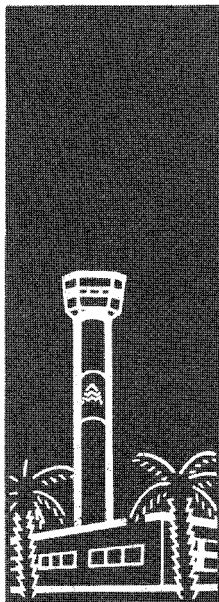


La traída de aguas a las comarcas de Tarragona

Francisco Gutiérrez Ferrández y Leandro López Bosch



La tradicional falta de recursos hídricos de las comarcas litorales de Tarragona ha sido agravada en los últimos veinte años por el crecimiento turístico e industrial, poniéndose de manifiesto especialmente en los grandes asentamientos urbanos, como Tarragona, Reus, Salou, etc.

La práctica inexistencia de recursos superficiales importantes ha obligado a que los abastecimientos se realicen en su mayor parte con aguas subterráneas. El alto grado de extracción de éstas ha propiciado tanto el descenso continuado de los niveles de los acuíferos, como el aumento de la penetración de la salinidad del mar, obligando, en algunos casos, al abandono de los pozos, y originando, en otros, el deterioro de la calidad de dichos recursos, ya que su contenido en cloruros supera en muchos casos hasta en diez veces los límites prescritos en el Reglamento Técnico Sanitario de Aguas para el consumo público.

Se tiene en conjunto una demanda actual de recursos hidráulicos, para usos urbanos e industriales, del orden de 95 hm³/año, de los cuales 70 hm³/año son de origen urbano y 25 hm³/año de origen industrial.

Los recursos hidráulicos de calidad suficiente son del orden de 45 hm³/año, por lo que queda un déficit actual de 50 hm³/año, que es aproximadamente el caudal inicial a suministrar por el "Consorci d'Aigües de Tarragona".

LA SOLUCIÓN AL DÉFICIT HIDRÁULICO. LA LEY 18/1981 SOBRE AGUAS. ACTUACIONES EN TARRAGONA

Para resolver el grave déficit indicado, fue aprobada la Ley 18/1981 con arreglo a los siguientes principios básicos:

1. La cantidad de agua que se destina a mejorar el abastecimiento urbano e industrial de municipios de la provincia de Tarragona es la misma que resulte de recuperar las pérdidas que en la actualidad se producen en la infraestructura hidráulica del Delta del Ebro, con un límite máximo de cuatro metros cúbicos por segundo, equivalentes a 126 hm³/año. Estas pérdidas fueron evaluadas por el Centro de Estudios Hidrográficos del MOPU, en 1972, en 12 m³/s.

La recuperación de las pérdidas implica la ejecución del Plan de Obras de acondicionamiento y mejora de los canales y acequias de riego del Delta, con más de 250 km a revestir, de un total de 450 km, y con un coste, en 1986, de más de 15.000 millones de pesetas. Este Plan se financia sin coste alguno para las comunidades de regantes del Delta del Ebro, y con la aportación de 5 pta/m³, revisables desde 1981, por los beneficiarios de la Concesión.

2. El aprovechamiento del agua así recuperada se verificará previa concesión administrativa, cuya titularidad se atribuye en la Ley a un Consorcio, con personalidad jurídica propia, constituido por la Generalitat, ayuntamientos e industrias.

3. Las obras se realizarán sin aportación alguna del Estado.

Vemos, por tanto, que, para resolver el déficit, se recurre no a los caudales sobrantes del Ebro, que van al mar y que están evaluados en más de 12.000 hm³/año, equivalentes a 400 m³/s, sino a la recuperación de parte de las pérdidas en los canales de regadío del Delta del Ebro que, debido a su ejecución en tierra y a sus casi cien años de antigüedad, presentan unas pérdidas de 12 m³/s, equivalentes a más del 30% de los caudales otorgados a los regadíos del Delta en cabecera, que son de 25 m³/s para el canal de la derecha y de 19 m³/s para el canal de la izquierda. Se consigue con ello encontrar una fórmula de financiación al Plan de Obras de Acondicionamiento de los canales del Delta, así como resolver el déficit hidráulico actual con un margen superior al cien por cien.

La solución al problema del abastecimiento de las comarcas de Tarragona queda técnicamente resuelta de forma análoga a los últimos grandes abastecimientos realizados en España y en Europa, mediante una captación de caudales, potabilización y distribución a los usuarios, con la particularidad de que, por proceder de caudales recuperados, no es necesario en la primera fase regular o embalsar el agua para garantizar los caudales de estiaje. Los abastecimientos a la Costa del Sol, zona de Murcia y Alicante con la Mancomunidad de los Canales del Trabilla, abastecimiento de Madrid AMSO, abastecimiento a la zona de Marsella y Niza con el Canal de Provenza, etc., son soluciones técnicas análogas a la del Consorci d'Aigües de Tarragona, pero con la particularidad este último de la especial participación de todos los estamentos implicados —Generalitat, 23 ayuntamientos, 21 industrias y las dos comunidades de regantes— en los órganos de Gobierno del Consorcio (ver cuadro 1).

