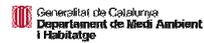


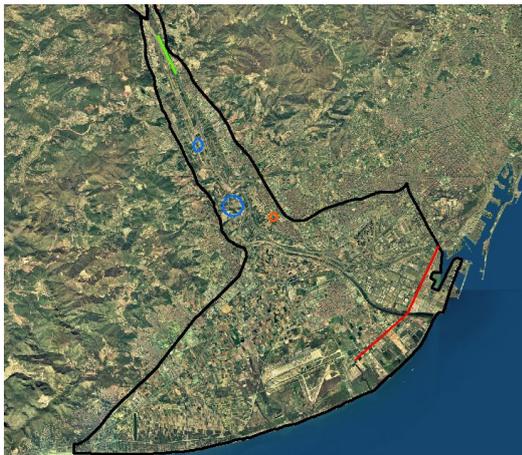


MEJORA DE LA CALIDAD DEL AGUA SUMINISTRADA AL PRAT DEL LLOBREGAT MEDIANTE EL USO DE ÓSMOSIS INVERSA EN AGUAS SUBTERRÁNEAS.

Fernando Valero, Carlos Miguel
Joan Sanz
Aureliano García



INTRODUCCIÓN



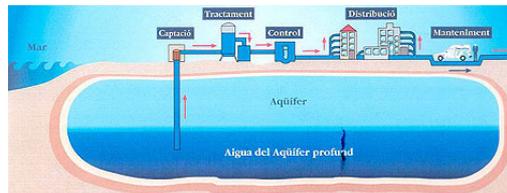
La fuente principal para la obtención de agua potable destinada al abastecimiento del municipio del Prat de Llobregat es el acuífero profundo del delta del río Llobregat.

El agua subterránea se extrae mediante un conjunto de pozos,

INTRODUCCIÓN

El tratamiento de las aguas del acuífero principal en el término municipal del Prat de Llobregat presenta la necesidad de la **reducción de:**

- **la concentración de los compuestos orgánicos volátiles** y de
- **la salinidad.**



INTRODUCCIÓN

Con ese fin el **ayuntamiento del Prat** se plantea como objetivo principal, la garantía de suministro en **cantidad, continuidad y calidad**, apostando por:

- **Recuperar al máximo las captaciones municipales** para el abastecimiento al municipio de agua potable destinada al consumo humano, evitando de esta manera hacer uso de otras fuentes alternativas de disponibilidad más difícil apostando de este modo por una solución sostenible desde el punto de vista medioambiental (de acuerdo con la **Directiva Marco**).
- **Mejorar la calidad del agua destinada al consumo** definida por los criterios sanitarios fijados por la legislación (de acuerdo con el **RD 140/2003**), para alcanzar la satisfacción del cliente.



PROBLEMAS

Acuífero del Prat del Llobregat

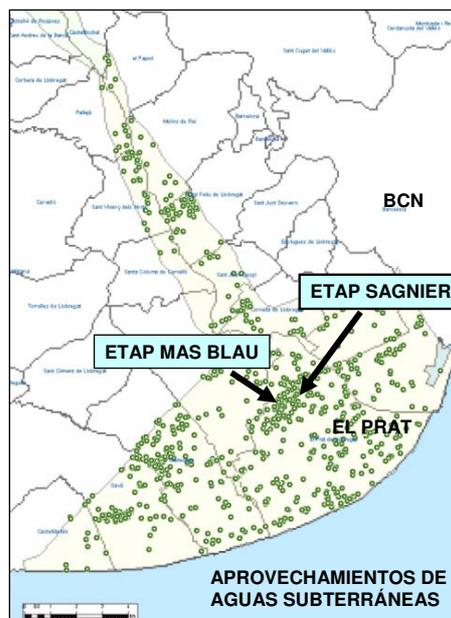
- Presión antrópica
- Contaminación disolventes
- Elevada salinidad



PROBLEMAS

Presión antrópica

EXPLOTACIÓN DEL ACUÍFERO DEL DELTA DEL LLOBREGAT



PROBLEMAS

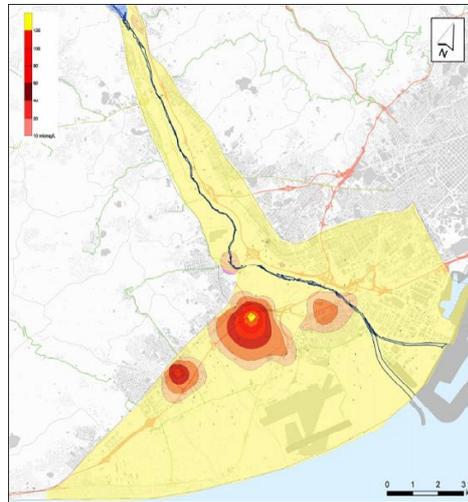
Contaminación disolventes

Mapa de concentración de la suma de disolventes halogenados de uso industrial:

