



FILTROS USINA LAGUNA DEL SAUCE – RACONTO DE MODIFICACIONES - ESTUDIOS Y OBRAS COLOCACION DE DOBLE MANTO DE ARENA-ANTRACITA

Pedro López⁽¹⁾, Gustavo Méndez⁽²⁾, Mario Taberne⁽³⁾, Gerardo Delfino⁽⁴⁾

(1) Jefe de Plantas, OSE-UGD (Unidad de Gestión Desconcentrada - Maldonado)

(2) Jefe de Laboratorio de OSE-UGD

(3) Supervisor de Usina Potabilizadora Laguna del Sauce OSE-UGD

(4) Asistente Técnico OSE-UGD

Dirección:

Calle: Parada 42. Mansa Punta del Chileno Ciudad: Maldonado Uruguay CP: 11.200
Tel: 598 (42) 24 17 73, Fax: 598 (42) 24 17 73, e-mail: plopez@ose-ugd.com.uy

RESUMEN

Los 8 filtros de la Usina Laguna del Sauce datan, al igual que las instalaciones originales de la Planta Potabilizadora, del año 1970-71. A partir de las Obras de Remodelación de la LP 1008, pasaron a operar con agua clarificada en cantidades y de características distintas de las que hasta entonces.

Los filtros pasaron a incrementar su tasa de diseño a 1,7 veces más de la original, con agua clarificada proveniente del proceso de flotación con aire disuelto, que contiene un grado importante de saturación de aire en el agua.

En dichas Obras de Remodelación las modificaciones que recibieron los filtros no dieron los resultados esperados.

Una instancia de Consultoría con el Prof. Ing. Luiz Di Bernardo, sugiere el estudio y análisis de la conformación de un manto doble de arena y antracita como forma para mejorar el funcionamiento y performance de los filtros, manteniendo las estructuras de los mismos.

En el presente se hace un racconto histórico de los cambios que se le hicieron, deteniéndonos en los trabajos y estudios realizados a instancias de Gerencia de UGD (Ing. Raúl Pais) y Gerencia General de OSE (Ing. Danilo Ríos), en una Planta de Filtros Piloto. Dicha Planta Piloto fue confeccionada en la Usina Laguna del Sauce, como elemento fundamental para el estudio y evaluación de cualquier alternativa; en este caso particular basada en la propuesta del Prof. Di Bernardo.

A partir de todo este trabajo fue que se tomó la decisión de ejecutar las Obras para la realización del cambio del manto filtrante de arena existente por la alternativa de doble manto de arena y antracita que surgió de los estudios. En tal sentido también se presentan las Obras concretas ya ejecutadas en 3 de los 8 filtros de la Usina y los resultados que se vienen obteniendo de dichos filtros vs. los de arena existentes.

INTRODUCCIÓN

Los filtros originales, son un diseño patentado AQUAZUR de Degremont, que tienen las siguientes características:

- Manto uniforme de arena de 85 cm de espesor, TE=0,9 mm, y CU=1,5.
- Control de nivel constante sobre cada filtro mediante sifón parcializado Neypric-Degremont, y equirrepartición del caudal total de producción entre los filtros operativos. (caudal prácticamente constante).
- Muy bajo porte: altura total de la caja 1,50m, repartidos en 85cm por el lecho de arena, 55cm de carga de agua sobre el nivel del manto, y 10cm de franquía al vertedero de lavado.
- Lavado en 2 etapas: una de agua (0,1m/min)+ aire (0,8 m/min); y la otra de aclarado con agua sola (0,4 m/min)

Estos filtros desde su concepción original Degremont, admiten la poca carga de agua sobre el manto, y que ello genera al poco tiempo de estar en carrera la formación de presiones negativas que hacen “quedar” al filtro por máxima pérdida de carga mucho antes de agotar su capacidad de acumulación de partículas. Este hecho es admitido de fábrica, teniendo incorporado en la consola de mando de cada filtro una función llamada “Enjuague” o movida, que es un lavado corto (2 min.) solo con agua que provoca la liberación de un gran volumen de aire atrapado en el seno del manto para que el filtro se desatasque y prolongue un poco más de tiempo su corta carrera.

Luego de las modificaciones introducidas en la Remodelación de la Usina (prontas al inicio del 2002), y otras posteriores los filtros continuaron con un comportamiento complicado deficitario:



1. Lapsos de tiempo-carreras muy cortas entre enjuagues, de 2 a 3 hs. con una tasa de 5m³/m²/hr.
2. Rápida obstrucción por aire atrapado en sus poros o huecos que acortan la carrera y afectan la eficiencia en remoción (sobre todo zoo-plancton)

Un primer gran inconveniente se tuvo con el implante de los nuevos sifones parcializadores, usados para controlar el nivel constante dentro de los filtros. Se sustituyeron todas las unidades patentadas Degremont de 450mm por unidades caseras de 600mm.

