

# La corrección ambiental del río Manzanares.

Saneamiento y vertidos.

Los nuevos colectores de margen y los estanques de tormenta.

The environmental correction of the River Manzanares.

Drainage and run-offs. The new bank collectors and storm tanks.

Luis Muñoz Campos. Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  
 Presidente de GINPROSA. l.munoz@ginprosa.es

**Resumen:** El soterramiento de la M-30 a lo largo del río Manzanares entre el Puente del Rey y el Nudo Sur constituye una oportunidad excepcional para corregir la deficiente situación del sistema de saneamiento existente. El actual saneamiento recoge las aguas combinadas de negras y escorrentía de distintas cuencas en dos colectores de margen situados en una y otra margen del río Manzanares, conduciéndolas hasta las depuradoras existentes. La escasa capacidad de los colectores de margen obliga a verter aguas al río con diluciones inferiores a 3:1 (agua vertida/agua negra) produciendo importantes contaminaciones en el río. El soterramiento de la M-30 permite construir nuevos colectores de margen con capacidad tal que nunca se vierta al río con dilución inferior a 17:1. Para cada volumen vertido se han determinado las concentraciones de DQO, DBO5 y SS. El sistema de saneamiento se completará con un aumento de la capacidad de las depuradoras del Sur y de Butarque, y con cuatro estanques de almacenamiento, situados antes de la entrada a las depuradoras.

**Palabras Clave:** Soterramiento, Colector, Estanque de tormenta, Concentración

**Abstract:** The underground routing of the M-30 ring road alongside the River Manzanares between the Puente del Rey and the South interchange has served as an excellent opportunity to correct the deficient drainage system in the area. The current system collects waste and run-off waters from different basins in two bank collectors set on each side of the River Manzanares which lead on to the existing treatment plants. The small capacity of the bank water collectors forces water to spill into the river which is diluted by less than 3:1 (run off water/sewage) and seriously polluting the river. The underground routing of the M-30 ring road will allow the construction of new bank collectors with a much higher capacity to prevent any spill off water from exceeding dilutions of 17:1. The odour quality determination, oxygen biochemical demand and degree of suspended solids was established for each spill volume. The drainage system will be completed by increasing the capacity of the South and Butarque treatment plants and adding a further four storage tanks set at the entrance of the treatment tanks.

**Keywords:** Underground routing, Collector, Storm tank, Concentration

## 1. El proyecto de soterramiento de la M-30 a lo largo del río Manzanares

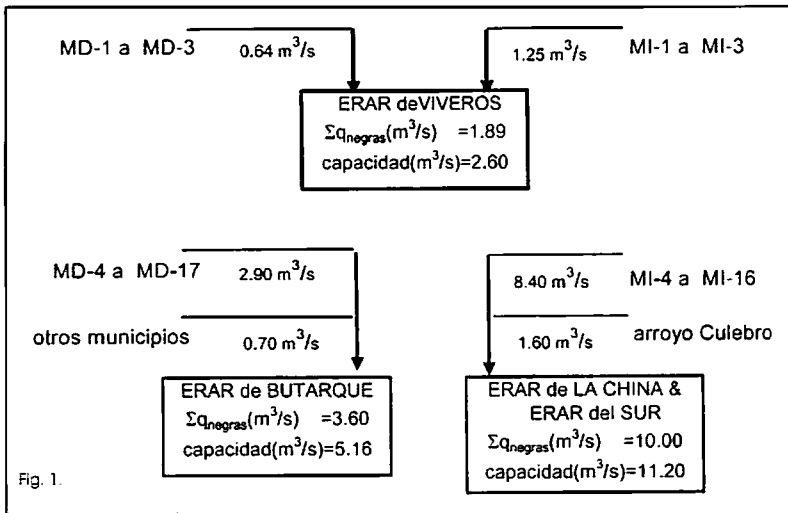
Dentro del marco de actuaciones a llevar a cabo para mejorar la M-30, tanto desde el punto de vista del tráfico como ambiental, se ha desarrollado el proyecto de soterramiento de la actual M-30 entre el paseo del Marqués de Monistrol y el Nudo Sur.

El proyecto consiste en soterrar en su posición actual el tronco de la M-30 de la manera más superficial posible con objeto de poder mantener la funcionalidad de los enlaces del puente del Rey, eje Glorieta del Marqués de Vadillo - Pirámides y puente de Praga, frente a la alternativa de hacer discurrir la nueva M-30 debajo del

cauce del río que conduciría, dada la profundidad a la que sería obligado que discurriera la nueva rasante en los puntos de cruce con los numerosos puentes que cruzan el río, a suprimir dichos enlaces, perdiéndose así la citada funcionalidad.

El principal servicio que discurre por debajo de las calzadas de la actual M-30 son los colectores de margen del saneamiento de Madrid, a los que desaguan los colectores tributarios que conducen las aguas negras y de lluvia de un total de treinta y tres (33) cuencas, diez y siete (17) por la margen derecha y diez y seis (16) por la margen izquierda.

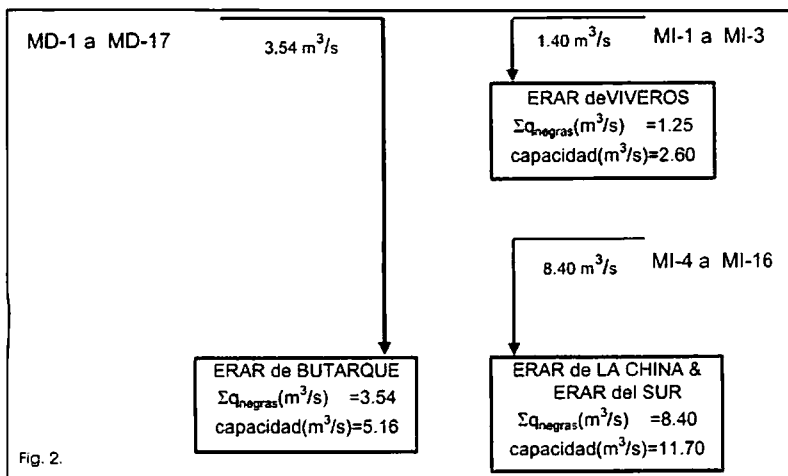
Tal situación ha llevado a no considerar la mera reposición de los colectores de margen como un simple servicio afectado sino a considerar la situación actual dentro



de un marco más amplio que permita corregir, en gran medida, las deficiencias que el actual sistema de saneamiento plantea en relación no sólo con el tramo de soterramiento que se proyecta, sino con la calidad de las aguas a lo largo del río Manzanares desde Puerta de Hierro hasta su confluencia con el río Jarama.

