

# infraestructuras y **actividades** de demostración

Programa Consolider Tragua



[www.consolider-tragua.com](http://www.consolider-tragua.com)



**infraestructuras**  
y **actividades**  
de demostración  
Programa Consolider Tragua

plantas piloto de

**demostración  
de tratamientos  
avanzados**

**infraestructuras  
y actividades  
de demostración**  
Programa Consolider Tragua

**md**

# 1 Plantas piloto de demostración de tratamientos avanzados [4]

- 1.1 Planta piloto MBR con membrana plana y de fibra hueca  
[Universidad de Alicante](#) [5]
- 1.2 Planta piloto de ultrafiltración/ósmosis inversa  
[Universidad de Cantabria](#) [11]
- 1.3 Planta piloto de electrólisis de aguas residuales con ánodos de diamante  
[Universidad de Castilla La Mancha](#) [17]

# 2 Plantas piloto de ensayo de reutilización [22]

- 2.1 Finca experimental de la Universidad de Almería: Ensayos de demostración para evaluar el agua residual depurada para su empleo como agua de riego  
[Universidad de Almería y COEXPHAL](#) [23]
- 2.2 Centro Experimental de I+D+i de la Fundación CENTA: Reutilización de aguas depuradas para usos ambientales  
[Universidad de Alcalá, Universidad Rey Juan Carlos y Fundación CENTA](#) [27]
- 2.3 Finca privada en el término municipal de Granada: Uso de agua regenerada para el riego de chopos  
[ASAJA-Granada y Universidad de Granada](#) [32]

plantas piloto de

# demostración de tratamientos avanzados

infraestructuras  
y actividades  
de demostración  
Programa Consolider Tragua



plantas piloto

<  
E  
C  
-  
E

1.1

demostración de tratamientos  
avanzados



Universitat d'Alacant  
Universidad de Alicante

## Planta piloto MBR con membrana plana y de fibra hueca

Universidad de Alicante. Instituto Universitario del Agua y Ciencias Ambientales

---

### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA PLANTA

#### Nombre

Planta piloto MBR con membrana plana y de fibra hueca.

#### Autores

Instituto del Agua y las Ciencias Ambientales. Universidad de Alicante.

#### Localización

EDAR de Rincón de León (Alicante).

#### Fecha de puesta en marcha

Abril 2009.

#### Declaración conflicto de intereses de los autores

Ninguna.

### 2. PROCEDENCIA DEL AGUA

EDAR de Rincón de León (Alicante).

### 3. TRATAMIENTOS LLEVADOS A CABO

Tratamiento con biorreactores de membrana sumergida.

#### 4. CARACTERÍSTICAS/DESCRIPCIÓN (Componentes, especificaciones técnicas, capacidad máxima)

La planta dispone de dos sistemas, uno de membrana plana y otro de membrana de fibra hueca.

En la siguiente tabla se muestran las especificaciones técnicas de la membrana plana:

Consta de dos módulos de 10 unidades de filtración con un área total de 16 m<sup>2</sup> y un caudal de 400 L/h. Las características de la membrana son:

- Fabricante: Kubota.
- Modelo: LF10.
- Dimensiones unitarias: 1.5 x 0.51 x 0.18 m.
- Tipo de cartucho: 510.
- Porosidad: 0.4 micras.
- Material de la membrana: Polietileno clorado.
- Área de filtración por cartucho: 0.8 m<sup>2</sup>.
- Área de filtración por módulo: 8 m<sup>2</sup>.

En la siguiente tabla se muestran las especificaciones técnicas de la membrana de fibra hueca. Consta de 4 módulos de filtración con un área total de 20 m<sup>2</sup> y un caudal de filtración de 400 L/h. Las características de la membrana son:

- Fabricante: Porous Fibers.
- Modelo: Micronet R.
- Dimensiones unitarias: 1.78 x 0.106 x 0.106 m.
- Porosidad: 0.4 micras.
- Material de la membrana: PVDF+poliéster.
- Área de filtración por módulo: 5 m<sup>2</sup>.

#### 5. RESULTADOS (Capacidad de trabajo, rendimiento, parámetros generales de agua salida)

Las 2 líneas del MBR existentes (membrana plana y fibra hueca) están diseñadas para trabajar a un caudal nominal de 400 L/h, es decir 25 LMH para las membranas planas y 20 LMH para fibra hueca.

A continuación se detallan algunos de los resultados más relevantes obtenidos hasta el momento.

Variación de la carga másica (Cm) de entrada: Estudio a diferentes Cm de entrada y SS en el licor mezcla

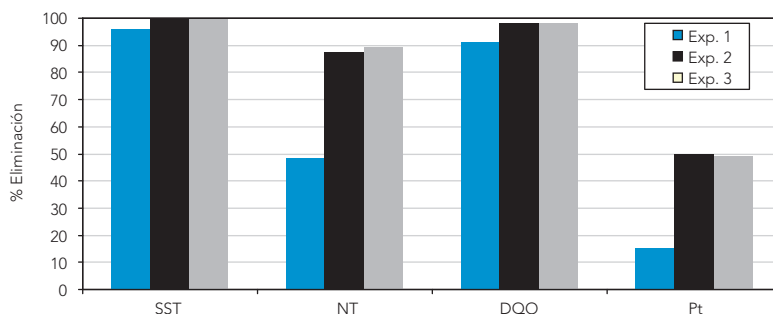
En la siguiente tabla se resumen las condiciones de operación más relevantes durante dicha experimentación:

	DQO entrada (mg/L)	Membrana plana			Membrana fibra hueca		
		Flujo (L/m <sup>2</sup> h)	SST (g/L)	Aireación (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h)	Flujo (L/m <sup>2</sup> h)	SST (g/L)	Aireación (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h)
Exp. 1	350	12,5	8	1,5	10	8	1
Exp. 2	1.450	17,5	12	1,5	14	12	1,3
Exp. 3	1.450	15	14	1,5	12	14	1,3

