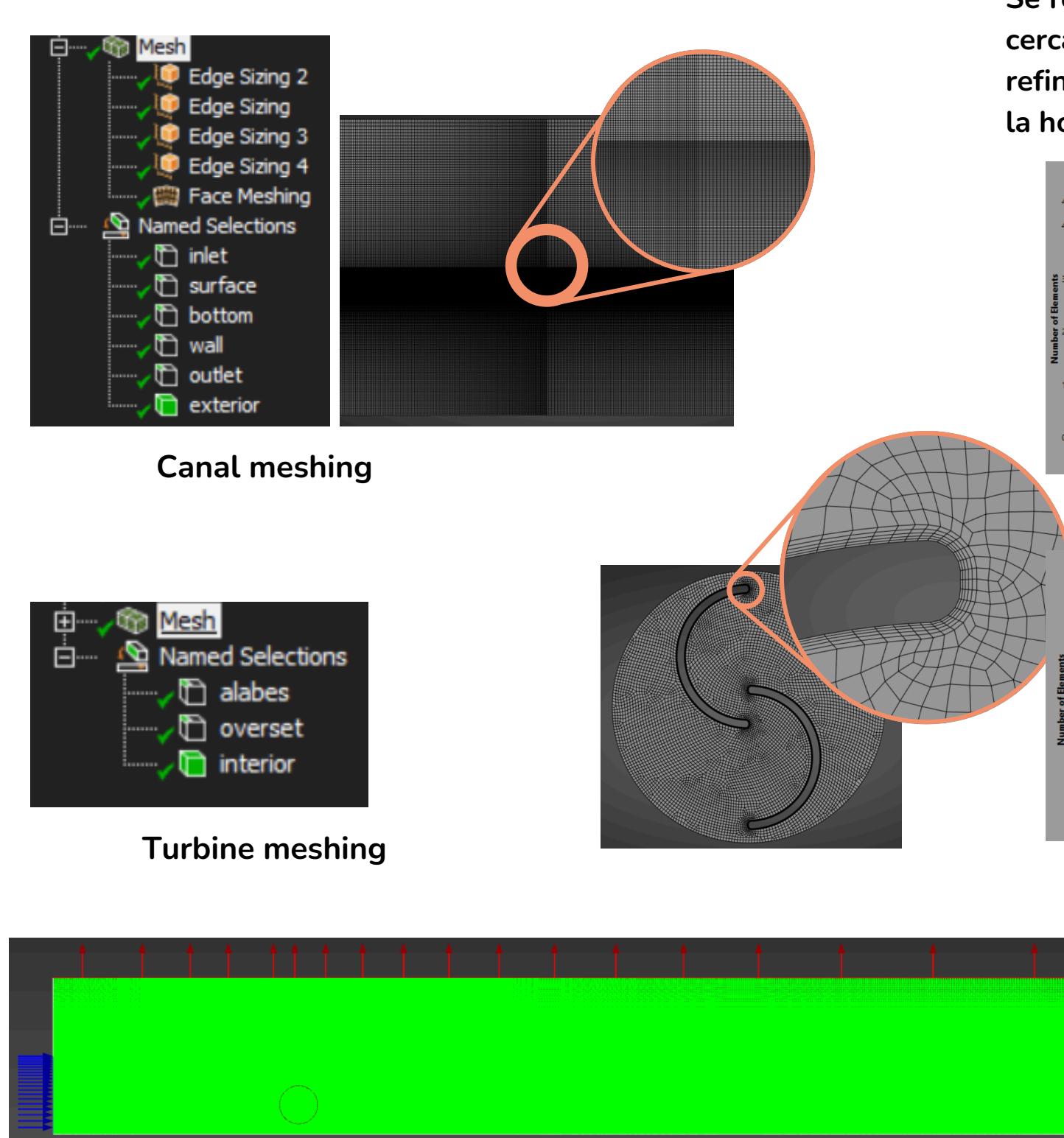
I-B. Objetivos específicos

- Modelar la turbina y el canal con las condiciones de contorno necesarias, considerando la interfase de superficie libre.
- Realizar experimentos de convergencia de malla planteado un enmallado adecuado para el problema planteado basado en las mallas propuestas por [1], revisando la convergencia de malla y las estadísticas de malla para garantizar resultados fiables en las simulaciones.
- Analizar y comparar los resultados obtenidos con la literatura, evaluando el comportamiento del flujo, y el desempeño de la turbina para identificar y entender las diferencias causadas por la interfase de la superficie libre y el bloqueo [4] por el bajo nivel del agua en el desempeño de la turbina.

METODOLOGÍA

La metodología seguirá un enfoque iterativo, comenzando con la creación del modelo de la turbina, realizando simulaciones preliminares y luego ajustando el modelo y las condiciones de contorno según los resultados obtenidos. Se hará un análisis comparativo con los datos de la literatura, y se extraerán los valores clave como la velocidad, y el desempeño de la turbina.