Fue imposible lograr que estas unidades controlaran el nivel y por tanto, la carga y el caudal; teniendo permanentemente un comportamiento irregular a modo de on/off, o produciendo gráficos tipo diente de sierra.

El funcionamiento del filtro estaba afectado de permanentes pulsaciones u oscilaciones de carga comunmente de ± 20 cm, o 40 cm de amplitud, en el transcurso de 1 minuto. Ante una pérdida de carga de 1mt., representa una pulsación del 40 %, que no admite siquiera comparación con el 4% indicado en estudios de Baylis y Hudson, valor a partir del que se ve notablemente afectada la eficiencia del filtro en la remoción de materia suspendida.

Este primer grave inconveniente quedó resuelto cuando uno a uno se procedió a la sustitución de los sifones por válvulas mariposa de 450mm con actuador y posicionador electro-neumático comandado por plc a partir de la señal del nivel de control seleccionada para los filtros.

A partir de estas modificaciones, el funcionamiento de los filtros fue sensiblemente mejor en cuanto a que dejaron de producirse las pulsaciones mencionadas, teniendo un comportamiento relativamente lineal ascendente y continuo en cuanto a la pérdida de carga. A pesar de la mejora en el funcionamiento, las carreras obtenidas en Planta, luego del cambio, no superaron las 5 hrs. a tasa de 5m³/m²/hr., y no superaron las 3 hr. a tasa de 6m³/m²/hr.

Con respecto al manto filtrante, el existente es el resultante de la conformación original, sumadas las modificaciones que recibió a posteriori, a saber:

1. Manto original homogéneo de 85 cm de arena TE = 0,90 mm y CU = 1,5.
2. Retiro de 20 cm de aquel y colocación en su lugar de 3 capas sucesivas de 1,2 , 1,8 , y 2,4 mm (manto invertido). Esta modificación fue en marco de las obras de la LP internacional n° 1008 (diciembre 2001).
3. Retiro de 20 cm de capa superior y colocación 20 cm de arena TE = 0,55 (abril 2002).

Producto de los sucesivos lavados, los cuales emplean agua y aire, con tasas y tiempos preestablecidos, se fue auto-conformando un nuevo manto, mezcla de las arenas homogéneas pero de distintas granulometrías que fueron empleadas de origen y en las etapas posteriores mencionadas.

Así se fue conformando el manto filtrante actual, que una vez estabilizado en el tiempo quedó con las siguientes características propias distinto del original.

- TE = 0,95 mm y un CU = 1,77, con un 13% de granos de más de 2mm, no deseable que elevan su CU y desmejoran la eficiencia en remoción de materia suspendida.

Sabiendo que la situación del sistema de filtración era problemática se decidió convocar al Ing., Prof. Luiz Di Bernardo, para desarrollar actividades de Consultoría. Luiz Di Bernardo es Ingeniero Civil, Maestro y Doctor en Hidráulica y Saneamiento, cumplió programa de Pos-Doctorado Iowa State University, 3 premios Abel Wolman, autor y co-autor de varias publicaciones de Tratamiento de Agua y en particular sobre la temática de Filtración.

La Consultoría del Prof. Luiz Di Bernardo (octubre de 2003), permitió junto a él efectuar un diagnóstico actualizado del sistema de filtración, y dar una serie de recomendaciones para obtener la mejor configuración posible para la operación y seguridad del sistema, con las estructuras existentes.

El diagnóstico respecto al Sistema de Filtración fue:

- El aire atrapado en el medio filtrante después del lavado, no es eliminado con el caudal máximo de lavado que apenas alcanza los 0,40m/min; por lo que la siguiente carrera inicia con gran contenido de aire en el.
- El agua que ingresa a los filtros sobresaturada en aire, contribuye mediante su desgasificación dentro del manto a aumentar el volumen de aire atrapado en los mismos.
- El caudal afluente a cada filtro no es igual lo que puede contribuir a la baja de la eficiencia global del sistema.
- Los filtros no poseen una tubería de filtrado al desagüe, para descartar los primeros minutos de carrera.
- El manto conformado actualmente es de TE=0,95 mm pero posee cantidad excesiva de granos mayores de 2mm (13%) que aumentan su CU en detrimento de su eficiencia.