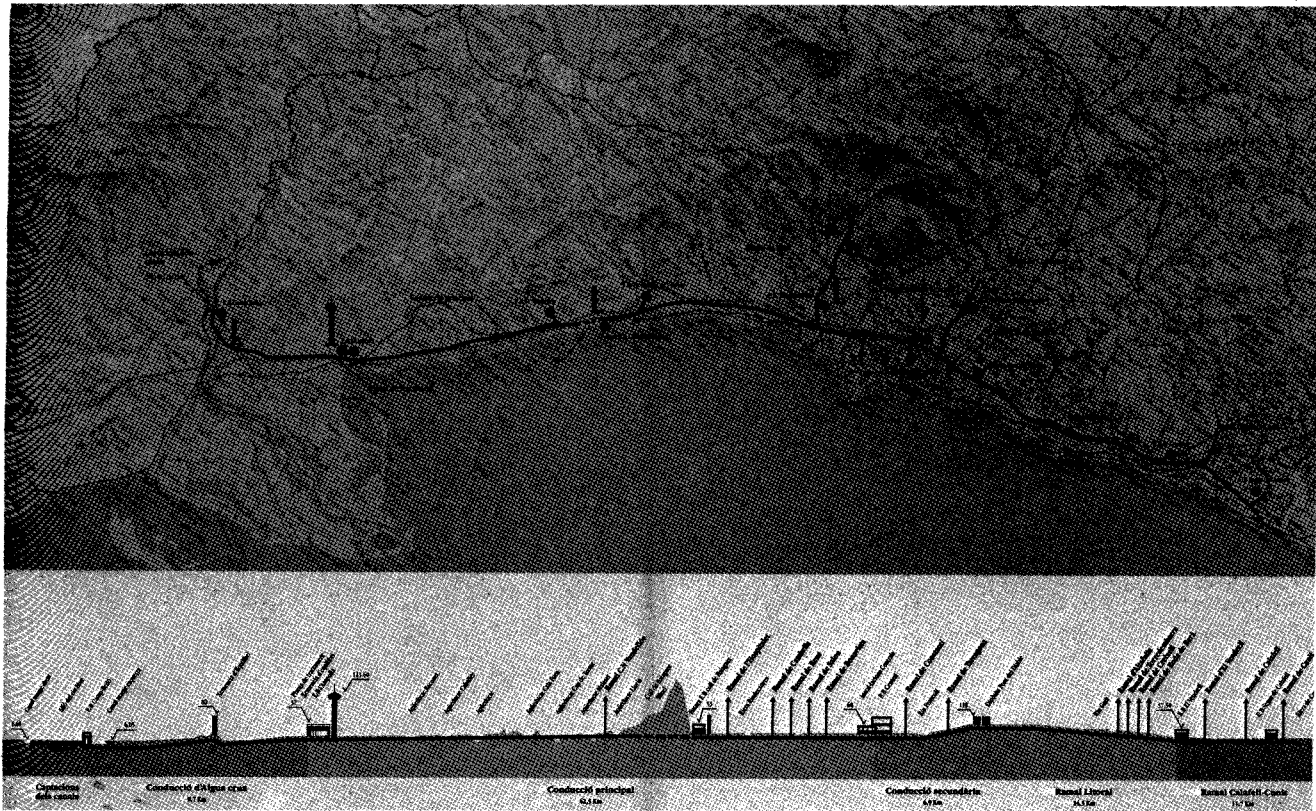


Fig. 1. Plano de disposición general.

ESTUDIO DE ALTERNATIVAS Y ANTEPROYECTO

Como puede apreciarse en el plano de disposición general (Fig. 1), los consumos se realizan a lo largo de toda la zona litoral, concentrándose en la zona del triángulo Tarragona-Reus-Salou, que se sitúa a unos 70 km aproximadamente del origen del abastecimiento. Como consecuencia de ello, resulta más conveniente establecer un tratamiento en origen que en destino.

Un segundo punto a destacar es el doble uso a que se destina el agua, urbano e industrial. Para el primero se precisa, obviamente, un tratamiento de agua potable mucho más estricto que para el segundo, lo que, descartada la doble red por antieconómica, obliga a un tratamiento único y conjunto cuya agua tratada cumpla la normativa vigente establecida en el RD 1423/82.

Establecido que el tratamiento se realice en origen o cabecera, se descarta la posibilidad de transporte en canal, dada la falta de desniveles apropiados (se encuentran a cotas mucho más altas los puntos de destino que el origen), y el uso doméstico a que se destina más de la mitad de los caudales a transportar. Por consiguiente, la distribución se realiza mediante tuberías, a la presión requerida para conducir el agua desde la planta de tratamiento a los diferentes puntos de destino.

Tercer punto destacable es la estacionalidad de la demanda de verano, provocada por el consumo turístico, en relación a la del invierno, que hace que en la primera fase de realización del proyecto, con un consumo máximo de 2 m³/s, se tenga un coeficiente de punta de 2, y que, después del primer aumento a 2,6 m³/s durante la puesta en marcha, permanezca invariable. Este hecho, conjuntamente con la limitación impuesta a los recursos a 126 hm³/año, hizo que se estudiara la viabilidad del almacenamiento estacional mediante embalses, concluyéndose que en la primera fase, hasta que el consumo punta alcanzase los 4 m³/s (plazo previsto entre 10 y 20 años desde la puesta en ser-



CUADRO 1

Municipios e industrias que, junto con las dos comunidades de regantes y la Generalitat, participan en los órganos de gobierno del Consorcio de Aguas de Tarragona

MUNICIPIOS

- Almasseter
- Albaladej
- Calafell
- Cambrils de Mar
- Cardeñer del Camp
- Capçanys
- Cravel de Mar
- Cubells
- Huesca
- Mont-roig del Camp
- El Noya
- La Pobla de Mañanet
- Reus
- Riudoms
- Vila de Bera
- La Selva del Camp
- Tarragona
- Tàrradellas
- Vandellòs
- El Vendrell
- Vila-seca i Salou
- Vilanova del Camp
- Vilanova i els Arcs

INDUSTRIAS

- Ascendel
- Asfaltos Españoles, S.A.
- Baski Española, S.A.
- Bayer Hispania Industrial, S.A.
- Butano, S.A.
- Carburos Messer Griesheim, S.A.
- Cindasa
- Cobeca, S.A.
- Distribidora Industrial, S.A.
- Dow Química Ibérica, S.A.
- Energía e Ind. Aragonesas, S.A.
- MarchéBou-Dawson, S.A.
- Hilsensa
- Hoechst Ibérica, S.A.
- Industrias Químicas Asociadas, S.A.
- Inpaba
- Larostat, S.A.
- Repsol Petrolero, S.A.
- Repsol Química, S.A.
- Tarragona Química, S.A.
- Unión Expositiva Río Tinto, S.A.



Fig. 2. Túnel del Coll de Balaguer.

vicio), la solución económicamente más ventajosa consistía en dimensionar las redes de tuberías para el caudal punta, y aplazar la construcción de presas o balsas hasta la segunda fase, en que el consumo punta superase la barrera de los 4 m³/s.

Así pues, la solución contemplada en el Proyecto definitivo de Concesión se compone de:

— Obra de toma en los canales principales derecho e izquierdo del Ebro, a la altura de Camp-Redó, en el Término Municipal de Tortosa, lo que permite una captación simultánea o alternativa en caso de avería en uno de los dos canales.

— Impulsión y conducción de agua bruta entre el punto de toma y la estación de tratamiento.

— Impulsión y conducción principal para el transporte del agua tratada hasta el centro de gravedad del consumo, situado en las inmediaciones del triángulo de Tarragona-Reus-Salou. El trazado de esta conducción, así como el de la secundaria y ramal litoral, sigue aproximadamente el de la autopista Barcelona-Valencia, y obedece tanto a condiciones topográficas como a ventajas de ordenación territorial. Solamente donde es adversa la topografía se aparta del trazado de la línea de la autopista, teniéndose que realizar un túnel en el Coll de Balaguer.