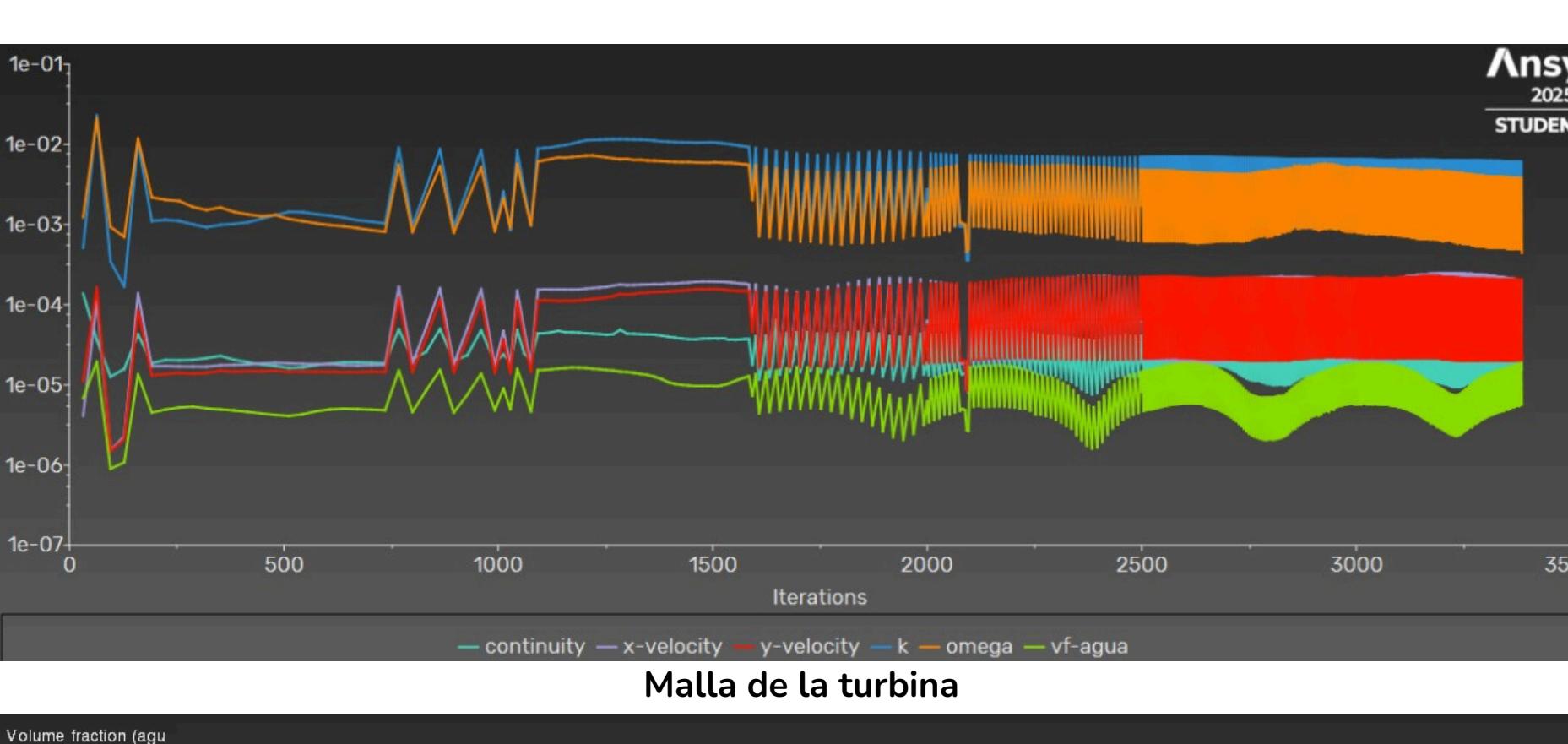
Meshing performance analysis



Se realizaron edge sizing priorizando la interfaz agua-aire, y el dominio cercano a la turbina, con el objetivo de conseguir una malla más refinada, ya que si esto no se hace, la ecuación de continuidad diverge a la hora de realizar la simulación en Fluent.

Aunque las calidades de malla no son las ideales, es necesario usar esa configuración específica, ya que aseguran la convergencia de las ecuaciones en Fluent, por lo cual se consideran aceptables en este caso específico.