- percloroetileno
- tricloroetileno

en µg/L en el área del Valle Bajo y el acuífero principal (2009)

Identificados > 1994



PROBLEMAS

Contaminación disolventes

ETAP	POZO	TCE+PCE	
		media±std	máximo
SAGNIER	POZO 08	0,8 ± 0,3	1.4
	POZO 12	1,5 ± 0,9	3.2
	POZO 17	1,8 ± 0,8	3.5
MAS BLAU	POZO 14	21,4 ± 3,3	27
	POZO 15	13 ± 2,8	17.8
	POZO 16	19,9 ± 1,3	21.1

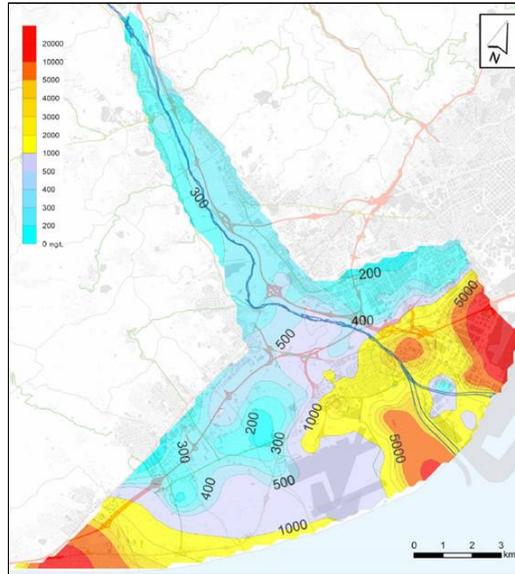
Concentración de la suma de TCE y PCE expresada en µg/L en los pozos de suministro de agua a la ETAP Sagnier y la ETAP Mas Blau



PROBLEMAS

Elevada salinidad

Estado de la salinidad expresada como concentración de cloruro en mg/L durante el año 2009



PROBLEMAS

Elevada salinidad

Concentración de cloruros expresada en mg/L en los pozos de suministro de agua a la ETAP Sagnier y la ETAP Mas Blau

ETAP	POZO	CLORUROS	
		media±std	máximo
SAGNIER	POZO 08	1033 ± 21	1059
	POZO 12	1364 ± 445	2233
	POZO 17	1294 ± 42	1336
MAS BLAU	POZO 14	821 ± 52	886
	POZO 15	837 ± 47	896
	POZO 16	614 ± 4	619



PROBLEMAS

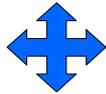
Acuífero del Prat del Llobregat

- Presión antrópica
- Contaminación disolventes
- Elevada salinidad

OBJETIVOS

Protección del recurso
Recuperación de acuíferos

Garantía de suministro
Satisfacción consumidor



LEGISLACIÓN

- DIR. MARCO
- RD 140/2003



PROBLEMAS

Acuífero del Prat del Llobregat

- Presión antrópica
- Contaminación disolventes
- Elevada salinidad

OBJETIVOS

Protección del recurso
Recuperación de acuíferos

Garantía de suministro
Satisfacción consumidor



LEGISLACIÓN

- DIR. MARCO
- RD 140/2003

SOLUCIONES

TRATAMIENTOS AVANZADOS

- Aireación (Stripping)
- Osmosis Inversa



SOLUCIONES

INTRODUCCIÓN DE TRATAMIENTOS AVANZADOS

Torres de Aireación "Stripping"

1999

Proyecto de mejora y ampliación de los puntos de producción de dos ETAPs para aguas subterráneas:

- ETAP Sagnier y
- ETAP Mas Blau.



Osmosis Inversa

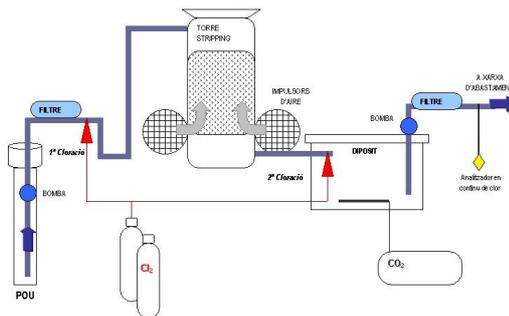
2009



a eas, Sevilla 2010

SOLUCIONES

Esquema d'una E.T.A.P. al Prat de Llobregat



Torres de Aireación "Stripping"

Cada una de ellas trata un caudal nominal de 250 m3/h y un caudal máximo de 500 m3/h

