

## Validación de modelos hidrodinámicos de tres modelos topológicos de lagunas facultativas secundarias

### *Validation Hydrodynamic Models of Three Topological Models of Secondary Facultative Ponds*

Aponte-Reyes Alexander

*Universidad del Valle*

*Grupo de Investigación Saneamiento Ambiental, Colombia*

*Correo: alexander.aponte.reyes@correounivalle.edu.co*

Información del artículo: recibido: febrero de 2013, reevaluado: agosto de 2013, aceptado: febrero de 2014

#### Resumen

Se desarrolló una metodología para analizar las condiciones de frontera, el tamaño de la malla y el modelo de turbulencia más ajustado de un modelo matemático de la mecánica computacional de fluidos, (CFD, *computational fluid mechanics*) que explicara el comportamiento hidrodinámico de topologías de lagunas facultativas secundarias, LFS, construidas a escala piloto: *laguna convencional*, LC, *laguna baffles*, LB y *laguna baffles-mallas*, LBM. Para la validación se realizaron estudios de dispersión en campo, tomando muestras al interior y a la salida de las unidades piloto, la información se utilizó para llevar a cabo simulaciones de los modelos CFD de las tres topologías. Los tamaños de malla evaluados variaron entre 500,000 y 2,000,000 de elementos. La condición de frontera en superficie Pared mostró un buen comportamiento cualitativo y el modelo de turbulencia  $\kappa$ - $\epsilon$  Low Reynolds arrojó buenos resultados. La biomasa contenida en LFS genera interferencias sobre los estudios de dispersión y debe considerarse en la evaluación del modelo CFD, los tiempos de inyección del trazador, su concentración a la entrada, el efecto del viento sobre los modelos CFD y los caudales adoptados como base para el modelado son parámetros que deben tenerse en cuenta para la validación y calibración de los modelos CFD.

#### Descriptores:

- dinámica computacional de fluidos
- lagunas facultativas secundarias
- estudios de dispersión
- hidrodinámica

## Abstract

A methodology was developed to analyze boundary conditions, the size of the mesh and the turbulence of a mathematical model of CFD, which could explain hydrodynamic behavior on facultative stabilization ponds, FSP, built to pilot scale: conventional pond, CP, baffled pond, BP, and baffled-mesh pond, BMP. Models dispersion studies were performed in field for validation, taking samples into and out of the FSP, the information was used to carry out CFD model simulations of the three topologies. Evaluated mesh sizes ranged from 500,000 to 2,000,000 elements. The boundary condition in Pared surface-free slip showed good qualitative behavior and the turbulence model  $\kappa$ - $\epsilon$  Low Reynolds yielded good results. The biomass contained in LFS generates interference on dispersion studies and should be taken into account in assessing the CFD modeling, the tracer injection times, its concentration at the entrance, the effect of wind on CFD, and the flow models adopted as a basis for modeling are parameters to be taken into account for the CFD model validation and calibration.

### Keywords:

- CFD
- secondary facultative ponds
- dispersion studies
- tracer studies
- hydrodynamics

## Introducción

El comportamiento de un fluido dentro de un sistema de tratamiento de aguas residuales, STAR, como las lagunas facultativas secundarias, LFS, es objeto de múltiples estudios (Alvarado *et al.*, 2012; Sah, 2009; Shilton *et al.*, 2008) que buscan mejorar su funcionamiento (Mara, 2004); se han realizado esfuerzos especiales para la comprensión de su hidrodinámica a través del uso de herramientas computacionales y trabajo de campo en estudios de dispersión. El estudio de las fuerzas que actúan sobre el agua (Ji, 2008) puede abordarse mediante la dinámica computacional de fluidos (CFD, *computational fluid mechanics*), que utiliza algoritmos numéricos para predecir fenómenos como el comportamiento de un fluido, la transferencia de calor, la transferencia de masa, cambios de fase, reacciones químicas, entre otros, resolviendo las ecuaciones matemáticas que gobiernan estos procesos (ANSYS, 2006) y suponiendo que un sistema determinado se rige por las leyes de conservación de estas características (Banda, 2007; Bird *et al.*, 2006; Patankar, 1980). En CFD las fronteras son los límites de los modelos físicos y a ellas se les asignan valores iniciales para resolver las ecuaciones diferenciales que los determinan. La definición acertada de las fronteras y sus condiciones es importante pues se supone que lo que sucede al interior del modelo estudiado depende de ellas (Jakeman *et al.*, 2006). Para la definición del método de solución numérica los elementos que se tienen en cuenta en la CFD son: el modelo matemático, el método de discretización, el sistema de coordenadas y vectores, la malla (que define el dominio, 2D o 3D), las aproximaciones finitas, el método de solución y los criterios de convergencia (Ferziger y Peric, 2002). Para las fronteras

se definen las condiciones asociadas a masa, momento y energía de las ecuaciones diferenciales correspondientes. Cada *software* o modelo matemático aborda las fronteras en forma particular, de allí que su selección deba ser acertada para obtener los resultados más próximos a la solución del problema a analizar. La siguiente ecuación resume el balance de cantidad de movimiento aplicado en CFD.

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho\phi) + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho u_j \phi) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left( \Gamma \frac{\partial \phi}{\partial x_j} \right) + S \quad (1)$$

término de acumulación      término convectivo      término difusivo      término fuente

donde  $\rho$  es la densidad ( $\text{ML}^{-3}$ ),  $x$  es una variable que puede ser vectorial o escalar,  $u$  ( $\text{Lt}^{-1}$ ) es la velocidad en la dirección  $j$ ,  $\Gamma$  ( $\text{M}^{-2}\text{t}^{-1}$ ) es el coeficiente de difusividad y  $S$  ( $\text{ML}^{-3}\text{t}^{-2}$ ) es un término fuente para la variable  $\phi$ . Para un fluido incompresible bajo una condición de estado no estacionario, la ecuación de continuidad viene definida por:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w)}{\partial z} = 0 \quad (2)$$

donde  $u$ ,  $v$ ,  $w$  corresponden a las velocidades ( $\text{Lt}^{-1}$ ) en las direcciones  $x$ ,  $y$  y  $z$  y  $\rho$  ( $\text{ML}^{-3}$ ) a la densidad del fluido. En fluidos incompresibles newtonianos los esfuerzos viscosos son proporcionales a las tasas de deformación (Branncock, 2003). El movimiento de remolino contribuye apreciablemente al proceso de transferencia de masa, este fenómeno genera difusividades

Download English Version:

<https://daneshyari.com/en/article/274968>

Download Persian Version:

<https://daneshyari.com/article/274968>

[Daneshyari.com](https://daneshyari.com)