

XV CONGRESO DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL AIDIS - CHILE

Concepción, Octubre de 2003

VALIDACIÓN DE DBO EN LÍNEA EN PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS (PTAS)

Claudio Salas¹, Jean-François Bradfer²

Simtech LTDA. Eliodoro Yáñez 1649 oficina 202

Providencia, Santiago

e-mail: Simtech@simtech.cl

Fono: 341 9199

RESUMEN

La operación de un equipo para DBO en línea de ISCO –Stip, modelo BIOX 1010 en una Planta de Tratamiento de Aguas Servidas (PTAS) tiene por finalidad la evaluación de esta tecnología, su validación y aplicación en control del afluente y operación del proceso, pues la DBO5 cuantificada en un período de 5 días no permite tomar acciones operacionales eficientes. Para desarrollar este proyecto, se instaló un analizador de DBO en línea en la entrada de la PTAS de Rancagua ubicada en la localidad de Chancón (Planta de ESSEL). El estudio se realizó comparando los datos medidos por el equipo con muestras puntuales tomadas por personal de ESSEL, y analizadas por el laboratorio de la propia empresa según la metodología establecida en la NCh 2313/5 of 96.

Se obtuvieron razones promedios entre DBO5 y DBOM3 cercanos a 1, obteniéndose coeficientes de correlación cercanos a 0,9, a lo cual se le debe agregar una excelente indicación de tendencia frente a eventos imprevistos (cargas puntas de DBO debido a descargas ilegales u otras..., *shock* biológico por tóxicos etc...) que otros medidores no podrían detectar. Lo mismo se realizó en la PTAS *El Trebal* de Aguas Andinas (4,4 m³/s).

¹ Licenciado en Química Gerente General Simtech Ltda

² Ingeniero Procesos Industriales en Tratamiento de Aguas Servidas – AS&D Consultores

INTRODUCCIÓN

La medición de la materia orgánica es un aspecto fundamental en los sistemas de tratamiento de aguas, pues permite conocer la Carga Orgánica real que está ingresando al sistema, además de verificar en las descargas del sistema, el cumplimiento o no de la normativa aplicable vigente.

Actualmente, la metodología para el análisis de materia orgánica más utilizada es la DBO5, según norma chilena oficial NCh 2313/5 Of.96. Mediante este parámetro se verifica normalmente la eficiencia de los sistemas de tratamiento y el cumplimiento de las normativas de descargas. En ambos casos, los resultados no se pueden obtener antes de cinco días, lo que provoca ineficiencias desde el punto de vista operacional, puesto que no se puede manejar y tomar decisión de operación en el momento indicado según el escenario de características de aguas que se está tratando. Considerando estos antecedentes se plantea la medición de DBO en línea como una alternativa que permitirá optimizar los procesos de tratamiento puesto que se puede conocer en tiempo real el valor de materia orgánica que ingresa el sistema de tratamiento, y proteger la biomasa en caso de entrada de algún biotóxico.

El presente trabajo tiene como objetivo estudiar el BIOX 1010 como un analizador en línea que permite conocer en tiempo real los valores de Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) que ingresan a la planta de Tratamiento de Aguas Servidas de ESSEL diseñada para tratar un caudal promedio de 742 L/s³ y ubicada en la localidad de Chancón.

Además de presentar sucintamente el funcionamiento y prestaciones que entrega el equipo, en este estudio se compararán los resultados de DBO entregados por el equipo (DBOM3) con los resultados de Demanda Biológica de Oxígeno en 5 días entregados por el laboratorio propio de la Empresa de Servicios Sanitarios del Libertador (ESSEL). Para la ejecución de este estudio fue contratado por SIMTECH Ltda. el Ingeniero Civil Bioquímico Juan Pablo González.

³ Caudal de Diseño: 742 L/s
Caudal Máximo: 1.445 L/s
Habitantes: 321.000 Habitantes

Carga Orgánica: 14.420 Kg/d
Carga Sólidos Suspendidos: 10.730 Kg/d

METODOLOGÍA

Descripción del Equipo

El equipo BIOX 1010 es un analizador en línea de DBO que permite cuantificar la materia orgánica biodegradable en residuos industriales líquidos y aguas servidas domésticas, obteniéndose valores en un tiempo aproximado de 3 a 15 minutos según el valor seleccionado por el operador. El equipo tiene un límite de detección de 5 mg/L DBO, una reproducibilidad de 3%, y rangos de medición de 5 hasta 100.000 mg/l. Su operación es en continuo y es capaz de entregar 720 datos de DBO en un día de operación ya que almacena la información cada dos minutos. Posee un Display gráfico y es capaz de almacenar 14 días de operación, además consta de salida analógica 0 a 20 mA o 4 – 20 mA seleccionable y puerto de comunicación protocolo RS 232, para el rescate de información y operación remota del equipo.