FECHA	CONCENTRACIÓN ENTRADA PCE (µg/l)	CONCENTRACIÓN SALIDA PCE (µg/l)
12/02/99	15,6	0,2
15/02/99	10,9	0,2
16/02/99	12,2	0,2
18/02/99	11,6	0,3
19/02/99	11,1	0,3
22/02/99	10,3	0,2
23/02/99	10,8	0,2
24/02/99	12,0	0,2
25/02/99	13,5	0,3



a eas, Sevilla 2010

SOLUCIONES

Posteriormente, el elevado grado de salinización, ha hecho necesario completar el tratamiento con el diseño de un proceso de separación por membranas en base a ósmosis inversa (OI).

Fue ante el aumento de salinidad en las captaciones del acuífero, cuando el Ayuntamiento del Prat y Aigües del Prat, S.A., incluyeron dentro del Plan Director del Abastecimiento del municipio la ampliación y mejora de las dos plantas.

La construcción de estas dos instalaciones, quedó englobada, como actuación prioritaria y urgente, dentro de las actuaciones previstas en el Plan Hidrológico Nacional, pasando posteriormente a ser responsabilidad de la Generalitat de Catalunya su licitación, ejecución y explotación. Motivado por estos antecedentes administrativos, ha recaído en Aigües Ter Llobregat (ATLL) la gestión de la construcción de las plantas de ósmosis inversa, siendo traspasada posteriormente su explotación a la empresa pública municipal Aigües del Prat, S.A.



SOLUCIONES



OI: 4 líneas de producción de agua permeada con una capacidad máxima de permeado de cerca de 15.000 m³/día.

Cuenta con sistemas de recuperación de energía combinados con la instalación de membranas de bajo consumo energético



SOLUCIONES

Cada ETAP dispone de dos líneas tratamiento por ósmosis inversa en 2 etapas.

Los bastidores de ambas plantas son idénticos, con igual número de tubos de presión y membranas.

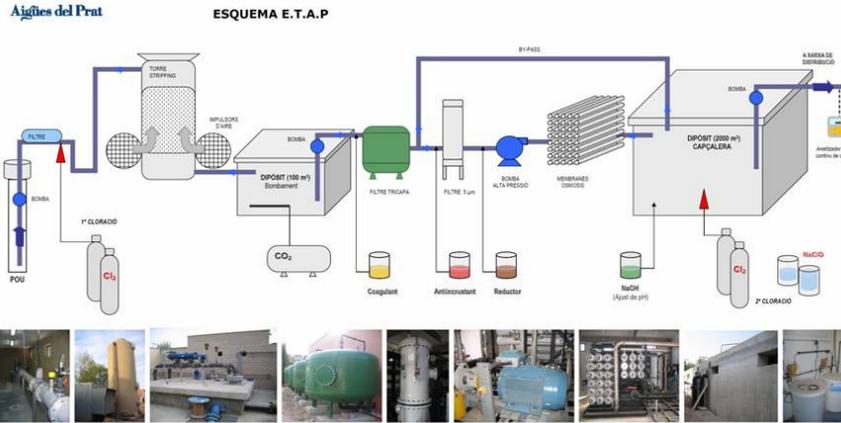
Nº de tubos de presión en 1ª etapa:	18 ud
Nº de tubos de presión en 2ª etapa:	9 ud
Nº de membranas por tubo:	6 ud
Conversión total:	75%



SOLUCIONES

Una vez iniciadas las obras de construcción de las dos plantas de OI, y con motivo de la grave situación de **sequía** que sufría Cataluña a principios del año 2008, la Agència Catalana de l'Aigua encargó a ATLL, como **obra de emergencia** destinada a mejorar la garantía del abastecimiento, **la instalación de una segunda línea de producción en la planta de OI de Mas Blau** (inicialmente prevista con una única línea, y espacio para una futura línea adicional).