Las recomendaciones de Di Bernardo fueron:

- Modificación del medio filtrante, pasando a filtros de doble manto, de antracita y arena, con:
 - Antracita espesor de capa de 45cm; tamaño de granos entre 0,71 y 1,41mm; TE 0,85 a 0,90 mm;
 - Arena espesor de capa de 20cm; tamaño de los granos entre 0,42 y 1,41mm; TE 0,45 a 0,55 mm;



- Aumentar la velocidad final de lavado para eliminar el aire a posteriori del lavado, se sugiere una velocidad ascensional mínima de 0.75m/min., considerando modificación del medio filtrante.

Para estudiar y analizar la propuesta de modificación del manto filtrante ratificarla y ajustarla, se confeccionó en la Usina Laguna del Sauce una Planta de Filtros Piloto que permanece disponible.

OBJETIVOS Y METAS

Se confecciono una Planta Piloto con 3 unidades de filtros, para los estudios y análisis con los objetivos siguientes:

1. Verificación del aire atrapado y retenido en el medio filtrante existente, tras el lavado de los filtros tal como se efectúa en Planta: con iguales tasas de agua, aire, y tiempos de cada etapa de lavado.
2. Estudio de alternativas para la conformación de un nuevo manto filtrante de doble capa de arena y antracita que mejore las condiciones actuales de operación y tratamiento.
3. Comparación de condiciones hidráulicas y de calidad global de agua filtrada, obtenidas para las alternativas del nuevo manto, respecto a los filtros de manto existente.
4. Selección de la alternativa más adecuada para llevar adelante las obras de mejora correspondientes.

METODOLOGIA

Descripción de la Planta Piloto

La instalación se ubicó al costado de la Planta entre una unidad de flotación y el filtro n°8, contiguo al canal de agua clarificada. Se aprovechó espacio y altura disponibles para montar los 3 filtros a una cota adecuada para tomar el agua clarificada directamente de dicho canal a través de una tubería sifonada.

La instalación es semi-cerrada y techada lo que da la comodidad necesaria para trabajar en todo momento, y además permite que se mantenga en buen estado y se conserve en el tiempo como una instalación más de la Usina.

Los filtros están confeccionados con tubos de acrílico de 210mm de diámetro, 6mm espesor, con un porte total de 2m de altura incluido el espacio bajo el falso fondo de 40 cm. El falso fondo lo conforma una brida también de acrílico calculada para llevar 2 boquillas o toberas idénticas a las de Planta.

Todos los insertos de los filtros: entradas y salidas, de agua y de aire, piezómetros, desagües, etc. están conformados por piezas de bronce roscadas y al mismo tiempo pegadas al acrílico previamente reforzado en la zona del inserto u orificio.

La equirrepartición de caudales se asegura a través de la tubería de agua clarificada de 2” con igual carga hidráulica frente a cada entrada al filtro respectivo de ¾” con orificio calibrado.

A través de dos rotámetros controlan las tasas de agua y aire respectivamente aplicadas durante el lavado, y un compresor de servicio provee dicho aire.

El control de nivel constante se logra mediante una válvula de flotador de ¾”, colocada de manera que opere con el principio inverso a lo que es su uso habitual, es decir que abre cuando el nivel sube y cierra cuando el nivel baja respecto a un nivel de referencia (nivel de funcionamiento del filtro). El asiento de la válvula fue modificado de plano a cónico a modo de válvula de aguja para un certero control y regulación de caudal.

Imagen 1: Vista de Implantación de Planta



Imagen 2: Filtros Piloto N°2 y N°3



Imagen 3 e Imagen 4: Detalles,

Piezómetros insertos en piezas de bronce, boquillas roscadas al falso fondo, líneas de entrada de agua y aire, rotámetros correspondientes para control lavado, desague lavado y canaleta recolección agua filtrada



Imagen 5 e Imagen 6: Mecanismo flotador invertido utilizado para regulación de nivel constante en cada Filtro



Forma de trabajo

Los ensayos se realizaron a partir del 6 de noviembre de 2006 y se extendieron hasta el 23 de marzo de 2007. Se efectuaron 3 etapas o campañas de varios días consecutivos ininterrumpidos de ensayos, entre las cuales se paraba para descanso del personal y para realizar evaluaciones parciales sobre la marcha de los ensayos.

En este Proyecto se apuntó como meta a seleccionar la alternativa más adecuada respecto al doble manto de arena y antracita. Por tal motivo se trabajó sin considerar el aumento de la velocidad final de lavado, y por ende se trató de mantener idénticas las condiciones del lavado actual, esto es iguales tasas de aire, de agua y tiempos de cada etapa. Esto no fue posible de mantenerlo en un 100%, pues para los filtros de arena y antracita fue necesario llevar a 0, la tasa de agua mín. que se aplica en la primera etapa del lavado simultáneamente con el aire. Ello, debido a que por su peso la antracita es levantada en dicha primera etapa del lavado con aire, y si al mismo tiempo se aplica agua se produce la pérdida de importante cantidad de material.



