



Escola Tècnica Superior d'Enginyers  
de Camins, Canals i Ports de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

## PROJECTE O TESIINA D'ESPECIALITAT

### Títol

**AVALUACIÓ DEL FUNCIONAMENT D'AIGUAMOLLS  
CONSTRUÏTS AMB DIFERENTS CONFIGURACIONS A  
PARTIR DE MESURES EN LÍNIA.**

### Autor/a

**Begoña Giménez Admirable**

### Tutor/a

**Joan Garcia Serrano**

### Departament

**Departament d'Enginyeria Hidràulica, Marítima i Ambiental**

### Intensificació

**Enginyeria Sanitària i Ambiental**

### Data

**Octubre de 2010**



## AGRADECIMIENTOS

A las personas que sin ellas no hubiera sido posible esta tesina, la gente de la sección de Ingeniería Sanitaria y Ambiental: Eduardo, Javi, Angélica, Roger...y todos los demás.

Mi tutor Joan García y muy muy especialmente a Ana Pedescoll, la persona que sin su ayuda no sé qué hubiera pasado.

Agradecer a la gente de la oficina, que me han animado en todo momento.

Recordar a todas aquellas personas que he tenido a mi lado durante este largo (que no malo) periodo de tiempo. Cuántas veces no habré repetido: ¡tengo que hacer tesina!

Gracias a mis padres y a mis hermanos por facilitarme el camino en todos estos largos años de universidad.

Jordi, que has sufrido y aguantado mis días de ánimo y de desánimo, pero me has incitado siempre a finalizar lo empezado, gracias Xispa.







# RESUMEN

Los humedales construidos de flujo subsuperficial horizontal son una tipología dentro de los sistemas extensivos de depuración de aguas residuales. Esta tecnología, considerada como una buena alternativa a los sistemas convencionales para el tratamiento de aguas de pequeñas comunidades (hasta 2.000 habitantes-equivalentes), ha gozado en los últimos años de una gran difusión a nivel Europeo, así como en otras partes del mundo como Australia y América del Norte.

El objetivo principal de esta tesina es estudiar la eficiencia de eliminación de contaminantes de una planta piloto basada en humedales construidos, en función del tratamiento primario y el modo de operación mediante sistemas de control de la calidad del agua en línea.

La planta piloto está situada en la terraza del edificio D1 (Departamento de Ingeniería Hidráulica, Marítima y Ambiental) y inició su funcionamiento en Febrero de 2007. Consta de tres líneas de tratamiento, 1) línea Control, con una decantación como tratamiento primario y un sistema de humedales inundados permanentemente; 2) línea Anaeróbica, con un reactor hidrolítico de flujo ascendente (HUSB) como tratamiento primario y los humedales permanentemente inundados (permite estudiar el efecto del tratamiento primario en relación a la línea control); y 3) línea Batch, con una decantación y los humedales operados con ciclos de llenado y vaciado (permite estudiar el efecto del modo de operación en relación a la línea control). Para el estudio se han tomado datos en línea de turbidez, concentración de amonio y potencial redox.

La eliminación de turbidez en los humedales no depende ni del tratamiento primario ni del modo de operación de éstos ya que las eficiencias de eliminación son en todos los casos superiores al 85%. Sin embargo es destacable la menor cantidad de sólidos que entran en el humedal de la línea Anaeróbica, debido a una mayor eficiencia del reactor HUSB con respecto al decantador ( $32.1 \pm 12.4$  UNT y  $23.5 \pm 8.4$  UNT para la salida del decantador y el HUSB, respectivamente). La concentración de amonio en los humedales tiene un claro patrón estacional. En líneas generales, la eliminación del amonio es total en periodos con temperaturas por encima de  $15^\circ$  en las tres líneas. En cuanto a los periodos con temperaturas inferiores a los  $15^\circ$ , se ha observado que la línea que obtiene mayores rendimientos es la Batch (66%, 89% y 62% para las líneas control, batch y anaeróbica respectivamente). Esto parece ser debido al modo de operación, que permite una mayor aireación del lecho, lo que comporta condiciones más favorables para la nitrificación. Así se ha observado una relación positiva entre el potencial redox y la eliminación de amonio en meses fríos, siendo el potencial redox de la línea Batch significativamente mayor que el de la línea Control ( $-14 \pm 105$  mV y  $56 \pm 47$  mV para las líneas control y batch respectivamente).

La obtención de datos en continuo podría considerarse para posibles aplicaciones a escala real de sistemas de humedales, ya sea para llevar un control más exhaustivo del funcionamiento de este tipo de plantas de tratamiento o incluso para aplicar sistemas remotos de control para mejorar la eficiencia de los humedales.

Es muy interesante la continuidad de este trabajo con la investigación de una configuración compuesta por un tratamiento primario mediante HUSB y un modo de alimentación basado en llenado-vaciado del lecho. Ya que esta combinación, junto con un control de activación de los distintos modos de operación según temperaturas y eficiencias, podría contribuir a mejorar la eficiencia de depuración de aguas residuales con humedales construidos.

# ABSTRACT

Horizontal subsurface flow constructed wetlands (HSSF CWs) are considered a good alternative to conventional systems for wastewater treatment in small communities (up to 2000 population equivalent). This type of treatment has been widely used in recent years in Europe, Australia and North America.

The main objective of this study was to evaluate the pollutant removal efficiency of a pilot plant, based on constructed wetlands, according to primary treatment and mode of operation through online measurement systems.

The pilot plant is located on the roof of the building D1 at the Civil Engineering School and began operating in February 2007. It consists of three treatment lines, 1) Control line, with a settler as primary treatment and a permanently flooded wetland system, 2) Anaerobic line, with a hydrolytic upflow sludge blanket (HUSB) reactor as primary treatment and permanently flooded wetlands (to study the effect of primary treatment in relation to the control line), and 3) Batch line, with a settler and wetlands operated alternating saturated and unsaturated phases (in order to study the effect of mode of operation compared to the control line). Turbidity, ammonia concentration and redox potential data were collected by means of in-line sensors.

Turbidity removal in wetlands is not dependent on primary treatment and operation mode since the removal efficiencies were in all cases above 85%. However, the solids loading rate entering the anaerobic line was lower than the other two lines due to the higher efficiency of the HUSB reactor ( $32.1 \pm 12.4$  NTU and  $23.5 \pm 8.4$  NTU for the outlet of the settler and HUSB, respectively). Ammonium concentration at the outlet of each treatment line had a clear seasonal pattern. Overall, the ammonium removal during warm periods (with temperatures above  $15^{\circ}\text{C}$ ) was up to 100% in the three lines. For the periods with temperatures below  $15^{\circ}\text{C}$  it was observed that the batch line was the most efficient (66%, 89% and 62% for control, batch and anaerobic lines, respectively). This seems to be due to the mode of operation, allowing greater aeration of the bed and providing more favorable conditions for nitrification. A positive relationship between redox potential and the ammonium concentration in cold months was observed. The redox potential of the batch line was significantly higher than the control ( $-14 \pm 105$  mV and  $56 \pm 47$  mV for control and batch lines, respectively). Accordingly, removal efficiencies were up to 60% higher in batch line.

In line data collection could be considered for potential application at full scale, either to control better the performance of constructed wetlands-based systems or even to implement remote control systems to improve efficiency of wetlands.

For future work could be interesting to study a configuration consisting of a HUSB reactor as primary treatment and an operation mode based on filling-draining bed. This combination, together with an active control of the operation strategy according to temperatures and efficiencies, could improve the efficiency of wastewater treatment.







# ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>7</b>
<b>2. OBJETIVOS</b>	<b>9</b>
<b>3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>11</b>
<b>3.1 LOS HUMEDALES CONSTRUIDOS.</b>	<b>12</b>
3.1.1 <i>Humedales Construidos de Flujo Superficial.</i>	13
3.1.2 <i>Humedales Construidos de Flujo Subsuperficial.</i>	14
<b>3.2 COMPONENTES DE UN HUMEDAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL.</b>	<b>15</b>
3.2.1 <i>Estructuras de Recogida y Distribución del Agua Residual</i>	15
3.2.2 <i>El Medio Granular</i>	16
3.2.3 <i>Las Plantas</i>	17
<b>3.3 MECANISMOS DE ELIMINACIÓN DE CONTAMINANTES.</b>	<b>19</b>
3.3.1 <i>Materia en Suspensión.</i>	19
3.3.2 <i>Materia Orgánica.</i>	20
3.3.3 <i>Nitrógeno.</i>	21
3.3.4 <i>Fósforo.</i>	22
3.3.5 <i>Sulfatos.</i>	23
<b>3.4 ANÁLISIS DE PARÁMETROS.</b>	<b>23</b>
3.4.1 <i>Turbidez.</i>	23
3.4.2 <i>Potencial Redox.</i>	24
3.4.3 <i>Amonio.</i>	25
<b>3.5 TRATAMIENTOS PRIMARIOS EN UN SISTEMA DE HUMEDALES CONSTRUIDOS.</b>	<b>26</b>
3.5.1 <i>Métodos Físicos.</i>	27
3.5.2 <i>Tratamientos biológicos.</i>	28
<b>3.6 MODOS DE OPERACIÓN EN HUMEDALES CONSTRUIDOS.</b>	<b>29</b>
<b>3.7 RECOGIDA DE DATOS EN CONTINUO.</b>	<b>30</b>
3.7.1 <i>Elección de los Equipos Instalados.</i>	30
3.7.2 <i>Mejora a través de Sistemas Automatizados.</i>	31
<b>4. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>33</b>
<b>4.1 LA PLANTA PILOTO</b>	<b>34</b>
4.1.1 <i>Pretatamiento</i>	34
4.1.2 <i>Tratamiento Primario</i>	34

4.1.3	<i>Tratamiento Secundario</i>	36
<b>4.2</b>	<b>SISTEMAS DE MEDICIÓN</b>	<b>39</b>
4.2.1	<i>Turbidez</i>	39
4.2.2	<i>Concentración de Amonio</i>	41
4.2.3	<i>Potencial Redox</i>	42
<b>4.3</b>	<b>MANTENIMIENTO DE LA PLANTA Y LOS SISTEMAS DE MEDICIÓN.</b>	<b>43</b>
<b>4.4</b>	<b>CONFIGURACIÓN DE LA RECOGIDA DE DATOS EN CONTINUO</b>	<b>45</b>
4.4.1	<i>Tratamiento de Datos</i>	47
4.4.2	<i>Obtención de Datos en Laboratorio</i>	51
4.4.3	<i>Obtención de Datos Complementarios</i>	52
<b>4.5</b>	<b>TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LOS DATOS</b>	<b>52</b>
4.5.1	<i>Estadísticos</i>	53
4.5.2	<i>Test ANOVA</i>	53
<b>5.</b>	<b><u>RESULTADOS</u></b>	<b>55</b>
<b>5.1</b>	<b>TURBIDEZ</b>	<b>55</b>
<b>5.2</b>	<b>CONCENTRACIÓN DE AMONIO</b>	<b>59</b>
<b>5.3</b>	<b>POTENCIAL REDOX</b>	<b>65</b>
<b>6.</b>	<b><u>DISCUSIÓN</u></b>	<b>71</b>
<b>6.1</b>	<b>FUNCIONAMIENTO GENERAL DE LOS HUMEDALES CONSTRUIDOS.</b>	<b>71</b>
<b>6.2</b>	<b>EFFECTO DEL TRATAMIENTO PRIMARIO.</b>	<b>73</b>
<b>6.3</b>	<b>EFFECTO DEL MODO DE OPERACIÓN DE LAS LÍNEAS.</b>	<b>76</b>
<b>6.4</b>	<b>INSTALACIONES CON MEDICIÓN DE PARÁMETROS EN CONTINUO.</b>	<b>79</b>
6.4.1	<i>Comparación de Valores</i>	80
<b>7.</b>	<b><u>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</u></b>	<b>85</b>
<b>7.1</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>85</b>
<b>7.2</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>86</b>
<b>8.</b>	<b><u>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u></b>	<b>87</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1. Sección humedal de flujo superficial.....	13
Figura 3.2. Sección humedal de flujo subsuperficial.....	14
Figura 3.3 Arqueta de Repartición del agua de entrada.....	16
Figura 3.4 Carrizo, juncos y espadañas.....	17
Figura 3.5 Esquema de una planta emergente tipo utilizada en humedales.....	18
Figura 3.6 Procesos de Depuración de Aguas Residuales Urbanas (adaptación de Corzo, 2004). .....	19
Figura 3.7 Perfil del Potencial Redox (Kadlec y Knight, 1996).....	25
Figura 4.1: Vista general de la planta piloto.....	33
Figura 4.2: Tanque de agitación .....	34
Figura 4.3: Decantadores .....	35
Figura 4.4: Reactor HUSB y tanques de repartición .....	36
Figura 4.5 Esquema de la planta piloto.....	37
Figura 4.6 Turbidity TB-44B.....	40
Figura 4.7 Turbidity TB-44B en la planta .....	40
Figura 4.8 Amonia Analyzer en la planta.....	41
Figura 4.9 pH and ORP Analyzer TH-404.....	42
Figura 4.10 pH and ORP Analyzer TH-404 en planta.....	43
Figura 4.11 Configuración temporal de la recogida de muestras para cada uno de los parámetros en las tres líneas.....	46
Figura 4.12 Visualización en forma de gráfico de los datos recogidos con el programa DeWiew a lo largo de un día.....	48
Figura 4.13 Plantilla diaria creada para el tratamiento de los datos, hoja de cálculo con todos los valores diarios recogidos en un día.....	49
Figura 4.14 Plantilla diaria creada para el tratamiento de los datos, hoja de cálculo con las medias y las desviaciones de cada valor diario obtenido.....	49
Figura 4.15 Plantilla mensual donde se observa el resumen de datos diarios recopilados en un mes de estudio de los parámetros Turbidez y Amonio (este caso es el ejemplo del mes de mayo de 2009). .....	50
Figura 4.16 Plantilla mensual del resumen de datos diarios (1 por ciclo) recopilados en un mes de estudio del potencial redox (este caso el ejemplo es del mes de mayo de 2009). .....	51

Figura 5.1. Medias semestrales de los afluentes de entrada a los humedales.....	56
Figura 5.2. Medias mensuales de la turbidez a la salida de los tratamientos primarios, correspondiente con los afluentes de entrada a los humedales.....	57
Figura 5.3. Turbidez diaria de los afluentes a la entrada de los humedales. ....	57
Figura 5.4. Representación de rendimientos de eliminación de la turbidez en las tres líneas.....	58
Figura 5.5. Medias semestrales en la concentración de amonio de los efluentes del tratamiento primario. ....	59
Figura 5.6. Temporalidad semanal de las concentraciones de amonio a la entrada de los humedales.....	60
Figura 5.7. Medias mensuales de las concentraciones a la entrada y a la salida de los humedales. ....	60
Figura 5.8. Representación del funcionamiento en la eliminación la concentración de amonio en los humedales de las tres líneas de tratamiento. ....	62
Figura 5.9. Secuencia temporal de los valores de la concentración de Amonio a la salida de los humedales de las líneas Control, Batch y Anaeróbica. ....	64
Figura 5.10. Valores medios mensuales del Potencial Redox a la salida de los humedales construidos. ....	66
Figura 5.11. Nube de valores del potencial Redox por ciclos desde el 01 de julio de 2008 al 31 de julio de 2009. ....	67
Figura 5.12. Secuencia temporal de los valores del potencial Redox a la salida de los humedales de las líneas Control y Batch. ....	69
Figura 6.1 Concentraciones de amonio a la salida de los humedales & temperaturas medias.....	72
Figura 6.2 Concentración de Amonio y Potencial Redox durante el periodo del 10/02/2009 al 24/02/2009. ....	77
Figura 6.3 Concentración de Amonio y Potencial Redox durante el periodo del 16/05/2009 al 30/05/2009. ....	77
Figura 6.4 Relación entre los valores del Potencial Redox y la Concentración de Amonio en la línea Anaeróbica diferenciando en tres periodos estacionales según meses fríos, primavera y otoño. ....	78
Figura 6.5. Correlación entre los valores de Turbidez y de SST obtenidos en laboratorio. ....	81
Figura 6.6 Correlación entre los valores de Turbidez medidos en continuo y en laboratorio.....	82
Figura 6.7 Correlación entre los valores de Amonio obtenidos con el sistema de medición en continuo y los obtenidos en laboratorio.....	82

## **ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 3.1 Clasificación de los sistemas naturales de tratamiento de aguas residuales (García y Corzo, 2008).....	12
Tabla 3.2 Características de los medios granulares usados en los humedales construidos de flujo subsuperficial (Arias, 1998) .....	17
Tabla 3.3 Niveles de Tratamiento típicos en varios procesos de pretratamiento (adaptado de Tchobanoglous ,2003).....	26
Tabla 6.1 Resumen comparativo de las principales alternativas de tratamientos primarios en plantas de humedales construidos (adaptado Sperling, 1996) .....	74





# 1. INTRODUCCIÓN

Los humedales construidos son sistemas extensivos de depuración de aguas aptos para tratar eficazmente las aguas residuales de pequeñas poblaciones (hasta 2.000 habitantes-equivalentes). Debido a sus bajos costes de mantenimiento y operación, constituyen una tecnología en auge en la última década en España.

Esta tecnología de depuración de aguas residuales ha gozado de un gran desarrollo en los últimos veinticinco años y ha habido una gran difusión en Europa, Australia y América del Norte, por lo cual hoy en día existen más de 10.000 instalaciones en todo el mundo, con superficies entre 200 m<sup>2</sup> y 4.000 ha (Arias, 1998). Estos datos revelan que son una muy buena alternativa y que, mejoras en su funcionamiento permitirán un progreso en el área medioambiental.

Y muestra de ello la tenemos muy cerca, en el Plan de Saneamiento de Catalunya desarrollado por la Agencia Catalana del Agua (ACA) que en su segunda fase, puesta en marcha en el año 2002, desarrolla una implantación de sistemas de depuración blandos para las poblaciones de menos de 2.000 hab-eq.

Debido al carácter innovador de estas nuevas directrices y a las inversiones que han de tener lugar en el ámbito del saneamiento urbano en pequeños núcleos, se deben construir en los próximos años un gran número de depuradoras, en las cuales sería muy interesante plantear sistemas de depuración extensivos (también denominados blandos o de bajo coste). El estudio en la mejora de los rendimientos y modos de operación de sistemas blandos, entre los que se encuentran los humedales construidos, puede contribuir a una mejor capacidad de decisión de las administraciones a la hora de escoger los tipos de depuradoras y a la vez contribuir a un mejor diseño de estas nuevas depuradoras en el caso de escoger una depuración mediante humedales construidos.

Por estos motivos esta tesina pretende contribuir a mejorar las eficiencias de eliminación de contaminantes de los humedales construidos de flujo subsuperficial horizontal con el estudio de la implantación de dos tratamientos primarios y el estudio de dos modalidades de operación de los humedales, así como desarrollar sistemas de control en continuo que ayuden a la gestión y el mantenimiento de estas plantas de depuración de aguas residuales urbanas.



## 2. OBJETIVOS

El objeto principal de esta tesina es estudiar y analizar el comportamiento de un sistema de depuración con humedales construidos de flujo subsuperficial horizontal comparando entre dos tratamientos primarios previos a los humedales y entre dos sistemas de alimentación a los mismos. Este estudio se realizará a partir de los datos obtenidos en continuo en una planta piloto.

Los objetivos específicos que se pretenden alcanzar con esta tesina son:

1. Evaluar el funcionamiento de los humedales construidos de flujo subsuperficial.
2. Describir la evolución en diferentes escalas de tiempo, de la calidad del efluente de la turbiedad, el ión amonio y el potencial redox del sistema.
3. Evaluar el efecto sobre la eficiencia de eliminación de un reactor hidrolítico de flujo ascendente (HUSB) como tratamiento primario alternativo a los convencionales (basados en la decantación).
4. Analizar el efecto de un modo de operación alternativo (combinando fases de llenado-vaciado del lecho del humedal) al modo tradicional (en el que el humedal está permanentemente inundado).
5. Estudiar la aplicabilidad de la obtención de parámetros en continuo en una planta a escala real de humedales construidos para su posible instalación en el tratamiento de aguas residuales urbanas.



### 3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

La naturaleza tiene la capacidad para recuperar, transformar y eliminar una determinada cantidad de contaminantes.

Las aguas están contaminadas principalmente por el efecto del ser humano, que incrementa la concentración de diversos agentes presentes de manera natural en los ecosistemas, hasta tal punto de llegar a provocar que dicho aumento se tenga que llamar contaminación.

Dentro de las posibilidades para intentar disminuir las alteraciones provocadas en el medio y poder devolver los recursos utilizados lo más parecido a como nos los encontramos, una alternativa muy interesante en el campo de las aguas residuales es la depuración mediante sistemas naturales, que significa tratar las aguas imitando los procesos que tienen lugar en la naturaleza de manera natural.

Los sistemas de depuración naturales, por sus características, son ideales en pequeñas poblaciones de hasta 2.000 habitantes. Este tipo de depuración de aguas se distingue además por su mínimo consumo de energía y su bajo nivel de mantenimiento, además del claro beneficio medioambiental frente a sistemas convencionales. Como inconveniente de estos sistemas cabe decir que se encuentra la superficie necesaria para su implantación, superior a la requerida por los sistemas convencionales. Este hecho es debido a que el rendimiento de un sistema de depuración de aguas es función de la energía y la superficie.

Capacidad de Depuración = f (energía, superficie). A menor energía le apliques al sistema mayor superficie será necesaria.

En la Tabla 3.1 se muestran los principales sistemas naturales de depuración de aguas que existen, distinguiendo la separación entre sistemas basados en el agua y los basados en el terreno.

**Tabla 3.1 Clasificación de los sistemas naturales de tratamiento de aguas residuales (García y Corzo, 2008)**

Sistemas Naturales de Tratamiento de Aguas Residuales				
Basados en la aplicación del agua en el terreno		Basados en los procesos que suceden en la masa de agua		
Aplicación subsuperficial	Aplicación superficial			
Zanjas y lechos filtrantes	Filtros verdes	Sistemas con plantas flotantes	Lagunaje Natural	Humedales construidos de flujo superficial
Humedales construidos de flujo subsuperficial	Infiltración-Percolación Filtros de Arena			

### 3.1 Los Humedales Construidos.

Los humedales construidos son un sistema de depuración natural de las aguas residuales que consiste en imitar los procesos de depuración que tienen lugar en los humedales naturales.

Existen dos grandes grupos de humedales construidos si tenemos en cuenta el flujo de agua que transcurre por ellos, los humedales de flujo superficial, utilizados mayoritariamente en el tratamiento de aguas residuales como tratamiento terciario, y los humedales objeto de esta tesis, los de flujo subsuperficial, más comúnmente utilizados como tratamiento secundario para la eliminación de contaminantes.

Los humedales de flujo superficial tienen como principal medio para la eliminación de contaminantes el agua, mientras que en los humedales de flujo subsuperficial el principal medio en el que tiene lugar los mecanismos de depuración es el medio granular.

En este tipo de sistemas con flujo horizontal la capa de agua es normalmente menor a 1 metro de altura y en ellos tienen lugar los procesos de descontaminación que son ejecutados simultáneamente por componentes físicos, químicos y biológicos.

Los humedales de flujo horizontal funcionan permanentemente inundados, aunque hay algunas experiencias recientes satisfactorias con sistemas intermitentes (Vymazal y Masa, 2003) , esta intermitencia en el llenado de los humedales afectan mucho la transferencia de oxígeno y por tanto al estado de oxido-reducción del humedal.

Las principales ventajas que se obtienen con la implantación de humedales construidos son (García, 2003):

- ❖ Proporcionan un tratamiento efectivo y fiable, especialmente en la eliminación de materia orgánica y materia en suspensión.

- ❖ Tiene costes muy bajos de explotación y mantenimiento, en los que no se requiere de mano de obra especializada y el consumo energético es muy bajo.

- ❖ No produce fangos que necesiten tratamiento.

- ❖ El impacto ambiental y sonoro es muy bajo, se integran muy bien en el medio natural.

Entre las desventajas de la tipología de humedales se encuentran las siguientes:

- ❖ Requieren una gran extensión de terreno en comparación con los procesos convencionales, entre 20 y 80 veces superior.

- ❖ Son sistemas difíciles de diseñar correctamente a causa del alto número de procesos y mecanismos de eliminación implicados en el proceso.

- ❖ En los efluentes siempre hay una concentración residual de materia orgánica, materia en suspensión y nutrientes.

- ❖ Las bajas temperaturas reducen la velocidad de eliminación de materia orgánica y nitrógeno. Esto se ha de tener en cuenta en el diseño.

### 3.1.1 Humedales Construidos de Flujo Superficial.

Este tipo de humedales se suelen utilizar, tal como se ha comentado anteriormente, como tratamientos terciarios, y en ocasiones también se utilizan en programas de restauración ambiental donde la depuración es un valor añadido. En este caso suelen recibir efluentes que ya han sido tratados previamente, de manera que el objetivo principal del humedal es conseguir un afino de la calidad del agua (García y Mujeriego, 1997).

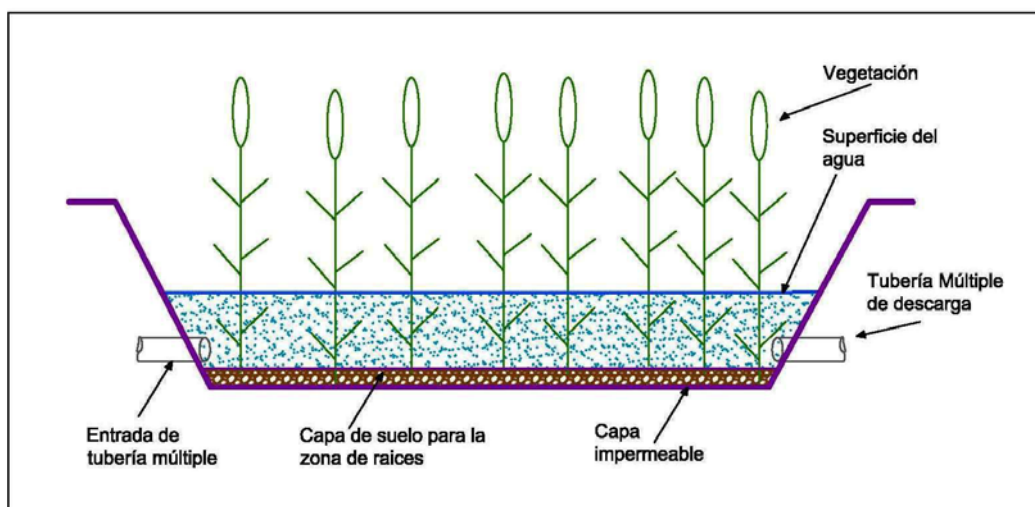


Figura 3.1. Sección humedal de flujo superficial.

Los humedales de flujo superficial consisten en el flujo en lámina libre del agua a través de los tallos y hojas de las plantas, de manera que el agua está en contacto con la atmósfera. Hay autores que asimilan este tipo de humedales con una modificación de los sistemas de lagunaje natural con una reducción de la lámina de agua y con plantas (García y Corzo, 2008).

Las partes de los que consta este tipo de humedales son principalmente una tubería de repartición del agua de entrada, una zona inferior donde crecen las plantas, el espacio entre los tallos de las plantas por el que circula el agua, que sale, finalmente, por la tubería de descarga.

#### 3.1.2 Humedales Construidos de Flujo Subsuperficial.

Este tipo de humedales son ideales para pequeñas poblaciones (menos de 2.000 hab-eq), debido a su mínimo coste energético y de mantenimiento.

Por lo general estos sistemas están compuestos por un tratamiento primario consistente en un tanque Imhof o una decantación simple seguido del humedal como tratamiento secundario, de manera que el agua es tratada mediante la interacción con la atmósfera, el medio granular, los microorganismos y la plantas.

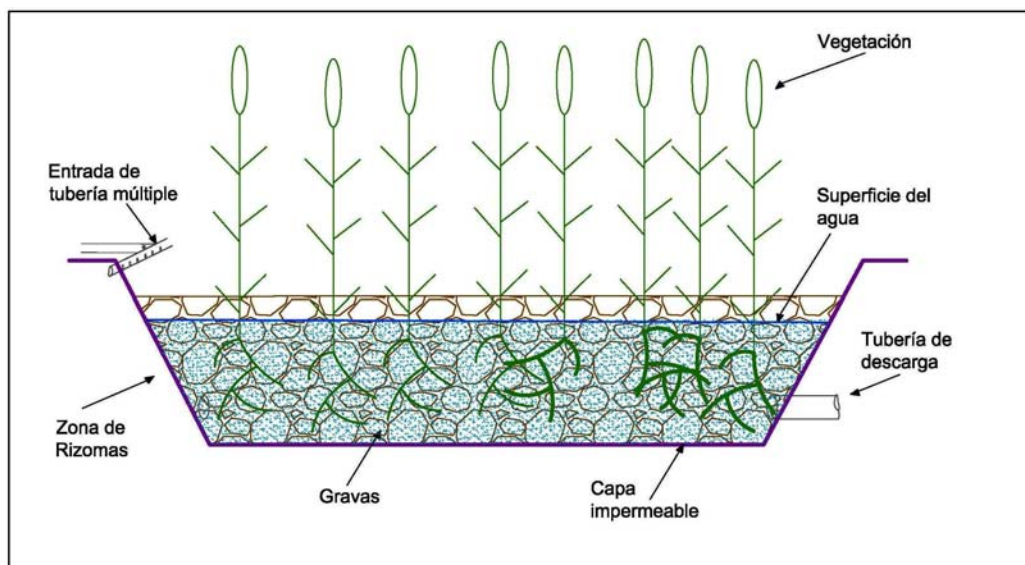


Figura 3.2. Sección humedal de flujo subsuperficial.

Consiste en el flujo de agua a través de un lecho de gravas donde se encuentran a la vez los rizomas o raíces de las plantas. La superficie del agua no sobrepasa la altura de las gravas, se pretende que siempre se tenga una profundidad de gravas secas de unos 5 centímetros.

Las principales ventajas de los humedales de flujo subsuperficial respecto a los de flujo superficial son:



❖ Menor incidencia de malos olores, consecuencia directa del flujo de agua subterránea. Esta ventaja es relativa ya que los humedales de flujo superficial suelen tratar aguas bastante limpias, lo que reduce el potencial de emisión de olores.

❖ Bajo riesgo de exposición directa de personas y de aparición de insectos debido igualmente al flujo subterráneo del agua.

❖ Protección térmica debida a la acumulación de restos vegetales y del flujo subterráneo que reduce la posible estratificación térmica del agua y evita flujos preferenciales. Por ejemplo, un humedal sin plantas ni restos vegetales el gradiente térmico medido en verano ha sido de hasta 12 °C/m, mientras que en un humedal con plantas y restos vegetales ha sido de 3.4 °C/m (García, 2003).

Entre los inconvenientes de estos humedales se debe tener en cuenta:

❖ Mayor coste de construcción inducido en su mayor parte por la necesidad del material granular que encarece considerablemente la obra.

❖ Menor valor como ecosistema debido a que el agua es difícilmente accesible a la fauna.

En general se trata de instalaciones que tratan desde decenas hasta varias centenas de m<sup>3</sup>/d. Siendo indicado en el tratamiento de aguas residuales domésticas para poblaciones de hasta 2.000 habitantes equivalentes. Los niveles de depuración conseguidos son en general los correspondientes con un tratamiento secundario (menos de 25 mg/L de DBO y de materia en suspensión).

Se puede decir que los humedales de flujo subsuperficial priman los aspectos de tratamiento de agua mientras que en los de flujo superficial lo hacen los de restauración medioambiental.

## ***3.2 Componentes de un humedal de flujo Subsuperficial.***

### **3.2.1 Estructuras de Recogida y Distribución del Agua Residual**

La captación de las aguas residuales se suele hacer mediante arquetas, que junto a algunos vertederos distribuyen el caudal. Desde este punto se distribuye el agua, que previo paso por el tratamiento primario llega hasta las cabeceras de los humedales para ser repartido de manera uniforme al lecho.

Se hace llegar el agua residual procedente del tratamiento primario mediante una tubería hasta una arqueta de repartición que distribuye el agua en todo el ancho del humedal, esto es importante para conseguir unos buenos rendimientos y un correcto funcionamiento.



**Figura 3.3 Arqueta de Repartición del agua de entrada.**

Generalmente, y para evitar la colmatación del lecho en la zona de entrada de los humedales, es común la colocación de una grava de mayor tamaño al inicio, de manera que se evita así la colmatación prematura del sistema.

Para la recogida de las aguas tratadas suele colocarse otra tubería perforada en la parte inferior del lecho, siendo conducida posteriormente a una tubería de altura graduable, con el fin de poder controlar la altura de agua en el humedal.

### **3.2.2 El Medio Granular**

La principal diferencia entre los humedales de flujo superficial y subsuperficial se basa en la existencia o no del lecho granular.

Los humedales de flujo subsuperficial son sistemas que funcionan como un filtro horizontal de grava, de manera que este medio constituye el elemento principal. Las propiedades físico químicas del medio granular actúan directamente sobre el agua que queremos tratar.

En el medio granular ocurren múltiples procesos como la retención y sedimentación de la materia en suspensión, la degradación de la materia orgánica, la transformación y asimilación de los nutrientes y la inactivación de los microorganismos patógenos. (García y Corzo, 2008).

Otro requisito importante que debe cumplir el medio granular es el de permitir el crecimiento de las plantas y del medio bacteriano.

Pero la característica más importante y la propiedad que permite funcionar correctamente al sistema serán la permeabilidad o conductividad hidráulica del material que pongamos en el humedal, ya que esta característica es la que permite pasar el agua a través de éste.

En la Tabla 3.2 se exponen las características de los principales medios utilizados en la construcción de humedales.

**Tabla 3.2 Características de los medios granulares usados en los humedales construidos de flujo subsuperficial (Arias, 1998)**

Material	Tamaño Efectivo, D10 en mm	Porosidad, en %	Conductividad Hidráulica, en m/d
Arenas gradadas	2	28 - 32	100 - 1.000
Arenas gravosas	8	30 - 35	500 - 5.000
Gravas finas	16	35 - 38	1.000 - 10.000
Gravas medianas	32	36 - 40	10.000 - 50.000
Rocas pequeñas	128	38 - 45	50.000 - 250.000

### 3.2.3 Las Plantas

Las especies de plantas más utilizadas en humedales construidos son las plantas emergentes, típicas especies que encontramos en los ecosistemas húmedos de manera natural tales como carrizo, la espadaña o los juncos.



**Figura 3.4 Carrizo, juncos y espadañas.**

Las plantas acuáticas emergentes, son plantas anfíbias que se desarrollan en aguas poco profundas, arraigadas al subsuelo, que presentan una gran productividad y que toleran bien las condiciones de falta de oxígeno al poseer canales o zonas de aireación, que facilitan el paso del oxígeno hasta las raíces.

Algunas de las principales ventajas que se encuentran en este tipo de plantas son (García y Corzo, 2008):

- Podemos encontrar una especie propia en la mayoría de floras locales.

### 3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

---

En la medida de lo posible se deben utilizar especies autóctonas, ya que serán las que mejor se adaptaran al medio.

➤Son especies colonizadoras activas.

Esto nos asegura que en los humedales tengamos mayoritariamente la especie que nosotros hemos plantado y que son las que nos darán mayores rendimientos en el humedal.

➤Llegan a alcanzar una biomasa considerable por unidad de superficie con el fin de asimilar el máximo de nutrientes.

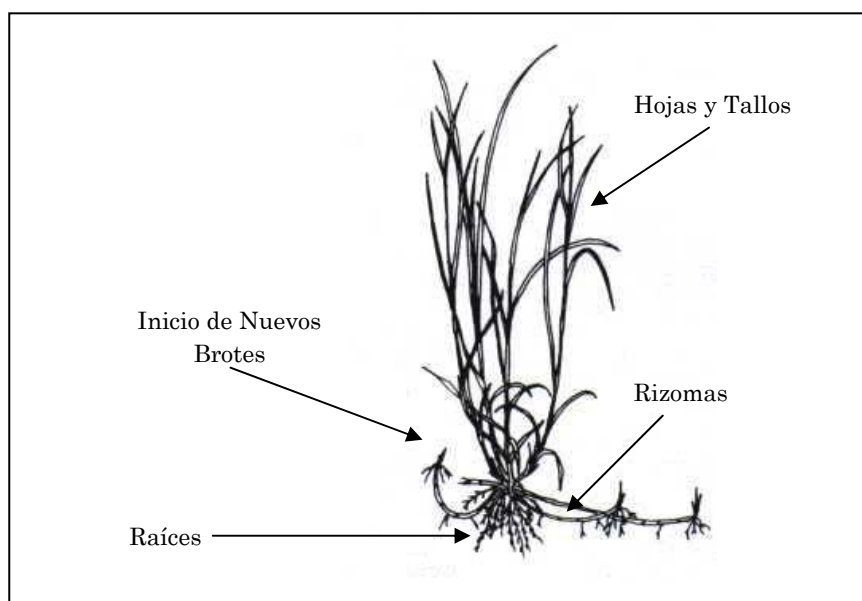
Los macrófitos asimilan el nitrógeno, el fósforo y algunas sales minerales del agua residual, todo y que en comparación con los nutrientes presentes en el afluente esta asimilación es insignificante.

➤La biomasa tiene una gran superficie mediante los rizomas y las raíces que proporcionan un potencial para el desarrollo de la biopelícula.

Al prestar un mayor área habrá un mayor número de microorganismos que se establezcan en la zona y por lo tanto un aumento de la degradación de la materia orgánica y la eliminación de nutrientes.

➤Crecen rápidamente en las condiciones de los humedales, por lo que son resistentes a los contaminantes presentes en las aguas residuales.

Además de estabilizar el medio granular y amortiguar las variaciones ambientales, ya que cuando las plantas están desarrolladas permiten aislar el sistema de los agentes atmosféricos, como pueden ser el viento, la intensidad de la luz incidente y la temperatura.



**Figura 3.5 Esquema de una planta emergente tipo utilizada en humedales.**

### 3.3 Mecanismos de Eliminación de Contaminantes.

En las aguas residuales domésticas el objetivo principal que se pretende es la eliminación de materia orgánica y nutrientes. Hasta hace pocos años la eliminación de nutrientes era un más a más que hoy en día a pasado a formar parte del proceso convencional.

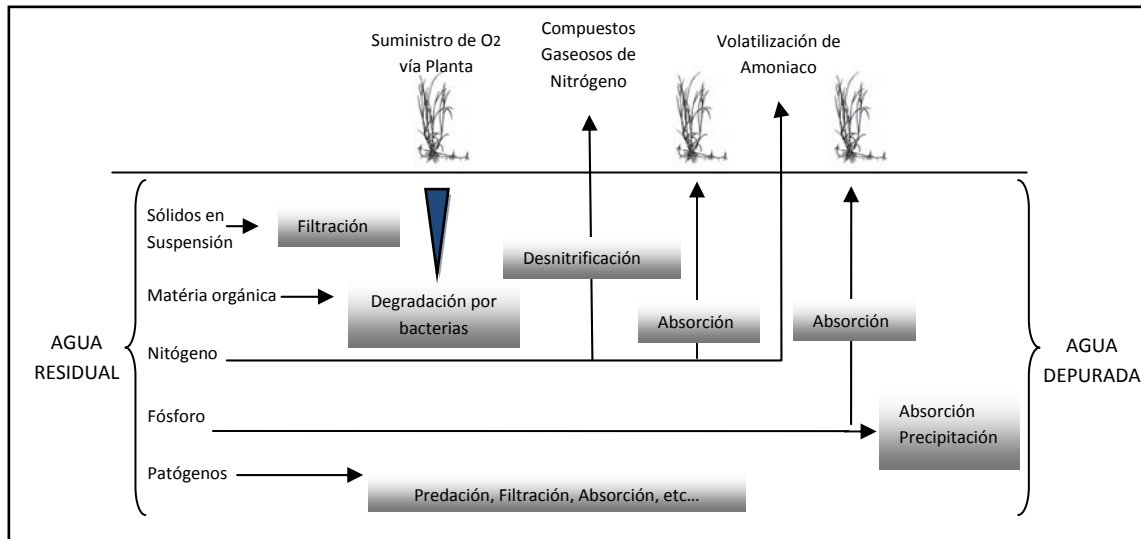


Figura 3.6 Procesos de Depuración de Aguas Residuales Urbanas (adaptación de Corzo, 2004).

En la Figura 3.6 se muestran algunos de los principales constituyentes de las aguas residuales y para cada uno de ellos se muestran sus procesos de depuración.

#### 3.3.1 Materia en Suspensión.

Los sólidos presentes en las aguas residuales se pueden distinguir entre sólidos sedimentables, sólidos en suspensión y sólidos disueltos, siendo los sólidos totales la suma de todos ellos.

Los sólidos sedimentables son sólidos de mayor densidad que el agua, se encuentran dispersos debido a fuerzas de arrastre o turbulencias. Cuando estas fuerzas y velocidades cesan y el agua alcanza un estado de reposo, precipitan en el fondo.

Los sólidos disueltos están relacionados con el grado de mineralización del agua ya que son iones de sales minerales que el agua ha conseguido disolver a su paso. Están relacionados con la conductividad del agua ya que un aumento de estos iones aumenta la capacidad conductiva.

Los sólidos o materia en suspensión (MES) se mantienen en el agua debido a su naturaleza coloidal que viene dada por las pequeñas cargas eléctricas que poseen estas partículas que las hacen tener una cierta afinidad por las moléculas de agua y se puede definir como la fracción de

la materia sólida que queda retenida en un filtro de características establecidas (tamaño de poro de 0,2  $\mu\text{m}$  o inferior) (Chico, 2002).

La eliminación de este contaminante en un humedal de flujo subsuperficial se puede producir por la baja velocidad del flujo en algunos puntos, las fuerzas de adhesión entre partículas y la resistencia que opone el medio granular.

La mayor parte de eliminación de la materia en suspensión se lleva a cabo en los primeros metros del humedal y la concentración de sólidos va disminuyendo de forma exponencial a medida que se recorre el humedal. Por lo que se puede concluir que en las zonas cercanas a la entrada del agua será donde se encuentra una mayor concentración de MES.

El rendimiento de eliminación de la materia en suspensión en los humedales de flujo subsuperficial oscila entre 85-95%, y depende de la composición del agua residual y las condiciones de funcionamiento del humedal (Piriz, 2000).

#### **3.3.2 Materia Orgánica.**

Es el principal objetivo de los sistemas de depuración de aguas residuales, eliminar la mayor concentración posible de materia orgánica.

La oxidación biológica es el mecanismo mediante el cual los microorganismos degradan la materia orgánica contaminante del agua residual. De esta forma, estos microorganismos se alimentan de dicha materia orgánica en presencia de oxígeno y nutrientes.

La materia orgánica presente en un humedal tiene un carácter heterogéneo, tanto en tamaño como en composición química. La materia orgánica asociada a la materia en suspensión es retenida como se ha descrito en el apartado 3.3.1. La parte de la materia orgánica que se encuentra disuelta en el agua es degradada por los microorganismos que forman la biopelícula. La presencia de oxígeno disuelto en el agua marca los agentes y las reacciones que se desarrollan en el humedal (BeUNTé, 2005).

**Respiración:** En presencia del suficiente oxígeno, la degradación se produce por la acción de bacterias aeróbicas heterótrofas. Esta vía es la más eficiente.

**Fermentación:** En ausencia del suficiente oxígeno como para la respiración aeróbica, tienen lugar reacciones anaeróbicas. En primer lugar las moléculas complejas son transformadas en compuestos más sencillos por bacterias heterótrofas de tipo anaeróbico estricto o facultativo. Este sistema de degradación no interesa que se desarrolle en los humedales ya que son los causantes de los malos olores.

**Metanogénesis / Sulfatoreducción / Desnitrificación / Reducción del hierro:** Posteriormente continúa el proceso de degradación. Las bacterias utilizan los productos finales de la fermentación. Dependiendo del sustrato utilizado se llevan a cabo estos procesos también anaeróbicos.

Todas estas reacciones bioquímicas ocurren de forma simultánea en el humedal de flujo subsuperficial. Pero lo que es importante destacar es que cuanto más aeróbico es el sistema mayor rendimiento de eliminación de materia orgánica se obtendrá.

### 3.3.3 Nitrógeno.

En las aguas residuales nos encontramos con el nitrógeno en tres formas distintas, nos podemos encontrar nitrógeno orgánico, nitrógeno amoniacal (muy presente en las aguas residuales domésticas) y el nitrógeno oxidado (nitratos y nitritos).

El nitrógeno orgánico está principalmente asociado a la MES, con lo que su eliminación se da mediante los mismos sistemas de retención que los sólidos particulados, que posteriormente se degradan produciendo amonio.

En el caso del amoníaco, el principal mecanismo de eliminación en los humedales de flujo subsuperficial es la nitrificación - desnitrificación, además de otros procesos menos significativos como son la volatilización, la absorción y la asimilación realizada por las plantas.

La nitrificación consiste en la oxidación del amonio a  $\text{NO}_2^-$  y  $\text{NO}_3^-$ . Esta transformación es producida por bacterias heterotróficas en condiciones aeróbicas. La velocidad de nitrificación depende directamente de la cantidad de oxígeno disuelto en el agua. Las bacterias responsables del paso de  $\text{NO}_2^-$  a  $\text{NO}_3^-$  son más rápidas que las que transforman el  $\text{NH}_4^+$  a  $\text{NO}_2^-$ , de manera que en presencia de oxígeno en el agua, no se hallan nitritos.

De manera esquemática podemos exponer la nitrificación según la ecuación:



Para la oxidación de un mg de  $\text{NH}_4^+$  son necesarios 4.57 mg de  $\text{O}_2$ . Por esta razón, la nitrificación es más intensa en la zona más cercana a la superficie del agua en contacto con la atmósfera (García, 2003). Por este motivo encontrar diseños que favorezcan la transferencia de oxígeno producirá rendimientos de eliminación de amonio más altos.

Según estudios anteriores un humedal de flujo subsuperficial con profundidades menores a 30 cm reducirá entre un 35% y un 66% la concentración de amonio, mientras que en humedales con profundidades mayores de 30 cm se obtienen unos rendimientos en la eliminación del amonio de entre el 11 y el 40 % (Aguirre, 2004).