— Instalaciones Centrales, situadas al final de la conducción principal, e inicio de la impulsión de la conducción secundaria y de más ramales.

CALIDAD DEL AGUA

Todos los proyectos realizados han partido, desde el primer momento, de los estudios de calidad del agua, para lo cual el Consorcio d'Aigües de Tarragona instala en 1985 un laboratorio propio cuya misión es la de controlar esta calidad, dotándolo de los instrumentos con tecnología más avanzada, como son:

— Cromatógrafo de gases.

— Espectrometría de masas con inyector de líquidos split/splitless y Headspace, con sistema informático de adquisición de datos y consultas a bibliotecas.

— Fotodensímetro computerizado por cromatografía de capa fina de alta y baja resolución.

— Espectrofotómetro de absorción atómica con cámara de grafito, generador de hidruros y llama.

— Analizador de radiaciones alfa y beta con detector proporcional.

— Analizador radioquímico multicanal con detector NaI (TI).

— Analizador de radiaciones gamma total con medidor en continuo.

Desde 1985 se han realizado más de 20.000 análisis, midiendo 58 parámetros diferentes, aparte de las pruebas piloto de Jar-test, investigación de reactivos más adecuados, etc. El cuadro 2 recoge los valores máximos y medios detectados en el agua

CUADRO 2				
Resumen de los análisis del mes de agosto de 1989				
según el Plan de Control de Sanidad (RD, CEE)				
PARÁMETROS SEGÚN SANIDAD	UNIDADES	AGUA CRUDA MÁXIMO/MEDIA	AGUA DISTRIBUIDA MÁXIMO/MEDIA	VALORES TOLERABLES RD 1423/82
1 Olor	Intensidad/tipo	—	LEVE/CLORO/LEVE/CLORO	TRATAMIENTO PROPIO
2 Olor	Factor dilución	2/2	—	N.L.
3 Sabor	Intensidad/tipo	—	LEVE/CLORO/LEVE/CLORO	TRATAMIENTO PROPIO
4 Color	mg Pt-Co/l	10/10	Inf. 5 / Inf. 5	20
5 Turbidez	UNF	11,3/10,5	5,6 / 1,7	6
6 Temperatura	° C	28,4/27,1	25,0 / 24,1	LA PROPIA
7 pH	Unid. pH	8,55/8,27	7,85 / 7,65	6,5 - 9,5
8 Conductividad a 20° C	µS/cm	1126/1060	1194 / 1069	LA PROPIA
9 Cloruros	mg Cl ⁻ /l	152,4/142,1	166,6 / 147,1	350
10 Sulfatos	mg SO ₄ ⁻² /l	234,0/221,0	233,1 / 223,0	400
11 Sílice	mg SiO ₂ /l	—	3,6 / 3,3	LA PROPIA
12 Calcio	mg Ca ²⁺ /l	121,6/113,6	113,6 / 111,2	200
13 Magnesio	mg Mg ²⁺ /l	29,1/22,7	26,2 / 23,8	50
14 Dureza total	mg CaCO ₃ /l	404,0/396,8	392,0 / 376,0	Min. 150 *
15 Residuo seco a 110° C	mg/l	1152/800	1163 / 910	1500
16 Oxígeno disuelto	%	136/108,8	92 / 90,5	N.L.
17 Oxígeno disuelto	mg O ₂ /l	10,9/8,8	7,6 / 7,3	Min. 5 *
18 Cloro residual	mg Cl ₂ /l	—	2,00 / 1,00	N.L.
19 Nitratos	mg NO ₃ ⁻ /l	12,5/10,7	10,9 / 9,6	50
20 Nitritos	mg NO ₂ ⁻ /l	—	0,00 / 0,00	0,1
21 Amonio	mg NH ₄ ⁺ /l	0,11/0,04	0,00 / 0,00	0,5
22 DQO-KMnO ₄	mg O ₂ /l	5,1 / 3,5	2,7 / 1,6	5
23 Sulfuro de Hidrógeno	mg S ²⁻ /l	N.D.O./N.D.O.	N.D.O./N.D.O.	N.D.O.
24 Fenoles	mg C ₆ H ₅ OH/l	0,0000/0,000	0,0000/0,000	0,001
25 Detergentes	mg NaL/S/l	0,01/0,01	0,00 / 0,00	1
26 Sustancias extraíbles en cloroformo	mg/l	0,1 / 0,0	0,0 / 0,0	0,1 *
27 Fósforo	mg P/l	—	0,14 / 0,08	2,15
28 Fósforo	mg P ₂ O ₅ /l	0,780,78	0,64 / 0,38	5
29 Flúor	mg F ⁻ /l	0,220,22	0,15 / 0,15	1,5
30 Materias en suspensión	mg/l	26,0/14,1	1,6 / 0,4	AUSENCIA *
31 Hierro	mg Fe/l	0,0070,007	0,010/0,010	0,2
32 Manganeso	mg Mn/l	0,010/0,010	0,016/0,011	0,05
33 Cobre	mg Cu/l	0,005/0,005	0,005/0,004	1,5
34 Zinc	mg Zn/l	0,134/0,134	0,178/0,148	5
35 Arsénico	mg As/l	0,001/0,001	0,001/0,001	0,05
36 Cadmio	mg Cd/l	0,0003/0,0003	0,0003/0,0003	0,005
37 Cianuros	mg CN/l	0,00 / 0,00	0,00 / 0,00	0,05
38 Cromo total	mg Cr/l	0,000/0,000	0,000/0,000	N.L.
39 Cromo hexavalente	mg Cr ⁶⁺ /l	0,00 / 0,00	0,00 / 0,00	0,05
40 Mercurio	mg Hg/l	0,0000/0,0000	0,0000/0,0000	0,001
41 Níquel	mg Ni/l	0,012/0,012	0,012/0,012	0,05
42 Plomo	mg Pb/l	0,001/0,001	0,001/0,001	0,05
43 Antimonio	mg Sb/l	0,0003/0,0003	0,0000/0,0000	0,01
44 Selenio	mg Se/l	0,000/0,000	0,000/0,000	0,02
45 Bario	mg Ba/l	0,0 / 0,0	0,0 / 0,0	N.L.
46 Boro	mg B/l	0,33 / 0,33	0,14 / 0,14	N.L.
47 Berilio	mg Be/l	0,0000/0,0000	0,0000/0,0000	N.L.
48 Cobalto	mg Co/l	0,000/0,000	0,000 / 0,000	N.L.
49 DBO ₅	mg O ₂ /l	4,7/4,7	—	N.L.
50 Nitrógeno Kjeldahl	mg N/l	1,7/1,7	—	N.L.
51 COT	mg Cl/l	3,4/3,3	3,0/2,8	N.L.
52 Plaguicidas individuales (Paralín, HCH, Dieldrín)	mg/l	0,0000/0,0000	0,0000/0,0000	0,0005
54 Hidrocarburos disueltos o emulsionados	mg/l	0,0015/0,0006	0,0014/0,0005	N.L.
55 Hidrocarburos aromáticos policíclicos	mg/l	0,0000/0,0000	0,0000/0,0000	0,0002
56 Cloro orgánico extraíble	mg Cl/l	0,0012/0,0003	0,0002/0,0000	N.L.
57 Bacterias aerobias a 22° C	núm.Col./ml	Sup.1000/Sup.1000	6 / 4	100 *
58 Bacterias aerobias a 37° C	núm.Col./ml	Sup.1000/Sup.1000	7 / 4	200
59 Coliformes totales	núm.Col/100 ml	4200 / 3233	AUSENCIA/AUSENCIA	AUSENCIA
60 Coliformes fecales	núm.Col/100 ml	800 / 600	AUSENCIA/AUSENCIA	AUSENCIA
61 Estreptococos fecales	núm.Col/100 ml	9 / 7	AUSENCIA/AUSENCIA	AUSENCIA
62 Clostridia sulfito-reductores	núm.Col/20 ml	15 / 11	AUSENCIA/AUSENCIA	AUSENCIA
63 Microorganismos parásitos y/o patógenos		—	AUSENCIA/AUSENCIA	AUSENCIA
64 Elementos formos apreciables a simple vista		PRESENCIA/PRESENCIA	AUSENCIA/AUSENCIA	AUSENCIA
65 Salmonellas	con 5000 ml	AUSENCIA/AUSENCIA	AUSENCIA/AUSENCIA	AUSENCIA
66 Radioactividad α + β	Bq/l	0,3240,222	0,302 / 0,211	3,7
OTROS PARÁMETROS				
67 Titulación alcalina	mg CaCO ₃ /l	10,5/9,2	0,0 / 0,0	N.L.
68 Titulación alcalina completa	mg CaCO ₃ /l	171,0/166,6	140,0 / 140,0	N.L.
69 Dureza permanente	mg CaCO ₃ /l	238,0/230,2	252,0 / 236,0	N.L.
70 Carbonatos	mg CO ₃ ⁻² /l	12,6/11,0	0,0 / 0,0	N.L.
71 Bicarbonatos	mg HCO ₃ ⁻ /l	189,1/180,7	170,8 / 165,9	N.L.
72 Sodio	mg Na ⁺ /l	98 / 93	95 / 90	N.L.
73 Potasio	mg K ⁺ /l	5,3 / 4,5	10,5 / 7,3	N.L.

