

Diseño y construcción de filtro multicámaras horizontal por gravedad para tratamiento de efluentes industriales

Design and construction multicameras horizontal gravity filter for treatment of industrial effluents

Angélica Batista¹, Olivia Cárdenas¹, Jetzabel Castillo¹, Kimberly Madrid¹, Catalina Martínez¹ & Alexis Tejedor De León^{2*}

¹Licenciatura en Ingeniería Industrial– Centro Regional de Veraguas – Universidad Tecnológica de Panamá

²Departamento de Materiales y Metalurgia – Facultad de Ingeniería Mecánica– Centro Regional de Veraguas – Universidad Tecnológica de Panamá

Resumen En este proyecto se diseñó y confeccionó un filtro horizontal de 4 cámaras filtrantes que contienen diferentes materiales como sustratos o materiales absorbentes. Los materiales utilizados en las cámaras fueron: arena, grava, carbón, vegetal, escamas de pescado, y materiales pétreos. Cada cámara cuenta con características específicas que facilitan el tratamiento o depuración de efluentes industriales. El agua utilizada por las industrias es empleada para diferentes propósitos, entre ellos para producir y/o manufacturar productos; por lo tanto, se gastan cantidades muy elevadas por cada producto obtenido y finalizado el proceso, el efluente generado no debe ser descargado directamente al medio ambiente. Por tal razón, las industrias deben implementar sistemas que les permitan volver a reutilizar el agua empleada y de esta manera se beneficiaría, no solo las industrias, pues el consumo de agua sería menor; sino que también el ecosistema estaría más en equilibrio ya que no se malgastaría este recurso natural tan valioso. El objetivo principal de este proyecto es diseñar y construir un sistema para el tratamiento de agua, con la finalidad de que esta pueda ser re-utilizada, y a la vez re-aprovecharla, bajo la óptica de la sostenibilidad ambiental. Este filtro multicámaras de bajo costo y fabricación detallada, permitirá optar por una buena alternativa para aquellas empresas que están empezando y no cuentan con un presupuesto destinado para comprar un sistema industrial de tratamiento de agua vía filtración.

Palabras claves Escama de pescado, filtro horizontal multicámaras, efluente.

Abstract This project was designed and prepared a multicameras horizontal filter, which has 4 filter chambers containing different organic materials such as absorbent substrates. The materials used in the chambers were: sand, gravel, coal, fish scales, and stone material. Each has specific characteristics that facilitate the treatment of industrial effluents. The water used by industry is used for different purposes, including producing and manufacturing products; therefore spending very large amount of each product obtained and completed the process, the effluent generated should not be discharged directly into the environment. For this reason, industries must implement systems to reuse water re-used and this can favorable, not only industries as water consumption would be lower; but also the ecosystem would be more in balance because this valuable resource is not wasted. The main objective of this project is to design and build a system of water treatment, in order that it can be reused, and thus re-use this natural resource, from the perspective of environmental sustainability. This inexpensive filter multicameras and detailed manufacturing, allow opt for a good alternative for companies that are starting and do not have a budget to buy an industrial water treatment system for filtration.

Keywords Fish scale, multicameras horizontal filter, industrial effluent.

* Corresponding author: alexis.tejedor@utp.ac.pa

1. Introducción

El agua es esencial para la vida animal y vegetal, siendo indispensable para la subsistencia del hombre, ya sea como bebida, para su higiene personal, limpieza de los elementos de uso cotidiano o para la producción de objetivos imprescindibles para su desarrollo técnico [1].

Es aquí, en la manufactura de productos en donde aparecen las industrias, utilizando el agua como materia prima para eliminar impurezas con el lavado, transportar productos en suspensión, como medio de producción, y/o para enfriamiento.

La composición de los líquidos residuales industriales varía con el tipo de proceso que se lleva a cabo.

A medida, que el agua utilizada recorre el proceso de producción industrial se va cargando de contaminantes, por lo tanto, es muy difícil definir las características de los desagües industriales, dado que presentan la particularidad de su gran variedad en cuanto a naturaleza, y cantidad de residuos producidos, verificándose notorias diferencias según los tipos de industrias [2].

Las industrias requieren grandes cantidades de agua de variada calidad, por lo tanto, resulta provechoso implementar en las industrias sistemas que ayuden a reutilizar el agua de manera beneficiosa, por esta razón, las industrias han buscado métodos para reutilizar el agua, como es el caso de la filtración [3].