## 2. El saneamiento de Madrid entre Puerta de Hierro y el Nudo Sur

Como es sabido el sistema de saneamiento de Madrid es unitario, mezclándose en los colectores las aguas negras y las procedentes de lluvia. En el tramo comprendido entre las inmediaciones de Puerta de Hierro y el Nudo Sur, las aguas procedentes de los tributarios se recogen en sendos colectores de margen, uno por la margen izquierda del río Manzanares y otro por su margen derecha que conducen dichas aguas a las depuradoras existentes a lo largo del río.



En el siguiente esquema (figura 1) de la situación actual, se reflejan los colectores de tributarios y los de margen con los máximos caudales de aguas negras que discurren por los de margen.

En la figura 2 se refleja el esquema previsto para el año 2007.

En la actualidad y más aún en el futuro las depuradoras tienen capacidad suficiente, con un margen mínimo del 17,1%, caso del conjunto de las EDAR de La China y Sur, para tratar las aguas residuales que les llegan, si no se adopta tratamiento de nutrientes. En consecuencia, en la actualidad, en tiempo seco, el sistema no plantea ningún problema de contaminación del río, toda vez que los actuales colectores de margen tienen capacidad suficiente para conducir, en cada uno de sus tramos, los caudales de aguas negras circulantes.

Sin embargo, tanto los colectores de margen como las depuradoras no tienen capacidad suficiente en días de lluvia de cierta intensidad, siendo necesario proceder a verter agua contaminada al río tanto a lo largo de los colectores de margen como antes de la entrada a las depuradoras.

Debido a ello, y adelantando las futuras exigencias del Plan Hidrológico del Tajo, el diseño de los colectores de margen, afectados por el soterramiento de la M-30 en el

Fig. 3.

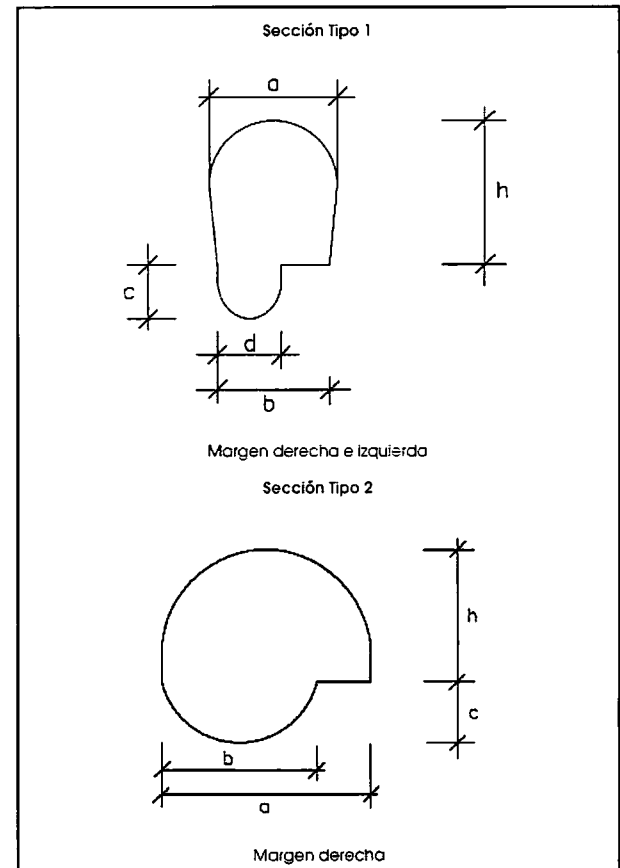


Tabla 1.

Margen derecha

Tramo	Sección	a(m)	b(m)	c(m)	d(m)	h(m)
Viveros de la Casa de Campo - a. abajo del puente del Rey	1	1.10	0.90	0.40	0.50	1.80
a. abajo del puente del Rey - a. abajo del puente de Toledo	1	1.20	1.10	0.50	0.50	1.80
a. abajo del puente de Toledo - a. arriba del puente de Praga	1	1.60	1.40	0.50	0.80	1.80

Margen izquierda

Tramo	Sección	a(m)	b(m)	c(m)	d(m)	h(m)
Viveros de la Casa de Campo - Centro de Estudios Hidrográficos	1	1.80	1.80	0.60	1.10	1.80
Centro de Estudios Hidrográficos - a. abajo del puente de Praga	2	3.10	2.30	0.85	—	2.00

tramo del río, no se han concebido como una mera reposición de servicios sino que se ha aprovechado el soterramiento como la ocasión de corregir el estado existente, mejorando ambientalmente la actual situación del río.

3. Sección de los colectores de margen actuales.

Aliviaderos. Dilución de los vertidos actuales

Los colectores de margen actuales tienen, salvo alguna excepción puntual, las secciones tipo que se encuentran en la figura 3.

La pendiente longitudinal, en ambos colectores, es el 2‰, idéntica a la del cauce del río.

Las dimensiones de los citados colectores son las reflejadas en la tabla 1.

La escasa capacidad de los colectores de margen, en especial el de margen derecha, obliga a disponer a lo largo de ellos, vertederos laterales de escasa eficiencia, con objeto de verter al río parte del agua circulante, evitando así que entren en carga.

Los aliviaderos tienen una disposición en el sentido longitudinal, es decir son aliviaderos laterales del colector de margen, estando el labio del vertedero situado a 1,00 m so-

Tabla 2.