*Valores de orientación de calidad

RD: Real Decreto

CEE: Comunidad Económica Europea

N.L.: No limitado

N.D.O.: No detectable orgánicamente

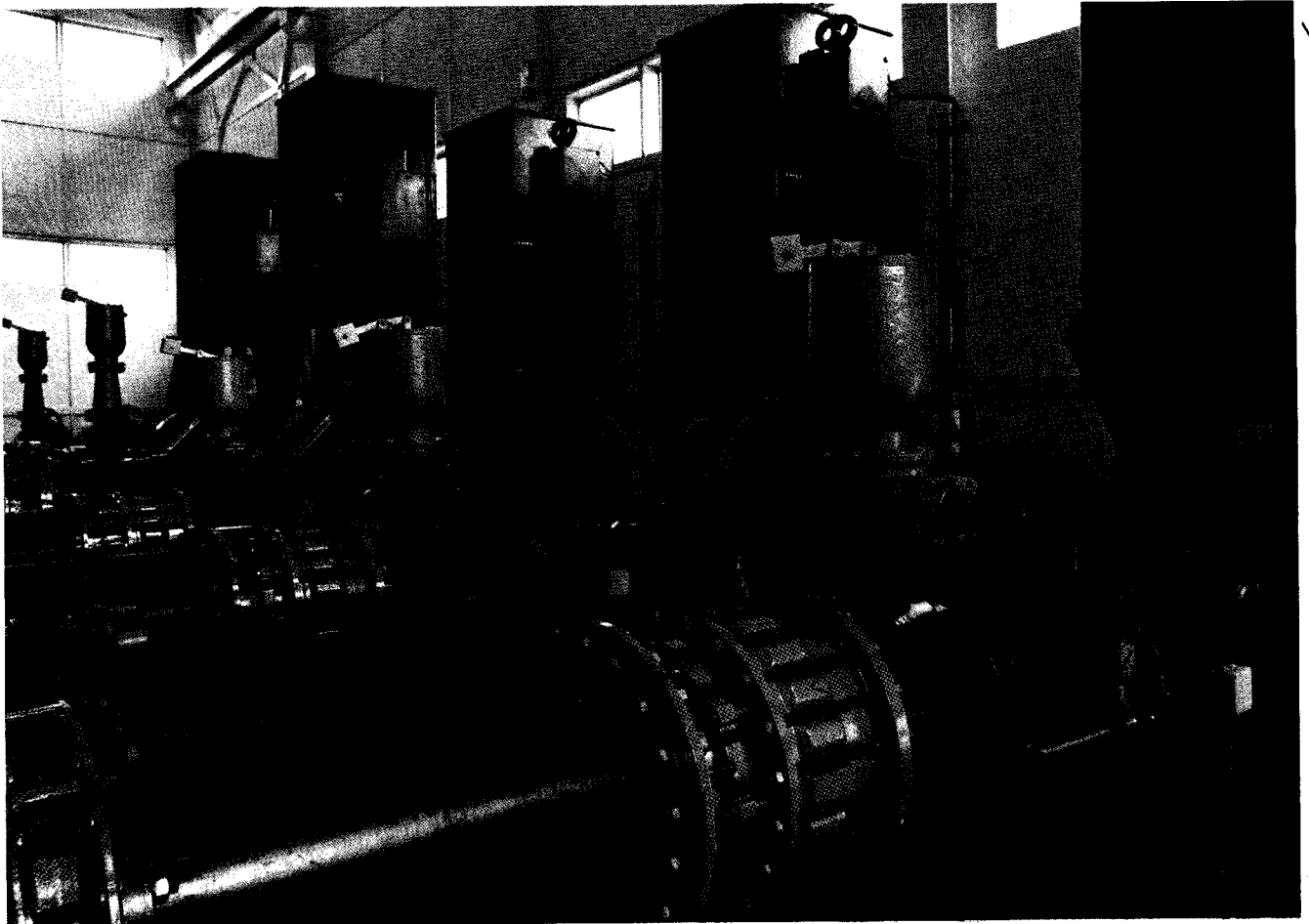


Fig. 3. Estación de bombeo de Camp-Redó.

cruda de los canales del Delta, así como los valores previstos después de pasar por la depuradora y los límites establecidos por el Reglamento Técnico Sanitario 1423/82, y por la Directiva 75/440 de la CEE, comprobándose que en todos los casos el agua tratada cumple sobradamente los límites fijados.