RESULTADOS Y VALIDACIÓN



Al simular en Fluent, se solicitan las respuestas de volumen fracción del agua, para caracterizar el movimiento y comportamiento de la interfaz agua-aire, y campo de velocidades del agua.

Se realizaron 1000 pasos de tiempo, con un valor de tamaño de paso de tiempo de 0.01, con 20 iteraciones por paso de tiempo.

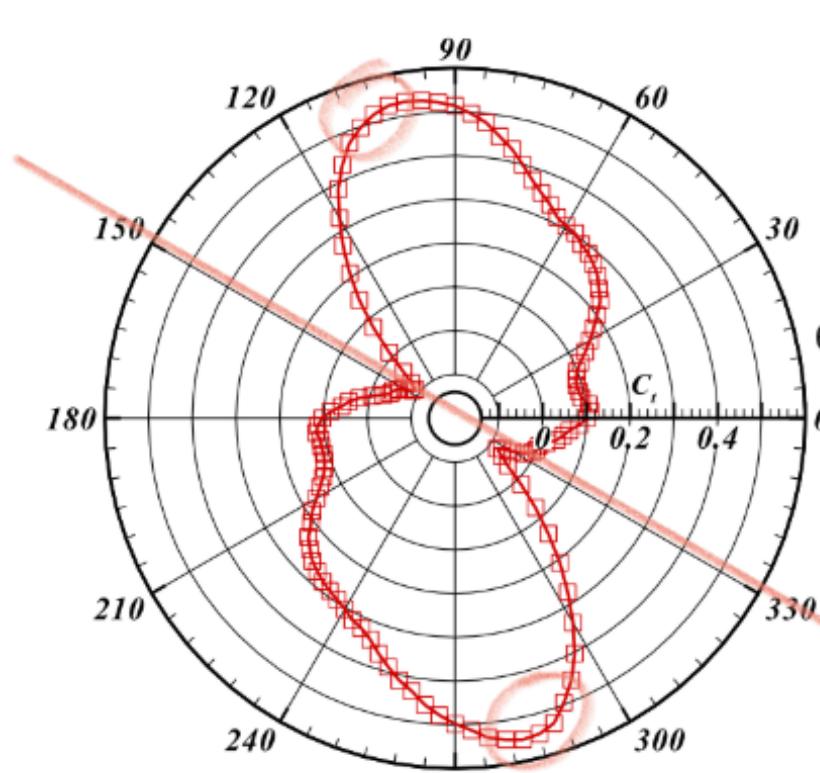
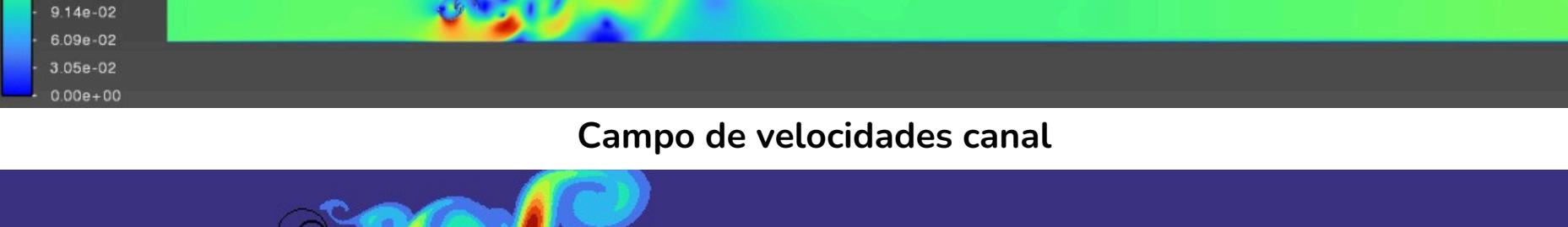
Se obtienen resultados de scaled residuals estables después de 1500 iteraciones aproximadamente, denotando una tendencia de convergencia.

