



INTERNATIONAL DESALINATION ASSOCIATION

CEDEX

Centro de Estudios y Experimentación
de Obras Públicas

Best Paper Presentation

This Award is presented to recognize the oral presentation chosen by the Technical Program Committee of the IDA World Congress on Desalination and Water Reuse as offering the best combination of technical and scientific quality, originality, relevance to the theme of the congress and the style of presentation.

IDA 97 - MADRID
AWARD WATER REUSE
TECNICAS Y TECNICOS, S.A.

IDA/CEDEX TECHNICAL PROGRAM AWARDS COMMITTEE

La reutilización integral de las aguas residuales urbanas en Vitoria-Gasteiz (España)

JULIO A. LÓPEZ GARCÍA (*); ÍÑIGO DE JUANA GARCIAECHEVERRÍA (*); FCO. JAVIER DEL RÍO GIL (**)

RESUMEN El autor de este proyecto, a través de la empresa TYTSA, presentó un Plan de Reutilización Integral de las aguas residuales de la ciudad de Vitoria-Gasteiz, capital de Alava, cuya población es de unos 220.000 habitantes y en donde existe una alta concentración industrial moderadamente diversificada.

Este Plan persigue la reutilización de 20 Hm³ anuales a lo largo de todo el año mediante una utilización conjunta de las instalaciones que facilite el uso alternativo de las mismas.

Los usos previstos son:

Riego sin restricción de cultivos: 8 Hm³/año
Sustitución de caudales ecológicos en los ríos: 12 Hm³/año

Esta utilización alternativa permitirá a Vitoria-Gasteiz resolver sus problemas de abastecimiento para otros 220.000 habitantes, a la vez que podría producirse un incremento de energía eléctrica de 200 millones de pesetas al año, una vez descontado el costo del tratamiento terciario y el bombeo de las aguas hasta el río Zadorra.

El presente Trabajo trata sobre el Tratamiento Terciario, construido por la Comunidad de Regantes ARRATO con ayuda financiera de la Diputación Foral de Alava, y los resultados obtenidos en las dos campañas de riego realizadas, 1995 y 1996, que por sus características trascienden las condiciones requeridas para la utilización de aguas residuales con destino a riegos, y se presentan como una fuente de recurso hidráulico para abastecimiento indirecto en lugares alejados de la costa, o como apoyo a la desalación en lugares costeros a la vista de los mencionados resultados que a continuación incluimos.

Intervalos medios de salida de la Planta de tratamiento Terciario de Arrato

Físico-químico:	Límite min.	Límite max.
pH	6,9	7,6
Conductividad (µS/cm)	700	1.000
Turbidez (N.T.U.)	0,3	1,7
S.S. (ppm)	1,0	2,5
D.B.O.5 (mg/l O ₂)	1	8
D.Q.O. (mg/l O ₂)	3	20
N-NH ₃ (ppm N)	23	30
N-NO ₃ (ppm N)	0,1	0,2
PO ₄ ³⁻ (ppm PO ₄)	0,3	1,5
Colif.total (ufc/100 ml)	0	0
Colif.fecal (ufc/100 ml)	0	0
Dosis NaClO (ppm Cl ₂)	5	8
S.D.I. (SILT DENSITY INDEX)	25 a 0,4 N.T.U.	60 a 1 N.T.U.

D.B.O.5: Valores después de cloración. A la salida de filtración (antes de clorar), el intervalo es de 1 a 9.

N-NH₃: Valores después de cloración. A la salida de filtración (antes de clorar), el intervalo es de 32 a 44.

N-NO₃: Valores a la salida de filtración. Después de cloración, el intervalo es de 1,0 a 1,6.

Metales (en mg/L):

Fe: < 0,21	Cr: 0,007	Pb: 0,014
Al: < 0,32	Co: 0,009	Mo: 0,026
Zn: < 0,25	Cd: 0,002	Mn: 0,076
Ni: < 0,07	Cu: 0,008	

Trihalometanos (en µg/L):

Cloroformo	4,7
Diclorobromometano	1,4
Clorodibromometano	< 1
Bromoformo	< 1
Total	< 8,1

Microbiología:

Coliformes totales y fecales: Ausencia. Se hace dos veces al día por personal de la propia empresa, más una muestra diaria por parte del Departamento Municipal de Sanidad.

Shigella y Salmonella: Ausencia. Análisis realizados por el Departamento Municipal de Sanidad.

Giardia lamblia: Ausencia. Análisis realizados por el Departamento de Microbiología de la Facultad de Farmacia (UPV).

Enterovirus: Ausencia. Análisis realizados por Labaqua.

Huevos de Helminto: Ausencia. Análisis realizados por el Departamento de Microbiología de la Facultad de Farmacia (UPV).

El tratamiento utilizado es una Coagulación-Floculación seguida de una decantación, una filtración en filtro abierto de arena monocapa, y una desinfección con hipoclorito sódico y 2 horas de tiempo de contacto.

A la vista de los resultados obtenidos y considerando los bajos índices de S.D.I. y de D.B.O₅ conseguidos, se instaló un módulo doméstico de ósmosis inversa para procesar el efluente del tratamiento terciario, consiguiendo una estabilización en su funcionamiento durante periodos de un mes, sin que el rendimiento sufriera una disminución

superior al 20%, por lo que consideramos como posible la reutilización de estos efluentes con destino a abastecimiento de agua potable a poblaciones, ya que los resultados físico-químicos del agua final son los correspondientes al grupo A-1 y A-2.

El costo del tratamiento terciario por m³ de agua es de 4,62 pts/m³, incluidos los costos de reactivos, mano de obra, energía y mantenimiento. Si a este costo se le añade el costo de amortización total de la planta, estimado en 4,41 pts/m³ el precio final del agua es de 9,48 pts/m³.

INTEGRAL REUTILIZATION OF URBAN WASTE WATERS AT VITORIA

ABSTRACT *The author of this project, through TYTSA presented a plan of integral reutilization of Vitoria-Gasteiz waste waters, whose population is about 220,000 inhabitants and high industrial concentration moderately diversified exists.*

This plan looks for the reutilization of 20 Hm³/year along the whole year, with a shared use of the installations providing an alternative use of such installations.

Foreseen uses are:

*Irrigation without cultivation's restriction: 8 Hm³/year
Substitution of river's ecologic flows: 12 Hm³/year*

This alternative utilization will allow Vitoria-Gasteiz solve its supply problems for another 220,000 inhabitants, and at the same time an increase of electric power of 200 million pts., once discounted tertiary treatment and pumping to Zadorra river, a year could be made.

This work deals with the tertiary treatment, builded by the "Comunidad de regantes ARRATO" with financial help by the "Diputación foral de Alava", and the results obtained in the two irrigation campaigns, 1995 and 1996, that due to their characteristics exceed the required conditions for the utilization of waste waters for irrigation, and are an hidraulic resource for indirect supply in coastal far away places, or as a support to the desalinization in coastal places watching the results the results that we include next.

Average intervals of Arrato tertiary treatment plant output:

Físico-químico:	Límite min.	Límite max.
pH	6,9	7,6
Conductivity (µS/cm)	700	1.000
Turbidity (N.T.U.)	0,3	1,7
S.S. (ppm)	1,0	2,5
B.O.D. ₅ (mg/l O ₂)	1	8
C.O.D. (mg/l O ₂)	3	20
N-NH ₃ (ppm N)	23	30
N-NO ₃ (ppm N)	0,1	0,2
PO ₄ ³⁻ (ppm PO ₄)	0,3	1,5
Colif.total (ufc/100 ml)	0	0
Colif.fecal (ufc/100 ml)	0	0
Dosis NaClO (ppm Cl ₂)	5	8
S.D.I. (SILT DENSITY INDEX)	25 a 0,4 N.T.U. 60 a 1 N.T.U.	

BOD₅: After chlorination values. At the filtration output (before chlorinating), interval is 1-9.

N-NH₃: Values after chlorination. At the filtration output (before chlorinating), interval is 32-44.

N-NO₃: Filtration output values. After chlorination, interval is 1,0-1,6.

Metals (mg/l):

Fe: < 0,21	Cr: 0,007	Pb: 0,014
Al: < 0,32	Co: 0,009	Mo: 0,026
Zn: < 0,25	Cd: 0,002	Mn: 0,076
Ni: < 0,07	Cu: 0,008	

Trihalomethans (µg/l):

Chloroform	4,7
Dichlorobromomethane	1,4
Chlordibromomethano	< 1
Bromoform	< 1
Total	< 8,1

Microbiology:

Total and fecal coliforms: Absence. It's made twice a day fy the enterprise personel, plus a daily sample by the municipal sanity department.

Shigella and salmonella: Absence. Analysis made by the municipal sanity department.

Giardia Lamblia: Absence. Analysis made by the microbiology department of the pharmacy faculty.

Enteroviruses: Absence. Analysis made by Labaqua.

Helminth eggs: Absence. Analysis made by the microbiology department of the pharmacy faculty.

The treatment used is a coagulation-flocculation followed by a decantation, a filtration in a sand layer open filter and a desinfection with NaOCl and two hours of contact time.

Watching the results obtained and considering the low SDI and BOD₅ indexes obtained, a domestic module of reverse osmosis was installed to treat the tertiary effluent, it reached stability on its working in one month periods, without a yield disminution over 20%, so we consider suitable this effluent reutilization for drinking water supply to cities, because phisico-chemical results of the water are from the A-1 and A-2 groups.

Treatment cost for one m³ of water is 4,62 pts including chemicals, work, energy and manteinance. If we add to this the total amortization cost for the plant, estimated in 4,41 pts/m³, water final price is 9,48 pts/m³.

Palabras clave: Reutilización; Riego; Caudal ecológico; Tratamiento terciario; Coagulación-floculación; Decantación; Filtración; Desinfección; Costes.

(*) T.Y.T.S.A. (Técnicas y técnicos S.A.).

(**) A.M.V.I.S.A. (Aguas Municipales de Vitoria S.A.).