El equipo está compuesto de un bioreactor BR, una bomba de recirculación UP que asegura la distribución rápida del flujo de la muestra en el reactor e impide que se produzca un crecimiento descontrolado de biomasa que pueda alterar la lectura de DBO del equipo, una bomba P1 para dosificación de la muestra a analizar, una bomba P2 que dosifica el agua de dilución, y una sonda E1 para medición del oxígeno disuelto.

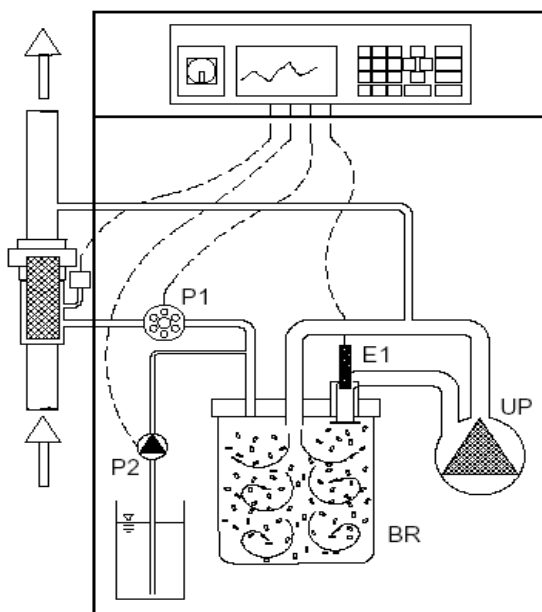


FIGURA Nº 1: ESQUEMA Y FOTOGRAFÍA DEL BIOX 1010

Se admite que la velocidad de consumo del oxígeno disuelto es de 3 mg por litro para una solución que contenga una DBO5 de 5mg/l. La sonda permite entonces controlar la dilución de la muestra con agua fresca gracias al conocimiento del oxígeno disuelto aportado por cada bomba y manteniendo constante el consumo de O2 dentro del reactor.

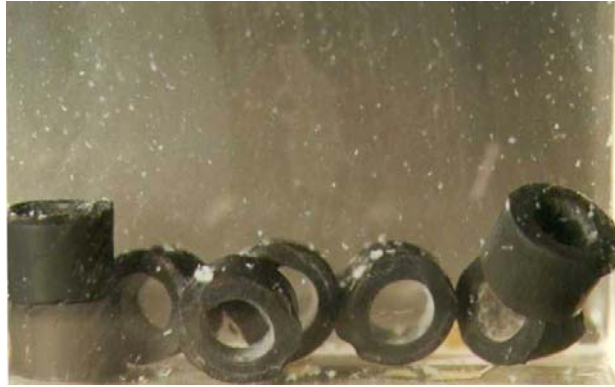


FIGURA Nº 2: DENTRO DEL REACTOR, LOS ANILLOS MANTIENEN LAS BACTERIAS ENCAPSULADAS

Si el consumo de oxígeno se desvía de este valor predeterminado, el controlador del BIOX 1010 ajusta la dilución de la muestra, o sea la marcha de las dos bombas de alimentación, hasta que se alcance nuevamente un consumo de oxígeno de 3 mg/L. Esta diferencia de oxígeno corresponde a la sustracción entre el oxígeno que ingresa al sistema (E_0) y la concentración de oxígeno en el Bioreactor (E_1) medida por un electrodo de oxígeno. (E_0) es calculado según se detalla a continuación:

ec.1
$$E_0 = \frac{P1 \cdot 3,5 + P2 \cdot 7,5}{P1 + P2},$$

donde P1 y P2 son las constantes antes definidas (caudales de agua residual y agua fresca) y los valores de 3,5 y 7,5 son valores teóricos de concentración de oxígeno en la muestra y el agua fresca saturada de oxígeno respectivamente. El BIOX 1010 permite también medir el (E_0) en vez de deducirlo por cálculo, mediante la instalación de otra sonda opcional de medición de oxígeno disuelto.

