JÓVENES EN LA CIENCIA
REVISTA DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA

ESTUDIO DE LA DINAMICA DE FLUJO EN DIFERENTES GEOMETRIAS DE BIO-DIGESTORES EMPLEANDO CFD

Krejci Murillo Edwing (1), Gallegos Muñoz Armando (2)

1 Licenciatura en Ingeniería Electromecánica, Universidad Antonio Nariño | Dirección de correo electrónico: ekrejci@uan.edu.co

2 Departamento de Ingeniería Mecánica, División de Ingenierías Campus Irapuato Salamanca, Campus Salamanca, Universidad de Guanajuato | Dirección de correo electrónico: gallegos@ugto.mx

Resumen

El presente trabajo es el resultado de simular la dinámica del flujo interno de Bio-masa en dos Bio-digestores cuya sección transversal fue propuesta por los autores. El primer diseño de sección transversal posee en su área de ataque un ángulo interno llano y el segundo un ángulo agudo, ambos diseños conservan geometrías simétricas y relativamente económicas para su construcción; cada Bio-digestor tiene una longitud de 5 m y sus orificios de entrada y salida 2 pulgadas de diámetro interno. Para la simulación se empleó la técnica de CFD en el software Solidworks® en el cual, se consideraron cuatro casos particulares que modifican la inclinación y longitud del tubo de entrada, además el estudio fue realizado para tres velocidades de entrada de flujo diferentes, con el fin de determinar el modelo más apropiado, que proporcione flujos turbulentos favorables, para la liberación de Bio-gas y estimulación de baterías metanogenicas presentes en la Bio-masa estática interna.

Abstract

This work is the result of simulating the dynamics of internal flow of Bio-mass inside two Bio-digesters whose cross section was proposed by the authors. The first cross-sectional design has in its area of attack a flat inner corner and the second a sharp angle, both designs remain symmetrical and relatively inexpensive to build geometries; each Bio-digester has a length of 5 m and its inlet and outlet 2 inches inside diameter. For simulation technique CFD was used in the Solidworks® software in which four particular cases that change the inclination and length of the inlet tube were considered also the study was conducted for three-speed input different flow, to determine the most appropriate model to provide favorable turbulent flows, for the release of Bio-gas and stimulation of methanogenic batteries present in the Bio-mass internal static.

Palabras Clave Simulación; Agitación; Diseño

INTRODUCCIÓN

Actualmente, lograr optimizar procesos e incrementar eficiencias en la producción de Bio-gas por medio de Bio-digestores de bajo costo, es la tendencia que permite progresivamente integrar tecnologías con fuentes no convencionales, para emplear menores cantidades de combustibles fósiles.

Diariamente en una ciudad como Irapuato en el estado de Guanajuato y específicamente en su central de abastos, se desperdician al menos 5000 kg de perecederos por día **[1]**, lo cual acarrea pérdidas de energía por el hecho de desechar cada kg de solido orgánico y no aprovechar su capacidad en producción de Bio-gas, también al no utilizar el perecedero, y si invertir una cantidad de energía para producirlo.

Actualmente emplear un reactor químico, hermético e impermeable "Bio-digestor" **[2]** para transformar la energía almacenada en la materia orgánica descartada, es quizás la tecnología más adecuada, para aprovechar este potencial energético en la producción de Bio-gas; además de ser un tratamiento efectivo de materias orgánicas para la elaboración de abono, cuya construcción es relativamente económica. Se estima que la central de abastos de Irapuato deja de ganar al día aproximadamente 55 kg de GLP como su equivalente en energía. **[1]**

De estudios previos se sabe que un digestor anaerobio es el proceso fermentativo en ausencia de oxígeno en el que la materia orgánica biodegradable se descompone por acción de bacterias (metanogénicas) **[3]**, esta es la transformación por medio biológico que da origen al Bio-gas el cual se compone mayormente de metano y dióxido de carbono.

El diseño de Bio-digestores además de ser restringido por la cantidad de materia orgánica disponible, es limitado por las condiciones internas de trabajo, que debe poseer la mezcla para una óptima producción de bacterias metanogénicas, de esto se sabe que, el control de PH, presión, temperatura y agitación **[2]** son las principales variables controladas que determinan la vida de las

bacterias y con ello la producción de Bio-gas. En especial Golueken **[4]** confirmó en su estudio, el mayor índice de producción de baterías, en el intervalo térmico mesofilico (35°C a 55°C), para una digestión anaerobia. **[1]**

El estudio de nuevas geometrías transversales para los Bio-digestores, posibilita buscar flujos turbulentos que permitan una agitación homogénea desde la parte inferior a la superior del Bio-digestor **[1]**, con ello se logra la estimulación de la mezcla orgánica y la actividad de las bacterias para la liberación de gases.