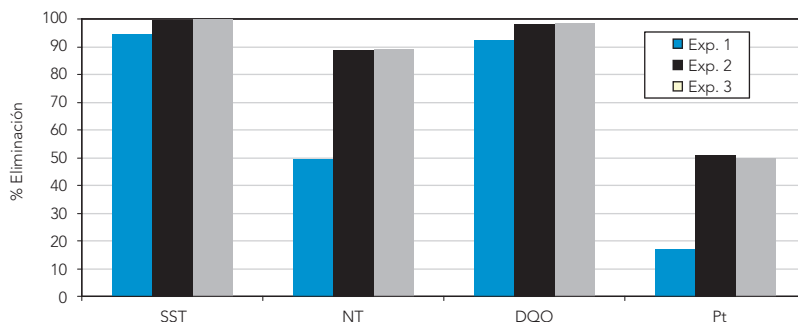




### Rendimientos de eliminación (membrana plana)



### Rendimientos de eliminación (fibra hueca)



Los rendimientos de depuración de nutrientes y materia orgánica aumentan al aumentar los SS en el licor mezcla y al tener una carga másica de entrada mayor (5% SST, 7% DQO, 40% Nt y 35% Pt en los experimentos 2 y 3 respecto al 1).

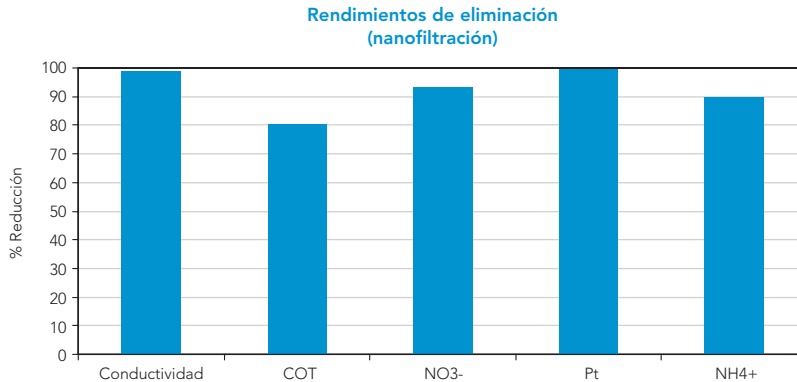
No se han encontrado diferencias significativas en la reducción de nutrientes y materia orgánica entre ambas membranas, pero sí en el ensuciamiento y necesidades de limpieza de las mismas (mayor en fibra hueca).

Finalmente, se presenta la siguiente tabla a modo resumen, mostrando los valores obtenidos de los parámetros analizados para el agua de salida de ambas membranas.

	Parámetros generales del agua de salida					
	NT (mg/l)	PT (mg/l)	NO <sub>3</sub> - (mg/l)	NO <sub>2</sub> - (mg/l)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	DQO (mg/L)
MEMBRANA PLANA	16,6	21,4	57,7	0,07	0,34	28,9
FIBRA HUECA	16,8	20,9	68,3	0,08	0,14	23,3

### Tratamiento combinado MBR/NF

Durante un periodo de 3 meses se ha monitorizado la reducción de nutrientes, materia orgánica y contenido salino procedentes del permeado del MBR híbrido, tras pasar por una membrana de NF. Los resultados obtenidos se resumen en la siguiente gráfica.



Como se puede observar, tras el tratamiento del agua residual con el biorreactor de membrana seguido de una nanofiltración, se obtiene un agua de excelente calidad.

En la siguiente tabla se detallan los valores medios obtenidos para los parámetros analizados durante el periodo de monitorización.

	Entrada NF	Salida NF
Conductividad (mS)	2900	34
COT (mg/L)	8,4	1,6
NO3- (mg/l)	77,6	5,1
Pt (mg/L)	14,4	0,06
NH4+ (mg/l)	0,11	0,01

## **6. FOTOGRAFÍAS, ESQUEMAS Y DIAGRAMAS DE LA PLANTA**

En las siguientes fotografías y esquema se muestra un diagrama general de la planta piloto de MBR y una vista de los detalles de la misma:



Vista general de la planta piloto híbrida de MBR.

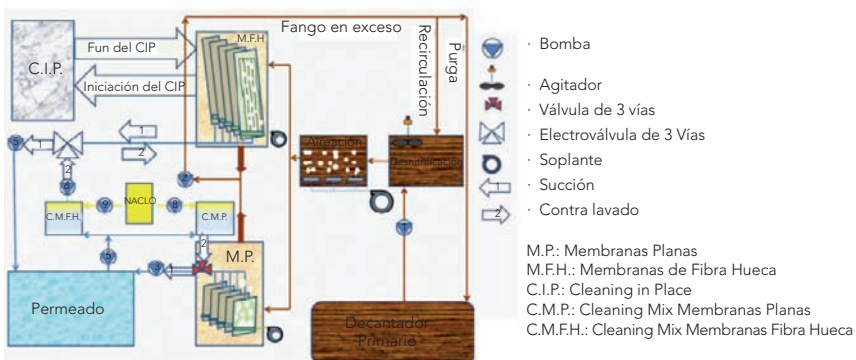
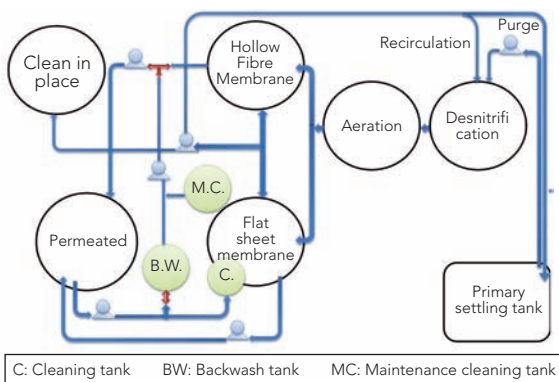
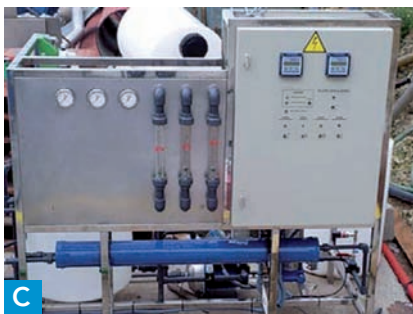
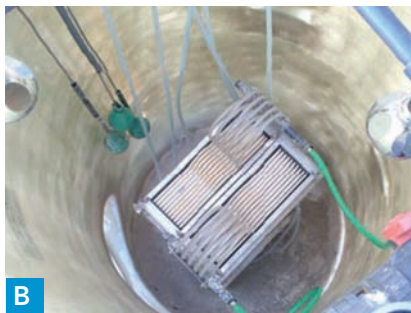


Diagrama general de la planta.