La radioactividad es uno de los aspectos medidos por el laboratorio, comprobándose por los análisis realizados hasta el momento que es 20 veces inferior a los límites indicados en el Reglamento Técnico Sanitario, e inferior también a los valores máximos recomendados por la E.P.A. de Estados Unidos y por la Organización Mundial de la Salud.

Como medida de precaución, recomendada por las Autoridades Sanitarias, se está clorando en exceso durante los primeros meses de puesta en marcha, debido a que, por la mala calidad del agua distribuida a lo largo de los últimos años, las tuberías podrían no estar en perfectas condiciones de desinfección.

DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS

Las obras de la nueva traída de agua, tal y como ya se ha indicado anteriormente, están dimensionadas en el origen para conducir hasta $4 \text{ m}^3/\text{s}$ a las comarcas de Tarragona, con un volumen máximo de $126 \text{ hm}^3/\text{año}$. En la actualidad esto supone el suministro de $56 \text{ hm}^3/\text{año}$, equivalentes a una población de 250.000 habitantes en invierno y un millón en verano, así como solucionar el grave problema de suministro a las industrias de la Comarca del Tarragonés.

OBRA DE TOMA

La toma del agua se realiza en los canales de la derecha e izquierda del Delta del Ebro, a la altura de Camp-Redó, dentro del Término Municipal de Tortosa.

El agua del canal de la derecha, después de pasar por rejillas filtrantes, es conducida al margen izquierdo mediante dos sifones de 200 m de longitud cada uno, instalados bajo el lecho del río, con diámetros de 1.200 y 1.600 mm, contruidos en polietileno y fundición dúctil, respectivamente. Los caudales derivados de los dos canales se incorporan al depósito subterráneo de aspiración, de 4.000 m^3 de capacidad, pasando por rejillas finas y tambores filtrantes de malla continua, que forman parte de la estación de bombeo de Camp-Redó.

ELEVACIÓN Y CONDUCCIÓN DEL AGUA A TRATAR

La estación de bombeo de Camp-Redó consta, para un caudal inicial de $2,6 \text{ m}^3/\text{s}$, de dos bombas de 1.500 kW y tres bombas de 630 kW, proyectadas para elevar el agua a una altura manométrica de 73 m, teniendo en cuenta la reserva necesaria y la demanda estacional variable.

La conducción del agua a tratar hasta la planta consiste en una tubería de 1.600 mm de diámetro, en hormigón armado y pretensado, con camisa de chapa y con 15,2 km de longitud.

Para proteger esta impulsión contra el golpe de oriete se cuenta con dos calderines de aire comprimido, con una capacidad total de 160 m^3 , en el origen de la impulsión, y una chimenea de equilibrio de 30 m de altura y 7 m de diámetro, construida en el km 5, en el punto más alto del trazado.



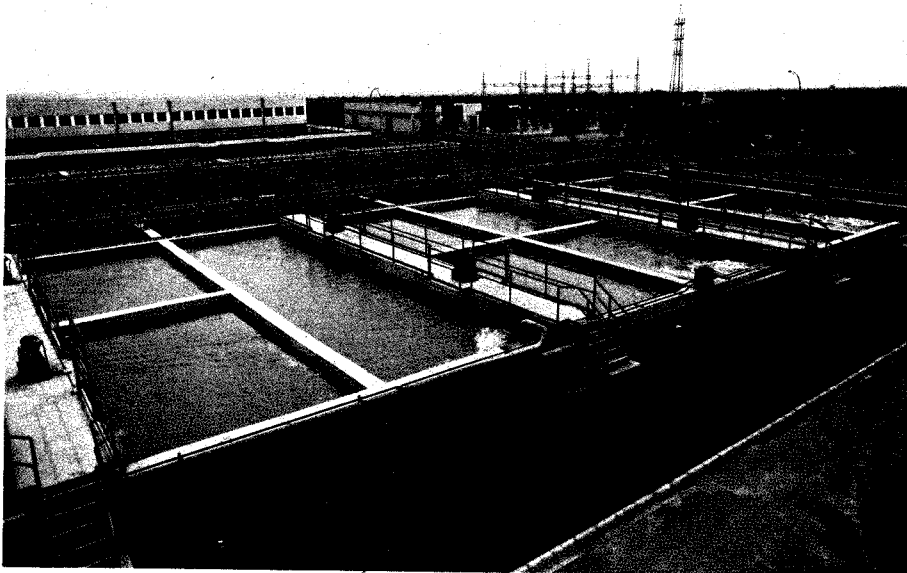


Fig. 4. Planta de tratamiento de L'Ampolla.

PLANTA DE TRATAMIENTO

La obra civil de la planta de tratamiento, ubicada en La Ampolla y construida para 2 m³/s de capacidad, está ampliándose para el futuro caudal máximo de 4 m³/s y equipándose para 3 m³/s.

El tratamiento consiste en una corrección del pH mediante ácido sulfúrico o cal, precloración, floculación con sulfato de aluminio y polielectrolito, decantación por lamelas, filtración con filtros rápidos de arena y postcloración y posible adición de carbonato activo en polvo. Por si en el futuro fuera necesario, está prevista la ubicación de filtros de carbón activo en grano y ozono.

El agua tratada se almacena en dos depósitos con capacidad para 38.000 m³. La potencia instalada en la planta en la primera fase es de 400 kW.

ESTACIÓN DE BOMBEO DE LA AMPOLLA

La estación de bombeo de La Ampolla, situada al lado de la planta de tratamiento, aspira el agua de los depósitos mencionados y la eleva hasta las instalaciones centrales mediante la conducción principal.

