

Tratamiento de Barros generados en plantas de remoción de arsénico por procesos de coagulación-adsorción-filtración

AUTOR: MURILLO, CARLA EVANGELINA

Centro de Ingeniería Sanitaria-F.C.EI.A-U.N.R.

Resumen

El Centro de Ingeniería Sanitaria de Rosario, ha desarrollado la tecnología ArCIS-UNR para el abatimiento de arsénico en aguas que poseen bajos contenidos de sales totales. Este proceso genera como desecho lodos con alto contenido de humedad. El objetivo del presente trabajo, es caracterizar los barros generados y evaluar y mejorar las tecnologías de secado de barros que se utilizan actualmente. En las plantas de tratamiento en operación se emplean playas de secado que no son lo suficientemente eficientes para el tratamiento de los mismos. Para ello se diseñaron reactores a escala piloto de modo de reproducir lo que ocurre en las playas y así mejorar el diseño. Además se diseñaron y construyeron dos playas experimentales, una de ellas con cubierta solar, de modo de evaluar la contribución de la energía en el secado de los barros. Estas últimas se encuentran aún en desarrollo.

Abstract

The Sanitary Engineering Center of Rosario has developed the ArCIS-UNR technology to bring down the content of arsenic in drinking water with low total sales content. This process generates sludges with a high content of humidity. The purpose of this project is to describe the physics characteristics of the sludge generated and evaluate and optimize the technologies of drying beds used currently to dry the sludge generated in water treatment plants in operation. For this reason, pilot reactors have been developed to reproduce what happens in sludge drying beds and get a better design. Also, two experimental drying beds have been developed. One of them has a solar cover to evaluate the contribution of solar energy in the process of drying the sludge. This last projects are being evaluated.

1. Introducción

Uno de los contaminantes que puede encontrarse en las aguas subterráneas que se usan para consumo humano es el Arsénico (AS). Su exposición a bajas concentraciones durante periodos prolongados puede producir efectos negativos crónicos para la salud.

Para abatir el arsénico en agua de bebida se han desarrollado una serie de tecnologías entre las cuales se encuentran:

- Precipitación
- Coagulación-Adsorción
- Ablandamiento con cal
- Procesos de membrana e intercambio iónico.

En el Centro de Ingeniería Sanitaria se ha desarrollado el proceso ArCIS-UNR, el cual se basa en los procesos de coagulación-floculación-adsorción-filtración para la remoción de arsénico.

El proceso ArCIS-UNR, se basa en un proceso de coagulación-floculación seguido de una doble etapa de filtración. Este método resulta particularmente aplicable para tratar aguas con As que poseen bajos contenidos de sales totales (Ingallinella et al.2011)

El proceso se inicia con la captación de las aguas subterráneas desde pozos de extracción. El agua extraída es almacenada en una cisterna de compensación, posteriormente se añade en primera instancia hipoclorito de sodio (NaClO) para asegurar que el As se encuentre como arseniato que es la especie más fácil de remover y luego ácido sulfúrico (H_2SO_4) para bajar el pH. Por último se agrega policloruro de aluminio (PAC) que actúa como coagulante.

Luego del agregado de los productos químicos el agua pasa por un filtro ascendente o prefiltro, formado por grava de granulometría específica. El agua desde el prefiltro es llevada hacia el filtro de arena descendente. El agua que sale del filtro se envía a un tanque de distribución para luego ser llevada a destino a través de la red de distribución de agua potable.

Los filtros deben ser lavados periódicamente. El agua de lavado no es descartada, sino que es llevada a una pileta de recuperación donde los sólidos sedimentan y el sobrenadante es recirculado a la entrada de la planta.