A) Difusores instalados sobre una parrilla de aireación.

B) Módulos de membrana plana.

C) Planta piloto de NF en serie con MBR.

D) Módulos de fibra hueca.

E) Planta piloto de NF en serie con el MBR.

Detalles de la planta piloto MBR.



plantas piloto

U  
N  
I  
V  
E  
R  
S  
I  
D  
A  
D  
D  
E  
C  
A  
N  
T  
A  
B  
R  
I  
A

1.2

demostración de tratamientos  
avanzados



## Planta piloto de ultrafiltración/ósmosis inversa

Universidad de Cantabria. Grupo de Procesos Avanzados de Separación

---

### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA PLANTA

#### Nombre

Sistema integrado de membranas a escala planta piloto ultrafiltración+ósmosis inversa.

#### Autores

Grupo de Procesos Avanzados de Separación. Departamento de Ingeniería Química. Universidad de Cantabria.

#### Localización

EDAR de Vuelta Ostrera en Suances (Cantabria).

#### Fecha de puesta en marcha

Marzo 2009

#### Declaración conflicto de intereses de los autores

Ninguna.

### 2. PROCEDENCIA DEL AGUA

EDAR de Vuelta Ostrera en Suances (Cantabria).

### 3. TRATAMIENTOS LLEVADOS A CABO

Tratamientos de Ultrafiltración y de Ósmosis inversa.

#### 4. CARACTERÍSTICAS/DESCRIPCIÓN (Componentes, especificaciones técnicas, capacidad máxima)

##### La Planta de Ultrafiltración UF

Se alimenta con caudal máximo de 3 m<sup>3</sup>/h de agua de salida de la EDAR. Esta planta de UF consta de dos módulos de membranas de fibras huecas fabricados de un material hidrófobo (Poliétersulfona). Estos módulos trabajan en paralelo en modo de filtración total.

En la siguiente tabla se muestran los principales componentes y las especificaciones técnicas:

Equipos y elementos principales		Instrumentación de control	
2	Módulos de Membranas de UF, en paralelo	2	Rotámetros de flotador
2	Bombas de aporte	1	Transmisor de Caudal
1	Sistema de Pre-filtración por anillas de 130 micras	3	Manómetros de Bourdon
4	Bombas dosificadoras	2	Transmisores de presión
2	Depósitos de almacenamiento de permeado de UF (1 m <sup>3</sup> )	7	Electroválvulas de accionamiento neumático
4	Tanques de almacenamiento de químicos (200 L)	1	Sonda de temperatura
1	Compresor	4	Válvulas de bola
1	Registradora de datos con gestor gráfico	9	Válvulas de retención
	Armario eléctrico con autómatas y PLC	2	Válvulas de diafragma
	Bastidor metálico	8	Sensores de nivel
		2	Presostatos diferenciales
		1	Turbidímetro en línea
		1	Sonda de pH
		1	Sonda REDOX

##### Módulo de Membrana de UF

Tipo de módulo	SLX-225 F5FC PVC
Tipo de membrana	HOG 4000XF
Fabricante	X-Flow Norit
Material de la membrana	Poliétersulfona PES/PVP
Tamaño medio del poro	0,02 µm
Diámetro interno de la fibra	0,8 mm
Espesor de membrana	0,25 mm
MWCO	150 kDa
Área de membrana	40 m <sup>2</sup> (por elemento)
Longitud del módulo	1.537 mm (8 pulgadas)
Diámetro del módulo	200 mm
Capacidad	2-5 m <sup>3</sup> /h



## La planta de Osmosis Inversa (OI)

Se alimenta con un caudal máximo de 3,6 m<sup>3</sup>/h del permeado obtenido en la etapa previa de UF. Esta planta consta de dos módulos en espiral, y las membranas están formadas por un compuesto neutro (poliamida).

En la siguiente tabla se muestran las especificaciones técnicas:

Equipos y elementos principales		Instrumentación de control	
2	Módulos de Membranas de OI, en serie	3	Caudalímetros
1	Bomba centrífuga vertical de aporte de agua a presión	1	Transmisor de caudal
1	Bomba centrífuga horizontal para las etapas de Flushing y lavados de las membranas	2	Transmisores de Presión
1	Bomba dosificadora de antiincrustante	1	Transmisor de Conductividad
1	Depósito de almacenamiento de antiincrustante	1	Termómetro analógico
1	Depósito de almacenamiento de agua de permeado	3	Electroválvulas de accionamiento neumático
1	Registradora de datos con gestor gráfico	1	Válvula de regulación
	Armario eléctrico con autómatas y PLC.	8	Válvulas de bola (en inox. y PVC)
	Bastidor metálico	1	Válvula de 3 vías
		3	Válvulas antirretorno (inox.)

Módulo de Membrana de OI	
Tipo de módulo	Espiral
Tipo de membrana	LFC1-4040
Fabricante	Hydranautics
Material de la membrana	Poliamida PNPES
Área de membrana	7,9 m <sup>2</sup> (por elemento)
Número de elementos	2
Longitud del módulo	1.016 mm (4 pulgadas)
Flujo de permeado	0,36 m <sup>3</sup> /h
Rechazo en sales	99%

## **5. RESULTADOS** (Capacidad de trabajo, rendimiento, parámetros generales de agua salida)

Las características de trabajo que presenta esta planta son las siguientes:

- Operación en continuo y discontinuo.
- Operación con una etapa (UF) o dos etapas (UF/OI).
- Operación para la evaluación de las calidades de los efluentes obtenidos (la requerida para el vertido y por RD/1620/2007).

## Infraestructuras y actividades de demostración programa consolider tragua

• Evaluación de la influencia de diferentes parámetros de operación:

1. En UF, acondicionamiento de los ciclos de filtración/limpieza, tanto físicas como químicas en función de las características del influente y de los requerimientos del efluente de la UF.
2. En OI, trabajo con diferentes productividades en función de los requerimientos de caudal y calidad de perneado deseados. Se pueden estudiar necesidades de limpieza de membranas.

