

FABRICACIÓN DE DIFUSORES CERÁMICOS DE BURBUJA FINA Y ENSAYOS PARA LA TRANSFERENCIA DE OXÍGENO EN ESTANCOS DE AGUA POTABLE Y RESIDUAL

MANUFACTURE OF FINE BUBBLE CERAMIC DIFFUSERS AND TESTS FOR THE TRANSFER OF OXYGEN IN POTABLE AND RESIDUAL WATER STAINS

Arturo Reynaga Nava*
Maribel Díaz Chimín**, Luís Pocorey Choque***

RESUMEN

Para la fabricación de los difusores cerámicos se utilizó arcilla, originaria del sector de Alpacoma ciudad de La Paz-Bolivia, purificada previamente por vía húmeda y para lograr la porosidad de los difusores se construyó un pequeño extrusor de arcilla, luego se ensayaron varias mezclas y composiciones conteniendo por separado harina de trigo 000, sémola y aserrín (extra fino). Los resultados de la extrusión son: estructuras quebradizas e inestables, a mayores mezclas ya no se logra extruir en el equipo. En la segunda etapa se procedió a moldear y laminar la mezcla de arcilla con un espesor de 4 a 5 mm siendo la mejor mezcla de 41,17% de sémola, observándose por el microscopio, superficies con microporosidad adecuada y uniforme. De las pruebas de aireación se tiene mejores resultados a mayor tiempo de burbujeo. En el caso de aguas residuales, el contenido de materia orgánica perjudica la difusión y provoca la obstrucción de los poros del difusor.

PALABRAS CLAVE: Transporte de oxígeno, Difusión gaseosa por materiales porosos, difusores de burbuja.

ABSTRACT

For the manufacture of ceramic diffusers, clay was used, originally from the Alpacoma sector of the city of La Paz-Bolivia, previously purified by wet way, and to achieve the porosity of the diffusers, a small clay extruder was constructed, immediately several mixtures and compositions were extruded containing separately wheat flour 000, semolina and sawdust (extra fine). The results of the extrusion are: brittle and unstable structures, to greater mixtures it is no longer possible to extrude in the equipment. In the second stage, the clay mixture with a thickness of 4 to 5 mm was molded and laminated, being the best mixture of 41,17% semolina, observing microscopically, surfaces with adequate and uniform microporosity. Aeration tests have better results at a longer bubbling time. In the case of wastewater, the content of organic matter impairs diffusion and causes clogging of the pores of the diffuser.

KEYWORDS: Oxygen transport, Gas diffusion by porous materials, bubble diffusers.

RESUMO

Para a fabricação de difusores de cerâmica, foi utilizada argila, originária do setor Alpacoma da cidade de La Paz-Bolivia, previamente purificada por via úmida, e para obter a porosidade dos difusores, uma pequena extrusora de argila foi construída, mais tarde várias misturas e composições foram extrudadas. com farinha de trigo 000, sémola e serragem (extrafina), os resultados da extrusão são: estruturas quebradiças e instáveis; para misturas maiores, não é mais possível extrudar no equipamento. Na segunda etapa, a mistura de argila com espessura de 4 a 5 mm foi moldada e laminada, sendo a melhor mistura de 41,17% de sémola, observando microscopicamente, superfícies com microporosidade adequada e uniforme. Os testes de aeração têm melhores resultados em um tempo de bolha mais longo. No caso de águas residuais, o conteúdo de matéria orgânica prejudica a difusão e causa entupimento dos poros do difusor.

PALAVRAS-CHAVE: Transporte de oxigênio, difusão de gases por materiais porosos, difusores de bolhas.

History of the article: Received 27/09/2019. Style review 05/10/2019. Accepted 25/10/2019.

INTRODUCCIÓN

Difusor de burbuja

Son dispositivos conectores entre el oxígeno o aire y el agua. En consecuencia, permiten transportar a través de sus poros, burbujas gruesas o finas que se producen al someter aire u oxígeno a presión sobre un material poroso inmerso en agua, con la finalidad de contribuir a la oxidación de la materia orgánica presente en solución y suspensión en estancos de agua.