Este proceso se puede ver esquematizado en la siguiente figura:

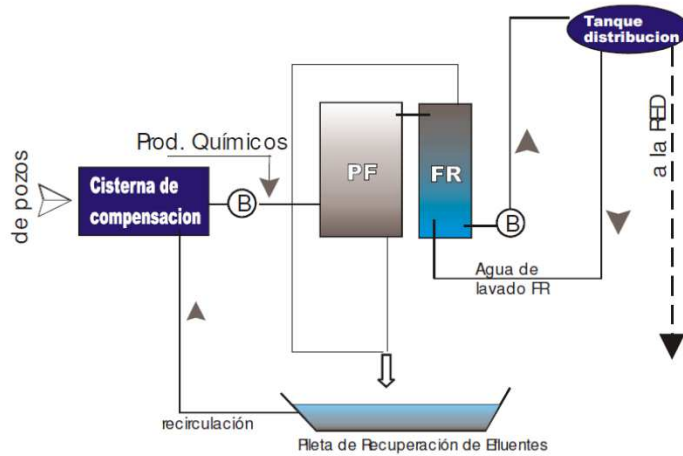


Figura 1: fuente Ingallinella, 2000

Los sólidos sedimentados en la piletta de recuperación que de ahora en adelante llamaremos **barros** son enviados hacia playas de secado. Allí permanecen durante algún tiempo con el objetivo de disminuir su humedad y su volumen, a fin de alcanzar una consistencia tal que permita su fácil traslado.

A continuación en la figura 2 puede verse un esquema de funcionamiento de la línea de tratamiento de barros.

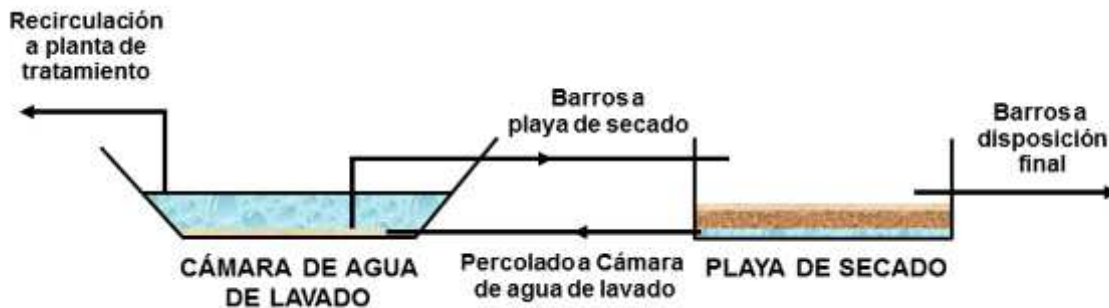


Figura 2: Línea de tratamiento de barros

En la figura 3 se observa la estructura de las playas de secado formada por un manto sostén de grava, una manto filtrante de arena y en la parte superior un doblado de ladrillos con una separación de 2cm. Además posee en la parte inferior un dren que permite recoger el agua que percola.

Las playas de secado se han usado tradicionalmente para la deshidratación de barros en las plantas de líquidos cloacales y existen recomendaciones para su diseño

(Adams C.1981). El tema del tratamiento de barros en las plantas de potabilización de aguas es relativamente nuevo y cuando se emplean playas de secado se diseñan con los mismos parámetros que los utilizados en las plantas de líquidos cloacales, siendo que las características de los mismos son muy distintas (Cornell, D.1989). No existe información en la bibliografía sobre el uso de playas de secado para el tipo de barros que se genera en las plantas de remoción de arsénico en aguas subterráneas por procesos de coagulación-adsorción-filtración. Es por ello que la finalidad de este proyecto es realizar un estudio de las playas de secado en plantas en operación a fin de evaluar su funcionamiento y realizar propuestas de optimización.

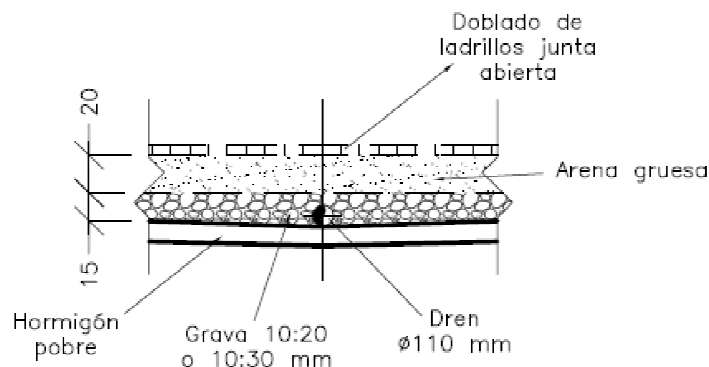


Figura 3: Estructura de las playas de secado

2. OBJETIVOS

A través de este trabajo, se pretende caracterizar los barros provenientes de plantas en operación que utilicen el Proceso ArCIS-UNR® a fin de determinar características físico-químicas y volúmenes generados así como también definir parámetros de diseño para las instalaciones de deshidratación en playas desecado.