Recientes estudios llevados a cabo en la Universidad de Guanajuato en un Bio-digestor de geomebrana de PVC con 10,000 litros de capacidad; recomiendan un espesor de 3.25 in (8.255 cm) para las paredes inferiores con el fin de disminuir pérdidas de energía por transferencias de calor, además de resultar los mejores rendimientos en el Bio-digestor cuando la diferencia de altura entre el Bio-gas y la materia orgánica es mínima. **[5]**

Para el mismo Bio-digestor se conoce el consumo de combustible requerido por 1 kg de residuo orgánico procesado, a un tamaño no mayor de 1 cm, además el estudio contempló el escalamiento a una tonelada de materia orgánica concluyendo que el Mango y la Naranja son altamente recomendables para la reducción de tamaño de partícula y producción de Bio-gas. **[6]**

MATERIALES Y MÉTODOS

Empleando el software Solidworks® inicialmente se diseñan y construyen dos geometrías de sección transversal para un Bio-digestor de 5m de longitud, este cuenta con la capacidad de almacenamiento de $7m^3$ de Bio-gas y $5m^3$ de materia orgánica "Bio-masa". Ver Figuras 1 y 2.

Figura 1: Diseño 1 de la sección transversal inferior para el Bio-digestor hecho con base en un pentágono.

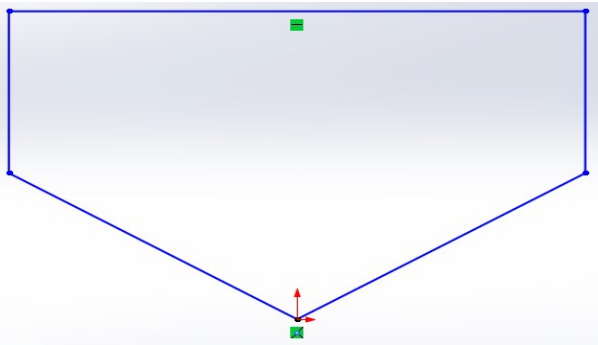

Figura 2: Diseño 2 de la sección transversal inferior para el Bio-digestor hecho con base en un hexágono.

Para el diseño de las secciones transversales se consideraron geometrías simétricas y de sencilla construcción; con el fin de proporcionar modelos alternos a los convencionales de bajo costo, que permitan obtener el flujo turbulento, que posibilita la liberación de gases atrapados en el interior de la Bio-masa y a su vez estimular las bacterias metanogenicas.

Para la simulación del comportamiento interno del fluido en el Bio-digestor se usó la técnica de Dinámica de Flujo Computacional CFD por sus siglas en inglés, empleando la herramienta de Flow Simulation del Solidworks®. Para ello se consideró un volumen de control con entrada y salida a condiciones normales y fluido a plena carga, en estado estable, en el interior del Bio-digestor. Se consideraron 4 casos particulares para el análisis, los cuales únicamente alteran el modo de ingreso del fluido.

Estos casos consideran la inclinación del fluido al ingresar al Bio-digestor y la longitud del tubo de entrada en su interior, además la simulación se realizó para 3 velocidades promedio distintas (1, 3 y 5 m/s).Ver Figuras 3 y 4.

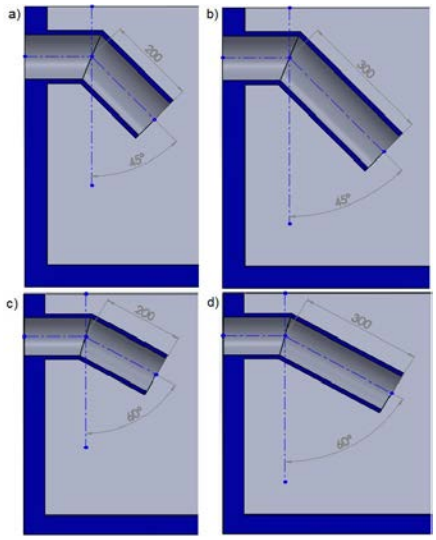

Figura 3: Vista inferior lateral del corte longitudinal de la sección de entrada para el diseño 1. En: a) Tubo de entrada 200mm con ángulo de 45°, b) Tubo de entrada 300mm con ángulo de 45°, c) Tubo de entrada 200mm con ángulo de 60°, d) Tubo de entrada 300mm con ángulo de 60°. Para todos los caso diámetro interno de 2 in (50.8 mm).