SOLUCIONES



Esquema general de la ETAP Sagnier y de la ETAP Mas Blau



Aguas, Sevilla 2010

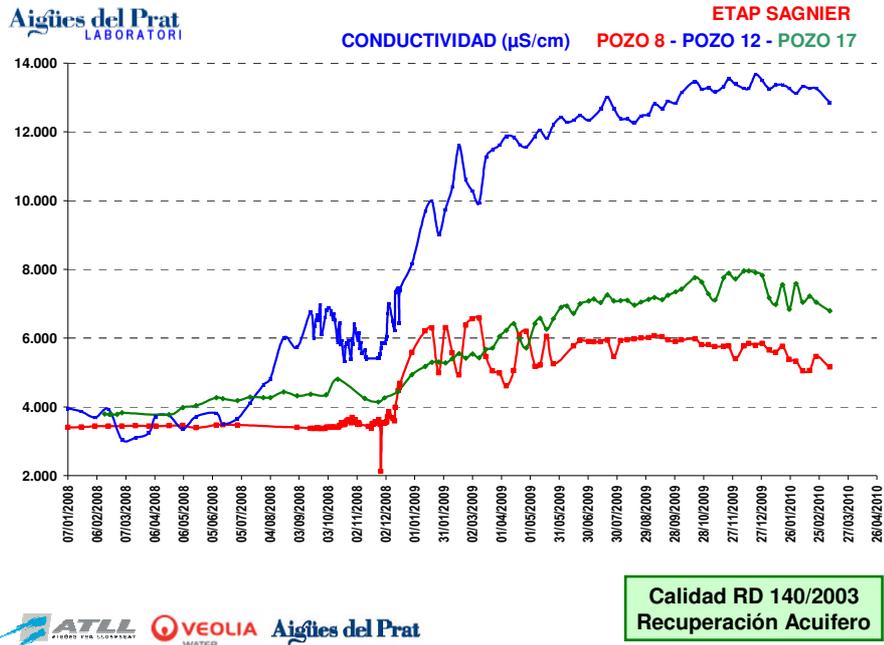


RESULTADOS



Aguas, Sevilla 2010

RESULTADOS



Aguas, Sevilla 2010

RESULTADOS

Calidad RD 140/2003
Recuperación Acuífero

ETAP SAGNIER. LINEA B (O.I).

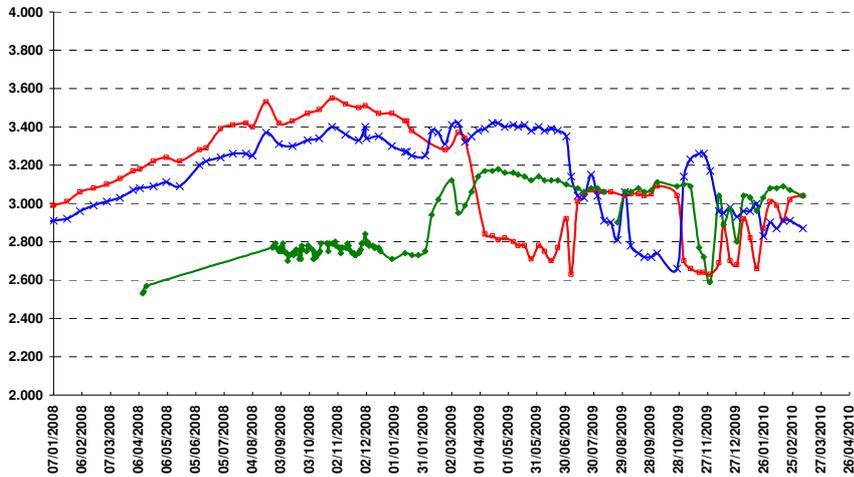
		JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEP	OCTUBRE	NOV	DIC	PROMEDIO
Caudal Alimentación	m³/hr	183.1	184.0	184.4	184.9	185.9	184.7	185.4	184.6
Caudal permeado 1ª etapa	m ³ /hr	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.8	100.1
Caudal permeado 2ª etapa	m ³ /hr	45.8	50.6	50.7	50.7	50.5	50.6	49.7	49.8
Caudal permeado total	m ³ /hr	145.8	150.6	150.7	150.7	150.5	150.6	150.6	149.9
Caudal rechazo	m ³ /hr	37.3	33.4	33.7	34.2	35.5	34.1	34.9	34.7
Recuperación del sistema	%	79.6%	81.9%	81.7%	81.5%	81.0%	81.5%	81.2%	81.2%
Presión Alimentación	bar	13.0	13.0	12.8	13.0	13.0	13.1	13.2	13.0
Presión rechazo 1ª etapa	bar	11.5	11.5	11.4	11.6	11.6	11.7	11.8	11.6
Presión alimentación 2ª etapa	bar	15.2	15.4	15.2	15.5	15.6	15.9	15.9	15.5
Presión rechazo	bar	14.0	14.2	14.1	14.5	14.4	14.7	14.7	14.4
Conductividad Alimentación	$\mu\text{S}/\text{cm}$	7141	7298	7138	7402	7372	7579	7625	7365
Conductividad permeado 1ª etapa	$\mu\text{S}/\text{cm}$	143.0	145.3	135.6	137.7	136.5	139.1	140.7	139.7
Conductividad permeado 2ª etapa	$\mu\text{S}/\text{cm}$	417.0	327.1	306.3	334.6	328.4	326.8	328.1	338.3
Conductividad permeado total	$\mu\text{S}/\text{cm}$	212.7	206.3	193.0	204.0	200.5	202.2	202.6	203.0
Temperatura	°C	18.3	18.2	18.3	18.3	18.2	18.2	18.1	18.2

