Licenciatura: Ingeniería Mecánica

Nombre del proyecto:

Efecto de la geometría de los deflectores en el consumo de potencia de tanques agitados

Modalidad: Proyecto de Investigación

Versión: Segunda

Trimestre Lectivo: 22I

Datos del Alumno

Nombre: Mendez Lopez Angel

Matricula: 2152001700

Correo: al2152001700@azc.uam.mx

Firma: _____

Asesor: Dr. Sergio Alejandro Martínez Delgadillo

Profesor Titular C, Departamento de Energía

Tel. 53 18 90 44 Correo electrónico: samd@azc.uam.mx

Firma del asesor: _____

Co-Asesor: Dr. Helvio Ricardo Mollinedo Ponce de León

Instituto Politécnico Nacional. UPIITA. Profesor Titular C. Departamento de Ingeniería.

Tel. 55 3150 6119 Correo electrónico: hmollinedop@ipn.mx

Firma del Co-Asesor: _____

En caso de que el Comité de Estudios de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica apruebe la realización de la presente propuesta, otorgamos nuestra autorización para su publicación en la página de la División de Ciencias Básicas e Ingeniería.

Mendez Lopez Angel.

Dr. Sergio Alejandro Martínez Delgadillo.

Dr. Helvio Ricardo Mollinedo Ponce de León

1. Introducción

Las operaciones de agitación y mezclado son de suma importancia en diversos procesos industriales en la ingeniería química, en biotecnología, en el tratamiento de aguas residuales, en la industria alimenticia, etc. Al ser uno de los procesos industriales que mayor energía consume es necesario aumentar la eficiencia de mezclado, para ello es importante conocer el comportamiento hidrodinámico en el interior del tanque. Se han reportado en la literatura especializada una gran cantidad de estudios relacionados con la agitación y mezclado en tanques con deflectores utilizando impulsores de tipo axial, radial y mixto [1], sin embargo, el comportamiento hidrodinámico de un tanque agitado por impulsores depende de muchas variables físicas y parámetros geométricos, por esta razón es necesario conocer cómo afectan ciertos parámetros geométricos en el desempeño hidrodinámico y en la eficiencia del mezclado. [2]

En el presente proyecto, se va a estudiar la influencia de la posición y separación de los deflectores con respecto a las paredes del tanque cilíndrico y evaluar el patrón de flujo y el comportamiento hidrodinámico en las regiones cercanas a estas zonas. Para estudiar las diferentes configuraciones de deflectores, los modelos se van a comparar con el tanque cilíndrico con deflectores agitado con un impulsor de álabes inclinados (PBT por sus siglas en inglés Pitch Blade Turbine) por ser uno de los sistemas ampliamente estudiados va a ser utilizado como modelo de comparación. Para evaluar el comportamiento hidrodinámico se van a utilizar simulación numérica basada en la Dinámica Computacional de Fluidos (CFD), se van a evaluar el tiempo de mezclado, los campos de velocidad, el consumo de potencia y la eficiencia de bombeo. La Dinámica Computacional de Fluidos es una herramienta computacional basada principalmente en el Método de Volúmenes Finitos que permite resolver las ecuaciones de Navier Stokes en un medio continúo utilizando un modelo discreto constituido por una malla de celdas y resolviendo el sistema de ecuaciones para todo el conjunto de celdas.

En la figura 1 se puede observar un arreglo para la obtención de datos experimentales, el cual consta de un tanque agitado, con un motor de velocidad variable, conectado en serie a una computadora para el registro del consumo de potencia de dicho motor.

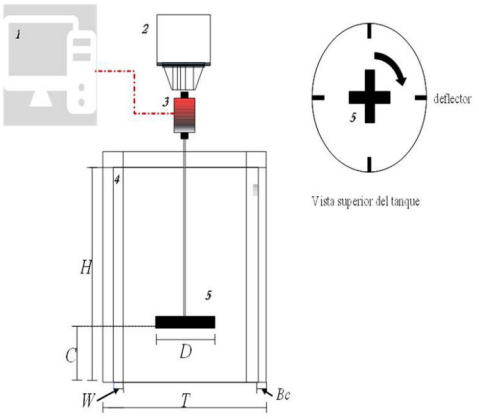

Figura 1. Tanque agitado con deflectores e impulsor PBT. (1) Computadora. (2) Motor de velocidad variable. (3) Torquimetro. (4) deflectores. (5) Impulsor.