El nitrógeno en forma de nitratos es químicamente estable y soluble en agua. La principal vía de eliminación es la desnitrificación, proceso contrario a la nitrificación y que consiste en la eliminación del nitrato mediante su conversión en nitrógeno gas. Este proceso se lleva a cabo en dos etapas, en la primera se convierte el nitrato en nitrito y en la segunda el nitrito es transformado en amoníaco, óxido nitroso y nitrógeno. La desnitrificación es efectuada por bacterias heterótrofas facultativas en condiciones anóxicas y es necesaria una fuente de carbón orgánico. Debido a que se dan estas condiciones en los humedales de flujo subsuperficial, la eliminación de los nitratos es muy efectiva.

De manera esquemática podemos exponer la desnitrificación según la ecuación:



Otro proceso significativo es la asimilación por parte de las plantas. En este proceso el nitrógeno es incorporado a la biomasa, por acción de las raíces. En este caso cuando la planta muera el nitrógeno retornará al humedal en forma de nitrógeno orgánico, motivo por el que es muy recomendable podar los humedales. Se piensa que entre un 10% y un 25% de la eliminación de la carga de nitrógeno es debida a este proceso.

Se ha observado en estudios como el de Chazarenc *et. al*, (2009) que para diferentes tipos de plantas se obtienen unos rendimientos similares, pero que ha habido una diferencia significativa en la forma que toma el nitrógeno en los efluentes de los humedales.

La volatilización del amonio amoniacal se produce únicamente en humedales que depuran aguas residuales con pH superior a 9,3 (valor del  $\text{pK}_a$  del amonio). Ya que en los humedales el pH oscila entre 6 y 7,5, este proceso pocas veces se produce.

La absorción del nitrógeno amoniacal es un proceso reversible, cuando éste se encuentre en condiciones estables puede ser absorbido por el lecho granular, sin embargo de la misma manera cuando cambian las condiciones que lo estabilizan, el nitrógeno amoniacal será devuelto al agua.

#### **3.3.4 Fósforo.**

El fósforo es, junto con el nitrógeno, uno de los elementos esenciales para el crecimiento de los productores primarios, constituyendo a menudo el limitante para su desarrollo.

La eliminación de fósforo en humedales de flujo subsuperficial se produce mediante dos mecanismos:

1) Procesos abióticos, en los que intervienen la adsorción por el suelo, los intercambios entre el suelo y el agua residual circulante y la sedimentación del fósforo particulado.



2) Procesos bióticos, como la asimilación por parte de las plantas y microorganismos y la mineralización de los restos de vegetación y del fósforo orgánico.

La eliminación del fósforo en los humedales de flujo subsuperficial es complicada, como en cualquier otro sistema de depuración de aguas, debido a la escasa movilidad de sus compuestos.

Por tanto los humedales no son un método muy efectivo para la eliminación de fósforo, excepto si se usan grandes áreas con grava rica en hierro y aluminio o tratamientos alternativos de eliminación de fósforo (Gómez *et al.*, 2001)

### **3.3.5 Sulfatos.**

El azufre es un elemento necesario para la síntesis de las proteínas que es liberado cuando éstas se degradan. En condiciones aerobias, el azufre liberado en forma de sulfhídrico es oxidado química y biológicamente con gran rapidez, convirtiéndose en reservas de azufre para algunas células o en sulfatos disueltos como especie más oxidada del azufre. En condiciones anaeróbicas las bacterias sulfatoreductoras reducen los sulfatos a sulfuros y a ácido sulfhídrico.

## **3.4 Análisis de Parámetros.**

### **3.4.1 Turbidez.**

La turbidez es un parámetro de calidad de las aguas y está relacionado con el grado de transparencia y limpieza del agua, que a su vez depende de la cantidad de sólidos en suspensión del agua que pueden ser resultado de una posible actividad biológica o simplemente una presencia de componentes no deseables. Se mide mediante la absorción que sufre un haz de luz al atravesar un determinado volumen de agua todo y que con una simple observación se puede apreciar la turbidez del agua en gran medida.

En las operaciones de una planta de tratamiento de aguas, la turbidez es una medida cualitativa de la carga residual a través de los sólidos sin disolver. La turbidez puede medirse en línea con relativa facilidad por medios ópticos; por lo tanto, la turbidez es muy apropiada para medir el grado de éxito en la limpieza de una planta de tratamiento de aguas en el marco de los controles propios. Utilizar la turbidez como medida de la eficiencia de una planta de tratamiento de aguas resulta muy práctico.

### 3.4.2 Potencial Redox.

El potencial Redox (Eh) es una medida de la capacidad global de un agua de oxidar o reducir las sustancias que contiene.

Generalmente la presencia de oxígeno disuelto se limita a la zona más superficial de los humedales, ya que la mayor transferencia de oxígeno tiene lugar por el contacto con la atmósfera y el agua, otro factor que aumenta el oxígeno disuelto en el agua es la transferencia del oxígeno mediante las raíces de las plantas, pero este factor todavía no se puede afirmar con seguridad ya que hay estudios que divergen en los resultados, pero lo que sí parece poder considerarse correcto es que la importancia de esta transferencia de oxígeno por parte de las plantas al agua es menos representativa cuanto mayor es la carga orgánica del agua.

En cuanto a las tasas de transferencia de oxígeno de las plantas al agua encontramos valores muy variables según la bibliografía consultada. Desde valores de  $3,3 \pm 0,6 \text{ g O}_2/\text{m}^2\text{d}$  (Kadlec y Knight, 1996) a valores inferiores a  $1 \text{ g O}_2/\text{m}^2\text{d}$  (Tanner y Kadlec, 2003).

#### Efecto del Potencial Redox.

La degradación de la materia orgánica consiste en reacciones de oxidación y reducción. Como ya se ha dicho el Potencial Redox indica esta capacidad de oxidar o reducir. Los microorganismos usan las reacciones de reducción para consumir los electrones procedentes de la oxidación de sus sustratos productores de energía.

Valores elevados del Potencial Redox indican la existencia de compuestos en estado oxidado (sulfatos, nitratos, materia orgánica mineralizada), mientras que valores negativos indican la presencia de ambientes reductores. La distribución en profundidad de los valores del Potencial Redox y las correspondientes reacciones que tienen lugar están representados en la Figura 3.7, donde se observa que la presencia de oxígeno disuelto se establece en la zona más superficial. Este hecho es debido a que el principal mecanismo de introducción de oxígeno en el humedal es la transferencia de oxígeno desde la atmósfera al agua; los niveles de oxígeno disuelto en el agua son inferiores a la concentración de saturación, la cual está condicionada por la temperatura y la salinidad del agua. El oxígeno, una vez en el agua, se propaga por la difusión molecular y por el mezclado debido a turbulencias en el flujo, turbulencias que, en el caso de los humedales de flujo subsuperficial, dependen de la granulometría del material del lecho.

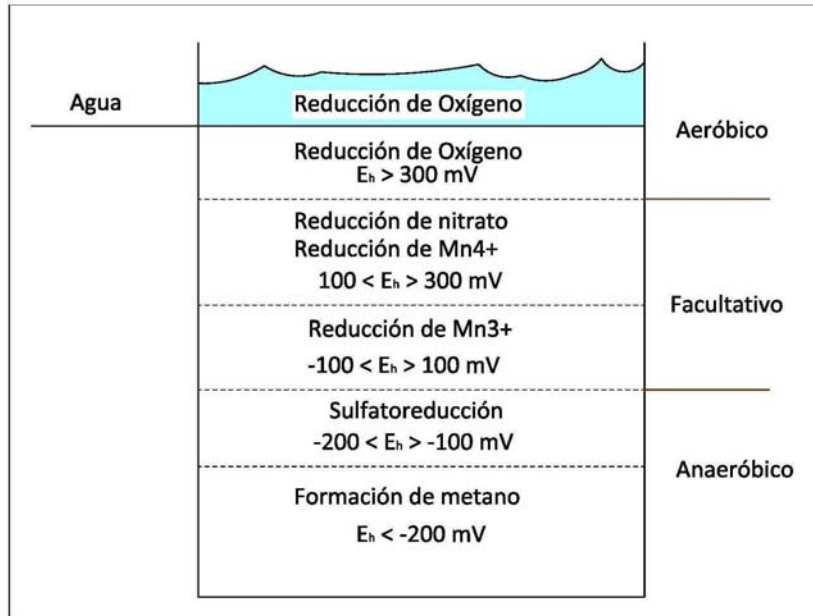


Figura 3.7 Perfil del Potencial Redox (Kadlec y Knight, 1996)

### 3.4.3 Amonio.

El amonio es un parámetro de calidad de las aguas. En los últimos años y en especial para aguas tratadas que tengan que ser vertidas en medios sensibles, las normativas limitan los valores de amonio que pueden vertirse dado la posible eutrofización que puede emerger en las aguas de recepción si estos valores son superados.

La Directiva 91/271/CEE define los requisitos para los vertidos procedentes de instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas realizados en zonas sensibles, y en ella aparece como referencia el Nitrógeno Total.

Un parámetro que nos ayudará a obtener el Nitrógeno total del efluente de los humedales es precisamente la cantidad de amonio, ya que según estudios de Chazarenc *et.al* (2009) se observó que en humedales construidos, más del 50% del nitrógeno presente en los efluentes era de la forma N-NH<sub>4</sub>.

Como se ha visto en la explicación del Potencial Redox los valores de eliminación del amonio van a estar relacionados con la cantidad de oxígeno que haya en el humedal, ya que el principal mecanismo de eliminación en los humedales de flujo subsuperficial es la nitrificación – desnitrificación, del cual la primera fase es necesaria una fuente de oxígeno para que de lugar.

### 3.5 Tratamientos Primarios en un sistema de humedales construidos.

Con el fin de no fomentar una aportación excesiva de partículas sólidas que puedan provocar una prematura colmatación de los lechos granulares en los humedales construidos, es conveniente y aconsejable la colocación de un tratamiento primario antes de verter las aguas a los humedales.

Los principales objetivos que se pretenden alcanzar con la implantación de un tratamiento primario son (Soriano, 2009):

- ✓ Acondicionar el agua para los procesos siguientes.
- ✓ Eliminar materiales que interfieran en los procesos y equipamientos aguas abajo.
- ✓ Minimizar la acumulación de material en los tratamientos posteriores.

Por lo general, la carga de MES es demasiado elevada para que pase a los humedales sin someterla antes a un tratamiento primario que elimine la parte más gruesa de la MES (>40mm).

Entre los sistemas de tratamiento primario más utilizados y que se proponen en las diferentes literaturas nos encontramos con tratamientos físicos y tratamientos biológicos.

En la Tabla 3.3 se recogen las estimaciones de calidad del agua tras diferentes pretratamientos.

**Tabla 3.3 Niveles de Tratamiento típicos en varios procesos de pretratamiento (adaptado de Tchobanoglous ,2003)**

Calidad típica del efluente en mg/l					
	MES	DBO	DQO	total N	NH3-N
Agua sin Tratar	210	210	500	35	22
Tras el desbaste	170	190	450	33	22
Desbaste + sedimentación	75	120	350	25	18
Desbaste + tratamiento anaeróbico	100	80	250	30	22
<b>Porcentaje eliminación entre sedimentación simple y agua tras el desbaste</b>					
	<b>56</b>	<b>37</b>	<b>22</b>	<b>24</b>	<b>18</b>
<b>Porcentaje eliminación entre tratamiento anaeróbico y agua tras el desbaste</b>					
	<b>41</b>	<b>58</b>	<b>45</b>	<b>9</b>	<b>0</b>

La elección de un tratamiento anaeróbico adecuado como tratamiento primario puede reducir el coste de la instalación entre un 36 y un 40 %. (Barros y Soto 2002).

### 3.5.1 Métodos Físicos.

En este apartado se incluyen los tratamientos primarios basados en procesos de decantación.

La decantación es un proceso que consiste en la separación mediante la gravedad de las partículas sólidas en suspensión presentes en las aguas residuales. Para conseguir este proceso es necesario un tiempo de reposo de las aguas.

Con la decantación primaria se consigue que sedimenten partículas de hasta 30-50  $\mu\text{m}$ , y es el más utilizado para aumentar la sedimentación de partículas de un tamaño inferior a 100  $\mu\text{m}$ .

Dentro de los tratamientos físicos más utilizados como tratamientos primarios en plantas con humedales construidos son:

#### Decantación Simple

Consiste en dejar reposar el agua residual el tiempo suficiente para que sedimenten las partículas más gruesas.

La decantación simple ofrece eliminaciones de los sólidos en suspensión en el rango entre el 50% y el 70%, pero la gran cantidad de lodos primarios que se producen es un gran handicap de estos tratamientos (Metcalf & Hedy, 2003).

#### Fosa Séptica

En las fosas sépticas se realiza la separación y transformación físico-química de la materia sólida contenida en las aguas residuales. Se trata de una forma sencilla y barata de conseguir reducir la materia en suspensión de las aguas.

Las fosas sépticas eliminan la materia sólida por DECANTACION, al detener agua residual en el tanque, que permite que sedimenten los sólidos. Este sistema requiere de un elevado tiempo hidráulico de las aguas dentro de la fosa. Los sedimentos que se acumulan en el recinto pasan en un 50% por un proceso de descomposición, mientras que el resto se va acumulando en el fondo, por lo que estos sistemas requieren un vaciado de los lodos residuales de manera periódica.

#### Tanque Imhoff

Estos tanques llamados también de recepción-procesamiento son tratamientos en los que en un mismo recinto se hace pasar las aguas residuales por dos procesos diferenciados. Inicialmente se hace pasar las aguas por una cámara superior en la que se lleva a cabo el proceso

de sedimentación de los sólidos en suspensión, y en una cámara inferior se recibe el material sedimentado y permanecerá en condiciones tranquilas para su digestión Anaeróbica.

En estos tanques existe una tercera cámara preparada para la acumulación de los gases y las espumas producidas en el proceso.

Al igual que en las fosas sépticas los lodos acumulados en el fondo del tanque deben retirarse de manera periódica, siendo en estos casos una periodicidad mayor que en el caso de las fosas sépticas.

### **3.5.2 Tratamientos biológicos.**

Otro tipo de tratamientos especificados para colocar como tratamientos primarios en humedales construidos son los reactores biológicos.

Estas tecnologías se vienen aplicando en la depuración de efluentes urbanos en países de clima cálido, mientras que su aplicación en climas más fríos no se encuentra todavía consolidada. Pero en estas condiciones (climas fríos), algunas investigaciones realizadas aconsejan utilizar digestión anaeróbica como pretartratamiento (Ligero *et. al*, 2001; Álvarez *et. al*, 2003; Barros y Soto, 2002), que puede ser combinado con una depuración posterior mediante un sistema de tipo natural.

Dentro de las tecnologías que aplican la eliminación de contaminantes mediante tratamientos biológicos se encuentran los reactores de manto de lodos anaerobio de flujo ascendente (UASB) , que han sido estudiados como un adecuado tratamiento primario para los humedales de flujo subsuperficial horizontal, principalmente porque pueden proporcionar efluentes con una menor cantidad de sólidos en suspensión totales (SST) y una menor concentración de la DQO que los tratamientos primarios (Barros *et. al*, 2004).

Los reactores UASB son un tipo de bioreactor tubular que operan en régimen continuo y en flujo ascendente, con lo que el afluente entra por la parte inferior del reactor, atraviesa todo el perfil longitudinal, y sale por la parte superior. Son reactores anaerobios en los que los microorganismos se agrupan formando biogránulos.

Otro tratamiento primario adecuado y que ha sido recomendado en combinación con los humedales construidos de flujo subsuperficial horizontal en el caso de pequeñas poblaciones (Barros *et al.*) es el HUSB, un reactor hidrolítico de manto de lodos de flujo ascendente. Los reactores HUSB son esencialmente reactores UASB operando a un menor tiempo de retención hidráulico (TRH) (2 a 5 horas) con la finalidad de evitar siempre que sea posible la reacción de metanogénesis. En general, el tiempo de retención de sólidos (TRS) en reactores HUSB se

mantiene durante más de 15 días para alcanzar altas tasas de hidrólisis de sólidos de las aguas residuales.

Los principales procesos físicos que tienen lugar en un reactor HUSB son la sedimentación, la filtración y la absorción.

Aunque ha sido poco investigado en el contexto de la tecnología de tratamiento de humedales los reactores HUSB muestran una alta eficiencia en la eliminación de los sólidos en suspensión en los tratamientos de aguas residuales municipales, todo y que este tipo de tratamientos funcionan muy bien en regiones cálidas, ven mermados considerablemente sus rendimientos en regiones frías (Álvarez et al., 2008).

### **3.6 Modos de Operación en humedales Construidos.**

Inicialmente se diseñaron los humedales construidos de manera que operaran permanentemente inundados, de tal forma que permanentemente estuviera circulando el agua por el lecho granular.

En un estudio realizado para comprobar las diferencias de funcionamiento entre humedales construidos operando de manera continuada sin ningún tipo de aportación de oxígeno, con otros humedales en los cuales se forzaba una aireación interior de los lechos (Chazarenc *et. al*, 2009), se concluyó que las eliminaciones de los SST y de la DQO no variaban en función de existencia o no de plantas, pero la aireación artificial del lecho mejoraba considerablemente los rendimientos de eliminación del nitrógeno. Esto es debido a que la eliminación del amonio mediante la nitrificación es función principalmente de la temperatura y el oxígeno disuelto en el agua, con lo que favoreciendo uno de estos dos factores se favorece la reacción.

Otro estudio publicado de Caselles-Osorio y García, (2007a) estudió las diferencias entre una alimentación continua de los humedales (permanentemente inundado) y humedales alimentados intermitentemente (fases de llenado-vaciado), aquí se concluyó que existía una pequeña reducción en la eliminación de DQO con la alimentación intermitente mientras que se observó un claro incremento en la eliminación de amonio con este modo de operación.

El modo de alimentación de los humedales es un método para mejorar el funcionamiento y aumenta el rendimiento de estos sistemas de depuración, y una alternativa de modificación temporal de condiciones de aireación en los momentos en que al humedal le cuesta más eliminar los contaminantes.

Este tipo de alimentación en los humedales mediante fases de llenado-vaciado hace un efecto sobre el humedal de aireación natural, de manera que se favorecen los mecanismos de eliminación de amonio por el incremento de oxígeno disuelto que se consigue.

## **3.7 Recogida de Datos en Continuo.**

La explotación de una E.D.A.R. conlleva una serie de actividades que se pueden agrupar en dos grupos: Operación y Mantenimiento. Para llevar de forma óptima estas actividades se conjugan medios humanos y materiales, aprovechando las nuevas tecnologías en materia de automatización e instrumentación se pueden conseguir funcionamientos óptimos.

La variabilidad del afluente a tratar justifica la importancia de la instrumentación, control y automatización de los sistemas de depuración para la correcta explotación de una EDAR. El funcionamiento óptimo de sistema de control depende principalmente de la fiabilidad de la instrumentación implementada (Rieger *et. al*, 2003).

### **3.7.1 Elección de los Equipos Instalados.**

En la elección de los equipos a instalar hay que tener en cuenta una serie de factores fundamentales (García, M.):

- Máquinas fiables: se deben instalar máquinas de probada reputación y con constancia a nivel de mercado de su buen funcionamiento.
- Máquinas sencillas y simples: Es interesante tener en cuenta que cuantas menos piezas la conformen, más difícil será que se estropeeé, además de ser más rápida y sencilla su reparación.
- Suministro de repuestos: es imprescindible garantizar el suministro de repuestos en el mínimo tiempo, teniéndolo en cuenta a la hora del diseño por si fuera necesario tener piezas en stock permanente.
- Soporte Técnico: se debe tener asesoramiento por parte de un equipo técnico cualificado para resolver aquellos problemas que puedan surgir, además de la posibilidad de asistencia técnica.
- Normalización y estandarización de la máquina: es fundamental que la máquina en la medida de lo posible utilice piezas estandarizadas para facilitar su reparación o sustitución.



### **3.7.2 Mejora a través de Sistemas Automatizados.**

En las estaciones depuradoras en la actualidad se instalan en cada punto equipos de control y la instrumentación apropiada para tener en cada momento un conocimiento exacto del estado de los equipos y los recursos de la E.D.A.R.

Con un sistema automatizado se busca obtener un sistema que tenga un funcionamiento autónomo, inteligente, modificable en su funcionamiento a partir de una serie de parámetros accesibles, precisos y rápidos.

Las lecturas continuas de datos y su registro diario, ayudan al personal que trabaja en la Planta a determinar cuales son las condiciones de control que optimizan el rendimiento de la Estación de Tratamiento, contrastando el funcionamiento de la misma con los datos registrados.

En la actualidad existe un nuevo sistema de control para la eliminación biológica de nitrógeno basado en sondas de bajo coste. Este hecho puede ayudar en plantas depuradoras con sistemas naturales a la implantación de sistemas de medición en continuo sin que esto implique un incremento considerable de los costes (Ruano et. al, 2009).

Las medidas de control pueden influir de forma decisiva en los procesos de degradación y los ahorros en los costes de las aguas residuales, pueden compensar los costes de inversión



## 4. MATERIALES Y MÉTODOS

Todos los objetivos de esta tesina tienen como denominador común el estudio del comportamiento de humedales construidos de flujo subsuperficial. Para ello el trabajo se llevó a cabo en la planta piloto sita en la terraza del edificio D1 de la Escuela de Caminos Canales y Puertos de Barcelona, cuya localización se encuentra en la calle Jordi Girona nº5.

La planta piloto está constituida por un sistema de depuración natural de aguas residuales. Se recogen las aguas del colector que baja por la calle Gran Capità, y se bombean hasta la terraza del edificio mediante una bomba trituradora sumergible que hace llegar las aguas hasta la cabecera de la planta. En primera instancia se hacen pasar las aguas residuales por un pretratamiento y un tratamiento primario, para posteriormente ser tratadas con un tratamiento secundario basado en la tecnología de los humedales construidos.



Figura 4.1: Vista general de la planta piloto

### 4.1 *La planta piloto*

La planta se proyectó para estudiar tres líneas en paralelo, en que todas ellas trabajaran con la misma carga hidráulica (aproximadamente  $6 \text{ g DBO/m}^2\cdot\text{día}$ ), pero distintas entre sí, según sus unidades de operación y de su modo de operación. La planta inició su funcionamiento en Febrero de 2007, con lo que los datos recogidos pertenecen al segundo y tercer año desde su construcción.

Las tres líneas están alimentadas en paralelo, y cada una de ellas puede dividirse en tres operaciones de proceso en serie. Por motivos de comprensión las líneas fueron llamadas control (funcionamiento tradicional), batch (variando el modo de operación) y anaeróbica (variando el tratamiento primario).

#### 4.1.1 Pretatamiento

La primera unidad de operación es común para las tres líneas y consiste en un tanque agitado de  $1\text{m}^3$  dotado de un sistema de desbaste en la entrada para poder eliminar los residuos voluminosos presentes en el agua residual urbana de Barcelona. La salida del tanque agitado alimenta en paralelo las tres líneas.



Figura 4.2: Tanque de agitación

#### 4.1.2 Tratamiento Primario

Las líneas batch y control tienen como tratamiento primario decantadores con un tiempo de retención hidráulica de 2h y un flujo intermitente.

Desde el tanque de mezcla se bombea cada cuatro horas agua residual hacia los decantadores de las líneas batch y control, donde el agua residual sedimenta por 2 horas y luego es vertida a los humedales mediante electroválvulas.



**Figura 4.3: Decantadores**

Los decantadores de la línea Control están formados por tres cilindros de 190mm de diámetro interior y una capacidad de 7L. En la línea Batch están formados por dos cilindros de 300 mm de diámetro interior, y una capacidad efectiva de 14L.

La línea anaeróbica tiene como tratamiento primario un reactor hidrolítico de flujo ascendente (HUSB). Es un reactor de PVC cilíndrico de 300 mm de diámetro interior, una altura total de 1900 mm y un volumen total efectivo de 105L. El tiempo de retención hidráulico es de 3h, con un flujo continuo y una concentración de sólidos en suspensión en el lecho de menos de 10 g/L (purgado diariamente para mantener esta condición). En enero de 2009 se observó que al aumentar el tiempo de retención hidráulico de 3 a 5 horas se conseguía una mayor reducción de los sólidos en suspensión del efluente del reactor.

En esta línea el flujo de agua residual desde el tanque de agitación se da mediante una bomba peristáltica que provee continuamente este reactor. Desde allí los humedales de esta línea son alimentados mediante tanques de distribución que se llenan cada cuatro horas y descargan inmediatamente (sin tiempo para la decantación) por medio de electroválvulas, obteniendo de esta forma un flujo intermitente en los humedales.



Figura 4.4: Reactor HUSB y tanques de repartición

### 4.1.3 Tratamiento Secundario

La configuración del tratamiento secundario es el mismo en todas las líneas. Consistente en 2 humedales pequeños en paralelo de  $0,65 \text{ m}^2$  cada uno, que a su vez están en serie con un humedal mayor de  $1,65 \text{ m}^2$ .

Todos los humedales tienen el mismo medio granular, con un tamaño  $D_{60} = 5 \text{ mm}$  y una porosidad inicial del 40%. La altura del lecho granular es de 30 cm, y la lámina de agua es de 25 cm. En los humedales se plantaron *Phragmites Australis*.

Cada una de las líneas tiene un humedal pequeño sin vegetación de  $0,65 \text{ m}^2$ , que no está conectado al humedal grande ya que no forma parte del tratamiento. Estos humedales "blancos" están para la realización de otros estudios paralelos como pueden ser de colmatación, de disminución de la porosidad inicial y otros relacionados.

El caudal que recibe cada una de las tres líneas es de 84 L/d.

Con este diseño conseguimos estudiar dos humedales trabajando con elevadas cargas hidráulicas de materia orgánica en paralelo, seguidos de un tercer humedal que trabajará en serie y con menor carga orgánica.

En la Figura 4.5 se presenta un esquema de la planta piloto con las tres líneas de tratamiento. En este esquema no se han representado los humedales blancos por no pertenecer al tratamiento y no formar parte del presente estudio.



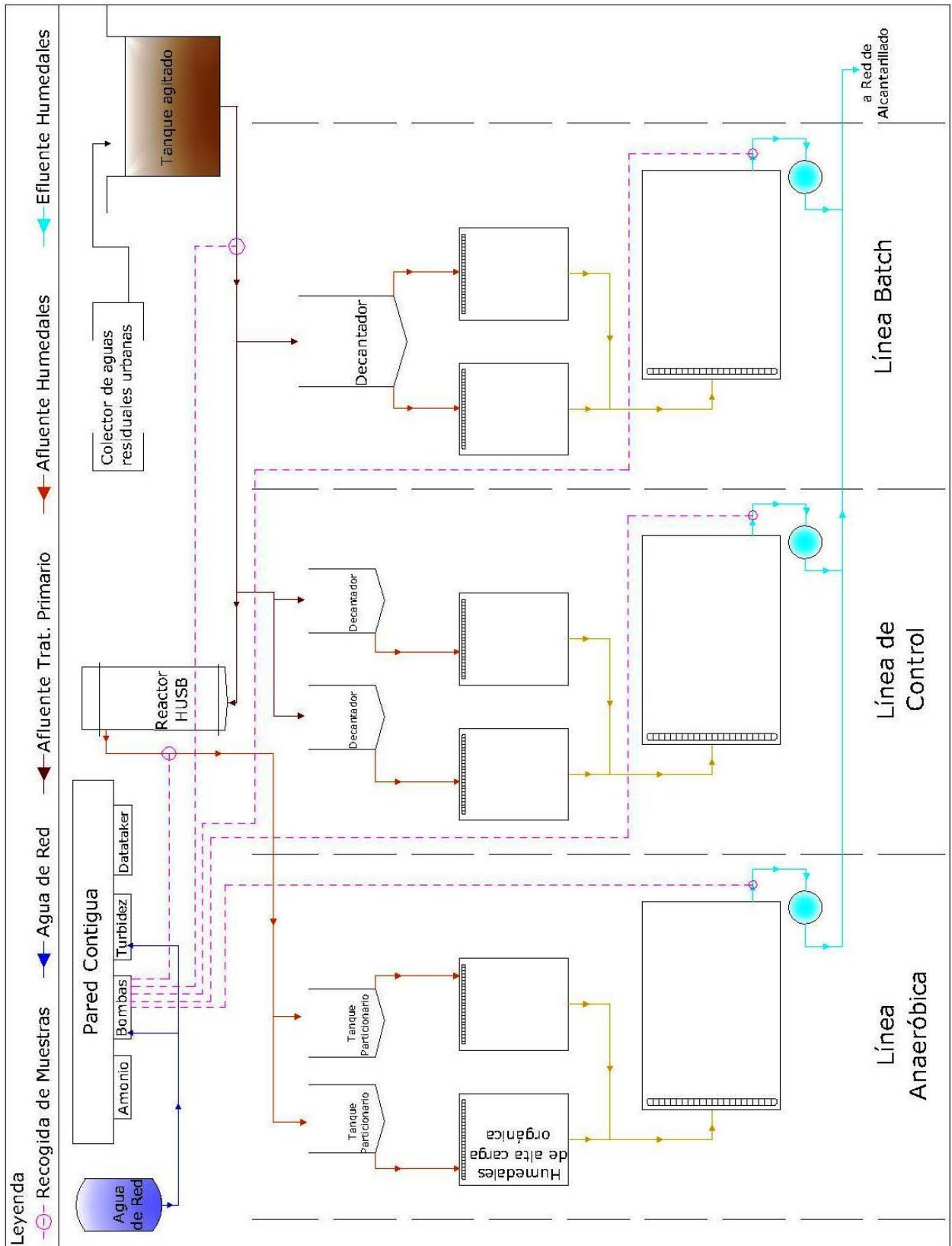


Figura 4.5 Esquema de la planta piloto.

##### Línea Control

La línea Control trabaja con un sistema de tratamiento primario formado por dos decantadores con un volumen efectivo de 7L cada uno . Un sistema de electroválvulas se encarga de la alimentación directamente desde el tanque agitado cada cuatro horas, realiza un paro de dos horas para asegurar una buena decantación, descarga el agua decantada en el humedal y se realiza una purga del residuo que se acumula en el decantador. Cada decantador está conectado directamente a cada uno de los dos humedales de alta carga, consiguiendo de esta manera una alimentación continua y en paralelo ya que los dos decantadores descargan conjuntamente.

##### Línea Batch

En esta línea el tratamiento primario está constituido de igual forma que en la línea Control, por decantadores, pero en este caso todo el tratamiento lo constituye un único decantador con doble capacidad (14 L) que en la línea de Control.

Mediante un sistema de electroválvulas se realizan descargas cada cuatro horas, de manera que durante las dos primeras horas se deja el agua en el decantador para permitir una buena decantación, para después descargar sobre un único humedal.

El modo de operación de los humedales pequeños varía en esta línea. Aquí los humedales de alta carga funcionan alternadamente, con ciclos de 4 días (2 de llenado, un día de reposo en que se deja el agua en el humedal y otro día de vaciado).

La finalidad de esta línea es trabajar en discontinuo, ya que aquí el decantador se pasa descargando durante dos días seguidos en un mismo humedal de alta carga y al transcurrir estos dos días empieza a descargar en el otro, de manera que conseguimos un ciclo de cuatro días de forma que el sistema de alimentación mediante electroválvulas alterna los dos humedales de alta carga cada dos días. De esta manera se intenta favorecer una aireación natural en el humedal.

##### Línea Anaeróbica

El flujo de agua ya tratada que se genera en la parte superior del HUSB, alimenta dos tanques de repartición contiguos que tienen la función de repartir en partes iguales el flujo de agua. Este flujo se controla mediante electroválvulas que harán que cada cuatro horas se descarguen los tanques de repartición en los humedales de alta carga, manteniendo de esta manera la misma alimentación que teníamos en la línea de Control.

De esta manera podremos comparar los rendimientos en humedales construidos en función del tratamiento primario que reciben las aguas antes de verter en los humedales.



## 4.2 *Sistemas de Medición*

Para poder cumplir con los objetivos de esta tesina, se debían obtener datos diarios de los afluentes y efluentes de los humedales. Con esa finalidad hay instalados en la planta piloto tres instrumentos medidores de tres variables físico químicas de las aguas residuales

Gracias a estos medidores que nos ayudan a tener datos en continuo podemos extraer conclusiones sobre el funcionamiento de los humedales y sobre las diferencias de eficiencia entre las tres líneas estudiadas.

Los parámetros controlados en continuo y que se han estudiado para la realización de esta tesina han sido: **Turbidez, Concentración de Amonio y Potencial Redox.**

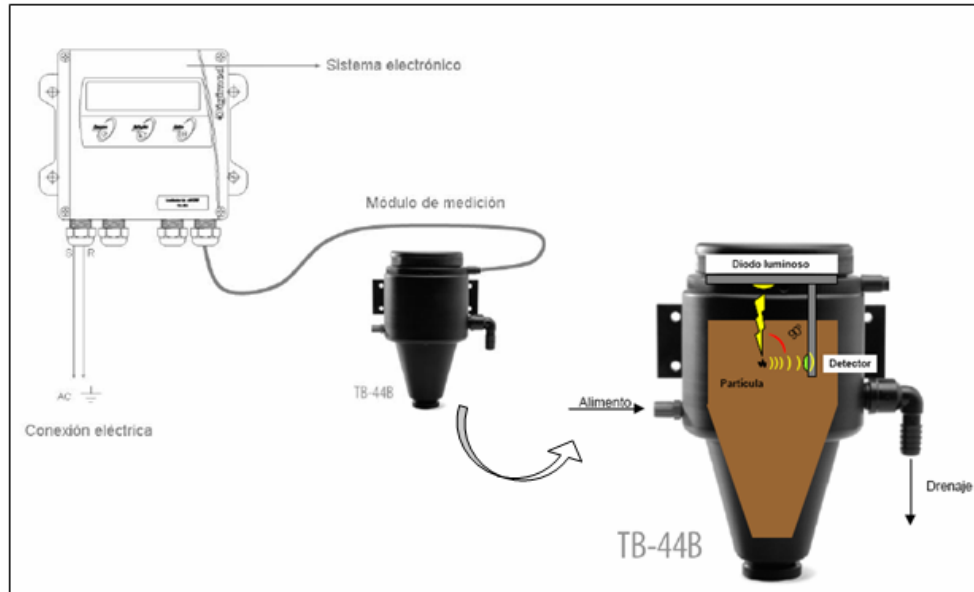
Para conseguir la obtención de los datos en continuo se instaló en distintos puntos de la planta, un sistema automatizado de bombas peristálticas cuya función es impulsar la muestras hasta los sistemas de medición, así como agua limpia desde un tanque contiguo a la planta para la limpieza de los mismos (en Figura 4.1 se representa el sistema de recogida de muestras con las líneas de color magneta y se observa el tanque de agua limpia al lado de la pared contigua).

### 4.2.1 **Turbidez**

Para la medición de la turbidez del agua, se ha utilizado el Turbidity TB-44B, representado en la Figura 4.6. que ha demostrado ser la técnica más adecuada para intervalos pequeños de medición.

El proceso de medición está basado en recoger y analizar una muestra al día, tanto de los dos afluentes que llegan al sistema (decantadores y HUSB) como de los tres efluentes que salen de los humedales en las tres líneas (control, anaeróbica y batch).

El resultado final del muestreo es la recogida de una muestra diaria, cada 6 ciclos de la planta. Entendiendo cada ciclo como el tiempo de 4 horas que transcurre entre las descargas en los humedales.



**Figura 4.6 Turbidity TB-44B**

La medición de la turbidez se realiza en base a los principios del método nefelométrico, en el que un detector lumínico recoge la luz dispersa a  $90^\circ$  de las partículas, estas mediciones han demostrado ser la técnica más adecuada para intervalos pequeños de medición.

La longitud de onda a la que trabaja el TB-44B es de 525 nm y su fiabilidad aumenta cuando las concentraciones de SST son bajas.

El rango de trabajo se sitúa entre los 0 y 100 UNT.



**Figura 4.7 Turbidity TB-44B en la planta**

## 4.2.2 Concentración de Amonio

La determinación en continuo del amonio es determinante ya que este parámetro está relacionado con los niveles de  $O_2$ , siendo variables en cuanto si se está realizando la nitrificación o la desnitrificación.

Para la medición de la concentración de amonio en continuo, en la planta piloto se instaló un Amonia Analyzer AI-NH3 de DGIMED.



Figura 4.8 Amonia Analyzer en la planta

Este sistema utiliza una membrana hidrófoba permeable al gas, para separar la solución de muestra de una solución interna del electrodo de cloruro de amonio.

El amoniaco disuelto  $NH_3$  (ac) y  $NH_4^+$  se convierte en  $NH_3$  (ac) elevando el pH, con una base fuerte, por encima de 11.

El nivel fijo de cloruro en la solución interna se detecta por un electrodo selectivo de ión de cloruro que sirve de electrodo de referencia.

El proceso de medición para el Amonia Analyzer es como en el caso de la turbidez, el equipo recoge una muestra diaria de cada uno de los cinco puntos de muestreo, los dos afluentes y los tres efluentes de los humedales.

El rango de trabajo se sitúa entre los 0 y 100 ppm, requiriendo unos 4 minutos para el 100% de la lectura.

### 4.2.3 Potencial Redox

El potencial Redox es una medida de la actividad de los electrones. Está relacionado con el pH y con el contenido de oxígeno. Es análogo al pH ya que el pH mide la actividad de protones.

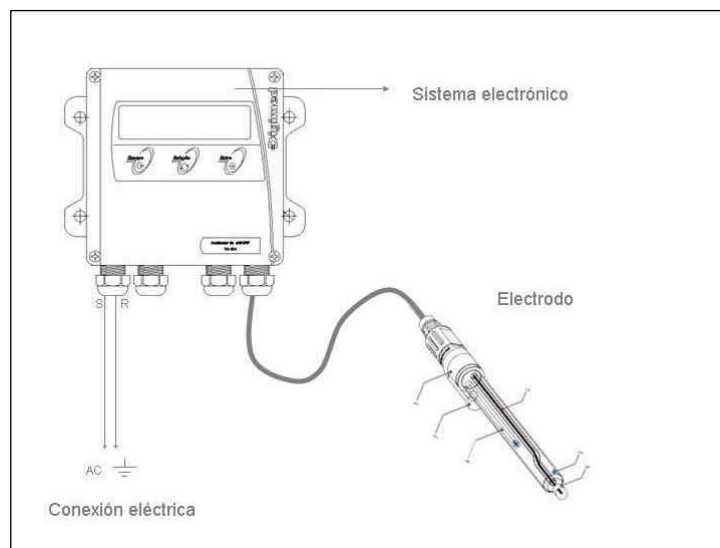
El potencial Redox se calcula como:

$Eh = 1,234 - 0,085 \text{ pH} + 0,0145 \log(10) P_o$  , donde  $P_o$  es la presión parcial de oxígeno expresada en atmósferas.

En las aguas, si el oxígeno está en equilibrio con el atmosférico y el pH es de 7, el valor del potencial redox es de +0,86 m-v a 0°C y de +0,80 a 25°C.

En los potenciales oxidantes la materia tiende a oxidarse y descomponerse, y en potenciales reductores la materia tiende a reducirse. El potencial es positivo en la zona oxidada y negativo en la zona reducida o de sulfuro.

Para analizar la medición del potencial Redox se utiliza el pH and ORP Analyzer TH-404. El electrodo utilizado puede trabajar bajo cualquier pH. No obstante, la integridad del sistema de medición del electrodo puede verse afectada al superar los 100°C.



**Figura 4.9 pH and ORP Analyzer TH-404.**

El diafragma poroso que permite el contacto entre las soluciones es de cerámica y el electrodo utiliza un sistema de referencia de Ag/AgCl + barrera iónica.

Debido a que los valores más interesantes del potencial redox se encuentran en los efluentes de cada uno de los sistemas, hay instalado un módulo de análisis con su correspondiente electrodo a la salida de cada uno de los tres humedales construidos.

En el caso del potencial Redox es diferente en cuanto al proceso de medición, para este parámetro se estableció una recogida de datos totalmente en continuo, guardando el sistema un dato cada 10 segundos por cada uno de los tres efluentes.

Este hecho conlleva un volumen de información muy elevado, lo que comporta un inconveniente a la hora de realizar el tratamiento de datos.



Figura 4.10 pH and ORP Analyzer TH-404 en planta.

### ***4.3 Mantenimiento de la planta y los sistemas de medición.***

Como cualquier planta de depuración de aguas residuales, esta planta piloto en la que se han realizado los estudios para la presente tesina, requería de un mantenimiento y una limpieza de los sistemas de medición para asegurar la correcta toma de datos.

Una de las grandes ventajas de las plantas de humedales construidos es su bajo coste en mantenimiento, punto por el que igualmente la necesidad de mantenimiento de la planta piloto era muy pequeña, incrementándose en este caso por el hecho de la recogida de datos en continuo, ya que esto comporta un incremento en la necesidad de limpieza y mantenimiento de los sistemas de medición.

Para llevar a cabo el mantenimiento de la planta, únicamente es necesario estar atento a mantener desatascados los orificios de salida en los sistemas de repartición de los humedales y en invierno cortar los cañizos cuando se hubieran secado.

El mantenimiento del sistema de medición requiere un poco más de dedicación debido a la necesidad de mantener en todo momento la limpieza de los aparatos. Es necesario asegurar la limpieza de los sistemas de medición para obtener unos valores inalterados.

La sistemática que se siguió durante todo el periodo de recogida de datos fue una limpieza diaria del amonia Analyzer, y limpieza semanal del Turbidity y de los electrodos.

Para la limpieza diaria del Amonia Analyzer se realizaban los siguientes pasos:

- Limpieza de la cubeta receptora de entrada de muestras con agua.
- Extracción del agua de la cubeta.
- Introducción de una solución de HCl 1M.
- Encendido el equipo y dejar que este realice uno o dos ciclos con la solución dentro de la cubeta.
- Aclarado de la cubeta receptora mediante la entrada de agua limpia.
- Dejar que el equipo realice varios ciclos con agua de red, eliminando así los restos de HCl.
- Comprobación de que la limpieza ha sido efectiva.
- Comprobación de las conducciones, para detectar posibles obturaciones.
- En el caso de encontrar obturaciones, eliminarlas mediante agua a presión (jeringuilla).

En la limpieza semanal de los electrodos de lectura del potencial Redox se realizaba un baño del electrodo con una solución HCl 1M, que luego era aclarado con abundante agua. Este proceso se repetía para cada uno de los tres electrodos en funcionamiento.

Para la limpieza semanal del Turbidity para mantener en buen estado el aparato, se realizaban los siguientes pasos:

- Desenroscar la parte interior de la cubeta.
- Realizar una limpieza con abundante agua. Raspar si es necesario.
- Limpiar las lentes del diodo luminoso y del detector con cuidado. Si es necesario, utilizar una esponja suave y húmeda.
- Montar nuevamente la estructura.

Una revisión importante a realizar periódicamente es en el tanque de agua limpia, que sirve para la limpieza de los sistemas de medición, el tanque nunca debe estar vacío, ya que si esto ocurre no se limpiarían correctamente las cubetas y quedarían contaminadas las muestras.

## 4.4 Configuración de la Recogida de Datos en Continuo

Primero de todo se quiere aclarar que la recogida de datos en continuo solo es aplicable para el parámetro de potencial Redox, ya que se tiene un valor cada 10 segundos. Los otros dos parámetros analizados, la turbidez y el amonio son datos tomados en semicontinuo, ya que de estos parámetros se ha tomado una muestra diaria.

Para llegar a la configuración utilizada en la recogida de muestras de esta tesina, existió un trabajo laborioso de instalación de sistemas de medición y de configuración de los muestreos recogidos en estudios anteriores, y que fueron objeto de otro trabajo de Lara, (2008).

Aquí se va a hacer una pincelada a los problemas que surgieron a la hora de realizar estos trabajos previos, en la prueba de diferentes configuraciones hasta dar con la adecuada, con la finalidad de comprender el porqué de la configuración final.

En un primer momento las personas encargadas de instalar los sistemas de medición creyeron que lo más interesante sería tener una muestra en cada ciclo de carga, tanto de efluentes como de los afluentes a los humedales, pero rápidamente se dieron cuenta que con esta configuración se realizaba un consumo excesivo de muestras, hecho que quedaba reflejado en los caudales que se recogían a la salida, llegando en algún caso y coincidiendo con periodos cálidos (donde existe una mayor evapotranspiración) a ser nulos, de forma que en ocasiones se había tenido que hacer un aporte extra de caudal a los humedales.

Si lo miramos por parámetros estudiados las secuencias para llegar a la configuración final se sucedieron tal que:

Potencial Redox: inicialmente se probó realizar una única lectura de unos 32 minutos en el momento que los humedales de alta carga descargaban sobre los de baja carga de manera que estos últimos evacuaban las aguas ya tratadas y se recogía muestra de los efluentes. Pero debido al funcionamiento especial de descargas que tiene la línea Batch y de conocer como varía en el tiempo el potencial redox de los humedales se creyó oportuno hacer una lectura en continuo, tomando finalmente valores cada 10 segundos.

Turbiedad: inicialmente se probó de realizar una lectura de los cinco puntos de control en cada ciclo, de manera que tras una limpieza inicial de la cubeta comenzaban a pasar las muestras siguiendo el orden que cursaba el agua residual. Esto implicaba que primero entraban las muestras del decantador y el reactor HUSB y después la de los efluentes, de manera que estas últimas quedaban contaminadas, al no realizarse ninguna limpieza intermedia. Tras incorporar una limpieza intermedia entre muestras y mejorarse los resultados obtenidos se decidió de invertir el orden de las muestras de tal manera que primero se recogen las muestras de los efluentes y posteriormente la de los afluentes (con mayores concentraciones).