Aliviaderos de margen derecha

Pso. Del Marques de Monistrol (MD-4)				Meaques(MD-5)				Calle del General Ricardos (M-9)			
Q <sub>colec.</sub> m <sup>3</sup> /s	Q <sub>aliv</sub> m <sup>3</sup> /s	dilución (1) Q <sub>colec</sub> /Q <sub>negr</sub>	dilución (2) Q <sub>colec</sub> /Q <sub>negr</sub>	Q <sub>colec.</sub> m <sup>3</sup> /s	Q <sub>aliv</sub> m <sup>3</sup> /s	dilución (1) Q <sub>colec</sub> /Q <sub>negr</sub>	dilución (2) Q <sub>colec</sub> /Q <sub>negr</sub>	Q <sub>colec.</sub> m <sup>3</sup> /s	Q <sub>aliv</sub> m <sup>3</sup> /s	dilución (1) Q <sub>colec</sub> /Q <sub>negr</sub>	dilución (2) Q <sub>colec</sub> /Q <sub>negr</sub>
1,465	0,028	183,122	2,254	1,148	0,035	127,544	1,763	1,540	0,046	3,092	1,349
1,678	0,158	209,732	2,581	1,387	0,210	154,158	2,131	1,866	0,305	3,748	1,636
1,921	0,295	240,069	2,955	1,659	0,399	184,281	2,548	2,064	0,460	4,145	1,809
2,139	0,406	267,337	3,290	1,898	0,556	210,904	2,916	2,251	0,605	4,521	1,973
				2,115	0,688	234,947	3,248				

Aliviaderos de margen izquierda

San Vicente(MI-7)			Pte. de Segovia(MI-8)			Calle de Toledo(MI-11)			Calle de Delicias(MI-13)		
Q <sub>colec.</sub> m <sup>3</sup> /s	Q <sub>aliv</sub> m <sup>3</sup> /s	dilución Q <sub>colec</sub> /Q <sub>negr</sub>	Q <sub>colec.</sub> m <sup>3</sup> /s	Q <sub>aliv</sub> m <sup>3</sup> /s	dilución Q <sub>colec</sub> /Q <sub>negr</sub>	Q <sub>colec.</sub> m <sup>3</sup> /s	Q <sub>aliv</sub> m <sup>3</sup> /s	dilución Q <sub>colec</sub> /Q <sub>negr</sub>	Q <sub>colec.</sub> m <sup>3</sup> /s	Q <sub>aliv</sub> m <sup>3</sup> /s	dilución Q <sub>colec</sub> /Q <sub>negr</sub>
3,599	0,086	2,438	7,257	0,035	4,673	10,939	0,033	6,191	7,300	0,032	3,263
4,313	0,649	2,922	7,735	0,335	4,981	11,567	0,410	6,546	10,977	1,953	4,907
4,968	1,157	3,366				12,297	0,907	6,960	12,384	2,705	5,536

bre el paseo lateral del colector en los de la margen derecha y a 1,40 m en los de la margen izquierda, excepción hecha, en esta margen, del aliviadero de la calle Delicias en el que el labio está situado a 0,85 m sobre el paseo del colector.

En estas condiciones los vertidos y las correspondientes diluciones son las que se reflejan en la tabla 2. En el caso de la margen derecha se indican dos diluciones; una correspondiente a la situación actual, en la que las aguas provenientes de los colectores tributarios MD-1, MD-2 y MD-3 se tratan en la depuradora de Viveros y la otra correspondiente al año 2007, año en el que dichos colectores se incorporarán al colector de la margen derecha y los correspondientes caudales de aguas negras serán tratados en la depuradora de Butarque.

Como puede observarse en varios aliviaderos se vierte con diluciones inferiores a 5:1 sobre el caudal punta en tiempo seco. En el año 2007, año en el que las aguas procedentes de los tributarios MD-1, MD-2 y MD-3 se conducirán hacia la depuradora de Butarque, los aliviaderos situados en esta margen verterán con diluciones inferiores a 3.

En el proyecto de soterramiento de la M-30 se han tenido en cuenta las circunstancias anteriormente descritas, proyectándose nuevos colectores y estanques de tormenta, con objeto de corregir la presente situación y cumplir lo que el Plan Hidrológico del Tajo establece en su articulado, en relación con los vertidos al río.

#### **4. Condiciones impuestas por el plan hidrológico del tajo a los vertidos a los ríos de su cuenca**

El Plan Hidrológico del Tajo, aprobado por el Real Decreto 1664/1998 de 24 de julio, establece dos horizontes temporales, a contar desde la aprobación del Plan.

Primer horizonte temporal, a 10 años.

Segundo horizonte temporal, a 20 años.

Para el segundo horizonte, es decir para el año 2018, el artículo 30 "Ordenación y control de vertidos líquidos puntuales", establece la siguiente condición:

*"Específicamente, en el segundo horizonte temporal del PLAN los vertidos que alcancen a los cauces, canales y embalses y supongan un caudal máximo instantáneo de vertido superior a 60 litros por segundo, no superarán las concentraciones que figuran en el cuadro 26".*

Por otra parte, el artículo 28 "Objetivos y criterios básicos en materia de saneamiento y depuración de aguas residuales", establece con carácter provisional que se puede establecer la siguiente excepción.

<b>Cuadro 26. Concentraciones límites para vertidos superiores a 60 l/s</b>	
<b>Componente</b>	<b>Concentración máxima (mg/l)</b>
DBO <sub>5</sub>	25
S.S.	15
N <sub>total</sub>	30
N-NH <sub>4</sub>	20
P <sub>total</sub>	2

*"II) Redes de saneamiento de tipo unitario en las que podrán admitirse, de forma provisional y mediante autorización expresa, vertidos diluidos en una relación 1:5 sobre el caudal punta en tiempo seco del saneamiento, obtenido en la sección de vertido. Dicha autorización sólo podrá otorgarse después de haber comprobado que las alternativas técnicamente posibles no son razonables y que los daños al dominio público son admisibles".*

#### **5. Concepción del nuevo sistema de saneamiento**

La condición básica que ha regido el diseño del nuevo sistema de saneamiento ha sido la drástica disminución del número de vertidos al río así como del volumen vertido total. También ha constituido una importante condición que la concentración media de DQO, DBO<sub>5</sub> y SS no sobrepase los límites impuestos para el segundo año horizonte, año 2018, por el Plan Hidrológico del Tajo.