El movimiento impuesto de la turbina, genera perturbaciones en la interfaz agua-aire, en tanto que se forma pequeñas olas en la superficie, que son más evidentes -mayores al aumentar el número de revoluciones por minuto de la turbina.

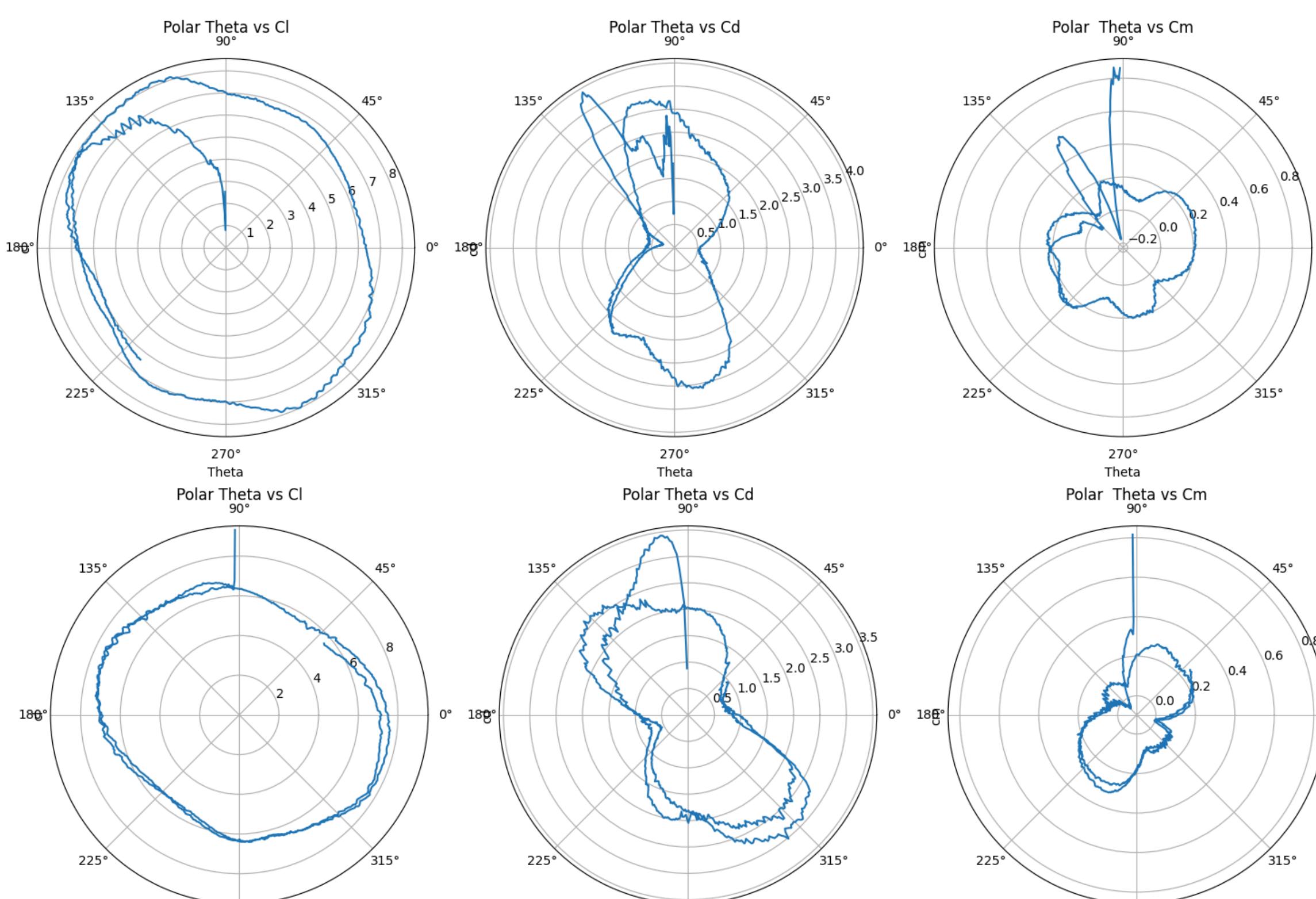
En la realidad se observaba en el túnel de hidráulica cualitativamente, que las perturbaciones en la interfaz del canal, son mayores a las que reporta la simulación, sería necesario comparar los resultados con futuros resultados de pruebas en el canal, para corroborar la validez de los resultados.