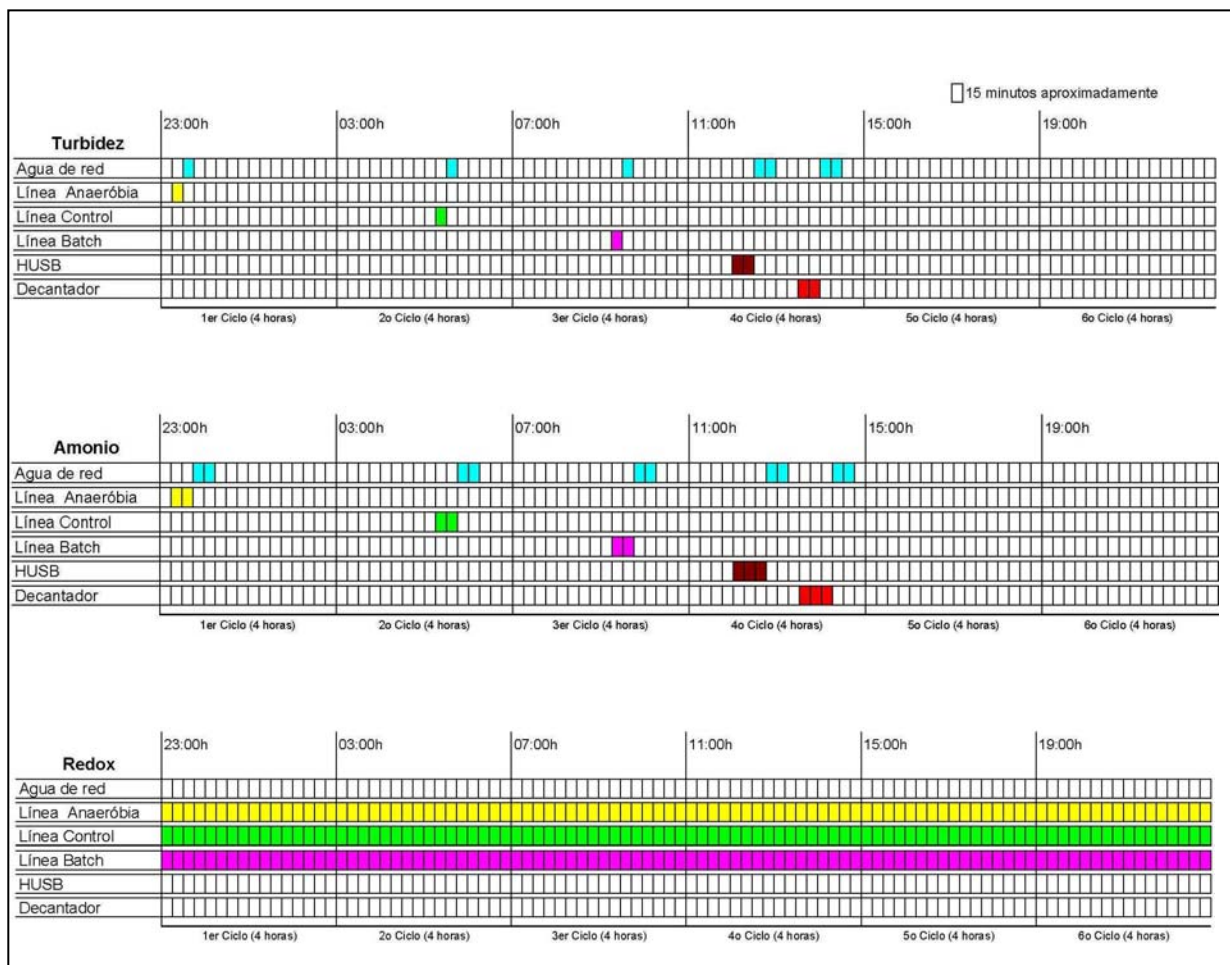


#### 4. MATERIALES Y MÉTODOS

Amonio: con la experiencia obtenida con la turbiedad se tomó la decisión de iniciar la recogida de muestras igual que ésta.

Finalmente y como ya se ha comentado, se decidió pasar de la la toma de muestras en cada ciclo a una toma de muestras diaria (cada 6 ciclos).

En la Figura 4.11 se representa gráficamente la configuración final en que se han tomado las muestras para este estudio. La recogida de la turbidez y la concentración de amonio se hacia en paralelo en el mismo momento (todo y que la muestra que pasaba por el Amonia Analyzer se bombeaba durante más tiempo debido a las necesidades del aparato) y como ya se ha comentado los valores del Redox se tomaban cada 10 segundos de cada una de las salidas de los humedales en las tres líneas.



**Figura 4.11 Configuración temporal de la recogida de muestras para cada uno de los parámetros en las tres líneas.**



### 4.4.1 Tratamiento de Datos

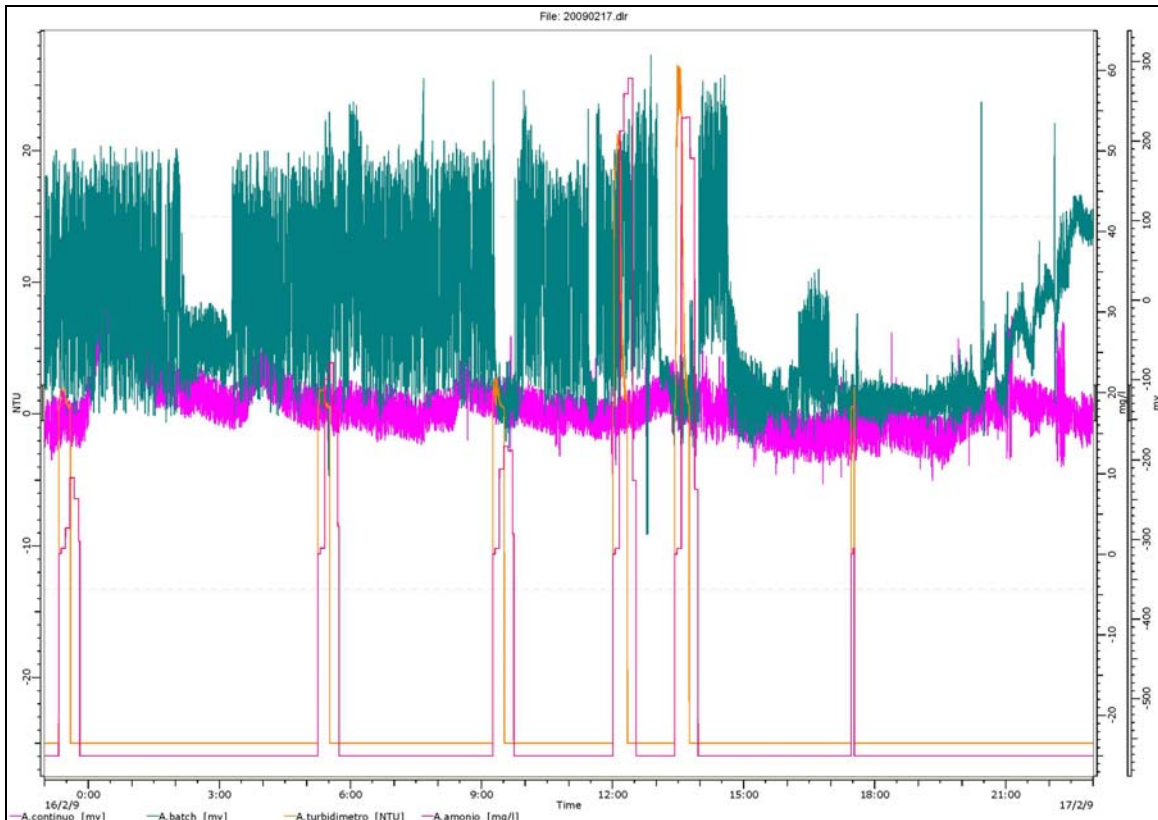
Se quiere destacar al inicio de este apartado la complejidad encontrada para realizar este tratamiento de datos, debido al volumen de información recogida diariamente, del orden de 8.000 filas de datos diarias.

Con lo explicado en el apartado anterior queda reflejada la configuración de recogida de muestras con la que se ha trabajado.

Los datos obtenidos de cada muestra son recogidos directamente en un hardware instalado en la misma azotea del edificio, junto a la planta piloto. El hardware utilizado para recoger estos datos es un Datatakler DT50. Aquí los datos son almacenados por un máximo de 30 días, una vez llena la tarjeta de memoria los datos más actuales se guardan machacando los más antiguos. Y es por esta razón que periódicamente, y mediante la conexión de este hardware a un software instalado en el ordenador, se realiza la descarga de estos datos con una periodicidad mínima semanal.

Los datos recogidos se visualizan en el programa DeWiew donde los valores quedan ordenados en forma de tabla y de gráfico, este último formato de visualización de los datos se muestra en la Figura 4.12, donde se aprecia claramente los momentos del día en que se están recogiendo las muestras. La última toma de datos que se aprecia, sobre las 17:50h corresponde al mantenimiento de la planta.

En la gráfica que se obtiene, se observan los registros del potencial redox correspondiente a la línea Control y Batch (fucsia y verde respectivamente). Se aprecia claramente la variabilidad en los valores de la línea Batch debidos a su modo de operación de llenado-vaciado del humedal. Igualmente se observa que se realizan las tres primeras tomas de muestras correspondientes a las líneas Anaeróbica, Control y Batch en las que se mide la turbidez (naranja) y el amonio (rosa). Las dos últimas lecturas antes de la limpieza corresponden al HUSB y al Decantador en las que como en el caso anterior se toman datos de la turbidez y el amonio.



**Figura 4.12** Visualización en forma de gráfico de los datos recogidos con el programa DeWiew a lo largo de un día.

Los datos recogidos no se pueden manipular debido a la incompatibilidad de formatos, de modo que el siguiente paso es realizar una exportación a formato Excel.

Una vez exportados los datos del programa de visualización DeWiew al formato Excel y debido a la cantidad de información, se hizo una selección en la que se creó un archivo Excel por cada 6 ciclos de operación (1día).

También era necesario hacer una criba con todos aquellos valores que no nos aportan información por no pertenecer a los momentos de tomas de muestras, y de esta manera trabajar con los valores que nos reflejan los objetivos que se buscan.

Para poder discriminar toda la información no válida se creó una plantilla diaria en la que se crearon dos hojas de cálculo donde:

En la primera de las hojas (Figura 4.13) se trasladaron todos los valores diarios de manera que:

- COLUMNAS: Procedencia de los datos (Redox, Turbidez o Amonio). Las distintas columnas recogen dos tipos de señales para cada sistema de medición, un listado de los datos en

unidades de señal (4-20 mA) y la correspondiente columna con unidades de interés. Las unidades de interés vendrán definidas por la configuración del sistema de medición en si.

- FILAS: Tiempo real.

Time	A.husb(mv)	A.cont(mA)	A.continuo(mv)	A.aba(mA)	A.batch(mv)	A.turb(mA)	A.turbidimetro (NTU)	A.am(mA)	A.amonio (mg/l)
20/05/2009 23:00	2,8605	12,122	214,57	16,192	468	-2,72E-05	-25	1,52E-05	-25
20/05/2009 23:00	2,8074	12,663	248,41	16,274	461,29	-2,72E-05	-25	1,92E-05	-25
20/05/2009 23:00	2,8074	12,234	221,63	16,197	469,33	-2,31E-05	-25	2,28E-05	-25
20/05/2009 23:00	2,8336	12,46	235,3	16,32	477,02	-2,72E-05	-25	1,92E-05	-25
20/05/2009 23:00	2,8887	12,758	254,41	15,587	431,22	-2,31E-05	-25	1,92E-05	-25
20/05/2009 23:01	2,8605	12,261	273,12	15,744	441,05	-2,72E-05	-25	1,92E-05	-25
20/05/2009 23:01	2,8605	11,783	192,07	16,214	470,34	-2,72E-05	-25	2,67E-05	-25
20/05/2009 23:01	2,8336	12,594	244,18	16,099	459,03	-2,72E-05	-25	1,92E-05	-25
20/05/2009 23:01	2,8605	12,055	210,41	16,37	480,1	-2,72E-05	-25	1,92E-05	-25
20/05/2009 23:01	2,8336	11,815	195,47	16,368	480,07	-2,72E-05	-25	2,28E-05	-25
20/05/2009 23:01	2,8605	13,022	270,89	16,024	458,5	-1,58E-05	-25	1,92E-05	-25
20/05/2009 23:02	2,8605	12,336	228,01	15,851	447,66	-1,95E-05	-25	1,92E-05	-25
20/05/2009 23:02	2,8605	12,09	188,91	16,214	470,34	-1,95E-05	-25	1,92E-05	-25
20/05/2009 23:02	2,8336	12,983	268,44	16,299	475,67	-1,95E-05	-25	2,67E-05	-25
20/05/2009 23:02	2,8605	13,144	278,52	15,584	431,02	-2,31E-05	-25	1,92E-05	-25
20/05/2009 23:02	2,8605	12,247	222,43	15,989	456,28	-2,72E-05	-25	2,28E-05	-25
20/05/2009 23:02	2,8605	12,767	254,98	16,093	462,82	-1,95E-05	-25	1,52E-05	-25
20/05/2009 23:03	2,8605	12,755	254,21	16,4	482	-2,72E-05	-25	1,92E-05	-25
20/05/2009 23:03	2,8605	12,159	216,95	15,805	444,77	-2,72E-05	-25	1,92E-05	-25

Figura 4.13 Plantilla diaria creada para el tratamiento de los datos, hoja de cálculo con todos los valores diarios recogidos en un día.

En la segunda hoja de cálculo (Figura 4.14) se realizan las medias de los datos diarios junto con su desviación estándar.

Turbidez		Desviación E.		H (anaeróbio)	H (control)	H (batch)	HUSB	Dec.
H (anaeróbio)	1,239	0,454		1,239	0,837	0,630	18,910	31,230
H (control)	0,837	0,100						
H (batch)	0,630	0,045						
HUSB	18,910	3,224						
Decantador	31,230	14,26						

Amonio		Desviación E.		H (anaeróbio)	H (control)	H (batch)	HUSB	Dec.
H (anaeróbio)	0,106	0,038		0,106	0,238	0,157	72,539	1,548
H (control)	0,238	0,069						
H (batch)	0,157	0,035						
HUSB	72,539	1,193						
Decantador	1,548	0,041						

Ciclo	(Humedal del HUSB)		(Humedal continuo)		(Humedal Batch)	
	mV	Desviación Est.	mV	Desviación Est.	mV	Desviación Est.
1	6,677	0,172	247,336	28,748	453,827	13,064
2	10,154	0,066	211,800	29,741	447,011	14,891
3	14,204	0,265	207,844	29,343	486,618	72,375
4	17,032	0,884	241,288	37,971	232,903	169,758
5	21,503	0,141	226,977	12,897	-86,469	97,593
6	23,346	0,067	222,464	25,282	440,524	12,184

Figura 4.14 Plantilla diaria creada para el tratamiento de los datos, hoja de cálculo con las medias y las desviaciones de cada valor diario obtenido.

#### 4. MATERIALES Y MÉTODOS

Finalmente y para cada uno de los meses se creó una segunda plantilla mensual donde quedaban asociados todas las medias y desviaciones diarias, de manera que conseguimos un archivo excl. para cada mes estudiado, a partir del cual ya se pudo trabajar con mayor facilidad.

En las Figuras 4.15 y 4.16 queda reflejado un ejemplo del archivo mensual. En él se encuentran dos hojas de cálculo, una primera en que se muestra el resumen mensual de datos de la turbidez y el amonio y un segunda hoja de cálculo donde se muestran la recopilación de los datos de un mes del potencial redox.

		Turbidez						Amonio					
	Día	H (batch)	H (cont.)	H (HUSB)	HUSB	Dec.	H (batch)	H (cont.)	H (HUSB)	HUSB	Dec.		
01/05/2009	Viernes	0,846	0,950	0,815	16,949	13,055	-0,014	0,001	-0,019	47,090	-0,032		
02/05/2009	Sábado	0,975	0,763	0,734	38,861	21,084	0,003	-0,008	-0,029	37,855	1,950		
03/05/2009	Domingo	1,083	0,988	0,901	10,389	10,845	0,195	0,153	0,178	46,091	0,978		
04/05/2009	Lunes	1,128	1,996	1,432	10,109	28,141	0,239	0,242	0,182	50,922	1,283		
05/05/2009	Martes	1,004	0,310	1,068	13,426	18,375	0,241	0,722	0,304	66,952	1,514		
06/05/2009	Miércoles	1,097	0,280	0,402	29,896	32,624	0,258	2,294	0,255	70,101	1,306		
07/05/2009	Jueves	1,099	0,951	1,589	23,736	34,895	0,316	0,249	0,201	60,402	1,740		
08/05/2009	Viernes	1,066	2,178	1,716	21,377	34,813	0,271	0,604	0,513	53,983	1,002		
09/05/2009	Sábado	1,052	1,566	1,003	24,207	38,833	0,392	0,724	0,604	54,715	0,959		
10/05/2009	Domingo	1,040	1,274	1,569	17,965	28,655	0,496	0,465	0,253	53,364	0,937		
11/05/2009	Lunes	1,011	1,100	1,208	29,040	39,868	0,393	0,321	0,307	57,636	1,059		
12/05/2009	Martes	1,013	1,032	1,192	22,275	37,454	0,480	0,304	0,232	62,937	1,139		
13/05/2009	Miércoles	1,045	1,148	1,493	19,382	31,018	0,283	0,264	0,038	49,882	1,288		
14/05/2009	Jueves	0,995	0,991	1,364	21,901	50,495	0,272	0,300	0,266	72,526	1,788		
15/05/2009	Viernes	1,791	1,238	1,706	19,994	31,984	1,714	0,596	0,593	64,079	1,351		
16/05/2009	Sábado	0,945	1,110	1,600	20,252	33,201	0,655	0,795	0,413	53,498	1,145		
17/05/2009	Domingo	1,168	1,196	0,602	16,188	18,721	0,349	0,480	0,272	57,571	1,175		
18/05/2009	Lunes	0,987	0,904	0,310	14,110	19,922	0,333	0,419	0,413	65,190	1,387		
19/05/2009	Martes	1,174	0,369	0,347	17,953	0,269	-0,012	0,238	0,120	63,563	1,405		
20/05/2009	Miércoles	1,299	0,893	0,289	21,496	41,552	0,300	0,284	0,367	72,247	1,384		
21/05/2009	Jueves	1,299	0,937	0,630	18,910	31,230	0,106	0,298	0,157	72,539	1,548		
22/05/2009	Viernes	1,521	4,132	0,304	13,320	56,485	0,292	0,395	0,490	67,640	1,896		
23/05/2009	Sábado	1,647	2,177	3,312	27,061	48,059	-0,020	0,246	0,153	75,526	1,589		
24/05/2009	Domingo	1,489	2,554	3,532	16,334	33,292	0,268	0,331	0,192	47,603	1,564		
25/05/2009	Lunes	1,335	2,028	3,019	16,430	36,538	0,249	0,291	0,261	52,570	1,708		
26/05/2009	Martes	1,308	1,811	2,354	21,350	59,322	0,253	0,296	0,174	50,070	1,316		
27/05/2009	Miércoles	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!		
28/05/2009	Jueves	1,260	4,041	2,310	22,849	40,853	0,677	0,675	0,664	0,656	0,660		
29/05/2009	Viernes	1,379	1,725	2,136	13,247	26,514	0,686	0,697	0,667	0,660	0,664		
30/05/2009	Sábado	1,456	1,668	2,415	33,991	50,100	0,682	0,694	0,666	0,659	0,648		
31/05/2009	Domingo	2,627	1,225	2,002	18,856	31,052	0,681	0,682	0,664	0,656	0,653		

Figura 4.15 Plantilla mensual donde se observa el resumen de datos diarios recopilados en un mes de estudio de los parámetros Turbidez y Amonio (este caso es el ejemplo del mes de mayo de 2009).

		REDOX		
C	Dia	H (HUSB)	H (cont.)	H (batch)
8	1	-253,037	-57,262	204,489
9	2	-238,064	182,890	249,758
10	3	-278,447	246,769	250,316
11	4	-268,339	261,124	253,703
12	5	-238,800	239,179	276,742
13	6	-218,960	285,799	333,251
14	1	-204,690	319,745	288,181
15	2	-191,700	276,060	270,262
16	3	721,745	174,694	286,784
17	4	719,840	129,200	336,190
18	5	718,880	76,943	57,816
19	6	721,352	94,234	272,684
20	1	704,498	67,697	264,727
21	2	650,899	33,991	271,233
22	3	612,154	-44,697	292,438
23	4	569,377	-90,217	329,476
24	5	484,448	51,990	-38,040
25	6	405,569	-26,262	363,949
26	1	375,734	-88,735	142,974
27	2	381,854	-102,505	120,099
28	3	332,032	-105,511	86,368
29	4	310,950	-96,460	62,322
30	5	270,340	29,564	-93,159
31	6	242,525	-102,518	43,747
32	1	226,310	-115,638	19,100
33	2	213,183	-116,675	-3,880
34	3	205,269	100,178	-11,287
35	4	196,707	26,459	-14,831
36	5	177,948	172,856	-293,097
37	6	161,972	-23,533	336,491
38	1	153,959	-57,445	143,096
39	2	147,104	-104,161	89,468
40	3	142,557	-116,912	63,246
41	4	136,501	-40,825	148,286
42	5	120,080	121,110	230,652
43	6	105,043	-67,090	422,268
44	1	99,398	-77,930	419,921
45	2	95,106	-81,401	363,506

Figura 4.16 Plantilla mensual del resumen de datos diarios (1 valor por ciclo) recopilados en un mes de estudio del potencial redox (este caso el ejemplo es del mes de mayo de 2009).

#### 4.4.2 Obtención de Datos en Laboratorio

Paralelamente a este estudio de recogida de datos en continuo se desarrollaba un estudio por parte del Departamento de Ingeniería Ambiental de la Universidad Politécnica de Catalunya en el que se realizaba una recogida de muestras semanales, tanto del efluente del pretratamiento como de los tratamientos primarios (decantación y HUSB). También para cada uno de los efluentes de las tres líneas, de las que se analizaban los siguientes parámetros:

- Temperatura de los humedales.
- pH
- Potencial Redox
- Turbidez
- Nitritos y Nitratos
- Nitrógeno Total
- Amonio
- Sulfatos

- DQO
- DBO
- Sólidos Totales
- Fósforo Total y Soluble

Estos datos no han sido recogidos específicamente para esta tesina, pero han servido de apoyo para el estudio y para las discusiones.

Los resultados obtenidos en todos estos muestreos fueron facilitados por el Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la Universidad Politécnica de Catalunya.

### **4.4.3 Obtención de Datos Complementarios**

Existen otros datos muy relevantes para poder comprender el funcionamiento de los humedales y de los cuales son dependientes los mecanismos de eliminación de los contaminantes como es un claro ejemplo la temperatura, de la cual depende la solubilidad del oxígeno en el agua o la actividad microbiológica.

Mediante la colaboración del “Servei Meteorològic de Catalunya” se han recibido los datos de temperaturas, incluyendo máximas, mínimas y medias diarias, así como los valores de pluviometría registrados en una de las estaciones meteorológicas automáticas incluidas en la red EMA situada en la Zona Universitaria.

En el Anejo 2 se presentan la ficha de la estación meteorológica así como las gráficas de temperaturas y de lluvias registradas en el periodo de estudio comprendido entre el 01 de julio de 2008 y 31 de julio de 2009.

## **4.5 Tratamiento Estadístico de los Datos**

Dado el carácter del estudio que pretende hallar el cambio entre el funcionamiento de dos a dos tratamientos, es fundamental conocer si las diferencias existentes son consecuencia de la dispersión natural en los valores analizados o son diferencias significativas de un cambio real en el funcionamiento de lo estudiado.

Con este fin se realizan inicialmente los siguientes pasos para cada parámetro analizado:

- Se definen el número de valores que se utilizaran para hallar los estadísticos que se utilizaran como valor válido diario de los parámetros.

Una vez obtenidos los valores diarios de los parámetros que compondrán las muestras se realizaron los siguientes pasos:

- Hallar los estadísticos de las muestras.
- Realizar un test ANOVA para decidir si las diferencias entre las medias entre las diferentes líneas y tratamientos aplicados al agua son significativos o no.

### 4.5.1 Estadísticos

Para los parámetros de calidad del agua estudiados a lo largo del periodo se hallan los estadísticos media y desviación estándar, así como el máximo y el mínimo de cada muestra.

$$\text{Media de una muestra: } \bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_N}{N} = \frac{\sum_{j=1}^N X_j}{N} \quad (\text{ec. 4.1})$$

$$\text{Desviación estándar de una muestra: } s = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^N (X_j - \bar{X})^2}{N - 1}} \quad (\text{ec. 4.2})$$

### 4.5.2 Test ANOVA

Los modelos factoriales de análisis de varianza sirven para evaluar el efecto individual y conjunto de dos o más factores sobre una variable dependiente cuantitativa.

Este análisis nos permite estudiar si los parámetros estudiados que serán las variables dependientes, son diferentes en cada una de las tres líneas (efecto del primer factor) y en los distintos momentos de tiempo (efecto del segundo factor).

Utilizar más de un factor como pueden ser los tres tratamientos en un mismo diseño posee la ventaja de poder estudiar el efecto de la interacción entre los factores.

Para el caso estudiado se han hecho los análisis para las variables dependientes Turbidez, Amonio y Potencial Redox tanto a la salida de los tratamientos primarios como a la salida de los humedales de las tres líneas.

Para el tratamiento estadístico de los datos se han diferenciado dos estudios. En el primero de ellos los factores fijos son: 1) los dos tratamientos primarios (HUSB y Decantación) para estudiar las igualdades o diferencias entre los efluentes del tratamiento primario que

equivale a las aguas que entran en los humedales y 2) el tiempo diferenciando entre el segundo semestre del 2008 (con el HUSB operando a 3h) y el primer semestre del 2009 (con el HUSB operando a 5h).

En el segundo estudio se han comparado las diferencias entre los tres parámetros de referencia en función de las tres líneas de tratamiento para lo que en este caso se implantaron como factores las tres líneas (Control, Batch y Anaeróbica) y los días de tratamiento.

Con la inclusión del tiempo como factor fijo se busca aceptar o rechazar la hipótesis de que los parámetros estudiados dependen también del tiempo.



## 5. RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos tras el tratamiento de los datos recogidos durante el periodo de un año en la planta piloto de humedales construidos de flujo subsuperficial horizontal. El periodo de tiempo en el que se ha realizado este estudio es el comprendido entre el 01 de Julio de 2008 al 31 de Julio de 2009, con dos periodos diferenciados de estudio (para los afluentes): el segundo semestre de 2008, en el que el reactor HUSB operó con un tiempo de retención hidráulico (TRH) de 3 horas; y el primer semestre de 2009, en el que el TRH fue de 5 horas.

La planta piloto de humedales construidos inició su funcionamiento en Febrero del 2007, con lo que al inicio del periodo estudiado la planta llevaba operando más de un año, y los macrófitos ya habían ocupado la totalidad del área de los humedales. Se puede decir que el sistema de humedales estaba suficientemente maduro durante el periodo de estudio.

De cara a interpretar los gráficos, en las leyendas donde aparece Decantador corresponde con la salida de este tratamiento primario, que a su vez es el afluente de las líneas Control y Batch. De la misma manera la leyenda HUSB corresponde a la salida del reactor hidrolítico de flujo ascendente HUSB (que a su vez es el afluente de la línea anaeróbica).

### 5.1 *Turbidez*

Se entiende por turbidez la falta de transparencia de un líquido, debido a la presencia de partículas en suspensión. Cuantos más sólidos en suspensión haya en el agua, mayor será la turbidez. La turbidez es considerada una buena medida de la calidad del agua, cuanto más turbia, menor será su calidad.

Los valores medios de la turbidez a la salida del decantador fueron de  $32 \pm 14$  UNT y  $32 \pm 12$  UNT durante el segundo semestre de 2008 y el primer semestre de 2009 respectivamente (Figura 5.1). A la salida del reactor HUSB se obtuvieron valores estadísticamente iguales ( $p=0,743$ ) al decantador durante el segundo semestre de 2008 ( $30 \pm 12$  UNT), mientras que en el primer semestre de 2009 la turbidez a la salida del HUSB era un 28% menor ( $p=0.000$ ) respecto a la del decantador (con valores de  $23 \pm 8$  UNT).

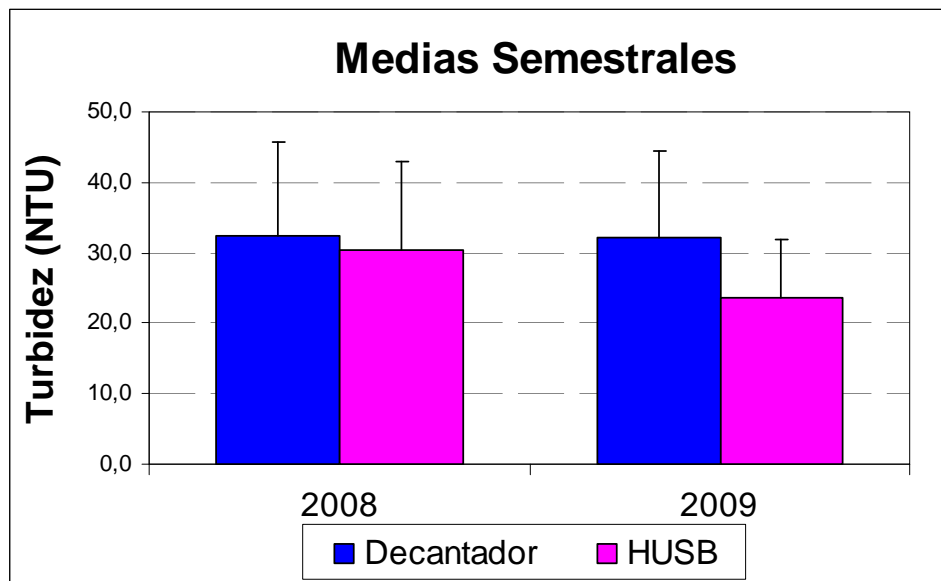


Figura 5.1. Medias semestrales de los afluentes de entrada a los humedales.

En la Figura 5.2 se muestran las medias mensuales de la turbidez de los efluentes de los tratamientos primarios, en el que no se constatan en ninguno de los dos tratamientos primarios evidencias claras de una estacionalidad en la turbidez ( $p=0,532$ ). Si que se aprecia una bajada en la concentración durante los meses de agosto y septiembre que se recupera inmediatamente durante el mes de octubre, volviendo a reducirse de nuevo en el mes de febrero.

Los datos diarios de turbidez reflejan grandes fluctuaciones a la salida del tratamiento primario correspondiente a la decantación simple, que corresponde a los afluentes de los humedales de las líneas Control y Batch. Se obtienen valores máximos de 68 UNT y mínimos de 10 UNT.

Para los valores obtenidos en el tratamiento primario constituido por el reactor HUSB también se observa esta variabilidad de la turbidez, llegando los valores máximos hasta los 67 UNT y los menores a 10 UNT.

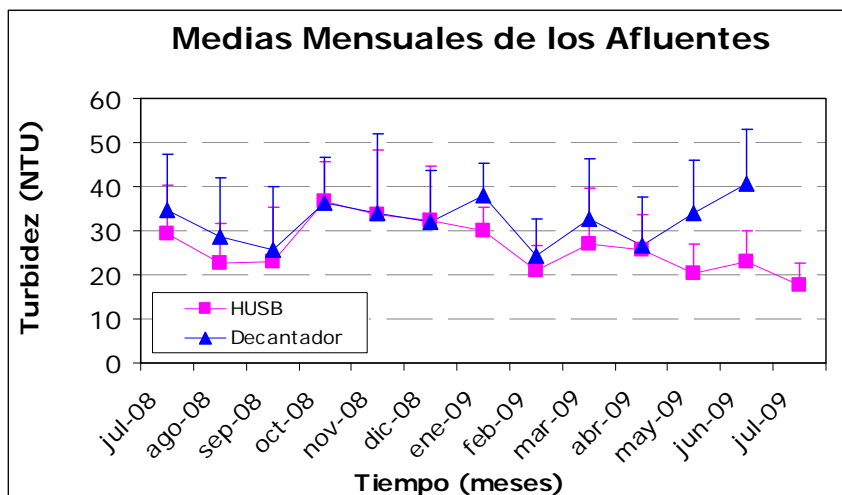


Figura 5.2. Medias mensuales de la turbidez a la salida de los tratamientos primarios, correspondiente con los afluentes de entrada a los humedales.

La variación diaria de los afluentes se aprecia en la Figura 5.3 donde se observan variaciones a la entrada de los humedales que van desde 10 a 55 UNT en las líneas Control y Batch y de 10 a 45 UNT en la línea Anaeróbica. Puede observarse también una reducción del 50% en fines de semana y de hasta un 75 % en La Diada de Cataluña.

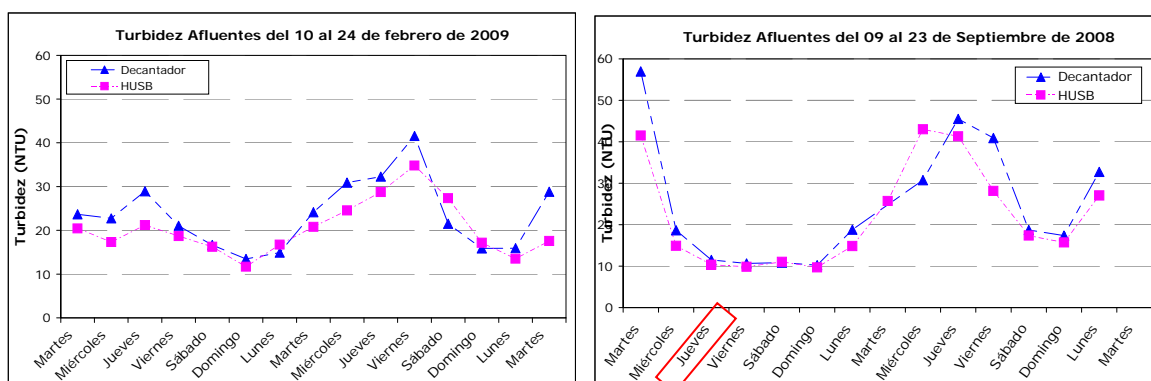


Figura 5.3. Turbidez diaria de los afluentes a la entrada de los humedales.

En cuanto al funcionamiento de los humedales de las tres líneas de tratamiento, los valores de turbidez a la salida de las tres líneas se mantienen prácticamente constantes a lo largo del año, variando entre valores de 0,1-6 UNT (Figura 5.4). No se observan diferencias entre las salidas de las líneas Control y Anaeróbica ( $p=0,386$ ) pero si se observan entre la línea Batch con las otras dos, con  $p=0,021$  y  $p=0,000$  para la Control y Anaeróbica respectivamente (siendo los valores de la línea Batch los más bajos de las tres).

El rendimiento en las tres líneas se mantiene por encima del 90 % durante prácticamente todos los meses. En la Tabla A.1.2 del Anejo 1 se presentan los porcentajes de eliminación de la turbidez en las tres líneas estudiadas.

En la línea Control se han obtenido rendimientos de eliminación de la turbidez que van del 89% al 98%. En la línea Batch se obtuvieron rendimientos desde un 86% hasta un 98%. Y en la línea anaeróbica el porcentaje de eliminación se sitúa en todos los meses del año por encima del 90 %.

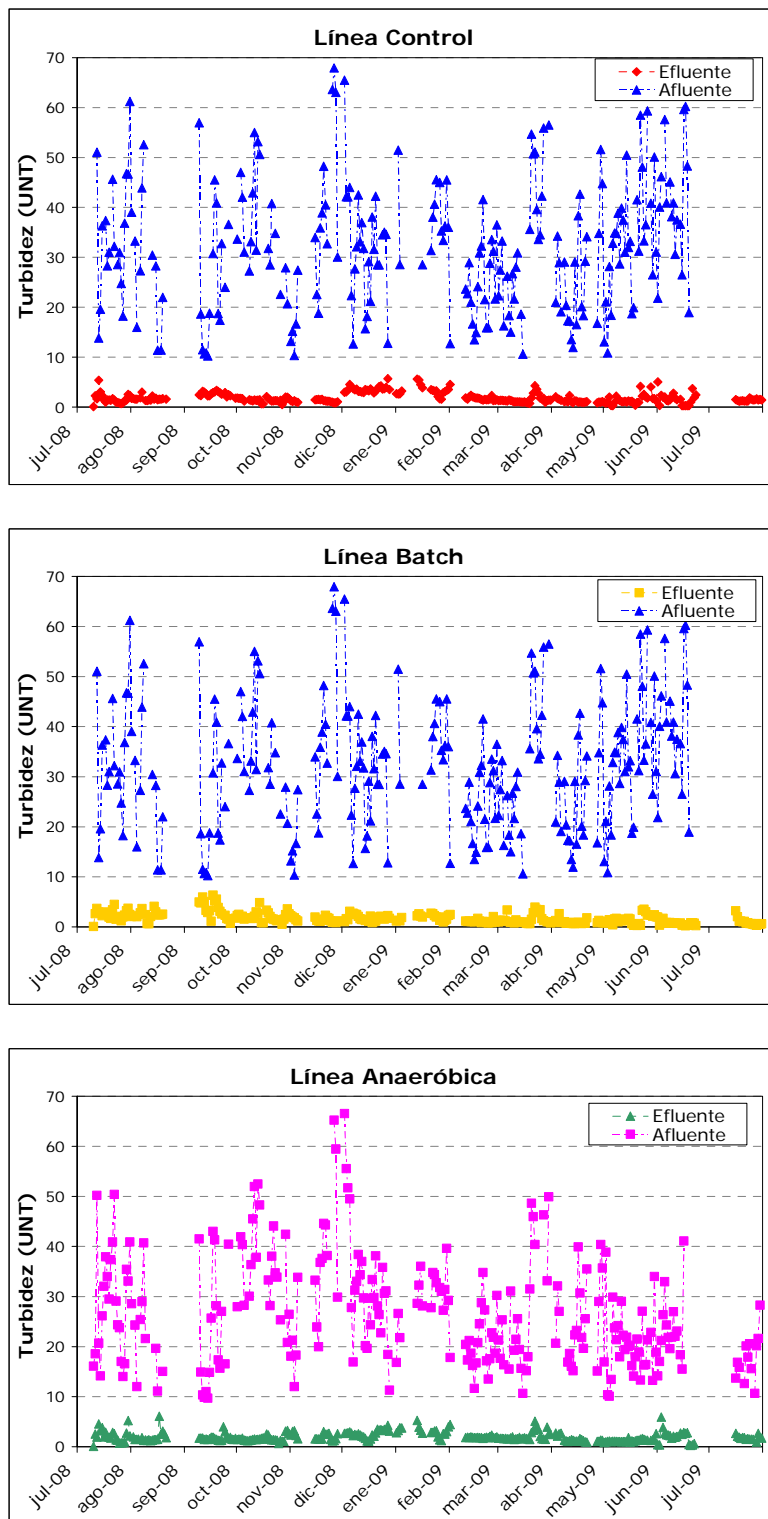


Figura 5.4. Representación de rendimientos de eliminación de la turbidez en las tres líneas.

## 5.2 Concentración de Amonio

Un elevado porcentaje del amonio presente en las aguas residuales es la consecuencia del metabolismo de las personas el cual está asociado al ciclo de la urea. Este compuesto en elevadas concentraciones es tóxico, y por eso es importante su eliminación en los sistemas de depuración de aguas.

En la Figura 5.5 se representa la media semestral de la carga de amonio en las aguas de entrada a los humedales construidos. Los valores se presentan en términos de masa con la finalidad de representar de una manera más clara la carga contaminante que reciben los humedales. Aquí podemos apreciar la diferencia entre la eficiencia de los tratamientos primarios operando durante el segundo semestre del 2008 ( $1,10\pm 0,50$  y  $1,10\pm 0,43$   $\text{g/m}^2\text{día}$  para el Decantador y el HUSB respectivamente) y el primer semestre de 2009 ( $1,06\pm 0,36$  y  $1,39\pm 0,50$   $\text{g/m}^2\text{día}$  para el Decantador y el HUSB respectivamente), cuando se modificó el tiempo de retención hidráulico de 3 a 5 horas en el reactor HUSB.

Existe una diferencia entre los valores a la salida del HUSB obtenidos el 2009 con los obtenidos el 2008 ( $p=0,000$ ). En cambio no se observan diferencias entre ambos tratamientos durante el año 2008 ( $p=0,995$ ) ni entre los resultados del decantador primario en los dos periodos ( $p=0,699$ ).

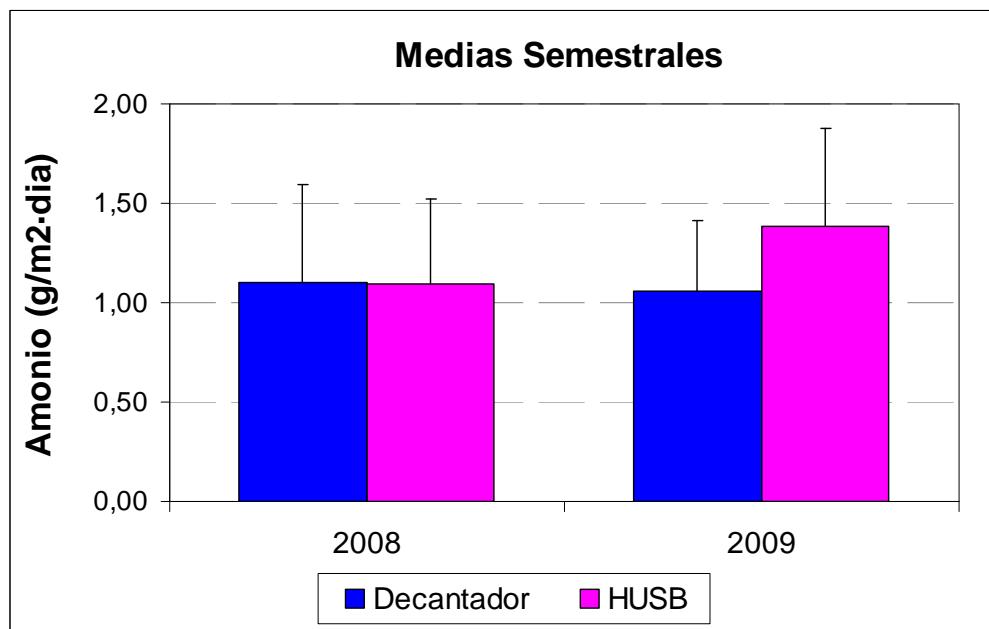


Figura 5.5. Medias semestrales en la concentración de amonio de los efluentes del tratamiento primario.

Al igual que en la turbidez, las concentraciones de amonio también presentan cierta variabilidad (Figura 5.6), con patrón temporal de la concentración en función de días laborables y festivos. Las mayores concentraciones se observan sistemáticamente en días laborables. La disminución en la concentración de amonio provocada por el fin de semana es de un 40%, si comparamos lo que le entra a los humedales un día laborable y un domingo.

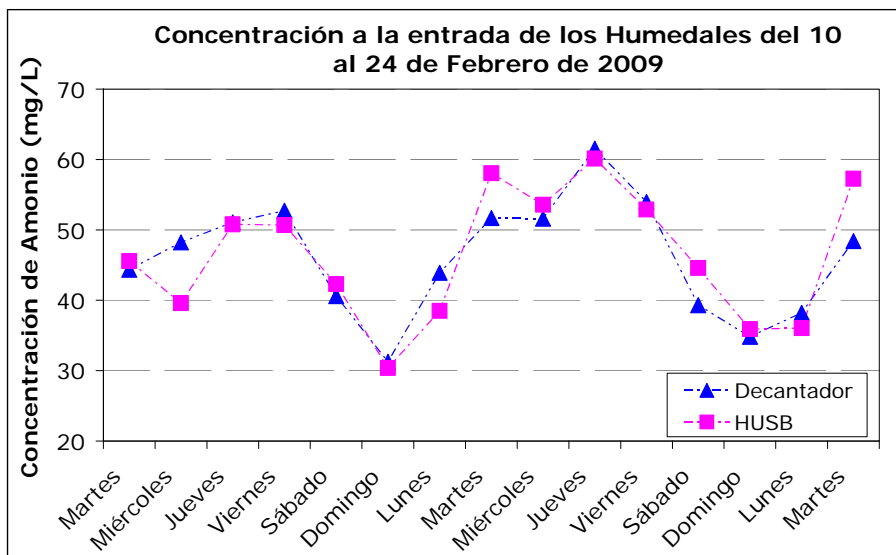


Figura 5.6. Temporalidad semanal de las concentraciones de amonio a la entrada de los humedales.

Tras el tratamiento estadístico básico de los valores diarios de las concentraciones de amonio de los afluentes a los humedales se observa que en las líneas Control y Batch la mayor carga que les entra es de 2.20 g/m<sup>2</sup>-día, mientras que la mayor carga que ha entrado en el humedal de la línea Anaeróbica es de 2.44g/m<sup>2</sup>-día.

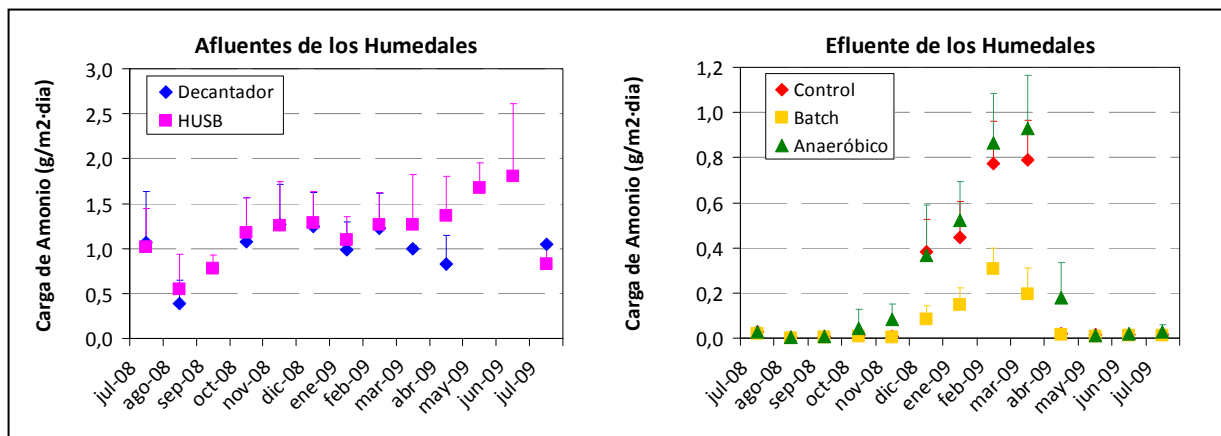


Figura 5.7. Medias mensuales de las concentraciones a la entrada y a la salida de los humedales.

A pesar de esta variabilidad en la concentración de amonio en los afluentes no se observan diferencias en función del tiempo para los datos de las concentraciones de entrada ( $p=0,532$ ), pero sí que se observan diferencias en los valores de salida de cada tratamiento

( $p=0,000$ ). En la Figura 5.7 se representan las medias mensuales de las concentraciones de amonio del afluente y efluente de cada línea de tratamiento a lo largo del periodo estudiado.