3. METODOLOGIA

La metodología utilizada se dividió en las siguientes etapas:

- Relevamiento de información
- Ensayos en reactores a escala de laboratorio
- Ensayos en reactores a escala planta piloto

3.1 Relevamiento de Información

Dentro de esta etapa se realizaron visitas a las plantas de remoción de arsénico ubicadas en las localidades de Lezama, Pcia. De Buenos Aires y Villa Cañas en la Pcia. De Santa Fe. Durante las visitas se extrajeron muestras para la determinación de sólidos sedimentables y contenido de humedad tanto del líquido que ingresa a las playas como del contenido de humedad en los barros en proceso de secado. Asimismo se realizaron algunos ensayos de tiempos de filtración. Las técnicas utilizadas son las establecidas por APHA (2005).

Planta potabilizadora de Lezama, provincia de Buenos Aires La planta trata un volumen de agua diario de 912m³ abasteciendo a 5000 habitantes. Para el tratamiento de barros cuenta con una pileta de recuperación y dos playas de secado, las cuales se usan de forma alternada. Cuando el espesor de los barros es de 30cm aproximadamente, esta playa deja de ser alimentada para proceder al secado de barros. Cuando los barros son bombeados hacia la playa de secado parte del líquido percola a través de la playa y es recirculado hacia la pileta de recuperación. Desde allí el sobrenadante se recircula para ser utilizado nuevamente en la planta. Una vez que el barro de la playa pierde suficiente humedad como para ser trasladado, se envía hacia el sitio de disposición final en bolsones de barro (tipo "big bag") de 1m³ de capacidad

Las playas de secado presentan una rotación de 1 mes en verano y 3 meses en invierno. De las playas se extraen aproximadamente entre 20 y 25 bolsones

Planta potabilizadora de Villa Cañas, provincia de Santa Fe Posee similares características a la planta de Lezama, solo que para el secado de barros se utilizan lagunas y no playas de secado.

Fue diseñada para un volumen de agua tratada de 1200m³/día. Actualmente, posee un Qtrabajo=22-25m³/h.

Cuenta con una pileta de recuperación con dos bombas una de las cuales se utiliza para el recirculación del sobrenadante y la otra para el bombeo de barros.(Figura4)



Figura 4: Pileta de recuperación de agua de lavado

Los barros son bombeados a las lagunas de secado ubicada en un predio aledaño a la planta, las cuales puede verse en las figuras 5 y 6:



Figura 5 Y 6: Laguna en uso-Figura: laguna en proceso de secado

Luego de visitar las plantas que utilizan el método ArCIS-UNR y evaluar sus respectivas líneas de tratamiento de barros se concluye, que uno de los principales inconvenientes en la línea de tratamiento de barros es la escasa superficie de las playas de Lezama, que durante los meses fríos no permiten el suficiente secado de los barros para su traslado al sitio de disposición final.

La planta de Villa Cañas no presenta grandes dificultades en su línea de barros ya que la capacidad de las lagunas es superior a las playas de Lezama.

3.1.2 Caracterización de barros

Barros bombeados a playas de secado Durante las visitas realizadas a la planta de Lezama y Villa Cañas se obtuvieron muestras de los barros bombeados a las playas bombeo. Los contenidos de humedad variaron entre 99.3 y 99.9 % y la concentración de sólidos entre entre 1000 y 4700 mg/l, correspondiendo los menores valores a la planta de Villa Cañas. Esto puede deberse a la forma cómo se realiza el bombeo ya que en ésta última planta se bombean los sólidos a las playas en simultaneo con el bombeo del sobrenadante que vuelve al proceso de tratamiento.