2. Antecedentes

Dentro de las operaciones unitarias en diferentes procesos industriales se encuentra el mezclado. El mezclado en tanques agitados es de suma importancia para homogeneizar los contenidos dentro de los tanques, disminuir las diferencias de temperatura o concentración en los mismos. Un mezclado eficiente disminuye, por ejemplo, los tiempos de reacción en los reactores químicos, mezclado de pinturas, entre otras aplicaciones. El mezclado se lleva a cabo mediante impulsores o turbinas que se colocan dentro del tanque agitado el cual, en muchas aplicaciones industriales, cuenta con deflectores que sirven para romper el vórtice, el cual puede afectar el proceso de mezclado que consume una parte importante de la energía que utilizan los procesos industriales, por lo qué, es importante diseñar o modificar tanque, con la finalidad de reducir consumo de potencia. En [3] se determinó que mediante simulación CFD empleando el modelo κ-ε realizable se obtienen valores aceptables para el numero de potencia (N_P) y número de bombeo (N_Q), los cuales fueron comparados con los datos obtenidos experimentalmente mediante velocimetría por análisis de imágenes de partículas (PIV por sus siglas en inglés). Una aproximación En otros trabajos [4], [5] se ha encontrado que modificando la separación del deflector afecta el proceso de mezclado, en cuanto al depósito de sólidos en la pared del tanque. Sin embargo, se utilizó otro tipo de impulsores llamados MAXBLEND, además de que no se evaluó el efecto en el consumo de potencia, tiempo de mezclado y eficiencia de bombeo. Con base en lo anterior, se evaluó el desempeño de dos diferentes variaciones en la estructura de un impulsor muy utilizado de paletas inclinadas o PBT (Pitched Blade Turbine). Se realizaron diferentes simulaciones mediante Dinámica Computacional de Fluidos (CFD) y se evaluó el Numero de potencia (N_P), el Numero de Bombeo (N_Q), la distribución de presiones en los impulsores entre otros parámetros para caracterizar su desempeño. En [5] se estudió el efecto del cambio en la geometría del impulsor en tanques agitados cilíndricos de fondo plano, con una reducción del 6% en la disipación de potencia suministrada en comparación con el modelo convencional.

3. Justificación

La necesidad de reducir los consumos de potencia en los procesos de mezclado en tanques agitados a nivel industriales es de primordial importancia. Algunos de los factores que afectan el consumo de energía en son, por ejemplo, el tipo de impulsores, así como la geometría de los tanques. En este último caso, los deflectores dentro de los tanques agitados juegan un papel muy importante ya que reducen la formación de vórtices, lo que puede afectar el mezclado. En los tanques agitados convencionales se utilizan deflectores que se localizan pegados a su pared, sin embargo, los costos energéticos se incrementan. Por tal razón, en el presente trabajo se evaluará el efecto de la separación de los deflectores de la pared del tanque, con la finalidad de reducir los costos en el consumo de potencia en el proceso de mezclado. En este estudio, se utilizarán impulsores de amplio uso industrial como es de alabes inclinados (Pitched Blade Turbine o PBT). Se evaluará el consumo de potencia mediante la medición del torque en la flecha del impulsor, el flujo bombeado, así como el tiempo de mezclado para las diferentes distancias de separación de los deflectores.

4. Objetivos

Objetivo General

Estudiar la influencia de la separación de los deflectores en un tanque agitado con impulsores PBT en el comportamiento hidrodinámico de mezclado y los patrones de flujo en las regiones cercanas a la pared del tanque.

Objetivos particulares

- Calcular el tiempo de mezclado para cada configuración de distancia de separación del deflector.
- Evaluar el consumo de potencia a través de la medición del torque en el impulsor para las diferentes configuraciones de separación del deflector.
- Analizar la influencia de la separación de los deflectores en la eficiencia de bombeo del impulsor PBT.