En las tres líneas se observa que las concentraciones a la salida de los humedales presentan un claro patrón estacional, y que en los meses calurosos la concentración de amonio a la salida de éstos es prácticamente nula para las tres líneas, no viéndose afectado el rendimiento en la eliminación de amonio por fluctuaciones en la entrada. En cambio, en los meses fríos se observa como fluctuaciones a la entrada de los humedales construidos, tienen consecuencias en las concentraciones de salida y por lo tanto en el rendimiento del sistema.

Los rendimientos en la eliminación del amonio durante los meses calurosos en todos los humedales de la planta se sitúan alrededor del 98% (96% - 100%), mientras que en los meses fríos el mínimo se obtiene en la línea Control con un 21%, manteniendo la línea Batch un rendimiento por encima del 75% durante todo el año.

En líneas generales se ha observado que el funcionamiento de la línea Control se puede resumir en un rendimiento en la eliminación del amonio del 100% hasta principios del mes de diciembre de 2008, rendimiento que empieza a disminuir hasta sus niveles más reducidos a finales del mes de febrero y principios de marzo de 2009, a partir de ese momento vuelve a incrementarse hasta volver a rendimientos prácticamente del 100% hacia la segunda semana del mes de abril de 2009.

En el caso de la línea Batch también se observan estas directrices pero diferidas en el tiempo, ya que el rendimiento de esta línea empieza a empeorar a finales de diciembre de 2008 y se recupera a mediados del mes de marzo de 2009, con lo que el periodo de bajo rendimiento es menor en esta línea.

Para la línea Anaeróbica ocurre que se observa también un patrón temporal, pero con una dispersión en el tiempo, aumentando el periodo en el que se observan bajos rendimientos, de manera que este humedal empieza a reducir su capacidad de eliminación del amonio a mediados de noviembre de 2008 para volver a recuperar su capacidad a finales de abril de 2009.

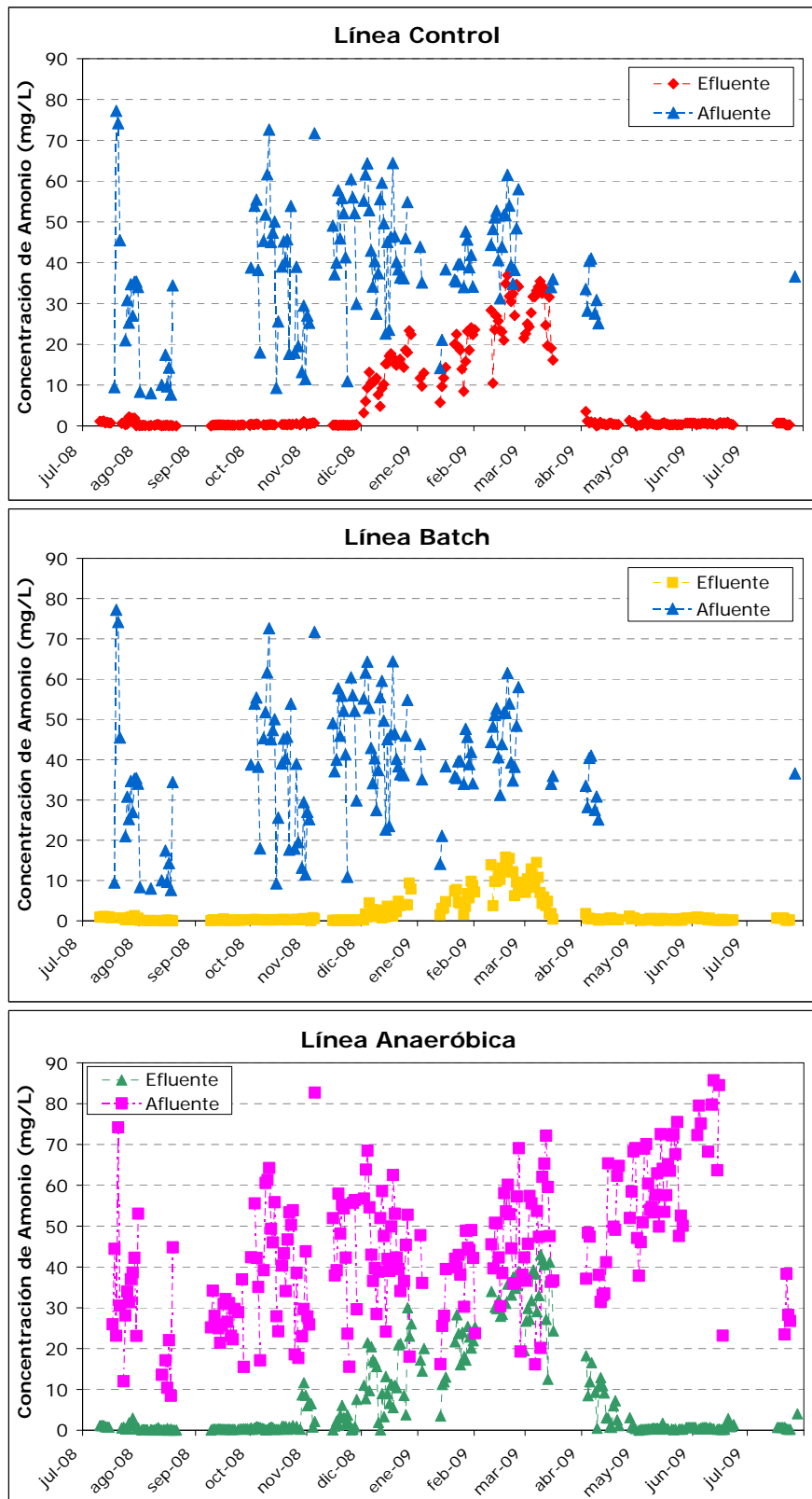


Figura 5.8. Representación del funcionamiento en la eliminación la concentración de amonio en los humedales de las tres líneas de tratamiento.



En las líneas Control y Bach se obtuvo una valle en la concentración de entrada el día 13 de enero de 2009 con un valor de 14.2 mg/L, lo que se tradujo en los valores más bajos que se registraron a la salida de los humedales en todo el invierno, 5.7 mg/L y 1.5 mg/L para la línea Control y Batch respectivamente. En el mes de febrero de 2009 se observa que el día 19 se registró una punta de entrada de 61.5 mg/L que se tradujo en la mayor concentración a la salida de todo el invierno en las líneas Control y Batch, de 36.9mg/L y 13.4 mg/L respectivamente.

En el caso de la línea Anaeróbica podemos observar este fenómeno de influencia también el día 13 de enero del 2009, en el que igualmente en la entrada de este humedal se registró la menor entrada de amonio de todo el invierno con un valor de 16,21 mg/L que se reflejó en una salida de 3.47 mg/L, de las más bajas de todo el invierno.

En la línea Control el valor mínimo alcanzado a la salida del humedal es de 0.01 mg/L y el máximo valor alcanzado es de 36.93 mg/L, para el caso de la línea Batch estos valores son de 0.0135 mg/L y de 15.8 mg/L, y si nos fijamos en la línea Anaeróbica el mínimo se sitúa en 0.0027 mg/L y el máximo en 42.99 mg/L.

En una secuencia temporal de las concentraciones de amonio a la salida de las tres líneas, representada en la Figura 5.9 se observan con más claridad las diferencias en la eliminación de amonio entre las tres líneas.

En la Figura 5.9 se aprecia con claridad las tendencias y diferencias entre las líneas. Se observa que la línea Batch es la que más se resiste a reducir sus rendimientos en los meses fríos y que una vez empieza a reducirse lo hace de manera gradual hasta un mínimo en febrero de 2009 a partir del cual, empieza otra vez a recuperar esta eficiencia de manera igualmente gradual.

En el caso de la línea Anaeróbica se aprecia que es la primera que empieza a reducir sus eficiencias de eliminación (del 16 al 30 de noviembre de 2008) hasta llegar a un mínimo en marzo de 2009 que luego recuperará más rápidamente. El mismo porcentaje de reducción en la eliminación que tarda seis meses en perder, solo tarda dos meses en recuperarlo.

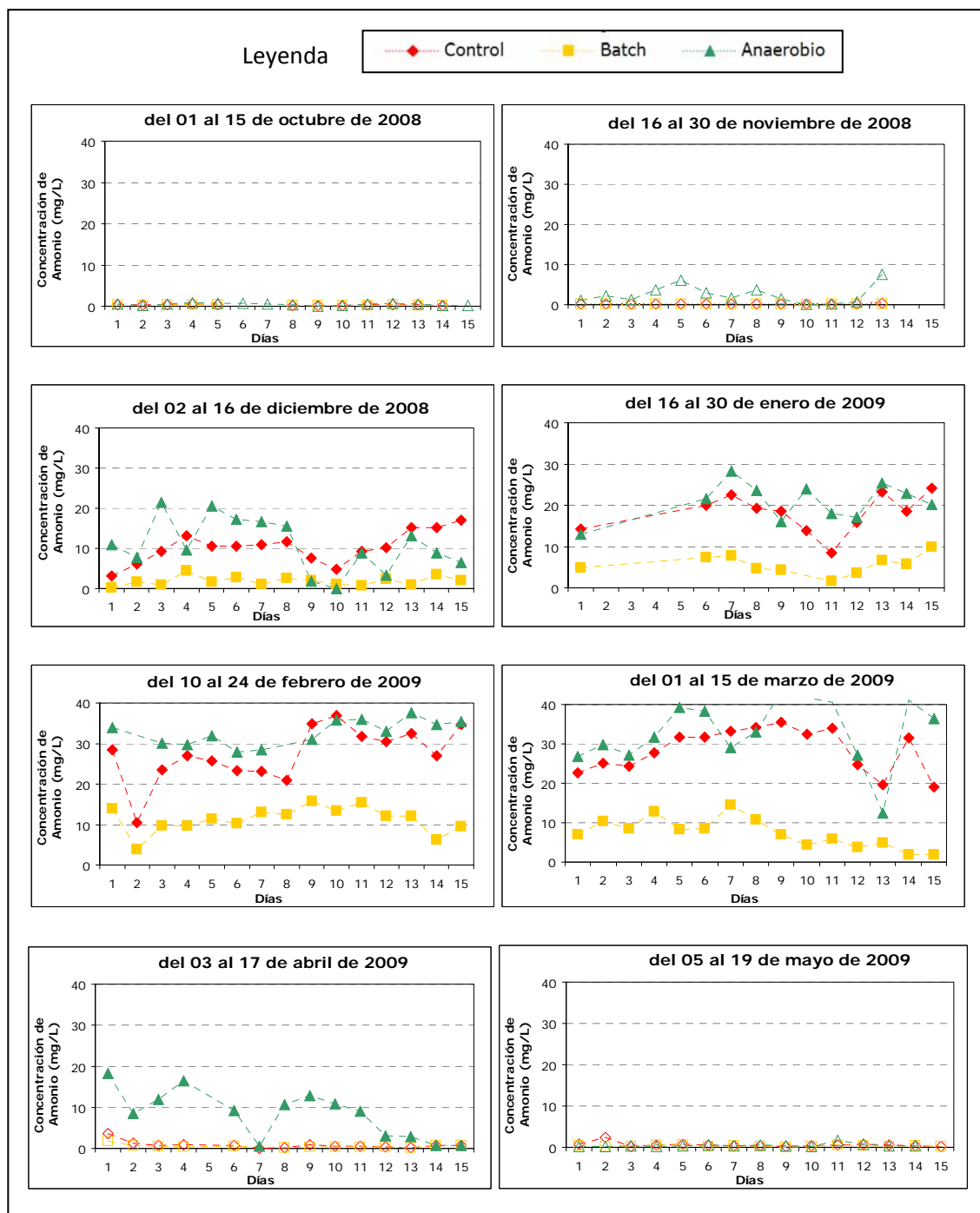


Figura 5.9. Secuencia temporal de los valores de la concentración de Amonio a la salida de los humedales de las líneas Control, Batch y Anaeróbica.

Se observa que durante la primera quincena del mes de octubre de 2008 la eliminación de amonio en las tres líneas es prácticamente del 100%. Los valores no superan los 0,7 mg/L.

En la segunda quincena del mes de noviembre de 2008 se observa como mientras en las líneas Control y Batch la eliminación de amonio continua siendo del 100%, con valores inferiores a

0,5 mg/L a la salida, en la línea Anaeróbica se empieza a iUNTir una pérdida en la eficiencia del humedal, siendo el valor medio de la concentración a la salida durante este periodo de 2,5 mg/L.

A principios de diciembre de 2008 se observa que en las tres líneas se ha perdido eficiencia, aún así se aprecia como en la línea Batch esta pérdida es mínima, siendo su valor máximo de concentración a la salida de 4.5 mg/L, mientras que en la línea Control este valor máximo se sitúa en 15 mg/L y de hasta 21 mg/L en la Anaeróbica.

En la segunda quincena del mes de enero de 2009, los humedales construidos continúan reduciendo su rendimiento de eliminación del amonio, aumentando en este caso la concentración de amonio a la salida. En este periodo el Batch sigue estando destacadamente por debajo de las otras dos líneas. La línea Control alcanza durante este periodo los valores de la Anaeróbica, situándose sobre los 20 mg/L. La línea Batch eleva sus valores de concentración de amonio a la salida hasta los 8-9 mg/L.

A lo largo del mes de febrero de 2009 los valores en la línea Batch han aumentado hasta valores cercanos a los 15 mg/L, mientras que los valores de la línea Control y Anaeróbica muestran una evolución ascendente hasta los 30 - 35 mg/L.

En la primera quincena del mes de marzo de 2009 el efluente del humedal Anaeróbico se mantiene constante, la línea Batch inicia este periodo con valores de 10-15 mg/L y se reduce progresivamente hasta llegar a valores inferiores a 2 mg/L. La línea Control se mantiene constante hasta el final del periodo, momento que se inicia una recuperación de su rendimiento.

En el periodo del 03 al 17 de abril de 2009 se refleja como las líneas Control y Batch llegan a valores a la salida de los humedales inferiores a 1 mg/L, habiendo recuperado así sus rendimientos máximos, mientras que la línea Anaeróbica todavía no elimina todo el amonio, obteniendo unos valores a la salida de 10 mg/L. Se observa la tendencia de la línea Anaeróbica de ir progresivamente a juntarse con las otras dos.

A partir de inicios del mes de mayo de 2009 todos los humedales ya han recuperado unos rendimientos de prácticamente del 100%.

### **5.3 Potencial Redox**

El Potencial Redox es un parámetro que nos sirve para saber en qué estado oxidativo se encuentran los humedales. Además, nos da una idea de la disponibilidad de oxígeno disuelto que hay en el agua. Gracias a este parámetro podemos interpretar si el sistema tiene el suficiente oxígeno requerido por las reacciones que tienen lugar en el humedal o si por el contrario, estamos en un ambiente reductor.

Debido a un fallo en el electrodo de la línea Anaeróbica solo se han obtenido datos de las líneas Control y Batch, que son las que se presentan en adelante.

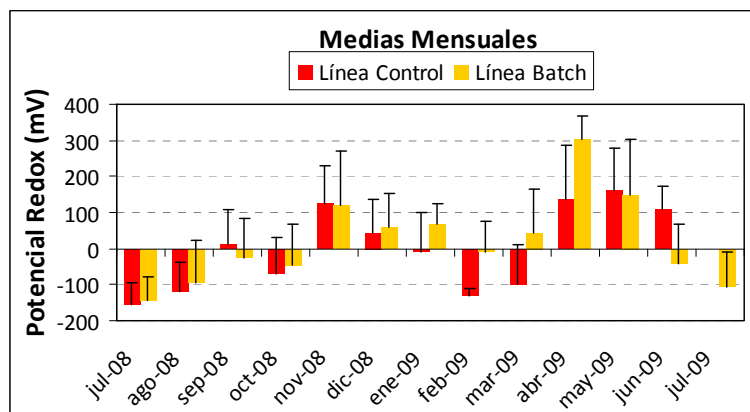
Los valores del Potencial Redox se han estado recogiendo en continuo cada 10 segundos. De los valores obtenidos durante los periodos de descarga de decantadores y HUSB (cada 4 horas) se ha calculado una media, por lo que diariamente obtenemos 6 valores de potencial redox por línea de tratamiento. A partir de esos se han calculado las consiguientes medias diarias, mensuales, y cualquier otro valor que se ha requerido para la obtención de resultados.

De las medias mensuales de potencial redox representadoas en la Figura 5.10 se observa un patrón estacional con diferencias significativas entre los valores del potencial Redox en función del tratamiento ( $p=0,000$ ) y del tiempo ( $p=0,000$ ).

Durante los meses de julio y agosto de 2008 se observan valores negativos por debajo de -100 mV. En los meses de septiembre y octubre de 2008 los valores se incrementa hasta llegar a mes noviembre de 2008, mes en que los valores del Redox se sitúan por encima de los 100 mV.

A partir de diciembre de 2008 y hasta el mes de marzo de 2009 se vuelve a reducir el potencial, de tal manera que durante este periodo la línea Batch se mantiene entorno a los 0 mV mientras que la línea Control se sitúa a -100 mV.

En abril de 2009 vuelve a incrementarse el potencial Redox llegando a valores máximos, estos valores elevados se mantienen hasta el final de periodo de estudio. Destacar los dos últimos meses del Batch, en los que se reflejan valores inferiores a 0.

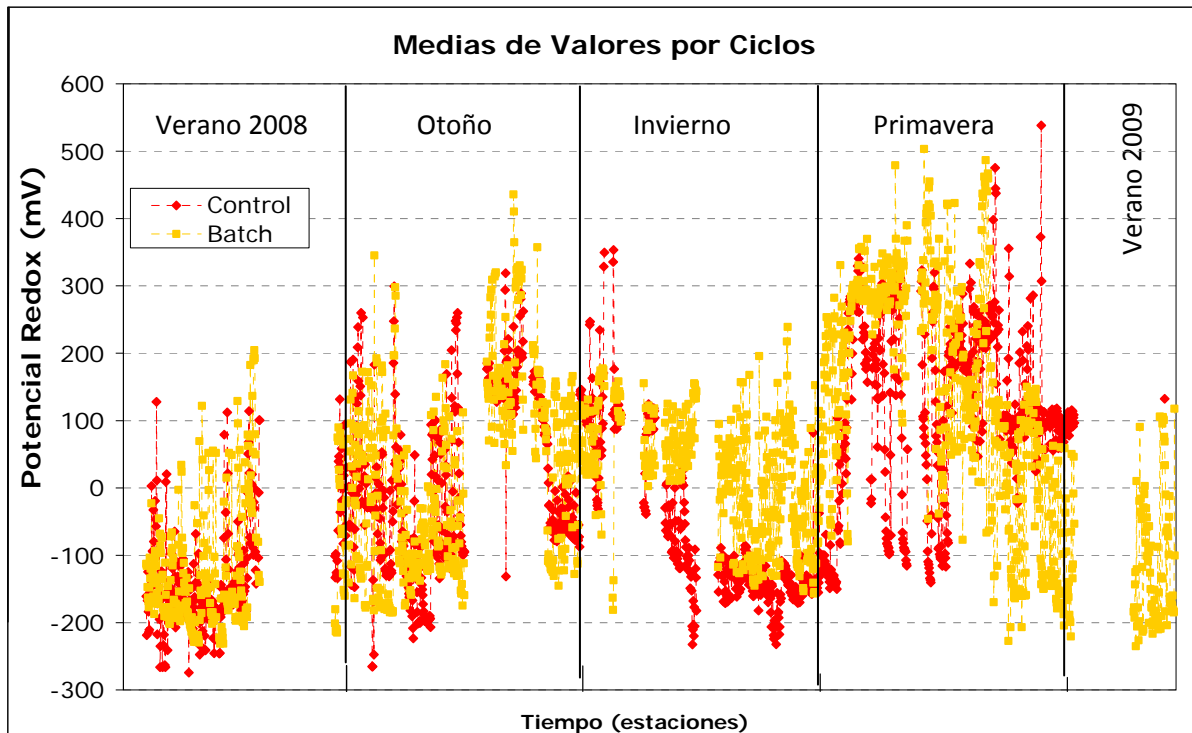


**Figura 5.10. Valores medios mensuales del Potencial Redox a la salida de los humedales construidos.**

En la Figura 5.11 se presentan en forma de nube de puntos las medias calculadas para cada uno de los 6 ciclos diarios, a partir de los valores recogidos cada 10 segundos. En esta nube de puntos queda reflejada una tendencia anual del potencial Redox. De esta manera se observa como durante los meses más caluroso los valores están por debajo de 0 mV, mientras que los

valores más elevados están en los meses de primavera. Durante el otoño se aprecia una subida en los valores de este potencial para luego volver a decaer en los meses de invierno.

Destacar que la mayor diferencia entre la línea Control y la Batch se encuentra en los meses de invierno.



**Figura 5.11.** Nube de valores del potencial Redox por ciclos desde el 01 de julio de 2008 al 31 de julio de 2009.

En la Figura 5.12 se presenta una secuencia de medias en cada ciclo a las salidas de los humedales Control y Batch en periodos de 15 días, donde puede apreciarse con mayor claridad las diferencias entre tratamientos.

En el mes de julio de 2008 se observa como los valores en las líneas Control y Batch se encuentran entre los -200 y -100 mV respectivamente. En octubre de 2008 la línea Control incrementa el valor del potencial Redox mientras que en la línea Batch los valores son muy oscilantes, variando entre los 300 y los -200. Para el mes de noviembre de 2008 tanto en la línea Control como en la Batch los valores se mantienen constantes en valores entre 100 y 200 mV.

Durante el mes de enero de 2009 en la línea Batch los valores del potencial se encuentran entre 0 y 100 mV, mientras que en la línea Control se encuentra entre valores de 0 y -100 mV. A finales del mes de febrero y marzo de 2009 en la línea Control los valores son constantes alrededor de -50 mV mientras que la línea Batch se registran valores de nuevo muy oscilantes entre 150 y -150 mV.

A principios del mes de abril de 2009 la línea Batch incrementa notablemente el potencial Redox hasta los 300 mV, mientras que la línea Control se registran valores de entre 300 y -100 mV.

En mayo del 2009 la línea Control se estabiliza alrededor de los 200 mV mientras que en la línea Batch vuelven a registrarse valores muy dispares, pero principalmente por encima de 0 mV.

Finalmente en junio de 2009 en la línea Control se registran valores constantes de 100 mV, y en la línea Batch los registros del potencial Redox se encuentran entre los 100 y los -150 mV.

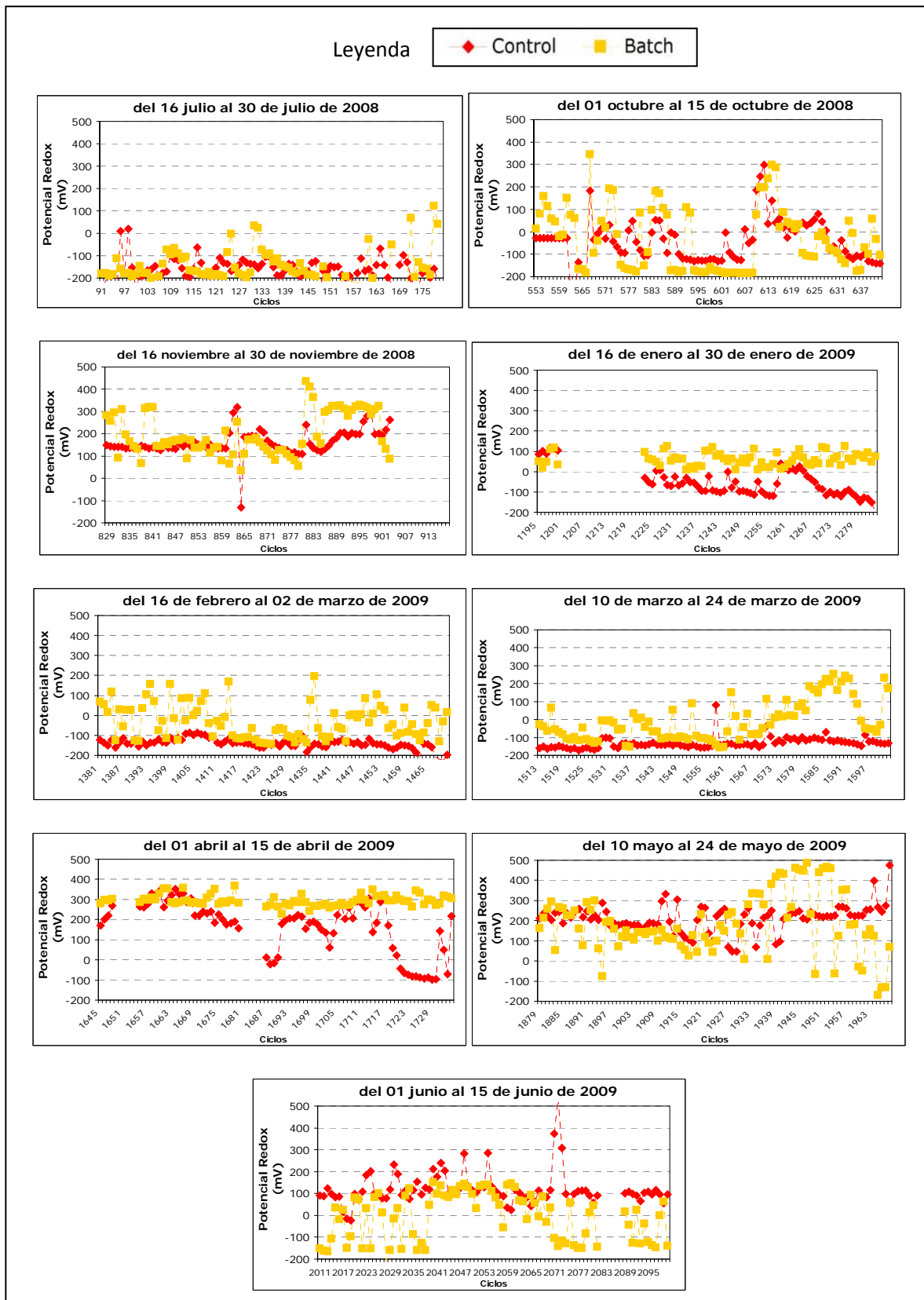


Figura 5.12. Secuencia temporal de los valores del potencial Redox a la salida de los humedales de las líneas Control y Batch.





## 6. DISCUSIÓN

En este capítulo se interpretarán y discutirán los resultados presentados en el capítulo anterior.

Para este estudio se construyó una planta experimental para poder evaluar el efecto sobre el tipo de tratamiento primario y el modo de operación en la eliminación de contaminantes de las aguas residuales urbanas. La planta esta constituida por tres líneas de tratamiento en que en todas ellas el tratamiento secundario esta constituido por humedales construidos de flujo horizontal subsuperficial. Todos los humedales han trabajado en el mismo ratio de caudales (84 L/día) y con aproximadamente el mismo rango de carga orgánica de aproximadamente 6 g DBO/m<sup>2</sup>·día, según lo recomendado por García et al. (2005).

Se presentará la discusión de una visión general del funcionamiento de la planta para más tarde comprobar la influencia del tratamiento primario mediante la comparación de la línea Control y la Anaeróbica, para finalmente discutir el efecto de diferentes modos de operación mediante la comparación de la línea Control y la línea Batch.

Tras lo cual, se procederá a discutir la idea de recoger en este tipo de plantas una medición en continuo de los parámetros más significativos y de mayor facilidad, para posteriormente darle aplicabilidad en el terreno real implantando este tipo de recogida de datos en un sistema de control de estas plantas de depuración mediante sistemas naturales.

### **6.1 *Funcionamiento General de los Humedales Construidos.***

La carga que han recibido los humedales ha sido ligeramente inferior a la de diseño de 6 g DBO/m<sup>2</sup>·d, la recomendada para la utilización de humedales construidos de flujo horizontal según García y Corzo (2008); García, et.al (2005) y USEPA (2000).

Se observa una variabilidad en las concentraciones de entrada a los humedales consecuencia de la actividad humana y de otros factores como suciedad de las calles, lluvias, etc... que hacen que sea muy difícil estudiar estas aguas. Esta variabilidad queda patente en las Figuras 5.3 y 5.6.

Los rendimientos de eliminación de la turbidez son muy buenos en las tres líneas, manteniéndose en todo momento por encima del 85%. Se ha observado una disminución en la turbidez de entrada del humedal anaeróbico debido al efecto del tratamiento primario mediante un reactor hidrolítico de flujo ascendente. Siendo los rendimientos medios de 94%, 94% y 92% para las líneas Control, Batch y Anaeróbica respectivamente.

Se presenta un patrón estacional muy claro en la concentración de amonio a la salida de los humedales, con los valores de concentraciones más bajas en los meses cálidos (Figura 5.8).

Los humedales tienen rendimientos de eliminación del amonio por encima del 90 % en periodos con temperaturas por encima de los 15° (de julio 2008 hasta noviembre 2008 y de mayo 2009 a julio 2009). En los periodos con temperaturas por debajo de 15°, y por lo tanto el periodo de interés para poder estudiar las diferencias entre los modos de operación de la planta, son de principios de noviembre de 2008 hasta finales de abril de 2009.

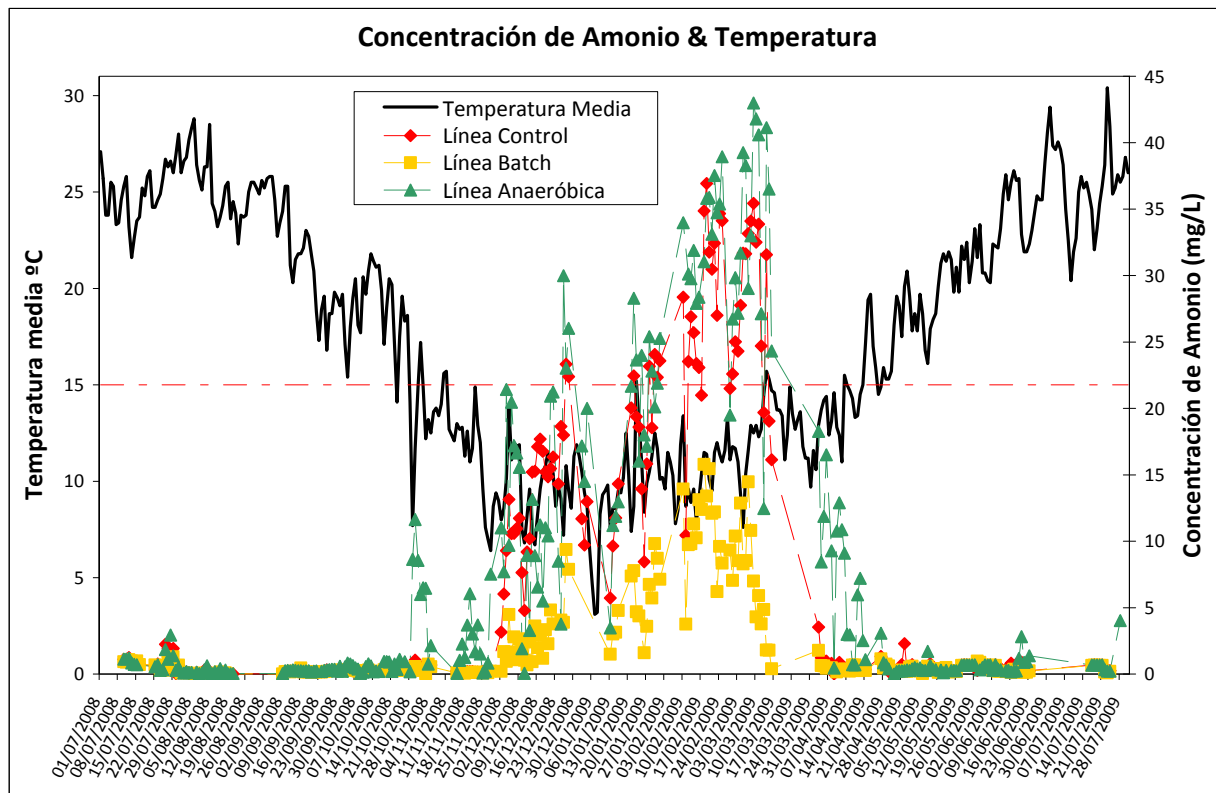


Figura 6.1 Concentraciones de amonio a la salida de los humedales & temperaturas medias.

Comúnmente las eficiencias de eliminación de amonio se sitúan en el rango del 45 al 55 % según Austin y Nivala (2009) y Vymazal y Kröpfelová (2009). En las tres líneas estudiadas las eficiencias de eliminación del amonio han sido más elevadas que los valores que normalmente se describen para este tipo de sistemas (82% para la Anaeróbica, 79% para la Control y un 93% en la

Batch). Esto se debe a dos características que se observaron en varios estudios anteriores y que se consideraron en el diseño de los humedales del presente estudio:

- 1- la baja profundidad del agua (0,25 m) y
- 2- la alimentación intermitente (Caselles Osorio y García, 2007a,b).

Humedales poco profundos han demostrado ser más eficientes que los humedales con profundidad estándar (0,5 a 0,7 m) debido a sus condiciones de mayor oxidación (García, 2003). Por otra parte, también se ha demostrado que la alimentación intermitente también causa condiciones de mayor oxidación que la alimentación continua (Caselles Osorio y García, 2007a). Al final, estos humedales poco profundos tienen una buena capacidad para llevar a cabo la eliminación del nitrógeno y los resultados del presente estudio demuestran esta afirmación (la línea Batch ha resultado ser la más efectiva en la eliminación de amonio).

## **6.2 Efecto del Tratamiento Primario.**

Se estudiará en este apartado la configuración compuesta por un reactor hidrolítico de flujo ascendente (HUSB) como tratamiento primario del agua residual y un sistema de humedales construidos de flujo subsuperficial horizontal operando de manera convencional (permanentemente inundados aunque con alimentación intermitente). Esta configuración será comparada frente a otra con tratamiento primario convencional mediante una decantación simple seguido de un sistema de humedales construidos de flujo subsuperficial horizontal operando igualmente de manera convencional.

La elección del HUSB como tratamiento anaeróbico alternativo a la decantación simple es debida a varios factores que son destacables para tener en cuenta a la hora de implantar estos tratamientos.

En la Tabla 6.1 se refleja una comparativa entre diferentes alternativas al tratamiento primario, y finalmente también con los humedales construidos. En la comparativa se observa las diferencias que existen entre las superficies necesarias, las eliminaciones de los principales contaminantes y el volumen generado de lodos.

**Tabla 6.1 Resumen comparativo de las principales alternativas de tratamientos primarios en plantas de humedales construidos (adaptado Sperling, 1996)**

Sistemas de Tratamiento	Eficacia de Eliminación (%)						Requerimientos		Costes Constructivos (\$ US/hab)	Tiempo de Retención hidráulica (días)	Cantidad de Lodos (m <sup>3</sup> /hab.año)
	DBO	DQO	SS	Amonio	N	P	Terreno (m <sup>2</sup> /hab)	Potencia (W/hab)			
Decantación Simple	35-40	25-35	55-65	<30	10-25	10-20	0,02 - 0,04	0	20-30	0,1-0,5	0,33 - 0,73
Físico-Químico	35-40	55-75	60-90	<30	10-25	10-20	0,04 - 0,06	0			0,73 - 2,5
Tanque séptico	70-90	25-35	55-65	<30	10-25	10-20	0,03 - 0,05	0	30-80	1,0-2,0	0,07 - 0,1
UASB	60-80	55-70	65-80	<50	10-25	10-20	0,03 - 0,1	0	20-40	0,3-0,5	0,07 - 0,22
Humedales Construidos	70-90	75-85	87-93	<50	10-25	10-20	3 - 5	0			-

En los tratamientos convencionales de decantación simple se produce un volumen importante de lodos, que posteriormente han de ser tratados (con su coste correspondiente), un reactor UASB produce un 70% menos de volumen de lodos, esto es destacable y se ha de tener en cuenta ya que un coste importante del mantenimiento de las plantas a escala real está destinado al tratamiento de lodos (Barros et al., 2004).

Otro factor a estudiar al pensar en el HUSB como tratamiento primario a unos humedales construidos es el tiempo de retención hidráulica (TRH). Todo y que en la planta piloto, los sistemas formados por los decantadores necesitaban un TRH de 2 h, mientras que en el reactor HUSB el TRH era de 5 h (tras el incremento que se realizó para aumentar el rendimiento), en la tabla 6.1 se observa que a escala real pueden llegar a ser muy parecidos.

En general, comparando el HUSB con otros sistemas que se usan comúnmente en plantas a escala real, como es la fosa séptica o la decantación simple, se aprecia claramente las mejoras que el HUSB puede lograr en cuanto a TRH con respecto a la fosa séptica y de producción de lodos respecto a la decantación simple.

Durante el periodo de estudio como ya se ha comentado anteriormente se aumentó el TRH de 3 a 5 horas con la finalidad de conseguir una diferencia significativa en la eliminación de SST entre los dos tratamientos primarios y conseguir una mayor eficiencia en la eliminación de turbidez en el reactor HUSB respecto a la decantación simple, resultado de una mayor hidrólisis de los sólidos. En la Figura 5.1 y 5.2 se observa como el HUSB elimina mayor porcentaje de Turbidez (un 23% más que el decantador), pero por el contrario se obtiene una mayor concentración de amonio a la salida (un 24% más).

Al humedal de la línea Anaeróbica le entra un 23% menos de turbidez y le sale aproximadamente la misma que en la línea Control, con lo que se deduce que queda retenida una

menor cantidad de sólidos en el lecho, lo que puede favorecer que la colmatación en esta línea sea menor, siempre teniendo en cuenta que habrá parte de dichos sólidos que serán eliminados mediante filtración y adsorción y que otro porcentaje serán degradados.

La colmatación es el fenómeno por el cual el medio filtrante del humedal va perdiendo progresivamente las características hidráulicas iniciales, esto es, la disminución de porosidad y la conductividad hidráulica. La colmatación es considerada como el principal problema de funcionamiento asociado a los humedales construidos de flujo subsuperficial horizontal en el tratamiento de aguas residuales. La colmatación se debe al resultado de la acumulación de sólidos, la biopelícula, la materia vegetal presente y los precipitados químicos que reducen la porosidad del medio filtrante de grava con el tiempo (Brix, 1997; Tanner et al., 1999; Nguyen, 2000; Wallace y Knight, 2006; García et al., 2007). En estados avanzados de colmatación se pueden apreciar síntomas que pueden incluir la acumulación de lodo (generalmente cerca de la entrada), flujo superficial y la disminución de la eficiencia del tratamiento (Platzer y Match, 1997; Rousseau et al., 2005; Caselles-Osorio et al., 2007; Kadlec y Wallace, 2009). Aunque un humedal se diseña para operar durante décadas, un mal diseño u operación del sistema puede reducir la vida útil a pocos años (Pedescoll, 2010).

Otros estudios anteriores han obtenido resultados satisfactorios que indicaban que un tratamiento primario compuesto de un reactor anaeróbico de flujo ascendente en lugar de una decantación simple reducía sensiblemente la colmatación (Álvarez, Ruiz, y Soto, 2008), de manera que la colmatación en la línea Anaeróbica puede a la larga, ser menor que en la línea Control. Esto se confirma en este estudio con la igualdad de concentraciones de Turbidez a la salida de las dos líneas y teniendo en cuenta que en la línea Anaeróbica la concentración de entrada es menor, lo que significa una menor cantidad de sólidos en suspensión dentro del humedal.

Queda reflejado en la Figura 5.4 (comparando las líneas Anaeróbica y Control) que el tratamiento primario no influye en la eliminación de turbidez. Los porcentajes de eliminación de la turbidez son de un 94% y 92 % para las líneas Control y Anaeróbica respectivamente.

En cuanto a la eliminación de amonio se observa en la Figura 5.8 que la línea Anaeróbica tiene valores sensiblemente superiores a la línea Control en la salida, pero esto es debido a que le entra una mayor concentración de amonio, ya que del reactor HUSB se obtiene un efluente con una mayor concentración de amonio que en la decantación simple (alrededor de un 20% mayor). Los porcentajes de eliminación del amonio en las líneas Control y Anaeróbica son de 79% y 82% respectivamente, diferenciándose eso sí en los periodos de transición de cálidos a fríos y al revés, de manera que la línea Anaeróbica empieza a perder eficiencia antes de llegar a los periodos con temperaturas inferiores a los 15°. Este hecho es debido seguramente a la influencia del Potencial Redox a la entrada de los humedales, que en el caso de la línea Anaeróbica el agua que entra en el humedal tiene unas condiciones de menor potencial ( $-102\pm 44$  mV del HUSB frente a  $60\pm 130$  mV

del decantador), lo que provoca una factura más a los procesos de nitrificación que tienen lugar en el lecho.

El mismo fenómeno de retraso en la recuperación de la eficiencia con la temperatura se observa también en primavera, en que la línea Anaeróbica tiene una recuperación más gradual y retrasada en el tiempo que en la línea Control.

Los resultados obtenidos del potencial Redox en la línea Anaeróbica no fueron válidos, pero es de esperar que en la línea Anaeróbica se obtuviera una media del Potencial Redox más bajo que en la línea Control a lo largo de todo el periodo. Esto puede observarse en los datos obtenidos en laboratorio, en que la media en la línea Anaeróbica era de  $-50 \pm 78$  mV frente a la media del Potencial Redox en la línea Control que se sitúa en  $3 \pm 93$  mV. Esto es debido a que el reactor HUSB produce efluentes reducidos que dan como resultado un ambiente menos oxidado en los humedales, que al final, se traslada en una mínima pérdida de eficiencia de eliminación del amonio durante los meses más fríos en que no se obtienen los beneficios de los macrófitos y de otros factores que favorecen la asimilación de los contaminantes.

### **6.3 Efecto del Modo de Operación de las líneas.**

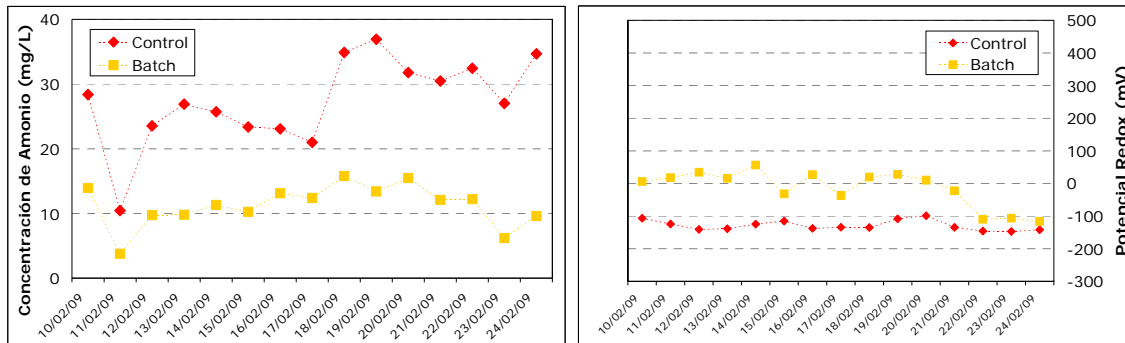
Después de analizar los resultados individualmente y de su posterior comparación entre las líneas Control y Batch, cada una de ellas con un modo de alimentación de los humedales distinto, se concluye que el sistema de alimentación de los humedales construidos hace variar significativamente la eficiencia de éstos.

La eliminación de la turbidez en las líneas Control y Batch es de un 94%, lo que el modo de operación no influye de manera significativa en la eliminación de la turbidez. Pero si es remarcable que el modo de operación sí que influye en la distribución de los sólidos en los humedales (Pedescoll, 2008).

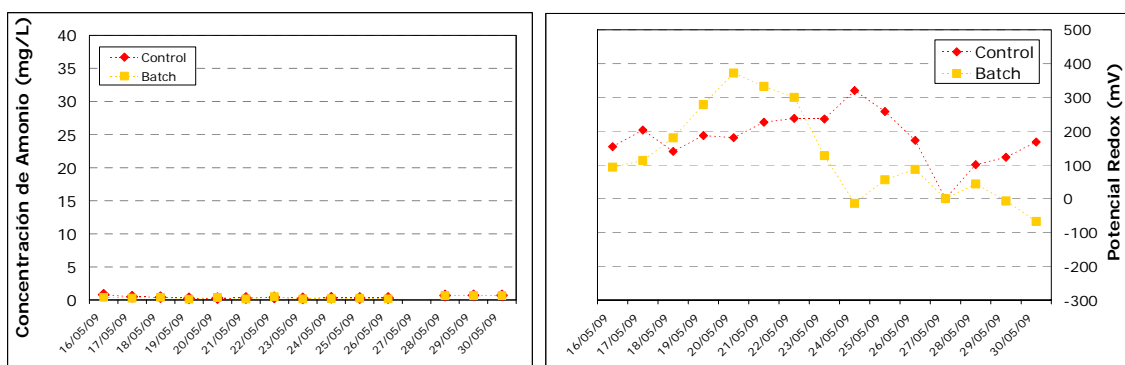
En líneas generales la línea Batch, con un modo de operación de llenado-vaciado presenta eficiencias de eliminación superiores (un 65% comparando la media de todos los datos recogidos en el periodo) si comparamos con la línea Control alimentada de manera continuada. De hecho, estas eficiencias alcanzadas por la línea Batch (rendimiento del 85% durante los meses fríos) son similares a las descritas para humedales de flujo vertical (Brix y Arias, 2005). La estrategia de funcionamiento de la línea batch, en que se alternan fases de llenado y vaciado del lecho es comparable a la operación de los sistemas de flujo vertical, pero además, en el proceso se consiguen las condiciones para la desnitrificación.

Las eficiencias más elevadas en la línea Batch parecen deberse a una mayor oxidación de los humedales. La hipótesis se ve confirmada por las diferencias en la concentración de amonio a

la salida de los humedales en los meses fríos. Estas diferencias parecen estar relacionadas y ser proporcionalmente inversas a los valores del potencial redox, como se refleja en la Figura 6.2..



**Figura 6.2 Concentración de Amonio y Potencial Redox durante el periodo del 10/02/2009 al 24/02/2009.**



**Figura 6.3 Concentración de Amonio y Potencial Redox durante el periodo del 16/05/2009 al 30/05/2009.**

En la Figura 6.3 se muestran igualmente los valores del potencial Redox y la concentración de Amonio durante el periodo del 16/05/2009 al 30/05/2009, que corresponde con un periodo cálido en que los humedales eliminan un 100% de amonio.