La cantidad de sólidos sedimentables a los 10 minutos y a las dos horas fue cero, lo que indica la baja sedimentabilidad de los sólidos generados. A las 24 hs se obtuvieron valores de sólidos sedimentables de 90ml/L. El tiempo de filtrado varió entre 9 y 16 minutos. Este tiempo es más alto que valores encontrados en la bibliografía para plantas de potabilización que remueven turbiedad que son de 6 minutos, lo que indica una baja filtrabilidad.

Barros de playas en proceso de secado Se evaluaron algunos parámetros del barro en proceso de deshidratación. Se extrajeron muestras de la playa en uso y en proceso de secado, sitio de disposición final de la planta de Lezama y laguna de secado de Villa Cañas. Los valores de humedad se encontraron en 89,3% para Villa Cañas y 97,3 y 92,5 para Lezama.

A través de los valores de humedad se puede ver que el tipo de barros a tratar es muy diluido, con una muy baja concentración de sólidos por lo que se requeriría la

colocación de un espesador antes de su bombeo a las playas de secado. No se encontró en la bibliografía valores de referencia datos sobre este tipo de barros.

3.2 Reactores a escala laboratorio

Se construyeron dos columnas para simular el proceso que se produce en las playas de secado en diferentes condiciones. Se utilizaron dos tubos acrílicos de 125 cm de altura

A continuación se muestra en la figura 7 el esquema adoptado para el diseño de los reactores experimentales:

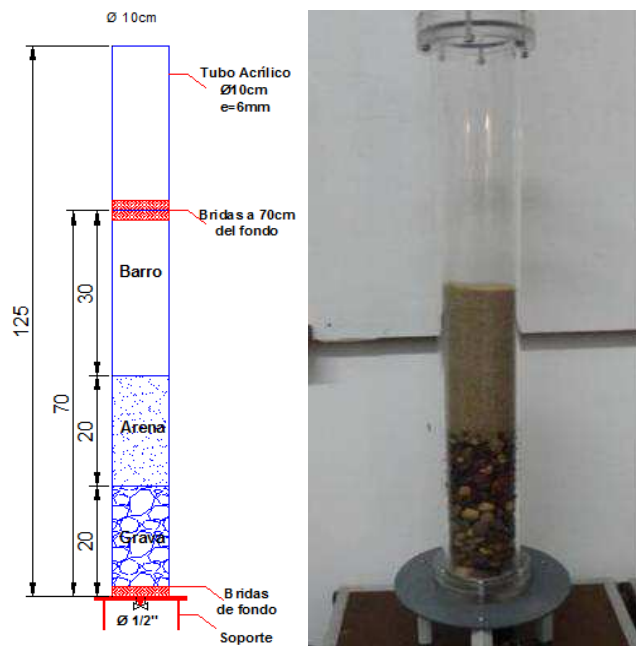


Figura 7: Esquema reactor experimental-Reactores a escala piloto

3.2.1 Descripción de ensayos realizados

Se realizaron ensayos variando las granulometrías de los mantos, la apertura de las válvulas de drenaje para simular distintas velocidades de percolado, distintas cargas y frecuencia de las cargas. La carga utilizada en los primeros ensayos de 500 ml/día se adoptó por ser ese el valor que correspondería al utilizado en la planta de Lezama. En la Tabla 1 se resumen las distintas condiciones de los ensayos. Para los ensayos se utilizaron barros provenientes de la planta de Villa Cañas por su cercanía con el Centro de Ingeniería Sanitaria ya que resultaba muy dificultoso el envío desde la planta de Lezama.