Aguas, Sevilla 2010

RESULTADOS

Aigües del Prat
LABORATORI

CONDUCTIVIDAD ($\mu\text{S}/\text{cm}$) ETAP MAS BLAU
POZO 14 - POZO 15 - POZO 16



ATLL VEOLIA Aigües del Prat
WATER

Calidad RD 140/2003
Recuperación Acuífero

a eas, Sevilla 2010

RESULTADOS

Calidad RD 140/2003
Recuperación Acuífero

	LINEA "A"				LINEA "B"			
	Entrada filtros tricapa	Alimentación OI	Permeado 1ª etapa	Permeado final	Entrada filtros tricapa	Alimentación OI	Permeado 1ª etapa	Permeado final
Escherichia coli (ufc/100 ml)	0	0	0	0	0	0	0	0
Clostridium perfr. (ufc/100 ml)	0	0	0	0	0	0	0	0
pH (Unidades)	7,4	7,3	5,7	5,7	7,2	7,3	5,6	5,7
Conductividad (20°C) ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	3330	3320	54	75	3300	3300	61	79
Amonio ($\text{mg NH}_4^+/\text{l}$)	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
Turbidez (U.N.F.)	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	<0,1	<0,1
Cloruros (mg/l)	846,8	847,9	13,6	20,6	847,3	850,4	14,1	21,3
Alcalinidad ($\text{mg CaCO}_3/\text{l}$)	296,8	292,6	6,9	8,1	286,6	285,1	7,6	8,4
Dureza total ($\text{mg CaCO}_3/\text{l}$)	1028,2	1026,9	0,0	0,0	1002,4	1012,9	0,0	0,0
Calcio (mg/l)	266,7	265,3	0,0	0,0	260,6	261,3	0,0	0,0
Magnesio (mg/l)	88,0	88,6	0,0	0,0	85,4	87,6	0,0	0,5
Sodio (mg/l)	391,4	398,5	11,1	15,4	387,8	382,8	10,6	14,8
Potasio (mg/l)	14,2	13,8	0,0	0,0	14,0	14,0	0,0	0,0
Bicarbonatos ($\text{mg HCO}_3^-/\text{l}$)	361,7	356,6	8,4	9,9	342,9	347,4	9,3	10,3
TDS a 180°C (mg/l)	2400	2420	70	70	2280	2240	50	40
Sulfatos ($\text{mg SO}_4^{2-}/\text{l}$)	355,6	362,1	0,0	0,0	348,2	338,2	1,6	1,6
Tricloroetileno	2,2	1,7	0,2	0,2	1,5	1,4	0,1	0,1
Tetracloroetileno	1,3	1,0	nd.	nd.	1,4	1,3	nd.	nd.
Bromoformo	14,7	1,3	nd.	nd.	19,5	4,1	nd.	nd.

