

ANALISIS DE FLUJOS DENTRO DE UN DIGESTOR ANAEROBIO MEDIANTE UN CFD

Tema B. (Hidrología, usos y gestión del agua)

Tema C. (Agua y ciudad.)

Alexandra Martínez Mendoza¹, P. Amparo López Jiménez¹, Tatiana Montoya Martínez²
¹Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente. Universitat Politècnica de València.
Camino de Vera S/N 46022, Spain.

²Grupo Aguas de Valencia. Avenida Marqués del Turia 19 46005 Valencia.

almarmen@posgrado.upv.es

En los últimos años, la digestión anaerobia ha sido una alternativa para la digestión y estabilización de lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales. La eficiencia de este sistema se debe a una adecuada mezcla de los fangos, temperatura estable y elevados tiempos de retención. En este estudio se construye un modelo computacional de fluido dinámico CFD, para la modelación del flujo dentro de un digestor anaerobio, perteneciente a la EDAR QUART-BENÁGER. Donde se pretende estudiar la mecánica de los fluidos y la dinámica del comportamiento de las velocidades del flujo; con el fin de obtener resultados de mezcla eficiente.¹⁻²

1. DESARROLLO DEL MODELO

El modelo se desarrolló utilizando un CFD, Fluido dinámico computacional. El cual resuelve numéricamente las leyes que rigen la dinámica de los fluidos; resolviendo ecuaciones a través de un dominio geométrico. Las magnitudes de velocidad, presión y temperatura se calculan de una manera discreta en los nodos de una malla o red, que describe la geometría del flujo a modelar³.

El modelo desarrollado se llevo a cabo a de la siguiente manera:

- Se elaboró una réplica **geométrica del entorno fluido**, basada en las dimensiones reales del digestor (30,50 m de diámetro y 8,80 m de altura cilíndrica útil). La extracción de los fangos se realiza por una tubería central y por una toma a media altura. La entrada del fango, se realiza por dos toberas que pertenecen al sistema de agitación, el cual consiste en un dispositivo de batido por medio de un chorro, que provoca una corriente dentro del digestor con un arrastre debido a las fuerzas resultantes y a la velocidad del chorro.
- Se creó el modelo matemático a partir del modelo geométrico, que se denomina **mallado o discretización del continuo** y se ha resuelto el correspondiente sistema de ecuaciones. El mallado que obtenido es muy preciso, con un tamaño de celda de 0,22 m, el cual proporcionó soluciones razonablemente estables.
- Con el mallado realizado se definieron las **condiciones del modelo** de todos los elementos que intervienen: Elementos de entrada con componente de velocidad. Elementos de salida con valores de presión. Modelo en 3D. Estado Estacionario. Las características del fango (Densidad 999,66 Kg/m³ y viscosidad dinámica 0,065 Pa-s). Flujo turbulento usando el modelo estándar k-ε⁴.

2. ANALISIS DE RESULTADOS

Una vez diseñado el sistema, los resultados finales que se expresan como campos de velocidad, porcentajes de zonas con volúmenes muertos y zonas mezcladas confirman la eficiencia del sistema. Con objeto de comparar diferentes análisis de la hidrodinámica dentro del digestor, se realizaron varias modelaciones. Y así, se analizó específicamente la velocidad, que es considerada el parámetro de análisis más representativo del comportamiento del flujo interno.

Las zonas en las que se resalta mayor mezcla son los alrededores de la tobera, que es la que se encarga de dar el giro al flujo; así como la zona de salida que está en el tubo central, que por las dimensiones de la salida genera una pequeña turbulencia en esa zona. Se realizó un corte en el fondo del digestor para analizar las zonas de mezcla y se determinaron en su mayoría zonas con velocidades de 0,031 m/s. También se realizó un corte justo a la altura de la tobera para observar los perfiles de velocidad y las zonas de mezcla. En esta región se registró una máxima velocidad de 0,0749 m/s.

El parámetro más destacable para el análisis hidráulico del flujo es la dirección del chorro de entrada de lodos a través de la tobera, definido como ángulo α si se observa desde la vista superior del digestor y ángulo β si se

observa desde la cara lateral. Estos ángulos pueden ser variados y ayudar a determinar la situación que provoca mejor mezcla en el interior del conjunto del digestor.