Difusores de burbuja fina

Esta clase de difusores, se caracterizan por el tamaño de los poros (aproximadamente con un diámetro promedio de 0,8 mm). "El tamaño de la burbuja es uno de los factores más importantes para la eficiencia¹ de un sistema de aireación. Mientras más pequeñas son las burbujas, mayor será la superficie de contacto por volumen de aire. Además, su velocidad de ascenso será menor conduciendo a un mayor tiempo de contacto". [1]

Para el material poroso de los difusores de burbuja fina o gruesa, se pueden utilizar membranas o tubos fabricados de elastómeros y cerámicas.

Bajo estas consideraciones, en el presente artículo se describen aspectos importantes de la fabricación de

difusores cerámicos utilizando arcillas de un sector de la ciudad de La Paz (Alpacoma) y su comportamiento como difusor para el transporte de aire u oxígeno en estancos de agua potable y residual.

DESARROLLO

Arcillas de la zona Alpacoma (ciudad de La Paz)

El relleno del valle de La Paz inicia con una amplia cuenca fluvio-lacustre, con el desarrollo de facies finas en su depocentro y con variaciones laterales en su régimen sedimentario, la secuencia más completa y espesa se puede identificar en el valle de Tejada Alpacoma (500 m), que en su base desarrolla una mezcla fluvial constituida por líticos ígneos de granitos de gran diámetro, que se hallan en discordancia angular sobre rocas del Devónico Sica Sica. Observándose también discordancia angular sobre la antigua paleogeografía y en distintas rocas plegadas de diferentes sistemas, indicando esto, que los sedimentos de la formación La Paz, se encuentran conformados por capas de limos y arcillas con presencia esporádica de yesos, arenas y gravas fluviales, niveles de lignitos, turbas y paleosuelos, alternando desde la base al tope varios niveles de tobas [2]. Se tomaron muestras de arcilla de diferentes sectores de Alpacoma, purificadas por vía húmeda, y analizadas en sus características minerales de fases sólidas cristalinas a través de la difracción de Rayos² (Instituto de Investigaciones Geológicas IGEMA).

¹ La eficiencia de los difusores de burbuja fina, también depende de otros factores como: 1) el tipo, tamaño y forma del difusor, 2) la profundidad de inmersión, 3) la temperatura del efluente, 4) el flujo de aire, 5) la geometría del tanque que incluye al cabezal de aire y el arreglo de los difusores (patrones de flujo), Y 6) las características del efluente. [1]

² (DRX Pan Analitical): tubo generador Rayos X Cobre y filtro de Níquel, radiación K alfa del Cu-longitud de onda de 1,54178 Å, condiciones de operación: Radiación a 40Kv y 40mA, rango de registro de 3° a 60°, velocidad de barrido goniómetro de 2°/min. Escala de detección automática.

El análisis químico fue realizado por Fluorescencia³ de Rayos X, en el Instituto de Investigaciones Geológicas (IGEMA) y el Instituto de Investigaciones y Aplicaciones Tecnológicas IIAT.

Purificación de la cerámica por vía húmeda

A través del filtrado de mezclas muy húmedas de arcilla⁴-arena, se separa la parte arenosa más dura (residuo), evitando así, perforaciones y/o deformaciones en la superficie de los filtros ha elaborar. En la tabla 1, se indican los resultados promedio.

Tabla 1
Resultados proceso de purificación de arcillas (%)

Arcilla purificada	99,19
Residuos (arena)	0,81

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente el filtrado se seca al aire libre, proceso realizado durante una semana. Para posteriormente Clasificar y almacenar las arcillas secas según su procedencia.

Análisis térmico de cocción

Para determinar las características de la arcilla cocida en piezas cerámicas (ladrillos), se efectuaron cocciones a diferentes temperaturas. Encontrando a 1100°C mejores condiciones físico-mecánicas de la arcilla cocida.

