

COMPARACION DE DOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO ANEROBICOS DE AGUAS RESIDUALES CON CARACTERÍSTICAS HOMOGÉNEAS

TECNOCIENCIA

COMPARISON OF TWO ANAROBIC WASTEWATER TREATMENT SYSTEMS WITH HOMOGENEOUS CHARACTERISTICS FOR CENTERS

Isaza Santos, Irving Isaac; Floyd Paz, Carlos; Valdés Camarena, Patricia

Irving Isaac Isaza Santos

irving.isaza@up.ac.pa

Universidad de Panamá, Facultad de Ingeniería,, Panamá

Carlos Floyd Paz

carlos.floyd@up.ac.pa

Universidad de Panamá, Facultad de Ingeniería,, Panamá

Patricia Valdés Camarena

patricia.valdes@up.ac.pa

Universidad de Panamá, Facultad de Ingeniería, Panamá

Tecnociencia

Universidad de Panamá, Panamá

ISSN: 1609-8102

ISSN-e: 2415-0940

Periodicidad: Semestral

vol. 24, núm. 2, 2022

Luis.rodriguez@up.ac.pa

Recepción: 16 Mayo 2022

Aprobación: 06 Junio 2022

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/224/2243351009/>



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Resumen: Este trabajo compara los sistemas de tratamiento anaeróbico de aguas residuales en centros médicos públicos y privados ubicados en áreas rurales de la República de Panamá con poblaciones de alrededor de 15 000 personas según censos nacionales; Al comparar el Tanque Imhoff con el Reactor Anaerobio de flujo ascendente y manto de lodos (U.A.S.B), contratando la eficiencia, rentabilidad económica, costos de la obre y el mantenimiento. Finalmente encontramos que el reactor UASB resulta ser más ventajoso que el tanque Imhoff, para ser utilizado en centros de salud ya existentes.

Palabras clave: Tanque Imhoff, Reactor UASB, tratamientos anaeróbicos, aguas residuales, manto de lodos.

Abstract: This work compares two types of anaerobic wastewater treatment systems in public and private medical located in rural areas of the Republic of Panamá with populations of around 15,000 people according to national censuses.

When comparing the Imhoff tank with the Upflow Anaerobic Reactor and Sludge (U.A.S.B), contracting efficiency, economic profitability, work, and maintenance costs. Finally, we find that the UASB reactor tums out to be more advantageous than the Imhoff tank, to be used in existing health centers.

Keywords: Imhoff tank, UASB reactor, anaerobic treatment, wastewater, sludge blanket.

INTRODUCCIÓN

Para nuestro estudio nos enfocamos en centros médicos en áreas rurales que cuentan con una capacidad de atención por día de 200 personas.

Según la Organización Panamericana de la Salud (2005) El tanque Imhoff es una unidad de tratamiento primario cuya finalidad es la remoción de sólidos suspendidos. Durante la operación, las aguas residuales fluyen a través de la cámara de sedimentación, donde se remueven gran parte de los sólidos sedimentables, estos resbalan por las paredes inclinadas del fondo de la cámara de sedimentación pasando a la cámara de digestión a través de la ranura con traslape existente en el fondo del sedimentador. El traslape tiene la función de impedir que los gases o partículas suspendidas de sólidos, producto de la digestión, interfieran en el proceso de la sedimentación. Los gases y partículas ascendentes, que inevitablemente se producen en el proceso de digestión, son desviados hacia la cámara de natas o área de ventilación.

El reactor anaerobio de flujo ascendente (RAFA o UASB por sus siglas en inglés) es un proceso de un solo tanque. Las aguas residuales entran al reactor desde el fondo y fluyen hacia arriba. Un manto de lodo suspendido filtra y trata las aguas residuales conforme pasan a través del manto (TILLEY et al. 2018).

Para evaluar la eficiencia de ambos sistemas de tratamientos anaeróbicos, a continuación, presentaremos el cuadro 1 y el cuadro 2, que muestran las ventajas y desventajas de estos sistemas.

CUADRO 1:
Ventajas del Tanque Imhoff y del Reactor UASB.