Tabla 1: Resumen de ensayos realizados en laboratorio

Ensayo Nº	Características de los mantos		Objetivo	Carga
	Reactor A	Reactor B		
1	Arena 0,5-0,60 H=20cm Grava 12-20 H=10cm Grava 20-30 H= 10cm	Arena 0,5-0,60 H=20cm Grava 12-20 H=10cm Grava 20-30 H= 10cm	<i>Operar con igual carga diaria. Mantener el Q percolado constante para cada reactor, pero con distintos valores entre ellos. Reactor A: Qp=12,5ml/min Reactor B: Qp=312,0 ml/min</i>	Carga diaria de 500 ml/día
2	Arena 0,5-0,60 H=20cm Grava 12-20 H=10cm Grava 20-30 H= 10cm	Arena 0,5-0,60 H=20cm Grava 12-20 H=10cm Grava 20-30 H= 10cm	<i>Evaluar el comportamiento de los reactores con los mantos limpios y sucios. Reactor A: Mantos limpios Reactor B: Mantos sin lavar</i>	Carga diaria de 500 ml/día
3	Arena 0,5-0,60 H=20cm Grava 12-20 H=10cm Grava 20-30 H= 10cm	Arena 0,5-0,60 H=20cm Grava 12-20 H=10cm Grava 20-30 H= 10cm	<i>Evaluar resultados al alimentar reactores con distintas cargas</i>	Carga reactor A=500ml/día Carga reactor B=250ml/día
4	Arena 0,5-0,60 H=20cm Grava 12-20 H=10cm Grava 20-30 H= 10cm	Arena 0,5-0,60 H=20cm Grava 12-20 H=10cm Grava 20-30 H= 10cm	<i>Evaluar resultados al espaciar el tiempo entre carga y carga (48 y 72 hs)</i>	Carga reactor A=500ml/48hs Carga reactor B=500ml/72hs

3.2.2 Resultados y discusión de los ensayos en laboratorio

A partir del ensayo 2 se determinó que la granulometría adecuada era la del reactor A, y que convenía operar con la válvula de drenaje completamente abierta. A partir de allí se realizaron los ensayos 3 y 4 cuyos resultados se presentan por ser los más significativos.

- **Ensayo 3:**

Condiciones de operación: distintas cargas en reactores A y B

En las figuras 8 y 9 se grafican los valores de turbiedad y percolado vs. tiempo para este ensayo:

AUTOR: Carla E. Murillo

Figura n°8: Ensayo 3; Variación de turbiedad respecto al tiempo

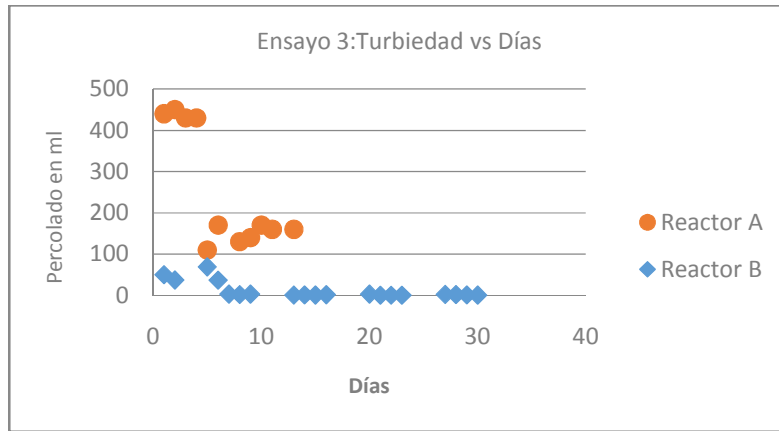
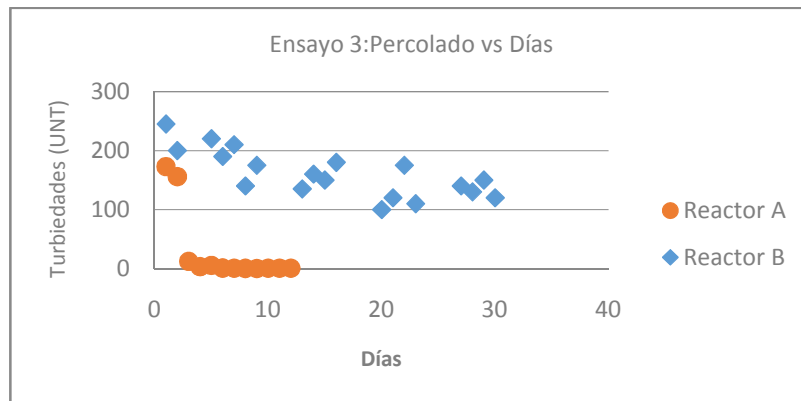


Figura n°9: Ensayo 3; Variación del percolado respecto al tiempo



Se observa que al realizarse una carga de 250ml, permitió que el reactor funcionara por más tiempo (aproximadamente 30 días). Las gráficas tanto de Turbiedad Vs Tiempo como de Percolado Vs tiempo, presentan una tendencia pudiendo aproximarlas a una curva. Se puede deducir que reduciendo a la mitad la carga (de 500ml a 250ml), mejora el comportamiento notablemente.