Puede concluirse que las diferencias entre los dos modos de operación estudiados se deben al hecho que en la línea Batch se crea un ambiente más oxidado durante los meses fríos, que hace mejorar considerablemente sus rendimientos durante estos meses (hasta un 65% de mayor eliminación). Esta relación temporal inversa entre el Potencial Redox y la concentración de amonio fue descrita por Caselles Osorio y García, (2007a).

Los altos rendimientos en la eliminación de amonio en las tres líneas durante los meses de primavera se deben a la aireación promovida por las plantas y al aumento de la temperatura, que provocan un aumento de la actividad microbológica. La presencia de los macrófitos favorece los

ambientes más oxidados en los humedales, aumentando así la eliminación de amonio (Tanner et al., 1999).

La temperatura parece uno de los factores determinantes en los rendimientos de eliminación del amonio, ya que como se ha visto en el primer apartado de este capítulo (Fig 6.1), se observa una clara diferencia entre los periodos por encima de 15° (en que las eliminaciones son prácticamente del 100%), y los periodos por debajo de los 15° (donde los rendimientos disminuyen y pasan a tener una mayor importancia en los procesos de eliminación otros factores).

Durante los meses de Otoño las cañas todavía están presentes en los humedales pero ya no tienen la misma actividad que en primavera cuando están en pleno crecimiento, con lo que la transmisión de oxígeno podría verse reducido en esta época.

En invierno, cuando las cañas se secan y se siegan, dejamos de tener esa aportación “extra” de oxígeno, por lo que la línea Batch promueve un entorno más oxidado (que no tenemos en la línea Control), que favorece la eliminación de amonio en la línea batch.

Estos fenómenos estacionales junto a la tendencia en la relación inversa entre el Potencial Redox y la Concentración de Amonio se observan en la Figura 6.4.

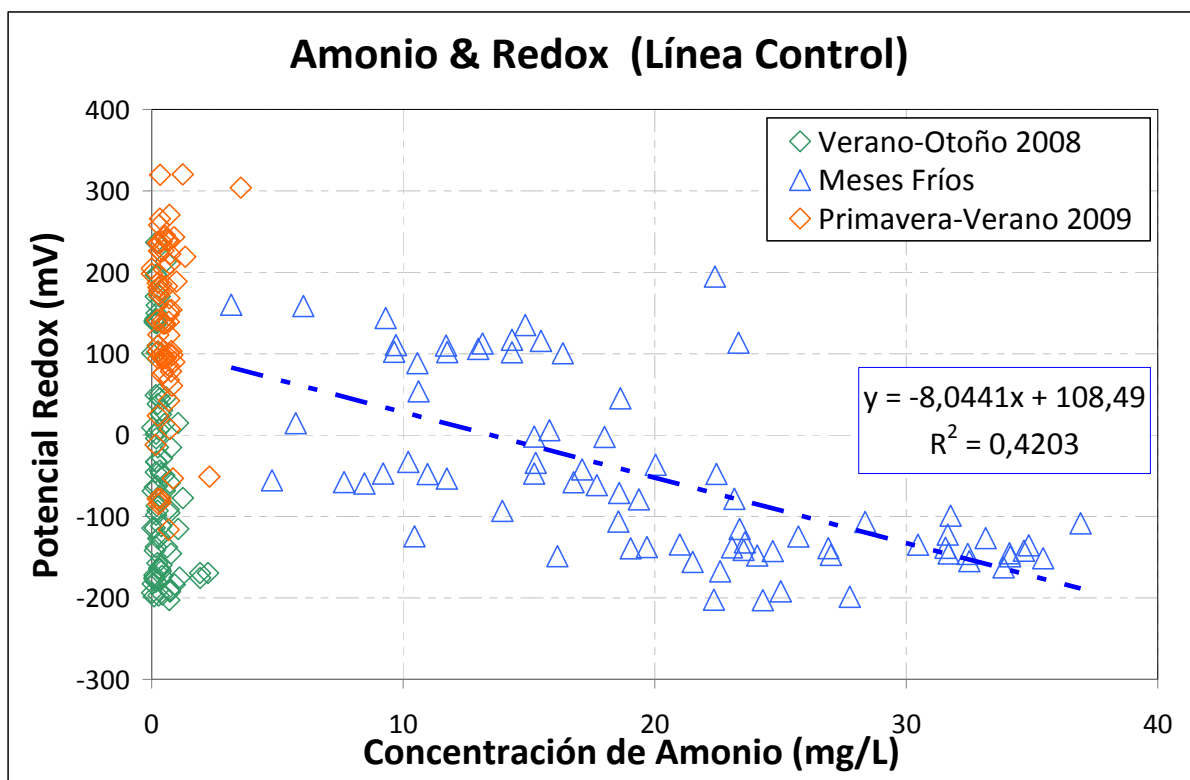


Figura 6.4 Relación entre los valores del Potencial Redox y la Concentración de Amonio en la línea Anaeróbica diferenciando en tres periodos estacionales según meses fríos, primavera y otoño.



En la gráfica de la línea Control en que se han comparado el potencial redox con la cantidad de amonio a la salida del humedal se observa que durante los meses fríos la relación establecida es que a mayor potencial, mayor es la eliminación de amonio (leyenda azul en la Figura 6.4). Durante la primavera y el verano se obtienen concentraciones muy bajas con potenciales positivos (leyenda naranja) y durante el otoño se siguen obteniendo concentraciones muy bajas pero con potenciales redox negativos.

Los resultados de esta investigación confirman que en los humedales alimentados en fases de llenado y vaciado se consigue una aireación del medio granular (durante la fase de vaciado) que aumenta la eficiencia de eliminación de amonio en los sistemas de humedales construidos (Chazarenc et. al, 2009).

La diferencia entre el presente estudio en comparación con otros anteriores, es que este aumento en la eliminación del amonio sólo se observa en los meses fríos, siendo totalmente efectivos los humedales en los meses cálidos.

Este factor, junto al hecho que no se han encontrado diferencias significativas entre las tres líneas en la eliminación de la turbidez, hace pensar que se pueden encontrar combinaciones entre las tres configuraciones estudiadas que ayuden a conseguir una mayor efectividad de estos sistemas. En este aspecto, una medición de datos de manera continuada puede ser de gran ayuda a la hora de encontrar nuevos sistemas de control en las configuraciones aplicadas en plantas a escala real.

## **6.4 Instalaciones con medición de parámetros en Continuo.**

La realidad de los humedales construidos es que son sistemas con un funcionamiento interno muy complicado y con una complejidad de los procesos que en ellos se desarrolla muy elevada.

De igual modo que un buen diseño de los humedales construidos es muy importante debido al hecho que una vez construidos tienen poca capacidad de maniobra, el modo de operación y conseguir un buen funcionamiento son importantes para garantizar una correcta eliminación de contaminantes y evitar posibles problemas.

Hoy en día los controles que se hacen en las plantas de depuración de aguas con sistemas naturales son los mínimos exigidos. Además estos controles periódicos no permiten obtener un historial de datos significativos y fiables de la eficiencia y/o rendimientos de las plantas, ya que dependerá totalmente de si el día de recogida de la muestra es un día "tipo", en el caso de que tal

día coincida con día de lluvia, de punta de concentración o con cualquier otro suceso, pueden verse alterados los resultados recogidos del muestreo puntual.

En este aspecto, puede resultar muy interesante la obtención de una muestra diaria, de manera que se pueda crear una base de datos representativa del funcionamiento de las plantas a escala real.

Habiendo visto la posibilidad que existe entre las combinaciones con las configuraciones estudiadas, se reflexiona sobre la capacidad que la obtención de datos en continuo (diariamente se considera una periodicidad suficiente) mediante sistemas de medición adecuados, sencillos y fiables, pudiera aplicarse a un sistema de control de una planta depuradora.

Una aplicación interesante sería la combinación de un reactor HUSB como tratamiento primario seguido de unos humedales construidos que pudieran variar entre diferentes modos de operación, según las eficiencias medidas (a través de los parámetros leídos a la entrada y a la salida), de manera que durante los meses cálidos los humedales operaran de manera convencional (alimentación continua con el lecho permanentemente inundado) y durante los meses fríos se cambiara a un modo de operación mediante llenado-vaciado del lecho (que se ha visto es mucho más eficiente en estos meses). Y esto podría ser posible gracias a un sistema de control que mediante lecturas en continuo, se pudieran reconocer los cambios en los rendimientos y actuar en la planta.

De cara a la obtención de estas mediciones a escala real, existen parámetros básicos que describen la contaminación de las aguas. Para estudiar la posibilidad de aplicar los parámetros estudiados (turbidez, amonio y potencial redox) y su fiabilidad en los resultados obtenidos, se han comparado la turbidez estudiada con los sólidos totales y el amonio con el amonio obtenido en laboratorio.

### **6.4.1 Comparación de Valores**

A partir de los valores que se han ido obteniendo semanalmente en el laboratorio de la Sección de Ingeniería Sanitaria y Ambiental para el control de la planta piloto se ha obtenido una correlación entre los valores de Turbidez medidos en UNT con el Turbidity y los valores de la concentración de SST (mg/L) medidos en el laboratorio.

De la Figura 6.5 se extrae la posibilidad de poder obtener una relación directa entre los valores de Turbidez y los de SST, esto significa que con la medición en continuo de la Turbidez podemos saber de manera indirecta las concentraciones de Sólidos en Suspensión.

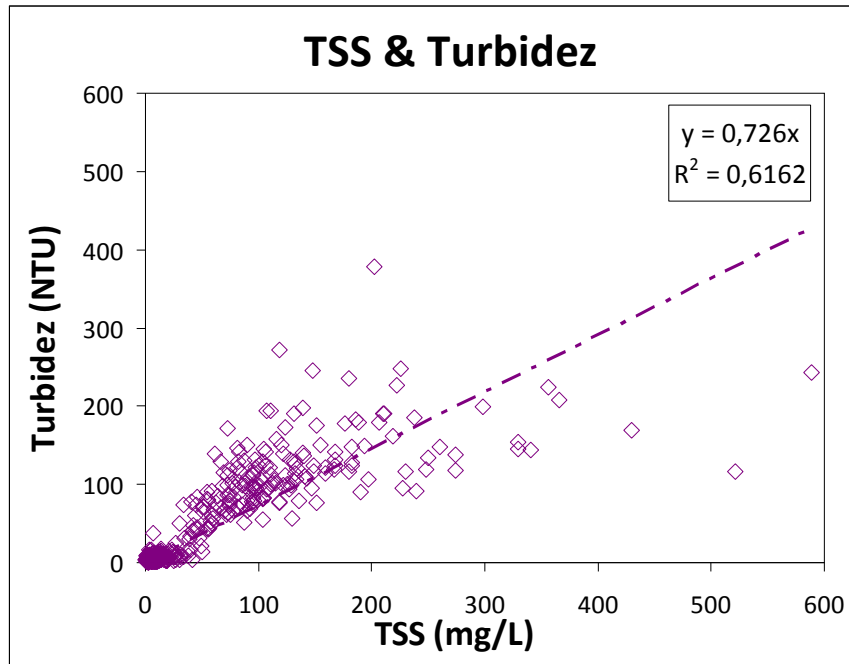


Figura 6.5. Correlación entre los valores de Turbidez y de SST obtenidos en laboratorio.

Se concluye que la medición de la turbidez puede usarse para proporcionar una estimación fiable de la concentración de SST (Sólidos en Suspensión Totales).

Otro factor que cabe estudiar para poder sacar conclusiones de la implantación de un sistema de medición continua es valorar las relaciones o discrepancias entre los valores que se obtuvieron en el laboratorio a los extraídos del sistema en continuo instalado.

En la Figura 6.6 se observa el gráfico de la correlación encontrada entre los valores de la turbidez medida en laboratorio y en continuo. Los valores se correlacionan con una  $r=0.83$ , suficientemente elevada como para afirmar que el sistema en continuo a funcionado correctamente en cuanto a la medición de la turbidez.

En el caso de la turbidez el método de análisis es el mismo en los dos casos, se analiza la muestra en el nefelómetro, todo y así es lógico una cierta diferencia debido a la distinta recogida de muestras en los casos, como queda demostrado en el hecho que los valores del laboratorio son ligeramente superiores a los del continuo, posiblemente por el camino que ha de recorrer la muestra hasta llegar al Trbidity, mientras que en el muestreo del laboratorio la muestra era recogida y puesta directamente en el nefelómetro. También se puede deber a que el cubilete en el Turbidity podría tener más capacidad de la necesitada para el volumen de muestra analizado, con lo que en este caso la muestra quedaría parcialmente diluida en el agua que ya se encuentra en el cubilete antes de empezar a llegar la muestra.

Es por esta razón que resulta importante la elección de aparatos de medida que además de fiables sean adecuados a las necesidades para las que se requieren.

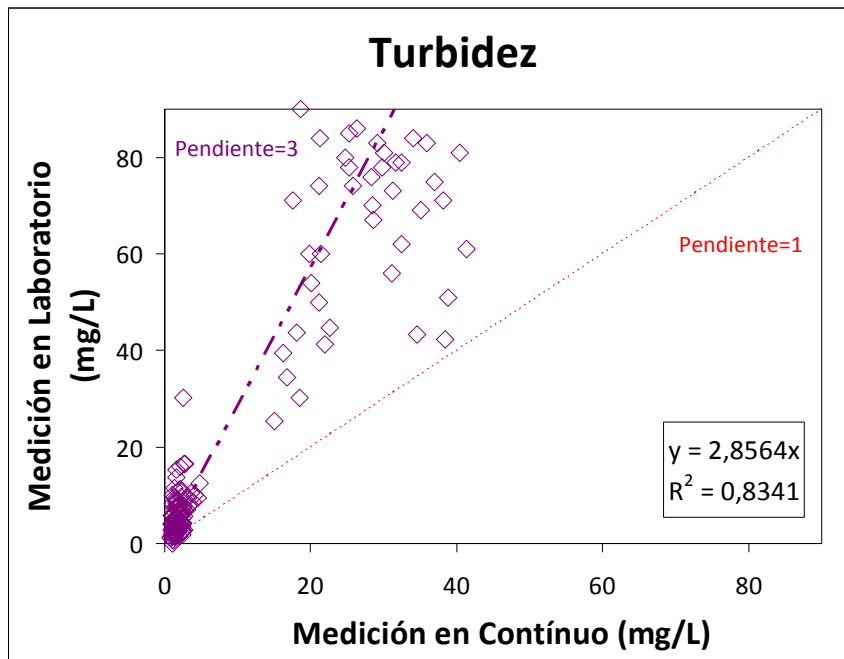


Figura 6.6 Correlación entre los valores de Turbidez medidos en continuo y en laboratorio.

Otro de los parámetros básicos de control de humedales junto a la concentración de Sólidos en Suspensión es la concentración de Amonio. En la Figura 6.3 se observa la correlación que se ha obtenido de comparar los valores recogidos de la medición en continuo y los valores obtenidos en laboratorio (en mg/L).

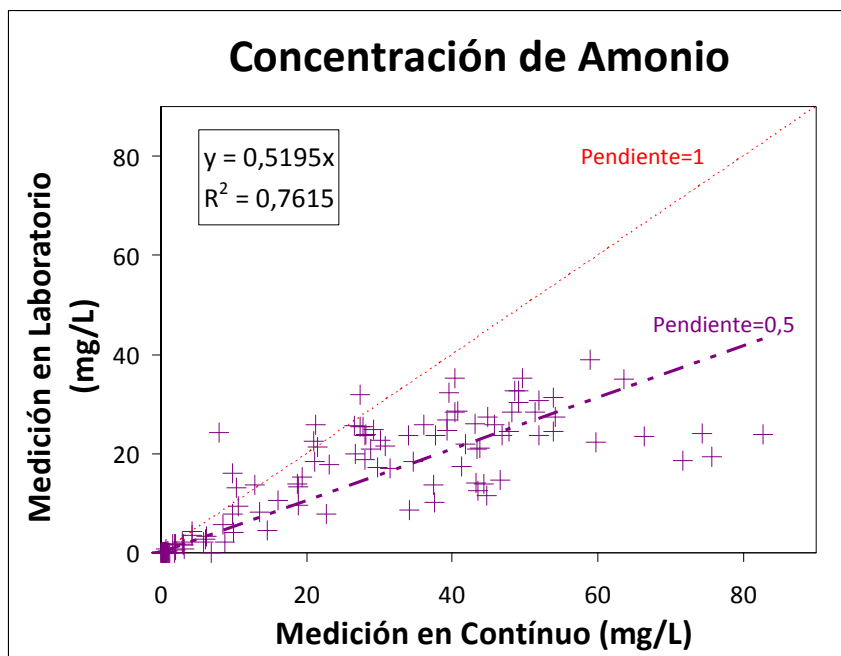


Figura 6.7 Correlación entre los valores de Amonio obtenidos con el sistema de medición en continuo y los obtenidos en laboratorio.

Del gráfico se concluye que la correlación es lo suficientemente fuerte ( $r=0,76$ ) como para poder aseverar que los valores extraídos mediante la medición en continuo de este parámetro es tan fiable y segura como la medición en laboratorio.

Las diferencias obtenidas en los datos, están relacionados con la diferencia de calibración entre los métodos utilizados. Mientras que en el laboratorio se usaba el método de Solórzano, que tiene un rango entre 0,1 – 1 ppm, el sistema mediante el Amonia Analyzer se situaba en rangos de 0,1 – 50 ppm , lo que implica que para muestras por encima de 1 ppm, en el laboratorio se debían de hacer sucesivas disoluciones, lo que reduce la fiabilidad del método.

En cuanto a la medición del Redox se comenta que la forma de medición es la misma que la que se lleva a cabo en laboratorio, con la excepción de que en lugar de anotar manualmente el resultado, se transfiere los resultados directamente al ordenador.

Con lo expuesto, se puede concluir que tomando las decisiones adecuadas en cuanto a los aparatos de medición que se requieren según las características particulares, un sistema de medición de muestras en continuo aplicado a un sistema de control de la planta, es una buena solución para conseguir un registro de datos útiles y unos rendimientos de los humedales máximos.



## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 7.1 Conclusiones

El funcionamiento general de los humedales construidos de flujo horizontal subsuperficial de la planta piloto ha sido satisfactorio, superando los valores de eliminación de amonio que se encuentran en la bibliografía para este tipo de sistemas de depuración de aguas (60-80 %). También han funcionado correctamente en la eliminación de la turbiedad, donde se han alcanzado unos rendimientos de eliminación en las tres líneas del 90% (dentro del rango 85%-95% descrito por Piriz, (2000)) durante todo el periodo de estudio.

No se ha observado una estacionalidad clara en la turbidez, únicamente se puede hablar de estacionalidad semanal en cuanto a concentraciones de entrada a los humedales, y en que existe una diferencia clara entre los valores en días laborables y festivos.

El amonio presenta una clara estacionalidad. Se han observado más problemas en las eficiencias de eliminación de amonio en los meses fríos. Se empieza a reducir los rendimientos cuando la temperatura es inferior a 15 °C (coincidiendo con los periodos posteriores a la poda de las plantas) y hasta que no vuelven a crecer (inicios de primavera), esto conlleva que en las instalaciones este hecho se tenga en cuenta, de manera que los meses fríos será un periodo de mayor control y de aplicación de medidas para conseguir una mayor eliminación. También se ha visto que en los meses fríos cuando la eliminación de amonio es menor, los rendimientos están relacionados con el potencial redox, de manera que cuanto más positivo es el potencial, mayor es la eliminación de amonio.

En las dos líneas donde se ha estudiado el potencial redox (Control y Batch) se ha observado una temporalidad de los datos en función de las épocas del año. Siendo la primavera la estación con el potencial más alto y el verano con el potencial menor. El otoño es una estación en que el potencial redox es positivo pero sin llegar a los niveles de la primavera. En Invierno el potencial redox vuelve a ser negativo en las dos líneas (siendo en la línea Batch menos negativo).

La utilización de un reactor hidrolítico de flujo ascendente no provoca una mejora en la calidad de los efluentes, pero claramente sí que reduce la cantidad de sólidos que entran en los humedales (20% menos de sólidos), con lo que se puede retrasar el fenómeno de la colmatación, incrementando la vida útil del humedal.

El modo de operación de la planta mediante sistema de llenado-vaciado favorece claramente la eficiencia de eliminación de  $\text{NH}_4^-$ . La aireación del lecho que se consigue con esta forma de alimentar el humedal permite aumentar el potencial redox, por lo que se consigue una eliminación del  $\text{NH}_4^-$  en un 65 % respecto a la línea control durante los meses fríos.

La recogida de parámetros en continuo en instalaciones de este tipo es un concepto relativamente nuevo y que apenas se había experimentado con anterioridad. Del estudio llevado a cabo durante estos 13 meses en la planta piloto, se desprende que es viable el conocimiento del estado y el funcionamiento de los humedales con la lectura de parámetros básicos (como los recogidos en este estudio: turbidez, amonio y potencial redox)

La obtención de datos en continuo puede favorecer en gran medida el mantenimiento y control de una planta a escala real, ya que si bien es verdad que los humedales construidos son sistemas con una capacidad de reacción relativamente lenta, sí que pueden ayudar a disponer de un equipo automatizado de control que en función de los valores medidos que nos indican el estado y eficiencia de los humedales, se apliquen medidas en los momentos que son necesarias, como podría ser que en épocas en que se reducen los rendimientos (meses fríos) se diera la orden de aplicar una recirculación o una variación en los modos de operación (aplicando fases de llenado-vaciado).

### **7.2 Recomendaciones**

Dado los resultados obtenidos sería muy recomendable valorar la posibilidad de combinar un tratamiento primario mediante un reactor hidrolítico (HUSB) con un modo de operación de llenado-vaciado de los humedales con objeto de impulsar los beneficios que se han observado por separado en estos sistemas.

A partir de mediciones en continuo, se propone el estudio de diferentes modos de operar un humedal dentro de las fases de llenado-vaciado (diferentes configuraciones de alternancia de las fases). Ya que este modo de operación ha resultado ser el más eficiente en los meses fríos, sería interesante estudiar diferentes configuraciones de llenado-vaciado para encontrar los tiempos para los que se obtuviera un rendimiento máximo. Y de esta manera, aplicarlos a posibles sistemas de control de las plantas.



## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, P. (2004), *Mecanismos de eliminación de la materia orgánica y de los nutrientes en humedales construidos de flujo subsuperficial*. Nuevos criterios para el diseño y operación de humedales construidos. DEHMA, Sección de Ingeniería Sanitaria, UPC.
- Álvarez, J., Ruiz, I. y Soto, M. (2008), *Anaerobic digesters as a pretreatment for constructed wetlands*. Ecological Engineering 33, 54-67.
- Álvarez, J., Zapico, C.; Gómez, M.; Presas, J. y Soto, M. (2003). *Anaerobic hidrolisis of a Municipal Wastewater in a Pilot Scale Digester*. Wat. Sci. Technol. 47(12), 223-230.
- Arias, C. (1998), *Humedales construidos de flujo subsuperficial: Una alternativa para el tratamiento de aguas residuales en pequeños núcleos de población*. Tesina de especialidad ETSECCPB-UPC.
- Austin, D. y Nivala, J. (2009), *Energy requirements for nitrification and biological nitrogen removal in engineered wetlands*. Ecological Engineering 35, 184-192.
- Barros, P., Ruíz, I., Soto, M. (2008). *Performance of an anaerobic digester-constructed wetland system for a small community*. Ecological engineering 33(2), 142-149.
- Barros, P.; Perez, R.; Rodríguez, V.;Álvarez, J.; y Soto, M. (2004), *Depuración Sostenible de Efluentes Residuales Urbanos*. IV Congreso ibérico sobre gestión y planificación del agua. Tortosa, 2004. [http://grupo.us.es/ciberico/archivos\\_word/253b.doc](http://grupo.us.es/ciberico/archivos_word/253b.doc) (consultado en agosto 2010)
- Barros, P. y Soto, M. (2002), *Anaerobic systems for domestic wastewater treatment in rural areas*. Internacional Conference on "Small Wastewater Technologies and Mangement for the Mediterranean Area", Sevilla, España, Marzo 20-22.
- Bentué, J. (2005), *Influencia de un tratamiento previo físico-químico en la eficiencia de humedales construidos*. Tesina de especialidad ETSECCPB-UPC.
- Brix, H. y Arias, C. (2005), *The use of vertical flor constructed wetlands for on-site treatment of domestic wastewater: New Danish guidelines*. Ecological Engineering 25, 491-500.
- Brix, H. (1997), *Do macrophytes play a role in constructed treatment wetlands?* Water Science and Technology 35(5), 11-17.
- Campos, V. (2004), *Distribución de tamaños de partículas en el agua contenida en humedales de flujo subsuperficial. Influencia sobre su eficiencia*. Tesina de especialidad ETSECCPB-UPC.

- Caselles-Osorio, A., Puigagut, J., Segú, E., Vaello, N., Granés, F., García, D., García, J. (2007). *Solids accumulation in six full-scale subsurface flow constructed wetlands*. Water Research 41(6), 1388–1398.
- Caselles-Osorio, A. y García, J. (2007a), *Impact of continuous and intermittent feeding strategies on the performance of shallow horizontal subsurface-flow constructed wetlands*. Science of the total Environment 378, 253-262.
- Caselles-Osorio, A. and García, J. (2007b), *Effect of physico-chemical pre-treatment on the removal efficiency of experimental horizontal subsurface-flow constructed wetlands*. Environmental Pollution 146, 55-63.
- Chazarenc, F., Gagnon, V., Comeau, Y. and Brisson, J. (2009). *Effect of plant and artificial aeration on solids accumulation and biological activities in constructed wetlands*. Ecological Engineering 35, 1005-1010.
- Chico, F. (2002), *Vías de degradación de la materia orgánica en humedales construidos de flujo subsuperficial*. Tesina de especialidad ETSECCPB-UPC.
- Corzo, A. (2004), *Influencia del estado físico de la materia orgánica en la eficiencia de humedales construidos de flujo subsuperficial*. Tesina de especialidad ETSECCPB-UPC.
- García, J. y Corzo, A. (2008), *Depuración con Humedales Construidos. Guía práctica de Diseño, Construcción y Explotación de Sistemas de Humedales de Flujo Subsuperficial*.
- García, J., Rousseau, D., Caselles-Osorio, A., Story, A., De Pauw, N., Vanrolleghem, P. (2007). *Impact of prior physico-chemical treatment on the clogging process of subsurface flow constructed wetlands: Model-based evaluation*. Water, Air and Soil Pollution 185(1-4), 101-109.
- García, J., Aguirre, P., Barragán, J., Mujeriego, R., Matamoros, V. and Bayona, J.M. (2005). *Effect of key design parameters on the efficiency of horizontal subsurface flow constructed wetlands: long-term performance pilot study*. Ecological Engineering 25, 405-418.
- García J. (2003), *Design factors of horizontal flow constructed wetlands*. In : *The Use of Aquatic Macrophytes for wastewater Treatment in constructed Wetlands*, 1<sup>st</sup> Internacional Seminar. Dias V. y Vymazal J. (eds.), Instituto Nacional da Água, Lisbon, Portugal, pp 497-520.
- García, J. y Mujeriego, R. (1997), *Humedales construidos de flujo superficial para tratamiento terciario de aguas residuales urbanas en base a la creación de nuevos ecosistemas*. Tecnoambiente, 75, 37-42.
- García, M., *Mantenimiento en una planta depuradora visto en la actualidad*. Master de mantenimiento industrial en Instalaciones Industriales.
- Gómez, R.; Suárez, M. L. y Vidal-Abarca, M. R. (2001), *The performance of a multi-stage system of constructed wetlands for urban wastewater treatment in a semiarid region of SE Spain*. Ecological Engineering, 16, 501-517.

- Kadlec, R.H., Wallace, S.D. (2009). *Treatment Wetlands, Second Edition*. CRC Press. Boca Raton, Florida, USA, pp. 1016.
- Kadlec, R.H. y Knight, R.L. (1996), *Treatment Wetlands*. Ed. CRC Press. Boca Ratón.
- Lara, A. (2008), *Instalación de un sistema de medición en una planta de Humedales Construidos*. Tesina de especialidad UB y ETSECCPB-UPC.
- Ligero, P.; de Vega, A. y Soto, M. (2001), *Pretreatment of urban wastewaters in hydrolytic upflow digester*. *Water SA*, 17 (3), 399-404.
- Nguyen, L.M. (2000). *Organic matter composition, microbial biomass and microbial activity in gravel-bed constructed wetlands treating farm dairy wastewaters*. *Ecological Engineering* 16(2), 199–221.
- Metcalf & Eddy (2003), *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse. Fourth ed.* McGraw-Hill, Boston, USA.
- Pedescoll, A. (2010), *Colmatación en Humedales Construidos de Flujo Subsuperficial Horizontal. Medidas, factores de diseño y estrategias de prevención*. Tesis Doctoral.
- Pedescoll, A. (2008), *Tratamiento Primario y Modos de Operación en la Colmatación de humedales Construidos de Flujo Subsuperficial*. Reunión de la Mesa Española de Tratamiento de Aguas (META 2008). Puerto de la Cruz, Tenerife, 4-6 diciembre de 2008. Comunicación oral.
- Piriz, A.J. (2000), *Condiciones de oxido-reducción en humedales construidos de flujo subsuperficial*. Tesina de especialidad ETSECCPB-UPC.
- Rieger L., Alex J., Winkler S., boehler M., Thomann M. y Siegrist H. (2003), *Progress in sensor technology-progress in process control. Part I: Sensor property investigation and classification*. *Water Science and Technology* 47(2), 103-112.
- Rousseau, D.P.L., Horton, D., Vanrolleghem, P.A., De Pauw, N. (2005). *Impact of operational maintenance on the asset life of storm reed beds*. *Water Science and Technology* 51(9), 243-250.
- Ruano, M.V., Ribes, J., Seco, A. y Ferrer, J. (2009), *Low cost-sensors as a real alternative to on-line nitrogen analysers in continuous systems*. *Water Science and Technology* 60(12), 3261–3268
- Soriano, C. (2009), *Caracterización de la materia particulada de la línea de aguas residuales de un sistema de Humedales Construidos*. Tesina de especialidad ETSECCPB-UPC.
- Sperling, von M. (1996), *Comparision among the most frequently used systems for wastewater treatment in developing countries*. *Wat. Sci. Tech.*, 33(3), 59-62.
- Tanner, C.C. y Kadlec, R.H. (2003), *Oxygen flux implications of observed nitrogen renewal rates in subsurface-flow treatment wetlands*. *Wat. Sci. Tech.*, 48 (5), 191-198.

- Tanner, C.C., D'Eugenio, J., McBride, G.B., Sukias, J.P.S. and Thompson, K. (1999). *Effect of water level fluctuation on nitrogen removal from constructed wetland mesocosms*. *Ecological Engineering* 12, 67-92.
- Tchobanoglous, G. (2003), *Wastewater Engineering - Treatment and reuse*.
- USEPA (2000), *Constructed Wetlands Treatment of Municipal Wastewater*. Office of Research and Development.
- Vymazal, J. and Kröpfelová, L. (2009). *Removal of organics in constructed wetlands with horizontal sub-surface flow: A review of the field experience*. *Science of The Total Environment*, 407, 3911-3922.
- Vymazal, J. y Masa, M. (2003), *Horizontal sub-surface flor constructed wetland with pulsing water level*. *Wat. Sci. Tech.* 48 (5), 143-148.
- Wallace, S.D. y Knight, R.L. (2006). *Small-scale Constructed Wetland Treatment Systems. In: Feasibility, Design Criteria and O&M Requirements. Final Report, Project 01-CTS-5*. Water Environment Research Foundation (WERF). Alexandria, USA.

**ANEXOS**



# ANEXO 1

## TABLAS DE VALORES OBTENIDOS





**ANEXO 1****Tabla A.1.1 Valores de la turbidez para los periodos correspondientes al segundo semestre del 2008 y al primer semestre del 2009.**

Turbidez (NTU)	Decantador	des. D	máx. Dec.	mín. Dec.	HUSB	des. H	máx. H	mín. H
2008	32,2874	13,5307	67,9368	10,2311	30,4799	12,4037	66,5498	9,6999
2009	32,1348	12,3611	60,2276	10,5948	23,5381	8,4472	49,9250	10,1092

**Tabla A.1.2 Porcentajes mensuales de eliminación de la turbiedad en las tres líneas de la planta.**

Turbidez %	jul-08	ago-08	sep-08	oct-08	nov-08	dic-08	ene-09	feb-09	mar-09	abr-09	may-09	jun-09	jul-09
Control	95,26	94,14	89,74	96,13	96,49	88,87	91,45	91,52	95,38	95,48	95,71	95,98	-
Batch	92,84	91,79	86,47	94,27	95,67	94,49	95,12	94,89	95,40	96,34	95,73	98,16	-
Anaeróbica	92,48	91,58	92,23	95,60	93,88	91,97	89,93	89,90	92,16	94,33	93,93	91,13	90,00

**Tabla A.1.3 Valores medios mensuales de la turbidez de los efluentes de los dos tratamientos primarios.**

	HUSB	desv	Decantador	desv
<i>jul-08</i>	29,1914	11,0790	34,6700	12,6000
<i>ago-08</i>	22,7316	8,9827	28,6911	13,1873
<i>sep-08</i>	22,9699	12,5067	25,6218	14,3937
<i>oct-08</i>	36,5889	8,9424	36,3554	10,2509
<i>nov-08</i>	33,5479	14,9224	34,0609	18,0592
<i>dic-08</i>	32,2802	12,2895	32,1139	11,6057
<i>ene-09</i>	30,0161	5,3720	38,1196	7,1364
<i>feb-09</i>	20,8985	5,7928	24,3979	8,2600
<i>mar-09</i>	27,0587	12,4837	32,6026	13,8828
<i>abr-09</i>	25,5530	8,2652	26,7739	11,0311
<i>may-09</i>	20,3952	6,5666	33,8338	12,1284
<i>jun-09</i>	23,0922	6,8923	40,5624	12,3805
<i>jul-09</i>	17,8239	4,7447	-	-

**Tabla A.1.4 Tratamiento Estadístico básico de los valores diarios de la turbidez en la salida de la decantación simple y del reactor HUSB.**

<i>Decantador</i>		<i>HUSB</i>	
Media	32,2043	Media	26,6985
Mediana	31,6847	Mediana	24,4545
Moda	28,5102	Moda	28,1090
Desviación estándar	12,8783	Desviación estándar	10,9744
Varianza de la muestra	165,8516	Varianza de la muestra	120,4392
Curtosis	-0,2869	Curtosis	0,6333
Coefficiente de asimetría	0,3950	Coefficiente de asimetría	0,8672
Rango	57,7056	Rango	56,8499
Mínimo	10,2311	Mínimo	9,6998
Máximo	67,9367	Máximo	66,5498
Cuenta	226	Cuenta	246
Nivel de confianza(95,0%)	1,6880	Nivel de confianza(95,0%)	1,3782

**Tabla A.1.5 Tratamiento Estadístico básico de los valores diarios de la turbidez a la salida de los humedales construidos.**

<i>Línea Anaeróbica</i>		<i>Línea Control</i>		<i>Línea Batch</i>	
Media	1,9623	Media	1,8756	Media	1,6975
Mediana	1,6949	Mediana	1,5318	Mediana	1,4338
Desviación estándar	0,9284	Desviación estándar	1,0454	Desviación estándar	1,0720
Varianza de la muestra	0,8619	Varianza de la muestra	1,0928	Varianza de la muestra	1,1493
Curtosis	2,8451	Curtosis	1,2906	Curtosis	2,4910
Coefficiente de asimetría	1,3885	Coefficiente de asimetría	1,2009	Coefficiente de asimetría	1,3951
Rango	6,0219	Rango	5,6025	Rango	6,2730
Mínimo	0,0739	Mínimo	0,0871	Mínimo	0,0681
Máximo	6,0959	Máximo	5,6896	Máximo	6,3411
Suma	582,8159	Suma	547,6785	Suma	483,7909
Cuenta	297	Cuenta	292	Cuenta	285
Nivel de confianza(95,0%)	0,1060	Nivel de confianza(95,0%)	0,1204	Nivel de confianza(95,0%)	0,1249

**Tabla A.1.6 Valores medios de concentración de amonio (medida en g/m<sup>2</sup>·día) para los periodos correspondientes al segundo semestre del 2008 y al primer semestre del 2009.**

Amonio (g/m <sup>2</sup> ·día)	Decantador	des. D	HUSB	des. H
2008	1,0979	0,4970	1,0910	0,4288
2009	1,0582	0,3568	1,3860	0,4925

**Tabla A.1.7 Tratamiento Estadístico básico de los valores diarios de la concentración de amonio medidos en g/m<sup>2</sup>-día a la salida de la Decantación simple y del reactor HUSB.**

<i>Decantador</i>		<i>HUSB</i>	
Media	1,0843	Media	1,2536
Mediana	1,1083	Mediana	1,2242
Moda	1,0920	Moda	1,1234
Desviación estándar	0,4530	Desviación estándar	0,4714
Varianza de la muestra	0,2052	Varianza de la muestra	0,2222
Curtosis	-0,3441	Curtosis	-0,5060
Coficiente de asimetría	-0,0986	Coficiente de asimetría	0,1566
Rango	2,0439	Rango	2,2014
Mínimo	0,1549	Mínimo	0,2401
Máximo	2,1989	Máximo	2,4416
Suma	143,1377	Suma	267,0170
Cuenta	132	Cuenta	213
Nivel de confianza(95,0%)	0,0780	Nivel de confianza(95,0%)	0,0636

**Tabla A.1.8 Tratamiento Estadístico básico de los valores diarios de la concentración de amonio medidos en g/m<sup>2</sup>-día a la salida de los humedales construidos.**

<i>Anaeróbica</i>		<i>Continuo</i>		<i>Batch</i>	
Media	0,2192	Media	0,1848	Media	0,0603
Mediana	0,0241	Mediana	0,0191	Mediana	0,0119
Desviación estándar	0,3266	Desviación estándar	0,2916	Desviación estándar	0,1010
Varianza de la muestra	0,1066	Varianza de la muestra	0,0850	Varianza de la muestra	0,0102
Curtosis	1,0424	Curtosis	0,8831	Curtosis	3,5044
Coficiente de asimetría	1,5070	Coficiente de asimetría	1,4862	Coficiente de asimetría	2,0968
Rango	1,2239	Rango	1,0512	Rango	0,4494
Mínimo	7,73E-05	Mínimo	0,0002	Mínimo	0,0003
Máximo	1,2240	Máximo	1,0515	Máximo	0,4498
Suma	56,7984	Suma	46,9400	Suma	14,4937
Cuenta	259	Cuenta	254	Cuenta	240
Nivel de confianza(95,0%)	0,0399	Nivel de confianza(95,0%)	0,0360	Nivel de confianza(95,0%)	0,0128

**Tabla A.1.9 Porcentajes mensuales de eliminación del amonio en las tres líneas de la planta.**

Amonio %	jul-08	ago-08	sep-08	oct-08	nov-08	dic-08	ene-09	feb-09	mar-09	abr-09	may-09	jun-09	jul-09
Control	98,59	99,07	-	98,99	99,35	69,48	54,86	51,37	20,80	97,45	-	-	98,59
Batch	98,71	99,56	-	99,23	99,58	93,45	85,03	76,45	80,19	98,17	-	-	98,71
Anaeróbica	97,24	99,19	99,06	96,33	93,46	71,50	52,29	37,71	31,32	86,91	99,30	99,08	96,88

Tabla A.1.10 Medias mensuales y desviaciones estándares de la concentración de amonio a la entrada y a la salida de los humedales.

Mes	Medias Mensuales Concentración de Amonio (g/m <sup>2</sup> *dia)									
	Anaer.	desv	Control	desv	Batch	desv	HUSB	desv	Dec.	desv
jul-08	0,0280	0,0193	0,0289	0,0179	0,0217	0,0089	1,0125	0,4320	1,0677	0,5681
ago-08	0,0045	0,0046	0,0036	0,0028	0,0017	0,0013	0,5524	0,3806	0,3913	0,2572
sep-08	0,0073	0,0020	0,0061	0,0010	0,0054	0,0024	0,7746	0,1481	-	-
oct-08	0,0432	0,0829	0,0109	0,0052	0,0083	0,0022	1,1753	0,3922	1,0794	0,4813
nov-08	0,0820	0,0706	0,0083	0,0057	0,0054	0,0051	1,2537	0,4867	1,2683	0,4456
dic-08	0,3660	0,2228	0,3811	0,1433	0,0819	0,0614	1,2843	0,3528	1,2488	0,3770
ene-09	0,5223	0,1726	0,4471	0,1594	0,1483	0,0737	1,0948	0,2621	0,9906	0,3003
feb-09	0,8643	0,2210	0,7748	0,1866	0,3068	0,0903	1,2655	0,3548	1,2292	0,3836
mar-09	0,9287	0,2337	0,7887	0,1748	0,1973	0,1147	1,2677	0,5549	0,9959	0,0394
abr-09	0,1781	0,1587	0,0211	0,0202	0,0151	0,0105	1,3610	0,4436	0,8266	0,3179
may-09	0,0117	0,0090	0,0143	0,0114	0,0098	0,0055	1,6740	0,2835	-	-
jun-09	0,0194	0,0168	0,0159	0,0051	0,0114	0,0078	1,8001	0,8141	-	-
jul-09	0,0260	0,0339	0,0147	0,0066	0,0134	0,0076	0,8316	0,1822	1,0421	-

Tabla A.1.11 Valores medios mensuales del potencial Redox a la salida de los humedales.

Potencial Redox	Línea Control	desv.	Línea Batch	desv.
jul-08	-156,4715	62,0524	-144,2678	65,04540675
ago-08	-120,6047	82,0681	-93,9023	115,7330661
sep-08	9,3511	100,6680	-27,3804	110,3734002
oct-08	-69,3904	100,8211	-45,3965	114,0219307
nov-08	126,0539	102,7848	119,6990	149,4258068
dic-08	42,6599	95,2633	59,7004	94,50465073
ene-09	-8,6327	110,5778	68,8425	56,7375107
feb-09	-132,2744	21,4933	-9,8042	85,0156239
mar-09	-100,0954	108,9020	41,7916	122,679214
abr-09	135,6680	151,2770	302,2784	64,74478346
may-09	160,4687	115,9170	148,1649	155,6744747
jun-09	109,7782	64,8549	-42,0963	110,018798
jul-09	-	-	-108,5460	97,66588164

**Tabla A.1.12 Tratamiento Estadístico básico de los valores medios de los ciclos del potencial Redox medidos en mV a la salida de los humedales Control y Batch.**

Línea Control		Línea Batch	
Media	1,262004711	Media	29,43342918
Mediana	-28,64006117	Mediana	30,31443244
Moda	-131,2633778	Moda	33,90534161
Desviación estándar	149,6929786	Desviación estándar	159,8314727
Coficiente de asimetría	0,422398472	Coficiente de asimetría	0,428488665
Rango	812,7574633	Rango	806,7119167
Mínimo	-274,326	Mínimo	-303,31625
Máximo	538,4314633	Máximo	503,3956667
Suma	2068,425721	Suma	50978,69934
Cuenta	1639	Cuenta	1732
Nivel de confianza(95,0%)	7,252388501	Nivel de confianza(95,0%)	7,532518571

**Tabla A.1.13 Medias de los valores y desviaciones (entre paréntesis) de los parámetros físicos del agua de los efluentes de las líneas. Para el NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N se expresa en concentración y en masa.**

		Control	Batch	Anaerobica
<b>E<sub>H</sub> (mV)</b>		1,45 (139,94)	29,80 (141,87)	-
<b>Turbidez (NTU)</b>		1,88 (1,05)	1,70 (1,07)	1,96 (0,93)
<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N</b>	<b>(mg/L)</b>	6,44 (10,22)	2,12 (3,55)	7,67 (11,46)
	<b>(g/m2d)</b>	0,12 (0,25)	0,04 (0,08)	0,14 (0,28)



## ANEXO 2

### DATOS METEOROLÓGICOS





## ANEXO 2

[Padre de Estacions Meteorològiques Automàtiques \(EMA\) de les darreres 24 hores](#)

● MA): Barcelona - Zona Universitària

Codi: X8

Municipi: Barcelona

X UTM (m): 425294

Y UTM (m): 4581440

Altitud (m): 79

Variables meteorològiques:

- Temperatura màxima
- Temperatura mínima
- Ratxa màxima del vent a 10 m
- Direcció de la ratxa màxima del vent a 10 m
- Velocitat vectorial del vent a 10m
- Direcció vectorial del vent a 10m
- Velocitat escalar del vent a 10 m
- Direcció del vent (mòdul 1) a 10 m
- Temperatura
- Humitat relativa
- Pressió atmosfèrica
- Precipitació
- Irradiància solar global

Data inici: 17/04/2008

Data baixa:

Tipus dada de període: SH

Fotografia :



**Figura A.2.1** Ficha de la Estación meteorológica de la que se han obtenido los datos de temperaturas y lluvias durante el periodo de estudio.

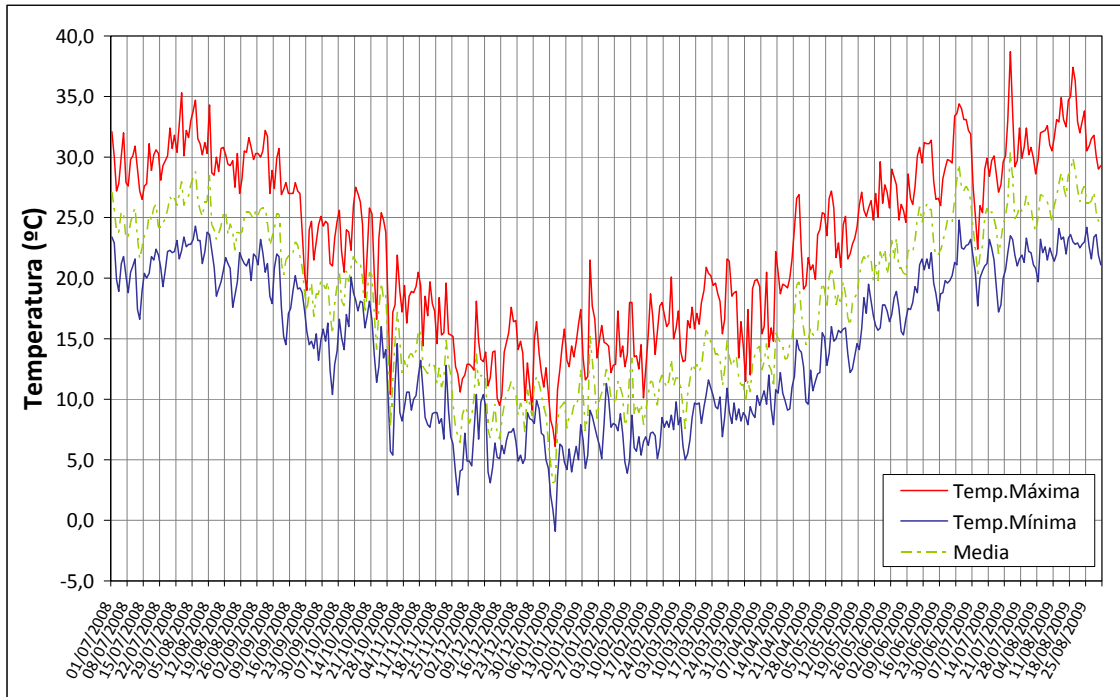


Figura A.2.2 Temperaturas registradas entre Julio del 2008 y Julio del 2009, periodo de recogida de datos de la planta piloto correspondiente al periodo de estudio.