1. INTRODUCCIÓN

Hablar de reutilización de aguas residuales en un lugar como Vitoria-Gasteiz, situada como todo el mundo sabe en lo que se viene en llamar la España húmeda, puede parecer a primera vista una extravagancia técnica. Sin embargo no ha sido el capricho el motivo por el que se ha puesto en marcha un plan de reutilización tan ambicioso, sino la necesidad acuciante de resolver un problema doble de agua para abastecimiento y para riegos de 10.000 hectáreas de excelentes tierras de labor.

La solución técnica adoptada no sólo supone la resolución de los mencionados problemas, sino que se transforma en una operación medioambiental de gran contenido al articular un sistema hidráulico que además de incrementar el recurso útil de abastecimiento y el riego, resuelve completamente el problema de la depuración y vertido de las aguas residuales de Vitoria-Gasteiz al transformarlas en un producto que cuando no se utiliza en el riego agrícola es depositado en el río Zadorra aguas arriba de la ciudad. Efectivamente los efectos producidos en el río por la calidad final del agua terciaria quedan a la vista de los ciudadanos cuando el río transporta el agua a lo largo de la ciudad, con lo que los entes encargados de la depuración, sean públicos o privados, se encuentran controlados por la ciudadanía.

El caso que a continuación exponemos se enmarca dentro de una visión integral planificadora del recurso existente, atendiendo a todos los sectores implicados, bajo la óptica fundamental de considerar el agua residual municipal como la materia prima para la obtención de un producto capaz de:

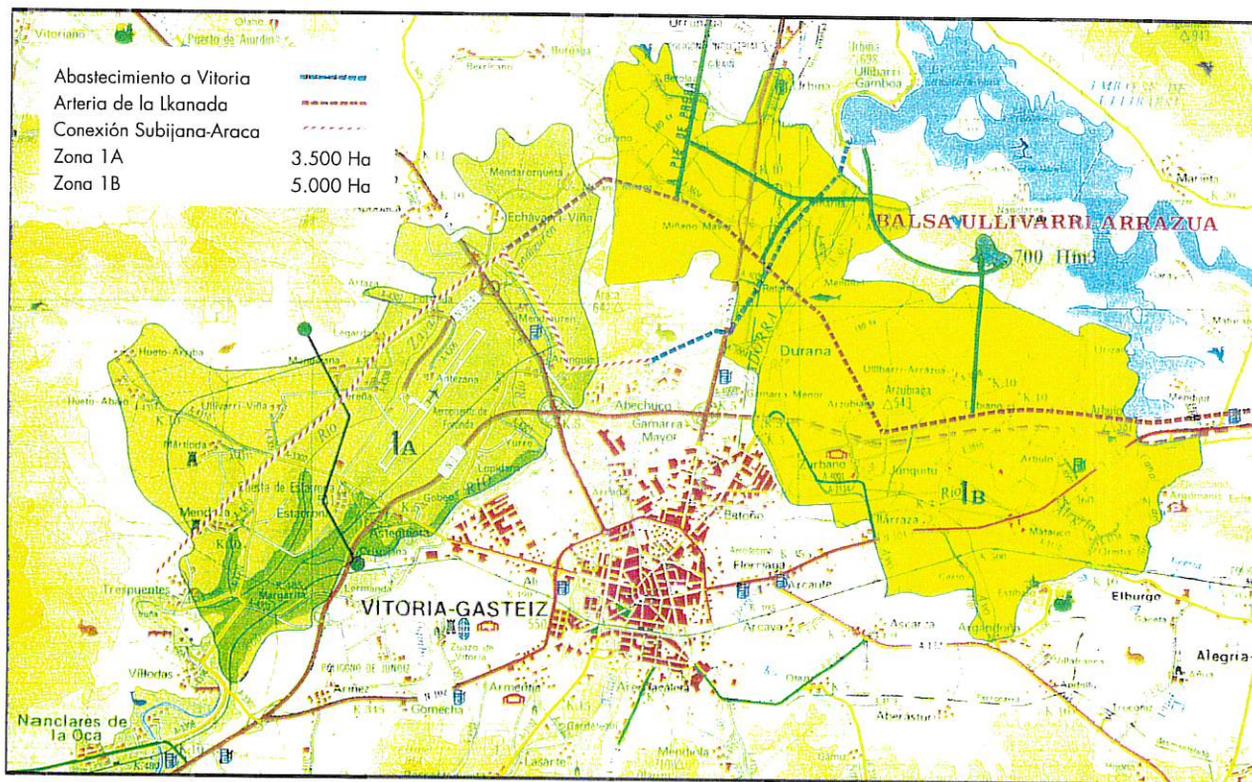
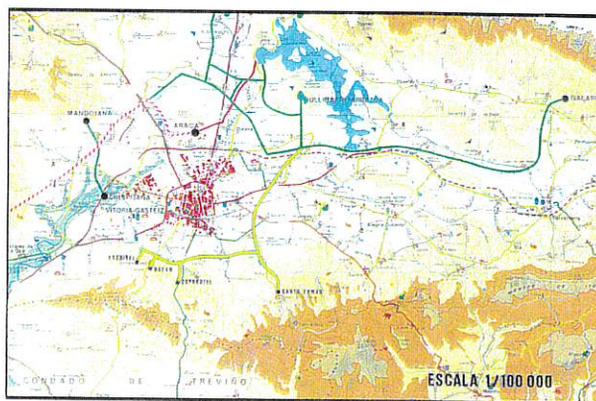
- Aumentar el recurso en el uso de abastecimiento a Vitoria y Bilbao.
- Evitar inundaciones aumentando la capacidad reguladora de los embalses de Zadorra.
- Sustituir caudales ecológicos.
- Regar 10.000 hectáreas.
- Conservar el carácter truchero del río Zadorra.

A nuestro modesto entender reutilizar es abastecer y no depurar; la mentalidad de un reutilizador debe de ser la de abastecedor de agua potable, quién fabrica un producto regido por unas exigencias de regularidad y fiabilidad en su calidad lejos de los mínimos exigidos. De ninguna manera la reutilización puede enmarcarse en la teoría y práctica de una depuración porque ésta, desarrolla su actividad en un ámbito de irregularidad y de cumplimiento de condiciones mínimas en vertidos medios lo que, evidentemente, son condiciones no deseadas para un proceso de transformación productiva.

Dependiendo de que se imponga o no un criterio de calidad y rigor estricto en el ámbito de la reutilización, España podrá disponer, o no, de un recurso excelente, a un precio que, como veremos, es suficientemente económico en cualquiera de los usos que se le quiera explotar.

2. SITUACIÓN ACTUAL EN VITORIA-GASTEIZ

La situación de Vitoria-Gasteiz cuenta actualmente con una abastecimiento de agua desde los embalses del Zadorra, en la



cuenca mediterránea, de donde se extrae actualmente un volumen de 27 Hm³, 10 de los cuales no están incluidos en la concesión administrativa existente, por lo que este volumen representa el déficit anual que Vitoria-Gasteiz tiene, y que resuelve con perjuicio para el nivel de los embalses que abastecen a la Comarca de Bilbao en la vertiente cantábrica, y producen energía eléctrica en un salto de 273 metros de altura que la conducción de agua hacia Bilbao incluye entre sus instalaciones.

Esta situación provoca una situación de tensión continua entre ambas ciudades porque el volumen total de los embalses es de 200 Hm³ y los consumos fijos anuales son los siguientes:

- Abastecimiento a la comarca de Bilbao 145 Hm³
- Abastecimiento a la comarca de Vitoria-Gasteiz 27 Hm³
- Caudal de servidumbre de los embalses 31 Hm³

Por lo tanto, el consumo total anual de 203 Hm³ provoca una situación de precariedad que se traduce en preocupación en cuanto el nivel pluviométrico desciende, llegando a situaciones como las padecidas en el bienio 89-90, durante las cuales los embalses llegaron a almacenar un 8% del volumen total.

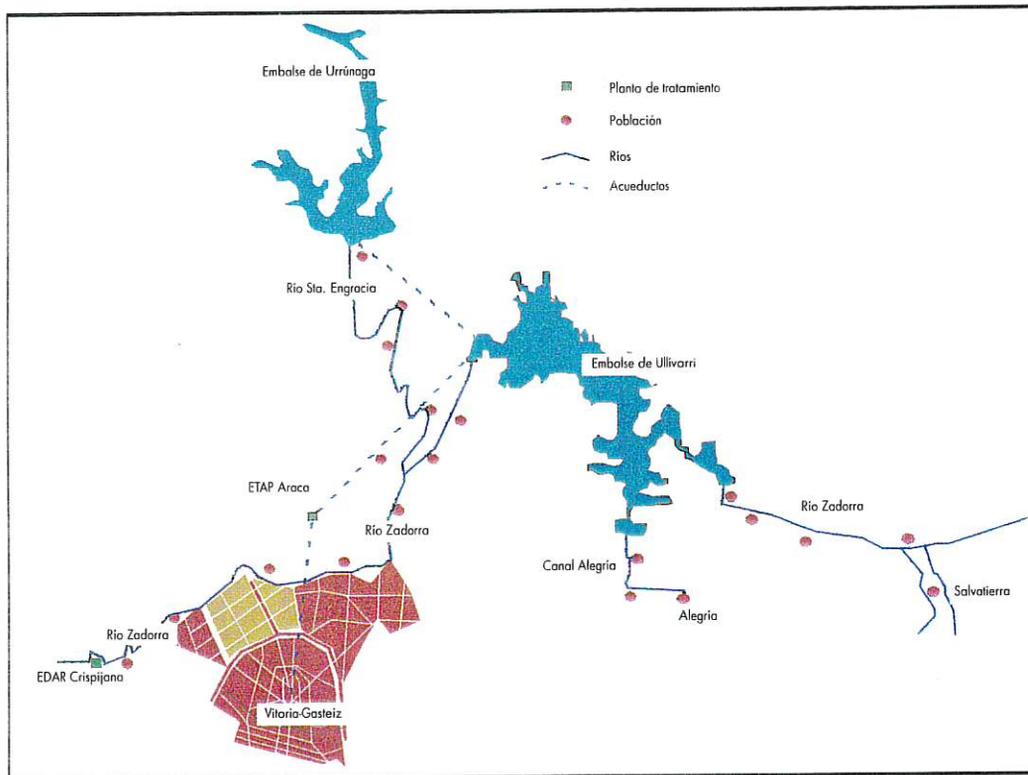
Como consecuencia de este insuficiente volumen de los embalses el Consorcio de Aguas de Bilbao y su Comarca, como propietarios de las mismas, mantiene los embalses sujetos a curvas de garantía de abastecimiento muy altas, con lo que el nivel de agua en ellos es muy cercano al máximo.