Tanque Imhoff	Reactor UASB
El tiempo de retención de estas unidades es menor en comparación con las lagunas.	Bajo consumo eléctrico.
Tiene un bajo costo de construcción y operación.	Apropiado para aguas extremadamente contaminadas.
Contribuye a la digestión de lodo, mejor que en un tanque séptico, produciendo un líquido residual de mejores características.	La producción de lodos estabilizados en exceso es mínima y fácil de drenar hasta de 30 a 40 % y, por tanto, los costos de tratamiento del lodo y su transportación posterior son relativamente bajos.
Son adecuados para ciudades pequeñas y para comunidades donde no se necesite una atención constante y cuidadosa, y el efluente satisfaga ciertos requisitos para evitar la contaminación de las corrientes.	Se pueden aplicar altas cargas hidráulicas y orgánicas con eficiencias aceptables.

Organización mundial de la Salud (2005) y Lorenzo y Obaya (2006).

CUADRO 2:
Desventajas del Tanque Imhoff y del Reactor UASB.

Tanque Imhoff	Reactor UASB
Son estructuras profundas (>6m).	El proceso es sensible a la presencia de compuestos tóxicos.
Es difícil su construcción en arena fluida o en roca y deben tomarse precauciones cuando el nivel freático sea alto, para evitar que el tanque pueda flotar o ser desplazado cuando esté vacío.	El comienzo del proceso es lento y requiere de un periodo de 8 a 12 semanas.
El efluente que sale del tanque es de mala calidad orgánica y microbiológica.	La reducción de bacterias patógenas es relativamente baja.
- En ocasiones puede causar malos olores, aun cuando su funcionamiento sea correcto.	

Organización mundial de la Salud (2005) y Lorenzo y Obaya (2006).

MATERIALES Y MÉTODOS

Para este análisis comparativo iniciamos con el tanque Imhoff y se procedió a calcular las principales variables acorde a el manual de la Organización Panamericana de la Salud (OPS) como son el tiempo de retención 2 horas, el consumo per cápita según el Instituto de Acueductos y Alcantarillados Nacionales (IDAAN) de acuerdo a sus normas, datos como la dotación para zonas rurales de 80 galones/persona*día además de la contribución de aguas servidas con un valor de 80%, para el cálculo del factor de máxima F($F=6.46 \text{ hab}^{-0.152}$).

Luego se calculó del caudal medio 81.92 m³/día de allí se obtuvo el volumen del sedimentador para esto utilizamos la metodología de diseño para un paralelepípedo utilizando una relación, largo/ ancho 4:1.

Para el caso del Reactor UASB las variables a considerar fueron la demanda química de oxígeno (DQO) y la respectiva relación que tiene con la demanda bioquímica de oxígeno (DBOs), según la norma DGNTI-COPANIT 39-2000 del Ministerio de Comercio e Industria Dirección General de Normas y Tecnología Industrial. Además, se utilizaron las mismas las variables de caudal medio del tanque Imhoff para el reactor UASB, se procede al cálculo de los caudales Máximo Diario y Horario para zonas rurales, luego se hace lo mismo con el afluente medio. Una vez hecho esto con el caudal medio y el tiempo de retención hidráulico se procedió a calcular el volumen total requerido para ambos sistemas de tratamiento primario. Los parámetros utilizados para los cálculos comparativos aparecen en el Cuadro 3:

CUADRO 3:
Comparación entre diseño del tanque Imhoff y el reactor UASB

VARIABLES	Valores del tanque Imhoff	Valores del reactor UASB
Personal atendido por día	200 Personas	200 Personas
Tiempo de retención	2 horas	9 horas
Consumo per cápita	10 L/m ²	10 L/m ²
Contribución de aguas servidas	80%	80%
Factor de máxima	2.89	2.89
Caudal medio	81.92 m ³ /día	81.92 m ³ /día = 3.41 m ³ /hr
Caudal máximo diario		8.24 m ³ /h
caudal máximo horario		13.64m ³ /h
carga del afluente medio		0.0007 Kg/l

RESULTADOS

A continuación, en el cuadro 4, se muestran los resultados para el dimensionamiento del tanque Imhoff y del reactor UASB.