Para cumplir tales objetivos ha sido necesario:

- Aumentar notablemente la capacidad de los actuales colectores de margen
- Disponer en los entronques de cada colector tributario con el colector de margen un estanque de tormenta
- Disponer, previo a la entrada de cada ERAR, un estanque que, en tiempo de lluvia, permita almacenar los volúmenes que excedan la capacidad de la depuradora.
- Disponer, en cabeza del sistema, un estanque de almacenamiento que permita minimizar los vertidos al río.
- Sustituir aguas abajo del soterramiento de la M-30 los colectores actuales por nuevos colectores, con el mismo criterio de capacidad que el adoptado en el diseño de los colectores de margen, en el tramo que cae dentro del ámbito de actuación para el citado soterramiento.
- Reunir en un punto de la M-30, situado entre el nudo Sur y el enlace de Entrevías, los tres colectores actuales

del arroyo Abroñigal y conducir, mediante un túnel de sección circular, los caudales que excedan el máximo caudal de aguas negras suma de los tres colectores actuales, para conducirlos al estanque de almacenamiento previo a la ERAR del Sur.

La figura 4 muestra el esquema del futuro sistema de saneamiento.

### 6. Subsistema colector de margen-estanque de tormenta

El control de los vertidos al río que se producen en cada estanque de tormenta depende tanto del volumen de éste como de la capacidad del colector de margen. Aumentar la capacidad de los colectores de margen permite disminuir, para un mismo volumen de agua vertida al río, el volumen de cada estanque.

Tanto la margen derecha como la margen izquierda presentan, especialmente la primera, notables dificultades para implantar tanques de tormenta de gran volumen, a menos que se sitúen muy profundos con la consiguiente necesidad de bombear caudales hacia el colector de margen, una vez pasado el episodio de lluvia.

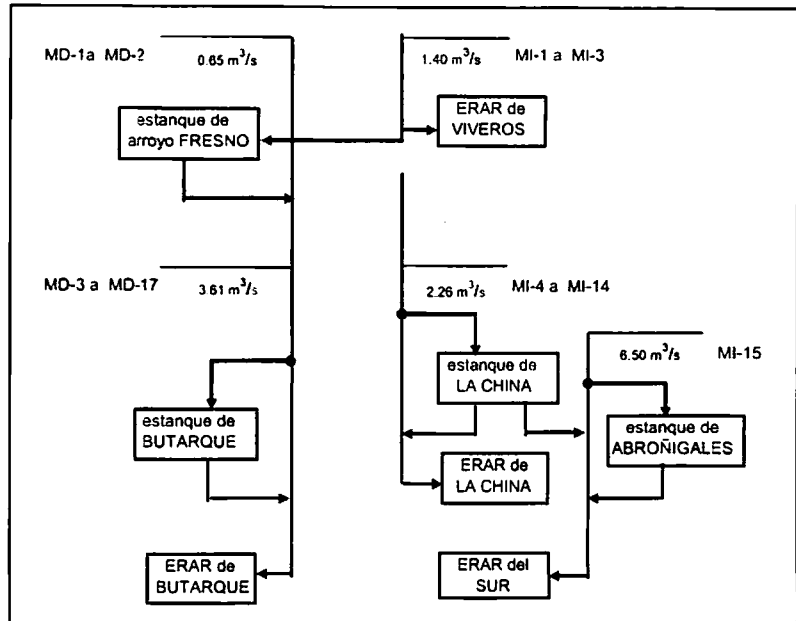


Fig. 4

En consecuencia se ha optado por aumentar la capacidad de los colectores de margen y adoptar estanques de tormenta de volumen tal que permita disponerlos en superficie evitando, en la medida de lo posible, la necesi-