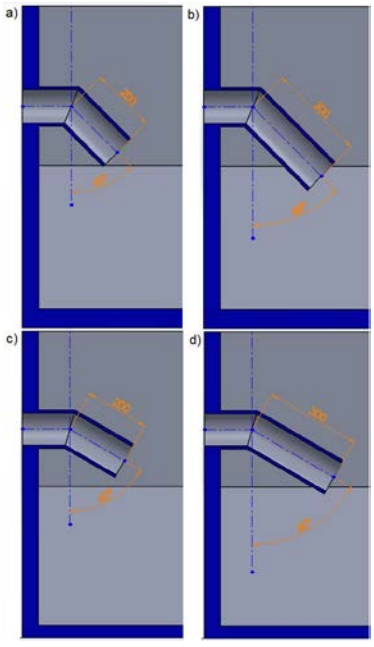

Figura 4: Vista inferior lateral del corte longitudinal de la sección de entrada para el diseño 2. En: a) Tubo de entrada 200mm con ángulo de 45°, b) Tubo de entrada 300mm con ángulo de 45°, c) Tubo de entrada 200mm con ángulo de 60°, d) Tubo de entrada 300mm con ángulo de 60°. Para todos los caso diámetro interno de 2 in (50.8 mm).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para cada diseño de la sección transversal resultaron 12 modelos. En la tabla 1 se muestra las velocidades máximas desarrolladas al interior del Bio-digestor para cada caso; cabe resaltar que el mayor diferencial de velocidad se presenta en los alrededores de la salida del tubo de admisión.

Tabla 1: Se muestran los resultados de la simulación: La variación de la velocidad del fluido a la entrada y la velocidad media máxima en el interior, respecto a la geometría de la sección transversal del biodigestor y la longitud e inclinación del tubo de alimentación.

Diseño	Longitud (mm)	Inclinación (grados)	Velocidad del fluido en la entrada del tubo (m/s)	Velocidad media máxima del fluido en el interior del Bio-digestor (m/s)
1	200	A45	1	0.625
		B45	3	1.251
		C45	5	1.407
	300	D45	1	0.646
		E45	3	1.292
		F45	5	1.453
2	200	G45	1	0.648
		H45	3	1.281
		I45	5	1.439
	300	J45	1	0.641
		K45	3	1.281
		L45	5	1.441
1	200	A60	1	0.786
		B60	3	1.258
		C60	5	1.415
	300	D60	1	0.465
		E60	3	1.241
		F60	5	1.396
2	200	G60	1	0.827
		H60	3	1.323
		I60	5	1.488
	300	J60	1	0.832
		K60	3	1.331
		L60	5	1.497

Como se puede observar en la Tabla 1, la respuesta de los sistemas al cambio de velocidad del fluido en la entrada, no es similar en todos los casos. Con una inclinación de 45° se tiene aproximadamente pérdidas de velocidad de 30, 50 y 70% para las velocidades de 1, 3 y 5 m/s respectivamente; mientras que con 60° de inclinación se tienen aproximadamente pérdidas de velocidad de 20, 50 y 70% para las mismas velocidades respectivamente.

Cuando en el interior de Bio-digestor se alcanza como mínimo 1 m/s de velocidad se observó que se producen agitaciones deseadas de Bio-masa. Al clasificar las respuestas se presentaron 4 modelos favorables con inclinación de 45° (B45, I45, K45 y L45) y 3 modelos con 60° (H60, I60 y K60), en todos los casos los sistemas presentaron pronta atenuación de velocidad debido a la longitud del sistema.

El modelo J60 en particular presentó una respuesta favorable en la agitación de la Bio-masa. Se observa que con la mínima velocidad de flujo de entrada se producen flujos turbulentos deseados; esto lo convierte en un diseño factible y económico porque no requiere de altos flujos de Bio-masa en su entrada y su construcción es relativamente sencilla. Ver Figura 6.