Esta situación produce un alto riesgo de inundaciones en los polígonos industriales de Vitoria-Gasteiz durante los deshielos invernales, al no poder laminar las avenidas los embalses por encontrarse éstos llenos, como consecuencia del cumplimiento de las citadas curvas de garantía.

Igualmente la producción hidroeléctrica se encuentra muy limitada porque los embalses deben estar llenos, y solo se puede turbinar el agua que va al abastecimiento de Bilbao, por lo que cuando llega el agua de invierno, ésta se escapa por el aliviadero hacia los polígonos industriales vitorianos.

Así pues la consecuencia de esta situación es que Vitoria-Gasteiz puede sufrir en un mismo año un desabastecimiento y una inundación, sin que la solución a esta situación sea fácil porque un recrecimiento de los embalses y una mayor capacidad de desagüe en el río Zadorra supone un altísimo coste medio ambiental que la situación social en la zona no permite abordar.

Por otro lado la comarca de Vitoria-Gasteiz, cuenta con unas 10.000 hectáreas de excelente terreno agrícola que pese a la



abundante pluviometría invernal no es posible poner en regadío por un doble motivo:

- a) No es posible embalsar el agua invernal sobrante de los embalses, debido a las características geológicas Karsticas de los terrenos.
- b) Durante el verano no llueve y no se puede utilizar el agua de los embalses debido a las circunstancias expuestas.

Esta doble necesidad de recurso hidráulico en la zona es lo que provoca el siguiente Plan de reutilización diseñado por Técnicas y Técnicos S.A. a través de sus técnicos con la colaboración de Aguas Municipales de Vitoria S.A.

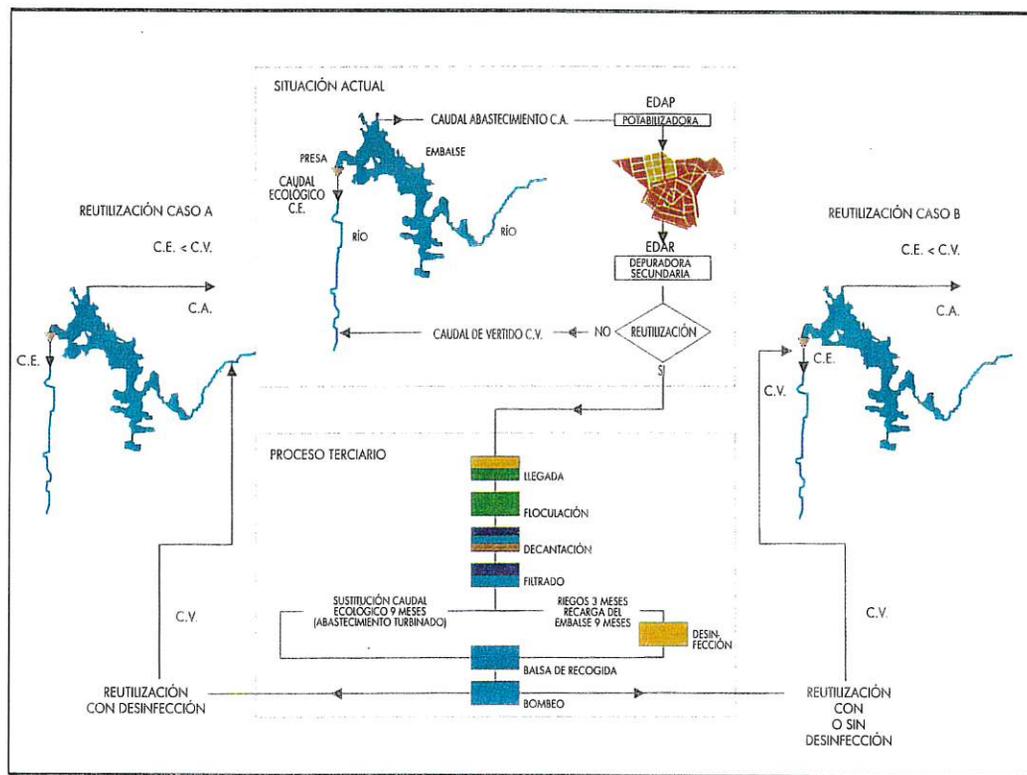
3. PLAN DE REUTILIZACIÓN INICIAL

Inicialmente el Plan consistió en la resolución de la transformación en regadío de 3.500 hectáreas correspondientes a 23 pueblos de la Comarca de Vitoria-Gasteiz y otros dos municipios.

La solución propuesta por TYTSA consistió en aprovechar la existencia de una E.D.A.R. municipal secundaria para utilizar las aguas efluentes, previo tratamiento terciario, en el riego de cualquier tipo de cultivo. Este planteamiento fue aprobado por el Departamento de Agricultura de la Diputación Foral de Alava y por el de Obras Públicas de Gobierno Vasco, por lo que los agricultores se agruparon en torno a la Comunidad de Regantes de Arrato y solicitaron a la Confederación Hidrográfica de Ebro una concesión administrativa para la reutilización directa de 400 l/s de aguas residuales depuradas.

Esta concesión fue concedida en 1994, y en 1995 entró en funcionamiento la Estación de Tratamiento Terciario (E.T.T.) de 400 l/s, cuyas características se describen más adelante, con objeto de ser utilizadas en el riego de cultivos sin restricción, incluso de cultivos de consumo en crudo.

Los excelentes resultados obtenidos tanto en el aspecto físico-químico, como en el microbiológico, han ampliado las perspectivas de la reutilización en si misma, por lo que siguiendo las



indicaciones del CEDEX se procedió a la determinación del índice S.D.I. del agua residual y a la vista de los resultados, se instaló una planta de ósmosis inversa y nanofiltración de 12 m³/día con la que se obtiene agua potable de baja mineralización para el funcionamiento de los servicios generales de la planta.

4. PLAN DE REUTILIZACIÓN INTEGRAL

La decisión del Gobierno Vasco de declarar el río Zadorra aguas abajo de la Depuradora de Crispijana como apto para la vida piscícola en la categoría de salmónidos, ha llevado al Departamento de Obras Públicas del Gobierno Vasco, al Departamento de Obras Públicas de la Diputación Foral de Alava, y a la sociedad Aguas Municipales de Vitoria, S.A., a la renovación de la Planta y a la incorporación de tratamientos de eliminación de nitrógeno por un lado, y junto con el Departamento de Agricultura, de la Diputación Foral de Alava, a la presentación del siguiente Plan de reutilización de agua residual redactado por TYTSA, por otro:

- 1º Aprovechar, fuera de temporada de riego, las instalaciones que la comunidad de regantes de ARRATO ha construido para regar 3.500 hectáreas y que consisten en:
 - a) Un tratamiento terciario para 400 l/s consistente en la coagulación-floculación, decantación, filtrado y desinfección del efluente secundario.
 - b) Una impulsión, de 130 m de altura.
 - c) Una arteria de 800 milímetros de diámetro y 8 kilómetros de longitud de la que parten 95 km de tubería de riego.
- 2º Construir una balsa, situada al Norte del pueblo de Ullivarri-Arrazua, cuya cota de coronación sería de 615.
- 3º Ampliar la arteria hasta llegar a dicha balsa de 7 millones de m³ situada al Norte del pueblo de Ullivarri-Arrazua:
- 4º Desvío de los ríos del Sur de Vitoria-Gasteiz, para evitar su introducción en la red de colectores de la ciudad, conduciendo

introducen en la red de colectores de la ciudad. Un desglose aproximado de estos dos sumandos sería el siguiente:

Aguas residuales	27 Hm ³
Arroyos	18 Hm ³

Para conseguir este objetivo en primer lugar es necesario separar estas dos fuentes de agua desviando los caudales de los arroyos antes de la ciudad, porque de ese modo se consiguen los siguientes beneficios:

- a) Se recuperan para el uso de abastecimiento o el riego los caudales de los arroyos.
- b) Se consigue un caudal de agua más regular en la E.D.A.R.
- c) Se evita vertido de aguas residuales sin depurar al río Zadorra.

En segundo lugar la incorporación a la actual E.D.A.R. de un proceso de Nitrificación-Desnitrificación y de una ampliación del proceso biológico hará posible que el agua secundaria obtenida, al pasar por la estación de Tratamiento Terciario (E.T.T.), se transforme en un agua que cumpla la normativa europea de aguas para la vida de los peces en su categoría de salmónidos, que es la categoría en la que ha quedado clasificado el río Zadorra entre los embalses y la ciudad de Vitoria-Gasteiz.

Por lo tanto el objetivo técnico real es la obtención de agua residual regenerada que cumpla la normativa de agua apta para la vida de las truchas, porque de esta manera podremos reutilizar integralmente las aguas residuales no solo de Vitoria-Gasteiz, sino probablemente de otras muchas ciudades en España según el siguiente funcionamiento del Plan de Reutilización.

6. FUNCIONAMIENTO DEL PLAN-CASO GENERAL

Cualquier ciudad situada lejos de la costa probablemente tiene un sistema de abastecimiento de depuración similar al siguiente que es el correspondiente a Vitoria-Gasteiz.

sus caudales, excepto los ecológicos, a la balsa anterior para su utilización.

- 5º Ampliar el tratamiento terciario con otros dos módulos de 400 l/s.