Análisis de las aguas permeadas en la ETAP Mas Blau

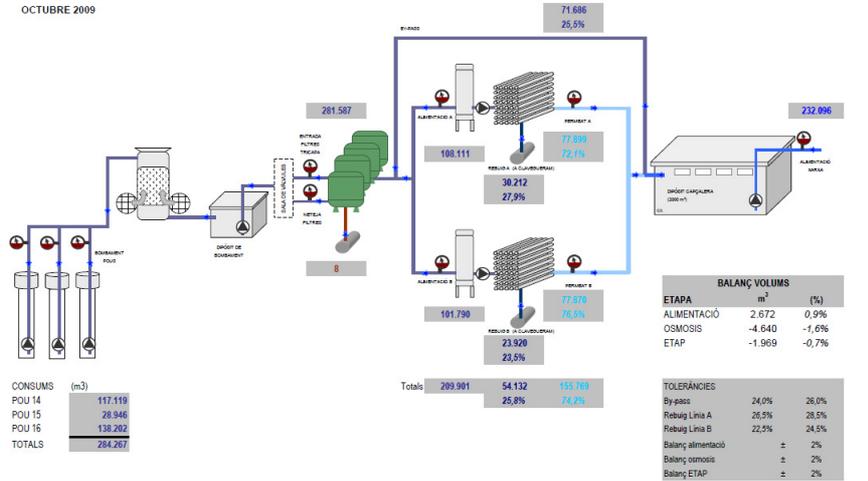
ATLL VEOLIA Aigües del Prat
WATER

a eas, Sevilla 2010

RESULTADOS

Aigües del Prat

ETAP MAS BLAU. CONTROL DE VOLUMS
OCTUBRE 2009



ETAP MAS BLAU

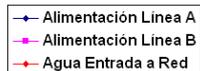
Aguas, Sevilla 2010



RESULTADOS

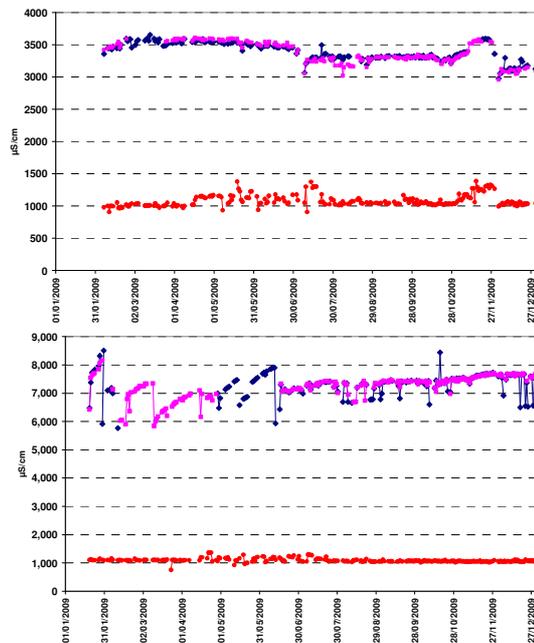
CONDUCTIVIDAD 2009

ETAP MAS BLAU



ETAP SAGNIER

Calidad RD 140/2003
Recuperación Acuífero



Aguas, Sevilla 2010

RESULTADOS

Calidad RD 140/2003
Recuperación Acuífero

Caudales tratados y producidos en la ETAP Sagnier y en la ETAP Mas Blau

Parámetros	ETAP Sagnier	ETAP Mas Blau
Caudal unitario bomba agua bruta	228 m ³ /h	228 m ³ /h
Caudal unitario alimentación a OI	202 m ³ /h	151,5m ³ /h
Caudal permeado por línea	151,5 m ³ /h	114 m ³ /h
Caudal de by-pass	52 m ³ /h	153 m ³ /h
Caudal total agua producto	355 m ³ /h	381m ³ /h

Consumo energético medio:

Proceso total: 1 kwh/m³

O.I. 40%



RESULTADOS

Calidad RD 140/2003
Recuperación Acuífero

EVOLUCIÓN CAUDAL PRODUCIDO

	POZOS 14 + 15	ALTA	SAGNIER	MAS BLAU	TOTAL OI	TOTAL	%ALTA	% O.I.
ENERO	150,537	125,016	202,002	0	202,002	477,555	26	74
FEBRERO	6,418	159,276	102,078	202,890	304,968	470,662	34	66
MARZO	0	224,251	116,839	185,257	302,096	526,347	43	57
ABRIL	0	150,682	117,108	219,030	336,138	486,820	31	69
MAYO	0	174,679	127,647	236,477	364,124	538,803	32	68
JUNIO	0	236,138	143,967	199,924	343,891	580,029	41	59
JULIO	0	190,703	176,055	190,497	366,552	557,255	34	66
AGOSTO	0	97,657	156,071	183,060	339,131	436,788	22	78
SEPTIEMBRE	0	68,360	144,624	231,893	376,517	444,877	15	85
OCTUBRE	0	70,731	147,973	232,096	380,069	450,800	16	84
NOVIEMBRE	0	117,147	180,844	140,776	321,620	438,767	27	73
DICIEMBRE	0	81,042	181,282	145,973	327,255	408,297	20	80
ENERO	0	76,546	116,211	196,099	312,310	388,856	20	80
FEBRERO	0	90,308	73,360	193,059	266,419	356,727	25	75
MARZO	0	51,107	115,687	195,788	311,475	362,582	14	86
ABRIL	0	31,103	133,039	175,389	308,428	339,531	9	91
MAYO	0	24,388	115,850	233,389	349,239	373,627	7	93
TOTAL m³	156,955	1,969,134	2,350,637	3,161,597	5,512,234	7,638,323		



RESULTADOS

Calidad RD 140/2003
Recuperación Acuífero

Valores medios (marzo 2010) agua producto

Parámetro	ETAP Sagnier	ETAP Mas Blau	RED PRAT
pH	7.2	7.2	7.2
Conductividad (µS/cm)	1,116	1,193	1,191
Cloruros (mg/l)	329	257	248
TAC (mg/l)	48	134	146
Dureza (mg/L CaCO ₃)	180	350	340
Sodio (mg/l)	172	131	129
Sulfatos (mg/l)	36	126	126
Tricloreteno (µg/l)	0.6	7.2	0.100
Tetracloretano (µg/L)	0.2	2.4	0.040
ILS	-1.23	-0.36	0.32

PENDIENTE: Optimizar el equilibrado calcocarbónico (ILS) del agua producida por la ETAP de SAGNIER.