En consecuencia, ante cualquier variación del consumo de oxígeno en el sistema, el controlador del equipo acciona las bombas P1 y P2 en distintas proporciones para diluir la muestra que ingresa al sistema y mantener la condición de operación ($\Delta O_2 = 3 \text{ mg/L}$)

A partir del factor de dilución establecido por el equipo, se deduce la DBO de la muestra. La DBO es calculada de acuerdo a la siguiente relación matemática:

$$\text{ec.2} \quad DBO = Lk \cdot \frac{P1 + P2}{P1} ,$$

donde:

Lk es una constante igual a 5 para aguas servidas municipales,

P1: es el caudal de muestra alimentado al bioreactor,

P2: es el caudal alimentado de agua de dilución.

Tipo de Agua Servida	Valor de Lk
No tratada, fácil de descomponer (industria alimenticia, cervecerías)	6-8
No tratada, Industrial o Municipal medida antes del pretratamiento	5
Industrial o Municipal preclarificada	3,5
Biológicamente clarificada	0,5-1

La DBO medida por el BIOX 1010 corresponde a una DBO instantánea de 3 a 15 minutos. Es entonces necesario corroborar esta medición “rápida” con una DBO de cinco días. Para eso, se debe calibrar el equipo mediante la comparación de la DBOM3 con una DBO5 correspondiendo a la misma muestra, ajustando la constante Lk.

Instalación de Monitoreo del BIOX 1010

El analizador de DBO en línea se instaló a la entrada del sistema de tratamiento de aguas servidas de Rancagua ubicado en la localidad de Chancón (Planta de Tratamiento de Aguas Servidas de ESSEL). La muestra de agua es tomada desde la canaleta parshall inmediatamente después de las rejillas de desbastes de la etapa de tratamiento primario de la planta cuantificando así la cantidad de materia orgánica que esta ingresando al sistema de tratamiento. Es importante señalar que el punto de medición en donde se instaló el BIOX es el mismo sitio en donde la empresa sanitaria ESSEL realiza periódicamente sus controles internos de cuantificación de DBO5 que ingresa a la Planta.

La muestra se tomó en forma continua a través de una Bomba sumergible desde la canaleta parshall en la entrada del sistema. Las muestras puntuales que se analizaron en el laboratorio se tomaron directamente del By-pass del equipo y desde la válvula ubicada inmediatamente antes de la Bomba de alimentación de muestra (Bomba peristáltica P1 Ver Fig. N° 1). Al momento de tomar la muestra se procedió a registrar la hora en que se efectuó el procedimiento. Una vez tomada la muestra y registrado el valor de DBO entregado por el equipo y la hora en que se efectuó el procedimiento se volvió a registrar los valores de DBO entregados por el equipo a los 5, 10 y 15 minutos de tomadas la muestra con el fin de obtener un valor más exacto, tomando en cuenta el tiempo de repuesta del equipo. Los valores promedio del procedimiento antes señalados fueron utilizados para ser comparados con los valores de DBO5 entregados por el Laboratorio de ESSEL.

El valor de DBO entregado por el equipo (DBOM3) se comparó con los entregados en el laboratorio mediante el análisis de DBO5, según NCh 2313/5 Of 96.

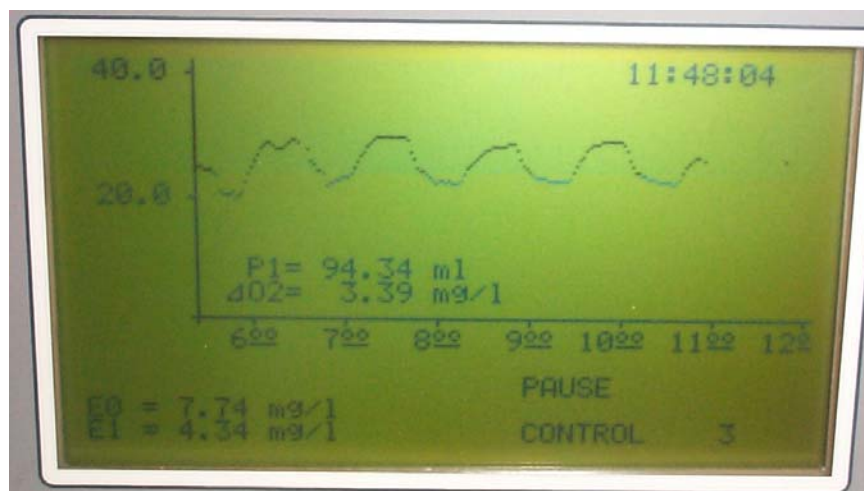


FIGURA N° 3: PANTALLA GRÁFICA DEL BIOX 1010

RESULTADOS

Calibración del BIOX 1010

El procedimiento de calibración contempla la comparación de valores de DBO, para una misma muestra, entre los resultados entregados por el laboratorio y los resultados indicados por el equipo analizador de DBO en línea con el fin de ajustar la constante Lk seteada en 5 (ver ecuación ec.2).