Se han instalado cuatro bombas, las dos primeras con dos motores alternativos de 1.100 y 500 kW, y las dos segundas también con dos motores alternativos, de 468 y 200 kW, para poder modular la demanda, siendo la altura manométrica de 57 m a caudal de 2,6 m³/s.

A fin de proteger la conducción principal se ha instalado una chimenea de equilibrio de 75 m de altura y 7 m de diámetro, con una cubierta accesible mediante ascensor que constituye un privilegiado mirador de la zona del Delta del Ebro.

CONDUCCIÓN PRINCIPAL

La conducción principal está formada por una tubería de hormigón pretensado y hormigón armado con camisa de chapa de 1.600 mm de diámetro, y tiene 62 km de longitud total.

De la conducción principal parten los ramales que suministran agua a Hifrensa, Hospitalet del Infant, Cambrils, Vila-Seca i Salou, al depósito industrial de Bonavista y al depósito municipal de Tarragona, en la misma ubicación. Los diámetros de las

tuberías son 250, 80, 350, 700, 600 y 400 mm. A Hifrensa, Hospitalet del Infant y Tarragona se rebombee el agua.

Asimismo, también se deriva de la conducción principal el ramal de Reus, que, con un diámetro de 700 mm y un largo de 2,7 km, suministra agua a la estación de bombeo de Riudoms-Reus. Esta consta de tres bombas de 250 kW y una chimenea de equilibrio en la aspiración de 5 m de diámetro y 35 m de altura. La tubería de impulsión, protegida por dos calderines de aire comprimido de 50 m³ de capacidad, es de 500 mm de diámetro, y abastece a Reus y Riudoms, y, mediante dos rebombes posteriores, abastece asimismo a Maspujols, Castellvell del Camp, Almoester y La Selva del Camp.

INSTALACIONES CENTRALES

En las instalaciones centrales, ubicadas en los Términos Municipales de Reus y Constantí, al lado de la Autovía Reus-Tarragona, se sitúan los depósitos finales de la conducción principal, con una capacidad conjunta de 40.000 m³, y la estación de bombeo central, que eleva el agua de estos depósitos por la conducción secundaria.

La estación de bombeo consta de 3 bombas de 630 kW de potencia, siendo una de reserva, y suficientes para elevar 1,4 m³/s a una altura manométrica de 62 m. En los edificios anexos a las instalaciones anteriores se encuentran las naves de mantenimiento de todas las instalaciones del Consorci d'Aigües de Tarragona, así como las oficinas administrativas y técnicas, y la central de control remoto de todo el sistema.

CONDUCCIÓN SECUNDARIA

Esta conducción, formada por 2,5 km de tubería de 1.300 mm de diámetro, 2,9 km de 1.100 mm y 1,5 km de 800 mm, parte de las instalaciones centrales y llega hasta los dos depósitos del Pont del Diable, con una capacidad de 4.500 m³ cada uno. Estos depósitos actúan como depósitos de cola de la Conducción Secundaria, así como de depósitos de cabecera del Ramal Litoral.

De esta conducción deriva el ramal de Tarragona-Sant Pere, de 700 mm de diámetro y 1,35 km de largo, y el ramal de Constantí, con 6 km de tubería de 700 mm de diámetro, que abastece a Constantí y Repsol, y, con el rebombeo, a la Poble de Mafumet, el Morell y Vilallonga del Camp.

El Ramal Litoral parte del depósito del Pont del Diable, y presenta un diámetro de 800 mm (15,3 km) y 700 mm (9,1 km), llevando el agua a Altafulla, Torredembarra, Creixell, Roda de Berà y parte de El Vendrell.

De El Vendrell, con un rebombeo intermitente según el caudal a transportar, se provee de agua por el ramal Calafell-Cunit al resto de El Vendrell, Calafell y Cunit, con conducciones de 700 mm (4,9 km), 500 mm (7,0 km) y diámetros inferiores (400, 350, 200, 150 y 125 mm), con un rebombeo en Segur de Calafell.

La estación de bombeo de El Vendrell cuenta con dos bombas de 250 kW, de velocidad variable, para una altura manométrica máxima de 20 m.

CONTROL DEL SISTEMA

El control del sistema de distribución de agua y de las estaciones de bombeo se basa en un sistema propio de telecomunicaciones, que transmite toda la información al centro de control, situado en las instalaciones centrales.

Esta información consiste básicamente en caudales circulantes por los distintos ramales, niveles de depósitos, de las estaciones de bombeo, alarmas de temperatura de los rodamientos, temperatura del estator, paro por falta de agua, presión superior a la establecida, funcionamiento o no de cada uno de los grupos electrobombas, disponibilidad de arranque, etc. Con la información recibida, el ordenador central suministra las instrucciones de paro o puesta en funcionamiento de bombas, abertura o cierre de válvulas, etc. de acuerdo con un programa preestablecido. Estos órdenes se transmiten por el mismo sistema de transmisión de datos. El sistema de telecomunicaciones básico se realiza por cable telefónico propio, pero en caso de avería entra en funcionamiento un sistema de comunicaciones por radio o por la red telefónica conmutada. Además del sistema central de telecontrol, existen automatismos locales con microprocesador, que permiten realizar secuencias, órdenes temporizadas y protecciones. También se dispone de automatismos locales de protección sin pasar por el microprocesador. A fin de alimentar todo el sistema, se cuenta con un cable de potencia paralelo al de comunicaciones.

INSTALACIONES ELÉCTRICAS

Se dispone de 12 conexiones de servicio eléctrico para las estaciones de bombeo y otras 8 para dar potencia a las estaciones remotas de telecontrol.

Conexiones de servicio eléctrico singulares son las de Camp-Redó y la Ampolla. La subestación de Camp-Redó, con una nueva línea de 100 kV y 4 km de doble circuito, tiene una potencia de servicio de 7,5 MVA, con un transformador de 110/6 kV. La subestación de la Ampolla, también con una nueva línea de 110 kV y 4,8 km de longitud con doble circuito, tiene instalados dos transformadores de 110/6 kV, con una potencia de 7,5 MVA cada uno.

COSTES DE EJECUCIÓN DE LAS OBRAS. TARIFAS



El importe global del proyecto, incluyendo todas las obras, las expropiaciones y servicios afectados, y los gastos de proyecto, dirección de obras, control de calidad y gestión hasta la puesta en marcha, asciende a 18.346 millones de pesetas en diciembre de 1988, de las cuales 13.088 millones corresponden a las obras principales, 2.271 millones a los ramales, 550 millones a las expropiaciones y servicios afectados y 1.119 millones a proyecto, dirección y gestión durante el proyecto y ejecución de las obras, y el resto a revisión de precios.