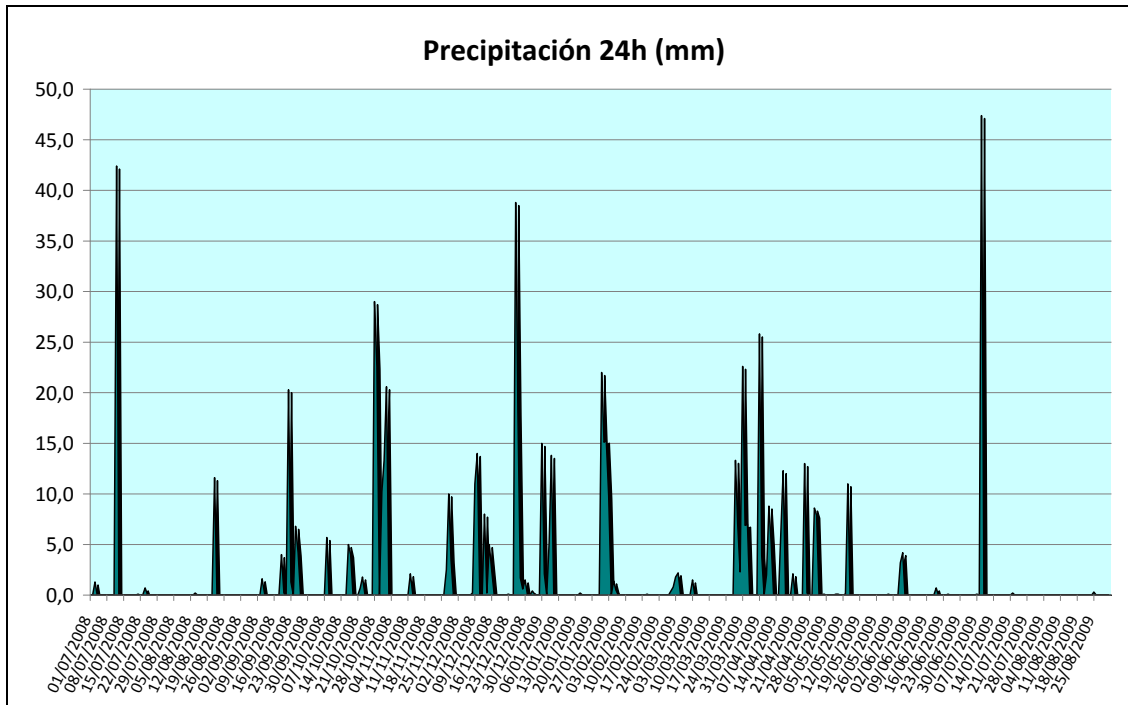


Figura A.2.3 Precipitaciones registradas en la estación meteorológica de Zona Universitaria en el periodo de estudio.

## ANEXO 3

### TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LOS DATOS



## ANEXO 3

### A.3.1) Estudio de los Afluentes de los Humedales

Variable dependiente Turbidez.

**Tabla A.3.1 Nombre de variables independientes (factores), y el número de casos que hay en cada grupo.**

Factores inter-sujetos			N
Tratamiento	Decantador 2008	1,00	103
	Decantador 2009	2,00	152
	HUSB 2008	3,00	103
	HUSB 2009	4,00	114

**Tabla A.3.2 Fuentes de variación, sumas de cuadrados, grados de libertad (gl), medias cuadráticas, estadísticos F y los niveles de significación (Sig.) asociados a cada estadístico.**

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Turbidez

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	458774,459 <sup>a</sup>	342	1341,446	9,802	,000
Tratamiento	4034,259	2	2017,129	14,739	,000
Tiempo	45855,657	338	135,668	,991	,532
Error	17791,090	130	136,855		
Total	476565,549	472			

a. R cuadrado = ,963 (R cuadrado corregida = ,864)

**Tabla A.3.3 Resultado obtenido con los procedimientos DHS de Tukey y Bonferroni.**

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Turbidez

	(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Error típ.	Sig.	Intervalo de confianza 95%	
						Límite inferior	Límite superior
DHS de Tukey	1,00	2,00	,8640	1,49300	,938	-3,0216	4,7497
		3,00	1,6485	1,63014	,743	-2,5941	5,8911
		4,00	9,5831 <sup>*</sup>	1,59033	,000	5,4442	13,7221
	2,00	1,00	-,8640	1,49300	,938	-4,7497	3,0216
		3,00	,7845	1,49300	,953	-3,1012	4,6701
		4,00	8,7191 <sup>*</sup>	1,44943	,000	4,9469	12,4913
	3,00	1,00	-1,6485	1,63014	,743	-5,8911	2,5941
		2,00	-,7845	1,49300	,953	-4,6701	3,1012
		4,00	7,9346 <sup>*</sup>	1,59033	,000	3,7956	12,0736
	4,00	1,00	-9,5831	1,59033	,000	-13,7221	-5,4442
		2,00	-8,7191 <sup>*</sup>	1,44943	,000	-12,4913	-4,9469
		3,00	-7,9346 <sup>*</sup>	1,59033	,000	-12,0736	-3,7956
Bonferroni	1,00	2,00	,8640	1,49300	1,000	-3,1361	4,8641

	3,00	1,6485	1,63014	1,000	-2,7190	6,0160
	4,00	9,5831*	1,59033	,000	5,3222	13,8440
2,00	1,00	-,8640	1,49300	1,000	-4,8641	3,1361
	3,00	,7845	1,49300	1,000	-3,2156	4,7846
	4,00	8,7191*	1,44943	,000	4,8357	12,6024
3,00	1,00	-1,6485	1,63014	1,000	-6,0160	2,7190
	2,00	-,7845	1,49300	1,000	-4,7846	3,2156
	4,00	7,9346*	1,59033	,000	3,6737	12,1955
4,00	1,00	-9,5831*	1,59033	,000	-13,8440	-5,3222
	2,00	-8,7191*	1,44943	,000	-12,6024	-4,8357
	3,00	-7,9346*	1,59033	,000	-12,1955	-3,6737

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = 136,855.

\*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0,05.

**Tabla A.3.4 Resumen del resultado obtenido con las comparaciones múltiples. Los grupos que no difieren entre si están agrupados en el mismo subconjunto y los grupos cuyas medias difieran forman parte de subconjuntos diferentes.**

#### Subconjuntos homogéneos

		Turbidez		
	Tratamiento	N	Subconjunto	
			1	2
Student-Newman-Keuls <sup>a</sup> ,b,c	4,00	114	22,7042	
	3,00	103		30,6389
	2,00	152		31,4233
	1,00	103		32,2874
	Sig.		1,000	,535
DHS de Tukey <sup>a</sup> ,b,c	4,00	114	22,7042	
	3,00	103		30,6389
	2,00	152		31,4233
	1,00	103		32,2874
	Sig.		1,000	,709

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = 136,855.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 115,047

b. Los tamaños de los grupos son distintos. Se empleará la media armónica de los tamaños de los grupos. No se garantizan los niveles de error tipo I.

c. Alfa = 0,05.

Variable dependiente Amonio.**Tabla A.3.5 Nombre de variables independientes (factores), y el número de casos que hay en cada grupo.**

Factores inter-sujetos			N
Tratamiento	Decantador 2008	1,00	87
	Decantador 2009	2,00	45
	HUSB 2008	3,00	105
	HUSB 2009	4,00	108

**Tabla A.3.6 Fuentes de variación, sumas de cuadrados, grados de libertad (gl), medias cuadráticas, estadísticos F y los niveles de significación (Sig.) asociados a cada estadístico.**

## Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente:Amonio

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	689497,775 <sup>a</sup>	221	3119,899	63,849	,000
Tratamiento	440,427	2	220,213	4,507	,013
Tiempo	78413,233	217	361,351	7,395	,000
Error	6059,062	124	48,863		
Total	695556,837	345			

a. R cuadrado = ,991 (R cuadrado corregida = ,976)

**Tabla A.3.7 Resultado obtenido con los procedimientos DHS de Tukey y Bonferroni.**

## Comparaciones múltiples

Variable dependiente:Amonio

	(I)Tratamiento	(J)Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Error típ.	Sig.	Intervalo de confianza 95%	
						Límite inferior	Límite superior
DHS de Tukey	1,00	2,00	1,3927	1,28355	,699	-1,9499	4,7354
		3,00	,2414	1,01342	,995	-2,3978	2,8805
		4,00	-11,0192 <sup>*</sup>	1,00702	,000	-13,6417	-8,3967
	2,00	1,00	-1,3927	1,28355	,699	-4,7354	1,9499
		3,00	-1,1514	1,24548	,792	-4,3949	2,0921
		4,00	-12,4119 <sup>*</sup>	1,24028	,000	-15,6419	-9,1820
	3,00	1,00	-,2414	1,01342	,995	-2,8805	2,3978
		2,00	1,1514	1,24548	,792	-2,0921	4,3949
		4,00	-11,2606 <sup>*</sup>	,95802	,000	-13,7555	-8,7657
	4,00	1,00	11,0192	1,00702	,000	8,3967	13,6417
		2,00	12,4119 <sup>*</sup>	1,24028	,000	9,1820	15,6419
		3,00	11,2606 <sup>*</sup>	,95802	,000	8,7657	13,7555
Bonferroni	1,00	2,00	1,3927	1,28355	1,000	-2,0488	4,8343
		3,00	,2414	1,01342	1,000	-2,4758	2,9586

	4,00		-11,0192*	1,00702	,000	-13,7192	-8,3191
2,00	1,00		-1,3927	1,28355	1,000	-4,8343	2,0488
	3,00		-1,1514	1,24548	1,000	-4,4908	2,1881
	4,00		-12,4119*	1,24028	,000	-15,7374	-9,0864
3,00	1,00		-,2414	1,01342	1,000	-2,9586	2,4758
	2,00		1,1514	1,24548	1,000	-2,1881	4,4908
	4,00		-11,2606*	,95802	,000	-13,8293	-8,6919
4,00	1,00		11,0192*	1,00702	,000	8,3191	13,7192
	2,00		12,4119*	1,24028	,000	9,0864	15,7374
	3,00		11,2606*	,95802	,000	8,6919	13,8293

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = 48,863.

\*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0,05.

**Tabla A.3.8 Resumen del resultado obtenido con las comparaciones múltiples. Los grupos que no difieren entre si están agrupados en el mismo subconjunto y los grupos cuyas medias difieran forman parte de subconjuntos diferentes.**

#### Subconjuntos homogéneos

	Amonio			
	Tratamiento	N	Subconjunto	
			1	2
Student-Newman-Keuls <sup>a</sup> ,b,c	2,00	45	37,1643	
	3,00	105	38,3157	
	1,00	87	38,5571	
	4,00	108		49,5763
	Sig.		,438	1,000
DHS de Tukey <sup>a</sup> ,b,c	2,00	45	37,1643	
	3,00	105	38,3157	
	1,00	87	38,5571	
	4,00	108		49,5763
	Sig.		,609	1,000

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = 48,863.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 76,191

b. Los tamaños de los grupos son distintos. Se empleará la media armónica de los tamaños de los grupos. No se garantizan los niveles de error tipo I.

c. Alfa = 0,05.

### A.3.2) Estudio de los Efluentes de los Humedales



Variable dependiente Turbidez.**Tabla A.3.9 Nombre de variables independientes (factores), y el número de casos que hay en cada grupo.**

Factores inter-sujetos			N
Tratamiento	Línea Control	1,00	292
	Línea Batch	2,00	285
	Línea Anaerobia	3,00	297

**Tabla A.3.10 Fuentes de variación, sumas de cuadrados, grados de libertad (gl), medias cuadráticas, estadísticos F y los niveles de significación (Sig.) asociados a cada estadístico.**

## Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Turbidez

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	3527,639 <sup>a</sup>	304	11,604	18,166	,000
Tratamiento	10,891	2	5,446	8,525	,000
Tiempo	535,483	301	1,779	2,785	,000
Error	364,105	570	,639		
Total	3891,744	874			

a. R cuadrado = ,906 (R cuadrado corregida = ,857)

**Tabla A.3.11 Resultado obtenido con los procedimientos DHS de Tukey y Bonferroni.**

## Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Turbidez

	(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Error típ.	Sig.	Intervalo de confianza 95%	
						Límite inferior	Límite superior
DHS de Tukey	1,00	2,00	,1781 <sup>*</sup>	,06655	,021	,0217	,3345
		3,00	-,0867	,06587	,386	-,2415	,0680
	2,00	1,00	-,1781	,06655	,021	-,3345	-,0217
		3,00	-,2648 <sup>*</sup>	,06627	,000	-,4206	-,1091
	3,00	1,00	,0867	,06587	,386	-,0680	,2415
		2,00	,2648 <sup>*</sup>	,06627	,000	,1091	,4206
Bonferroni	1,00	2,00	,1781	,06655	,023	,0183	,3379
		3,00	-,0867	,06587	,565	-,2449	,0714
	2,00	1,00	-,1781	,06655	,023	-,3379	-,0183
		3,00	-,2648 <sup>*</sup>	,06627	,000	-,4240	-,1057
	3,00	1,00	,0867	,06587	,565	-,0714	,2449
		2,00	,2648 <sup>*</sup>	,06627	,000	,1057	,4240

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = ,639.

\*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0,05.

**Tabla A.3.12 Resumen del resultado obtenido con las comparaciones múltiples. Los grupos que no difieren entre si están agrupados en el mismo subconjunto y los grupos cuyas medias difieran forman parte de subconjuntos diferentes.**

## Subconjuntos homogéneos

## Turbidez

	Tratamiento	N	Subconjunto	
			1	2
Student-Newman-Keuls <sup>a</sup> ,b,c	2,00	285	1,6975	
	1,00	292		1,8756
	3,00	297		1,9623
	Sig.		1,000	,191
DHS de Tukey <sup>a</sup> ,b,c	2,00	285	1,6975	
	1,00	292		1,8756
	3,00	297		1,9623
	Sig.		1,000	,390

Variable dependiente Amonio.

Tabla A.3.13 Nombre de variables independientes (factores), y el número de casos que hay en cada grupo.

## Factores inter-sujetos

			N
Tratamiento	Línea Control	1,00	256
	Línea Batch	2,00	240
	Línea Anaerobia	3,00	259

Tabla A.3.14 Fuentes de variación, sumas de cuadrados, grados de libertad (gl), medias cuadráticas, estadísticos F y los niveles de significación (Sig.) asociados a cada estadístico.

## Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente:Amonio

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	78363,984 <sup>a</sup>	269	291,316	11,541	,000
Tratamiento	4551,833	2	2275,917	90,162	,000
Tiempo	51306,565	266	192,882	7,641	,000
Error	12267,896	486	25,243		
Total	90631,880	755			

a. R cuadrado = ,865 (R cuadrado corregida = ,790)

Tabla A.3.15 Resultado obtenido con los procedimientos DHS de Tukey y Bonferroni.

## Comparaciones múltiples

Variable dependiente:Amonio

	(I)Tratamiento	(J)Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Error típ.	Sig.	Intervalo de confianza 95%	
						Límite inferior	Límite superior
DHS de Tukey	1,00	2,00	4,3186*	,45142	,000	3,2574	5,3799
		3,00	-1,2621*	,44279	,013	-2,3031	-,2211
	2,00	1,00	-4,3186*	,45142	,000	-5,3799	-3,2574
		3,00	-5,5807*	,45015	,000	-6,6390	-4,5224
	3,00	1,00	1,2621*	,44279	,013	,2211	2,3031
		2,00	5,5807*	,45015	,000	4,5224	6,6390
Bonferroni	1,00	2,00	4,3186*	,45142	,000	3,2342	5,4031
		3,00	-1,2621*	,44279	,014	-2,3258	-,1984
	2,00	1,00	-4,3186*	,45142	,000	-5,4031	-3,2342
		3,00	-5,5807*	,45015	,000	-6,6621	-4,4993
	3,00	1,00	1,2621*	,44279	,014	,1984	2,3258
		2,00	5,5807*	,45015	,000	4,4993	6,6621

Basadas en las medias observadas.  
 El término de error es la media cuadrática(Error) = 25,243.  
 \*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0,05.

**Tabla A.3.16 Resumen del resultado obtenido con las comparaciones múltiples. Los grupos que no difieren entre si están agrupados en el mismo subconjunto y los grupos cuyas medias difieran forman parte de subconjuntos diferentes.**

Subconjuntos homogéneos

Amonio

	Tratamiento	N	Subconjunto		
			1	2	3
Student-Newman-Keuls <sup>a,b,c</sup>	2,00	240	2,1209		
	1,00	256		6,4395	
	3,00	259			7,7016
	Sig.		1,000	1,000	1,000
DHS de Tukey <sup>a,b,c</sup>	2,00	240	2,1209		
	1,00	256		6,4395	
	3,00	259			7,7016
	Sig.		1,000	1,000	1,000

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.  
 Basadas en las medias observadas.  
 El término de error es la media cuadrática(Error) = 25,243.

- a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 251,384
- b. Los tamaños de los grupos son distintos. Se empleará la media armónica de los tamaños de los grupos. No se garantizan los niveles de error tipo I.
- c. Alfa = 0,05.

Variable dependiente Potencial Redox.

**Tabla A.3.17 Nombre de variables independientes (factores), y el número de casos que hay en cada grupo.****Factores inter-sujetos**

			N
Tratamiento	Línea Control	1,00	256
	Línea Batch	2,00	240

**Tabla A.3.18 Fuentes de variación, sumas de cuadrados, grados de libertad (gl), medias cuadráticas, estadísticos *F* y los niveles de significación (Sig.) asociados a cada estadístico.****Pruebas de los efectos inter-sujetos**

Variable dependiente: Redox

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	9380593,099	298	31478,500	3,969	,000
Intersección	76629,867	1	76629,867	9,663	,002
Tiempo	9263913,374	297	31191,628	3,933	,000
Tratamiento	186770,761	1	186770,761	23,552	,000
Error	2236319,403	282	7930,211		
Total	11765482,603	581			
Total corregida	11616912,502	580			

a. R cuadrado = ,807 (R cuadrado corregida = ,604)

## ANEXO 4

### TABLA RESUMEN DE DATOS



**ANEXO 4**Turbidez

Día		Turbidez				
		H (anaerob.)	H (cont.)	H (batch)	HUSB	Dec.
01/07/2008	Martes					
02/07/2008	Miércoles					
03/07/2008	Jueves					
04/07/2008	Viernes					
05/07/2008	Sábado					
06/07/2008	Domingo					
07/07/2008	Lunes					
08/07/2008	Martes					
09/07/2008	Miércoles					
10/07/2008	Jueves	0,0740	0,0871	0,0681	16,0944	
11/07/2008	Viernes	2,5482	2,2704	2,6472	18,5496	
12/07/2008	Sábado	1,9171	1,6361	3,6841	50,2126	51,0647
13/07/2008	Domingo	4,5701	5,3826	2,9578	20,6864	13,8423
14/07/2008	Lunes	3,1705	3,0283		14,1389	19,6053
15/07/2008	Martes	3,8249	2,3029	2,2187	26,1463	36,3116
16/07/2008	Miércoles	1,9734	1,4120	2,9229	32,0273	
17/07/2008	Jueves	2,8955	0,9655	2,9317	37,9333	37,3722
18/07/2008	Viernes		1,4453	2,8462	34,0206	28,3043
19/07/2008	Sábado	1,8845	1,4304	1,9407	29,4977	31,0260
20/07/2008	Domingo	1,7393	1,3536	1,6931	37,3725	
21/07/2008	Lunes	2,8492	1,6689	3,3988	40,9138	45,6535
22/07/2008	Martes	2,5904	1,4355	4,4918	50,3846	32,2150
23/07/2008	Miércoles	1,3864	0,9754	1,5203	29,0794	
24/07/2008	Jueves	1,3194	0,9165	1,8427	24,3463	28,5516
25/07/2008	Viernes	0,7243	0,7965	2,0874	23,7677	30,9536
26/07/2008	Sábado	0,7605	0,6976	1,2027	17,0225	24,7584
27/07/2008	Domingo	0,7833	0,7904	1,9658	14,0201	18,2231
28/07/2008	Lunes	0,9851	1,2800	2,3283	16,5824	36,8443
29/07/2008	Martes	2,7276	1,3878	3,1966	35,4234	46,7639
30/07/2008	Miércoles	5,2304	2,5492	3,7086	33,0831	46,6766
31/07/2008	Jueves	2,1461	2,3076	2,4890	40,9081	61,2230
01/08/2008	Viernes		1,7488	2,0854	28,5612	39,0560
02/08/2008	Sábado	1,9714	1,6999			
03/08/2008	Domingo	1,4532	1,5943	2,1796	24,2912	33,2730
04/08/2008	Lunes	1,4744	1,5891	2,0215	12,0063	15,9993
05/08/2008	Martes	1,5043				
06/08/2008	Miércoles		1,8210	2,7934	25,4098	27,3007
07/08/2008	Jueves	1,7853	2,9914	3,6682	28,9835	43,9050
08/08/2008	Viernes	1,2582			40,7014	52,5629
09/08/2008	Sábado	1,3650	1,3180	2,4236	21,6038	
10/08/2008	Domingo	1,2522	1,2919	0,6676		
11/08/2008	Lunes	1,3743	1,4265	0,6105		
12/08/2008	Martes	1,1935	1,3983	2,0687		
13/08/2008	Miércoles	1,3247	2,2391			30,4400
14/08/2008	Jueves	1,4481	1,5792	4,0920		
15/08/2008	Viernes	1,4363	1,7665	2,9656	19,6258	28,2802
16/08/2008	Sábado	1,4826	1,4282	2,3970	11,0879	11,3883
17/08/2008	Domingo	6,0959	1,5860	2,3764		
18/08/2008	Lunes	2,4999	1,5555	2,4426		11,4057
19/08/2008	Martes	3,1138	1,6609	2,5434	15,0453	21,9911
20/08/2008	Miércoles	2,5260				
21/08/2008	Jueves	1,7880	1,5924			
22/08/2008	Viernes					
23/08/2008	Sábado					

24/08/2008	Domingo					
25/08/2008	Lunes					
26/08/2008	Martes					
27/08/2008	Miércoles					
28/08/2008	Jueves					
29/08/2008	Viernes					
30/08/2008	Sábado					
31/08/2008	Domingo					
01/09/2008	Lunes					
02/09/2008	Martes					
03/09/2008	Miércoles					
04/09/2008	Jueves					
05/09/2008	Viernes					
06/09/2008	Sábado					
07/09/2008	Domingo					
08/09/2008	Lunes					
09/09/2008	Martes	1,7148	2,4398	4,9746	41,5147	56,9565
10/09/2008	Miércoles	1,7451	2,2949	4,7759	14,9174	18,6470
11/09/2008	Jueves	1,7329	3,1739	5,9392	10,3573	11,5010
12/09/2008	Viernes	1,4588	3,0119	5,0452	9,8589	10,6739
13/09/2008	Sábado	1,5557	2,6392	3,2746	11,0260	10,8591
14/09/2008	Domingo	1,4326	2,2075	2,8705	9,6999	10,2311
15/09/2008	Lunes	1,5859	2,2548	3,2195	14,8456	18,7917
16/09/2008	Martes	1,9092	2,6719	1,1349	25,6946	
17/09/2008	Miércoles	1,9060	2,9121	6,3412	43,0173	30,7518
18/09/2008	Jueves	1,6597	3,0323	5,1547	41,3214	45,5206
19/09/2008	Viernes	1,4918	3,3335	5,5365	28,1447	40,9040
20/09/2008	Sábado	1,3070	3,1114	3,9002	17,3539	18,7360
21/09/2008	Domingo	1,2383	2,8727	3,1293	15,6953	17,3723
22/09/2008	Lunes	1,2841	2,5705	2,5854	27,0501	32,7543
23/09/2008	Martes	3,9784				
24/09/2008	Miércoles	3,0123	2,9138	2,2998	16,5446	24,0090
25/09/2008	Jueves	2,1340	2,0371	1,6410		
26/09/2008	Viernes	1,6466	2,4615	1,5587	40,4770	36,6192
27/09/2008	Sábado	1,8823	2,2593	0,7262		
28/09/2008	Domingo	1,5107				
29/09/2008	Lunes	1,4253				
30/09/2008	Martes	1,6749	1,7621	1,7405		
01/10/2008	Miércoles	1,4332	1,8159	2,2731	27,9546	33,6497
02/10/2008	Jueves	1,5480	1,7361	2,5195		
03/10/2008	Viernes	1,4813	1,7579	2,0628	41,9308	47,0070
04/10/2008	Sábado	1,7299	1,7024	2,1249	40,3703	42,0536
05/10/2008	Domingo	1,3385	1,1764	1,5387	28,2376	31,0503
06/10/2008	Lunes	1,2586				
07/10/2008	Martes	1,1671				
08/10/2008	Miércoles	1,2487	1,4671	1,8200	30,0649	27,2790
09/10/2008	Jueves	1,3218	1,3707	1,7020	36,3660	33,1409
10/10/2008	Viernes	1,4715	1,2356	1,6639	45,5133	42,9085
11/10/2008	Sábado	1,5715	1,4522	2,1353	51,9733	55,0240
12/10/2008	Domingo	1,4078	1,3309	2,9622	37,8292	31,4516
13/10/2008	Lunes	1,4875	1,3848	2,6681	52,4831	53,1679
14/10/2008	Martes	1,5453	1,4723	4,8545	48,2917	50,6084
15/10/2008	Miércoles	1,6794	0,6535	0,8585		
16/10/2008	Jueves	1,7565	0,6322	0,8084		
17/10/2008	Viernes	1,5244				
18/10/2008	Sábado	2,5342	2,1126	3,3415		
19/10/2008	Domingo	2,3421	1,6991	2,7816	33,3014	31,8116
20/10/2008	Lunes	1,5979	1,4017	2,1137	28,1887	28,4959
21/10/2008	Martes	1,3846	1,2163	1,6292	38,0563	40,7703
22/10/2008	Miércoles	1,3790	1,2429	1,5748	44,0860	
23/10/2008	Jueves	1,3632	1,2960	1,4395	34,7382	34,8062
24/10/2008	Viernes	1,3178	1,2616	1,2169	33,8937	
25/10/2008	Sábado	0,6293				



26/10/2008	Domingo	1,2433	1,3587	1,3808	25,3274	22,5618
27/10/2008	Lunes	1,1024	0,4793	0,5450		
28/10/2008	Martes	1,0527	1,0869	1,5676		
29/10/2008	Miércoles	3,1349	1,9971	2,4396	42,4553	27,9072
30/10/2008	Jueves	3,2460	1,9838	3,5950	20,8431	20,7031
31/10/2008	Viernes	2,6131	1,6959	2,5928	26,4625	
01/11/2008	Sábado	2,3215	1,2698	2,2349	18,0802	13,1641
02/11/2008	Domingo	3,0391	1,0994	1,9822	21,2705	15,1881
03/11/2008	Lunes	3,1770	1,2616	1,7816	11,9889	10,3424
04/11/2008	Martes	2,2581	1,0569	1,4155	18,3070	16,6592
05/11/2008	Miércoles	1,5986	0,9564	1,1677	33,8410	27,4321
06/11/2008	Jueves					
07/11/2008	Viernes					
08/11/2008	Sábado					
09/11/2008	Domingo					
10/11/2008	Lunes					
11/11/2008	Martes					
12/11/2008	Miércoles					
13/11/2008	Jueves					
14/11/2008	Viernes					
15/11/2008	Sábado	1,5799	1,4335	1,9428	33,2632	33,9660
16/11/2008	Domingo	1,5845	1,4858	1,3057	23,9121	22,5431
17/11/2008	Lunes	1,5662	1,5375	1,1796	19,9785	18,7841
18/11/2008	Martes	1,5179	1,4745	1,1044	36,8098	35,8793
19/11/2008	Miércoles	1,5762	1,5326	1,3014	37,6395	38,9112
20/11/2008	Jueves	3,0178	1,2809	1,5586	44,6016	48,2363
21/11/2008	Viernes	2,4872	1,2238	2,2991	44,3013	40,5027
22/11/2008	Sábado	2,5352	1,1681	1,8785	38,1860	32,7358
23/11/2008	Domingo	2,6555	1,1715	1,7144		
24/11/2008	Lunes	1,4828	1,0434	1,2140		
25/11/2008	Martes	1,1635	0,9783	0,9240		63,6366
26/11/2008	Miércoles	1,2208	0,8426	1,0017	65,2439	67,9368
27/11/2008	Jueves	1,6215	0,8481	0,8514	59,4559	63,0544
28/11/2008	Viernes	2,6012	1,0584	1,1933	29,8876	30,0626
29/11/2008	Sábado					
30/11/2008	Domingo					
01/12/2008	Lunes					
02/12/2008	Martes	2,6743	2,9484	1,0230	66,5498	65,4763
03/12/2008	Miércoles	2,6790	3,0381	1,6307	55,5460	42,1557
04/12/2008	Jueves	2,7814	3,4352	1,4428	51,7370	42,1016
05/12/2008	Viernes	2,9363	4,5321	3,1187	49,4898	44,0085
06/12/2008	Sábado	2,7128	4,1088	2,5112	27,7759	22,3328
07/12/2008	Domingo	2,1954	3,6834	2,7166	16,9110	12,6552
08/12/2008	Lunes	2,4312	3,4566	2,5384	31,2943	27,6752
09/12/2008	Martes	2,2962	3,5954	2,4556	33,0348	32,0962
10/12/2008	Miércoles	2,5543	3,1661	2,1011	38,3887	42,4950
11/12/2008	Jueves	2,3278	3,1110	1,6150	34,3480	33,1057
12/12/2008	Viernes	2,1197	2,9911	1,4564	37,0187	36,9378
13/12/2008	Sábado	1,9512	2,9132	1,4898	29,6957	31,7640
14/12/2008	Domingo	1,6692	3,5268	1,2665	20,1758	15,6888
15/12/2008	Lunes	1,1656	3,3861	1,4338	19,6601	18,1791
16/12/2008	Martes	1,1289	3,2753	1,1021	29,6618	29,1262
17/12/2008	Miércoles	1,5253	3,6516	2,1625	24,3600	21,1836
18/12/2008	Jueves	2,3614	3,2932	0,8355	33,3863	38,0678
19/12/2008	Viernes	2,0827	2,8292	1,0223	29,8107	31,6054
20/12/2008	Sábado	2,7577	3,1795	1,1636	38,1131	42,2458
21/12/2008	Domingo	3,5175	3,6210	1,7055	28,1090	28,5102
22/12/2008	Lunes	3,3260	4,1196	1,9614	26,4133	28,4878
23/12/2008	Martes	3,4190	4,2373	2,1380	22,7628	
24/12/2008	Miércoles	3,2189	3,5959	1,6344	35,8363	34,5183
25/12/2008	Jueves	3,4479	3,6846	1,5388	30,6459	35,0440
26/12/2008	Viernes	3,3064	3,9391	1,7809	31,1048	34,6091
27/12/2008	Sábado	4,2718	5,6897	2,2450	18,4301	12,7779

28/12/2008	Domingo	3,0930	3,5314	1,7167	11,3048	
29/12/2008	Lunes					
30/12/2008	Martes					
31/12/2008	Miércoles					
01/01/2009	Jueves	2,7940	2,6789	1,1877	16,8320	
02/01/2009	Viernes	3,2179	2,6308	1,3366	26,5988	51,4988
03/01/2009	Sábado	3,7964	2,6496	1,2140	21,7895	28,5397
04/01/2009	Domingo	3,7516	3,2091	1,8749		
05/01/2009	Lunes					
06/01/2009	Martes					
07/01/2009	Miércoles					
08/01/2009	Jueves					
09/01/2009	Viernes					
10/01/2009	Sábado					
11/01/2009	Domingo					
12/01/2009	Lunes					
13/01/2009	Martes	5,2422	5,6116	2,2130	28,6227	
14/01/2009	Miércoles	3,9029	5,4180	2,5935	32,2644	
15/01/2009	Jueves	3,3160	4,5024	2,1477	36,0400	
16/01/2009	Viernes	2,6953	3,8437	1,9760	28,1090	28,5102
17/01/2009	Sábado					
18/01/2009	Domingo					
19/01/2009	Lunes					
20/01/2009	Martes					
21/01/2009	Miércoles	2,8493	3,4677	2,7136	27,7578	31,3533
22/01/2009	Jueves	2,8453	3,3381	2,6381	34,7969	38,0457
23/01/2009	Viernes	3,1465	3,1769	2,2532	34,4077	40,6461
24/01/2009	Sábado	3,1786	3,2407	1,9656	32,7602	45,5466
25/01/2009	Domingo	1,9651	2,1144			
26/01/2009	Lunes	1,3902	1,6579	1,3069	31,7759	44,9877
27/01/2009	Martes	1,2352	1,5700	1,9592	31,0020	35,2662
28/01/2009	Miércoles	2,5904	2,8814	0,9618	27,2464	33,4028
29/01/2009	Jueves	2,5305	3,0766	1,2606	31,4090	36,2137
30/01/2009	Viernes	3,0315	3,3323	1,5725	39,6367	45,5382
31/01/2009	Sábado	3,9724	3,5342	2,2937	29,2252	36,0059
01/02/2009	Domingo	4,4407	4,5304	2,4498	17,8090	12,6868
02/02/2009	Lunes					
03/02/2009	Martes					
04/02/2009	Miércoles					
05/02/2009	Jueves					
06/02/2009	Viernes					
07/02/2009	Sábado					
08/02/2009	Domingo					
09/02/2009	Lunes					
10/02/2009	Martes	1,8535	1,8524	1,1407	20,4216	23,6604
11/02/2009	Miércoles	1,8957	1,5796	1,0715	17,3208	22,7283
12/02/2009	Jueves	1,8382	2,0272	1,1794	21,1914	28,9224
13/02/2009	Viernes	1,9621	2,3570	1,0337	18,6780	21,0385
14/02/2009	Sábado	1,8720	2,0569	1,0840	16,2337	16,6530
15/02/2009	Domingo	1,8263	1,9079	0,9915	11,6628	13,4644
16/02/2009	Lunes	1,8098	1,7951	1,2259	16,7349	14,9135
17/02/2009	Martes	1,8834	1,8038	1,7268	20,7900	24,1426
18/02/2009	Miércoles	1,8243	1,7223	1,1552	24,5492	30,8944
19/02/2009	Jueves	1,8371	1,5271	0,8585	28,7469	32,2680
20/02/2009	Viernes	1,6648	1,3941	1,0727	34,8127	41,5576
21/02/2009	Sábado	1,8199	1,5311	1,0723	27,3267	21,5054
22/02/2009	Domingo	1,8990	1,4733	0,8769	17,1590	15,8781
23/02/2009	Lunes	1,8333	1,4662	0,7894	13,5068	15,9169
24/02/2009	Martes	2,0477	1,6061	0,8683	17,5575	28,8155
25/02/2009	Miércoles	2,3018	2,3205	0,8517	22,7567	33,5381
26/02/2009	Jueves	1,8470	1,2933	2,0401	21,8294	31,1975
27/02/2009	Viernes	1,8113	1,3512	0,9419	18,6751	21,6798
28/02/2009	Sábado	1,9536	1,4557	1,3116	30,2088	36,4970

01/03/2009	Domingo	1,6926	1,2911	0,9802	21,3036	22,2826
02/03/2009	Lunes	1,6950	1,3538	1,3333	17,6657	27,4474
03/03/2009	Martes	1,6967	1,3575	1,1763	25,3154	33,2543
04/03/2009	Miércoles	1,6104	1,2836	1,3359	16,3600	16,2824
05/03/2009	Jueves	1,6639	1,2684	1,1465		
06/03/2009	Viernes	1,5851	1,2007	3,3925		26,2251
07/03/2009	Sábado	1,5852	1,4021	1,0582	15,4950	18,3379
08/03/2009	Domingo	1,7723	1,3293	0,9058	31,0950	15,0152
09/03/2009	Lunes	1,9390	1,1712	0,9162		26,7058
10/03/2009	Martes	1,4356	1,0181	0,7794	19,2378	21,6637
11/03/2009	Miércoles	1,5884	1,0451	1,3967	21,4631	28,0505
12/03/2009	Jueves	1,6133	1,0483	0,9215	25,5464	30,9077
13/03/2009	Viernes	1,8686	1,0585	0,9416	19,4272	
14/03/2009	Sábado	1,5997	1,0048	0,8637	15,6377	18,6108
15/03/2009	Domingo	1,6870	0,9739	0,9820	10,6527	10,5948
16/03/2009	Lunes	1,7801	1,0342	0,9058		
17/03/2009	Martes	1,6525	0,9086	0,7249	15,1761	
18/03/2009	Miércoles	1,5831	0,8140	0,6504	17,9675	
19/03/2009	Jueves	1,4543	0,7369	0,6285	31,5018	35,5982
20/03/2009	Viernes	2,8204	1,8338	1,5148	48,6413	54,6887
21/03/2009	Sábado	3,3043	2,7743	2,8163	45,9472	50,7411
22/03/2009	Domingo	5,0893	4,2736	3,9374	40,4009	51,0856
23/03/2009	Lunes	4,0088	3,5507	3,4878		39,5977
24/03/2009	Martes	3,4483	2,7556	3,0634		33,5901
25/03/2009	Miércoles	2,0526	1,7866	3,4314		34,4877
26/03/2009	Jueves	1,6114	1,6539	1,6442		42,2921
27/03/2009	Viernes	1,5288	1,7611	1,2321	46,3274	55,9020
28/03/2009	Sábado	1,4765	0,9210			
29/03/2009	Domingo	3,9256	1,3041	0,9999	33,1457	
30/03/2009	Lunes	2,5655	1,4005	0,9956	49,9250	56,4990
31/03/2009	Martes	2,4227	1,3868	0,8065		
01/04/2009	Miércoles					
02/04/2009	Jueves					
03/04/2009	Viernes	2,7162	2,0573	1,2645	20,6474	20,9642
04/04/2009	Sábado	2,1367	1,6840	0,8395	32,1257	34,2608
05/04/2009	Domingo	2,5592	1,5595	2,6302	27,0335	28,9111
06/04/2009	Lunes	2,6842	1,3534	0,8865		19,0682
07/04/2009	Martes					
08/04/2009	Miércoles	1,3300	1,0747	1,0446		29,0566
09/04/2009	Jueves	1,1717	1,1988	0,7244		20,3855
10/04/2009	Viernes	1,0726	1,0209	0,8008	16,8904	17,2949
11/04/2009	Sábado	1,2089	2,3141	0,8941	18,6319	17,2191
12/04/2009	Domingo	1,3828	1,0846	0,6922	16,0762	13,4938
13/04/2009	Lunes	1,2981	0,8726	0,6673	15,1729	11,9456
14/04/2009	Martes	1,1251	1,2643	0,6301	22,3291	29,0545
15/04/2009	Miércoles	1,1292	1,2162	0,7678	23,2237	16,5217
16/04/2009	Jueves	1,1598	0,9843	0,9591	39,9033	38,3389
17/04/2009	Viernes	1,6022	1,0360	0,7344	30,7120	42,6700
18/04/2009	Sábado	1,4332	0,9781	0,6639	21,8100	20,1296
19/04/2009	Domingo	1,2170	0,9028	0,7731	19,6612	18,3414
20/04/2009	Lunes	0,9757	0,9900	0,7135	25,5507	29,2288
21/04/2009	Martes	0,9139	1,0702	1,8149	35,4963	34,1475
22/04/2009	Miércoles					
23/04/2009	Jueves					
24/04/2009	Viernes					
25/04/2009	Sábado					
26/04/2009	Domingo					
27/04/2009	Lunes	1,0845	0,8515	0,8321	15,1318	16,7842
28/04/2009	Martes	1,0898	1,0121	1,2782	29,0198	34,8082
29/04/2009	Miércoles	1,3302	0,9715	1,1259	40,3881	51,6110
30/04/2009	Jueves	1,2542	1,0994	0,8412	35,7038	44,7909
01/05/2009	Viernes	0,8464	0,9499	0,8153	16,9489	13,0553
02/05/2009	Sábado	0,9747	0,7632	0,7342	38,8610	21,0841

03/05/2009	Domingo	1,0831	0,9881	0,9006	10,3892	10,8452
04/05/2009	Lunes	1,1276	1,9955	1,4324	10,1092	28,1410
05/05/2009	Martes	1,0041	0,3104	1,0676	13,4260	18,3747
06/05/2009	Miércoles	1,0973	0,2799	0,4015	29,8958	32,8235
07/05/2009	Jueves	1,0994	0,9510	1,5885	23,7365	34,8946
08/05/2009	Viernes	1,0661	2,1776	1,7163	21,3774	34,8127
09/05/2009	Sábado	1,0524	1,5656	1,0034	24,2067	38,8328
10/05/2009	Domingo	1,0404	1,2737	1,5688	17,9650	28,6547
11/05/2009	Lunes	1,0108	1,1000	1,2080	29,0404	39,8682
12/05/2009	Martes	1,0129	1,0316	1,1920	22,2751	37,4539
13/05/2009	Miércoles	1,0447	1,1479	1,4931	19,3816	31,0182
14/05/2009	Jueves	0,9950	0,9914	1,3641	21,9013	50,4952
15/05/2009	Viernes	1,7914	1,2379	1,7057	19,9943	31,9836
16/05/2009	Sábado	0,9446	1,1105	1,5997	20,2516	33,2011
17/05/2009	Domingo	1,1677	1,1862	0,6025	16,1884	18,7210
18/05/2009	Lunes	0,9871	0,9043	0,3102	14,1097	19,9217
19/05/2009	Martes	1,1736	0,3691	0,3469	17,9531	
20/05/2009	Miércoles	1,2994	0,8930	0,2887	21,4963	41,5523
21/05/2009	Jueves	1,2985	0,9372	0,6302	18,9096	31,2301
22/05/2009	Viernes	1,5214	4,1318	0,3044	13,3195	58,4854
23/05/2009	Sábado	1,6469	2,1770	3,3124	27,0615	48,0592
24/05/2009	Domingo	1,4893	2,5541	3,5317	16,3342	33,2920
25/05/2009	Lunes	1,3351	2,0284	3,0185	16,4301	36,5380
26/05/2009	Martes	1,3078	1,8108	2,3540	21,3502	59,3220
27/05/2009	Miércoles					
28/05/2009	Jueves	1,2605	4,0411	2,3103	22,8487	40,8534
29/05/2009	Viernes	1,3792	1,7248	2,1362	13,2468	26,5140
30/05/2009	Sábado	1,4557	1,6684	2,4152	33,9908	50,1002
31/05/2009	Domingo	2,6270	1,2251	2,0020	18,8560	31,0518
01/06/2009	Lunes	0,4069	5,0297	1,9798	14,1506	21,8318
02/06/2009	Martes	0,3635	0,2988	0,3453	17,0127	40,0499
03/06/2009	Miércoles	5,9288	2,3722	1,1644	21,2126	46,1436
04/06/2009	Jueves	3,8413	1,9825	1,7257	26,3592	
05/06/2009	Viernes	2,6645	2,0191	0,7516	32,9705	57,6146
06/06/2009	Sábado	2,4065	1,3630	0,8721	24,3265	40,9355
07/06/2009	Domingo	2,3229	1,2393	0,7217	21,8106	
08/06/2009	Lunes	2,2068	1,4539	0,8731	19,5944	45,0962
09/06/2009	Martes	1,6996	2,1345		21,8911	38,1127
10/06/2009	Miércoles	2,0646	2,7753	0,7571	26,9534	40,9047
11/06/2009	Jueves	1,8969	1,7834	0,7635	22,0504	30,6014
12/06/2009	Viernes	2,0490	1,4479	0,6897	23,0969	37,4834
13/06/2009	Sábado					
14/06/2009	Domingo	2,7134	1,5704	0,7840	18,3730	36,6210
15/06/2009	Lunes	2,4579	0,2736	0,3296	15,4998	26,5162
16/06/2009	Martes	2,8259	0,2572	0,4102	41,0809	59,6156
17/06/2009	Miércoles	2,6721	0,2886	0,2110		60,2276
18/06/2009	Jueves	2,8000	0,2787	0,3743		48,3144
19/06/2009	Viernes	0,4467	0,2894	0,3238		18,9304
20/06/2009	Sábado	0,2851	0,9940	0,8262		
21/06/2009	Domingo	0,3610	3,7112	0,8200		
22/06/2009	Lunes	0,6210	1,9008	0,7360		
23/06/2009	Martes		2,4363	0,2464		
24/06/2009	Miércoles					
25/06/2009	Jueves					
26/06/2009	Viernes					
27/06/2009	Sábado					
28/06/2009	Domingo					
29/06/2009	Lunes					
30/06/2009	Martes					
01/07/2009	Miércoles					
02/07/2009	Jueves					
03/07/2009	Viernes					
04/07/2009	Sábado					