Cuadro de mantos filtrantes estudiados

Características	Filtro N°1	Filtro N°2	Filtro N°3
Grava, 2 a 3mm y 3mm a 6mm	6 cm	6 cm	
Arena, TE=0,51; CU=1,62	20 cm	25 cm	---
Antracita, TE=0,88; CU=1,63	45 cm	45 cm	---
Arena actual TE=0,95; CU=1,77	---	---	85cm
Etapas	Etapas 1, 2 y 3	Etapas 2 y 3	Todas 1, 2, y 3

Condiciones generales de trabajo de los filtros piloto

- Tasa de filtración fue de 6,5m³/m²/hora equivale a caudal de 225 L./hr. por filtro.
- Lavado: a. Tasa de aire 0,80 m/min equivale a caudal de 1650 L./hr. aire..... 8 min.
b. Tasa de agua final 0,4 m/min ... equivale a caudal de 830 L./hr. agua.....8 min.
- En la etapa a. se verifica que el filtro este con agua hasta su nivel de operación habitual, y luego se aplica solamente aire a la tasa indicada sin la aplicación de agua simultanea.

Datos, registros y criterios de evaluación aplicados

Durante la operación y el funcionamiento de la Planta Piloto se tomaron las siguientes medidas:

- Piezométrica: De todos los piezómetros de cada filtro, cada 30 minutos.
- Turbiedad: Cada 30 minutos, al inicio cada 15 minutos.
- Conteo hidrobiológico: Se realizaron 26 muestras compuestas por filtro de 50 Litros cada una.
- Oxidabilidad: 1 de cada muestreo para los conteos hidrobiológicos.
- Turbiedad desagüe de lavado: De algunos lavados cada 1 minuto aprox.

Se obtuvieron aprox. 900 registros de turbiedad por cada filtro piloto, aprox. 4500 registros de carga por filtro, y 26 muestras compuestas para el conteo de material hidro-biológico en cada filtro.

Cada muestra compuesta para análisis hidrobiológico, consta de 50 Litros de agua filtrada de cada filtro, recogida a lo largo de 1 día de operación, con 10 muestras parciales de 5 Litros cada una. El conteo se realizaba luego de un filtrado previo a través de una malla de 20 micras.

Cabe acotar que además de los datos y registros procesados, resulta muy importante estudiar y analizar todo lo que la Planta Piloto permite ver gracias a la transparencia de los acrílicos con que fueron construidos la totalidad de sus filtros. Aspectos como el aire atrapado tras el lavado, la liberación mayor o menor del mismo según cada filtro, la expansión del manto durante el lavado, la penetración del floc etc., pueden verse claramente en esta Planta Piloto.

Así el conjunto de resultados fue analizado considerando 2 aspectos claves en forma simultanea:

- La mejora esperada en el funcionamiento del filtro, la evolución más lenta y sin oscilaciones bruscas de la pérdida de carga en el manto, y por ende la obtención de carreras más prolongadas.
- Lo anterior al mismo tiempo debe ser logrado con la mejor calidad de agua filtrada posible, mejorando como mínimo la obtenida por la configuración del manto actual.

En cuanto a la Calidad los indicadores fundamentales fueron la turbiedad; tomando valores promedios y porcentajes de tiempo en que la turbiedad estuvo en distintos intervalos, y fundamentalmente los resultados de los conteos y análisis Hidro-biológicos dado que este es un aspecto fundamental en la Usina Laguna del Sauce.

RESULTADOS

Los resultados de las distintas etapas de ensayos las podemos ver y analizar en principio de forma separada según los temas fundamentales mencionados en los objetivos y metas del estudio.

Luego podremos ver en forma conjunta como se relacionan estos aspectos y como las mejoras de unos (por ejemplo del funcionamiento hidráulico), potencian mejoras en otros (calidad de agua filtrada).