De este importe la Generalitat financia el 34%, las industrias el 32% y los ayuntamientos el 34%. La participación de la Generalitat se destina a ayudar a los ayuntamientos con el 40% de las obras principales y el 100% del coste de los ramales a caudal medio, y avanza el sobrecoste de las obras a fin de que puedan llevar 4 m³/s, en lugar de los 2 m³/s inicialmente previstos.

La tarifa tiene dos componentes principales, gastos de explotación y gastos de amortización e intereses derivados de los costes de las obras. Los gastos de explotación se evalúan en septiembre de 1989 en un total de 33 pta/m³, de los cuales corresponden al canon de toma y obras compartidas 10 pta/m³.

Los gastos de amortización son variables, dependiendo de la relación caudal máximo a medio, es decir, de la estacionalidad, variando de 30 a 65 pta/m³ en el supuesto de ser el interés del 13% y 15 años de amortización, alcanzándose la cifra media de 40 pta/m³.

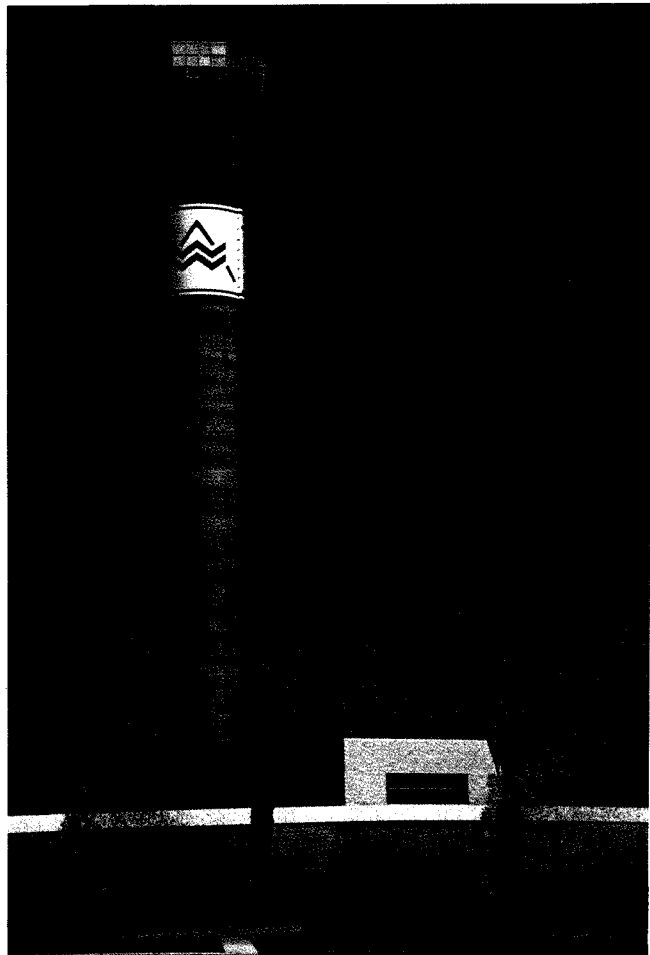


Fig. 5. Chimenea de equilibrio con mirador sobre el Delta del Ebro.



TIPO DE TUBERÍA SELECCIONADA

Debe mencionarse que las conducciones representan el 83% de la inversión, y que los tubos representan el 65% de las conducciones, es decir el 50% de la inversión.

Por este motivo, se efectuó una relación de materiales a utilizar en la fabricación de las conducciones y se realizaron unos pliegos de condiciones, exhaustivos, con la colaboración de una empresa consultora especialista en tuberías de gran diámetro.

En primer lugar, se seleccionaron los materiales idóneos para las tuberías de gran diámetro, fijándose en los tubos de acero, con revestimiento protector de hormigón, cinta de polietileno y velo de fibra de vidrio con asfalto, tubos de hormigón armado, hormigón pretensado y fundición dúctil. A continuación se seleccionó la normativa de referencia, a fin de que los tubos estuvieran en igualdad de condiciones y con los mismos coeficientes de seguridad, lo que condujo a aceptar la normativa americana de la AWWA.

En todos los casos de tuberías de hormigón, éstas tienen un alma de acero que les otorga impermeabilidad, siendo las juntas mediante soldadura en las tuberías de diámetro 1.600 a diámetro 1.100 mm. En los diámetros menores de 1.000 mm se adoptó la junta de goma con anillo de caucho.

En función de los costes previstos de los diferentes materiales, se realizaron los proyectos con tuberías de hormigón armado y pretensado en las de más de 600 mm de diámetro, y de fundición dúctil en las más pequeñas, lo que fue comprobado en las ofertas posteriores, puesto que los tubos de acero y el de fundición dúctil son más caros en tubos de gran diámetro, siendo competitivos en los de diámetro pequeño.

Otro aspecto muy importante es el de la corrosión de la parte de acero de los tubos, por lo que se realizó un estudio de los terrenos atravesados, efectuándose la unión o puentado en las juntas elásticas, a fin de poder proteger catódicamente las conducciones en un futuro, si fuese necesario.



Fig. 6. Vista general de las obras de instalación de tuberías.



Fig. 7. Unión de dos secciones de tubería.

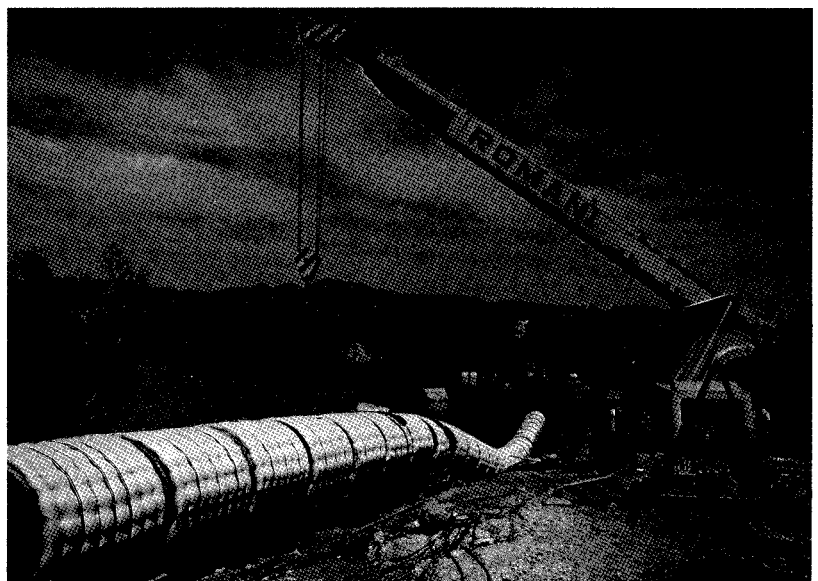


Fig. 8. Tendido de un tramo de tubería.