5. Metodología

Se estudiará el comportamiento hidrodinámico de un tanque agitado cilíndrico con fondo plano, el cual tiene un diámetro de 24 cm y una altura de 0.24 cm, con deflectores de 2.4 cm de longitud por 3mm de ancho, este será agitado mediante un impulsor del tipo PBT, con un diámetro total de 78.8 mm, diámetro central de 15.9 mm, altura de 13 mm, espesor de hoja de 1.5mm y ancho de hoja de 15.9 mm utilizando deflectores separados de la pared del tanque a 5 mm y 10 mm, se analizará la influencia de la distancia de separación de los deflectores a la pared del tanque en el desempeño del tiempo de mezclado. Los análisis hidrodinámicos se van a realizar mediante simulación numérica basada en Dinámica Computacional de fluidos (CFD). Los modelos modificados se van a comparar con el modelo de tanque cilíndrico de fondo plano con deflectores sin separación agitado por un impulsor PBT, ampliamente estudiado. La geometría tridimensional de cada modelo con deflectores separados se va a generar utilizando software de diseño asistido por computadora. Se realizará un estudio de independencia de malla en la solución numérica para determinar el tamaño de malla adecuado para obtener una solución independiente de la densidad de malla, para esto, se van a modelar tres densidades de malla: gruesa, media y fina, y aplicar los criterios de independencia de malla apropiados. Los modelos se van a simular utilizando una velocidad del impulsor de 300 rpm por la amplia información y resultados experimentales disponibles para el impulsor PBT a esta velocidad. Se va a utilizar la técnica de simulación de Sistemas de Referencia Múltiples y el modelo de turbulencia κ-ε realizable que se ha mostrado adecuado para este tipo de problemas. Se evaluará el consumo de potencia a las diferentes configuraciones de distancia de separación del deflector mediante el cálculo del torque en el impulsor. Asimismo, para cada caso se va a evaluar la eficiencia de bombeo del impulsor a para cada configuración geométrica. Se obtendrán los contornos de los campos de velocidad en el tanque y en las zonas de descarga, cercanas al impulsor, y en las regiones de interés para estudiar la influencia de la separación en cada caso. Se calcularán los números de potencia N_P con base en la ecuación 1

$$N_P = \frac{P}{\rho\, N^3\, D^5} \tag{1}$$

Donde:
$P = 2\pi\, N\, T$ [3] es la potencia en la flecha (W); *N*= las revoluciones por segundo del impulsor (rps); *T* = Torque (N m); ρ = la densidad (kg·m^{-3}) y D es el diámetro de impulsor (m).

Así mismo, se obtendrá el número de bombeo N_Q (ecuación 2) para comparación con los tanques convencionales.

$$N_Q = \frac{Q}{N\, D^3} \tag{2}$$

Dónde:
Q es el flujo volumétrico que pasa a través del impulsor (m^3 s^{-1}). La eficiencia de bombeo (η) se evaluará mediante la ecuación 3 [6], [7]:

$$\eta = \frac{N_Q}{N_P} \tag{3}$$

También, se realizarán pruebas, para evaluar el efecto de la separación de los deflectores en el tiempo de mezclado (θ_{95}), el cual se calculará mediante la evaluación de la uniformidad (U) con la ecuación 4.

$$\mathrm{U} = 1 - \frac{\sigma_{c^*(t)}}{\overline{c^*(t)}} \tag{4}$$

Donde $\sigma_{c^*(t)}$ es desviación estándar de la concentración del trazador normalizada y $\overline{c^*}(t)$ es el promedio de la concentración normalizada. La concentración normalizada del trazador en función del tiempo (c*(t)), se define en la ecuación 5**.**

$$c^*(t) = \frac{c(t) - c(t_0)}{c(t_\infty) - c(t_0)} \tag{5}$$

Donde;
c(t) es la concentración del trazador a diferentes tiempos (mg/L); c(t_0) es la concentración del trazador al tiempo cero (mg/L) y c(t_∞) es la concentración del trazador a tiempo en que se estabiliza la concentración final de la prueba (mg/L).

Se realizarán las simulaciones con un criterio de convergencia de 1x10^{-5}. Se obtendrán los parámetros antes citados y se realizará el análisis los resultados obtenidos, para elaborar el informe final.

6. Normatividad

No Aplica

7. Cronograma de actividades

UEA para la que se solicita autorización: Proyecto de Integración en Ingeniería Mecánica I

Actividades del trimestre 22P	Semana										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
I. Diseñar las estructuras a probar y generar Mallado.											
II. Realizar pruebas de independencia de Malla.											
III. Simulación numérica para determinar Potencia (P) , N_P, N_Q , Θ_{95} con una separación de 5 mm de los deflectores a la pared del tanque											
IV. Simulación numérica para determinar Potencia, N_P, N_Q , Θ_{95} con una separación de 10 mm de los deflectores a la pared del tanque											
V. Comparar las simulaciones a las diferentes separaciones de los deflectores											
VI. Elaborar el Reporte final.											