Los rendimientos obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

	Entrada UF		Permeado UF		Permeado OI		%	%
	Rango	Media	Rango	Media	Rango	Media	Eliminación UF	Eliminación OI
Turbidez (NTU)	1,1-25,8	5,95	0-5,2	0,36	0-1,14	0,14	93,9	97,6
TSS (mg/L)	0-44	9,95	0-6	0,98	0,3	0,16	90,2	98,4
E. Coli (ufc/100 mL)	3,1*10 <sup>3</sup> -1,3*10 <sup>6</sup>	1,5*10 <sup>5</sup>	<1-8	<1	<1-4,1	<1	100	100
Coliformes totales (ufc/100 mL)	6,3*10 <sup>3</sup> -5,2*10 <sup>6</sup>	8,5*10 <sup>5</sup>	<1-920	<1	<1-17,3	<1	100	100
Legionella	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
TDS (mg/L)	267-3350	654	7,7-2030	561	2,5-90,3	14	14,2	97,9
Conductividad (µS/cm)	571-6340	1306	7,3-3920	1174	6,2-189	30,03	10,0	97,7
SiO <sub>2</sub> (mg/L)	6,8-10	8,3	6-8,6	7,4	0,04-10,8	0,61	10,2	92,7
Bicarbonatos (mg/L)	61-415	295	61-414	288,3	12,2-73,2	28,4	2,3	90,4
Proteínas (mg/L)	3,3-15,4	9,5	1,4-9	5,9	0,19-0,71	0,51	37,7	94,6
Polisacáridos (mg glucosa/L)	1,5-12,4	5,63	0,23-7	2	0,26-1,95	0,91	61,5	83,8
COT (mg/L)	4,6-48,5	19	0,3-21,5	7,4	0,9-5	2,1	60,9	89,2
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	17-61	35,7	17-53	35,2	12,4-20,5	16,6	1,5	53,5
pH	6,9-7,8	7,3	7-7,7	7,3	5,4-7,1	6,3	0,0	13,3
Cloruros (mg/L)	35-366	122,3	35,5-340	94,4	1,4-17,3	7,3	22,8	94,0
Nitratos (mg/L)	1,3-5,6	3,5	1,2-1,7	1,5	0,6	0,6	57,9	82,4
Fosfatos (mg/L)	2,1-5,5	3,5	1,8-2,9	2,5	ND		28,2	100
Sulfatos (mg/L)	56-103	72,1	56,1-98	71,6	25,2-25,4	25,3	0,7	64,9
Calcio (mg/L)	65-121	82,9	74,2-89	81,8	1,06-1,11	1,1	1,3	98,7
Magnesio (mg/L)	12-45,5	18,9	12-29	15,6	0,06-2,99	1,94	17,8	89,7
Potasio (mg/L)	4,4-19,5	12	9-14,5	11,7	0,5-3,8	1,9	2,3	84,1

ND: No detectada.



## 6. FOTOGRAFÍAS, ESQUEMAS Y DIAGRAMAS DE LA PLANTA

En los siguientes esquemas se muestra el diagrama de la planta piloto de UF y el de OI:

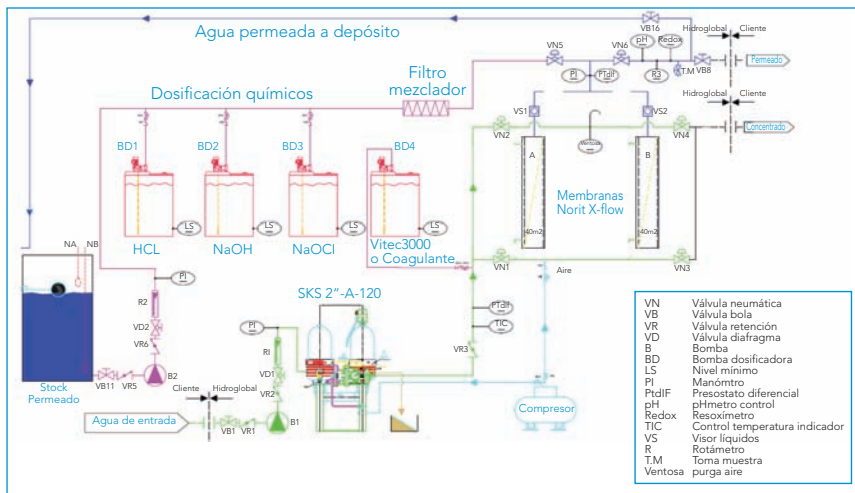


Diagrama detallado de la planta piloto de UF.

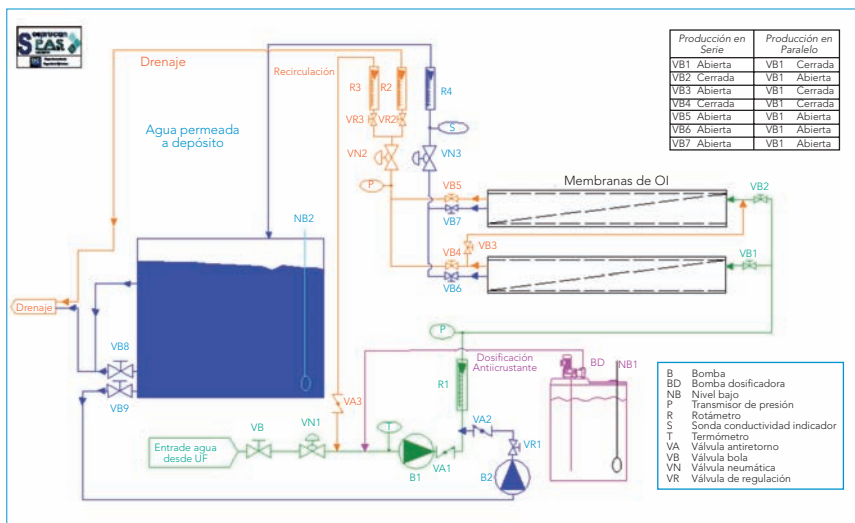


Diagrama detallado de la planta piloto de OI.