- **Ensayo 4:**

Condiciones de operación: cargas cada 24 hs o 72 hs.

En las figuras 10 y 11 se grafican los resultados de turbiedad vs. Tiempo para este ensayo

AUTOR: Carla E. Murillo

Figura n°10: Ensayo 4; Variación de turbiedad respecto al tiempo

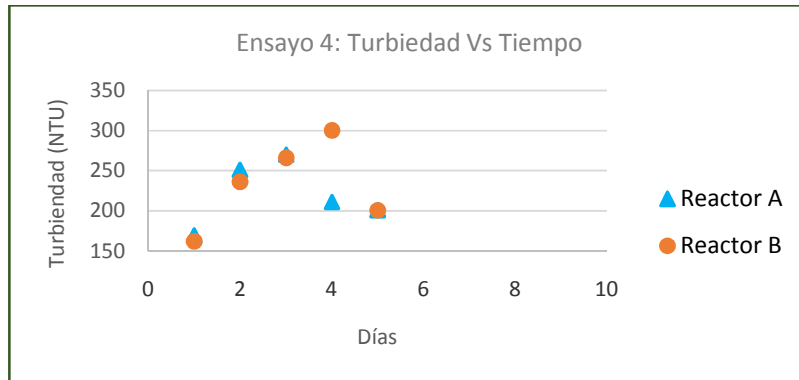
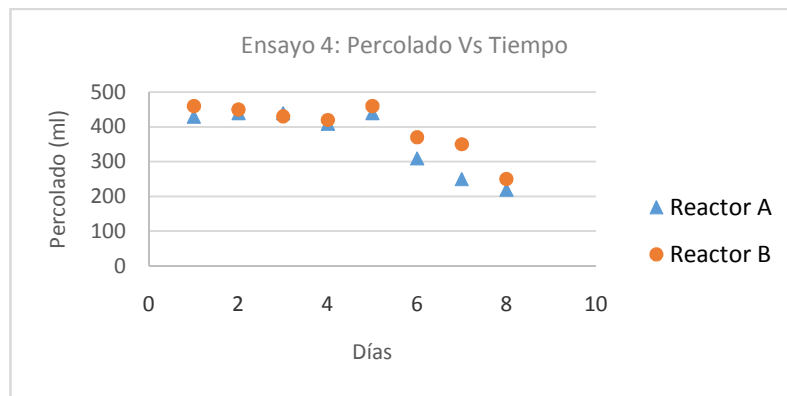


Figura n°11: Ensayo 4; Variación del percolado respecto al tiempo



Al evaluar las gráficas obtenidas en los distintos ensayos, se observa que en las que se obtuvieron mejores resultados con las siguientes condiciones.

- Ensayo 3: Reactor B, carga de 250ml cada 24 hs.
- Ensayo 4: Reactor A y B, carga de 500ml cada 48 hs y 72 hs. Respectivamente.

Se puede deducir que reduciendo a la mitad la carga (de 500ml a 250ml), mejora notablemente el rendimiento de las playas.

Uno de los parámetros que se utilizan para diseñar las playas de secado es la carga de sólidos expresada en kg de sólidos por metro cuadrado y por año. A partir de los resultados de los y tomando un valor promedio de 2800 mg/L de sólidos se calculó cual sería en una primera aproximación una carga recomendable. Extrapolando los resultados obtenidos en el laboratorio a una escala real da como resultado una carga aproximada de 30 kg de sólidos /m².día.

Según la bibliografía (AWWA), las playas de secado son muy específicas del lugar en el cuál estén situadas y del tipo de planta del cual traten el residuo, pero tienden a tener un rango de entre 50 hasta 150kg/m².año.

Evidentemente, en el caso de estos barros las cargas a aplicar son menores y ello implica tener que disponer de superficies más grandes. Es por ello que se pensó ensayar a nivel de planta piloto una alternativa que permitiera aprovechar la energía solar para el secado de los barros.