Para esto se procedió a tomar una muestra puntual (aproximadamente 10 L) de aguas servidas en el canal parshall de la entrada a la planta de tratamiento para después hacer pasar la muestra por el equipo y leer la DBO que éste entrega. La muestra se introduce al equipo por una válvula de alimentación ubicada justo antes de la bomba peristáltica del equipo y dejándose pasar por el equipo de manera continua, hasta que la lectura de éste se mantenga en niveles constantes.

El procedimiento de calibración dura aproximadamente una hora, compuesto de una fase de estabilización hasta que el valor comience a mantenerse en niveles constantes. El promedio de este valor es el que se compara con los resultados de laboratorio (en quintuplicado) obtenidos para la misma muestra analizada en el BIOX 1010.

Con los resultados del procedimiento de calibración se procedió a ajustar periódicamente la constante del equipo de la siguiente manera:

$$Lk_{new} = Lk_{old} \cdot \frac{DBO5_{promedio}}{DBOM3} = 5,3 \cdot \frac{318,82}{327,9} = 5,15$$

En este caso, el proceso de calibración dio como nueva constante un Lk de 5,15 valor característicos para las aguas servidas domésticas, con el cual se procedió a efectuar el estudio.

Resultados de la calibración y período final de estudio

Con el nuevo valor de Lk calculado (5,15) se comenzó a realizar la comparación entre los valores de DBOM3 leído por el equipo y los valores obtenidos en el laboratorio para la DBO5. En esta fase del análisis comparativo se decidió tomar muestras en las mismas condiciones

de entrada al equipo, es decir, muestras filtradas (filtro de 0,5 mm.) por el BIOX 1010 ⁴, además de muestras obtenidas en la descarga del By Pass del equipo (Aguas Servida que se encuentra en las mismas condiciones que la que ingresa a la Planta de Tratamiento), todo esto con el fin de visualizar una posible influencia de los sólidos suspendidos en la operación del equipo.

Paralelo a lo anterior, con el fin de afinar la precisión de la comparación de los valores leídos por el equipo y los análisis de laboratorio, se decidió comparar la DBO5 de laboratorio con los resultados promedios de DBOM3 de los 15 minutos desde tomada la muestra, de este modo considerar el tiempo de respuesta del BIOX (valor que fluctúa entre 3 a 15 minutos) y disminuir el error en el método de comparación.

La siguiente tabla señala los valores comparativos de DBO5 y DBOM3 que se muestran en el diagrama comparativo DBO5 v/s DBOM3 presentado a continuación.

TABLA N°1 “VALORES COMPARATIVOS DE DBO5 v/s DBOM3”					
Hora (día) de muestreo	DBO5 sin filtrar (mg/L)	DBO5 filtrada 0,5 mm (mg/L)	DBOM3 (mg/L)	Razón (DBO5 sin filtrar/DBOM3)	Razón (DBO5 filtrada/DBOM3)
07:00 (06/01)	Sin resultado	No se tomó	184	-	-
13:00 (06/01)	281,25	278,75	436,5	0,64	0,64
07:00 (07/01)	100	115	128,25	0,78	0,90
13:00 (07/01)	288,3	291,67	397	0,73	0,73
07:00 (08/01)	110	125	188,5	0,58	0,66
13:00 (08/01)	295	343,3	431,25	0,68	0,80
07:00 (09/01)	105	105,5	210,5	0,5	0,5
13:00 (09/01)	311,7	258,8	437,8	0,71	0,59
07:00 (10/01)	100	100	128	0,78	0,78
13:00 (10/01)	243,8	253,8	334,8	0,73	0,76
07:00 (13/01)	78,8	75	154,5	0,51	0,49
13:00 (13/01)	254,6	245	352,3	0,72	0,70
07:00 (14/01)	98,8	99,4	164	0,60	0,61
13:00 (14/01)	259,2	244,6	341,3	0,76	0,72
07:00 (15/01)	75	-	42,7	1,76	-
13:00 (15/01)	235	233,3	154,3	1,52	1,51
07:00 (16/01)	-	78,8	91,0	-	0,98
13:00 (16/01)	230	220,4	164	1,4	1,34
07:00 (17/01)	78,8	75,0	32,2	2,44	2,33
13:00 (17/01)	219,2	211,7	120,8	1,82	1,75
07:00 (20/01)	73,9	93,4	115,8	0,64	0,81
13:00 (20/01)	299,7	299,2	176,3	1,70	1,70