5. OBJETIVO DEL PLAN

El objetivo final del Plan es la reutilización de todas las aguas residuales de Vitoria-Gasteiz que en la actualidad es de unos 45 Hm³ al año. En realidad este volumen no representa el volumen exclusivo de aguas residuales, sino que es la suma de las aguas residuales más las aguas que los arroyos provenientes de los montes de la zona Sur

Dependiendo del tamaño de la ciudad y de la categoría del río fuente el caudal de agua residual puede ser mayor o menor que el caudal de servidumbre del río en cuyo caso la reutilización, si se persigue que sea integral, debería de planificarse según estos dos casos.

1º El caudal de servidumbre (CE) de los caudales es mayor que el caudal de aguas residuales de la ciudad (C.V.)

En este caso el agua regenerada apta para la vida de los peces debe de incorporarse al río justo en el colchón amortiguador de la presa con lo que esta puede cerrar la válvula de salida al río del caudal ecológico o de servidumbre ahorrándose el embalse el mismo caudal que el que se incorpora a pie de presa con agua residual regenerada.

Por lo tanto una situación de reutilización como esta es un caso de reutilización total de las aguas residuales para uso de abastecimiento, sin que ello implique que el agua residual sea bebida por alguien más que las truchas.

El ahorro de agua es evidente porque se obtiene 1 m³ de agua potable que antes se escapaba del embalse río abajo por cada m³ que se deposita en el colchón amortiguador a pie de presa.

Naturalmente la reutilización solamente será integral si el caudal de servidumbre (C.E) es mayor que el agua residual de la ciudad (C.V). En caso contrario el funcionamiento debería ser el siguiente.

2º El caudal de servidumbre (C.E.) de los embalses es menor que el caudal de aguas residuales de la ciudad (C.V.).

Evidentemente, en este caso, la sustitución total del caudal de servidumbre (C.E.) es insuficiente para alcanzar la reutilización del 100% del caudal vertido (C.V.) de la ciudad por lo que, en este caso, el agua regenerada apta para la vida de los peces debería depositarse en el río aguas arriba de los embalses para que antes de introducirse en ellos las aguas tuvieran tiempo de naturalizarse en el curso alto del río.

En este caso no hay cierre de válvula en la presa, pero como el caudal C.V. que entra al embalse por el río es mayor que el caudal ecológico C.E., el aumento de recurso es evidente.

7. APLICACIÓN DEL SISTEMA A VITORIA-GASTEIZ

Vitoria-Gasteiz tiene, en estos momentos, 220.000 habitantes y su caudal de vertido de aguas residuales es de unos 75.000 m³/día.

El río Zadorra recibe de los embalses, como caudal ecológico y de servidumbre un caudal de 1 m³/sg.

Así pues nos encontramos en el caso primero C.E.>C.V., pero cerca del segundo caso C.V.>C.E. por lo que a la vista del continuo crecimiento demográfico de Vitoria-Gasteiz y de su población flotante, probablemente, en un futuro cercano, se alcance la situación del segundo caso.

La situación actual, la situación del caso primero, denominado circuito corto, y la del segundo, denominado circuito largo, se pueden observar en la figura 5, con los volúmenes anuales indicados.

Ambas situaciones, pues, van a presentarse y la reutilización de las aguas residuales es perfectamente posible, tanto en un caso como en otro, gracias a la existencia de una misma configuración orográfica del terreno constituido a lo largo de 30 km por suaves ondulaciones de terrenos fértiles que recibe el nombre de Llanada Alavesa. Por lo tanto el agua residual puede conducirse hasta el pie de las presas o aguas arriba de los embalses por la misma red de tuberías que durante el verano suministra agua residual regenerada a las tierras de cultivos, merced al diseño hidráulico realizado que desde el principio ha sido concebido para la reutilización integral de las aguas residuales, y no solamente para el riego de terrenos agrícolas, hasta el punto de que en la primera fase de la reutilización consistente en el riego de 3.500 hectáreas, en funcionamiento desde

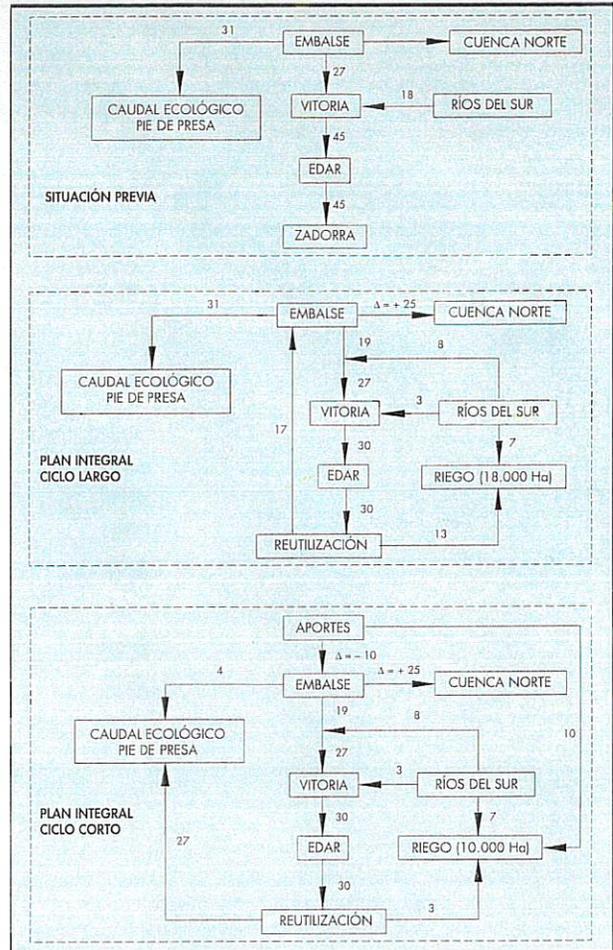


FIGURA 5. Volúmenes estimados (Hm³) en el ciclo del agua en Vitoria.

junio de 1995, los equipos de bombeo y conducción principal están preparados para llevar agua residual regenerada hasta 15 km aguas arriba de los embalses.

En consecuencia la reutilización integral de las aguas residuales de Vitoria-Gasteiz no solo consiste en la consecución de una calidad extrema en el agua regenerada, sino que también se ha diseñado una infraestructura hidráulica multiuso dependiendo de la época del año y de la pluviometría.

Efectivamente en las figuras 6 y 7, se puede observar, tanto en planta como en alzado, los diferentes usos que se dan en cada época del año aprovechando la misma red de tuberías, al agua regenerada terciaria.

Así se pueden observar que durante el verano toda la red es usada en el riego, pero cuando llega el otoño, una parte de la red conduce el agua desde la E.T.T. hasta los pies de las presas de los embalses para sustituir el caudal de servidumbre, y emplear el agua ahorrada en abastecimiento o en turbinación, mientras que la otra parte de la red capta el agua de los arroyos de los montes del Sur de la ciudad y los conduce a los embalses desde donde llegan a la E.T.A.P. de la ciudad.

Hacemos especial hincapié en señalar que la reutilización integral de Vitoria-Gasteiz quizás sea el único caso en el que la reutilización de aguas residuales produce dinero en lugar de costar. Efectivamente, reutilizar es depurar y bombear, pero gracias al uso invernal de turbinado en un salto de 270 metros, tal como se indica en los gráficos de alzados, el balance económico es positivo en unos 200 millones de pesetas al año.

8.1. MEDIO AMBIENTALES

Asegura, sin posibilidad alguna de engaño, que la totalidad de las aguas residuales de Vitoria-Gasteiz son tratadas hasta límites de calidad compatibles con la vida de los peces sin necesidad de dilución porque son vertidos a pie de los embalses aguas arriba del río Zadorra en el que están ubicados las instalaciones de baño y recreo de gran parte de la población, y de donde se aprovecha el agua para las piscinas y juegos de estas instalaciones.

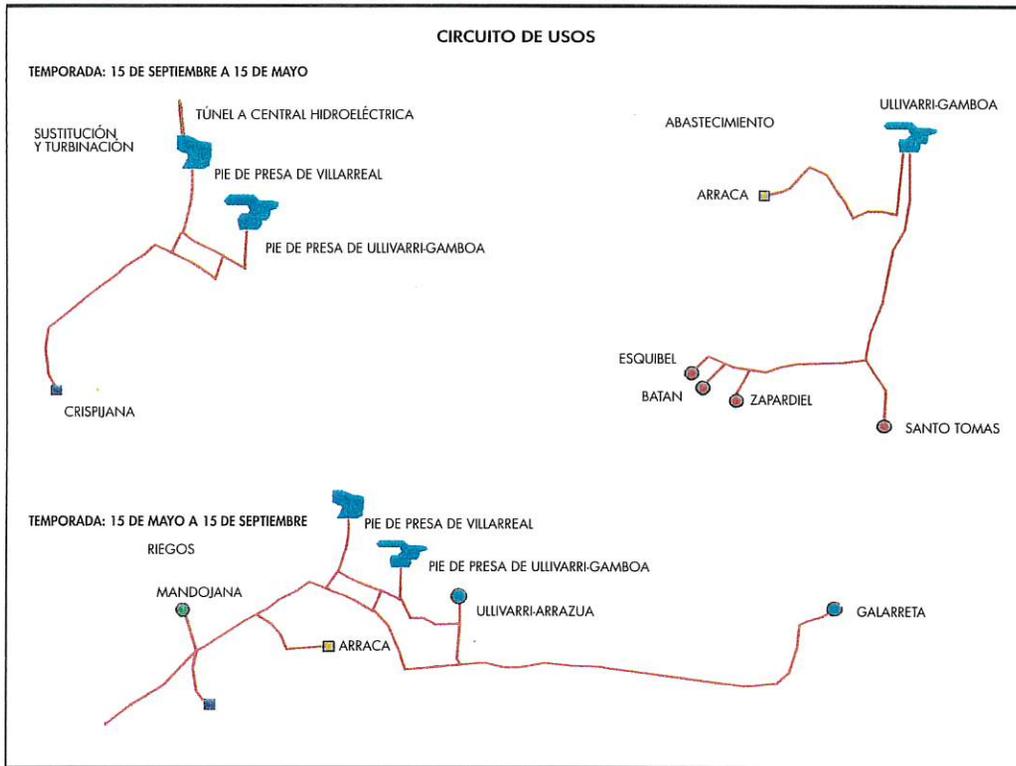
Se trata por lo tanto de conseguir que Vitoria-Gasteiz vierta sus

aguas residuales hacia arriba de su río en lugar de hacia abajo, colocándose así a la vanguardia de protección de las aguas fluviales, a escala continental.