CONTROL DE CALIDAD

Una obra de la naturaleza y la importancia de este suministro de aguas tiene un período de vida muy largo, más de 50 años, y por este motivo requiere una ejecución de calidad garantizada.

La garantía de calidad se realiza tanto por parte de los constructores, que efectúan un autocontrol muy definido, mediante un programa de puntos de inspección y manual de garantía de calidad, como por parte del Consorci d'Aigües de Tarragona, que comprueba que se realicen dichos controles.

En cada una de las 4 fábricas de tubos de hormigón, así como en la fundición que han fabricado para el Consorci, un inspector de calidad comprueba todas las operaciones de fabricación de las conducciones, áridos, cemento, agua, acero, soldaduras, estanquidad de las camisas de chapa, pruebas de fisuración y resistencia en los tubos, etc.

Además, cada constructor ha contado con un laboratorio homologado e independiente que realizaba el autocontrol a pie de obra, supervisado por el laboratorio de pie de obra del Consorci, cuyo centro se encuentra en Vinyols i Els Arcs.

Las soldaduras en obra se han comprobado una a una mediante líquidos penetrantes, previa homologación de los soldadores, y procedimientos de acuerdo con el código ASME.

NÚMERO DE EMPRESAS Y DISTRIBUCIÓN

Para conseguir un período reducido de ejecución, inferior a 24 meses, se ha contratado con 15 empresas, 11 de obra civil, 1 de electrónica y 3 de montaje de equipos electromecánicos.

Las obras se iniciaron en verano del 87, y se han puesto en servicio en verano del 89.

En conjunto, se ha trabajado en 14 tajos diferentes de obra civil, lo que implica una voluntad definida de trabajo y coordinación, y de cumplimiento de los plazos finales.

NUEVAS TOMAS

Actualmente, con objeto de ampliar la red inicial de distribución en "alta", se están tramitando nuevas tomas de agua, como son los ramales de Sant Salvador i Boscos para el Ayuntamiento de Tarragona, Vilafortuny y Zona Oeste en el Ayuntamiento de Cambrils, La Almadrava en el Ayuntamiento de Vandellós, núcleos de la montaña en Castellvell del Camp, zona de Miami en Mont-Roig, población de Vila-Seca y otros en estudio.

PUESTA EN MARCHA

Durante los meses de agosto y septiembre se ha procedido a la puesta en marcha de las estaciones de bombeo y equipos electromecánicos, a fin de dar servicio progresivamente a 21 ayuntamientos y a las 20 industrias inicialmente incluidas en el proyecto de Concesión. Previamente se habían realizado satisfactoriamente pruebas hidráulicas de toda la red, obteniéndose las siguientes conclusiones:

— En tubería de hormigón armado o pretensado con junta soldada, no se observó ningún fallo en más de 70 km.

— En tubería de hormigón armado o pretensado con diámetro 1.600 a 1.000 mm, se observó una pérdida por km que se corrigió mediante soldadura. Con diámetro inferior a 1.000 mm, se observaron fallos de una junta por cada 8 km, que se corrigieron también mediante soldadura.

— En tubería de fundición se observaron fallos por montaje de una junta por cada 9 km, que se corrigieron procediendo a un desmontaje y posterior montaje.

Aunque la experiencia es todavía reducida, se comprueba la recogida ya en Tarragona al ponerse en marcha la planta potabilizadora del Francolí, que es la de un aumento del 10 al 20% del consumo urbano como consecuencia de la mejora de la calidad del agua.

Como medida de prevención adoptada por las Autoridades Sanitarias, debido a la mala calidad del agua distribuida anteriormente, se procede temporalmente a una cloración ligeramente en exceso.

Dada la rapidez de la puesta en servicio, el sistema de telemando no ha podido ser todavía operativo, por lo que el sistema es gobernado manualmente en los meses iniciales. □

Francisco Gutiérrez Ferrández* y Leandro López Bosch**

* Director Gerente del Consorci d'Aigües de Tarragona
** Director Técnico del Consorci d'Aigües de Tarragona



CUADRO 3

Datos técnicos más relevantes

VALORACIÓN DE LAS OBRAS INICIALES: 15.364 millones de pta. para una capacidad de 2 m³/s

VALORACIÓN DE LAS OBRAS DE AMPLIACIÓN A 3 m³/s Y SIFÓN RIO EBRO: 2.962 millones pta.

LONGITUD TOTAL DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN: 1.79,9 km

∅ 1.600	77,6 km
∅ 1.300	3,2 km
∅ 1.100	2,8 km
∅ 800	16,9 km
∅ 700	28,9 km
∅ 600	0,6 km
∅ 500	12,0 km
∅ 400/200	10,2 km
∅ > 200	12,5 km

DEPÓSITOS DE BOMBEO

Denominación	Capacidad
La Ampolla	38.000 m ³
Central	40.000 m ³
Port del Diable	9.000 m ³

MOVIMIENTOS DE TIERRA

Roca	1.407.600 m ³
Tierra	555.400 m ³
TOTAL	1.963.000 m ³

HORMIGÓN 64.500 m³

ACERO EN ARMADURAS 3.647.000 t

ACERO PRETENSADO 51.500 t

TÚNEL VISITABLE (longitud) 994 m

TRAMOS DE ACUEDUCTO

Número	7
Longitud total	395 m

CHIMENEAS DE EQUILIBRIO

Denominación	Altura
Camp-Redó	30 m
La Ampolla	75 m
Riudoms-Reus	35 m

ESTACIONES DE BOMBEO

Número actual	12
Número futuro	14

POTENCIA INSTALADA: 14.494 kW

POTENCIA CONTROLADA: 7.594 kW

INSTALACIONES DE TELEMANDO, TELECONTROL Y TELECOMUNICACIONES

1 lugar central de control (PCC) doble
1 lugar de control redundante simple

Remotos principales	1
Remotos secundarios	34
Remotos terciarios	26
Señales analógicas	99
Señales digitales	2.877
Longitud de cable telefónico	180.000 m
Longitud de cable de potencia	131.000 m