Se observa en los resultados del campo de velocidades que se forman vórtices a causa de la turbina, además se observa que cerca de la piso, se presenta una mayor velocidad dado el bloqueo por la turbina y el piso del canal.

Formación de torbellinos a causa del movimiento de la turbina (eddies)

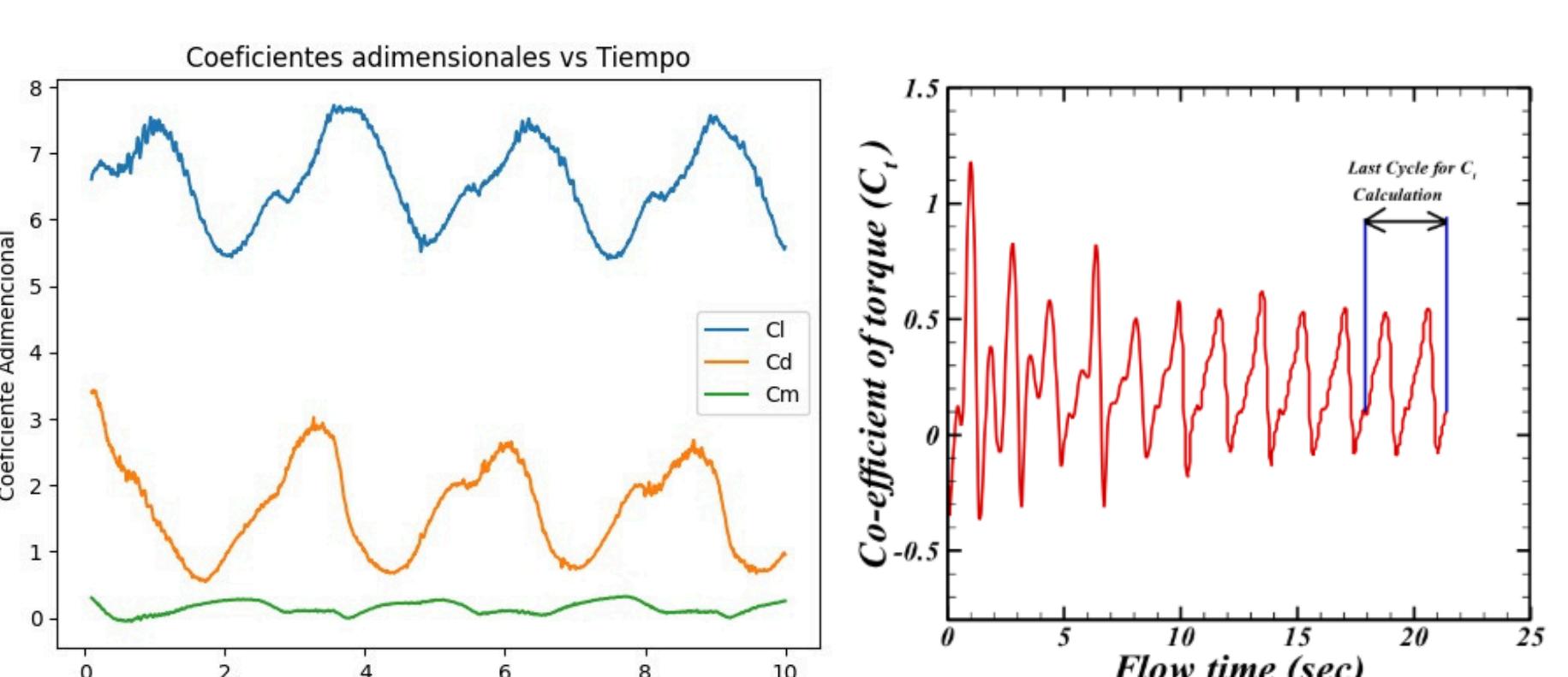


Coeficiente de momento frente a ángulo, para TSR=0.8, tomado de [1]