CUADRO 4:
Resultados del Dimensionamiento del tanque Imhoff y el Reactor UASB

VARIABLES	Valores del Tanque Imhoff	Valores del Reactor UASB
Caudal medio	81.92 m ³ /día	81.92 m ³ /día = 3.41 m ³ /hr
Largo	4.0 m	2.61 m
Ancho	1.0 m	2.61 m
Profundidad	3.78 m	4.5 m
Volumen total	15.12 m ³	30.69 m ³
Volumen del sedimentador	6.58 m ³	
Volumen del digestor y almacenamiento de lodos	8.75 m ³	
Volumen diario de lodos digeridos	76.82 L/día	
Caudal máximo diario		8.24 m ³ /h
Caudal máximo horario		13.64 m ³ /h
carga del afluente medio		57.34 Kg*DQO/día
Cálculo de COV		1.87 Kg*DQO/día
Cálculo de CHV		2.667 Kg*DQO/día
Velocidad media		0.5 m/h
Velocidad máxima específica		2.00 m/h
cantidad de difusores		3.41 ≈ 3 difusores
área del reactor		6.82 m ²

Para cada cuadro podemos ver los resultados de los volúmenes en el caso del Tanque Imhoff en su primera cámara el sedimentador 6.58 m³, la segunda cámara el digestor y área de almacenamiento de lodos de 8.75 m³ con esto se obtiene el volumen total de 15.12 m³.

Con estas dimensiones y utilizando la relación previamente descrita de largo sobre ancho se obtuvo el dimensionamiento del sistema primario para el tanque Imhoff obteniendo los siguientes valores: largo de 4.0 m, ancho de 1.0 m y una profundidad de 3.78 m.

Para los mismos valores de caudal medio= 3.41 m³/hr con un valor de DQO homogéneo de 700 mg/L y un tiempo de retención de 9 horas obtenemos un volumen de sistema primario para el Reactor UASB de 30.69 m³ para un área de reactor 6.82 m², lo que representa un dimensionamiento con los siguientes valores: largo 2.61 m, ancho 2.61 m y una altura de 4.50 m.

Mientras un tanque Imhoff para la misma población requiere de 15.12 m³ el reactor UASB sería de 30.69 m³ el segundo sistema de tratamiento primario que es el reactor UASB resulta 2.030 veces más grande que el tanque Imhoff.



FIGURA 1
Relación de dimensiones entre sistema de tanque Imhoff y reactor UASB.

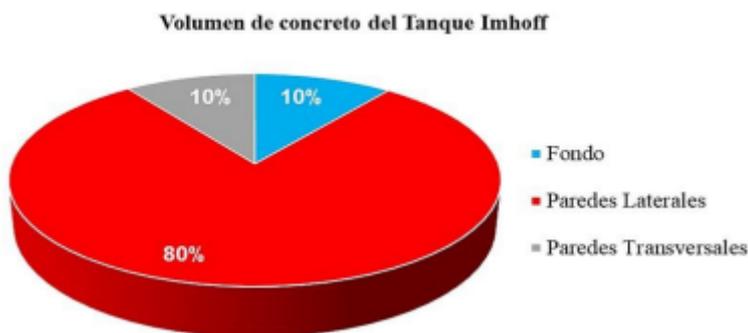


FIGURA 2.
Relación en porcentajes de volumen de concreto en las partes del Tanque Imhoff.

Si consideramos en la construcción un espesor constante de concreto de 0.25 m dentro de las paredes de contención para ambos sistemas, obtenemos los siguientes resultados. Una comparación entre los dos sistemas aparece en el Cuadro 5.

CUADRO 5.
Comparación de volumen de concreto entre el sistema de Tanque Imhoff y el Reactor UASB.

Volumen de Concreto	Tanque Imhoff	Reactor U.A.S.B.
Fondo	1.00 m ³	1.70 m ³
Paredes Laterales	7.56 m ³	2.94 m ³
Paredes Transversales	0.95 m ³	2.94 m ³
Tapa		1.70 m ³
Total	9.51 m ³	9.28 m ³
Relación	1.0.24 m ³	

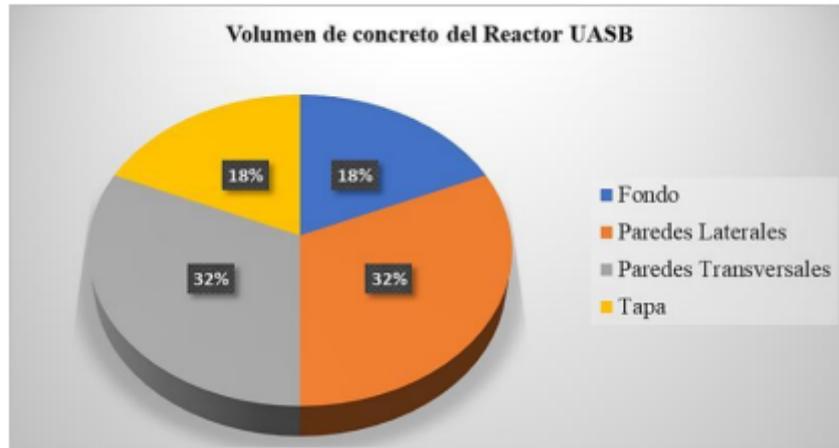


FIGURA 3.
Relación en porcentajes de volumen de concreto en las partes del Tanque Imhoff.