El arte de la filtración, era ya conocido por el hombre primitivo, el cual obtenía agua clara de un manantial turbio, haciendo un agujero en la arena de la orilla a mayor profundidad que el nivel del agua.

El agujero se llenaba de agua clara filtrada por la arena. Este mismo procedimiento se emplea en la actualidad, el cual consiste en retener las partículas sólidas que se encuentran en un fluido líquido y se separan mediante un medio filtrante, o filtro, que permite el paso del fluido reteniendo las partículas sólidas [4].

Entre los elementos que intervienen en la filtración están: un medio filtrante, un fluido con sólidos en suspensión y una fuerza, es decir una diferencia de presión que obligue al fluido a avanzar.

El filtro es un dispositivo compuesto generalmente de materiales porosos, los cuales permiten purificar el líquido, atrapa las partículas que el fluido trae, las cuales pueden ser tóxicas o perjudiciales para la salud; algunos de los elementos filtrantes más conocidos son: arena, barro, óxido, polvo, hierro, altas cantidades de cloro y bacterias, entre otros [4].

A nivel industrial existen una amplia gama de dispositivos filtrantes, en donde los sistemas a presión o de vacío son los más usados, con preferencia a los de gravedad.

La fuerza impulsora es suplida por presión o vacío y es muchas veces mayor que la de la gravedad, lo que permite más altos rendimientos de filtración.

El tipo más común de filtros de presión es el filtro prensa. Dispone de una elevada superficie filtrante en poco espacio, por lo que su eficacia es muy grande [5].

Este proyecto se basa en un filtro de prensa de cámaras, los filtros de este tipo están formados por varias unidades de filtración (cámaras), en las mismas se colocan los elementos filtrantes (arena, grava, carbón, escamas de pescado y material pétreo), los cuales tienen características peculiares en la eliminación de compuestos orgánicos y químicos.

El objetivo principal de este trabajo, consiste en diseñar, y construir un prototipo de unidad filtrante horizontal multicámaras y utilizar productos naturales y de bajo costo como materiales absorbentes y verificar su eficiencia en el tratamiento de efluentes sintéticos industriales.

2. Materiales y métodos

A continuación, se detallan los materiales y los procedimientos utilizados en el desarrollo del proyecto.

2.1 Materiales absorbentes

Los materiales utilizados, los cuales tienen funciones filtrantes, fueron escogidos por su fácil obtención, su precio muy bajo y por las características filtrantes específicas que los colocan como uno de los mejores materiales filtrantes tradicionales.

Entre los materiales seleccionados están:

2.1.1 Carbón

Este material muy eficaz en su trabajo, utilizado principalmente para eliminación de cloro y compuestos orgánicos en el agua; elimina el color y olor, bacterias y suciedades presentes en el agua.

El filtro de carbón funciona principalmente por el proceso de adsorción. La adsorción significa una interacción superficial entre las especies disueltas y el carbón, sin embargo, en el tratamiento de aguas contaminantes las especies disueltas están difusas en los poros de carbón (absorción) donde se unen a las superficies de carbón (adsorción) [3].

La porosidad y el área superficial grande de carbón proporcionan una multitud de sitios reactivos para la unión de compuestos disueltos. En estos sitios reactivos se pueden unir los compuestos orgánicos disueltos no problemáticos, así como pueden ser dirigidos los contaminantes peligrosos.

2.1.2 Grava

El agua fluye hacia arriba a través de la grava, esto elimina la turbidez (partículas). Las propiedades del medio causan que el agua tome caminos erráticos y largos trayectos, lo cual incrementa la probabilidad de que el sólido tenga contacto con otras partículas suspendidas y con el medio formado en la superficie del gránulo de grava o arena; siendo de esta manera retenido entre el material filtrante [6].

2.1.3 Arena

Los filtros de arena eliminan los microorganismos y las partículas por el esfuerzo físico, y algunos compuestos disueltos por adsorción sobre las superficies de los granos de arena.

Los filtros de arena que mayor tiempo de contacto tiene entre el agua y la arena/biopartículas proporcionan un mejor tratamiento al permitir más tiempo para la adsorción y mecanismos de biodegradación. Retiene sólidos en suspensión y algunos organismos.