---

05/07/2009	Domingo				
06/07/2009	Lunes				
07/07/2009	Martes				
08/07/2009	Miércoles				
09/07/2009	Jueves				
10/07/2009	Viernes				
11/07/2009	Sábado				
12/07/2009	Domingo				
13/07/2009	Lunes				
14/07/2009	Martes				
15/07/2009	Miércoles				
16/07/2009	Jueves	2,6558	1,4884	3,1998	13,6802
17/07/2009	Viernes	2,0936	1,3118	2,0209	16,8557
18/07/2009	Sábado	1,9066	1,1619	1,1305	15,8418
19/07/2009	Domingo	1,6677	1,2398	1,1909	
20/07/2009	Lunes	1,8539	1,2724	0,9927	
21/07/2009	Martes	1,8069	1,1787	1,1141	12,6232
22/07/2009	Miércoles	1,4755	1,1954	0,7469	20,1236
23/07/2009	Jueves	1,6222	1,1733	0,8141	17,8879
24/07/2009	Viernes	1,5213	1,8586	0,6493	20,5580
25/07/2009	Sábado	1,5182	1,6017	0,6536	15,5847
26/07/2009	Domingo	1,4778	1,4059	0,5221	
27/07/2009	Lunes		1,4483	0,4420	10,6531
28/07/2009	Martes	0,9487	1,6449	0,3193	20,1553
29/07/2009	Miércoles	2,6545	1,4218	0,6705	21,6436
30/07/2009	Jueves	1,7862	1,5153	0,4921	28,2795
31/07/2009	Viernes	1,7461	1,4020	0,6216	

Amonio

		Amonio				
Día		H (anaerob.)	H (cont.)	H (batch)	HUSB	Dec.
01/07/2008	Martes					
02/07/2008	Miércoles					
03/07/2008	Jueves					
04/07/2008	Viernes					
05/07/2008	Sábado					
06/07/2008	Domingo					
07/07/2008	Lunes					
08/07/2008	Martes					
09/07/2008	Miércoles					
10/07/2008	Jueves	1,1209	1,1078	0,9304		
11/07/2008	Viernes	1,1391	1,0552	0,9060		
12/07/2008	Sábado	1,1954	1,2423	1,0996		
13/07/2008	Domingo	0,8441	0,7323	0,9946		
14/07/2008	Lunes	0,7415	0,9116			
15/07/2008	Martes	0,7097	0,7194	0,9848		
16/07/2008	Miércoles		0,7276	0,7172		
17/07/2008	Jueves				25,9588	
18/07/2008	Viernes				44,4288	9,4844
19/07/2008	Sábado				23,1282	77,2236
20/07/2008	Domingo				74,1966	74,1901
21/07/2008	Lunes				30,5255	45,5111
22/07/2008	Martes	0,5575	0,6125	0,6913		
23/07/2008	Miércoles	0,7075	0,7688		12,0103	
24/07/2008	Jueves	0,2806	0,3008	0,2717	28,1055	20,9928
25/07/2008	Viernes	0,3238	0,4125	0,2807	33,9704	30,8159
26/07/2008	Sábado	1,8474	2,2427	0,6304	31,3507	25,2679
27/07/2008	Domingo	1,1042	1,9249	0,9548	37,0136	34,7192
28/07/2008	Lunes	2,9420	1,8566	0,7264	38,6549	27,0137
29/07/2008	Martes	1,3840	1,9312	1,2986	42,2627	35,2966
30/07/2008	Miércoles	0,2821	0,0381	0,2528	23,1148	35,3906
31/07/2008	Jueves	0,5270	0,6971	0,6716	53,0714	34,0443
01/08/2008	Viernes		0,1102	0,0889		8,3758
02/08/2008	Sábado	0,0807	0,1103			
03/08/2008	Domingo	0,1916	0,1684	0,1020		
04/08/2008	Lunes	0,1135	0,0837			
05/08/2008	Martes	0,1265				
06/08/2008	Miércoles		0,0167	0,0246		
07/08/2008	Jueves	0,1488	0,1241	0,0589		7,9936
08/08/2008	Viernes	0,0436				
09/08/2008	Sábado	0,0790	0,1266	0,0638		
10/08/2008	Domingo	0,3300	0,2983			
11/08/2008	Lunes	0,6347	0,3857			
12/08/2008	Martes	0,1602	0,1612			
13/08/2008	Miércoles	0,0329	0,0349	0,0135	13,5618	10,0574
14/08/2008	Jueves	0,1776	0,1055	0,0155		
15/08/2008	Viernes	0,0302	0,1259	0,0569	17,1457	17,4266
16/08/2008	Sábado	0,4147	0,2075	0,1590	10,3816	9,6608
17/08/2008	Domingo	0,0325	0,0268	0,0163	22,0716	14,3112
18/08/2008	Lunes	0,2944	0,1636	0,1085	8,4352	7,6628
19/08/2008	Martes	0,0251	0,0398	0,0139	44,8054	34,4387
20/08/2008	Miércoles	0,0374				
21/08/2008	Jueves	0,0455	0,0131			
22/08/2008	Viernes					
23/08/2008	Sábado					
24/08/2008	Domingo					
25/08/2008	Lunes					
26/08/2008	Martes					
27/08/2008	Miércoles					

28/08/2008	Jueves					
29/08/2008	Viernes					
30/08/2008	Sábado					
31/08/2008	Domingo					
01/09/2008	Lunes					
02/09/2008	Martes					
03/09/2008	Miércoles					
04/09/2008	Jueves					
05/09/2008	Viernes					
06/09/2008	Sábado					
07/09/2008	Domingo					
08/09/2008	Lunes					
09/09/2008	Martes	0,0467	0,0136	0,0174	25,1572	
10/09/2008	Miércoles	0,2517	0,2016	0,1867	34,1762	
11/09/2008	Jueves	0,2790	0,2087	0,1910	28,0060	
12/09/2008	Viernes	0,2388	0,2272	0,1702	25,8798	
13/09/2008	Sábado	0,3131	0,2531	0,2141	24,9677	
14/09/2008	Domingo	0,2800	0,2578	0,2088	21,3995	
15/09/2008	Lunes	0,2596	0,2204	0,1736	25,6586	
16/09/2008	Martes	0,2509	0,2208	0,4603	30,9403	
17/09/2008	Miércoles	0,2243	0,1785	0,1701	32,1077	
18/09/2008	Jueves	0,2428	0,2260	0,1717	26,5446	
19/09/2008	Viernes	0,2576	0,1978	0,1723	31,1260	
20/09/2008	Sábado	0,1535	0,1637	0,1525	23,1280	
21/09/2008	Domingo	0,2291	0,1789	0,1410	22,2496	
22/09/2008	Lunes	0,2449	0,1722	0,1688	29,7319	
23/09/2008	Martes					
24/09/2008	Miércoles	0,2017	0,1826	0,1471	28,8996	
25/09/2008	Jueves	0,2839	0,1799	0,1798		
26/09/2008	Viernes	0,3017	0,3077	0,2147	36,9756	
27/09/2008	Sábado	0,3504	0,2131		15,5167	
28/09/2008	Domingo	0,3673				
29/09/2008	Lunes	0,3610				
30/09/2008	Martes	0,2314	0,2476	0,2623		
01/10/2008	Miércoles	0,5948	0,4143	0,3076	42,3942	38,7974
02/10/2008	Jueves	0,2126	0,3128	0,2405		
03/10/2008	Viernes	0,5600	0,3236	0,3221	55,5834	53,9265
04/10/2008	Sábado	0,8468	0,5042	0,2964	42,1693	55,4350
05/10/2008	Domingo	0,7615	0,3750	0,2915	35,0898	38,2095
06/10/2008	Lunes	0,6516			17,1206	17,9619
07/10/2008	Martes	0,4729				
08/10/2008	Miércoles	0,3751	0,2531	0,2230	39,1915	45,3383
09/10/2008	Jueves	0,0585	0,1756	0,1929	60,5721	51,7976
10/10/2008	Viernes	0,1563	0,2396	0,2190	61,3349	61,6764
11/10/2008	Sábado	0,5685	0,3255	0,2695	64,2499	72,6212
12/10/2008	Domingo	0,7865	0,3606	0,2947	49,3668	45,0517
13/10/2008	Lunes	0,6142	0,2860	0,2248	45,9802	47,3601
14/10/2008	Martes	0,1817	0,2295	0,2018	55,8473	50,0592
15/10/2008	Miércoles	0,2214			27,9240	9,2973
16/10/2008	Jueves	0,2009			24,2260	25,6106
17/10/2008	Viernes					
18/10/2008	Sábado	0,9546	0,3515	0,3278	40,2974	39,0571
19/10/2008	Domingo	0,9517	0,3335	0,3212	43,3631	45,2237
20/10/2008	Lunes	0,9120	0,3647	0,3000	34,0858	40,2887
21/10/2008	Martes	0,2012	0,2217	0,2141	46,7071	45,7027
22/10/2008	Miércoles	0,7664	0,4232	0,2734	53,4039	17,6553
23/10/2008	Jueves	0,3546	0,2719	0,2777	50,3255	53,8940
24/10/2008	Viernes	1,1035	0,3820	0,2847	53,8689	
25/10/2008	Sábado				18,5527	17,9291
26/10/2008	Domingo	0,9254	0,5143	0,3534	38,5703	38,9709
27/10/2008	Lunes				17,7018	19,5296
28/10/2008	Martes	0,1860	0,2422	0,2463		
29/10/2008	Miércoles	8,6334	0,5175	0,3429	23,0108	13,1924

30/10/2008	Jueves	11,6368	1,0463	0,5665	29,6991	29,4594
31/10/2008	Viernes	8,5659	0,6986	0,4073	43,8221	11,5124
01/11/2008	Sábado	6,0046	0,4079	0,2682	27,8788	27,0379
02/11/2008	Domingo	6,4860	0,5659	0,3195	25,9006	25,2323
03/11/2008	Lunes	6,4649	0,5632	0,0375		
04/11/2008	Martes	0,7502	0,7649	0,7552		
05/11/2008	Miércoles	2,1437	0,6769	0,5483	82,7332	71,7322
06/11/2008	Jueves					
07/11/2008	Viernes					
08/11/2008	Sábado					
09/11/2008	Domingo					
10/11/2008	Lunes					
11/11/2008	Martes					
12/11/2008	Miércoles					
13/11/2008	Jueves					
14/11/2008	Viernes					
15/11/2008	Sábado	0,0661	0,1609	0,0847	51,9430	49,0938
16/11/2008	Domingo	1,0298	0,2033	0,1005	37,9049	37,1326
17/11/2008	Lunes	2,2600	0,2086	0,1405	39,1548	39,9893
18/11/2008	Martes	1,2493	0,1146	0,0566	57,9517	57,7329
19/11/2008	Miércoles	3,6941	0,1915	0,1237	48,1907	45,9332
20/11/2008	Jueves	6,0513	0,1736	0,1250	55,2765	55,8529
21/11/2008	Viernes	3,0124	0,2010	0,1289	54,3293	52,1341
22/11/2008	Sábado	1,6813	0,1551	0,1201	42,2842	41,3089
23/11/2008	Domingo	3,7078	0,1522	0,1288	23,6438	10,9410
24/11/2008	Lunes	1,5179	0,1183	0,1184	15,5444	
25/11/2008	Martes	0,0732	0,1760	0,0827		60,4827
26/11/2008	Miércoles	0,2056	0,1980	0,1309	55,7080	56,0087
27/11/2008	Jueves	0,8247	0,1812	0,1039	56,3865	52,1526
28/11/2008	Viernes	7,5251	0,3212	0,2191	29,6183	29,8914
29/11/2008	Sábado					
30/11/2008	Domingo					
01/12/2008	Lunes					
02/12/2008	Martes	11,0133	3,1648	0,2106	56,7460	55,1647
03/12/2008	Miércoles	7,7045	6,0317	1,6931	63,8441	61,6283
04/12/2008	Jueves	21,4315	9,3033	0,9560	68,4962	64,3192
05/12/2008	Viernes	9,6874	13,1559	4,4800	54,5986	52,8627
06/12/2008	Sábado	20,4661	10,5668	1,6682	42,9933	42,9094
07/12/2008	Domingo	17,1833	10,6082	2,8058	36,5870	34,1705
08/12/2008	Lunes	16,6493	10,9647	1,0856	39,7116	40,3595
09/12/2008	Martes	15,5704	11,7332	2,6527	28,4431	27,5110
10/12/2008	Miércoles	1,9082	7,6459	1,9911	38,8241	37,4229
11/12/2008	Jueves	0,0661	4,7791	1,0410	51,9475	55,5366
12/12/2008	Viernes	8,9349	9,1980	0,6920	58,6179	59,5781
13/12/2008	Sábado	3,2837	10,1996	2,4129	47,5935	49,6821
14/12/2008	Domingo	13,1453	15,2089	0,9364	24,1400	22,6358
15/12/2008	Lunes	8,9263	15,2692	3,6076	41,9601	45,0863
16/12/2008	Martes	6,5471	17,1152	2,0017	38,9903	23,5278
17/12/2008	Miércoles	11,2367	17,6979	2,9736	49,9105	46,3236
18/12/2008	Jueves	5,5072	16,7701	1,1887	62,5218	64,4364
19/12/2008	Viernes	11,0224	15,2063	3,3388	53,0168	46,5345
20/12/2008	Sábado	10,4130	14,8493	2,2842	42,3336	40,1985
21/12/2008	Domingo	20,9249	15,4751	4,8353	39,4536	38,3535
22/12/2008	Lunes	21,2274	16,3457	3,7757	34,0881	36,3623
23/12/2008	Martes					
24/12/2008	Miércoles	8,5065	14,3250		36,5279	36,1523
25/12/2008	Jueves	3,7605	18,6325	4,0617	45,4112	45,9735
26/12/2008	Viernes	29,9838	18,0005	3,9056	52,7863	54,8372
27/12/2008	Sábado	23,0337	23,3305	9,3745	18,0393	
28/12/2008	Domingo	26,0364	22,3943	7,8923		
29/12/2008	Lunes					
30/12/2008	Martes					
31/12/2008	Miércoles					



01/01/2009	Jueves					
02/01/2009	Viernes	17,1633	11,7022		47,7819	43,8994
03/01/2009	Sábado	14,5025	9,7132		36,0943	35,1336
04/01/2009	Domingo	20,0090	12,9856			
05/01/2009	Lunes					
06/01/2009	Martes					
07/01/2009	Miércoles					
08/01/2009	Jueves					
09/01/2009	Viernes					
10/01/2009	Sábado					
11/01/2009	Domingo					
12/01/2009	Lunes					
13/01/2009	Martes	3,4715	5,7243	1,5052	16,2066	14,1602
14/01/2009	Miércoles	11,1877	9,6391	3,0163	25,5676	21,0767
15/01/2009	Jueves	11,8776	11,7504	3,1421	28,0152	
16/01/2009	Viernes	12,9757	14,3226	4,7769	39,4536	38,3535
17/01/2009	Sábado					
18/01/2009	Domingo					
19/01/2009	Lunes					
20/01/2009	Martes					
21/01/2009	Miércoles	21,6739	20,0366	7,3815	41,9967	35,8204
22/01/2009	Jueves	28,2967	22,4512	7,7817	39,8451	35,4215
23/01/2009	Viernes	23,6530	19,3672	4,6978	42,9607	39,6323
24/01/2009	Sábado	16,0314	18,5872	4,3841	38,1269	39,7102
25/01/2009	Domingo	23,9861	13,9432			
26/01/2009	Lunes	18,0041	8,4545	1,6008	30,2251	34,0007
27/01/2009	Martes	17,1542	15,8130	3,5965	48,8725	47,6721
28/01/2009	Miércoles	25,3945	23,1687	6,7441	44,6574	45,6406
29/01/2009	Jueves	22,8131	18,5551	5,7255	44,1591	38,8774
30/01/2009	Viernes	20,1102	24,0742	9,8207	49,0211	41,9174
31/01/2009	Sábado	21,8881	22,3499	8,7178	42,1814	34,1024
01/02/2009	Domingo	25,2645	23,5870	7,1382	23,7479	
02/02/2009	Lunes					
03/02/2009	Martes					
04/02/2009	Miércoles					
05/02/2009	Jueves					
06/02/2009	Viernes					
07/02/2009	Sábado					
08/02/2009	Domingo					
09/02/2009	Lunes					
10/02/2009	Martes	33,9851	28,3681	13,9284	45,5717	44,3712
11/02/2009	Miércoles		10,4479	3,7615	39,6092	48,2200
12/02/2009	Jueves	30,1168	23,5282	9,7360	50,7884	51,0684
13/02/2009	Viernes	29,7631	26,9010	9,8047	50,6840	52,7358
14/02/2009	Sábado	31,8958	25,7051	11,3111	42,3059	40,6138
15/02/2009	Domingo	27,9014	23,3746	10,2541	30,3820	31,2582
16/02/2009	Lunes	28,3779	23,0754	13,1186	38,4950	43,9137
17/02/2009	Martes		20,9928	12,3878	58,0631	51,6963
18/02/2009	Miércoles	31,0452	34,8660	15,7972	53,5710	51,5997
19/02/2009	Jueves	35,8083	36,9280	13,4047	60,1435	61,5453
20/02/2009	Viernes	35,8777	31,7602	15,4605	52,8954	53,9807
21/02/2009	Sábado	33,1111	30,4644	12,1072	44,5862	39,2998
22/02/2009	Domingo	37,5300	32,4407	12,2014	35,9071	34,8160
23/02/2009	Lunes	34,7309	27,0036	6,2006	36,0620	38,2191
24/02/2009	Martes	35,3840	34,6741	9,6145	57,2720	48,4262
25/02/2009	Miércoles	38,9421	34,1316	8,3538	69,0787	58,0039
26/02/2009	Jueves				19,2645	
27/02/2009	Viernes				38,0808	
28/02/2009	Sábado	19,4902	21,5080	9,3340	42,3561	
01/03/2009	Domingo	26,7212	22,6020	7,0415	36,6104	
02/03/2009	Lunes	29,8429	25,0101	10,3887	45,6764	
03/03/2009	Martes	27,1492	24,3012	8,5354	57,3844	
04/03/2009	Miércoles	31,6822	27,7527	12,8707	55,5823	

05/03/2009	Jueves	39,2580	31,6871	8,2955		
06/03/2009	Viernes	38,2765	31,6432	8,5476	16,1125	
07/03/2009	Sábado	29,0340	33,1598	14,4754	53,7303	
08/03/2009	Domingo	32,9886	34,1042	10,8094	47,3778	
09/03/2009	Lunes	42,9880	35,4406	7,0088	20,1574	
10/03/2009	Martes	41,7890	32,5078	4,2969	62,0709	
11/03/2009	Miércoles	40,5895	33,8697	5,9114	65,3122	
12/03/2009	Jueves	27,1231	24,6952	3,7805	72,1615	
13/03/2009	Viernes	12,4662	19,6852	4,8609	59,5750	
14/03/2009	Sábado	41,1285	31,5590	1,8072	47,5580	
15/03/2009	Domingo	36,5072	19,0410	1,8029	36,3320	33,9966
16/03/2009	Lunes	24,3175	16,1324	0,4070	36,6853	35,9517
17/03/2009	Martes					
18/03/2009	Miércoles					
19/03/2009	Jueves					
20/03/2009	Viernes					
21/03/2009	Sábado					
22/03/2009	Domingo					
23/03/2009	Lunes					
24/03/2009	Martes					
25/03/2009	Miércoles					
26/03/2009	Jueves					
27/03/2009	Viernes					
28/03/2009	Sábado					
29/03/2009	Domingo					
30/03/2009	Lunes					
31/03/2009	Martes					
01/04/2009	Miércoles					
02/04/2009	Jueves					
03/04/2009	Viernes	18,2672	3,5393	1,7854	37,1175	33,5467
04/04/2009	Sábado	8,4420	1,2286	0,6429	48,3921	28,2322
05/04/2009	Domingo	11,8742	0,7348	0,6167	47,4411	40,4589
06/04/2009	Lunes	16,5075	0,9808	0,4284		41,0222
07/04/2009	Martes					
08/04/2009	Miércoles	9,2878	0,8047	0,4733		27,5413
09/04/2009	Jueves	0,4567	0,0104			30,8419
10/04/2009	Viernes	10,7659	0,2198	0,1722	38,0442	25,1479
11/04/2009	Sábado	12,8933	0,8886	0,3145	31,4375	
12/04/2009	Domingo	10,8780	0,4900	0,3292	33,1085	
13/04/2009	Lunes	9,1050	0,4765	0,3928	33,4699	
14/04/2009	Martes	3,0003	0,2750	0,2837	41,1599	
15/04/2009	Miércoles	2,9484	0,2515	0,2257	65,3794	
16/04/2009	Jueves	0,7074	0,7034	0,6800		
17/04/2009	Viernes	0,6934	0,6811	0,6851		
18/04/2009	Sábado	5,9688	0,3229	0,2520	49,8472	
19/04/2009	Domingo	7,2140	0,3802	0,3333	49,0962	
20/04/2009	Lunes	2,5200	0,3399	0,3350	62,3162	
21/04/2009	Martes	1,0986	0,3520	0,2634	64,7604	
22/04/2009	Miércoles					
23/04/2009	Jueves					
24/04/2009	Viernes					
25/04/2009	Sábado					
26/04/2009	Domingo					
27/04/2009	Lunes	3,0746	1,3322	1,1483	51,9854	
28/04/2009	Martes	0,8505	0,7809	0,4458	58,4668	
29/04/2009	Miércoles	0,6835	0,8412	0,7428	68,2943	
30/04/2009	Jueves	0,3892	0,6781	0,6113	69,1323	
01/05/2009	Viernes		0,0009		47,0899	
02/05/2009	Sábado	0,0027			37,8552	
03/05/2009	Domingo	0,1945	0,1533	0,1777	46,0915	
04/05/2009	Lunes	0,2392	0,2424	0,1825	50,9219	
05/05/2009	Martes	0,2408	0,7223	0,3035	68,9519	
06/05/2009	Miércoles	0,2584	2,2936	0,2553	70,1014	

07/05/2009	Jueves	0,3157	0,2488	0,2006	60,4021
08/05/2009	Viernes	0,2710	0,6039	0,5125	53,9827
09/05/2009	Sábado	0,3921	0,7244	0,6035	54,7154
10/05/2009	Domingo	0,4957	0,4653	0,2527	53,3639
11/05/2009	Lunes	0,3934	0,3211	0,3066	57,6363
12/05/2009	Martes	0,4801	0,3036	0,2316	62,9367
13/05/2009	Miércoles	0,2833	0,2642	0,0385	49,8820
14/05/2009	Jueves	0,2721	0,2995	0,2656	72,5264
15/05/2009	Viernes	1,7145	0,5959	0,5935	64,0789
16/05/2009	Sábado	0,6545	0,7846	0,4126	53,4879
17/05/2009	Domingo	0,3486	0,4804	0,2724	57,5715
18/05/2009	Lunes	0,3329	0,4193	0,4130	65,1900
19/05/2009	Martes		0,2379	0,1196	63,5634
20/05/2009	Miércoles	0,2999	0,2845	0,3670	72,2471
21/05/2009	Jueves	0,1065	0,2982	0,1567	72,5391
22/05/2009	Viernes	0,2918	0,3948	0,4899	67,6397
23/05/2009	Sábado		0,2461	0,1529	75,5264
24/05/2009	Domingo	0,2677	0,3314	0,1922	47,6028
25/05/2009	Lunes	0,2493	0,2910	0,2610	52,5697
26/05/2009	Martes	0,2526	0,2962	0,1743	50,0701
27/05/2009	Miércoles				
28/05/2009	Jueves	0,6771	0,6750	0,6635	
29/05/2009	Viernes	0,6864	0,6973	0,6665	
30/05/2009	Sábado	0,6823	0,6943	0,6662	
31/05/2009	Domingo	0,6810	0,6821	0,6640	
01/06/2009	Lunes	0,6864	0,6973	0,6669	
02/06/2009	Martes	0,6977	0,6888	0,6654	
03/06/2009	Miércoles		0,2666	0,9791	72,2996
04/06/2009	Jueves	0,3093	0,5245	0,8783	79,5308
05/06/2009	Viernes	0,4883	0,4673	0,4684	75,1661
06/06/2009	Sábado	0,6836	0,6887	0,6644	
07/06/2009	Domingo	0,6789	0,6712	0,6664	
08/06/2009	Lunes	0,6935	0,6826	0,6700	
09/06/2009	Martes	0,2855	0,4131	0,2543	68,2485
10/06/2009	Miércoles	0,6982	0,6999	0,6645	
11/06/2009	Jueves	0,3792	0,5230	0,2102	79,7903
12/06/2009	Viernes	0,3371	0,4288	0,2065	85,7494
13/06/2009	Sábado				
14/06/2009	Domingo	0,2330	0,2553	0,1727	63,6769
15/06/2009	Lunes	0,2811	0,5643	0,2025	84,5696
16/06/2009	Martes	0,1695	0,8180	0,1127	
17/06/2009	Miércoles	0,2295	0,5272	0,3578	23,1563
18/06/2009	Jueves	0,2331	0,7643	0,1531	
19/06/2009	Viernes	1,1841	0,6209	0,1789	
20/06/2009	Sábado	2,8206	0,8958	0,1612	
21/06/2009	Domingo	0,8782	0,4501	0,1414	
22/06/2009	Lunes	0,9399	0,4051	0,1324	
23/06/2009	Martes	1,3827	0,2544	0,2382	
24/06/2009	Miércoles				
25/06/2009	Jueves				
26/06/2009	Viernes				
27/06/2009	Sábado				
28/06/2009	Domingo				
29/06/2009	Lunes				
30/06/2009	Martes				
01/07/2009	Miércoles				
02/07/2009	Jueves				
03/07/2009	Viernes				
04/07/2009	Sábado				
05/07/2009	Domingo				
06/07/2009	Lunes				
07/07/2009	Martes				
08/07/2009	Miércoles				

---

09/07/2009	Jueves				
10/07/2009	Viernes				
11/07/2009	Sábado				
12/07/2009	Domingo				
13/07/2009	Lunes				
14/07/2009	Martes				
15/07/2009	Miércoles				
16/07/2009	Jueves				
17/07/2009	Viernes	0,6719	0,6728	0,6660	
18/07/2009	Sábado	0,6913	0,7014	0,6687	
19/07/2009	Domingo	0,6788	0,6893	0,6640	
20/07/2009	Lunes	0,6785	0,6742	0,6628	
21/07/2009	Martes	0,6829	0,6923	0,6562	23,4697
22/07/2009	Miércoles	0,3276	0,2509	0,1488	38,3212
23/07/2009	Jueves	0,2204	0,2058	0,0967	28,2386
24/07/2009	Viernes	0,2216	0,2536	0,2039	26,7874
25/07/2009	Sábado				
26/07/2009	Domingo				
27/07/2009	Lunes				36,5967
28/07/2009	Martes	4,0332			
29/07/2009	Miércoles				
30/07/2009	Jueves				
31/07/2009	Viernes				

Potencial Redox

C	Día	Redox	
		H (cont.)	H (batch)
1	01/07/2008		
2			
3			
4			
5			
6			
1	02/07/2008		
2			
3			
4			
5			
6			
1	03/07/2008		
2			
3			
4			
5			
6			
1	04/07/2008		
2			
3			
4			
5			
6			
1	05/07/2008		
2			
3			
4			
5			
6			
1	06/07/2008		
2			
3			
4			
5			
6			
1	07/07/2008		
2			
3			
4			
5			
6			
1	08/07/2008		
2			
3			
4			
5			
6			
1	09/07/2008		
2			
3			
4			
5		160,9525	112,8863
6		218,6316	115,7436
1	10/07/2008		
2		167,4279	147,2346
3		124,6726	162,8318
4		183,8428	168,1132
5		214,0472	177,2068
6		210,5736	147,9868

6		-	-
1	11/07/2008	149,1340	103,6655
2		154,5411	134,1816
3		143,4048	119,9438
4		157,6409	116,5380
5		2,8771	-22,9407
6		145,3830	117,8306
1	12/07/2008	-94,5970	-
2		-32,6704	138,2908
3		-79,7257	161,1223
4		-99,8335	171,6683
5		-	187,4083
6		136,6603	111,8626
1	13/07/2008	-46,6833	-
2		-56,8903	101,7098
3		127,8302	115,7396
4		11,2192	141,5992
5		-	156,7888
6		217,5418	133,0141
1	14/07/2008	170,0033	172,2684
2		167,3228	167,7266
3		146,6238	165,0483
4		-89,9556	-45,2692
5		195,0862	148,0297
6		266,0073	-67,9680
1	15/07/2008	235,2661	-86,2274
2		134,1364	-96,9687
3		123,5622	-72,2713
4		164,8761	-73,9708
5		265,2015	135,6761
6		265,9700	128,9768
1	16/07/2008	189,2163	177,9650
2		233,6661	181,0258
3		218,0344	177,4559
4		181,9765	190,3438
5		263,0632	183,6462
6		266,0748	111,1103
1	17/07/2008	9,1346	158,8596
2		178,1470	179,5572

2		20,6621	-
3		-	177,0722
4		154,7696	191,5648
5		241,1101	183,2043
6		192,3023	145,7584
1	18/07/2008	188,1326	178,6811
2		165,9732	177,3097
3		160,5763	200,4441
4		146,9070	202,0416
5		191,8428	193,3385
6		178,2569	137,0013
1	19/07/2008	-	-72,0437
2		170,8739	-98,0743
3		115,5434	-95,5560
4		119,5803	-66,0574
5		154,8925	-89,1690
6		189,5071	115,1067
1	20/07/2008	194,4474	166,2384
2		159,1983	167,4093
3		-64,6227	-
4		131,4742	170,8508
5		207,2143	183,4423
6		188,6923	172,0460
1	21/07/2008	178,5276	190,6143
2		153,7066	183,7974
3		110,2965	188,5268
4		131,3800	193,4563
5		137,0912	-84,5738
6		169,0391	-2,7666
1	22/07/2008	160,7731	153,6411
2		142,6370	179,4328
3		116,9188	188,5046
4		132,5007	198,0058
5		135,7589	174,6860
6		140,2173	34,0320
1	23/07/2008	157,1954	24,2164
2		136,0240	-73,7870
3		105,8415	-96,8558

3	-	-89,1676
	105,4942	-
4	-	-
	151,1434	126,5939
5	-	-
	188,4137	111,1612
6	-	-
	186,5979	140,8687
1	24/07/2008	-
	166,4911	148,6548
2	-	-
	136,5240	154,1885
3	-	-
	140,4881	170,7093
4	-	-
	171,9043	179,2670
5	-	-
	192,1677	133,6067
6	-	-
	173,3965	168,6587
1	25/07/2008	-
	170,1048	184,5135
2	-	-
	131,9127	186,1767
3	-	-
	124,9222	193,4433
4	-	-
	274,3260	303,3163
5	-	-
	167,6491	149,1222
6	-	-
	168,3993	197,7524
1	26/07/2008	-
	145,1419	203,4162
2	-	-
	150,4851	206,4436
3	-	-
	148,9498	207,9903
4	-	-
	185,6521	213,5578
5	-	-
	196,6574	191,9426
6	-	-
	189,5054	214,6828
1	27/07/2008	-
	208,8031	217,7708
2	-	-
	177,2659	217,6259
3	-	-
	112,8436	223,6906
4	-	-
	167,5580	228,7103
5	-	-25,6453
	162,0797	-
6	-	-
	188,0001	199,3134
1	28/07/2008	-
	141,1483	223,4367
2	-	-68,2598
	-	219,4813
3	-	-
	142,5360	229,0713
4	-	-
	198,0189	218,3388
5	-	-52,2589
	227,8925	-
6	-	-
1	29/07/2008	-
	142,2501	218,9678
2	-	-97,3403
	-	225,0259
3	-	-
	129,9662	229,6149
4	-	-
	201,0222	69,4265

5	-	-
	247,4557	196,3029
6	-	-
	234,4861	129,4445
1	30/07/2008	-
	177,2314	152,6910
2	-	-
	168,4187	159,0621
3	-	-
	197,0427	185,8848
4	-	-
	-	121,8772
5	-	-
	157,9143	42,0958
6	-	-
	212,2812	-
1	31/07/2008	-
	185,0056	100,8793
2	-	-40,6738
	168,6638	-
3	-	-82,2035
	160,7942	-
4	-	-
	219,5768	128,6403
5	-	-
	241,4398	127,0011
6	-	-
	240,5838	137,3934
1	01/08/2008	-
	191,1196	145,1792
2	-	-
	168,8908	151,7995
3	-	-
	175,0302	156,5870
4	-	-
	177,2256	151,0840
5	-	-91,6819
	151,6218	-
6	-	-
	166,6599	52,1932
1	02/08/2008	-
	138,8873	-2,9306
2	-	-
	178,5693	26,4465
3	-	-
	178,8218	133,4632
4	-	-
	197,3296	170,7621
5	-	-
	184,8212	146,8734
6	-	-
	169,5171	184,7207
1	03/08/2008	-
	165,7106	185,3378
2	-	-
	167,5967	189,1386
3	-	-
	168,7343	201,7618
4	-	-
	178,7325	184,7483
5	-	-
	223,0742	55,2489
6	-	-
	175,3446	191,4707
1	04/08/2008	-
	245,4069	197,1457
2	-	-
	175,4910	102,5252
3	-	-
	177,0044	127,1773
4	-	-
	186,4606	142,6297
5	-	-
	225,2768	52,0602
6	-	-
	-	-

		179,0582	191,9539
1	05/08/2008	-	-
2	-	-	-
3	-	-	-
4	-	-	-
5	-	-	-
6	-	-	-
1	06/08/2008	-	-
		246,1405	222,2808
2	-	-	-
		245,1574	223,8291
3	-	-	-
		184,6573	231,2112
4	-	-	-
		191,9163	222,6683
5	-	-	-
		143,7872	164,3995
6	-	-	-
		148,8400	206,6515
1	07/08/2008	-	-
		162,6132	214,4605
2	-	-	-
		175,9747	214,3271
3	-	-	-
		167,0786	222,8170
4	-	-	-
		183,5929	231,1562
5	-	-73,9739	-20,3647
6	-	79,1833	-
		-	158,3520
1	08/08/2008	-	-
2	-	-	-
3	-	-36,2739	-
		-	117,9078
4	-	-	-
		106,2511	130,4883
5	-	-	15,3032
		117,8872	-
6	-	-	-
		153,1921	160,9380
1	09/08/2008	112,2741	-
		-	168,6971
2	-	21,7732	-
		-	172,2590
3	-	-67,8896	-
		-	181,8828
4	-	-	-
		121,1909	179,5570
5	-	-	52,1458
		157,9004	-
6	-	-	-
		171,7757	160,4789
1	10/08/2008	-	-
		176,0298	161,0293
2	-	-	-
		171,2863	160,2891
3	-	-	-
		170,9591	167,1776
4	-	-	-
		166,2483	164,3715
5	-	-	48,7878
		145,8668	-
6	-	-	-
		153,0721	154,3363
1	11/08/2008	-	-
		168,9117	164,3904
2	-	-	-
		173,0928	166,2113
3	-	-	-
		170,9784	170,6736
4	-	-	-
		159,3729	170,6481
5	-	-	-
		139,6903	163,0030

6		-	-
		146,8167	172,3857
1	12/08/2008	-	-
		152,2942	191,6938
2		-	-
		166,0788	197,3127
3		-	-
		158,8925	195,5418
4		-	-
		134,2828	130,5486
5		-	-86,5506
		122,9501	
6		-89,8923	129,0196
1	13/08/2008	-50,0114	95,6612
2		-99,1098	29,9433
3		-96,7293	-97,9105
4		-	-
		118,1441	102,8499
5		-	56,4992
		147,2036	
6		-	-
		175,0524	124,2238
1	14/08/2008	-	-
		169,7533	136,7731
2		-	-
		181,4705	152,1228
3		-	-
		169,4438	189,9395
4		-	-
		167,2682	161,5136
5		-	-43,0169
		187,5913	
6		-	-
		184,3822	199,5554
1	15/08/2008	-	-
		157,8604	197,4966
2		-92,9871	-
			198,4884
3		-	-
		111,4302	205,2845
4		-	-1,9265
		153,0351	
5		-	38,0561
		146,9682	
6		-	-22,6734
		188,5106	
1	16/08/2008	-	-
		183,5602	180,9013
2		-5,1417	-
			186,1473
3		-	-
		104,0573	191,7341
4		-	-
		133,5918	177,7252
5		0,6660	79,2807
6		50,5420	62,2904
1	17/08/2008	67,9670	6,7473
2		113,9477	-4,4212
3		22,3168	-13,2243
4		-73,1077	76,2439
5		-82,5071	182,3063
6		6,6185	18,3418
1	18/08/2008	-27,3330	-21,9794
2		5,0305	-26,3975
3		20,2990	-37,1698
4		-82,0808	136,8206
5		-88,8386	53,6149
6		-99,4386	192,5771
1	19/08/2008	-21,1525	189,5824
2		-30,3417	204,7014
3		-1,3960	192,7067
4		-94,7519	79,6354
5		-	49,6069
		122,1234	

6		-	-73,8205
		142,1602	
1	20/08/2008		
2			
3			
4			
5		-	-79,9299
		103,5367	
6		-7,0152	-
			129,3087
1	21/08/2008	100,7141	-
			139,0374
2		100,4349	-
			139,6453
3			
4			
5			
6			
1	22/08/2008		
2			
3			
4			
5			
6			
1	23/08/2008		
2			
3			
4			
5			
6			
1	24/08/2008		
2			
3			
4			
5			
6			
1	25/08/2008		
2			
3			
4			
5			
6			
1	26/08/2008		
2			
3			
4			
5			
6			
1	27/08/2008		
2			
3			
4			
5			
6			
1	28/08/2008		
2			
3			
4			
5			
6			
1	29/08/2008		
2			
3			
4			
5			
6			
1	30/08/2008		
2			
3			
4			
5			
6			

1	31/08/2008		
2			
3			
4			
5			
6			
1	01/09/2008		
2			
3			
4			
5			
6			
1	02/09/2008		
2			
3			
4			
5			
6			
1	03/09/2008		
2			
3			
4			
5			
6			
1	04/09/2008		
2			
3			
4			
5			
6			
1	05/09/2008		
2			
3			
4			
5			
6			
1	06/09/2008		
2			
3			
4			
5			
6			
1	07/09/2008		
2			
3			
4			
5			
6			
1	08/09/2008		
2			
3			
4			
5			
6			
1	09/09/2008		
2			
3			
4			
5			
6			
1	10/09/2008		
2			
3			
4			
5			
6			
1	11/09/2008		
2			
3			
4			
5			

6			
1	12/09/2008		
2			
3			
4			
5			
6			
1	13/09/2008		
2			
3			
4			
5			
6			
1	14/09/2008		
2			
3			
4			
5			
6			
1	15/09/2008		
2			
3			
4			
5			
6			
1	16/09/2008		
2			
3			
4			
5			
6			
1	17/09/2008		
2			
3			
4			
5			
6			
1	18/09/2008		
2			
3			
4			
5			
6			
1	19/09/2008		
2			
3			
4			
5			
6			
1	20/09/2008		
2			
3			
4			
5			
6			
1	21/09/2008		
2			
3			
4			
5			
6			
1	22/09/2008		
2			
3			
4			
5			
6			

2		-57,0542	-
3			160,2656
4		94,1454	-
5			128,8137
6			
1	23/09/2008		
2			
3			
4			
5		1,9638	-
6			140,3926
1	24/09/2008		
2		-54,4427	-84,7631
3		-58,2315	72,7499
4		-54,6283	54,0587
5		187,0607	131,1550
6			95,8345
1	25/09/2008		
2			
3			
4			
5			
6			
1	26/09/2008		
2			
3			
4			
5			
6			
1	27/09/2008		
2			
3			
4			
5			
6			
1	28/09/2008		
2			
3			
4			
5			
6			
1	29/09/2008		
2			
3			
4			
5			
6			
1	30/09/2008		
2			
3			
4			
5			
6			
1	01/10/2008		
2			

3		-28,5337	158,4240
4		-28,4727	113,3913
5		-28,3622	58,9881
6		-28,2267	44,7769
1	02/10/2008		
2			
3			
4			
5			
6			
1	03/10/2008		
2			
3			
4			
5			
6			
1	04/10/2008		
2			
3			
4			
5			
6			
1	05/10/2008		
2			
3			
4			
5			
6			
1	06/10/2008		
2			
3			
4			
5			
6			
1	07/10/2008		
2			
3			
4			
5			
6			
1	08/10/2008		
2			
3			
4			
5			
6			
1	09/10/2008		
2			



		184,7808
3	-92,0148	-
		182,7847
4	-	-
	112,6137	182,1983
5	-	-
	122,8465	182,0343
6	-	-
	126,4363	184,7653
1	10/10/2008	11,5456
		-
		183,8401
2	-50,1012	-
		184,8948
3	-34,5381	-
		183,0088
4	185,7011	77,9144
5	247,5267	196,8547
6	299,4945	196,6997
1	11/10/2008	35,6738
		236,7894
2	139,4080	298,1550
3	40,7577	285,3794
4	61,0440	20,9347
5	19,7403	88,0349
6	-24,6436	43,3760
1	12/10/2008	11,2794
		32,7356
2	0,6720	13,8077
3	32,6613	33,5542
4	39,6138	-93,6147
5	28,6919	-
		106,0447
6	39,0189	-
		109,3849
1	13/10/2008	55,0657
		-
		111,8308
2	78,8673	-20,1752
3	45,3626	-4,3876
4	5,5259	-37,9868
5	-79,6325	-73,8294
6	-64,2600	-85,4260
1	14/10/2008	-94,5171
		-94,2219
2	-37,9618	-
		123,4042
3	-86,2744	-
		140,5115
4	-	48,1241
		111,7347
5	-	-5,0366
		120,5078
6	-	-
		106,0653
		174,6682
1	15/10/2008	-
		-
		111,3128
2	-98,7828	170,9549
3	-	-70,1042
		-98,7285
		130,6368
4	-	57,7571
		137,2460
5	-	-32,6705
		139,8793
6	-	-
		141,3339
		105,3990
1	16/10/2008	-
		-
		142,2521
2	-	112,5640
		-
		147,6992
3	-	132,9318
		-
		157,0822
4	-	132,7610
		-
		162,1978
5	-	134,1878
6	-	-
		-
1	17/10/2008	182,1064
		152,0515
		-
		115,4228
		156,2989

2	-76,5115	-
		158,8619
3	-	-
	119,7575	129,0160
4	-	-97,2942
	190,6518	-
5	-	-
	167,0084	107,9643
6	-	-
	208,2584	111,9490
1	18/10/2008	-
		-
		223,3731
2	-73,7421	118,4162
3	-	-
		133,2471
4	-19,6411	-
		127,2210
5	48,7997	-79,7593
6	-84,0462	-
		131,0784
		-
		-98,8341
		102,6068
1	19/10/2008	-
		-
		111,4755
2	-	113,0828
		-
		135,3613
3	-	113,9939
		-
		154,9263
4	-	122,0925
		-
		184,0322
5	-	127,1550
		-
		201,5367
6	-	121,3049
		-
		200,6651
		110,8710
1	20/10/2008	-
		-98,4305
		199,8575
2	-	-
		199,8949
3	-	111,6710
		-
		197,5268
4	-	114,8717
		-
		200,3427
5	-	137,9178
6	-88,4211	-30,2756
		-
		-61,4527
		117,4634
1	21/10/2008	-
		-59,8087
		133,2419
2	-	-54,3354
		144,0118
3	-	-76,1379
		150,7231
4	-	-30,9128
		159,3270
5	-	-51,4242
		172,7355
6	-	-52,7771
		183,2362
1	22/10/2008	-
		-56,9882
		188,1684
2	-	-67,2590
		192,8033
3	-	-81,3614
		197,9835
4	-	-85,6013
		197,6175
5	-	-
		198,5194
6	-	103,4676
		-
		198,9894
		108,8803
1	23/10/2008	-
		-
		199,3569
2	-	113,0377
		-
		197,8749
3	-	120,7023
		-
		196,3823
		123,2758

4	-	2,3983
		196,0317
5	-	0,6486
		196,2665
6	-	-97,6224
		196,4187
1	24/10/2008	-
		-
		192,3851
2	-	107,4132
		-
		190,0177
3	-	114,9525
		-
		194,1753
4	-	120,3517
		-6,4195
		206,7053
5	-	108,1661
		93,8766
6	-	-31,8228
		20,0873
1	25/10/2008	78,9915
		-49,7963
2	-	-62,0594
		42,2826
3	-	-70,4999
		80,7884
4	-	85,6721
		-5,6936
5	-	113,4443
		-79,3355
6	-	-15,3578
		-97,4657
1	26/10/2008	48,4577
		-16,7569
2	-	-23,9259
		99,6284
3	-	-35,6607
		100,3942
4	-	135,3449
		16,6210
5	-	-1,7059
		-79,9492
6	-	-56,6580
		102,1476
1	27/10/2008	74,5430
		-58,9049
2	-	-79,7282
		10,9830
3	-	-86,9922
		-55,3775
4	-	-78,1387
		-91,3548
5	-	-85,1095
		-
		112,6201
6	-	-
		134,3674
		117,8568
1	28/10/2008	67,1128
		-
2	-	116,8478
		86,6569
		-
		122,0632
3	-	-
		50,2673
		-
		121,5849
4	-	-
		82,2669
		-
		128,6705
5	-	-
		7,4053
		-
		125,0414
6	-	54,1069
		-63,2126
1	29/10/2008	-83,6817
		163,7070
2	-	84,9664
		-95,7150
3	-	100,2101
		-96,8016
4	-	31,7622
		103,8428
5	-	83,9831
		-85,5607
6	-	89,6118
		56,8078
1	30/10/2008	-27,6259
		183,5257
2	-	118,5425
		33,2690
3	-	63,9014
		19,4021
4	-	29,0245
		169,2068
5	-	-55,1952
		-35,4674
6	-	-79,0200
		-69,0108
1	31/10/2008	-82,8038
		-
		101,4551
2	-	-
		-90,7122
		-
		113,6253
3	-	-
		100,4482
		119,5040
4	-	106,2957
		-
		107,3266
5	-	-
6	-	-
		-
1	01/11/2008	-98,6824
		-33,0197
2	-	-50,0012

		120,8703	
3		204,4143	73,1566
4		133,6433	-57,8740
5		70,9425	-89,4154
6		-5,4890	-
			105,7181
1	02/11/2008	-52,7719	-
			113,5420
2		-71,8606	-
			120,4742
3		-79,3928	-
			126,8131
4		121,8180	41,0624
5		113,1204	34,7964
6		247,9059	-87,9527
1	03/11/2008	234,3573	-
			108,2492
2		244,8018	-
			122,0539
3		253,1323	-
			130,8553
4		169,7380	84,2196
5		259,9021	-18,7523
6		118,7835	-56,5559
1	04/11/2008	67,6868	-
			118,9521
2		21,6613	-
			129,8370
3		-13,9020	-82,3594
4		-40,9858	-19,0223
5		-55,0679	-43,6359
6		-71,0083	-
			152,2443
1	05/11/2008	-80,0673	-
			156,5375
2		-86,3674	-
			156,8983
3		-90,5091	-
			142,6970
4		-95,2158	-
			174,7207
5		-99,7384	112,3656
6		-96,6267	-8,6643
1	06/11/2008	-93,1532	-
			111,9661
2		-95,0219	-
			159,3685
3			
4			
5			
6			
1	07/11/2008		
2			
3			
4			
5			
6			
1	08/11/2008		
2			
3			
4			
5			
6			
1	09/11/2008		
2			
3			
4			
5			
6			
1	10/11/2008		
2			
3			
4			