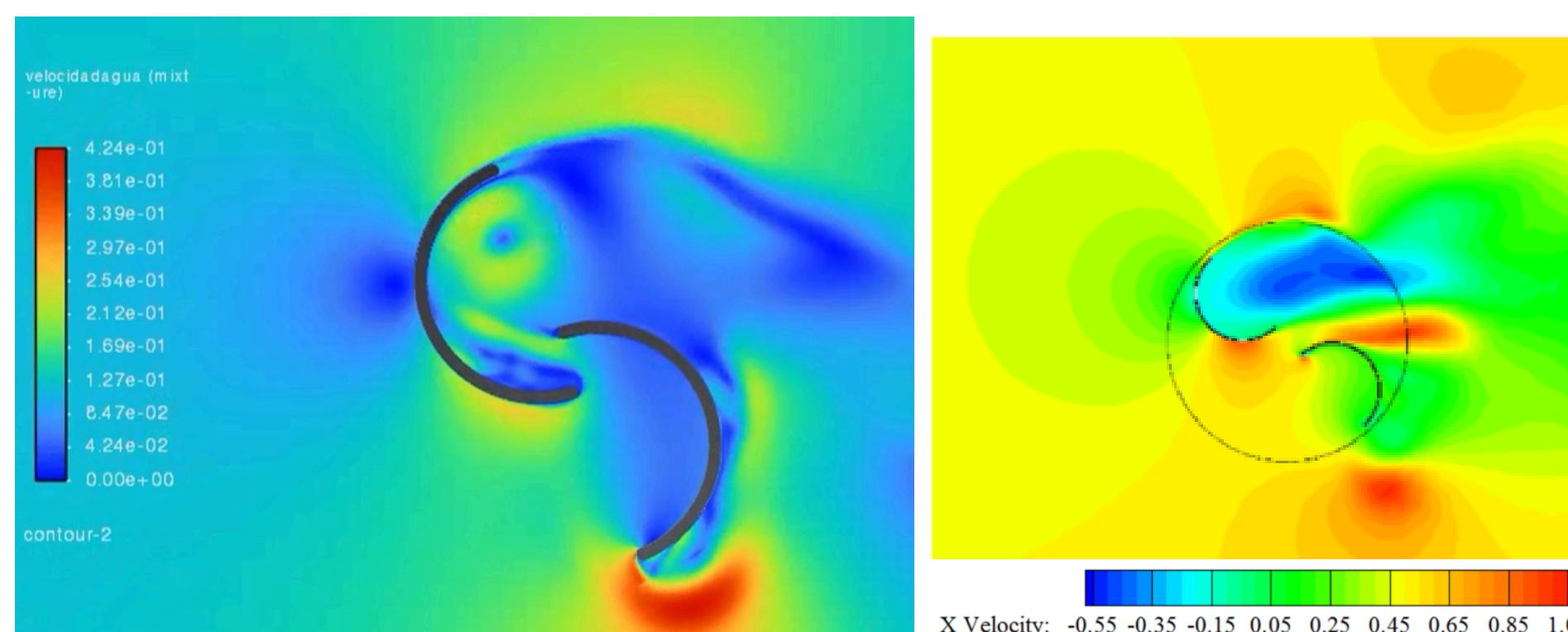


Coeficiente de sustentación, arrastre y momento frente al ángulo para TSR=0.6 (Arriba) y TSR=0.8 (Abajo)

Al evaluar los resultados temporales se observa que las condiciones de esta simulación presentan un convergencia más rápida al valor pseudo estacionario, por limitaciones de recursos computacionales no fue posible simular más de 10 segundos, sin embargo al compararlo con los resultados de [1] se presentan menores inestabilidades en los primeros segundos, y se podría simular un numero menor de ciclos de la turbina que los presentados en la bibliografía, así aumentando la eficiencia de la simulación, sin embargo es necesario hacer una revisión a fondo el tiempo de establecimiento del sistema.