Aire atrapado en el manto tras el lavado completo

El aire dentro de cualquier manto filtrante constituye un doble inconveniente: el hidráulico debido a que implica una obturación que aumenta la pérdida de carga y por tanto acorta las carreras de filtración; y por otro lado como obturación, achica la sección de pasaje de agua aumentando varias veces la velocidad de pasaje y arrastre de partículas. Además como fluido compresible puede dar origen a fluctuaciones transitorias de presión, carga, y de caudal/velocidad que como se sabe afectan negativamente la remoción de un filtro. El mejor funcionamiento para todo filtro es regular, tranquilo, y con mínimas perturbaciones, y el aire atrapado en el manto va en contra de ello. Como se indicó antes, la transparencia del acrílico de los filtros piloto permitió ver y esclarecer a simple vista este aspecto, y establecer claramente las siguientes premisas:

- En la etapa inicial de lavado con aire, además de provocar el efecto deseado de energía y fricción entre los granos para el desprendimiento de mugre y suciedad, parte de dicho aire va quedando alojado dentro del manto como burbujas y cavidades amorfas más o menos grandes.
- En la etapa final de “agua total”, a la misma tasa de Planta de 0,40 m/min., se aprecia claramente que los Filtros N°1 y N°2 de arena y antracita tienen mayor facilidad para arrastrar hacia arriba y liberar el aire atrapado que lo que puede lograr el Filtro N°3 de manto actual. Se observa en este último muchos burbujones de aire que no logran moverse hacia arriba y quedan retenidos en el lecho.
- El hecho anterior concuerda con que los Filtros N°1 y N°2 poseen una expansión (aunque insuficiente) del orden del 12 %, mientras que el Filtro N°3, se expande un 1 %.
- Como consecuencia, al culminar el lavado, en el Filtro N°3 permanecen retenidas mayor cantidad de huecos, burbujas y cavidades de aire que en los Filtros N°1 y N°2, los cuales pudieron liberar mayor cantidad de aire.
- El volumen de aire expulsado del lecho tras el lavado final con agua durante los tiempos usuales (7 a 11 min.) no aumenta considerablemente, por más que dicho tiempo se aumente. Lo que incide directamente en la expulsión y liberación del aire alojado es la tasa de lavado final con agua, cosa que si bien no se evaluó en detalle, se pudo ver como llevando la tasa a 0,75 m/min. todos los filtros expulsan mayor cantidad del aire alojado.
- A medida que transcurre el tiempo de funcionamiento de cada filtro se observa según se van produciendo las presiones negativas adentro del manto desde el tope hacia el fondo, el cambio de textura-color provocado por el avance de la formación de aire dentro del lecho filtrante. Es decir que la formación de aire por depresiones negativas va quedando “registrada” en el lecho visible a través del acrílico.

Imagen 7 y 8: burbujas de aire atrapadas en Filtro N°3



Imagen 9: verificación pinchando el tope del manto (expulsa aire)

Imagen 10: manto filtrante expandido 12% aprox. durante el lavado Filtro N°2

Imagen 11: manto sin expandir en situación normal Filtro N°2



Imagen 12: verificación pinchando el tope del manto Filtro2 (no salen burbujas)

Carreras de filtración

- Las carreras de filtración obtenidas en los Filtros N°1 y N°2 con doble manto de arena y antracita resultaron superiores a el doble del tiempo que las carreras obtenidas en el Filtro N°3 de manto actual.
- En a etapa 1, para el Filtro N°1 con manto de 20 cm de arena y 45 cm antracita, la carrera a partir de su lavado fue de 10,5 horas, mientras que el Filtro N°2 con manto actual, la carrera fue de 4 horas; es decir que el filtro de doble manto tuvo 2,6 veces más tiempo de carrera (gráficos 3 y 4).
- En las etapas 2 y 3 en que se empleó además una segunda alternativa de doble manto de 25 cm de arena y 45 cm de antracita en el Filtro N°2, la relación entre intervalos de carrera Filtro N°2/Filtro N°3 es de 1,90 aprox. También esta alternativa implica una mejora considerable sobre la situación existente.
- La carga hidrostática mínima en el Filtro N°3 al momento que comienza a descender por debajo de 0, se da en los primeros 5 a 10 cm de profundidad del manto, mientras que en los filtros de arena y antracita dicho valor extremo se produce entre los 15 y 25 cm de profundidad de lecho.
- El hecho anterior coincide con la profundidad a la cual se observa la penetración de los “flocs” en los distintos lechos filtrantes.

Gráfico 1 y Gráfico 2: Pérdida de Carga total a través del manto y Turbiedad vs. Carrera de filtración (20 y 21/03/2007)