Además ayuda a limitar el alcance del impacto ambiental que otras soluciones que se barajan para aumentar los recursos hidráulicos de los embalses y evitar las inundaciones en Vitoria-Gasteiz, van a provocar sin solución ni medidas correctoras posibles.

Efectivamente esta solución evita un gran recrecimiento de los embalses porque se libera a estos de guardar agua para el río Zadorra por lo que la demanda global disminuye.

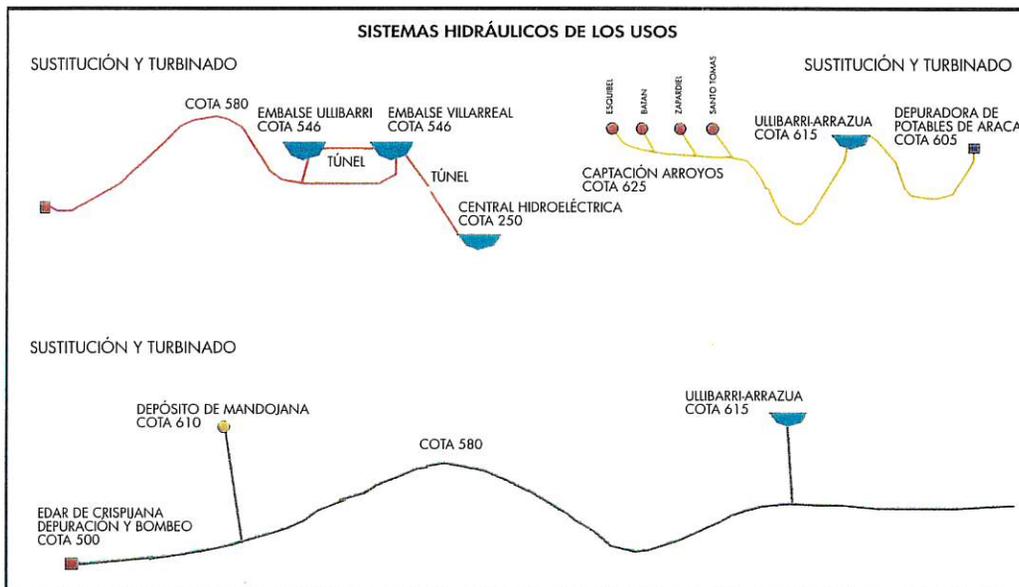
Por otro lado a igual garantía de abastecimiento de los embalses pueden tener un nivel más bajo debido igualmente a que el río ha dejado de consumir agua y, por lo tanto, las actuaciones que se pretendían acometer en su cauce para multiplicar por diez su capacidad de desagüe, pueden ser disminuidos salvando así al río de su destrucción al poder el embalse laminar mejor las avenidas.



Este uso de turbinado no constituye un uso esporádico sino habitual ya que lo normal en la zona es que llueva, y por lo tanto para que los embalses no suban de un determinado nivel de garantía frente a posibles avenidas, el agua ahorrada en la reutilización invernal será turbinada generando este positivo balance económico.

8. BENEFICIOS OBTENIDOS

Haciendo balance del Plan de reutilización integral de las aguas residuales de Vitoria-Gasteiz encontramos los siguientes beneficios.



8.2. AUMENTO DE RECURSOS DE ABASTECIMIENTO

La sustitución invernal del caudal ecológico de los embalses en el caso denominado circuito corto o el ingreso del agua terciaria a 15 km río arriba del embalse de Ullibarri en el caso de circuito largo, provoca como ya se ha explicado un aumento de agua de abastecimiento.

En el caso del circuito corto se cambia agua terciaria por agua potable.

En el caso del circuito largo el agua terciaria se naturaliza en el río y después se diluye en el embalse en una proporción de 2 m³ de agua regenerada por 5 de agua natural cuando Vitoria-Gasteiz llegase a 500.000 habitantes.

Es necesario precisar que este aumento de recurso para abastecimiento es optativo en función de la pluviometría de cada año.

En años secos se aprovechará el aumento de recurso para los abastecimientos.

En años húmedos se aprovechará hidroeléctricamente.

Por otro lado el desvío de los arroyos de la zona Sur de la ciudad pueden ser conducidos a través de una parte de la red de tuberías de riego, durante el invierno hasta la E.T.A.P. para ser tratadas y servidas en el abastecimiento de la ciudad.

Alternativamente estos caudales pueden ser almacenados para el riego estival de 6.000 hectáreas

8.3. AUMENTO DE PRODUCCIÓN HIDROELÉCTRICA

Este beneficio se produce alternativamente al de abastecimiento de tal manera que son los años húmedos, los cuales son los más abundantes, los que producen un incremento en la producción hidroeléctrica debido a la necesidad de eliminar el agua que sobrepasa un cierto nivel en los embalses para mantener un resguardo frente a avenidas.

Durante estos años húmedos el agua ahorrada en los embalses como consecuencia de la reutilización a pie de presa durante el invierno, se turna hacia el Cantábrico.

8.4. REDUCCIÓN DEL RIESGO DE AVENIDAS

La reutilización invernal a pie de presa provoca que los embalses queden liberados de la servidumbre del río Zadorra por lo que este volumen que antes se reservaba para los caudales ecológicos ahora se turbinan y así se provoca un vacío que incrementa la protección contra inundaciones en Vitoria-Gasteiz.

8.5. TRANSFORMACIÓN EN REGADÍO DE 10.000 HECTÁREAS

Durante el verano se emplean 35.000 m³ diarios de los 75.000 m³ que depura Vitoria-Gasteiz, para riego de 3.500 hectáreas después de hacerles pasar por la E.T.T.

Durante el resto del año se utilizan 30.000 m³ diarios de agua igualmente terciaria para ser bombeados al almacenamiento de Ullibarri-Arrazua para ser empleados en el riego de 6.000 hectáreas, alternativamente a los caudales de los ríos de la zona Sur, dependiendo de la pluviometría anual.

9. PLANTA DE TRATAMIENTO TERCIARIO DE 400 L/S

9.1. CARACTERÍSTICAS DEL INFLUENTE

El influente de la planta de reutilización de ARRATO es un efluente típico de una planta de depuración de aguas residuales con tratamiento biológico por fangos activos, con una disminución de caudales durante el verano (época de mayor incidencia en la planta de reutilización) del día a la noche en una relación de 2 a 1.

La consecuencia del cambio de caudal se manifestaba en un empeoramiento de la calidad del influente durante la noche que obligaba a un aumento en la dosificación de productos químicos, para conseguir la calidad del agua regenerada acordada.

9.2. EXPERIENCIA PRÁCTICA

9.2.1. Planta piloto. Descripción y resultados

Con el propósito de realizar un estudio detallado y confirmar la validez de la planta de reutilización de aguas residuales para su uso en la agricultura, por aquél entonces todavía en construcción en Crispijana (Alava), se realizaron entre octubre de 1994 y mayo de 1995 una serie de estudios a nivel de planta piloto.

Los criterios de calidad elegidos se basan en la norma Californiana recogida en el título 22 del Código de Derecho Administrativo de California.

Para confirmar el grado de cumplimiento de estos objetivos se utilizó una planta piloto con un caudal nominal de 9 m³/h, y dotada de elementos similares a los proyectados en planta real: cámara de floculación, decantador lamelar, filtro y depósito de desinfección.

Para acercar lo máximo posible las semejanzas entre planta piloto y diseño de planta real, se construyó un prototipo de filtro y un depósito de desinfección con el fin de ensayar distintas tallas efectivas de arena y distintos tiempos de contacto del desinfectante con el efluente.

Así pues primero se estudió de forma separada y luego conjunta los diferentes procesos de tratamiento, coagulación, sedimentación, filtración y desinfección.

Se probaron distintos coagulantes y floculantes (sulfato de aluminio, cloruro férrico, policlorosulfato de aluminio y policloruro de aluminio) a fin de determinar la eficacia de cada producto comercial, así como las dosis más adecuadas de uso.

En planta piloto se realizaron ensayos con diferentes tamaños de arena, de 0,95, de 2 a 4, y de 2 a 2,4 mm de talla efectiva que es la que se ha usado.

Respecto al desinfectante se utilizó el hipoclorito sódico comercial, ensayándose con diferentes tiempos de contacto, desde 30 minutos hasta 180 minutos, tiempo que se preveía usar en la planta real, constatándose la importancia del mismo.

9.2.2. PLANTA REAL. TRATAMIENTO ELEGIDO

A continuación detallamos las características más destacadas de la planta de reutilización, y un sencillo esquema de la misma (figura 8) proporcionado por la empresa T.Y.T.S.A., responsable del proyecto y la explotación de la planta.

Dicha planta de tratamiento consta de un módulo, suficiente para un caudal de 400 l/s (la concesión actual), ampliable en otros tres módulos hasta un caudal máximo de 1.600 l/s.

Cada uno de dichos módulos consta de:

- Dos cámaras de floculación, de 97'5 m³ cada una, con agitadores lentos.
- Dos decantadores lamelares, de 607'0 m³ cada uno, con rasquetas de fondo y bombas de extracción de fangos.
- Cuatro filtros de arena, de 22'1 m² cada uno, con una velocidad máxima de filtración de 16'3 m³/m²/h.

A su vez se realizaron una serie de instalaciones comunes para el conjunto de los módulos, como son:

- la arqueta de mezcla de reactivos y de reparto, de 64'1 m³
- la arqueta de recuperación de agua de lavado de filtros, de 170'5 m³
- 2 bombas de recuperación de agua de lavado de 160 m³/h, que la mezclan en cabeza de la instalación con el influente.
- Una cámara de cloración con laberinto, de una capacidad de 4.500 m³
- Un pantalan con 5 bombas de 270 C.V. y 500 m³/h, que impulsan el agua desde la cota 499 a través de una tubería de 800 mm de diámetro, hasta la balsa de regulación, situada en la cota 610, cuyo volumen es de 15.000 m³.

