





Estudio comparativo del perfil de flujo en un sistema de mezclado.

Diego Flores Alvarado

Dr. Hector Alfredo López Aguilar, Dr. Antonino Pérez Hernández.

Departamento de Metalurgia e Integridad Estructural. Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMAV)

Avenida Miguel de Cervantes Saavedra 120, Complejo Industrial Chihuahua, 31136 Chihuahua.

antonino.perez, hector.lopez, (@cimav.edu.mx), dfloresa1304@alumno.ipn.mx.

Resumen

El perfil de flujo de los sistemas de mezclado, es una primera aproximación para reconocer la eficacia de los mismos. En particular para ser aplicado en sistemas de Biodigestión, como son los fermentadores, para la generación de biogas.

Se hará un análisis comparativo de parámetros de operación y formas de agitador con fines de aumentar el alcance de la onda mecánica producida por los agitadores empleados en un fermentador.

1. Introducción

ERMENTADOR es el nombre que se le da a un sistema que sirve para transformar desechos orgánicos en biocombustible. [1]

Dentro del sistema se encuentran agitadores, de los cuales los dos principales utilizados para fermentadores son los agitadores tipo *Rushton* y los *Pitch Blade*, diferenciándose entre sí, entre otras cosas, por la forma en que se expande la onda mecánica a través del fluido en el que trabajan. [2]

2. Objetivos

- Modelar mediante una herramienta de diseño asistido por computadora (CAD) un agitador compuesto por un eje y dos propelas basado en especificaciones de algún modelo de propela preexistente y de fácil adquisición para dar pie a futuros experimentos de laboratorio.
- Realizar con la ayuda de una herramienta de dinámica de fluidos computacional (CFD) un análisis comparativo del impacto que tienen sobre la onda mecánica del agua en un recipiente cerrado los siguientes factores:
- A) El uso de distintos tipos de agitadores utilizados comúnmente en la industria del tratamiento de aguas.
- B) La variación de la velocidad de operación del mezclador de un fermentador (Oscilando entre 150 y 1500 RPM)

3. Metodología

Selección de las hélices:

Se tomó como referencia para los agitadores (Rushton y Pitch Blade) las dimensiones mostradas en el sitio web del distribuidor de tanques de mezclado Eppendorf de las piezas con números de referencia 78100557 y 78100576 [3] para posible compra y posterior reproducción física del experimento.





Hélice de 3 paletas, Inclinación de 30°

Hélice de tipo Rushton de 6 paletas

Figura 1: Hélices escogidas para análisis.

Modelado CAD:

Para el modelado se utilizó el software *CATIA V5R21* en su versión académica utilizando solamente el módulo *Part Design* y elaborando cada hélice en un *Body* separado para evitar complicaciones al momento de importar a *ANSYS*.

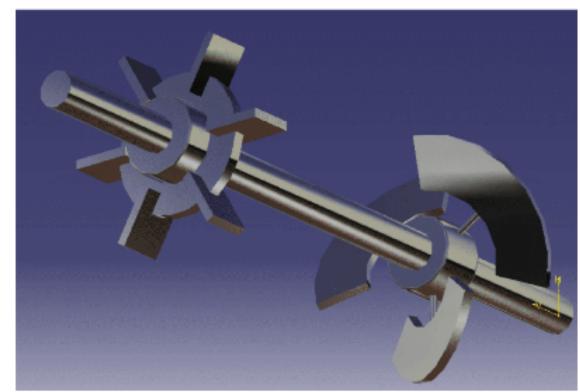


Figura 2: Agitador modelado en CATIA.

Análisis CFD:

Se usó la herramienta ANSYS Workbench 17.2 en su versión académica de investigación para realizar un estudio tipo Fluid Flow mediante los módulos Design Modeler, Meshing y Fluent.

El método que se utilizó para éste estudio en el cual se encuentran cuerpos en movimiento es el de Marcos Móviles de Referencia (MRF por sus siglas en inglés) el cual consiste en simular las zonas móviles y estáticas a las que estarán sujetas las regiones que involucren al agitador. Éste método ocupa métodos numéricos para dar solución a las ecuaciones de velocidad dentro de cada volumen de control y para la conservación de momento la ecuación de Navier-Stokes. [4] [5]

Se preparó el modelo en el sistema definiendo un volumen de control para cada parte móvil y uno para el contenedor tras lo que se realizó un mallado con el método *Proximity and Curvature* con un tamaño máximo de cara de 1.5mm, obteniendo 1,472,179 elementos con una calidad de malla que probó ser apropiada al estudio.

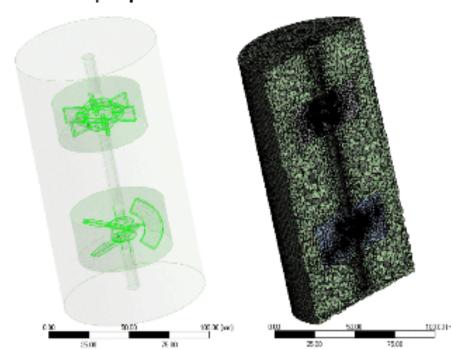


Figura 4: Modelado y mallado de volúmenes de control.

En ANSYS Fluent se aplicó el modelo de viscosidad Kepsilon en su variante realizable, estableciendo parámetros de operación al 10 % y al 100 % de su velocidad operativa (1500 RPM), utilizando para la densidad del fluido de trabajo la del agua. Se consideraron como factores de convergencia los monitores de momento en las paredes de los rotores y de velocidad dentro de los volúmenes de control.