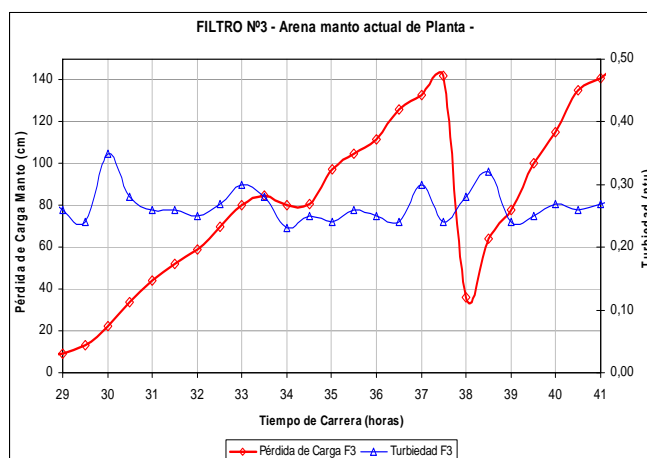
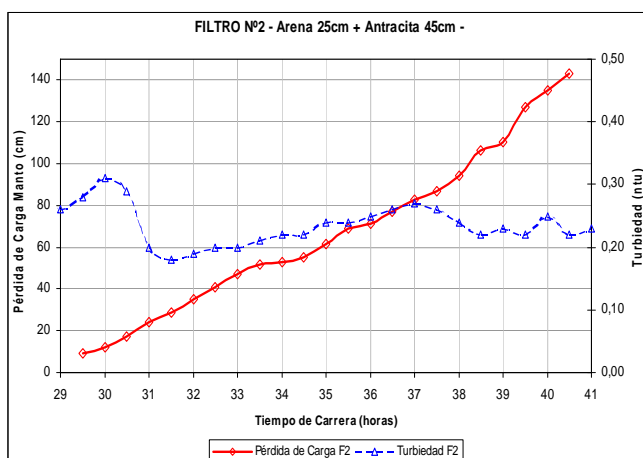
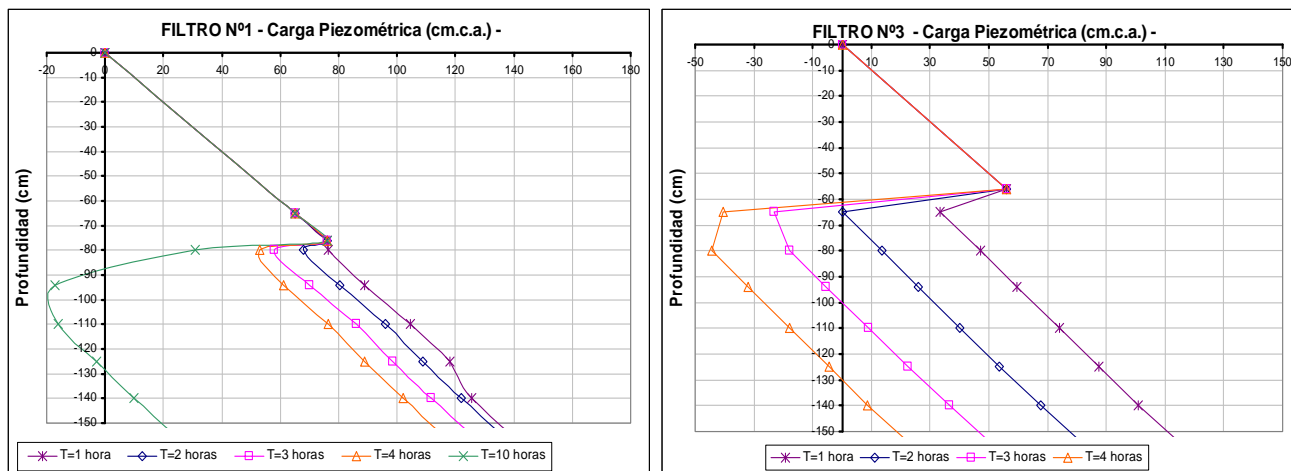




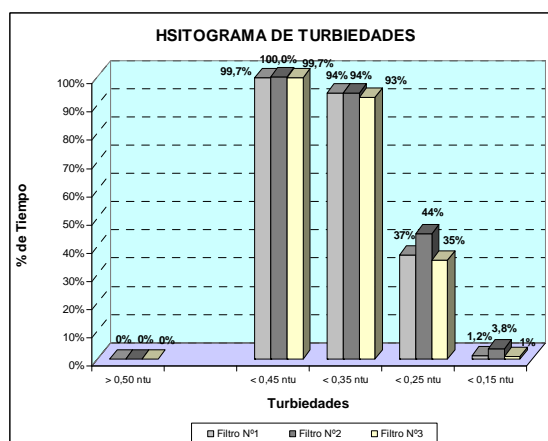
Gráfico 3 y Gráfico 4: Pérdida de carga vs. Profundidad para distintos tiempos (22/02/2007)