3.3 Reactores a escala piloto

Una vez realizados los ensayos se diseñaron y construyeron dos reactores a escala piloto.

Para su construcción se utilizaron dos cubas de polipropileno de 350 litros. Se colocó en la parte inferior un caño de PVC perforado que funciona como dren para colectar el agua contenida en los barros. En el extremo del caño se colocó una válvula esférica para permitir el drenaje del percolado.

Para los mantos filtrantes se conservó el esquema utilizado en los reactores en laboratorio (20 cm de arena 0,5-0,6; 10 cm de grava 12-20; 10cm de grava 20-30).

La única diferencia que poseen las playas experimentales es que a una de ellas se le incorporó una cubierta de polipropileno de modo de aprovechar la radiación solar. Para el diseño de la cubierta se solicitó asesoramiento técnico al Dr. Lic. En física Rubén Piasentini, quien junto con el alumno Vladimir Moskat colaboraron en el diseño.

A continuación se muestra un esquema de las playas con cubierta de polipropileno:

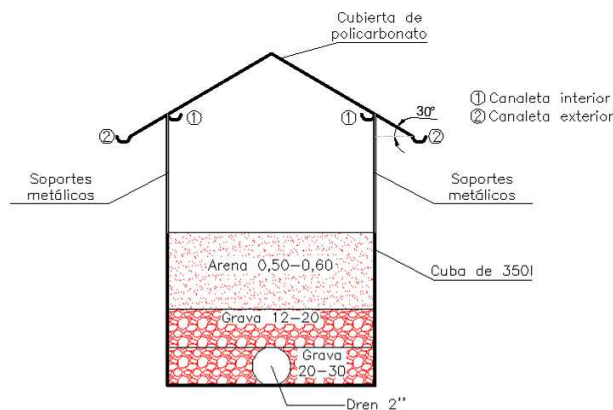


Figura 12: Esquema playas de secado a escala piloto



La playa que posee cubierta solar presenta canaletas internas y externas. Las mismas tienen como función recolectar el agua evaporada por el barro (canaleta interna) y el agua de lluvia (canaletas externas). La playa puede funcionar de dos maneras: con la cubierta totalmente hermética impidiendo el paso del aire o permitiendo el paso a través de la cubierta sacando los tapones frontales

En esta playa se colocó un termómetro digital en su interior y un termómetro de mercurio en el exterior a fin de comparar la variación de temperatura interna y externa.

Se realizó un primer ensayo de prueba para determinar las mejores condiciones de operación. Durante el mismo se cometieron algunos errores de tipo operativo que no permitieron obtener resultados representativos.

Lo que interesa destacar es que dentro de la playa con cubierta solar, la temperatura se halla unos 7 °C por encima de la temperatura exterior, lo cual resultaría favorable para disminuir la humedad de los barros y alienta a continuar con los ensayos.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Las observaciones realizadas en las plantas en operación demuestran que la superficie destinada a las playas de secado son insuficientes y dificultan la operación de las mismas.
- Los valores altos de humedad de estos barros indican que podría ser necesario incluir un espesador como paso previo antes de las playas de secado.
- El aprovechamiento de la energía solar puede ser interesante y por lo tanto se recomienda continuar con los ensayos en los reactores a escala piloto.

Bibliografía:

APHA (2012) : "Standard methods for the examination of water and wastewater", *American Public Health Association*, 22 ed. 2012 Washington, DC: American Public Health Association

Adams, Carl(1981): "W. Development of Design and Operational Criteria for Wastewater Treatment", *Chapter 7, Wastewater Treatment*. CBI publishing, USA

Cornwell D(1989): "Water treatment plant-residual management", *Chapter 16*, McGraw-Hill, Estados Unidos, 1989

Ingallinella A.M. Pacini V. Fernández, R. Vidoni, R. Sanguinetti, G.(2011): "Simultaneous Removal of arsenic and fluoride from groundwater by coagulation-adsorption with polyaluminum chloride", *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 46:11, 1288-1296.

Letterman, R.D (ed.) (1999): "Water Quality and Treatment" *AWWA, American Water works Association*, Mc Graw Hill, USA