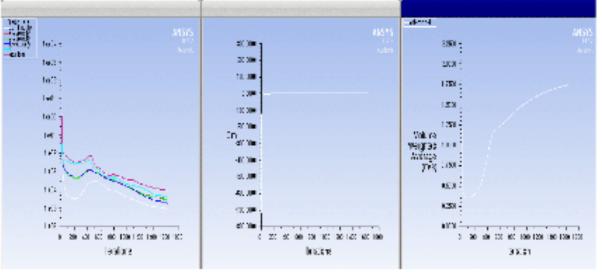


Figura 5: Convergencia de monitores y residuales.

4. Resultados

 Se modeló un agitador para fermentador fácilmente reproductible para experimentación en laboratorio consistente con el comportamiento teórico de los mezcladores.
[1]

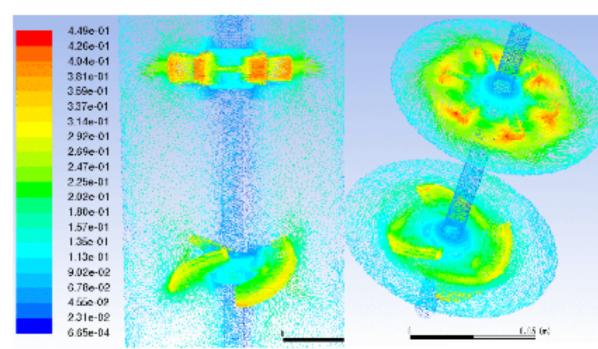


Figura 6: Vectores y contornos de velocidad (En m/s) en las propelas a 150 RPM.

- Se realizó la comparación a 1500 RPM para ambos casos del rotor, con una propela activa y con ambas activas, de los siguientes criterios:
- A) Vectores de velocidad en una sección transversal del fermentador.

- B) Gráficas de distribución de energía cinética de turbulencia (k).
- C) Gráficas de distribución de presión absoluta en el tanque. Para los cuales el eje "Y"del histograma corresponderá al porcentaje del fluido trabajando con las condiciones del eje "X"(Indicando ya sea Energía Cinética de Turbulencia o Presión Absoluta)

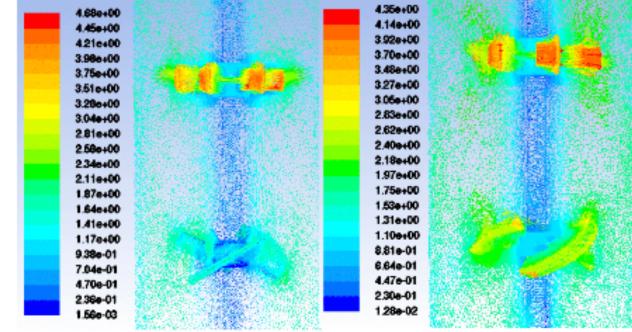


Figura 7: Vectores de velocidad (En m/s) del rotor con una propela activa (Izquierda) y con ambas activas (Derecha)

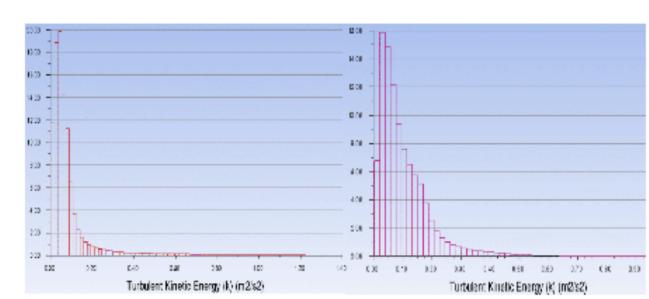


Figura 8: Distribución de "k" con una propela activa (Izquierda) y con ambas activas (Derecha).

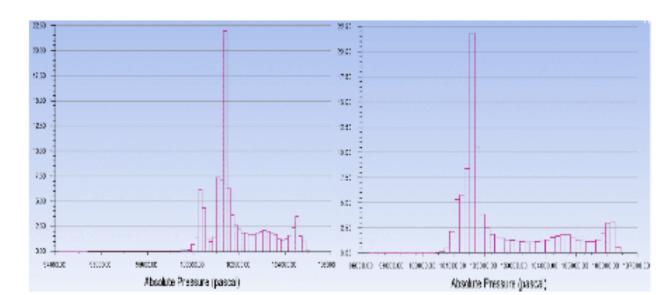


Figura 9: Distribución de presión absoluta al interior del fermentador con una propela activa (Izquierda) y con ambas activas (Derecha).

5. Conclusiones

Se observa que los perfiles de flujo simulados mediante el software coinciden con las líneas de corriente indicadas por el fabricante de las propelas.

La aproximación CAD/CFD nos permite concluir por comparación que es posible mejorar la eficacia del fermentador variando los parámetros de operación, la geometría y el número de propelas activas sin afectar seriamente a otros parámetros como la presión absoluta o k.

Al ser este análisis una herramienta numérica está sujeta a los recursos computacionales disponibles, sin embargo, permite plantear una propuesta preeliminar de modificación relativamente rápida y bastante eficiente.

Referencias

- [1] Arthur Wellinger, Jerry Murphy and David Baxter. The biogas Handbook, 5:117–118, 2013.
- [2] Bryan James. Mixing 101: Flow Patterns & Impellers http://www.dynamixinc.com/mixing-101-the-basic-principles-of-mixing-and-impellers, September 20, 2013
- [3] Eppendorf Web store for DAGSIP Impellers https://online-shop.eppendorf.com.br
- [4] D. Rajavathsavai; A. Khapre; B. Munshi Study of mixing behavior of cstr using CFD. Brazilian Journal of Chemical Engineering, Mar. 2014
- [5] ANSYS Inc. Flows with moving reference frames. ANSYS Fluent Theory Guide, 2: 19–34, 2009.