Fig. 5

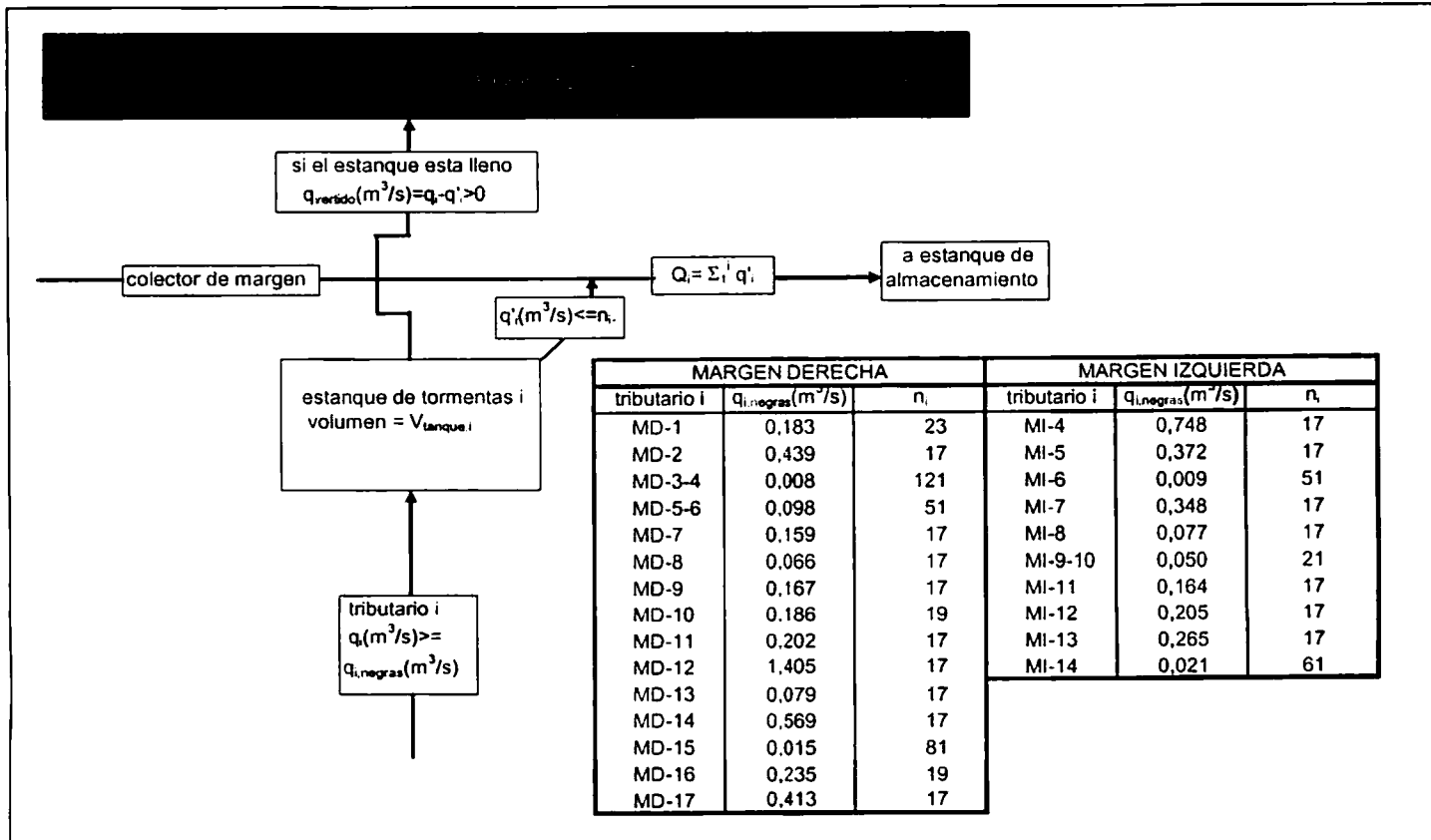


Tabla 3.

MARGEN DERECHA			MARGEN IZQUIERDA		
Capacidad necesaria del colector de margen aguas abajo del tributario			Capacidad necesaria del colector de margen aguas abajo del tributario		
tributario	$Q_{colec, teor}(m^3/s)$	$Q_{colec}(m^3/s)$	tributario	$Q_{colec, teor}(m^3/s)$	$Q_{colec}(m^3/s)$
MD-1	4,209	5,0	MI-4	12,715	13,0
MD-2	11,672	13,0	MI-5	19,039	21,0
MD-3-4	12,606	13,0	MI-6	19,507	21,0
MD-5-6	17,630	22,0	MI-7	25,416	28,0
MD-7	20,336	22,0	MI-8	26,718	28,0
MD-8	21,454	22,0	MI-9-10	27,767	28,0
MD-9	24,298	33,0	MI-11	30,559	35,0
MD-10	27,827	33,0	MI-12	34,048	35,0
MD-11	31,260	33,0	MI-13	38,545	40,0
MD-12	55,153	62,0	MI-14	39,849	40,0
MD-13	56,499	62,0			
MD-14	66,178	74,0			
MD-15	67,390	74,0			
MD-16	71,859	74,0			
MD-17	78,873	82,0			

MARGEN DERECHA				MARGEN IZQUIERDA			
tributario	$V_{tanque}(m^3)$	vertidos al río		tributario	$V_{tanque}(m^3)$	vertidos al río	
		n°	$vol_{total}(m^3)$			n°	$vol_{total}(m^3)$
MD-1	15.600	58	893.565	MI-4	1.000	27	146.516
MD-2	30.000	15	180.337	MI-5	1.200	32	106.979
MD-3-4	500	14	5.495	MI-6	500	0	0
MD-5-6	3.000	118	641.368	MI-7	1.500	32	126.018
MD-7	1.500	103	206.838	MI-8	1.500	59	90.369
MD-8	2.200	73	137.881	MI-9-10	1.900	60	97.292
MD-9	2.200	76	214.335	MI-11	2.100	59	146.968
MD-10	1.200	123	281.739	MI-12	1.200	59	127.960
MD-11	2.600	78	244.647	MI-13	1.600	56	187.008
MD-12	7.600	112	2.284.266	MI-14	1.200	54	68.250
MD-13	2.900	62	176.736				
MD-14	1.500	38	392.227				
MD-15	500	47	33.058				
MD-16	4.700	118	863.941				
MD-17	4.000	46	425.009				

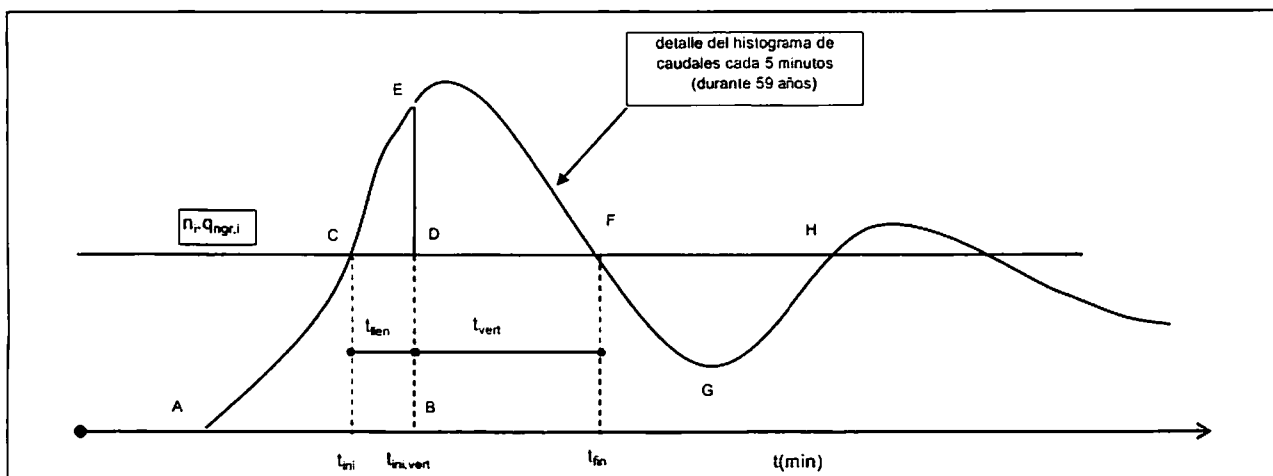


Fig. 6.

dad de bombear, una vez pasado el episodio de lluvia, desde el estanque al colector de margen.