Además se considera que para el estudio de las zonas muertas, la velocidad del flujo⁵ debe ser mayor a 0.001m/s. Obteniéndose los siguientes resultados al hacer 4 simulaciones con cambios de la dirección del flujo:

- La simulación 1, con un ángulo α igual 30° y β igual 11°.
- La simulación 2, con un ángulo α igual 0° y β igual 0°.
- La simulación 3, con un ángulo α igual 30° y β igual 22°.
- La simulación 4, con un ángulo α igual 15° y β igual 0°.

Todas las simulaciones proporcionaron buenos valores de mezcla sin embargo las velocidades óptimas fueron obtenidas cuando la dirección del flujo, α (en las toberas) es orientado 0° y 30° con respecto al radio del digestor, en las simulaciones 2 y 3 respectivamente. En las simulaciones 1, 3 y 4 el flujo sigue la dirección de la forma del tanque y establecen un movimiento circular continuo dentro del digestor. En la simulación 2, el flujo tiene un comportamiento diferente, ya que el choque frontal del flujo forma un barrido desde la mitad del digestor que se inicia en la salida de la tobera, recorre una distancia de más o menos la distancia del radio y se devuelve.

Con los resultados obtenidos en las simulaciones, se determinaron varios criterios para definir cuál de todas las simulaciones proporciona mejores resultados. La evaluación se basa en la definición de zonas de mezcla (velocidades > 0,001m/s) y zonas muertas (velocidades \leq 0,001m/s). Así, se proponen porcentajes de mezcla en cada una de las secciones estudiadas (0m, 0,7 m, 4m y 7,8m de altura). Se analizan los porcentajes de zonas de mezcla, considerando que si todos los valores en los diferentes cortes realizados en el digestor están por encima del 85 por ciento, presentan una buena mezcla o por debajo de este porcentaje una mezcla mejorable.

Según los resultados, la simulación numero 2 y 3 muestran mejores zonas de mezcla dentro del digestor, y solo tiene el déficit de generar zonas muertas en las paredes del digestor a lo largo del tanque y en la parte superior.

3. CONCLUSIONES

Mediante la construcción de un CFD para el flujo dentro de un digestor anaerobio, se ha representado el comportamiento hidráulico del flujo del digestor y se ha logrado visualizar una interpretación del movimiento interno de los lodos.

A través de las diferentes simulaciones realizadas se ha estudiado la variabilidad de los datos, los cambios de flujo, la distribución de las velocidades y las líneas de corriente dentro de la geometría. En ella la forma del flujo de entrada de las boquillas juega un papel crucial; ya que determina la aparición de zonas muertas ya fecta directamente al comportamiento hidrodinámico y de mezcla del digestor.

Uno de los objetivos conseguidos es el conocimiento de la velocidad dentro del digestor en toda su geometría, para determinar las zonas que se encuentran por debajo de la velocidad umbral de sedimentación de los sólidos de 0,001m/s. Esta suposición ha permitido determinar si las partículas solidas pueden llegar a sedimentar⁴. Así, la mayoría de las celdas simuladas han presentado velocidades por encima de este valor, solo algunas de ellas están por debajo de dicha velocidad. Los resultados de la modelación corroboran el buen funcionamiento del digestor y en base a la modelación propuesta, puede determinarse la geometría que minimiza la presencia de zonas muertas.

En un elemento de la planta depuradora completamente opaco para los gestores, disponer de un modelo computacional que permite el análisis interno en todos los puntos de la geometría es de vital importancia para el análisis del comportamiento del mismo y la detección de posibles deficiencias. La optimización del diseño en base a modelos calibrados se convierte en una herramienta ideal hacia el paradigma de la sostenibilidad en los recursos relacionados con el mundo del agua y especialmente del tratamiento de la misma.

REFERENCIAS

1. Mehul S. Vesvikar, Muthanna Al-Dahhan. Flow pattern visualization in a mimic anaerobic digester using CFD. *Biotechnology and Bioengineering* 2005, 89(6), 719-732.
2. Bello-Mendoza R and Sharratt PN. Modelling the effects of imperfect mixing on the performance of anaerobic reactors for sewage sludge treatment. *J Chem Techno Biotechnology* 1998, 71:121-130.
3. USER GUIDE STAR-CCM+ Version 5.02. © 2009 CD-adapco.
4. Launder, B.E., Spaldng, D.B. (1972). *Matemathical Models of Turbulence*. Academic Press. London,UK.
5. ITT Water & Wastewater. Design recommendation. *Digester mixing*.
http://www.itttreatment.com/designrecommendations/m_digestion_digestor_mixing.pdf