*Planta piloto de Ósmosis Inversa.*



*Planta piloto de Ultrafiltración.*

plantas piloto

UCLM

1.3

demostración de tratamientos  
avanzados



## Planta piloto de electrolisis de aguas residuales con ánodos de diamante

Universidad de Castilla La Mancha. Departamento de Ingeniería Química

---

### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA PLANTA

#### Nombre

Planta piloto de electrolisis.

#### Autores

Departamento de Ingeniería Química. Universidad de Castilla la Mancha.

#### Localización

ALQUIMIA Soluciones Ambientales (Ciudad Real).

#### Fecha de puesta en marcha

2008-2009.

#### Declaración conflicto de intereses de los autores

Ninguna.

### 2. PROCEDENCIA DEL AGUA

Aguas residuales de industrias fabricantes de puertas de madera por tecnología EADC y EDAR de Ciudad Real.

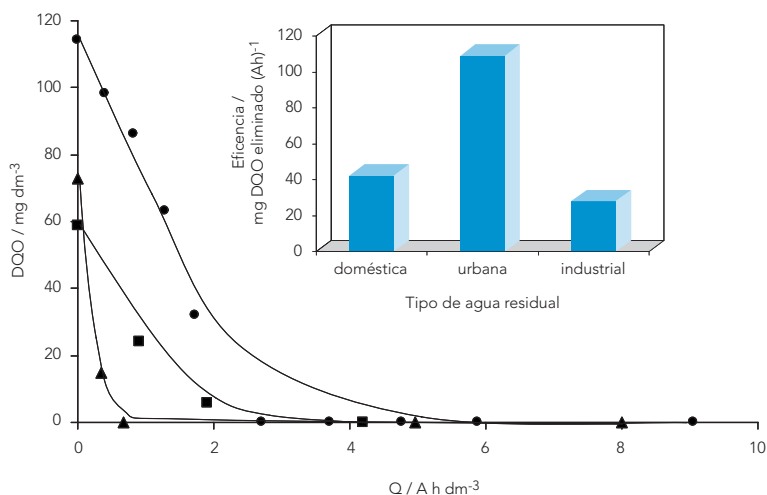
### 3. TRATAMIENTOS LLEVADOS A CABO

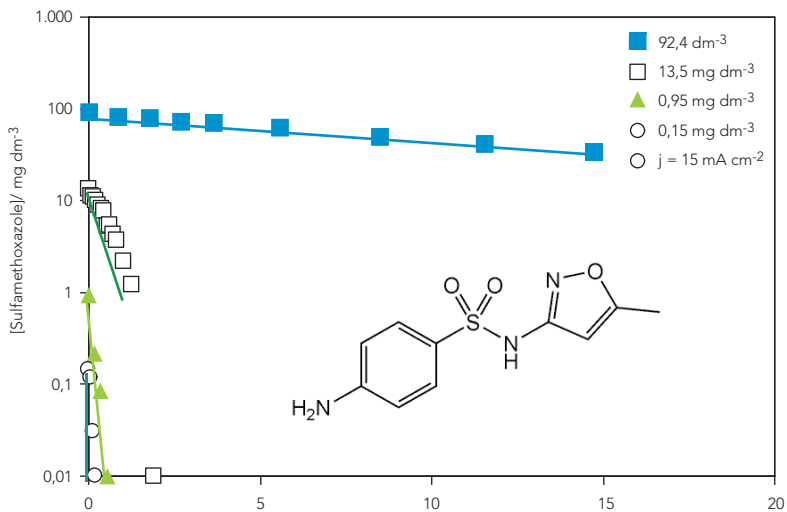
Electrolisis.

#### 4. CARACTERÍSTICAS/DESCRIPCIÓN (Componentes, especificaciones técnicas, capacidad máxima)

- Caudal: 2 m<sup>3</sup>/h
- Superficie anódica: 1 m<sup>2</sup>.
- Temperatura de operación: < 45 °C.
- Densidades de corriente: 0-4000 A/m<sup>2</sup>.
- Tres líneas independientes para operar en paralelo o en serie.
- Cada línea dotada de una celda electroquímica tipo DiaCell, con superficie anódica de 0.34+0.34 m<sup>2</sup>.
- Las celdas disponen de una bomba centrífuga para recirculación (de acero inoxidable, 15-20 m<sup>3</sup>/h, 1bar) del agua residual a electrolizar desde un tanque de almacenamiento de polipropileno con un volumen de 700 L.
- El tanque está provisto de un sistema de extracción de gases y serpentines de intercambio de calor, con válvula de control (1-3 m<sup>3</sup>/h de agua de refrigeración)
- La planta opera en continuo y discontinuo.
- La planta viene provista de una unidad de control PLC con CPU para controlar el proceso.
- El sistema presenta una bomba de alimentación de agua residual (1-2 m<sup>3</sup>/h, 1 bar) y de un filtro de cartuchos (50 µm, de polipropileno).
- Las celdas DiaCell están equipadas con 1.01 m<sup>2</sup> de electrodos de diamante dopado con boro sobre p-Si (BOD/Si) para actuar como ánodos y con 1.01 m<sup>2</sup> de acero inoxidable par actuar como cátodos.

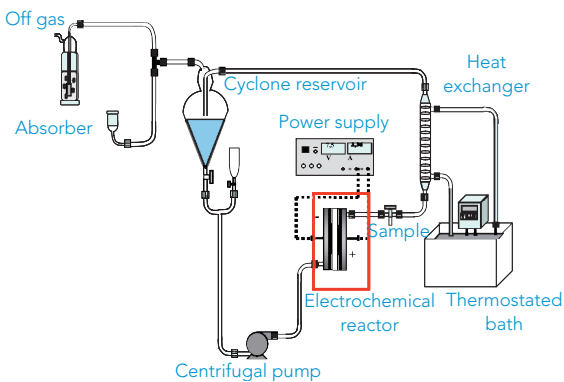
#### 5. RESULTADOS (Capacidad de trabajo, rendimiento, parámetros generales de agua salida)