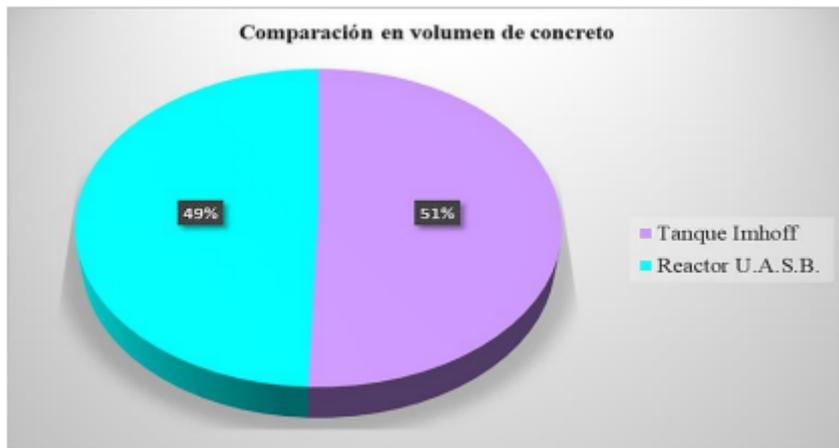


FIGURA 4.
Relación de volumen del concreto entre un sistema de Tanque Imhoff y un Reactor UASB.

La comparación del peso del acero entre los dos sistemas se muestra en el Cuadro 6 y el costo por m² en el Cuadro 7.

CUADRO 6.
Comparación de peso del acero entre un sistema de Tanque Imhoff y un Reactor UASB.

Acero		
Peso Total (Ton)	Tanque Imhoff	Reactor U.A.S.B.
	1.1704	1.2626
Relacion	1.0788	

CUADRO 7.
Comparación de costo por m² entre un sistema de Tanque Imhoff y un Reactor UASB.

Costo comparativo de los dos sistemas		
Costo (B./m ²)	Tanque Imhoff	Reactor U.A.S.B.
	4274.03732	4077.37331
Relación	0.9540	



FIGURA 5.
Relación de peso del acero entre un sistema de Tanque Imhoff y un Reactor UASB.

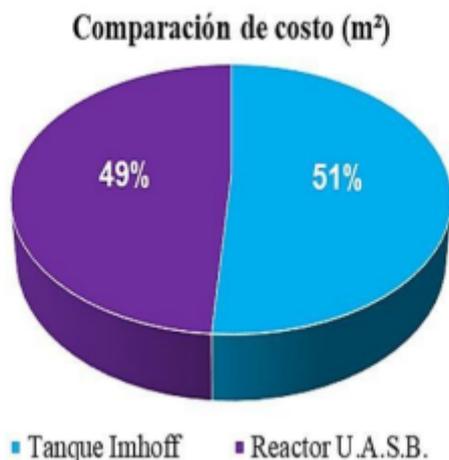


FIGURA 6.
Porcentaje de costo por metro cuadrado entre un sistema de Tanque Imhoff y un Reactor UASB.

CONCLUSIONES

A partir de los resultados de las comparaciones anteriores concluimos lo siguiente:

En cuanto al dimensionamiento del Reactor UASB y el Tanque Imhoff tienen dimensiones muy similares por ende cualquiera de los dos sistemas representa una viabilidad como sistema de tratamiento primario para centros médicos en áreas rurales.

Por otro lado, a pesar de que el Tanque Imhoff es más pequeño, su ventaja en comparación al peso de acero (su relación es de 1.0788) con respecto al Reactor UASB es más bajo, esto se debe a que tiene un sistema en dimensiones más pequeña siendo la diferencia de 2.030. Los volúmenes de concreto son muy similares entre ambos sistemas lo que sus principales ventajas serían externas tales como las condiciones de suelo, las excavaciones y la ubicación final del sistema primario a proponer.

Los costos de ambos sistemas son muy similares y aunque existan aumentos en los materiales y mano de obra entre ambos sistemas se mantendrá la diferencia de precios entre uno y el otro.