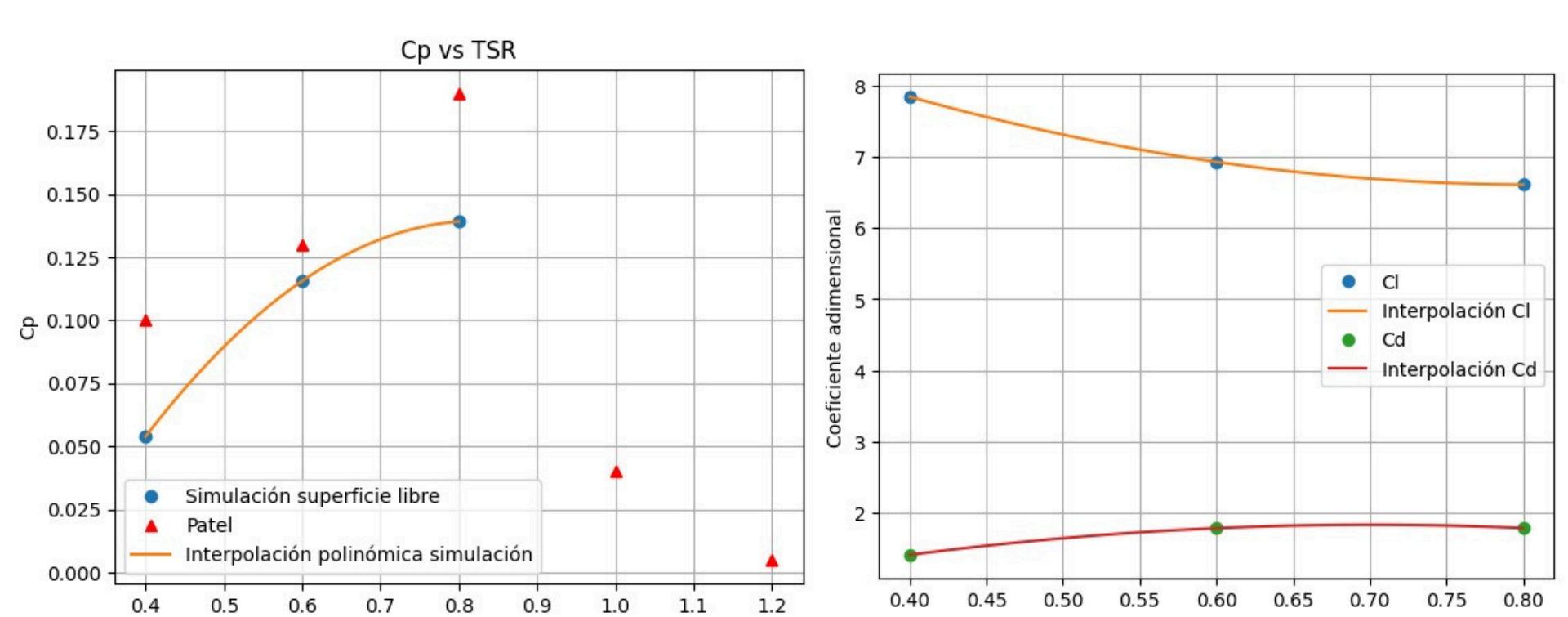


Coeficiente de sustentación, arrastre y momento frente al tiempo para TSR=0.8 (Izquierda) y Coeficiente de momento frente al tiempo tomado de [1] TSR=0.8 (Derecha)



Campo de velocidades en la cercanía de la turbina simulación con superficie libre (Izquierda) y tomado de [1] (Derecha)

Para las 3 velocidades simuladas se observa una tendencia similar a los datos reportados por Patel [1] sin embargo se observa que los datos de superficie libre tienen un coeficiente de potencia menor a los de la turbina bajo flujo uniforme sin superficie libre, esto puede deberse a la discrepancia entre la geometría del artículo y la simulada o por el efecto de la superficie libre. Para determinar el causal de esta disminución el coeficiente de potencia se requieren más experimentos numéricos. Añadido a esto las fuerzas de arrastre de la turbina aumentan con la velocidad angular de la turbina y la sustentación disminuye al aumentarla.



Coeficiente de potencia frente a TSR (Izquierda) y coeficiente de sustentación y de arrastre (Derecha).

CONCLUSIONES

- Los resultados de las simulaciones elaboradas se ajustaron a los correspondiente con la literatura, y al artículo principal [1] con el cual se realizaba la comparación.
- La simulación muestra un comportamiento de convergencia temporal adecuado al observar los residuales y una buena calidad de malla lo que da confiabilidad en la estabilidad numérica de la simulación, además de que al observar el comportamiento de los contornos de fracción de volumen y velocidad no se presentan violaciones de la continuidad del fluido en el dominio.