La arena es utilizada como lecho filtrante para depuración y potabilización de las aguas (para la retención de los flósculos de tamaños

muy pequeños que no son separados por decantación) [6].

2.1.4 Escamas de pescado

Las escamas de pescado tienen la propiedad como medio adsorbente, debido a que poseen un polímero llamado quitina. La quitina es un compuesto cuya función principal en la naturaleza es estructural, es decir que forma parte esencial de tejidos que dan soporte y protección al cuerpo del organismo [7].

Este polímero cuenta con propiedades peculiares que la hacen atractiva para el desarrollo de procesos de adsorción y remoción de pigmentos, metales, compuestos de interés o contaminantes [8].

2.2 Diseño del filtro

El filtro se diseñó en formato horizontal, y con 5 cámaras separadas, pero intercomunicadas entre sí, sea en la parte inferior o en la parte superior, como puede observarse en la figura 1.

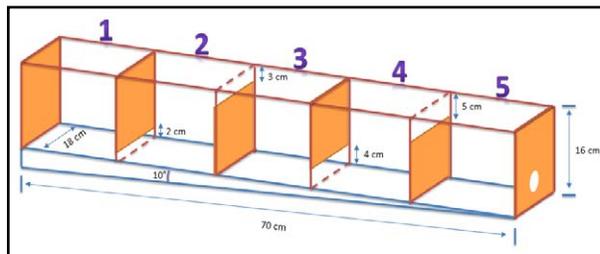


Figura 1. Diseño de filtro multicámaras.

Al obtener el agua filtrada, se procedió a realizar las pruebas para calcular el porcentaje de filtración que se obtuvo, donde se determinó que este proceso eliminó el azul de metileno presente en el efluente.

Para realizar estos análisis se utilizan las tiras de papel de pH, que permiten comparar los resultados del agua tratada con el efluente.

3. Resultados y discusión

3.1 Filtro horizontal multicámaras

El filtro se confeccionó en acrílico, es horizontal con un largo de 70 cm, una altura de 16 cm y profundidad de 18 cm. Consta de 5

cámaras, las cuales están divididas por paredes del mismo material de la caja, estas paredes tienen un espesor de 0.2 cm.

Las paredes de cada cámara, constan de una abertura de 2 cm, 3 cm y 4 cm, por donde el agua fluirá de una cámara a otra. La pared que divide la cámara uno con la cámara dos, tiene la abertura en la parte inferior de ella de 2 cm.

La pared que divide la cámara dos con la tres tiene 3 cm de abertura en la parte superior, mientras que la pared que divide la cámara tres con la cuatro tiene la abertura en la parte inferior de 4 cm, y por último la pared que divide la cámara cuatro con la cinco tiene una abertura de 5 cm en la parte superior.

Los espacios inferiores están semisellados por una malla con pequeños orificios, que impiden el paso de los materiales de una cámara a la otra; y permitiendo que el agua siga su curso.

3.2 Ensayos con efluente sintético

El diseño del filtro fue satisfactorio, ya que se comprobó su buen funcionamiento en 3 pruebas, donde la circulación del agua de una cámara a otra fue continua; tomando en cuenta la cantidad de volumen necesario para que el agua se elevara naturalmente por su propia presión y con el ángulo de inclinación. En la figura 2 se presenta la distribución en las cámaras de los diferentes tipos de materiales filtrantes ensayados.



Figura 2. Orden de los materiales filtrantes.

En las pruebas realizadas, una vez construido el filtro, se observó que el agua deberá recorrer cada cámara para que sea tratada por los diferentes materiales contenidos en las respectivas cámaras. Este recorrido se lleva a cabo debido a la inclinación de la caja que tiene un ángulo de 20° con la horizontal.

Este ángulo se obtuvo mediante la colocación de una cuña de madera. Para que el agua tratada

logre desplazarse por cada una de las cámaras, el volumen de líquido mínimo que deberá tener la caja es de 20.16 litros. La caja debe estar sellada por cada uno de sus bordes para no permitir ninguna filtración de los materiales utilizados y del agua a tratar, de igual manera, el contorno de la caja se reforzó con ángulos de aluminio que facilitan el transporte de la caja de un lugar a otro, esto le da mayor firmeza a la misma.

En la primera cámara el material utilizado es la escama de pescado, donde el agua pasará a través de las mismas, para remover los pigmentos presentes. En la segunda cámara se encuentran materiales pétreos (piedras de diferentes tamaños, gravas).