Se ha iniciado un estudio piloto de remineralización por lechos de calcita de flujo ascendente y altura constante para remineralizar parte del agua producida



RESULTADOS

Garantía suministro
Satisfacción consumidor



Campaña informativa de la actuación y de la mejora conseguida

DM: Principio de participación pública y transparencia en las políticas del agua

La gestión de los recursos y los programas de medidas y de control que se deben integrar en el nuevo plan de gestión (nuevo plan hidrológico) para alcanzar el buen estado ecológico de los sistemas fluviales se deben elaborar mediante la participación y el consenso social, a partir de mecanismos de participación ciudadana, y con una transparencia pública total.



RESULTADOS

**Garantía suministro
Satisfacción consumidor**



Campaña informativa de la actuación y de la mejora conseguida



Aeas, Sevilla 2010

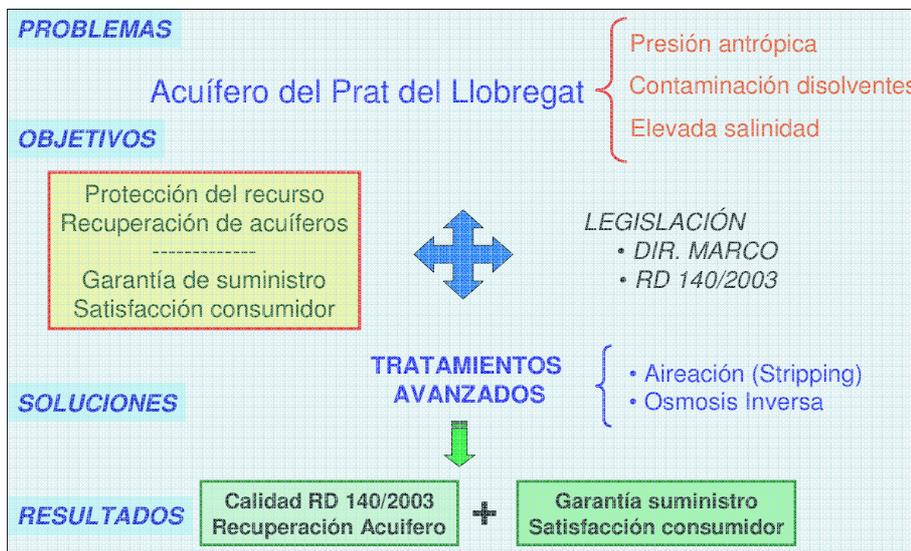
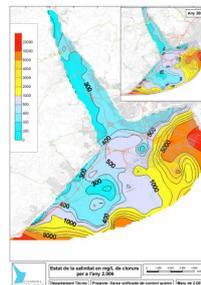
RESULTADOS