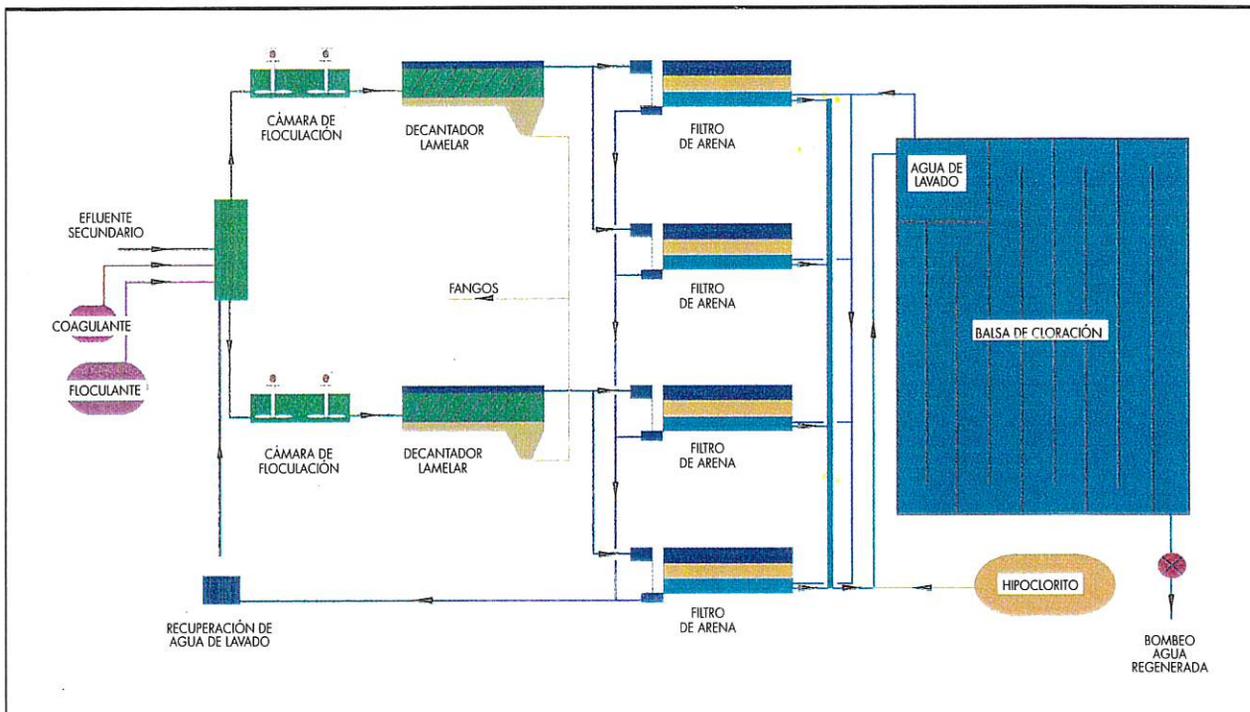


FIGURA 8. Esquema de funcionamiento de la planta de tratamiento terciario de la comunidad de regantes "Arrato".

También son comunes los equipos de lavado de filtros, capaces incluso para una futura ampliación de otros 12 filtros.

- 3 bombas para el agua de 350 m³/h
- 2 soplantes de 60 C.V. y 20 m³/min de caudal de aire.

Como puede observarse, el proceso elegido es el correspondiente al de una planta potabilizadora convencional y se corresponde estrictamente al definido como "full treatment" en el código administrativo de California conocido como "Título 22".

El influente es captado a la salida de los decantadores secundarios de la EDAR municipal, con el objeto de no perder cota innecesariamente.

El tratamiento propiamente dicho se inicia con la adición del coagulante en la cámara de reparto para que el aditivo tenga tiempo de actuar antes de que el agua llegue a la cámara de floculación, en donde se vierte el polielectrolito. Esta separación de los puntos de inyección de los aditivos, se ha revelado como muy beneficiosa respecto a la posibilidad de añadir los productos en la misma cámara de floculación.

Nos parece interesante resaltar, que no se ha procedido al empleo de precloración, para evitar la formación de productos organoclorados, cuando el agua influente puede llegar a concentraciones de sólidos en suspensión de 40 mg/L. Los resultados obtenidos a este respecto han sido excepcionales tal y como se recoge en la tabla 2.

Una vez floculada, el agua pasa a los decantadores lamelares, en donde es clarificada hasta una turbidez no mayor de 6 N.T.U.

En la figura 9 observamos que con un agua decantada de 6 N.T.U. obtenemos durante 14 horas un agua filtrada de menos de 2 N.T.U. mientras que con agua decantada de 9 N.T.U. los filtros sólo aguantan 2 horas, colmatándose a partir de las tres horas, lo que se traduce en la necesidad de lavar filtros de forma frecuente.

Las consecuencias de todo ello son:

- Aumento en el gasto de energía.

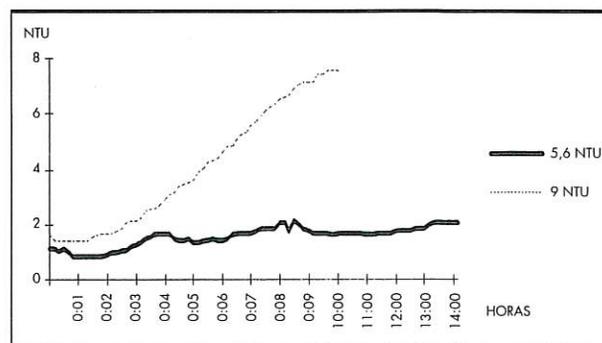


FIGURA 9. Turbidez del agua filtrada según turbidez del agua decantada.

- Disminución de la capacidad de tratamiento, puesto que un alto porcentaje del agua se utiliza para lavar los filtros.

El agua es filtrada con turbidez inferior a 2 N.T.U. se somete a una desinfección mediante hipoclorito sódico. El tiempo de contacto es de unos 200 minutos, con lo que se consigue un grado de desinfección suficientemente elevado, como se recoge en la tabla 3.

La dosis de cloro necesaria para llegar a este nivel de desinfección, es de 8 mg/L como máximo, si se respeta el tiempo de contacto anteriormente mencionado. Aunque pueda parecer sorprendente este resultado, esta es la realidad, el cual, si bien se mira, es el que cabe esperar cuando se llega a un agua que como máximo tiene 3 mg/L de sólidos en suspensión.

Efectivamente, el cloro del hipoclorito sódico no tiene más remedio que atacar al radical amonio y a los restos de materia orgánica constituidos por bacterias y demás contaminantes biológicos.

Al reaccionar con el nitrógeno, forma cloraminas, las cuales son altamente oxidantes y por lo tanto destructoras de materia orgánica.

	MIN	MAX	MEDIA
pH	6,8	8,3	7,4
Conductividad	397	188,1	814
Turbidez	0,1	9,1	1,3
S.S.T.	0,2	13	2
DBO-5	3	8	5
DQO	0	158	34
N-NH ₄	0,2	39	23,9
N-NO ₃ ⁻	0,5	1,6	1,2
PO ₄ ³⁻	0,1	9,2	1,2
Cloro libre	4	10	7,5

Fuente: refundido por TYTSA de diversos análisis

TABLA 1. Concentraciones fisicoquímicas efluente de Arrato.

Esto explica el altísimo rendimiento del hipoclorito sódico en un agua con una turbidez inferior a 2 N.T.U.

9.4. RESULTADOS OBTENIDOS

Los resultados obtenidos durante los dos años de funcionamiento de la planta de reutilización urbana aparecen reflejados en las tablas y gráficas siguientes en donde exponemos las características fisicoquímicas y bacteriológicas más notables del producto final.

De estos datos se deduce que el agua residual urbana (A.R.U.) sometida a un proceso de tratamiento del tipo descrito, puede cumplir las condiciones de calidad más estrictas que actualmente existen en las legislaciones de diversos países, tanto desde el punto de vista fisicoquímico como bacteriológico.

9.5. COSTES TOTALES

Los conceptos reflejados en los costes son los siguientes:

- Consumo de reactivos. Floculación y desinfección.
- Energía eléctrica.
- Mano de obra.
- Mantenimiento preventivo.
- Amortización de la inversión realizada.

9.5.1. Consumo de reactivos. Floculación

El proceso de coagulación y floculación se realiza mediante la

Metal	EPA	MIN	MAX	MEDIA	MEDIANA
Fe	5	0,07	2,98	0,44	0,22
Al	5	0,1	0,68	0,37	0,36
Zn	2	0,07	3,54	0,36	0,27
Ni	0,2	0,02	0,27	0,09	0,08
Cr	0,1	0,001	0,674	0,051	0,007
Co	0,05	0,002	0,024	0,118	0,0115
Cd	0,01	0,001	0,007	0,0023	0,002
Cu	0,2	0,002	0,15	0,015	0,0095
Pb	5	0,011	0,025	0,0163	0,015
Mo	0,01	0,001	0,031	0,014	0,0105
Mn	0,2	0,052	0,095	0,0703	0,069

Fuente: refundido por TYTSA de diversos análisis

TABLA 2. Concentración de metales (mg/l) efluente de Arrato.

adición de un coagulante (policloruro de aluminio) y un coadyuvante (polielectrolito aniónico), cuyas dosis son las siguientes:

- Policloruro de aluminio: 2'08 pts/m³
- Polielectrolito aniónico diluido a 1 g/L: 0'11 pts/m³, por lo tanto el costo de la floculación es: 2'19 pts/m³

9.5.2. Consumo de reactivos. Desinfección

La desinfección se realiza mediante hipoclorito sódico comercial con una riqueza de 150 g Cl₂/L.