En la tercera cámara el agua desciende pasando por la arena, grava y piedra llegando a la parte inferior, pasando a la cuarta cámara en la cual se encuentra el carbón y posteriormente llegando a la última cámara, donde se almacena el agua tratada. En la fotografía de la figura 3, a continuación, se observa el diseño y colocación de los materiales filtrantes para el tratamiento, en este caso, de una solución sintética a base de azul de metileno como indicador en el tratamiento.



Figura 3. Filtración de agua con azul de metileno.

Los ensayos para el tratamiento del efluente sintético se realizaron de manera continua, sin tomar en consideración el tiempo requerido en el proceso de depuración del efluente utilizado. De esta manera se dejó por un día que se realizara el proceso de tratamiento dando los siguientes resultados: la última cámara tenía el agua ya filtrada; igual que el tanque de reserva, pues se dejó el grifo abierto para que el agua no se desbordara del filtro y se almacenara en dicho tanque. Figura 4.



Figura 4. Agua filtrada, luego de pasar cada cámara.

El filtro multicámaras horizontal, compuesto por grava, arena, piedras, carbón y escama de pescado fue elaborado con el principal objetivo de filtrar efluentes industriales reutilizando de esta manera el agua obtenida; para que las industrias tengan un menor consumo en la producción y una reducción de sus costos de producción. El agua obtenida se observa a simple vista clarificada, sin olor y ningún material extraño. Figura 5.



Figura 5. Obtención del agua filtrada.

En la obtención de los resultados es importante utilizar los materiales indicados, lavarlos correctamente y principalmente tener en cuenta que el tiempo es primordial para que el agua sea filtrada. Esto debido a que el material filtrante actúa eficazmente a mayor tiempo de contacto con el agua tratada. En el caso de las escamas de pescado, actúan eliminando cualquier coloración que posee el agua, deben ser lavadas y secada de manera que puedan eliminar todo olor y pigmentación.

El momento en el cual, el agua entra a la segunda cámara, pasa a través de una malla

por la parte inferior, y va ascendiendo poco a poco atravesando las piedras grandes, luego las piedras más pequeñas y por último la grava. Es en esta cámara donde se eliminan las partículas y materias suspendidas, pues el agua debe elevarse, dejando atrás las partículas que por tener una densidad mayor se van sedimentando en el fondo del recipiente. Figura 6.



Figura 6. Materiales en las cámaras.

Al alcanzar la altura de 13 cm, el agua pasa a la próxima cámara, atravesando la arena, la cual, elimina los microorganismos y las partículas por esfuerzo físico, seguido pasa a la grava y por último a través de las piedras grandes. Para pasar a la cámara que contiene el carbón, el agua entra por la parte inferior y es aquí donde el carbón hace su función de absorción, sin embargo, el carbón debe ser lavado muchas veces hasta obtener el agua clara y sin color.

El líquido filtrado que se observa en la siguiente imagen figura 7, muestra la comparación entre el agua obtenida y la utilizada con azul de metileno.



Figura 7. Resultado obtenido de agua tratada.

Al analizar el pH del agua tratada, se determinaron que los pH dieron como resultado

8.28 y 8.28; respectivamente. Lo que significa que el filtro no altera el pH del agua al pasar por cada una de las cámaras (ver figura 8).



Figura 8. Determinación del pH.

Los resultados obtenidos fueron satisfactorios, cada material actuó específicamente en el agua de muestra, sin embargo, al momento de colocar los materiales, el filtro no estaba herméticamente sellado lo que provocó la combinación de los materiales. Pero esto no fue impedimento para la culminación del mismo ya que se logró arreglar dicho problema sellándolo con silicona industrial. Este filtro tiene las siguientes ventajas: eficaz para filtrar y aclarar agua, fácil instalación del sistema y excelente alternativa para reutilizar el agua. En sentido contrario podemos encontrar las siguientes desventajas: mantenimiento del filtro, costo de la caja acrílica muy elevado y tiempo para el proceso de filtrado muy extenso.