A tal fin el colector de margen se ha dimensionado para poder recibir, de cada colector, un caudal "n" veces superior al caudal máximo de aguas negras de dicho colector.

En la figura 5 se muestra el esquema colector de margen-estanque de tormentas así como los valores "n" adoptados para cada tributario o para el conjunto de dos tributarios cuando, dada la imposibilidad de disponer el estanque de tormenta correspondiente a algún tributario, ha sido necesario unir dos de ellos.

Como norma general se ha tomado para "n" un valor igual a 17. En aquellos casos en los que el caudal de aguas negras del tributario es muy pequeño se ha tomado para "n" un valor sensiblemente superior a 17, con objeto de disminuir el correspondiente volumen del estanque, o, en su caso, evitar un número excesivo de vertidos al río aunque el volumen total de los mismos sea escaso. El correspondiente incremento de la capacidad necesaria del colector es muy pequeño, dada la escasa entidad del caudal adicional aportado.

### 7. Capacidad necesaria del colector de margen

La capacidad necesaria de los colectores de margen es la que se muestra en la tabla 3, en la que se recogen la capacidad teórica necesaria y la aceptada en el diseño.

### 8. Dimensionamiento de los estanques de tormenta

Con objeto de dimensionar los estanques de tormenta se ha elaborado un programa de cálculo que permite determinar, a partir del histograma con 59 años -entre enero de 1940 y enero de 1999- de valores del caudal de escorrentía, cada 5 minutos, que, para cada tributario, ha realizado el Ayuntamiento y del valor  $n_i$  adoptado para cada tributario establecer, para cada volumen del estanque de tormenta, los siguientes valores:

- Número de vertidos que se producen en los 59 años considerados.
- Volumen de cada uno de los vertidos.
- Valores de las concentraciones (mg/l) de los contaminantes DQO, DBO<sub>5</sub>, SS, para cada episodio de vertido.
- Valor total del volumen vertido.
- Valor medio de las antecitadas concentraciones.

El esquema de la figura 6 sirve para explicar el funcionamiento del programa.

El procedimiento de cálculo seguido es el siguiente:

- El histograma de caudales de escorrentía se corta por la ordenada  $n_i \cdot q_{ngr,i}$  en donde  $q_{ngr,i}$  es el caudal máximo de aguas negras del tributario  $i$  y  $n_i$  el factor adoptado para cada tributario. El valor  $n_i \cdot q_{ngr,i}$  representa el caudal máximo que se permite que cada tributario aporte al colector de margen.

Tabla 4.

tributario	$Q_{escorr} / Q_{negr}$	Vtanque m <sup>3</sup>	vertidos en 59 años		concentraciones medias (mg/l)			concentraciones máximas (mg/l)		
			n°	vol.(m <sup>3</sup> )	DQO	DBO <sub>5</sub>	SS	DQO	DBO <sub>5</sub>	SS
MD-1	22	15.600	58	925.695	10,8	5,3	5,2	22,4	11,1	10,7
MD-2	16	30.000	15	188.758	14,0	6,9	6,7	31,8	15,7	15,3
MD-3-4	120	500	14	5.557	2,8	1,4	1,4	3,8	1,9	1,8
MD-5-6	50	3.000	118	656.774	5,8	2,9	3,3	11,5	5,7	12,1
MD-7	16	1.500	103	220.574	16,8	8,3	8,8	34,7	17,2	19,6
MD-8	16	2.200	73	143.090	12,0	5,9	5,8	35,1	17,4	16,9
MD-9	16	2.200	76	226.551	15,4	7,6	7,5	34,9	17,3	16,8
MD-10	18	1.200	123	301.019	17,9	8,7	10,1	31,8	15,5	18,5
MD-11	16	2.600	78	259.728	16,1	7,9	8,2	34,6	17,1	17,7
MD-12	16	7.600	112	2.473.992	18,9	9,3	9,3	33,7	16,7	16,2
MD-13	16	2.900	62	184.093	13,1	6,5	6,4	32,4	16,0	15,6
MD-14	16	1.500	38	448.261	23,9	11,8	13,4	34,0	16,8	21,8
MD-15	80	500	47	33.507	4,4	2,1	4,2	37,9	16,4	26,6
MD-16	18	4.700	118	909.248	14,2	7,0	7,5	30,5	15,1	14,7
MD-17	16	4.000	46	460.975	19,1	9,5	9,3	34,7	17,2	16,7
MI-4	16	1.000	27	170.807	25,0	12,3	14,0	37,5	17,5	31,2
MI-5	16	1.200	32	119.106	22,2	10,9	12,6	33,4	16,5	24,6
MI-7	16	1.500	32	139.752	21,2	10,5	10,7	34,1	16,9	16,5
MI-8	16	1.500	59	94.560	13,9	6,9	6,7	35,0	17,3	16,8
MI-9-10	20	1.900	60	100.106	9,7	4,8	4,9	27,0	13,3	13,0
MI-11	16	2.100	59	155.611	15,7	7,7	7,6	35,1	17,4	16,8
MI-12	16	1.200	59	138.129	18,2	9,0	9,4	34,8	17,2	17,1
MI-13	16	1.600	56	201.426	18,0	8,9	8,9	33,9	16,8	16,3
MI-14	60	1.200	54	69.209	4,2	2,1	2,4	9,6	4,8	10,0