⁴ El equipo BIOX1010 posee un filtro de malla de apertura igual a 0,5 mm, por lo que al bioreactor del equipo la muestra ingresa previamente filtrada.

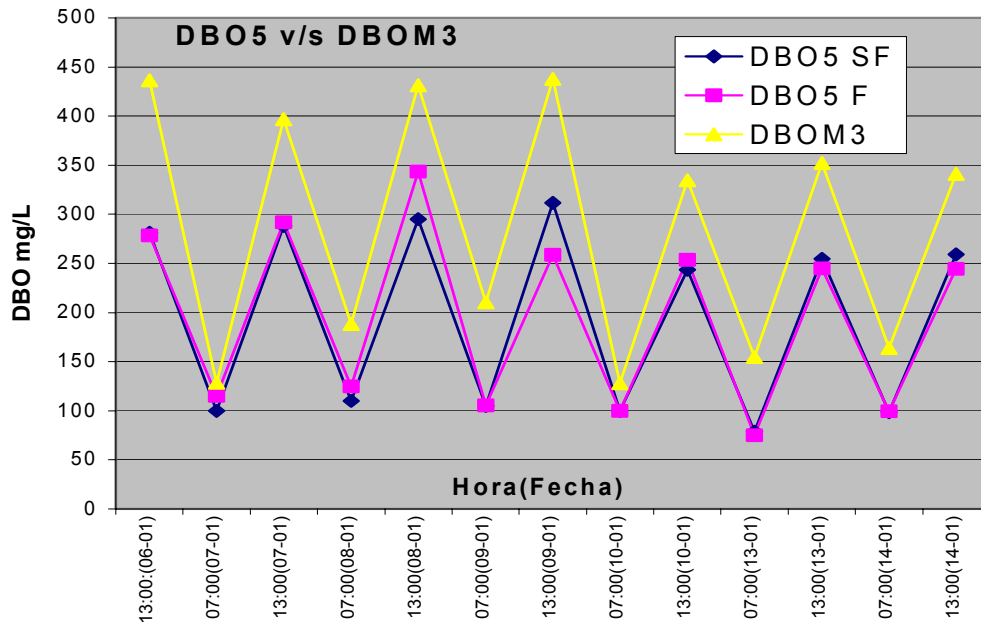


FIGURA N° 4: EVOLUCIÓN DE LA DBO5 FILTRADA Y NO FILTRADA v/s LA DBOM3

Se aprecia una tendencia a mantener constante en el tiempo las diferencias producidas entre DBO5 y la DBOM3 lo cual es favorable si se desea corregir el valor de DBO entregado por el equipo. Los resultados positivos se deben a un buen proceso de calibración unido a un funcionamiento continuo, sin problemas e interrupciones operacionales que produjeran alteraciones y cambios en la Biomasa del reactor del BIOX.

Esta tendencia favorable se puede apreciar en la gráfica adjunta, en donde se ve que la DBOM3 y DBO5 (F para filtrada y SF para Sin Filtrar) siguen el mismo comportamiento para el período de estudio comprendido entre el 06 y 10 de enero de 2003.

El promedio de la razón en el período comprendido entre el 6 de enero y el 14 de enero para los parámetros DBO5 sin filtrar y DBOM3 es de 0,67 con una desviación estándar de 0,096. La razón entre DBO5 filtrada y DBOM3 para el mismo período es de 0,68 y la desviación estándar es de 0,118. Esto nos indica que la razón de DBO5 y DBOM3 no varía significativamente en el tiempo, pudiéndose utilizar la razón promedio de DBO5/DBOM3 como referente para ajustar el valor de DBO leído por el equipo.

Sobre las Estadísticas

Se determinó para este estudio las diferencias de resultados que se produjeron para muestras filtradas y sin filtrar, entre los valores de DBO5 y los de DBOM3 entregados por el BIOX1010.