Los costos en la realización de este filtro se observan en la siguiente tabla 1:

Tabla 1. Costo y cantidad de materiales

Material	Costos	Altura Utilizada
Caja acrílica	85.00	
Carbón	3.50	10 cm
Arena	12.00 (½ yarda)	5 cm
Grava	11.00 (½ yarda)	7 cm
Piedras Grandes Y Chicas	11.50 (½ yarda)	8 cm
Escama de Pescado	3.65	8 cm
Malla	1.15	
Microgotero	4.10	
Total	131.90	

4. Conclusiones

Uno de los recursos más valiosos e indispensable para la vida es el agua; de tal forma que su correcto uso en actividades cotidianas e industriales es la mejor manera de poder asegurarla a las futuras generaciones. Por lo tanto, en la realización de este proyecto aprendimos que existen métodos los cuales nos pueden ayudar a reutilizar el agua y así minimizar el uso del agua potable, así solo se utilizaría para actividades primordiales en la vida del hombre como higiene personal, alimentación, hospitales, producción.

Uno de los métodos más usado, económico, y que está al alcance de todos, es la filtración. La cual consiste en hacer pasar el agua por diferentes materiales y que sea clarificada y pueda volver a reutilizarse en tareas secundarias.

Este filtro tiene una particularidad específica, puesto que el agua debe recorrer cada una de las cámaras sin la ayuda de ninguna fuerza externa, solamente con la inclinación de 20° de dicha caja. El líquido pasará de una cámara a otra, eliminando sus impurezas a través de cada uno de los materiales filtrantes, hasta obtener el agua que pueda volverse a utilizar en la industria.

Se realizan 3 pruebas dando los mismos resultados en la obtención de agua sin olor y sin color

Sugerimos dar continuidad a la investigación para determinar la frecuencia con que deben cambiarse las escamas de pescado, de igual manera la calidad del agua para actividades humanas.

La cantidad de material utilizado fue calculado en volumen, debido a su función y propiedades para la filtración del agua.

Este proyecto surgió como solución al problema que enfrentan las industrias locales actualmente, puesto que en las mismas se desperdicia mucha agua, la cual puede ser utilizada en otras funciones a lo interno de la industria. Sin embargo, no cuentan con el equipo necesario para tratarlas y este filtro proporciona una solución a este problema.

AGRADECIMIENTOS

Gracias primero a Dios por mantenernos unidas como grupo de trabajo, por darnos

cada día la oportunidad de seguir luchando por alcanzar nuestras metas, por darnos sabiduría, fortaleza y entendimiento para poder emplearlo en nuestro diario vivir. De manera muy especial a nuestros familiares, que en todo momento estuvieron dándonos ánimos para que no decayéramos. Agradecemos a todos los profesores que dieron su aporte muy significativo al profesor Chi Shun Hong, y a las personas que hicieron posible la realización del filtro, muchas gracias.

REFERENCIAS

- [1] “Efluentes Industriales” Ingenieroambiental.com [online][cited 26 mayo 2016] available from <<http://www.ingenieroambiental.com/?pagina=835>>
- [2] Rodríguez, S.; Fernández, M.; Bermúdez, R.C. & Morris H. (2003). Tratamiento de efluentes industriales coloreados con *Pleurotus spp.* *Revista Iberoamericana Micol.* (20), pp. 164-168.
- [3] Cañizares-Villanueva, R.O. (2000). Biosorción de metales pesados mediante el uso de biomasa microbiana. *Revista Latinoamericana de Microbiología.* (42), pp. 131-143.
- [4] “Filtros de agua” Salonhogar.com [online] [cited 01 junio 2016] Available from <<http://www.salonhogar.com/ciencias/naturaleza/elagua/filtrosdeagua.htm>>
- [5] Filtro de agua Banrepcultural.org [online] [cited 01 junio 2016] Available from <http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/ayudadetareas/ciencias/filtro_de_agua>
- [6] Ramos, Y. & Uribe, I. (2009=). Planta piloto para tratamiento de aguas residuales industriales de Acesco por medio de humeales construidos – Láminas Filtrantes®. *II Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos.* Barranquilla, 24 y 25 de Septiembre de 2009.
- [7] Pérez Zaballos, J. & García Moreno, A. (2009). Modelos adaptativos en zoología (maul de prácticas). *Reduca (biología).* *Serie Zoología*, 2(2), pp. 31-43.
- [8] BONILLA R, CAMPOS M, & CONCEPCIÓN K (2015). “Remoción de pigmentos de efluentes a través de un biofiltro de gravedad de lecho fijo de exoesqueletos de especies marinas” Artículo científico.