El costo de la desinfección es: 1'13 pts/ m³

9.5.3. Energía eléctrica

El costo energético registrado ha sido de 0'40 pts/ m³

9.5.4. Mano de obra

El coste de la mano de obra es: 0'95 pts/ m³

9.5.5. Mantenimiento preventivo

Ha resultado un costo de mantenimiento de 0'40 pts/ m³

9.5.6. Amortización de la inversión

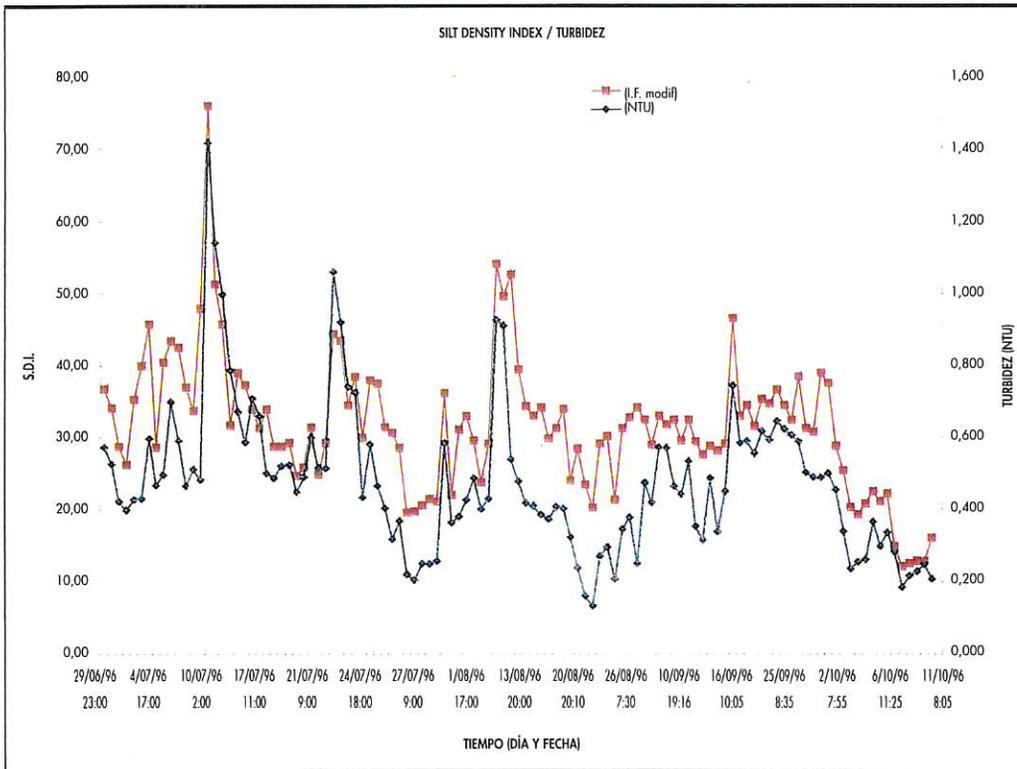
- Planta. Inversión: 542.945.040 pts

Suponemos una amortización en 20 años. Por lo tanto la amortización de la planta representa un costo por m³ de: 4'41 pts corrientes/ m³

DÍA	OMS 93	CEE 95	26/10/91	14/11/91	27/12/91
Cloro libre (ppm)			0,62	0,61	0,8
Cloroformo	200	40	<1	1,5	4,7
Diclorobromometano	60	15	<1	<1	1,4
Clorodibromometano	100		<1	<1	<1
Bromoformo	100		<1	<1	<1
Total			<4	<4,5	<8,1

Fuente: refundido por TYTSA de diversos análisis

TABLA 3. Concentración de Trihalometanos (µg/l) efluente de Arrato.



- En estas condiciones, una cloración con 8 mg/L de hipoclorito sódico garantiza una excelente desinfección siempre y cuando, el tiempo de contacto sea superior a 120 minutos. El empleo del hipoclorito sódico es una excelente solución para desinfectar aguas residuales tipo Título 22, por las siguientes razones:
- Se emplean pequeñas dosis (8 mg/L).
- No forma compuestos organoclorados.
- No eleva excesivamente la conductividad.
- Desinfecta eficazmente.

9.5.7. Precio total del agua

El coste por m³ de agua tratada, incluida la amortización, el tratamiento, y el mantenimiento preventivo, es de:

$$2'19 + 1'13 + 0'95 + 0'40 + 0'40 + 4'41 = 9'48 \text{ pts/ m}^3$$

9.6. CONCLUSIONES

- De los resultados obtenidos se deduce la necesidad de implantar un tratamiento fisicoquímico con coagulación y decantación a fin de conseguir una turbidez antes de filtros inferior a 6 N.T.U. y no depender de las variaciones del influente.

Este requisito de turbidez antes de los filtros, es el que se considera en California (T. Asano y colaboradores) el límite máximo para que un proceso terciario sin decantación resulte más económico que el tratamiento denominado "Título 22", que es el utilizado aquí.

Por lo tanto, cuando se trata de producir agua que después va a servir para regar vegetales de consumo crudo o jardines urbanos, recomendamos como un seguro del proceso, la incorporación de una decantación para conseguir una turbidez antes de filtros menor de 6 N.T.U.

- La filtración complementa el tratamiento anterior a fin de garantizar una agua regenerada que en cuanto a turbidez esté siempre dentro de los límites considerados como seguros (Título 22 de Código Administrativo de California).
- Por otro lado, el costo de la decantación, dentro del tratamiento terciario instalado en Vitoria, es prácticamente el de la inversión más su posterior amortización, al que podemos añadir la recogida de fangos, que evaluamos en 0'20 pts/ m³.

La inversión del proceso de decantación fué en Vitoria de 101.000.000 pts, lo que nos lleva a un costo por metro cúbico, debido a la amortización, de 0'85 pts/ m³.

- Un agua decantada previamente permite a los filtros funcionar con efectividad y regularidad.

- La seguridad de manejo es muy alta.

10. UNA ETAPA MÁS AVANZADA

10.1. OBJETIVO

La calidad del agua obtenida en la E.T.T., ha tenido como consecuencia la ampliación del objetivo inicialmente previsto fijándolo en la posibilidad de alcanzar la producción de agua potable, aunque actualmente no es legalmente posible en España la reutili-

MICROORGANISMO	RESULTADO	MUESTRAS
Coliformes totales	Ausencia	208
Coliformes fecales	Ausencia	196
Escherichia coli	Ausencia	45
Salmonella sp	Ausencia	45
Pseudomonas aeruginosa	Ausencia	46
Shigella	Ausencia	46
Listeria monocytogenes	Ausencia	46
Enterovirus	Ausencia	2
Legionella pneumofila	Ausencia	2
Giardia Lambliia	Ausencia	3
Cryptosporidium	Ausencia	3

Fuentes: DEMSAC, LABAQUA, UPV y propios

TABLA 4. Bacteriología efluente de Arrato.

zación directa de las aguas residuales para usos de abastecimiento.

10.2. DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN

La idea técnica consiste en considerar como materia prima para una potabilización mediante ósmosis inversa el agua efluente de la E.T.T., habida cuenta del reducido coste total del m³ de agua regenerada a un nivel inferior a 1 U.N.T., 3 mg/l de D.B.O.-5, 1.000 mS/cm de C.E., 15 mg/l de S.S. y 10 mg/L de C.O.T.

Con este motivo se instaló un módulo doméstico de ósmosis inversa cuya capacidad de permeado era de 7 l/h, el cual era alimentado con agua terciaria clorada, a una presión de 3 Kg/cm² cuya composición era conocida en continuo en cuanto a turbidez, conductividad, cloro residual, temperatura y pH se refiere. Paralelamente a la línea de percolado se ha tomado el índice de ensuciamiento, o Silt Density Index (SDI) modificado, con objeto de obtener una correspondencia entre el caudal permeado y la turbidez del agua influente.

Asimismo, se prescindió de filtros protectores previos a las membranas para determinar la vida de las membranas y el tiempo de obturación teniendo en cuenta que el módulo de ósmosis inversa no tenía circuito de lavado.

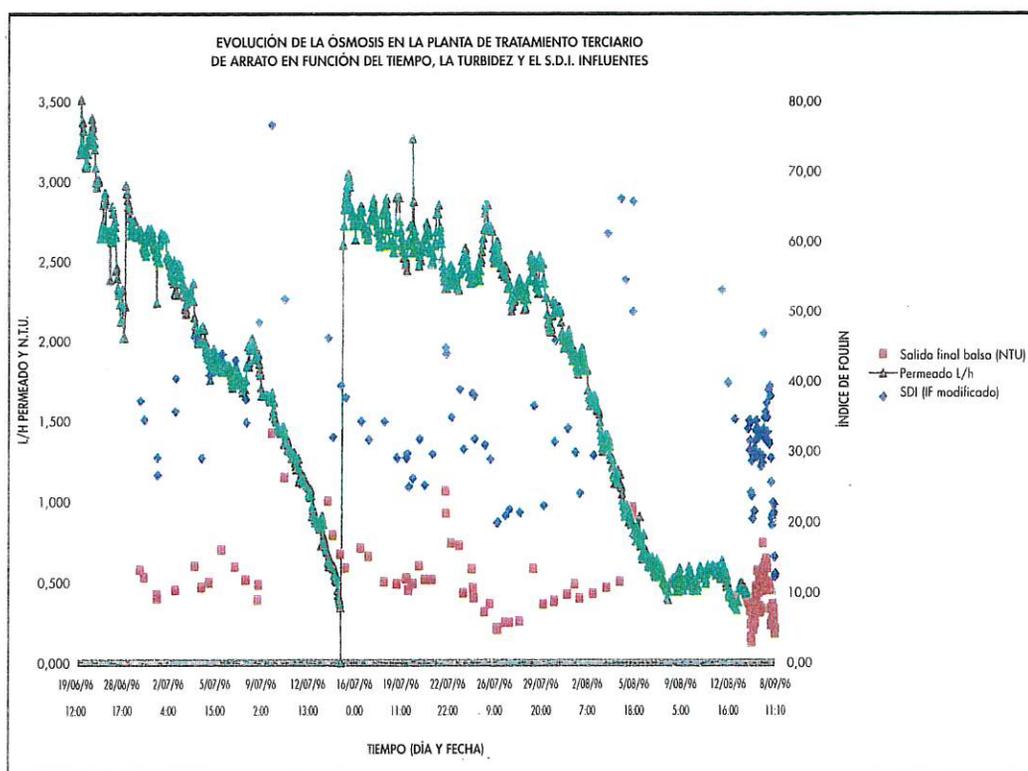
10.3. RESULTADOS

Los resultados obtenidos que se adjuntan, demuestran que:

- 1º Con porcentajes del 50 - 40 % de permeado, las membranas tardan en obturarse unos 15 días, cuando la calidad del agua influente, en términos de U.N.T., está comprendida entre 1 y 0'3, lo que se corresponde aproximadamente con 75 y 25 unidades de S.D.I. (Índice de ensuciamiento).
- 2º Las reducciones medias obtenidas en la ósmosis inversa son las siguientes: U.N.T.: 80%, S.S.: 70%, D.B.O.-5: 65%, D.Q.O.: 40%, NH₄: 16 %, PO₄: 80%
- 3º El índice de ensuciamiento y la turbidez son dos parámetros prácticamente equivalentes, observándose una evolución de ambas absolutamente paralelas.