Análisis de fases cristalinas

Los análisis realizados en el laboratorio del Instituto de Geología (UMSA), para tres muestras de arcilla, indican la presencia mayoritaria de cuarzo⁵, abundante moscovita⁶ menor cantidad de Clorita⁷ (dos primeras muestras), Illita⁸ en poca cantidad y escasas cantidades de Ortoclasa⁹, Albíta¹⁰, Microclina¹¹.

La arcilla purificada (libre de impurezas), presenta una mayor plasticidad, principalmente por el menor tamaño de partícula (finura del material), facilitando así, su manejo en el proceso de extrusión tubular.

³ (FRX) equipo Rigaku Geiger Flexcon: tubo de Cr y Radiación generada a 50kv y 30mA, rango de detección automático para elementos pesados con cristal de dispersión LIF, corrido en un rango de 10° a 80°, mientras que los elementos ligeros, incluyendo a Ti y Ca, han sido detectados con diferentes cristales y rangos puntuales característicos de los mismos.

⁴ Tierra finamente dividida, constituida por agregados de silicatos de aluminio hidratados.

⁵ Cuarzo, mineral compuesto de sílice (SiO₂).

⁶ Muscovita, KAl₂(AlSi₃O₁₀)(OH)₂ mineral del grupo de los silicatos, subgrupo filosilicatos y dentro de ellos pertenece a las micas aluminicas. Químicamente es un aluminosilicato de potasio y aluminio, que puede llevar magnesio, cromo y una gran variedad de otros elementos en sus numerosas variedades.

⁷ Clorita, aluminosilicatos, del grupo de los filosilicatos, en algunos predomina el hierro, mientras que en otros es más importante la proporción de manganeso y de otros metales.

⁸ Illita, (K,H₂O)(Al, Mg, Fe)₂(Si, Al)₄O₁₀ es un filosilicato o silicato laminar, clasificación de Strunz, del grupo de las micas. Es una arcilla no expansiva, micácea.

⁹ Ortoclasa u ortosa, KAlSi₃O₈, subgrupo tectosilicatos, donde sobresalen los feldespatos.

¹⁰ Albíta, NaAlSi₃O₈ es un mineral del grupo de los silicatos, subgrupo tectosilicatos y dentro de ellos pertenece a los feldespatos denominados plagioclasas.

¹¹ Microclina, KAlSi₃O₈ mineral de la clase de los tectosilicatos, grupo de los feldespatos. El material de arcilla purificado (libre de impurezas), presenta una mayor plasticidad, ya que el tamaño de partícula en el más pequeño (finura del material), facilita su manejo y tratamiento de la extrusión de los difusores.

Porosidad del material arcilloso

Para desarrollar la porosidad necesaria de los difusores se procedió a mezclar la arcilla con sustratos sólidos:

a) Harina de trigo con arcilla, Para esta prueba se usó harina de trigo 000, mezclada con arcilla molida en proporciones diferentes y agua que aportó una humedad del 28 por ciento. Los resultados de la extrusión indican que estas mezclas se mantienen demasiado inestables y no son fáciles de tratar.

b) Sémola de trigo¹² con arcilla, Para esta prueba se mezcló sémola de trigo en proporciones diferentes con arcilla molida aumentando la humedad. En la tabla 2 se detallan las características plásticas de estas mezclas de extrusión.

Tabla 2
Características extrusión mezcla arcilla-sémola de trigo

Prueba	Sémola (gr)	Arcilla (gr)	Sémola (%)	Observaciones
1	100	1100	8,33	34 % humedad El material extruido, conserva la forma del molde.
2	200	1100	15,38	37 % humedad El material extruido, mantiene la forma cilíndrica del difusor.
3	300	1100	21,42	40 % de humedad En la extrusión del difusor se tiene un cilindro más húmedo, pero consistente.
4	500	1100	31,25	> 40 % de humedad Extruido débil, debido a la mayor absorción de agua.

Fuente: Elaboración propia

Producida la extrusión o moldeo cilíndrico de los difusores húmedos, se cortan éstos a 10 cm de largo, seguidamente se cierra un lado con la misma arcilla.