Los resultados del test de datos pareados efectuados para las diferencias entre DBO5 y DBOM3 señalan que existen diferencias estadísticamente significantes entre los resultados obtenidos en el laboratorio y los valores entregados por el analizador.

Pero los datos de DBOM3 entregados por el equipo mantienen la misma tendencia de los análisis efectuados en el laboratorio DBO5. Y una vez reajustado con un buen factor de corrección obtenido a partir del error de lectura que se produzca en la razón DBO5/DBO3M, permite obtener valores de DBO5 muy cercanos a los que se obtendrían a través del método tradicional de laboratorio⁵, con un tiempo de respuesta de tan sólo algunos minutos, y con coeficientes de correlación cercanos a 0,9.

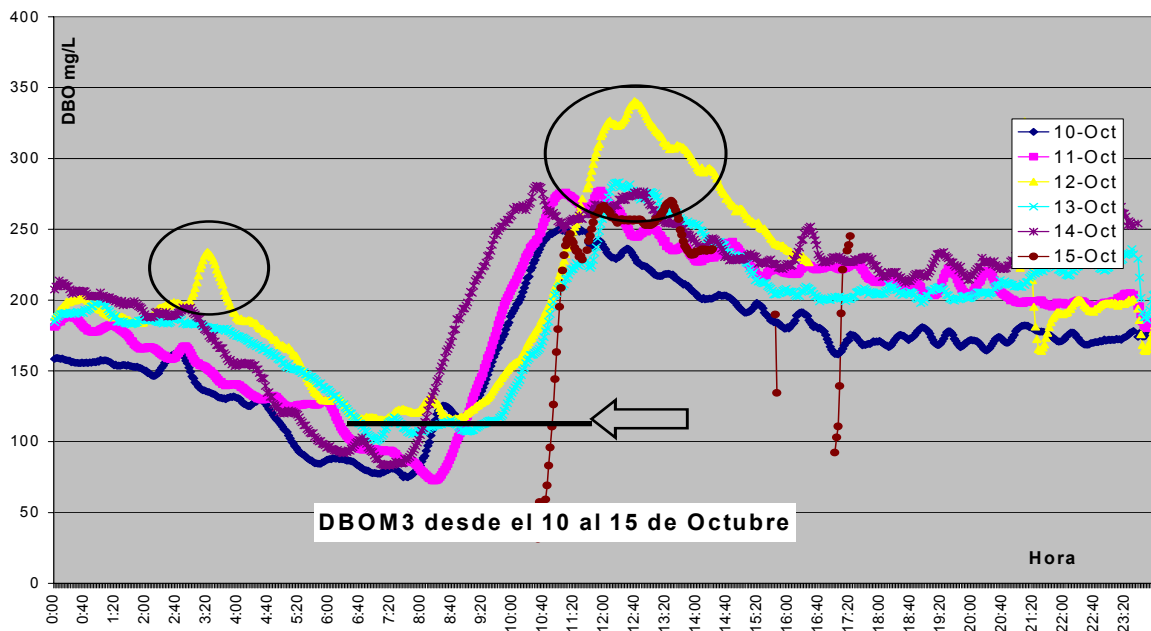


FIGURA N° 5: SEGUIMIENTO DE LA DBO3M EN LA PTAS DE RANCAGUA – ESSEL

⁵ Mediante el factor de corrección, la DBO3M permite obtener por simple correlación la DBO sólida, siempre y cuando la razón DBO5 (Filtrada) / DFO5 (No Filtrada) quede constante.

Aunque estadísticamente existen diferencias significativas, ocupando factores de corrección después de efectuada la calibración se puede utilizar el equipo para el control de la carga orgánica que ingresa a la planta, pues las diferencias son mínimas en relación a la ventaja de conocer el resultado en línea.

Además, como muestra el gráfico precedente, esta medición permite igualmente seguir la tendencia de la Carga Orgánica que entra en la planta, o sea realizar buenas observaciones cualitativas de los eventos. Por ejemplo, se observa para los días 12 y 13 de octubre, correspondiendo a fin de semana, una tendencia de la DBO fuera de una evolución semanal; por posibles comportamientos distintos de la población...

Finalmente, durante los meses de agosto a septiembre de 2003, se procedió a realizar nuevas mediciones en la PTAS del Trebal (4,4 m³/s - Santiago Sur – Aguas Andinas).

Los resultados serán presentados en el XV Congreso de AIDIS de Concepción, durante la sesión oral.