10.4. TRABAJOS FUTUROS Y CONSECUENCIAS

A la vista de estos alentadores resultados a principios de 1997, se ha instalado un módulo de mayor capacidad (500 l/h) dotado de sistema de autolavado con objeto de determinar cuales son los rendimientos del módulo, cuando se funciona a unos 10 kg/cm² de presión.



Si, como todo parece indicar, es posible procesar el agua residual tratada mediante un tratamiento T-22 de código Administrativo de California, creemos que es posible abastecer de agua potable a la ciudad generadora de agua residual en un porcentaje comprendido entre un 50 y 60 % de su consumo, a unos precios muy inferiores a los registrados en una desalación de agua de mar.

Efectivamente, la obtención de agua con los parámetros registrados en la E.T.T. de ARRATO, a partir de agua residual urbana (70 % doméstica, 30 % industrial), a un coste total (tratamiento más amortización) de 10 pts/m³, abre el camino para la consecución de agua potable a precios inferiores a las 30 pts/m³.

10.5. ENCAJE LEGAL EN ESPAÑA

En el momento actual, no está permitida la reutilización directa de aguas residuales para el abastecimiento humano, salvo casos de emergencia.

Sin embargo, queda abierta la puerta hacia la reutilización indirecta, entendiéndose por reutilización indirecta aquella en la que el agua a reutilizar está en contacto con el medio natural, antes de ser introducida en el sistema de potabilización de la ciudad.

Aunque la calidad de las aguas obtenidas a partir de procedimientos como puedan ser la ósmosis inversa, Electrodialisis o Destilación, es tal que la existencia de vida biológica o de componentes de alto peso molecular, sin embargo parece razonable que por consideraciones de seguridad y de homogeneización, sea exigible que este tipo de agua sea sometido a una mezcla con agua natural. Sin embargo no parece que la solución de introducción en los acuíferos subterráneos sea la mejor, debido a la gran posibilidad que existe de pérdidas de caudales. Mas bien parece más razonable que el agua obtenida a partir de la E.D.A.R., sea mezclada con el agua natural en los almacenamientos de agua bruta para abastecimiento o en la propia conducción hacia la E.T.A.P. de la ciudad.

10.6. CONCLUSIÓN FINAL

A la vista de los trabajos realizados hasta ahora en la E.T.T. de ARRATO situada en Vitoria-Gasteiz (España), y haciendo una proyección razonable sobre los que quedan por realizar, no parece aventurado asegurar que es posible recuperar el 60% del agua consumida por un núcleo urbano para ser reutilizada en su propio abastecimiento con las siguientes condiciones.

- 1º Existencia de E.D.A.R. secundaria con proceso nitrificador-desnitrificador.
- 2º Existencia de un T.T. tipo T-22 del Código Administrativo de California con filtros de arena a ser posible tricapas.
- 3º Tratamiento final de sistemas de desalación a baja presión.

Esta línea de tratamiento garantiza agua a un precio de producción inferior a 30 pts/m³.

La importancia de esta línea de tratamiento es evidente porque así como en zonas costeras se puede recurrir, y de hecho así viene sucediendo, a la utilización de agua de mar como materia prima para la fabricación de agua potable, existen infinidad de casos en los que esa posibilidad no puede ser empleada.

En una época en la que la humanidad ha comenzado a tomar conciencia de la importancia que tiene el asegurar recursos hi-

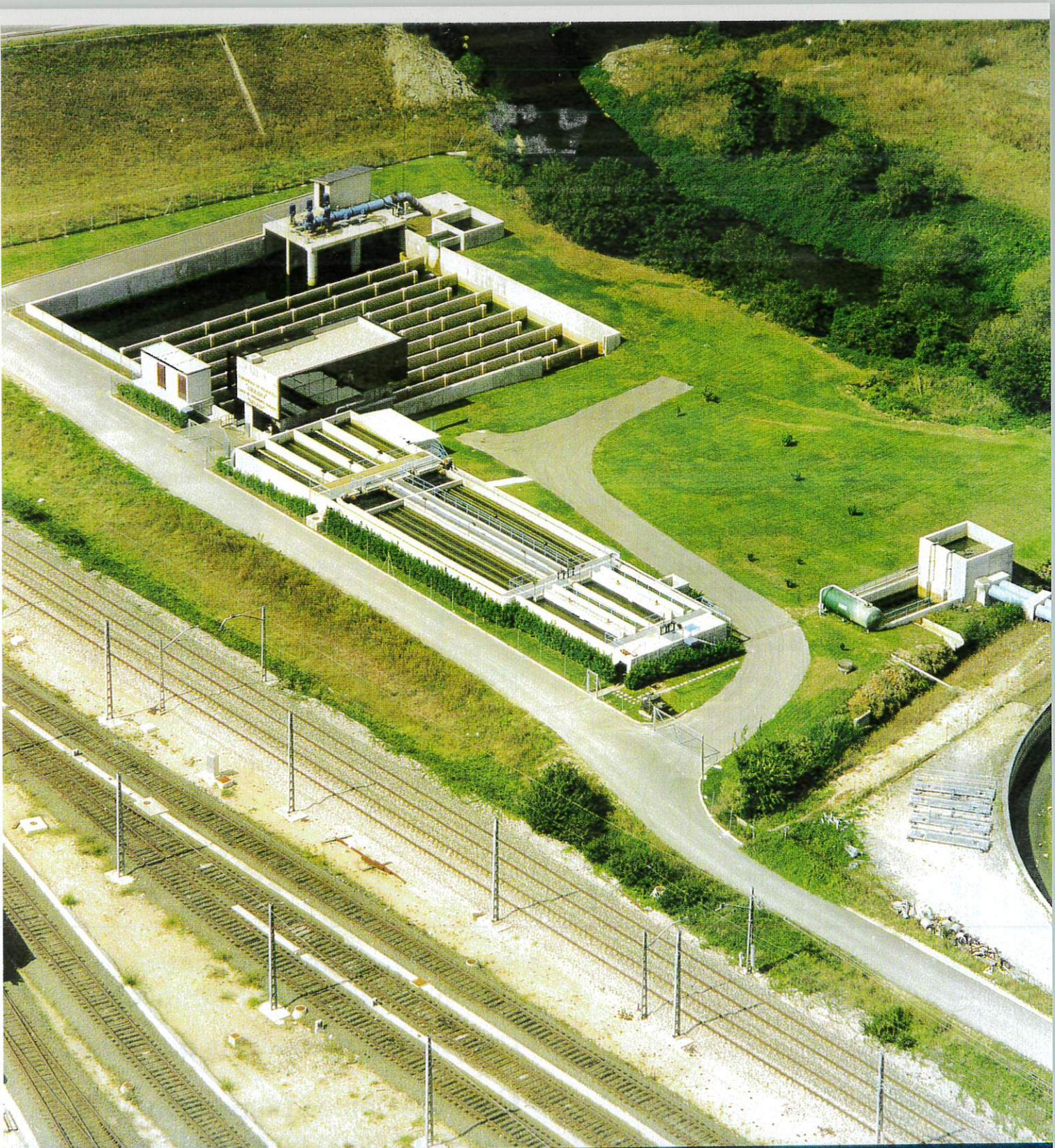
dráulicos seguros, no es posible ignorar que hoy día la técnica y la organización, hacen posible poner en circuito semi-cerrado a las ciudades situadas en el interior de los continentes, reduciendo así las necesidades de captación de nuevos recursos con el consiguiente beneficio para el medio ambiente.

Se suele afirmar que la reutilización, sólo incrementa el recurso hidráulico en las zonas costeras, pero esta afirmación no creemos que sea del todo cierta.

A nuestro juicio, cualquier reutilización, es un "incremento efectivo" del recurso hidráulico, ya que incrementa la regulación de la cuenca, sobre todo si a lo largo de ella existen grandes concentraciones de usuarios.

Efectivamente cualquier vertido, por muy buena calidad que tenga, necesita ser diluido. Este hecho origina una necesidad de caudal en el río superior a la precisa para la vida del mismo, la cual se suministra desde los embalses reguladores, por lo que estos pierden más agua de lo que es necesario. Si estos vertidos son transformados en agua regenerada, la necesidad de dilución en el río disminuye, y por lo tanto los embalses pierden menos agua.

Es evidente que la reutilización fuera de la costas no aumenta el volumen de agua existente, pero sí que aumenta el volumen de agua disponible aguas abajo de los embalses reguladores.



T.Y.T.S.A.

TECNICAS Y TECNICOS, S.A.

DEPURACION Y REUTILIZACION DE AGUAS

PINTOR C. SAEZ DE TEJADA, S/N • 01008 VITORIA-GASTEIZ
TELEFONOS 945 22 09 00 - 22 06 50 • FAX 945 22 46 77