— CUENCAS  
— COLECTORES  
— RIO MANZANARES  
CUENCAS COLECTORES  
TRIBUTARIOS







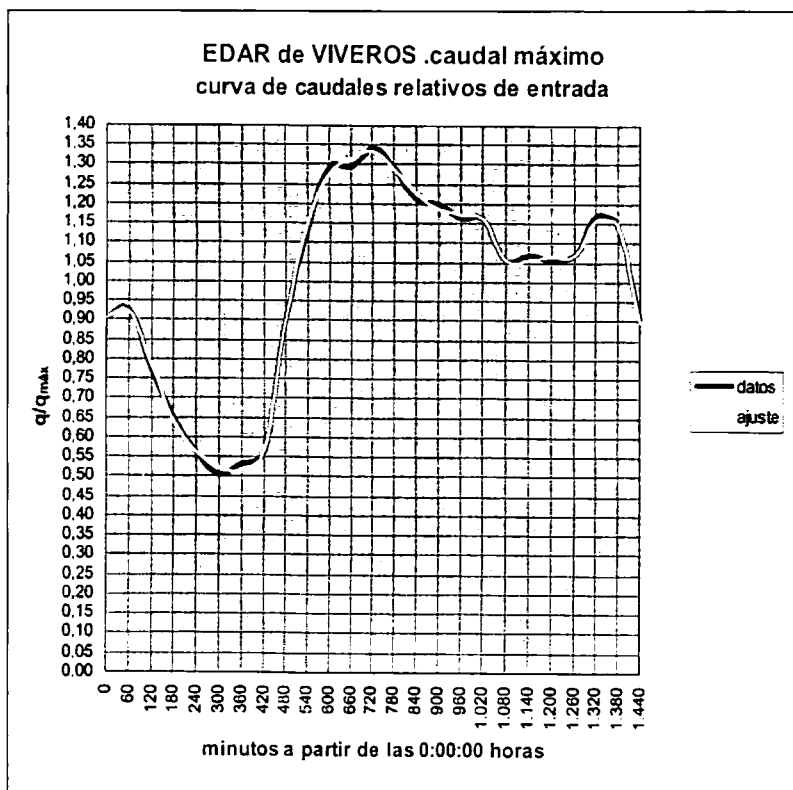


Fig. 7.

• Se determina el volumen de agua que no puede ser conducido por el colector de margen (área CEF) y que, por tanto deberá parcialmente almacenarse en el estanque de tormentas (área CED) y parcialmente ser vertida al río (área CED). Se determina además el tiempo de llenado del estanque y el tiempo de vertido al río, así como los tiempos inicial y final tanto del llenado del estanque como de vertido al río.

- Se determina el volumen del valle, (área FGH), situado por debajo de la ordenada  $n_i q_{ngr,i}$ .
- Se determina que parte del volumen del tanque (área CED) puede ser transferida al colector de margen en los valles subsiguientes, guardando en el tanque el agua no transferida. Se disminuye así la capacidad del tanque para futuros episodios de lluvia que puedan suceder cuando el tanque está parcialmente lleno.

Los volúmenes de los estanques de tormenta se han determinado atendiendo a los siguientes criterios:

- En la margen derecha, donde las dificultades de espacio son mayores, procuran que en ningún caso el número de vertidos excediera de un total superior a 130 vertidos, en los 59 años.
- En la margen izquierda, donde existen menos dificultades de espacio, procurar que el número de vertidos sean la mitad que en la margen derecha, es decir, 65 vertidos.
- En ambas márgenes que la concentración de SS en cualquier vertido sea inferior a 50 mg/l.

En la tabla 3 se recogen el volumen de cada estanque de tormenta adoptado así como el número de vertidos al río y el volumen total vertido, en el periodo de 59 años.

### 9. Determinación de las concentraciones en los vertidos

El Ministerio de Medio Ambiente ha realizado el estudio denominado "Experiencia piloto de mediciones y estudio de las descargas de sistemas unitarios (DSU) del alcantarilla-