Calidad de agua filtrada obtenida

- En la etapa 1, en la que solo se trabajó con el Filtro N°1 de 20cm de arena y 45cm de antracita y el Filtro N°3 de manto actual, no se registraron diferencias importantes, resultando para los análisis de turbiedad una leve mejoría en favor del Filtro N°1, y para los análisis hidro-biológicos el zoo-plancton levemente favorable al Filtro N°1 y el fito-plancton levemente favorable el Filtro N°3.
- En las siguientes etapas 2 y 3, más extensas, en las que se incorpora el Filtro N°2 de 25cm de arena y 45cm de antracita, se observa una mejoría sensible de la calidad filtrada para los filtros de doble manto de antracita, particularmente notoria para el Filtro N°2 incorporado.
- Vistas las 3 etapas en forma conjunta, como se presentan en los gráficos 5, 6, y 7 y el Cuadro Resumen adjuntos, los resultados muestran una mejor calidad de agua filtrada para el Filtro N°2, luego el Filtro N°1, (ambos de arena y antracita) y luego el Filtro N°3 con el manto de arena actual de Planta.
- Como se observa en los gráficos 1 y 2 de pérdida de carga y turbiedad en función de la carrera de filtración, la máxima turbiedad se produce en la primer hora de funcionamiento de los filtros, tras su puesta en marcha. Por tanto los filtros de arena y antracita que logran funcionar con ½ a 1/3 de intervenciones de enjuagues, verán también disminuir la ocurrencia de estos picos de turbiedad en el mismo orden
- En el Filtro N°3 se aprecia la interfaz de flocs a escasos 3 a 5 cm del tope del manto, en tanto para los Filtros con antracita la interfaz se observa a los 12 a 15cm. aprox. Ello implica un mayor aprovechamiento del manto en profundidad para la remoción de partículas, y un comportamiento más adecuado respecto al desarrollo de la pérdida de carga a lo largo de su carrera.

Gráfico 5:
Resultados globales comparativos de Turbiedad





Resultados globales comparativos hidrobiológicos

Gráfico 6

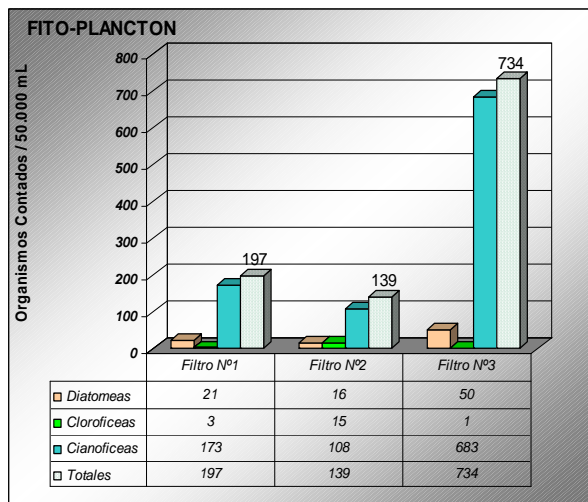
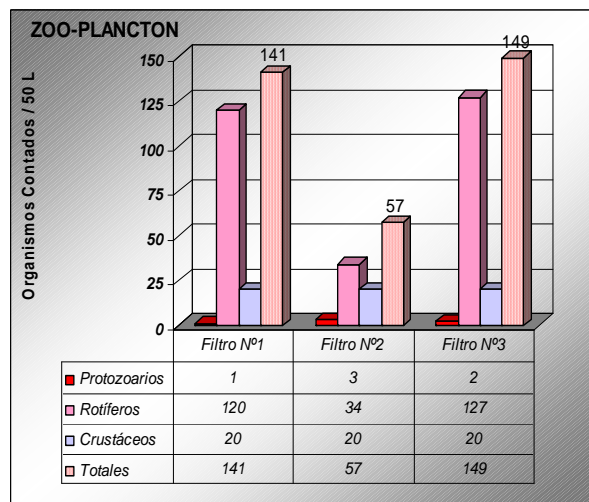


Gráfico 7



Cuadro Resumen de Resultados Obtenidos

FILTROS PILOTO ENSAYADOS	Turbiedad					Hidrobiológico - FITO			Hidrobiológico - ZOO			Oxidab	Carrera
	(ntu)			% Tiempo		Organismos / conteo (50.000 mL)			Organismos / conteo (50L)			(mg/L)	(horas)
	Prom	Max	Min	<0,15	>0,45	Prom	Max	Min	Prom	Max	Min	Prom	
Filtro N°1 20cm arena + 45cm antracita	0,27	0,48	0,12	4%	0,3%	197	383	98	140	283	11		11
Filtro N° 2 25cm arena + 45cm antracita	0,26	0,42	0,11	13%	0,0%	138	410	67	57	112	15	1,34	8
Filtro N°3 - manto actual	0,27	0,48	0,13	3%	0,3%	733	908	330	149	332	7	1,36	4