Para separar el agua de los intersticios del difusor, y evitar la aparición de grietas durante la cocción, el secado se realizó de forma lenta¹³ (cuatro días).

c) Aserrín¹⁴ extra fino con arcilla, Se usó serrín extra fino, mezclado con arcilla molida fina para garantizar homogeneidad, conservando 28 por ciento de humedad, obteniendo extruidos firmes pero con porosidad deficiente.

En las fotografías siguientes se muestra el extrusor, los moldes y los difusores cilíndricos producidos.

¹² Harina gruesa de trigo.

¹³ Cuanto más fino y plástico es el material, la velocidad de secado es más lenta.

¹⁴ Serrín: Grupos de partículas que se desprenden de la madera cuando se sierra.



En las tres mezclas y sus variaciones en proporciones de los sustratos incluidos para mejorar la porosidad, no se logró esta característica; porque al aumentar el porcentaje del componente (harina, sémola, o serrín) en las mezclas con arcilla, el material barroso obtenido no tiene la dureza necesaria además de no mantener la forma cilíndrica. A mayores porcentajes de humedad, no se logra extruir los cilindros y a la salida del molde se destrozan. Por lo tanto: este procedimiento, no es el adecuado para producir difusores porosos estables.

Fabricación de difusores por moldeo círculo-laminar

Para la fabricación de difusores circulares con la mezclas (sémola-arcilla-40% H₂O), se utilizaron moldes circulares para imprimir el material barroso, lograda esta forma, se redujo el espesor hasta obtener 0,50 cm, y posteriormente cocerlas.



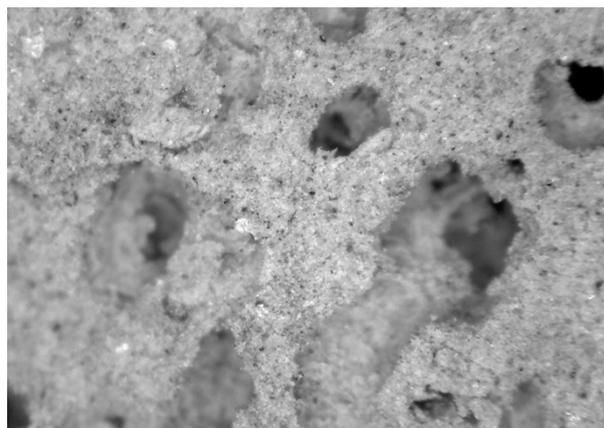
En la tabla 3, se indican los resultados de la cocción a 1100°C.

Tabla 3
Mezclas de arcilla-sémola-H₂O, resultados cocción (1100°C)

Prueba	Sémola (g)	Arcilla (g)	Observaciones
1	100	100	Moldeado: estable Cocción: inestable
2	80	100	Moldeado: estable Cocción: estable y porosidad requerida
3	70	100	Moldeado: estable Cocción: estable y porosidad requerida
4	60	100	Moldeado: estable Cocción: estable y porosidad inadecuada

Fuente: Elaboración Propia

Estas láminas de arcilla obtenidas por moldeo, laminado y cocido, presentan superficies estables y con la porosidad requerida. Obteniéndose un buen resultado para mezclas con 41,17 por ciento de harina gruesa de trigo (sémola). La porosidad producida se puede observar en esta imagen alcanzada a través del microscopio electrónico.



Crédito: A. Reynaga N. 2019

Pruebas con los difusores círculo-laminares

a) En estancos de agua potable, Para las pruebas de burbujeo se usó agua potable del sistema local de aprovisionamiento de agua.



Lámina de cerámica porosa montado en la cámara de plástico (41% de sémola)

En la tabla 4, se indica el incremento de oxígeno disuelto en función del tiempo de aireación. La combinación de

sémola (sustrato orgánico) de 41,17% con la arcilla forma la mejor porosidad necesaria para formar burbujas de menor tamaño, que se disuelven con mayor facilidad en el agua.