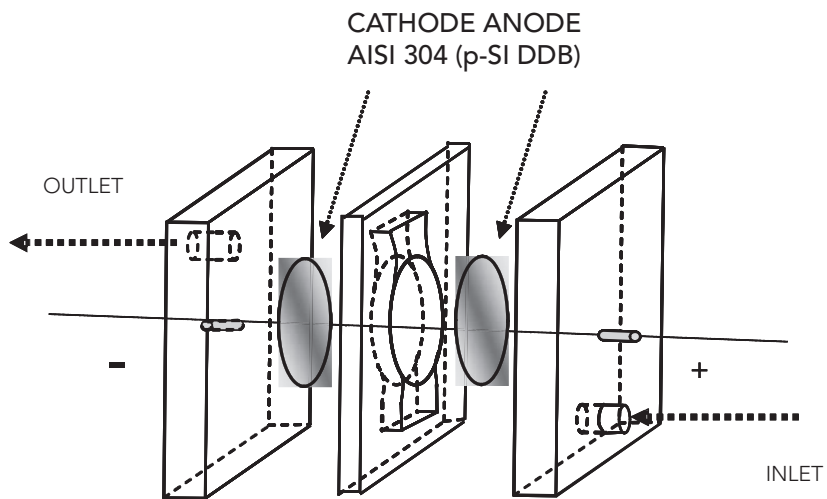


## 6. FOTOGRAFÍAS, ESQUEMAS Y DIAGRAMAS DE LA PLANTA

En la siguiente fotografía se muestra el detalle de la planta piloto y en el esquema puede observarse el detalle de la celda DiaCell:



Detalle de la planta piloto de electrolisis con ánodos de diamodos conductor.



*Detalle de celda Diacell.*



plantas piloto de

# ensayo de reutilización

infraestructuras  
y actividades  
de demostración  
Programa Consolider Tragua

# 2



plantas piloto

# 2.1

ensayo de reutilización



UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

## Ensayos de demostración para evaluar agua depurada como agua de riego

Universidad de Almería - COEXPHAL

---

### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA PLANTA

#### Nombre

Ensayos de demostración para evaluar agua residual depurada (por tratamiento secundario, fofofenton solar y microfiltración) para su empleo como agua de riego (en cultivo de tabaco, en cultivos hortícolas y en cultivos hortícolas bajo invernadero).

#### Autores

Universidad de Almería y COEXPHAL.

#### Localización

Finca experimental de la Universidad de Almería. Fundación UAL-ANECOOP.

#### Fecha de puesta en marcha

2007-2008 (riego cultivo tabaco) y 2009 (riego cultivos hortícolas y en invernadero).

#### Declaración conflicto de intereses de los autores

Ninguna.

### 2. PROCEDENCIA DEL AGUA

EDAR de El Ejido (Almería). Agua residual urbana tratada hasta tratamiento secundario, agua residual urbana tratada por fofofenton solar y agua residual urbana depurada por microfiltración.

### 3. TRATAMIENTOS LLEVADOS A CABO

Tratamiento biológico, químico y membrana.

### 4. CARACTERÍSTICAS/DESCRIPCIÓN (Componentes, especificaciones técnicas, capacidad máxima)

1. Ensayo de demostración para la evaluación de un agua residual urbana depurada hasta tratamiento secundario en cultivo de tabaco:
  - Superficie para cultivar de 1.784 m<sup>2</sup>.
  - Suelo arenado y sistema de riego por goteo.
  - Finca dividida en cuatro sectores de riego (dos regadas con el agua residual y dos con agua habitual de agricultores).
  - Se tienen dos depósitos de 5.000 L de agua residual depurada biológicamente.
  - El agua depurada en cada riego se hizo pasar por dos filtros de anillas de 120 y 105 micras.
  - Superficie total cultivada de 480 m<sup>2</sup>.
2. Ensayo de demostración para la evaluación de un agua residual urbana tratada con fofotenton solar en cultivos horticolas (tomate y calabacín):
  - Parcela al aire libre de 4 x 5 m, protegida con malla antirrips de 20 x 10 mm (protección contra insectos y viento).
  - Riego por goteo.
  - La parcela presenta dos redes de distinto riego A y B, con dos depósitos de 200 L para almacén agua de riego y otros dos de 125 L para fertilizantes.
  - En la parcela existen doce macetas donde se sitúan las plantas, cada una de ellas provista de dos goteros de 3 L/h de forma alterna.
  - Una maceta recibe el riego de la red A (agua depurada) y la de la red B (agua testigo) y así sucesivamente.
  - Se realizan 4 repeticiones.
  - Se han realizado análisis microbiológicos, contaminantes prioritarios y emergentes. Determinado parámetros físico-químicos (sólidos totales en suspensión, aniones, cationes, pH, etc) y sobre la materia vegetal parámetros de producción y calidad.
3. Ensayo de demostración para la evaluación de un agua residual urbana tratada con microfiltración en cultivos horticolas bajo invernadero (cultivo lechuga):
  - Ensayo en invernadero tipo raspa y amagado.
  - Planta piloto de microfiltración situada en invernadero.
  - El agua residual se almacena en un depósito de 5.000 L y se microfiltra.
  - Los estudios realizados son similares al punto 2, con el agua depurada fofotenton solar.

## 5. ENSAYOS LLEVADOS A CABO

Los estudios realizados en planta son los siguientes:

1. Evaluación de la producción de biomasa (kg/ha) en términos de comparación del agua residual y el agua de riego habitual.
2. Evaluación del contenido de compuestos de valor en el mercado (proteínas, azúcares y nicotina) en términos de comparación del agua residual y el agua de riego habitual.

Los estudios realizados en suelo son los siguientes:

1. Determinación tras finalizar el cultivo de la acumulación de compuestos orgánicos y metales pesados presentes en el agua depurada en suelo con cultivo y sin cultivo.

## 6. FOTOGRAFÍAS, ESQUEMAS Y DIAGRAMAS DE LA PLANTA

En las siguientes fotografías se muestra los detalles de las mismas:



*Invernadero finca UAL-ANECCOP.*



*Cultivo de tabaco en invernadero (1).*



*Cultivo de tabaco en invernadero (1).*



*Llenado de depósito de agua residual depurada.*



Detalle reactor.



Parcela situada en la Universidad de Almería.



Detalle del sistema de riego.