CONCLUSIONES

A través de la Planta de Filtros Piloto de acrílico transparente se pudieron comprobar y verificar hechos que no podían apreciarse en toda su magnitud a escala real; dejando claramente comprobada su ocurrencia, tanto para el filtro de arena TE 0,95 del manto actual, como para los filtros de doble manto arena TE 0,55 y antracita TE 0,85:

- El Filtro N°3 de arena del manto actual retiene gran cantidad de aire tras el lavado, que no puede ser expulsada de ninguna forma y está presente al inicio de la carrera del filtro lo que condiciona de arranque su funcionamiento.
- Los Filtros N°1 y N°2 de doble manto de arena y antracita expulsan mucho mayor cantidad de aire en la etapa final del lavado con agua total a 0,40m/min, y por ende retienen mucho menos aire, hecho que se produce bajo la interfase arena-antracita. Por tanto estos filtros arrancan a operar en mejores condiciones que el Filtro N°3 de manto actual, esto es menos obturados, y menos forzados.

Las 2 alternativas estudiadas de conformación de doble capa de manto filtrante de arena y antracita, resultaron en una mejora real y concreta en la operación y funcionamiento de los Filtros, respecto a los de manto actual:

- Logran aumentar el tiempo o carrera de filtración entre lavado y enjuague o entre enjuagues sucesivos, duplicando dicho tiempo, en una de las alternativas (Filtro N°2), y triplicándolo en la otra (Filtro N°1).
- La calidad de agua filtrada obtenida con el doble manto en cualquiera de las alternativas estudiadas (Filtros N°1 y N°2) no se deterioró respecto a la obtenida con el manto existente.



- En general las turbiedades registradas son bajas (el 100% de los registros menores 0,80 ntu), y las diferencias encontradas son menores. Por lo tanto, además de la Turbiedad, el parámetro fundamental y por excelencia que se tuvo en cuenta, fue la Calidad Hidrobiológica del agua filtrada, tan importante para el Sistema de Abastecimiento de Agua Potable Laguna del Sauce.
- La alternativa del Filtro N°2 de doble manto, con 5cm. más de arena de afinamiento que el Filtro N°1, representa la mejor alternativa respecto a la calidad de agua filtrada obtenida, reduciendo entre ¼ y 1/5 el tenor hidrobiológico del agua filtrada respecto al Filtro N°3 de manto actual.
- Además dicho Filtro N°2, mantiene la ventaja de aumentar las carreras del orden de 1,7 a 2,1 veces mayores respecto a las obtenidas en Filtro N°3 conformado con manto actual.
- En síntesis, la sustitución del manto existente por un nuevo manto filtrante, de acuerdo al Filtro N°2 compuesto de una capa de grava soporte, luego 25cm de arena TE 0,5 a 0,55mm y una capa de 45cm de antracita TE 0,85 a 0,90, mejora significativamente el funcionamiento y la operación actual.
- Al tiempo de efectuar el cambio de manto, será imprescindible bajar a 0 la tasa de agua en la etapa inicial de aire, en la Planta escala real.

La alternativa seleccionada, propone una solución que permite asegurar que la calidad del agua potable se mantendrá igual o mejor que en las condiciones actuales, y aumentar las carreras de filtración entorno al doble con todas las ventajas que ello implica; reducir la cantidad de intervenciones, la frecuencia de arranque de bombas de lavado, y el gasto de agua innecesario.

Si además en la Planta sigue el comportamiento estudiado en el Piloto (Filtro N°2), se prevé una mejora considerable en la remoción del material hidrobiológico.

Estos estudios fueron presentados a las Gerencias y Dirección del Organismo, y aprobados inmediatamente con lo que se puso en marcha el plan y la propia ejecución de las Obras para llevar adelante los cambios en una mitad de Planta (Filtro 1 a Filtro 4) antes de la temporada 2007-2008. Las Obras fueron ejecutadas con la empresa constructora Techint, y en la práctica fue posible la concreción de 3 de los 4 filtros previstos (el F3 no se hizo).

Hasta la fecha estos 3 filtros sustituidos con el doble manto de arena-antracita están funcionando muy bien, con mejor calidad de agua filtrada y con un rendimiento hidráulico muy superior a los que aún no se han modificado.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1.- ARBOLEDA VALENCIA, JORGE, Teoría y práctica de la purificación del agua, McGraw-Hill Book Company, Inc., tercera edición, tomo2, año 2000
- 3.- DI BERNARDO, LUIZ, "Métodos e técnicas de tratamento de água, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, año 1993.
- 4.- DEGREMONT, Manual "El Filtro Aquazur", año 1969.
- 5.- DEGREMONT, Manual Técnico Del Agua, cuarta edición , año 1979.
- 6.- AZEVEDO NETTO, Manual de Hidráulica.