**Garantía suministro
Satisfacción consumidor**



Aeas, Sevilla 2010

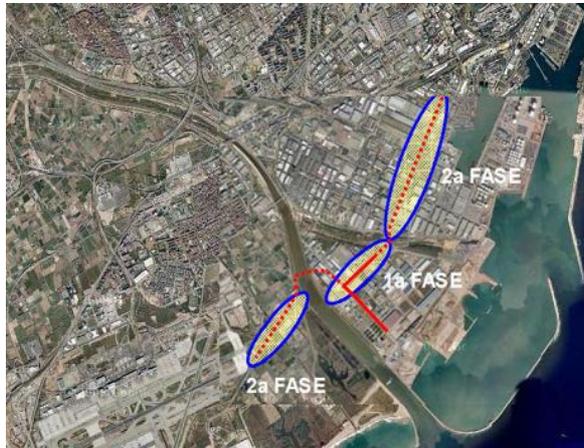
CIERRE DEL CICLO



MEDIDAS DE APOYO

- BARRERA CONTRA INTRUSIÓN SALINA
- TOMA ALTERNATIVA
- BALSAS DE REGARGA

MEDIDAS DE APOYO

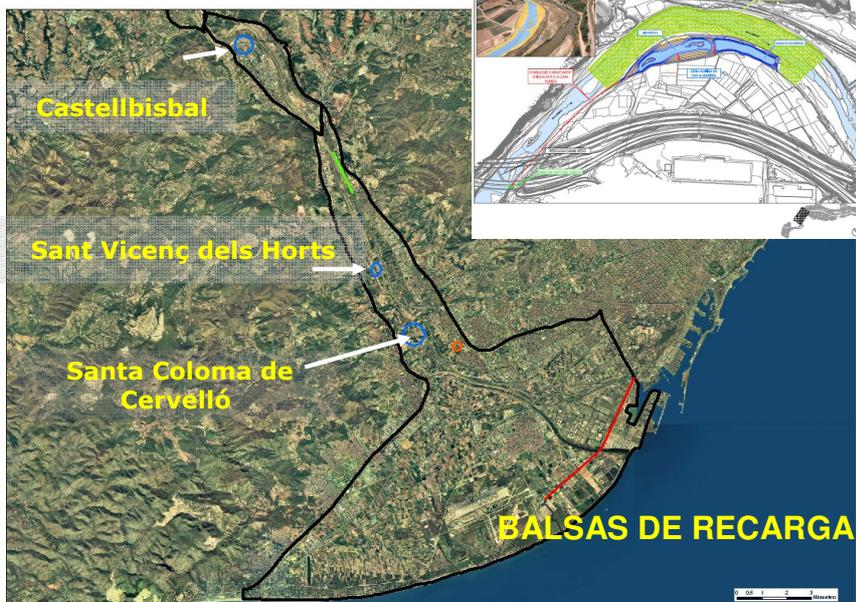


BARRERA
CONTRA LA
INTRUSIÓN
SALINA



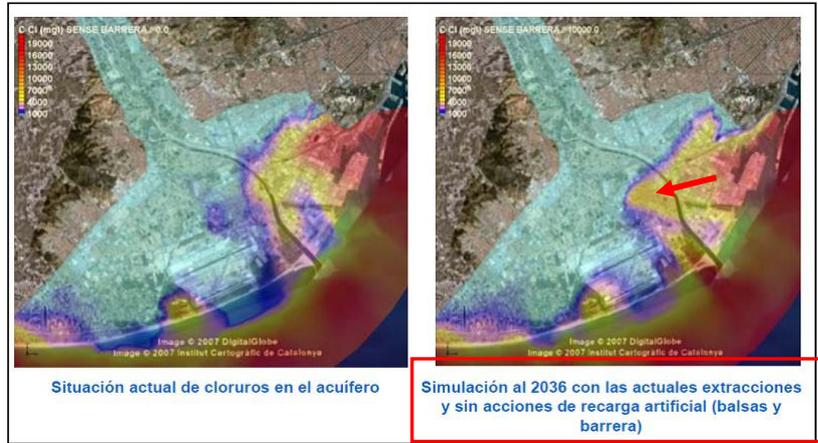
a eas, Sevilla 2010

MEDIDAS DE APOYO



a eas, Sevilla 2010

MEDIDAS DE APOYO



MEDIDAS DE APOYO

TOMA ALTERNATIVA



COSTES

DM: Principio de plena recuperación de costes de los servicios relacionados con el agua y el uso de los espacios acuáticos

La nueva directiva introduce el concepto de plena recuperación e internalización de los costes, también los ambientales y los del recurso (coste de oportunidad), derivados de los servicios relacionados con el uso del agua y del mantenimiento sostenible del buen estado de salud de los ecosistemas asociados. **El coste del uso del agua y del espacio fluvial, de manera sostenible, debe repercutir sobre el beneficiario o titular de la actividad que genera dicho coste.**

OBRAS ÓSMOSIS INVERSA

PRESSUPUESTO: 6,3M €

Fondo de cohesión: 85%, que recoge las 2 plantas OI + toma alternativa

REPERCUSIÓN EN TARIFA

Congelada 2007- abril 2010

Aprobado 23 abril 2010 incremento 30%. Con repercusión mayor en los grandes consumidores, frente a los usuarios domésticos.



CONCLUSIONES

- La garantía de cantidad, calidad y continuidad del servicio de abastecimiento de agua potable, debe optimizarse desde el punto de vista sanitario y medioambiental.
- La introducción de tratamientos avanzados por sí solos o de manera asociada, como el stripping y la desalación por OI son soluciones eficaces para la potabilización de aguas procedentes de acuíferos deteriorados
- La extracción y tratamiento del agua del acuífero, junto a las obras de la barrera contra la intrusión salina, permitirán en un corto plazo, la renovación del acuífero y su recuperación
- Las soluciones avanzadas adoptadas para la mejora del suministro al municipio del Prat del Llobregat, pueden ser útiles para otros municipios con problemas semejantes.



AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Comunitat d'Usuaris d'Aigües del Delta del Llobregat (CUADLL) la información facilitada sobre la evolución de la salinidad en el acuífero principal del delta de Llobregat y especialmente al Sr. Enric Queralt por sus observaciones sobre la evolución de la calidad del agua del acuífero.