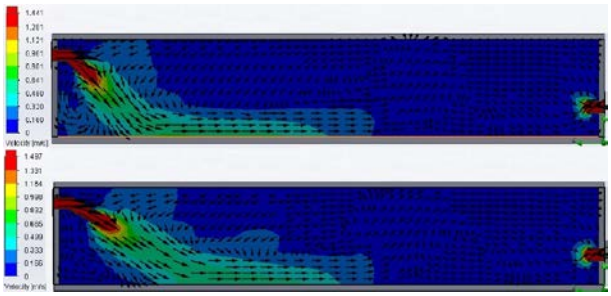

Figura 5: Bio-digestores con las mejores respuestas.
K45 “arriba” y K60 “abajo” en vista inferior lateral del corte longitudinal.

En la Figura 5 se presentan los sistemas con resultados favorables tomados de los 7 modelos mencionados, seleccionados por la forma del movimiento y la dispersión en la caída de velocidad.

Figura 6: Bio-digestor J60 con la mejor respuesta a una entrada de flujo de 1m/s inclinada a 60°

Se recomienda emplear un Bio-digestor con base en el Diseño 2 y utilizar particularmente una entrada para flujo de 2 in (50.8 mm) de diámetro interno, con un tubo de 300 mm de longitud a 60° de inclinación.

CONCLUSIONES

Modificar la geometría transversal de un Bio-digestor posibilita optimizar la dinámica interna del flujo; lo cual es alterar positivamente la eficiencia en la producción de Bio-gas.

Emplear geometrías agudas con forma hexagonal regular, en la sección transversal de los Bio-digestores permite obtener respuestas favorables en la agitación y estimulación de Bio-masa y baterías metanogenicas.

Utilizar una entrada de 30 mm de longitud y 60° de inclinación respecto a la vertical a diferentes velocidades de flujo en la geometría hexagonal (Diseño 2), facilitará la producción de altas turbulencias en su interior.

Finalmente para un flujo de Bio-masa que ingresa a 1 m/s en el Bio-digestor, se recomienda emplear una inclinación de 60° ya que utilizar una inclinación menor implica incrementar aproximadamente 10 % las pérdidas de velocidad al interior del Bio-digestor.

AGRADECIMIENTOS

Para la Universidad de Guanajuato y su programa del Verano de Investigación Científica en la modalidad de Excelencia, quienes financiaron y muy amablemente prestaron sus instalaciones para desarrollar esta investigación.

Al Dr. Armando Gallegos Muñoz, quien me acepto y ayudó en la realización de esta estancia de investigación.

REFERENCIAS

[1] Gutiérrez Vargas, S. (2016). Tesis Doctoral: Intensificación del proceso de producción y almacenamiento de biometano a partir de residuos de fruta y verdura de una central de abastos. Universidad de Guanajuato Campus Salamanca, División de ingenierías Campus Irapuato Salamanca, pp 4, 16 y 53.

[2] Martínez Molina, A. & Gallegos Muñoz A. (2015) Estudio de la dinámica de fluidos en Bio-digestores usando CFD, Jóvenes en la Ciencia, volumen 1 no.2, pp 1.

[3] AINIA, Centro tecnológico (2008). Co-digestión anaerobia tomado de: https://www.ainia.es/html/sites/09/pdf/ID_biogas_%20codigestion_mayo2008.pdf

[4] Golueken V.,N. (2002) Biochemical methane potential of fruit and vegetable solid waste feedstocks. Biomass and Bioenergy, pp 389-399

[5] Gutiérrez Vargas, S., Camarena Aguilar, E., Aguilera Alvarado, A., Gallegos Muñoz, A., León Galván, F. (2013). Análisis térmico de las paredes compuestas de biodigestores de geomembrana de PVC flujo pistón operando en rangos mesofilico. Memorias del XXXIV Encuentro Nacional y III congreso Internacional de la AMIDIQ7 al 10 de mayo de 2013, Mazatlán, Sinaloa, México, pp 3.

[6] Gutiérrez Vargas, S., Camarena Aguilar, E., Aguilera Alvarado, A., León Galván, F., Gallegos Muñoz, A., Guevara Gonzales, R. (2014). Estudio de factibilidad energética de los residuos orgánicos generados en una central de abastos. Memorias del XXXV Encuentro Nacional de la AMIDIQ 6 al 9 de Mayo de 2014, Puerto Vallarta, Jalisco, México. pp 1.