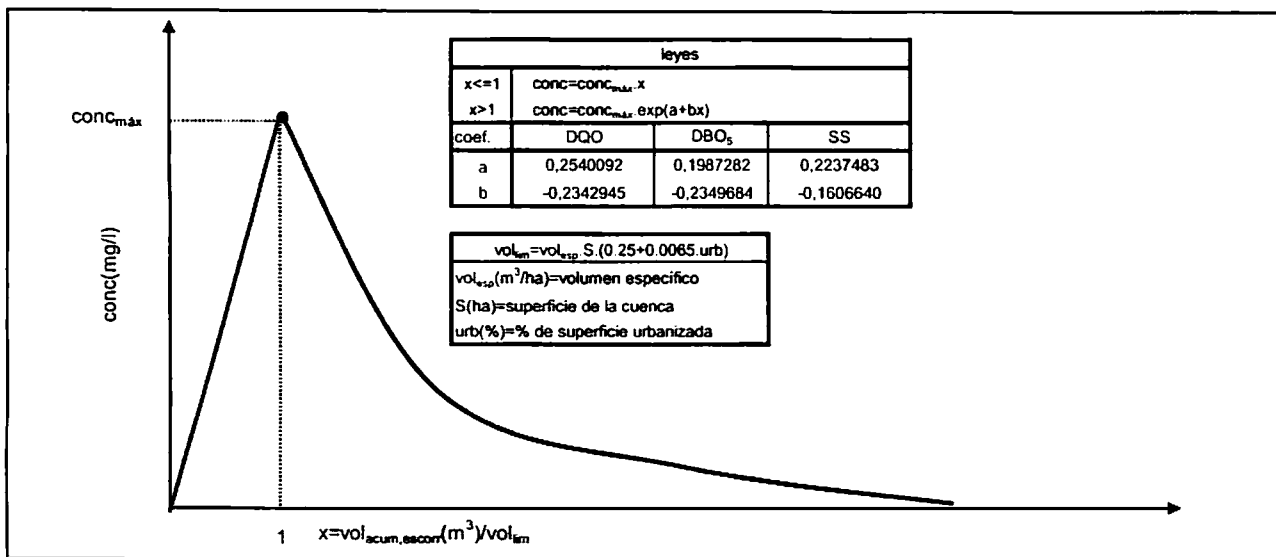
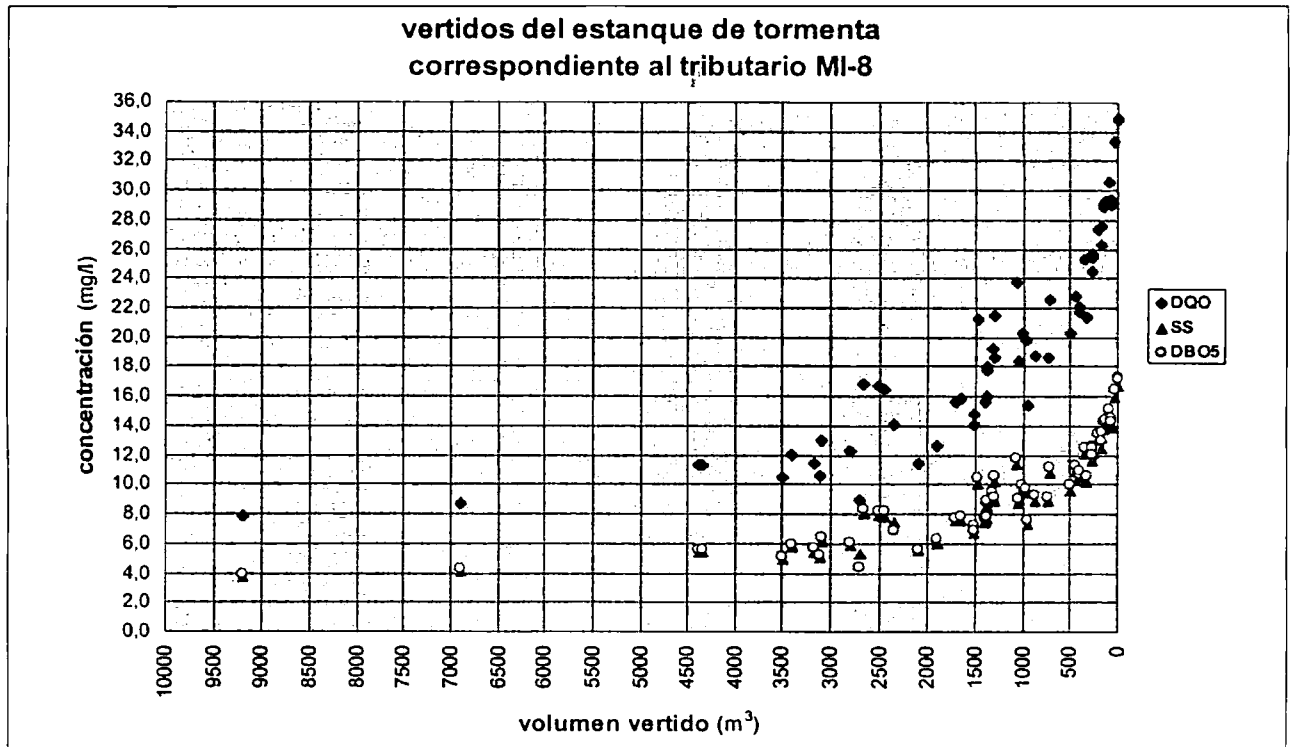


Fig. 8.

Fig. 9.



do a los medios receptores en tiempo de tormenta, en varios municipios españoles”.

Entre esos municipios se encuentra el de Madrid, en donde se han analizado doce (12) episodios de vertido en tiempo de lluvia, del colector de Arroyo Fresno. Entre otros factores contaminantes se incluye en el análisis las medidas de DQO, DBO<sub>5</sub> y SS. Además, se ha determinado los caudales circulantes por el colector, con intervalos de 5 minutos, desde el día 1 de febrero de 2000 hasta el día 15 de enero de 2001.

Se ha dispuesto además de la curva de variación horaria de los caudales en tiempo seco de entrada a la depuradora de Viveros. Dicha curva y la curva ajustada analíticamente se muestran en la figura 7.

Sustrayendo a los caudales totales medidos en el estudio del Ministerio, los caudales correspondientes de aguas negras se obtienen los caudales de escorrentía circulantes por el colector, en el momento de obtener la muestra para determinar la concentración de los contaminantes.

A partir de los anteriores datos ha sido posible ajustar la curva adimensional que se muestran en la figura 8.

La contaminación del agua de escorrentía crece rápidamente para volúmenes de agua moderados hasta alcanzar un valor máximo para el volumen de agua que se denomina  $vol_{lim}$ , decreciendo a partir de dicho valor.

Para la rama ascendente se adopta una variación lineal de la contaminación con el volumen de escorrentía

y para la rama descendente se ha ajustado una curva exponencial.

En la tabla 4 se muestran los resultados obtenidos para las concentraciones de los vertidos que se producen en cada uno de los estanques de tormenta. La figura 9 constituye un ejemplo de salida de datos. En la figura se representa gráficamente para cada vertido las concentraciones de DQO, DBO<sub>5</sub> y SS.

### Conclusión

Las obras de soterramiento de la M-30 constituyen una magnífica ocasión para modificar el actual esquema de saneamiento, ampliando los colectores de margen y añadiendo estanques de tormenta.

Con las dimensiones adoptadas especialmente para los colectores de margen se obtiene una drástica disminución tanto del número de vertidos al río como de su volumen y muy especialmente, de las concentraciones de los vertidos, consiguiendo con ello una extraordinaria mejora del estado actual del río. ♦

### Referencias:

– “Experiencia piloto de medición y estudio de las descargas de sistemas unitarios (DSU) del alcantarillado a los medios receptores en tiempo de tormenta, en varios municipios españoles”. Infraestructura & Ecología S.L. Ministerio de Medio Ambiente.