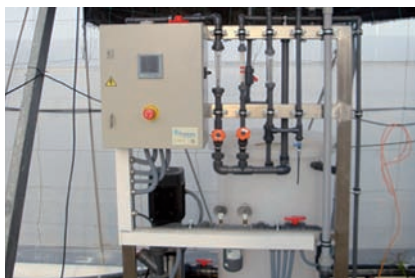
Cultivo de tomate.



Planta microfiltración.



Cultivo de lechuga en invernadero (1).



Detalle de sistema de microfiltración.



Cultivo de lechuga en invernadero (2).

plantas piloto

# 2.2

ensayo de reutilización



## Reutilización de aguas depuradas para usos ambientales

Universidad Alcalá, Universidad Rey Juan Carlos, Fundación CENTA

### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA PLANTA

#### Nombre

Reutilización de aguas depuradas para usos ambientales: recarga de acuíferos mediante barreras reactivas y silvicultura con fines energéticos.

#### Autores

Universidad de Alcalá de Henares, Universidad Rey Juan Carlos y Fundación Centro de las Nuevas Tecnologías del Agua (CENTA).

#### Localización

Centro Experimental de I+D+i de la Fundación CENTA (Carrión de los Céspedes, Sevilla).

#### Fecha de puesta en marcha

2008.

#### Declaración conflicto de intereses de los autores

Ninguna.

### 2. PROCEDENCIA DEL AGUA

Municipio de Carrión de los Céspedes. El agua residual a tratar es típicamente urbana, sin aportaciones de vertidos industriales.

### 3. TRATAMIENTOS LLEVADOS A CABO

Lagunaje y Aireación Prolongada.

### 4. CARACTERÍSTICAS/DESCRIPCIÓN (Componentes, especificaciones técnicas, capacidad máxima)

#### 4.1. Aplicación de aguas regeneradas en riegos de masas forestales para la obtención de biomasa

---

##### Filtro Verde Convencional

- Filtro Verde de 2.000 m<sup>2</sup> de superficie, dividido en dos parcelas de iguales dimensiones, plantadas con eucaliptos (*Eucalyptus camaldulensis*) y chopos (clon I-214 del *Populus euroamericana*).
- Marco de plantación: 3,0 x 1,0 m en el caso de los eucaliptos (324 árboles en 13 calles) y 5,0 x 2,5 m en el caso de los chopos (75 árboles en 5 calles).
- Alimentación con efluentes de una instalación de Lagunaje, riego a manta, alternando las calles en funcionamiento.
- Control: 3 piezómetros de 10 m de profundidad, entubados con tubería de acero inoxidable, con monitorización en continuo del nivel de agua. Periódicamente se muestrean los sondeos y a las muestras se les determina los parámetros fisicoquímicos habituales y su contenido en contaminantes emergentes, así como la concentración de *E. coli*.

##### Filtro Verde Intensivo

- Filtro Verde de 60 m<sup>2</sup> de superficie, plantado con chopos (*Populus alba*).
- Marco de plantación: 1,0 x 1,0 m, (60 árboles en 5 calles).
- Alimentación con las aguas residuales generadas en un Centro de Interpretación del Ciclo Urbano del Agua (unas 15 personas), tras su paso por un tanque Imhoff.
- Control: se ha dotado al filtro de un lisímetro de última generación, que permite la toma de muestras que atraviesan un horizonte inalterado del terreno, a la vez que mide la cantidad de agua filtrada y la humedad del suelo a tres profundidades diferentes. Toda esta información se transmite en continuo vía GPRS.

#### 4.2. Aplicación de aguas regeneradas en riego de cultivos destinados a producción de biocombustibles

---

- Seis parcelas, tres de control de: 333, 264 y 112 m<sup>2</sup> y tres de ensayo de: 296, 263 y 135 m<sup>2</sup> de superficie, plantadas con jatrofa (*Jatropha curcas*).
- Distancia de plantación: 2 m, (256 plantas en 29 calles).



- Alimentación: tres de las parcelas se emplean como control y se riegan con agua de pozo. Las tres restantes se alimentan con efluentes de un sistema de Aireación Prolongada, tras su paso por un filtro de arena a presión. Todo el riego se efectúa por goteo.
- Control: se ha dotado a la zona de ensayo de dos lisímetros de última generación, que permite la toma de muestras que atraviesan un horizonte inalterado del terreno, a la vez que mide la cantidad de agua filtrada y la humedad del suelo a tres profundidades diferentes. Toda esta información se transmite en continuo vía GPRS. Uno de estos lisímetros cuenta también con un pluviómetro automático, que aporta información para la determinación de las dosis de riego.

#### 4.3. Aplicación de barreras reactivas permeables (PRB's) como proceso de regeneración de aguas depuradas, para la recarga de acuíferos por percolación

---

- Una parcela de 50 m<sup>2</sup>.
- Control: han instalado 3 nidos de piezómetros con profundidades de 2 m, 6 m y 10 m. De estas perforaciones se han obtenido testigos continuos de muestra inalterada, para la realización de los análisis correspondientes (texturales, humedad, densidad y fisicoquímicos).

## 5. ENSAYOS LLEVADOS A CABO

En las instalaciones de Filtros Verdes se han llevado a cabo los siguientes estudios:

- Caracterización del medio físico: caracterización geológica e hidrogeológica de la zona.
- Campaña de tomografía eléctrica vertical.
- Evolución temporal de los rendimientos de depuración.
- Evolución de las características fisicoquímicas del suelo a lo largo de la vida de la unidad de depuración.
- Aparición de plagas y forma de combatirlas.

En la zona de cultivo de jatrofa los estudios realizados han sido:

- Caracterización del medio físico: caracterización geológica e hidrogeológica de la zona.
- Campaña de tomografía eléctrica vertical.
- Evolución del crecimiento de las plantas.
- Características de las aguas infiltradas.

En el caso de las barreras permeables reactivas se ha procedido a:

- Caracterización biogeoquímica de los procesos de interacción aguas subterráneas/fase sólida/microorganismos: ensayos batch y cinéticos (en columna) a escala de laboratorio para diferentes materiales reactivos (hierro cero-valente, turba y arcillas).
- Identificación de los procesos asociados a la presencia de nutrientes, microorganismos, plaguicidas y PPCP's en la zona no saturada y saturada.
- Desarrollo de modelos de especiación hidroquímica y de adsorción mediante aplicaciones informáticas (Geochemist Workbench).