5			
6			
1	11/11/2008		
2			
3			
4			
5			
6			
1	12/11/2008		
2			
3			
4			
5			
6			
1	13/11/2008		
2			
3			
4			
5			
6			
1	14/11/2008		
2			
3			
4			
5		176,5056	187,5213
6		185,4493	155,9279
1	15/11/2008	178,6999	149,0313
2		177,3752	139,0183
3		162,8918	132,3546
4		184,9798	70,3863
5		162,0806	223,2636
6		156,3271	238,1578
1	16/11/2008	147,5341	283,0892
2		143,8005	256,9490
3		140,7233	294,6025
4		140,6891	90,8592
5		140,1921	309,1913
6		134,8786	196,0120
1	17/11/2008	135,9699	166,5392
2		135,4767	143,6472
3		134,3933	130,8123
4		145,6646	66,7286
5		140,9408	313,9829
6		133,0558	318,2248
1	18/11/2008	140,1030	320,0960
2		134,2266	144,3356
3		127,7199	142,6621
4		158,2287	160,9084
5		135,3206	152,2212
6		135,2245	167,3068
1	19/11/2008	131,4186	170,6613
2		156,0067	171,8938
3		142,8305	178,4081
4		163,9690	89,3870
5		142,8449	169,9181
6		161,8743	136,5524
1	20/11/2008	151,6508	137,5002
2		145,7383	147,4864
3		137,7837	169,9601
4		152,4096	114,3523
5		137,4515	137,1007
6		133,6302	142,1859
1	21/11/2008	135,2153	80,4914
2		134,8843	213,4083
3		203,5576	65,1030
4		293,9463	106,8130
5		319,0520	253,7110
6		-	33,9053
1	22/11/2008	186,9963	110,1559
2		188,8904	172,7678

3		190,5731	172,8198
4		188,8419	182,1347
5		221,2215	161,9512
6		204,9117	141,6587
1	23/11/2008	169,4209	122,8786
2		154,1846	107,7671
3		143,5720	82,3378
4		135,8503	127,3989
5		128,2431	126,8426
6		126,5863	109,6376
1	24/11/2008	115,0788	94,7323
2		116,1040	79,0221
3		108,1492	54,7961
4		110,0178	152,6406
5		239,7470	435,6771
6		154,5109	410,5338
1	25/11/2008	135,9428	364,6070
2		126,1163	186,1443
3		119,1937	156,3721
4		132,2207	297,4478
5		145,1340	306,1387
6		168,0385	323,8751
1	26/11/2008	179,6832	324,7071
2		203,4890	327,9524
3		204,5099	311,6983
4		188,9440	278,9899
5		202,3545	306,1253
6		197,1657	322,1813
1	27/11/2008	197,6348	330,5146
2		255,2715	323,4119
3		280,5985	316,1136
4		289,0377	286,1688
5		197,7288	310,7119
6		199,9889	323,9421
1	28/11/2008	193,6022	165,2115
2		217,5744	130,7872
3		262,4408	86,4452
4			
5			
6			
1	29/11/2008		
2			
3			
4			
5			
6			
1	30/11/2008		
2			
3			
4			
5			
6			
1	01/12/2008		
2			
3			
4			
5			
6			
1	02/12/2008	164,5089	211,9811
2		153,8905	204,3666
3		157,8950	199,0926
4		173,4173	110,1572
5		143,0014	205,5488
6		168,0875	53,6158
1	03/12/2008	169,5682	87,9242
2		172,0604	43,9606
3		163,2668	153,2489
4		156,5633	123,3773
5		147,1768	357,4296
6		143,0246	175,3463
1	04/12/2008	144,1264	172,3240

2		163,7558	174,1868
3		132,5842	169,9518
4		159,4410	173,1343
5		135,2690	156,9749
6		127,7372	152,9428
1	05/12/2008	124,5243	151,9943
2		121,5830	146,4137
3		113,7517	154,1131
4		110,2745	106,8851
5		104,4320	127,2339
6		100,5123	106,4972
1	06/12/2008	100,3289	105,5112
2		90,7173	104,7794
3		78,4712	104,3011
4		81,8293	115,3327
5		91,1918	88,5712
6		88,3286	72,1920
1	07/12/2008	79,8334	54,5314
2		75,7521	83,8770
3		65,7608	124,9360
4		65,1070	-63,2342
5		29,0868	-
6		7,5072	108,5779
			-98,7167
1	08/12/2008	-25,9404	-
2		-24,9458	103,6619
3		-57,8156	-
4		-52,0804	112,1489
5		-63,5593	-
6		-63,6520	106,1768
			118,5655
			121,1009
1	09/12/2008	-62,0694	-
2		-51,5416	120,7238
3		-46,9451	-
4		-33,0364	115,8285
5		-62,7670	-
6		-63,6977	124,9226
			15,6102
			107,2918
			130,6119
1	10/12/2008	-77,4439	110,7962
2		-63,9628	138,6934
3		-4,4386	150,9547
4		-61,6842	157,9244
5		-70,9245	151,7557
6		-67,4405	134,8333
1	11/12/2008	-79,3812	90,5131
2		-18,4423	97,4424
3		-62,8978	44,6797
4		-63,8454	-75,4795
5		-56,5670	-
6		-52,1381	145,1365
			122,8157
1	12/12/2008	-37,0504	37,3661
2		-38,2845	42,3497
3		-66,0552	48,4580
4		-30,5652	95,9444
5		-57,1320	-74,1840
6		-53,2505	45,9424
1	13/12/2008	-41,0040	-99,4895
2		1,4787	-91,3529
3		-40,8737	67,7388
4		-31,2870	121,6243
5		-41,9960	-
			122,3434

6		-43,8966	-
			106,6474
1	14/12/2008	-42,2659	129,4659
2		-9,5283	-90,7668
3		-55,4156	-41,6653
4		-62,1093	5,0036
5		-49,2146	13,6923
6		-63,9514	38,3952
1	15/12/2008	-51,4981	50,3747
2		17,3334	44,2206
3		-28,6401	5,8903
4		-17,7914	96,5129
5		-68,9067	124,9639
6		-55,1614	105,4742
1	16/12/2008	-55,4461	121,4339
2		10,1811	125,5279
3		-63,3646	136,4854
4		-53,0153	156,6503
5		-48,2524	14,1762
6		-43,3852	-58,3702
1	17/12/2008	-55,9248	166,0947
2		-75,0323	66,5393
3		-25,6882	44,2942
4		-68,7253	121,3106
5		-66,0311	-
6		-77,4177	74,4566
1	18/12/2008	-55,6376	61,9627
2		-6,9222	63,0592
3		-56,0180	86,9495
4		-77,3324	106,5786
5		-73,6561	-
6		-77,8048	108,4140
			112,6032
1	19/12/2008	-77,5726	-55,1697
2		-54,9866	43,2478
3		-72,5561	54,0453
4		-87,4257	120,5499
5		138,6355	122,6546
6		143,0758	110,5536
1	20/12/2008	145,9425	49,2443
2		145,5218	48,0606
3		132,8086	70,7546
4		135,5084	107,5560
5		128,1751	66,8498
6		122,7656	39,5810
1	21/12/2008	118,9666	25,7015
2		123,1979	41,2143
3		114,6121	47,3281
4		118,3238	110,3222
5		114,3932	118,0930
6		103,8743	33,1111
1	22/12/2008	99,0402	42,7919
2		107,3283	19,5494
3		93,7976	45,0008
4		104,7168	113,2382
5		102,3280	130,9960
6		96,2271	43,5397
1	23/12/2008	94,1318	19,8155
2		107,7507	43,8515
3		242,3593	87,0833
4		247,1207	113,3990
5		120,3838	114,4647
6		112,8535	26,3224
1	24/12/2008	87,2569	21,1517
2		133,2068	44,9020
3		162,9108	68,6088
4		132,5366	90,1085
5		110,6545	33,8570
6		75,3059	76,8381
1	25/12/2008	74,3328	50,3449

2		66,3082	20,1887
3		62,8805	34,5322
4		53,7728	114,4828
5		15,5128	-40,5188
6		-1,2575	50,0460
1	26/12/2008	-17,5648	51,0476
2		-26,1148	25,4666
3		-21,9368	87,3886
4		-31,1760	122,2044
5		14,6078	129,2936
6		68,4040	158,3228
1	27/12/2008	119,5476	164,6388
2		234,2673	166,7100
3		67,9017	174,5455
4		155,2628	4,0859
5		47,7863	-39,1782
6		56,3506	-69,4357
1	28/12/2008	88,5314	173,2158
2		135,1815	177,5578
3		95,3093	168,9017
4		170,6281	175,7824
5		328,8186	165,9810
6		349,7747	151,0587
1	29/12/2008		
2			
3			
4			
5			
6			
1	30/12/2008		
2			
3			
4			
5			
6			
1	31/12/2008		
2			
3			
4			
5			
6			
1	01/01/2009	109,7193	-
2		335,5408	163,2372
3		353,5489	-
4		176,5834	132,9378
5		87,5211	143,7717
6		116,4389	138,6598
1	02/01/2009	117,3609	144,7396
2		130,8570	151,4659
3		101,8987	136,6344
4		87,4026	130,9241
5		111,0001	142,2669
6		111,2282	143,0959
1	03/01/2009	124,1759	113,9236
2		123,1573	158,1400
3		95,6322	104,8927
4		114,6813	143,5517
5		96,7500	139,2693
6		110,0876	136,1305
1	04/01/2009	103,4166	98,4548
2		108,3311	107,4149
3			
4			
5			
6			
1	05/01/2009		
2			
3			
4			

5			
6			
1	06/01/2009		
2			
3			
4			
5			
6			
1	07/01/2009		
2			
3			
4			
5			
6			
1	08/01/2009		
2			
3			
4			
5			
6			
1	09/01/2009		
2			
3			
4			
5			
6			
1	10/01/2009		
2			
3			
4			
5			
6			
1	11/01/2009		
2			
3			
4			
5			
6			
1	12/01/2009		
2			
3			
4			
5			
6			
1	13/01/2009	-22,1105	155,1877
2		-28,9137	47,7099
3		-28,1210	71,0749
4		21,3570	32,5571
5		-34,1418	41,5273
6		-38,7241	118,5200
1	14/01/2009	79,6270	17,6316
2		87,4405	28,2177
3		88,0635	86,1275
4		110,0677	34,5424
5		89,9037	2,5273
6		124,7165	122,2561
1	15/01/2009	105,2307	95,4892
2		95,1445	17,6374
3		99,9205	26,0417
4		105,1302	20,7144
5		92,2853	46,3046
6		112,2652	115,8115
1	16/01/2009	103,0606	90,5203
2		99,4905	39,0604
3		85,1977	50,4855
4		101,3366	18,5364
5		87,0579	47,5962
6		118,3238	110,3222
1	17/01/2009	114,3932	118,0930
2		103,8743	33,1111
3			

4			
5			
6			
1	18/01/2009		
2			
3			
4			
5			
6			
1	19/01/2009		
2			
3			
4			
5			
6			
1	20/01/2009		
2			
3			
4			
5		-29,7247	96,5209
6		-52,0304	64,8803
1	21/01/2009	-63,3430	59,3313
2		4,1786	47,2740
3		6,5866	28,9201
4		-28,2210	112,5794
5		-65,9042	124,8785
6		-72,0774	53,9821
1	22/01/2009	-25,7877	70,5734
2		-69,0808	61,4621
3		-56,0260	65,0028
4		-29,1478	10,4143
5		-52,7330	23,9993
6		-53,7352	12,2368
1	23/01/2009	-72,1529	29,1656
2		-95,5499	26,7918
3		-94,2525	101,2144
4		-22,0705	103,8762
5		-92,2719	120,9893
6		-96,8344	76,6268
1	24/01/2009	-	84,2383
2		104,0101	
3		-96,3050	63,8477
4		0,0894	50,5428
5		-79,1457	64,1782
6		-49,0965	10,7322
1	25/01/2009	-97,1059	44,3169
2		-93,7482	63,1378
3		-	41,7932
4		100,6038	
5		104,9632	
6		-	69,2121
1	26/01/2009	-	112,3255
2		112,7425	
3		-49,0965	10,7322
4		-97,1059	44,3169
5		-	20,7585
6		113,2588	
1	27/01/2009	-	21,8737
2		119,3441	
3		-	38,0459
4		119,1397	
5		-60,6348	93,1997
6		38,2896	12,5076
1	28/01/2009	18,0646	21,5139
2		7,9971	35,7691
3		14,5936	52,2241
4		4,4612	77,3751
5		26,4890	108,3786
6		3,8759	70,2989
1	29/01/2009	-21,6419	40,1438
2		-34,9138	30,3085
3		-53,2095	55,8060

3		-77,5454	40,6114
4		-87,8641	120,7593
5		-	116,1322
6		115,2256	
1	29/01/2009	-	39,3639
2		101,1244	
3		-	64,0428
4		112,8231	
5		-	74,9226
6		104,9998	
1	30/01/2009	-	32,5051
2		121,7529	
3		-	124,5386
4		100,4502	
5		-88,8949	62,6212
6		-	50,3281
1	31/01/2009	107,7113	
2		-	84,0609
3		123,3802	
4		-	79,8430
5		149,0431	
6		-	67,2865
1	01/02/2009	126,0366	
2		-	93,1951
3		131,9819	
4		-	49,0127
5		152,4094	
6		-	73,4876
1	02/02/2009	205,2118	
2		-	75,0965
3		232,4156	
4		-	97,4944
5		210,2905	
6		-	140,6861
1	03/02/2009	167,8311	
2		-	132,6418
3		219,7039	
4		-	155,3757
5		177,0404	
6		-	73,4876
1	04/02/2009	205,2118	
2		-91,1265	153,4021
3		-	145,2100
4		119,9599	
5		-	132,9430
6		133,0770	
1	05/02/2009	-	143,1983
2		182,3485	
3			
4			
5			
6			
1	06/02/2009		
2			
3			
4			
5			
6			
1	07/02/2009		
2			
3			
4			
5			
6			

6			
1	06/02/2009		
2			
3			
4			
5			
6			
1	07/02/2009		
2			
3			
4			
5			
6			
1	08/02/2009		
2			
3			
4			
5			
6			
1	09/02/2009		
2			
3			
4			
5		-	-
6	128,8371	117,5397	
		-	72,8604
	154,2354		
1	10/02/2009	-	95,0943
2		110,1420	-
3		-	46,8110
4		112,8411	
5		-	-17,4056
6		112,5416	
		-	-
		103,7597	103,1869
		-88,9008	-5,9386
		-	18,8500
		110,8826	
1	11/02/2009	-	30,7011
2		106,6458	
3		-	64,2173
4		129,8651	
5		-	21,4224
6		131,4568	
		-99,9780	-9,8074
		-	-37,5883
		168,7397	
		-	37,5348
		108,9540	
1	12/02/2009	-	33,7544
2		138,8574	
3		-	41,5314
4		156,4502	
5		-	31,7988
6		171,0873	
		-	-1,1909
		152,7833	
		-	52,9753
		105,8068	
		-	46,6947
		120,2971	
1	13/02/2009	-	-5,1868
2		161,0955	
3		-	32,0691
4		169,2032	
5		-	41,2982
6		123,8573	
		-	5,7392
		106,6815	
		-	0,7652
		158,7473	
		-	19,8248
		112,9464	

1	14/02/2009	-	73,5246
2		110,4717	-
3		-	62,6612
4		130,5879	
5		-	45,4594
6		109,5835	
		-	101,0889
		113,5428	
		-	29,3905
		163,5910	
		-	25,8899
		119,5594	
1	15/02/2009	-	-5,6350
2		124,8958	
3		-	20,8662
4		118,5295	
5		-	-
6		114,1457	113,9236
		-	-48,0510
		120,0414	
		-	-
		100,7085	111,6687
		-	67,1237
		112,2929	
1	16/02/2009	-	69,0482
2		121,2145	
3		-	55,1159
4		135,1931	
5		-	14,8598
6		149,6728	
		-	117,5867
		121,4696	
		-	-
		161,6818	124,4384
		-	28,8410
		137,6163	
1	17/02/2009	-	-55,4879
2		115,5855	
3		-	26,8417
4		140,7391	
5		-	26,3019
6		141,9050	
		-	-
		121,4202	126,4137
		-	-
		154,4998	126,7028
		-	33,9053
		131,2634	
1	18/02/2009	-	105,1801
2		150,3417	
3		-	157,1754
4		135,1858	
5		-	71,0125
6		137,1948	
		-	-74,1263
		119,2425	
		-	-28,1652
		133,7493	
		-	-
		135,7876	113,4460
1	19/02/2009	-	156,4914
2		111,4177	
3		-	-15,7641
4		125,4809	
5		-	-
6		113,8574	121,9313
		-	84,2771
		122,5854	
		-91,1310	-24,4676
		-85,4286	89,0062
1	20/02/2009	-96,5724	-0,0251
2		-87,7663	22,0179
3		-94,8022	72,0352
4		-97,8478	108,9101

5		-	-38,6020
6		112,0798	-
		-	-
		104,6134	104,7517
1	21/02/2009	-	-28,2897
2		136,6670	
3		-	-52,6509
4		143,6524	
5		-	-7,9742
6		131,5358	
		-	167,8137
		118,0965	
		-	-
		139,6458	100,7233
		-	-
		137,5772	113,9005
1	22/02/2009	-	-
2		134,9204	116,1567
3		-	-
4		140,4048	111,5549
5		-	-
6		142,2463	107,7794
		-	-63,9644
		145,1796	
		-	-
		153,2094	123,0744
		-	-
		160,1511	135,6079
1	23/02/2009	-	-
2		160,8000	140,4028
3		-	-
4		142,3827	141,0901
5		-	-
6		148,7050	145,3202
		-	-76,8266
		139,5578	
		-	-64,0380
		156,5678	
		-	-70,7148
		134,9011	
1	24/02/2009	-	-
2		132,8545	102,9742
3		-	-
4		153,6573	108,4550
5		-	-
6		153,2146	136,2587
		-	-94,6686
		125,7701	
		-	-
		104,6527	119,9555
		-	-
		182,0328	135,6726
1	25/02/2009	-	77,7178
2		158,4924	
3		-	195,7090
4		140,9299	
5		-	-64,1637
6		145,2219	
		-	-
		156,1769	105,8063
		-	-
		159,0443	130,2201
		-	-
		133,0981	107,4427
1	26/02/2009	-	10,3709
2		132,3483	
3		-	-57,8246
4		132,0669	
5		-	-68,4307
6		121,8803	
		-	-
		135,2626	131,2482
		-	-0,6959
		134,1519	

6		-	5,7851
		141,3867	
1	27/02/2009	-	-11,0745
		133,9443	
2		-	4,7082
		150,8809	
3		-	85,1504
		148,0664	
4		-36,1507	
		115,7090	
5		-	7,5002
		138,5364	
6		-	105,6922
		145,8006	
1	28/02/2009	-	45,9913
		145,2701	
2		-	27,7293
		151,4647	
3		-	-64,9403
		160,2746	
4		-	-43,7533
		170,0537	
5		-	-
		160,8826	104,0037
6		-	-88,7262
		146,2063	
1	01/03/2009	-	37,7125
		151,3040	
2		-	-84,6970
		153,7085	
3		-	-43,6825
		164,0992	
4		-	-94,5167
		185,1185	
5		-	-
		206,2002	125,6234
6		-	-86,2876
		142,7693	
1	02/03/2009	-	-40,5320
		145,6280	
2		-	51,9886
		157,5334	
3		-	38,6426
		207,6122	
4		-	-
		218,9026	130,6339
5		-	-32,4656
		224,1658	
6		-	16,0616
		197,0833	
1	03/03/2009	-	-43,5714
		223,4398	
2		-	100,4738
		205,6533	
3		-	77,5333
		206,3739	
4		-	-
		232,0567	111,3998
5		-	-
		193,5636	130,3329
6		-	52,3416
		155,8362	
1	04/03/2009	-	155,9059
		205,7041	
2		-	-43,8402
		185,5727	
3		-	-78,3393
		184,1496	
4		-	-7,2676
		192,6028	
5		-	-
		217,5578	109,4938
6		-	-
		206,0830	116,0109

1	05/03/2009	-	110,7362
		169,0060	
2		-	-46,7977
		158,0937	
3		-	14,7487
		164,1554	
4		-	-18,5988
		107,9878	
5		-	2,0027
		127,7397	
6		-	-
1	06/03/2009	-	81,9871
		117,5183	
2		-	49,0966
		126,8805	
3		-	16,1060
		133,1793	
4		-	101,4154
		111,7547	
5		-	87,9192
		125,9113	
6		-	98,8807
		117,5031	
1	07/03/2009	-	95,2242
		115,7836	
2		-	66,5159
		120,7089	
3		-	82,6259
		123,8649	
4		-	217,4556
		126,1126	
5		-	166,4651
		132,5259	
6		-	238,9516
		140,1353	
1	08/03/2009	-	97,1420
		144,0180	
2		-	84,9940
		145,0609	
3		-	105,8585
		144,9837	
4		-	123,7000
		141,1005	
5		-	39,8415
		140,5948	
6		-	94,7233
		154,8376	
1	09/03/2009	-	70,6447
		144,1131	
2		-	92,8670
		129,1245	
3		-	17,7723
		155,2708	
4		-	-44,8799
		159,7210	
5		-	74,1460
		153,8546	
6		-	114,6249
		165,5625	
1	10/03/2009	-	-28,6148
		159,7480	
2		-	-39,5228
		151,5394	
3		-	-65,2645
		161,5084	
4		-	64,1947
		154,3586	
5		-	-55,9851
		155,2902	
6		-	-71,7238
		146,8359	
1	11/03/2009	-	-83,5472
		154,9566	
2		-	-

		160,1387	106,5128
3		-	-
		166,2040	113,6906
4		-	-97,2235
		160,3513	
5		-	-
		170,8816	117,4570
6		-	-45,8433
		162,5311	
1	12/03/2009	-	-
		155,7608	112,0669
2		-	-
		163,9297	120,5682
3		-	-
		170,0831	131,3673
4		-	-
		158,9732	122,1069
5		-	-4,4094
		105,2634	
6		-	-8,9636
		101,0165	
1	13/03/2009	-	-6,0027
		104,5039	
2		-	-19,2049
		149,2608	
3		-	-59,0903
		159,8685	
4		-	-50,8869
		136,5405	
5		-	-
		132,4317	148,8607
6		-	-
		141,3040	153,4219
1	14/03/2009	-	34,2733
		131,7680	
2		-	-0,8428
		145,5008	
3		-	8,8761
		140,6188	
4		-	-42,1724
		143,0653	
5		-	-12,2550
		139,7074	
6		-	-66,8765
		129,9023	
1	15/03/2009	-	-68,0449
		140,2303	
2		-	-
		142,4965	108,6044
3		-	-
		140,7628	105,6962
4		-	-96,8213
		135,6887	
5		-	53,3019
		143,3729	
6		-	-
		132,5150	105,3843
1	16/03/2009	-	-96,5974
		144,8068	
2		-	-
		146,6553	102,2661
3		-	-
		152,7311	110,5342
4		-	88,8827
		140,7540	
5		-	-90,7677
		149,5373	
6		-	-
		157,3880	105,1308
1	17/03/2009	-	-
		156,9341	104,9677
2		-	-
		155,0964	110,1744
3		-	-
		148,8180	120,9001

4		81,7763	-
			140,6846
5		-	-
		140,9964	157,0268
6		-	-
		142,1683	154,5018
1	18/03/2009	-	-66,4048
		135,8552	
2		-	152,7728
		136,6551	
3		-	20,2409
		144,2464	
4		-	-
		141,0950	112,1286
5		-	-43,0799
		139,0633	
6		-	30,3204
		138,7784	
1	19/03/2009	-	-82,4726
		148,4123	
2		-	-81,6436
		132,4116	
3		-	-79,6820
		155,2548	
4		-	-49,4261
		140,8456	
5		-37,6313	114,4630
6		-96,6547	-29,6846
1	20/03/2009	-	10,5398
		130,6691	
2		-	28,4539
		117,7347	
3		-	16,2869
		127,5677	
4		-99,4390	109,4257
5		-	21,1622
		110,3245	
6		-	19,4848
		104,4009	
1	21/03/2009	-	70,5682
		119,6888	
2		-99,5492	90,9123
3		-	50,4019
		115,3809	
4		-	186,4304
		109,6063	
5		-	168,0882
		100,2106	
6		-	147,5126
		108,5315	
1	22/03/2009	-	193,4061
		112,9192	
2		-69,3443	225,3574
3		-	208,9307
		118,1511	
4		-	253,5444
		123,6161	
5		-	163,8698
		117,9064	
6		-	210,1606
		123,5025	
1	23/03/2009	-	243,3156
		125,8859	
2		-	229,0133
		129,8786	
3		-	141,8062
		133,1061	
4		-	85,2826
		139,6714	
5		-	-9,2824
		149,0275	
6		-84,8653	-47,7158
1	24/03/2009	-	-53,5826
		122,6378	

2		-	-54,7083
		121,2405	
3		-	-71,1369
		129,1699	
4		-	-31,4404
		131,3836	
5		-	231,8741
		134,1154	
6		-	174,4779
		132,3383	
1	25/03/2009	-	221,7248
		131,9854	
2		-	251,6713
		129,6113	
3		-	282,3353
		135,4812	
4		-	254,5752
		143,2824	
5		-	131,8547
		145,3467	
6		-	86,9340
		142,1631	
1	26/03/2009	-	60,3639
		140,7575	
2		-	48,2638
		139,4591	
3		-	11,8242
		150,3361	
4		103,5930	52,7232
5		-59,0670	141,9996
6		-62,8393	110,5474
1	27/03/2009	-56,1219	93,1679
2		-19,0402	76,8590
3		34,6628	115,7886
4		-80,5227	227,9727
5		-83,1332	330,6581
6		43,2245	246,3581
1	28/03/2009	57,4692	187,0083
2		90,7706	269,1311
3		6,4134	198,7725
4		-8,3016	247,9452
5		75,4408	211,1228
6		47,1242	170,4779
1	29/03/2009	94,7919	163,2361
2		74,4639	230,5548
3		96,6735	220,8433
4		65,6703	166,4223
5		43,4067	136,0112
6		21,3199	109,1064
1	30/03/2009	89,4414	86,0683
2		131,2786	-8,4710
3		201,5052	-68,4874
4		234,8338	-79,5147
5		259,3323	171,1383
6		275,0378	222,7649
1	31/03/2009	274,0870	200,2839
2		280,0293	226,4352
3		263,2700	262,3168
4		284,4233	248,2818
5		281,9760	284,1812
6		131,1691	269,4046
1	01/04/2009	169,7883	280,5518
2		199,6731	295,9407
3		220,3363	293,4891
4		269,8599	301,2194
5			
6			
1	02/04/2009		
2			
3			
4			
5		263,8849	286,7668
6		262,0797	303,5792

1	03/04/2009	276,5489	297,9140
2		329,5857	309,0618
3		322,1321	298,4033
4		340,5958	330,3688
5		260,9916	355,8378
6		293,8891	354,4319
1	04/04/2009	320,9729	286,1500
2		352,9056	280,0194
3		326,4819	285,7126
4		329,8407	357,7523
5		285,8206	294,5506
6		305,3864	282,9491
1	05/04/2009	220,4685	286,5248
2		220,4288	279,0998
3		238,9323	277,4853
4		230,8778	307,0138
5		239,9006	326,6645
6		184,3664	352,0108
1	06/04/2009	225,3696	278,7395
2		201,4080	288,0377
3		176,6143	283,0131
4		181,3138	294,4633
5		190,0371	369,5744
6		157,2157	284,0128
1	07/04/2009		
2			
3			
4			
5			
6			
1	08/04/2009	12,6998	263,2403
2		-22,7832	270,8226
3		-16,2095	310,2929
4		12,6703	264,9290
5		178,1485	227,8497
6		197,8768	277,1086
1	09/04/2009	207,3507	269,1477
2		206,8468	290,5041
3		224,0567	286,2810
4		214,1858	328,2566
5		153,9179	287,2269
6		183,2838	242,2943
1	10/04/2009	189,8755	265,6726
2		176,9174	266,9480
3		152,0042	272,9823
4		133,9041	277,9481
5		60,9391	257,9334
6		131,5683	267,3661
1	11/04/2009	222,3570	269,0184
2		277,5629	279,3063
3		204,2964	273,2517
4		257,9651	272,7950
5		204,9751	285,6484
6		291,3755	295,8059
1	12/04/2009	282,4120	333,3798
2		260,6238	297,0821
3		303,7343	280,1901
4		137,1366	348,1783
5		183,6111	315,5087
6		289,2434	317,1988
1	13/04/2009	317,6527	322,4547
2		170,3146	294,1918
3		56,9785	294,1398
4		23,7024	318,6114
5		-43,3343	298,7847
6		-64,4443	290,0302
1	14/04/2009	-74,9000	292,6734
2		-82,9451	263,9957
3		-81,7483	342,3252
4		-86,3536	331,6068
5		-93,2732	274,1382

6		-88,7888	298,3501
1	15/04/2009	-98,5377	294,2486
2		-95,2186	272,7112
3		141,8816	276,8858
4		48,7226	317,8773
5		-70,2327	312,7284
6		217,8741	305,9177
1	16/04/2009	282,7436	309,1758
2		264,1984	319,8494
3		302,4455	315,6977
4		278,1627	339,0708
5		221,2805	201,1633
6		274,2445	176,0801
1	17/04/2009	271,5890	293,1155
2		271,1150	298,2976
3		165,4928	478,9743
4		137,4983	369,8827
5		286,2274	333,0978
6		301,7326	348,3997
1	18/04/2009	297,7238	337,7131
2		290,5903	328,4012
3		318,5591	314,0216
4		275,7707	332,6490
5		159,8916	242,2278
6		252,1153	271,1168
1	19/04/2009	307,9053	313,4041
2		311,5818	310,0934
3		288,7161	321,7468
4		138,3116	287,1369
5		74,2917	192,7593
6		-9,7676	110,0182
1	20/04/2009	-66,0869	96,8992
2		-76,2685	281,8465
3		-82,1374	335,7656
4		-88,6499	330,2638
5		-93,0000	277,3583
6		-90,8358	367,0688
1	21/04/2009	-93,9708	285,6524
2		-94,8725	165,4841
3		-	255,7173
4		107,0282	-
5		113,1725	-296,3019
6		115,4970	-390,1052
1	22/04/2009	57,4401	366,9728
2			
3			
4			
5			
6			
1	23/04/2009		
2			
3			
4			
5			
6			
1	24/04/2009		
2			
3			
4			
5			
6			
1	25/04/2009		
2			
3			
4			
5			
6			
1	26/04/2009		
2			

3			
4			
5			
6			
1	27/04/2009	292,3153	232,8374
2		306,5258	310,7106
3		323,3256	293,1858
4		182,9183	319,9483
5		106,0244	237,2384
6		102,3669	338,0751
1	28/04/2009	89,1789	273,5238
2		75,9016	503,3957
3		228,0021	287,4413
4		111,9095	284,4500
5		65,8166	304,6831
6		48,1217	394,3086
1	29/04/2009	34,4778	407,1546
2		12,8131	415,3128
3		-48,9842	407,4753
4		-94,1957	367,2918
5		-	-45,6966
6		109,3835	-
1	30/04/2009	113,6479	-420,9519
2		119,0240	-446,1422
3		126,0918	-455,1860
4		134,3266	-416,2437
5		136,9996	-352,5453
6		140,3843	-404,2998
1	01/05/2009	-40,4212	277,0088
2		-67,9625	204,4880
3		192,8903	249,7578
4		246,7692	250,3163
5		261,1243	253,7032
6		299,1791	276,7423
1	02/05/2009	295,7992	333,3506
2		319,7452	258,1808
3		276,0598	270,2624
4		174,6944	286,7638
5		128,2004	336,1903
6		76,9427	57,8163
1	03/05/2009	94,2341	272,6638
2		67,6973	264,7273
3		33,5811	271,2326
4		-44,6968	282,4378
5		-90,2171	329,4760
6		51,5503	-38,0404
1	04/05/2009	-88,3618	369,8400
2		-98,7352	142,9741
3		-	120,0993
4		102,5048	-
5		105,5115	-86,3678
6		-86,4797	52,3223
1	05/05/2009	28,5643	39,1386
2		-	43,7468
3		102,5185	-
4		-	19,0998
5		115,6380	-
6		-	3,6799
1	06/05/2009	114,6754	-
2		100,1784	11,2870
3		26,4589	-14,8313
4		172,8562	-
5		-	293,0973
6		-23,5333	336,4909
1	06/05/2009	-97,4450	143,0983

2		-	89,4681
3		104,1514	-
4		-	63,2460
5		116,9122	-
6		-40,9254	148,2856
1	07/05/2009	121,1134	230,5520
2		-67,0901	422,2683
3		-77,9300	419,9207
4		-81,4009	353,5055
5		196,7716	249,8098
6		201,8235	272,4144
1	08/05/2009	178,7705	76,5314
2		239,4105	324,6382
3		213,9052	171,5922
4		207,5531	111,0088
5		207,4020	49,0130
6		168,0096	247,8033
1	09/05/2009	111,4314	69,7442
2		188,0400	202,7921
3		213,4348	202,3370
4		205,9676	210,0128
5		216,3278	236,7871
6		217,3353	60,4730
1	10/05/2009	178,8340	423,1090
2		229,6205	212,6528
3		212,2678	163,3570
4		236,6589	215,5838
5		221,6145	259,2436
6		203,1609	292,9721
1	11/05/2009	240,5660	53,7768
2		245,6019	266,0872
3		186,4566	261,6768
4		235,5653	224,6434
5		214,7357	224,7660
6		243,6881	249,7998
1	12/05/2009	258,2960	159,8691
2		217,9454	78,3329
3		247,7265	291,9408
4		206,2220	252,7705
5		226,6703	298,4590
6		203,4278	60,1647
1	13/05/2009	287,9373	-77,1880
2		244,0657	193,7003
3		175,2397	197,6586
4		186,8874	158,7151
5		178,4448	72,7535
6		182,4896	120,9862
1	14/05/2009	188,3648	151,5908
2		178,2576	119,3278
3		177,9748	104,0238
4		179,7923	144,0058
5		158,1126	143,8786
6		170,5274	133,0901
1	15/05/2009	189,7599	144,5415
2		186,0497	145,2343
3		181,8270	100,4079
4		296,0835	153,3524
5		333,1682	121,7941
6		196,2121	113,4117
1	16/05/2009	123,5698	108,5585
2		304,9149	160,3500
3		138,8500	75,2394
4		116,9928	56,0041
5		105,2711	24,4688
6		91,4600	126,0124
1	17/05/2009	202,3692	45,5022
2		268,7109	231,9578
3		263,3758	118,6348
4		137,4074	89,4143
5		98,0489	44,8190
6		222,3736	98,6269
1	17/05/2009	242,1461	177,2577



6		257,2796	149,6024
1	18/05/2009	70,3545	228,3211
2		47,1158	242,8996
3		46,4177	184,9364
4		184,2258	135,1904
5		230,9511	8,9252
6		260,1669	280,7438
1	19/05/2009	186,1196	335,2069
2		69,0807	334,5309
3		176,1804	331,2316
4		214,2418	279,8109
5		226,2479	8,4579
6		250,4490	382,8354
1	20/05/2009	83,7626	417,9618
2		95,6315	436,9950
3		208,7224	431,9048
4		220,4323	214,8697
5		236,6307	266,7739
6		238,2894	462,3759
1	21/05/2009	247,3364	453,8265
2		211,8002	447,0112
3		207,6443	486,6179
4		241,2883	232,9033
5		226,9768	-66,4687
6		222,4640	440,5237
1	22/05/2009	216,7250	459,5152
2		224,0008	467,0319
3		220,7618	459,5420
4		224,9436	-63,3143
5		270,5458	125,1418
6		270,1511	351,6459
1	23/05/2009	259,9284	355,0101
2		228,2492	178,4113
3		222,1865	180,6198
4		226,1211	-28,7424
5		224,7377	-48,6251
6		254,1574	128,2747
1	24/05/2009	256,6394	156,6306
2		397,9329	122,8855
3		267,8253	-
4		245,2901	169,7791
5		276,2424	131,3743
6		475,3967	70,3318
1	25/05/2009	444,5561	111,6364
2		437,6633	99,4228
3		154,2982	64,3789
4		231,4805	67,5740
5		70,8802	-
6		209,1789	115,7934
1	26/05/2009	241,6986	127,7706
2		235,5968	130,5711
3		264,0707	91,7535
4		125,0519	123,0480
5		72,1053	-11,8303
6		96,6587	60,7648
1	27/05/2009		
2			
3			
4			
5			
6			
1	28/05/2009	107,5530	88,0220
2		107,6070	64,0296
3		97,1337	48,6722
4		97,8402	91,5615
5		86,9346	-31,9443
6		107,2052	2,1910
1	29/05/2009	84,8619	-10,8748

2		104,5178	22,6145
3		159,5828	6,5271
4		106,8862	122,8318
5		89,4536	46,0008
6		192,2733	-
			227,0994
1	30/05/2009	355,5304	-63,5605
2		314,2529	-60,6798
3		93,8448	-3,0658
4		88,8178	52,0664
5		70,0813	-
6			206,8234
			84,5450
			120,7450
1	31/05/2009	64,1050	-
2			133,6358
3		36,9114	-
4			142,0917
5		52,7105	-73,1588
6		101,7857	-75,3508
		59,7233	-72,9456
		92,4571	-
			141,7800
1	01/06/2009	91,2135	-
2			151,7117
3		89,0962	-
4			162,4286
5		123,9196	-
6			164,0646
		97,5400	-
			107,5206
		83,9375	36,2442
		85,6914	-16,9442
1	02/06/2009	14,0854	25,6477
2		-14,8681	-
3			150,6973
4		-22,6216	-95,3663
5		97,6999	79,6563
6		73,1254	72,1211
		107,2467	-
			151,1449
1	03/06/2009	185,2963	31,3590
2		201,6553	-
3			151,5400
4		99,7766	82,6892
5		97,4919	100,8866
6		76,9149	13,2088
		77,9431	-
			206,9447
1	04/06/2009	117,2849	-
2			160,5969
3		232,3295	-16,4305
4		189,5397	32,5093
5		92,5210	-
6			154,8310
			113,9900
			90,3277
			75,4222
1	05/06/2009	115,1337	-86,8052
2		154,3838	-
3			160,0140
4		96,1303	-
5			125,9998
6		126,9662	-
			158,9708
			117,9799
			48,7367
			210,7989
1	06/06/2009	176,3680	99,3841
2		240,6151	136,1818
3		205,0368	90,7381
4		98,8029	83,5729
5		100,0022	115,3367
6		98,5966	94,7048
1	07/06/2009	126,0020	134,0582

2		281,5793	143,7337
3		133,2187	127,5504
4		112,7092	97,0262
5		106,3711	31,7540
6		128,2092	133,9693
1	08/06/2009	127,7342	139,3666
2		286,1073	141,5708
3		130,9009	111,1622
4		110,7418	81,6157
5		92,3444	48,3520
6		87,2512	-57,1070
1	09/06/2009	35,3005	137,6501
2		24,5500	147,1122
3		118,8138	127,5188
4		102,8289	68,7391
5		82,2187	63,2856
6		84,1338	-17,3091
1	10/06/2009	41,7783	93,0179
2		62,8492	56,3741
3		113,9673	-5,2573
4		89,2510	84,3923
5		82,1469	-31,0344
6		117,0725	34,4233
1	11/06/2009	372,7568	-
2			105,1158
3		538,4315	-
4			143,0144
5		307,2799	-
6			116,4146
		98,1290	-
			128,6000
		57,6245	57,3227
		97,7288	-
			137,8954
1	12/06/2009	110,5756	-
2			149,8445
3		112,4956	-
4			149,6055
5		112,6093	-84,5791
6		90,4774	12,0702
		57,1281	43,9844
		90,3819	-
			145,2297
1	13/06/2009		
2			
3			
4			
5			
6			
1	14/06/2009	101,4044	17,4710
2		108,5509	-42,7810
3		97,2304	-
4			127,9772
5		90,3767	25,9500
6		65,4146	-
			129,7024
		102,3884	-38,2095
1	15/06/2009	109,2689	-
2			122,4930
3		94,6416	-
4			136,3144
5		116,7478	-
6			145,7224
		96,8206	0,4004
		55,5902	62,5170
		96,1683	-
			139,4171
1	16/06/2009	101,1967	-
2			109,4524
3		115,7961	-54,6504
4		110,8948	8,8183
5		97,7732	6,2189
6		70,9241	-

6			128,0767
		94,3376	-
			164,6813
1	17/06/2009	118,1258	-
			170,4248
2		113,7004	-
			179,2151
3		105,6148	-
			142,2389
4		85,0291	-10,5577
5		58,7652	40,3962
6		85,7897	-
			152,1344
1	18/06/2009	71,4884	-
			155,4683
2		106,4579	-
			155,7632
3		88,5995	-
			158,1908
4		65,4418	60,2660
5		59,3961	-66,9017
6			
1	19/06/2009	92,7964	-
			171,1342
2		97,6206	-
			175,0023
3		87,6067	-
			177,9536
4		91,9816	-98,3055
5		68,3808	-
			187,6470
6		80,1624	-
			204,3431
1	20/06/2009	78,6960	58,8791
2		78,3052	-66,1368
3		94,0591	-36,8366
4		91,0431	-15,7711
5		93,4888	-94,5902
6		104,1882	-
			166,5649
1	21/06/2009	85,5369	-
			150,5122
2		100,5359	-
			149,2652
3		112,6212	-
			154,5813
4		94,1233	-
			161,9631
5		77,7531	-
			139,9975
6		92,5391	-
			188,5327
1	22/06/2009	87,8624	-
			196,3478
2		94,7907	-
			199,0905
3		104,8419	-
			220,6631
4		104,1661	-65,3463
5		115,5245	50,4176
6		92,4291	-
			119,8210
1	23/06/2009	113,8519	-
			134,1882
2		91,6815	-
			113,7400
3		104,2862	-8,2688
4		108,8549	46,2711
5		96,7541	-53,2283
6			
1	24/06/2009		
2			
3			
4			

5			
6			
1	25/06/2009		
2			
3			
4			
5			
6			
1	26/06/2009		
2			
3			
4			
5			
6			
1	27/06/2009		
2			
3			
4			
5			
6			
1	28/06/2009		
2			
3			
4			
5			
6			
1	29/06/2009		
2			
3			
4			
5			
6			
1	30/06/2009		
2			
3			
4			
5			
6			
1	01/07/2009		
2			
3			
4			
5			
6			
1	02/07/2009		
2			
3			
4			
5			
6			
1	03/07/2009		
2			
3			
4			
5			
6			
1	04/07/2009		
2			
3			
4			
5			
6			
1	05/07/2009		
2			
3			
4			
5			
6			
1	06/07/2009		
2			
3			

4			
5			
6			
1	07/07/2009		
2			
3			
4			
5			
6			
1	08/07/2009		
2			
3			
4			
5			
6			
1	09/07/2009		
2			
3			
4			
5			
6			
1	10/07/2009		
2			
3			
4			
5			
6			
1	11/07/2009		
2			
3			
4			
5			
6			
1	12/07/2009		
2			
3			
4			
5			
6			
1	13/07/2009		
2			
3			
4			
5			
6			
1	14/07/2009		
2			
3			
4			
5			
6			
1	15/07/2009		
2			
3			
4			
5			
6			
1	16/07/2009		-
			183,9412
2			-
			177,2867
3			-
			192,5859
4			-
			143,3082
5			-
			125,0401
6			-
			235,1443
1	17/07/2009		10,1679
2			-
			120,8503

3		-
		205,9452
4		-
		204,5844
5		-
		177,4952
6		-
		226,2406
1	18/07/2009	-
		197,9540
2		-19,3192
3		90,3641
4		-35,0971
5		-16,0187
6		-36,7903
1	19/07/2009	-46,2882
2		-
		117,4339
3		-
		213,7351
4		-
		209,5183
5		-
		210,6455
6		-28,8234
1	20/07/2009	-9,1825
2		2,8745
3		-65,3323
4		-81,5745
5		-30,2927
6		-58,7099
1	21/07/2009	-43,8830
2		-
		100,6036
3		-
		109,2812
4		-89,5273
5		-
		200,3233
6		-56,8244
1	22/07/2009	-95,2720
2		-
		126,0736
3		-
		150,2081
4		-85,8027
5		-
		177,2782
6		-
		172,8321
1	23/07/2009	-
		204,3116
2		-
		216,6091
3		-
		198,3391
4		-
		184,5532
5		-
		151,2238
6		-
		166,5776
1	24/07/2009	-
		182,4297
2		-
		192,4028
3		-
		193,7126
4		-
		197,6963
5		-
		198,3963
6		-
		194,3519

1	25/07/2009	-87,2496
2		-
		201,4263
3		-
		210,1436
4		-
		155,1842
5		-
		205,0761
6		105,9910
1	26/07/2009	105,1672
2		-
		209,2517
3		-
		131,6069
4		-
		190,4037
5		-
		134,6942
6		95,3367
1	27/07/2009	105,1134
2		103,1096
3		100,7617
4		75,6193
5		132,2824
6		68,7727
		33,7502
1	28/07/2009	-9,6861
2		-
		183,1496
3		-64,4532
4		-
		204,0045
5		-59,1941
6		-66,5152
1	29/07/2009	-72,0276
2		-98,8340
3		-43,2400
4		-12,1992
5		-
		161,7596
6		-
		162,9808
1	30/07/2009	-
2		170,9382
3		-
		167,5978
4		-
		173,8838
5		-
		175,4420
6		-
		159,7377
		-
		180,9262
1	31/07/2009	-
2		184,8507
3		-
		183,6203
4		117,6706
5		-
		100,2986
6		-