8. Entregables

Resultados de simulaciones a las diferentes distancias del deflector que deberán incluir:

-Estudio de independencia de malla-Criterios de convergencia

-Figuras con los campos de velocidad, vorticidad, intensidad de turbulencia.

-Resultados del torque, tiempo de mezclado, Numero de potencia, Numero de Bombeo y eficiencia de bombeo para cada caso.

-Reporte Final

9. Referencias Bibliográficas.

[1] Nagata, S. *Mixing: Principles and Applications*; Halsted Press, 1975

[2] Bloch, H. and Soares, C., 1998. *Process plant machinery*. 2nd ed.

[3] Mendoza-Escamilla, V., Alonzo-García, A., Mollinedo, H., González-Neria, I., Antonio Yáñez-Varela, J. and Martinez-Delgadillo, S., 2018. Assessment of k – ε models using tetrahedral grids to describe the turbulent flow field of a PBT impeller and validation through the PIV technique. *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 26(5), pp.942-956.

[4] Eri S, *Effect of Baffle Clearance on Scale Deposition in an Agitated Vessel*; American Chemical Society, 2021

[5] Zhang, Y., Gao, Z., Li, Z. and Derksen, J., 2017. Transitional flow in a Rushton turbine stirred tank. *AIChE Journal*, 63(8), pp.3610-3623.

[6] Mittal, G. and Issao Kikugawa, R., 2021. Computational fluid dynamics simulation of a stirred tank reactor. *Materials Today: Proceedings*, 46, pp.11015-11019.

[7] Aubin, J., Mavros, P., Fletcher, D., Bertrand, J. and Xuereb, C., 2001. Effect of Axial Agitator Configuration (Up-Pumping, Down-Pumping, Reverse Rotation) on Flow Patterns Generated in Stirred Vessels. *Chemical Engineering Research and Design*, 79(8), pp.845-856.

10. Terminología

No aplica

11. Infraestructura

No aplica

12. Asesoría complementaria

No Aplica.

13. Publicación o difusión de los resultados.

Ponencia en Congreso Nacional.

Efecto de la geometría de los deflectores en el consumo de potencia de tanques agitados			
Comentario del CEIM		Acción realizada	
Pagina.	Comentario	Pagina.	Comentario
1	Corregir.	1	Se cambió a trimestre 22I.
3	Revisar redacción.	3	Se modificó la redacción como lo sugirió el CEIM, se cambió “bombero” por bombeo.
3	Indicar la referencia de donde se obtuvo la figura, en todo el documento.	3	La imagen es de autoría propia.
4	Revisar redacción.	4	Se colocaron corchetes a las referencias y se eliminó “en el presente trabajo”.
4	Agregar dos referencias más, en los antecedentes, como lo indica la Guía.	4	Se agregaron dos referencias.
4	Revisar la redacción, no hay claridad.	4	Se cambió la redacción y se eliminó “se evaluará el consumo de potencia mediante la evaluación del torque”.
4	Revisar la redacción.	5	Se modificó la redacción en los objetivos particulares.
5	Revisar la redacción.	5	Se cambió la redacción, se eliminó “revolverán”.
5	¿Se cuenta con la licencia y equipo apropiado?	5	Se eliminó la mención al software.
5	Falta especificar la cantidad de configuraciones a probar, especificando los parámetros necesarios para esta propuesta. Esto permitirá conocer el alcance de la propuesta.	5	Se agregó una descripción física del tanque agitado que se analizará y las distancias de separación propuestas.
5	Revisar la redacción.	6	Se eliminó “(2)”.
5	¿Qué es?	6	Se agregaron paréntesis a “θ_{95} " para indicar que se trata del tiempo de mezclado.
6	Revisar redacción.	6	Se corrigieron los errores ortográficos.
6	Esta actividad no es necesaria.	7	Se eliminó “revisar bibliografía” del cronograma de actividades.
6	Detallar y separar en diferentes actividades esta actividad.		Se dividió la actividad IV y se especifica la distancia de separación de los deflectores.
6	Mantener con el siguiente texto.	7	Se desplazó el texto a la página siguiente.
6	Revisar la redacción.	7	Se eliminó la actividad, ya que queda dentro de las actividades anteriores.
7	Revisar el formato según lo indicado en la guía.	8	Se corrigió el formato de las referencias.