## 6. FOTOGRAFÍAS, ESQUEMAS Y DIAGRAMAS DE LA PLANTA



Filtro Verde Convencional.



Ensayo de tomografía eléctrica vertical.



Toma de muestra en piezómetro.



Equipo para la toma de muestras.



Filtro Verde Intensivo.



Instalación de lisímetro en Filtro Verde Intensivo.





Cultivo de jatrofas.



Parcela para la instalación de las barreras reactivas.



Ubicación de las parcelas de ensayo en el Centro Experimental de I+D+i de la Fundación CENTA.

plantas piloto

F  
I  
C  
H  
A

2.3

ensayo de reutilización



## Uso de agua regenerada para el riego de chopos

ASAJA

---

### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA PLANTA

#### Nombre

Estudio y seguimiento de las propiedades físico-químicas del suelo y aguas subterráneas en una finca cultivada con chopos tras la aplicación de riegos con aguas residuales urbanas tratadas.

#### Autores

ASAJA y Universidad de Granada.

#### Localización

Finca privada en el término municipal de Granada, bajo el ámbito de la Comunidad de Regantes Acequia Gorda Genil.

#### Fecha de puesta en marcha

A partir de enero de 2011 comienzan las observaciones objeto de este proyecto, pero el cultivo tiene entre 3 y 5 años.

#### Declaración conflicto de intereses de los autores

Ninguna.

### 2. PROCEDENCIA DEL AGUA

Estación depuradora Oeste, también conocida como "EDAR Los Vados", donde se trata esencialmente agua residual de origen urbano.

<http://www.emasagra.net/EDAR>



### 3. TRATAMIENTOS LLEVADOS A CABO

Pretratamiento (retirada de sólidos, grasas, arenas), a continuación decantación primaria y el tratamiento biológico mediante balsas de aireación (reactor biológico), para finalizar con una clarificación (decantación segunda).

[http://www.emasagra.es/IMG/prop\\_edar.swf](http://www.emasagra.es/IMG/prop_edar.swf)

### 4. CARACTERÍSTICAS/DESCRIPCIÓN (Componentes, especificaciones técnicas, capacidad máxima)

La parcela ocupa aproximadamente 3 ha donde se lleva a cabo el cultivo de chopos (*Populus spp.*), cuya finalidad es la producción de madera. Actualmente los árboles tienen entre 3 y 5 años.

El marco de plantación es 4 x 4 m.

El riego se realiza en exclusividad con agua procedente de la EDAR Oeste-Los Vados mediante inundación, con una frecuencia de riegos quincenal durante los meses de verano.

Para realizar el seguimiento se cuenta con 2 piezómetros de control de 15 m de longitud, entubados con tubería de PVC, con monitorización en continuo del nivel de agua, temperatura y conductividad eléctrica en uno de ellos.

Periódicamente se realizan medidas en ambos piezómetros de la cota del nivel freático con sonda hidronivel, y se muestrean tanto aguas subterráneas como suelos.

Los análisis realizados sobre las muestras de agua incluyen determinaciones microbiológicas, de contaminantes prioritarios y emergentes, además de los componentes mayoritarios presentes en las aguas subterráneas.

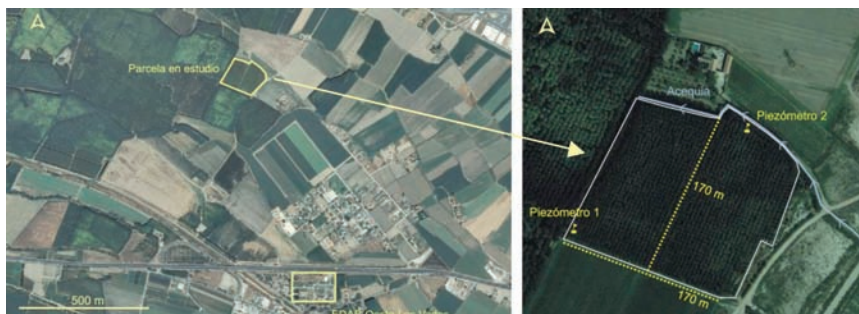
### 5. ENSAYOS LLEVADOS A CABO

Hasta el momento se ha llevado a cabo la caracterización del medio y se ha comenzado con el seguimiento.

Se ha procedido al análisis físico-químico de los suelos y zona no saturada, tanto previamente a la aplicación de los riegos como con posterioridad.

Se ha realizado una caracterización hidrogeológica del entorno próximo a la parcela previamente a la aplicación de los riegos, incluyendo tanto aspectos hidráulicos como hidroquímicos, que se considerarán como punto de referencia para el seguimiento que se realiza sobre el acuífero en la vertical de la parcela una vez comenzados los riegos.

## 6. FOTOGRAFÍAS, ESQUEMAS Y DIAGRAMAS DE LA PLANTA



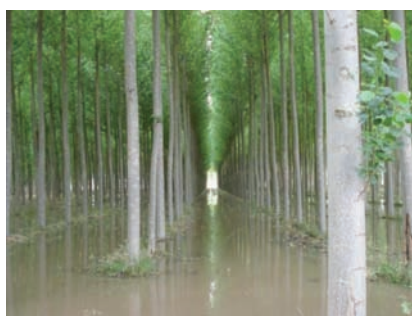
Localización de la parcela y EDAR Oeste-Los Vados.



Piezómetros de control.



Riego de la parcela.





*Acondicionamientos para la cuantificación de caudales de entrada y salida a la parcela.*



*Determinaciones in situ sobre el agua subterránea: perfil de conductividad eléctrica de la columna de agua y descarga de datos del datalogger (CTD Diver).*



entidades participantes



UNIVERSIDAD COMPLUTENSE  
MADRID



Universitat d'Alacant  
Universidad de Alicante



UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

COEXPHAL



Universidad  
de Alcalá



Universidad  
Rey Juan Carlos



ugr | Universidad  
de Granada



instituto  
**imdea**  
agua

# infraestructuras y actividades de demostración

Programa Consolider Tragua



[www.consolider-tragua.com](http://www.consolider-tragua.com)