Como sistema primario el tanque Imhoff tiene la desventaja de ser al aire libre por lo cual a áreas muy reducidas de espacio en los centros de salud no resulta muy ventajoso por lo cual el reactor UASB tiene esa ventaja y su costo similar al otro sistema lo hace ser muy competitivo en centros de salud ya existentes.

REFERENCIAS

- Casas C., Romero, P., Sisa, A. (2006). Implementación del Sistema Sanitario Seco en Barranquilla.
- Conil, P. (2001). La tecnología anaerobia UASB en el tratamiento de las aguas residuales domésticas: 10 años de desarrollo y maduración en América Latina. Biotec, Waterloo Bélgica.
- Gómez A., A. Maestre, Sisa, A. (2006), Evaluación de Sistema Sanitarios Secos en Barranquilla.
- Industrias, M. d. (2019). Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 352019: Descarga de Efluentes Líquidos a Cuerpos y Masas de Aguas Continentales y Marinas. Dirección General de Normas y Tecnología Industrial, MICI.
- Instituto de Acueductos y Alcantarillados. (2006). Normas Técnicas para Aprobación de Planos de los Sistemas de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios. IDAAN, Dirección de Ingeniería, Departamento de Estudio y Diseño. Panamá.
- Isaza Santos, I., Gonzalez, F., Gomez, Y. (2021). Comparación de dos sistemas de tratamiento anaeróbicos de aguas residuales de características homogéneas para escuelas sin sistema de tratamiento. *Revista Científica Centros 10(1)*, 54-67.
- Isaza Santos I., J. Vallejo Bocanegra y J. De La Cruz (2021). Comparación de dos sistemas de tratamiento anaeróbicos de aguas residuales de características homogéneas para escuelas ubicadas en áreas rurales con sistema de tratamiento preliminar. *Revista Colón Ciencias, Tecnología y Negocios*, Vol 9, N°1 68-80.
- Lorenzo, Y. (2006). La digestión anaerobia y los reactores UASB. Generalidades. ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar. Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar Ciudad de La Habana, Cuba, 13-21.
- M. d. (2000). Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 39-2000: Descarga de Efluentes Líquidos Directamente a Sistemas de Recolección de Aguas Residuales. Ministerio de Comercio e Industrias Dirección General de Normas y Tecnología Industrial, MICI.
- Menéndez Gutiérrez, C., Pérez Olmo, J. (2007). Procesos para el tratamiento Biológico de Aguas residuales industriales, Editorial Universitaria ISBN 978-959-07-0339-3. La Habana, Cuba.
- Metcalf & Eddy Ingeniería de Aguas Residuales (1995). Volumen 1 Tratamiento, Vertido y Reutilización McGraw Hill Tercera Edición, Aravaca, Madrid, España
- Organización Panamericana de la Salud (2005). Especificaciones Técnicas para la Construcción de Tanques Sépticos, Tanques IMHOFF y Lagunas de Estabilización según la Organización Panamericana de la Salud. Perú, Lima
- Organización Panamericana de la Salud (2005). Guía para el Diseño de Tanques Sépticos, Tanques IMHOFF y Lagunas de Estabilización según la Organización Panamericana de la Salud. Perú, Lima.

- Rodríguez Serrano J. A. (2008). Tratamiento de Aguas residuales en Pequeñas Comunidades. CAPÍTULO II. TANQUE IMHOFF, 19;20. Obtenido de Tratamiento de Aguas residuales en Pequeñas Comunidades: <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/19117/Capitulo2.pdf>
- Salud, O. P. (2005). Guía para el Diseño de Tanques Sépticos, Tanques IMHOFF y Lagunas de Estabilización. según la Organización Panamericana de la Salud. Peru, Lima.
- Sawyer, R. (2006), presentación en taller de sistemas rurales en Girardot, ECOSAN
- Suntura, O. (2006), Artefactos Sanitarios de Ferrocemento, Alternativas tecnológicas en agua y saneamiento para el sector rural disperso, Girardot OMS-OPS
- Sosa, G. (2006). Unidades Alternativas de Saneamiento en Bogotá Dirección de salud pública Girardot OMS-OPS
- Tilley, E., Ulrich, L., LüthI, C., Reymond, P., Schertenleib, R., Zurbrügg, C. (2018): Compendio de sistemas y tecnologías de saneamiento. Dübendorf (Suiza): Instituto Federal Suizo para la Ciencia y la Tecnología Acuática (Eawag), 2da. edición revisada.