Tabla 4
Incremento de oxígeno disuelto en función del tiempo de aireación, agua potable

Nº	Tiempo (min.)	Lectura inicial de oxígeno disuelto (mg.L ⁻¹)	Lectura final de oxígeno disuelto (mg.L ⁻¹)	Observaciones
1	5	3,34	3,44	Incremento de oxígeno disuelto: 3 por ciento
2	8	3,31	4,19	Incremento de oxígeno disuelto: 26 por ciento
3	14	3,35	6,40	Incremento de oxígeno disuelto: 71 por ciento

Fuente: Elaboración propia

b) En estancos de agua residual, La prueba se efectuó en estancos de agua proveniente del río Choqueyapu, previamente decantada y filtrada para eliminar sustancias orgánicas en suspensión. Los resultados se muestran en la tabla 5.

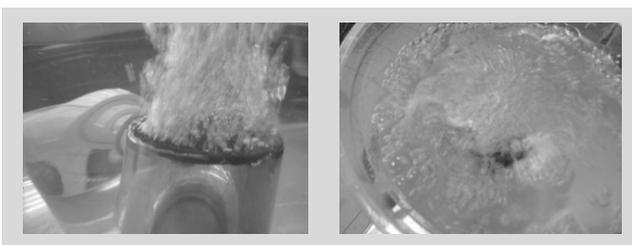


Tabla 5
Incremento de oxígeno disuelto en función del tiempo de aireación, agua residual

Nº	Tiempo (min.)	Lectura inicial de oxígeno disuelto (mg.L ⁻¹)	Lectura final de oxígeno disuelto (mg.L ⁻¹)	Observaciones
1	5	0,09	0,30	Incremento de oxígeno disuelto 230 por ciento
2	14	0,11	0,80	Incremento del oxígeno disuelto 620 por ciento

Fuente: Elaboración propia

El alto contenido de sustancias orgánicas en las muestras de agua del río Choqueyapu dificulta la aireación del

agua. Se puede observar que a mayor tiempo de tratamiento con el difusor se tiene mejores resultados.

CONCLUSIONES

Las arcillas provenientes de la zona de Alpacoma, tiene 0,81 por ciento de impurezas, compuesta en su mayoría de arena. Para el desarrollo de difusores de cerámica, se procedió a su purificación por el método de la vía húmeda, lográndose una mayor plasticidad y finura de esta arcilla.

1100 °C es la temperatura de cocción más adecuada, por las buenas características físicas, mecánicas que adquiere el material barroso (dureza y porosidad).

Respecto al moldeado y laminado de difusores circulares que produzcan burbujas finas, los mejores resultados correspondieron a la mezcla con sémola granulada al 41,17 por ciento.

Usando este difusor en el tratamiento de agua potable se tiene mejores resultados a mayor tiempo de burbujeo. En el caso de aguas servidas el contenido de sustancias orgánicas perjudica el burbujeo provocando la obstrucción de los poros del difusor.

BIBLIOGRAFÍA

Referencias bibliográficas:

[1] Difusores de burbuja fina y gruesa, Disponible en: www.sumiowater.com>Blog,

[2] Sanguenza, R. O.M., 2016, Caracterización geotécnica de la formación La Paz, sectores curva de Holguín y Alpacoma, Universidad Católica Boliviana UCB, La Paz – Bolivia.

BIBLIOGRAFÍA

Costales, F.F., Delmar W. O., 1994, Cerámica para escuelas y pequeñas industrias, Editorial Contiene S.A. México,

Memoria mapa de riesgos de los distritos urbanos del municipio de La Paz, 2011, GADLP Gobierno Autónomo Departamental de La Paz, Dirección especial de gestión integral de riesgos sistema de alerta temprana, La Paz-Bolivia.

Fe de autores:

(*), Licenciado en Química Industrial, Docente investigador IIAT, Facultad de Tecnología – UMSA.

(**), Licenciada en Química Industrial, Docente investigador IIAT, Facultad de Tecnología – UMSA.

(***) Licenciado en Electrónica y Telecomunicaciones, MSc. Gestión de Tecnología, Docente Investigador IIAT, Facultad de Tecnología – UMSA.