- se observa una fuerte dependencia del coeficiente de arrastre frente a los datos de la literatura sin superficie libre.
- Se encuentra que para los puntos explorados el TSR máximo corresponde al de la bibliografía, sin embargo se observa una perdida de desempeño en los 3 puntos explorados.

REFERENCIAS

- [1] Patel, R. S., & Patel, V. K. (2023). Numerical investigation and experimental validation about negative overlap in Savonius hydrokinetic turbine. Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering, 45(648). <https://doi.org/10.1007/s40430-023-04557-4>
- [2] Fernando Alonso Rivera Martínez, Jorge Luis Rodríguez Leguizamón y Vladimiro Zambrano Camacho. "Estudio de la canaleta Parshall como mezclador rápido". Proyecto de Grado. Colombia: Universidad Nacional de Colombia, 1980.
- [3] F.R. Menter, R. Lechner y A. Matyushenko. Best Practice: RANS Turbulence Modeling in Ansys CFD. Inf. t. Ver. 1.0. Ansys Germany GmbH, NTS, Petersburg, Russia, 2021.
- [4] J. I. Whelan, J. M. R. Graham y J. Peir'o. "A free-surface and blockage correction for tidal turbines: Jour-nal of Fluid Mechanics". En: Cambridge Core (abr. de 2009). URL: <https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-fluid-mechanics/article/abs/freesurface-and-blockage-correction-for-tidal-turbines/2DD9EBC15F03B8D03B298AFAEAE375C4>.