

EVALUACIÓN DE LOS RENDIMIENTOS DE RETENCIÓN DE CONTAMINACIÓN DE LOS DEPÓSITOS DE TORMENTAS. ANÁLISIS DE UN CASO EN SANTIAGO DE COMPOSTELA

Por:

**JOAQUÍN SUÁREZ LÓPEZ,
MARÍA BENEYTO GONZÁLEZ-BAYLÍN,
JUAN CAGIAO VILLAR,
ALFREDO JÁCOME BURGOS y
JERÓNIMO PUERTAS AGUDO**

Universidade da Coruña, UdC

SUMARIO

En tiempo de lluvia las redes de alcantarillado unitario deben transportar, además de las aguas residuales de tiempo seco, las aguas de escorrentía superficial. Tradicionalmente, se han diseñado para transportar hacia la EDAR el caudal residual de tiempo seco y el caudal de pluviales correspondiente a una lluvia con un determinado periodo de retorno. Lo que excede a este caudal de diseño se vierte al medio receptor mediante aliviaderos. Este vertido, denominado “rebose de alcantarillado unitario” (RAU), “descarga de sistema unitario” (DSU) o alivio, representa una presión que impacta de forma muy significativa los sistemas acuáticos receptores e impide alcanzar los objetivos de calidad del agua y el buen estado ecológico de los mismos.

En esta comunicación se presenta el estudio realizado en un aliviadero con depósito de tormentas perteneciente al sistema de saneamiento de la ciudad de Santiago de Compostela. Se han caracterizado tanto los flujos de tiempo seco como de tiempo de lluvia que llegan a la parte baja de la subcuenca de saneamiento y se han medido los volúmenes y la contaminación que es vertida al medio receptor en tiempo de lluvia.

Con el fin de realizar una completa caracterización de los flujos y del funcionamiento de la infraestructura de control y tratamiento de los reboses se colocó un complejo sistema de instrumentación. Los equipos permitieron conocer los caudales y la contaminación en 4 secciones y se pudo

medir la contaminación tanto mediante sondas en continuo como con la toma de muestras automática.

Se realizó una completa caracterización de los flujos de tiempo seco con el fin de poder valorar el caudal y las cargas de contaminación que realmente se movilizaban en el sistema de saneamiento por la lluvia. En el periodo de caracterización en campo, un año, se aceptaron como válidos 11 sucesos de lluvia, que generaron en el sistema de control y tratamiento diferentes situaciones de caudales y vertidos hacia el medio receptor.

Además de la caracterización física del funcionamiento de la cuenca y del “tanque de tormentas” se elaboró un modelo de simulación numérica de ambos. Se utilizó el *Storm Water Management Model*, SWMM, de la *Environmental Protection Agency* de los EE.UU. El modelo se calibró y validó en caudal y en sólidos en suspensión, como parámetro representativo de los flujos de contaminación.

El estudio ha puesto de manifiesto las elevadas concentraciones punta de contaminación que se producen acompañando, normalmente, a las puntas de caudal. Concentraciones de 2.000 mg/l, o superiores, de DQO o en sólidos en suspensión son frecuentes. Se ha puesto de manifiesto que, para la casi totalidad de los contaminantes, más del 90% de la carga movilizada se debe al fenómeno de lluvia, que lava la superficie de la cuenca y resuspende los sedimentos acumulados en la red de alcantarillado durante el tiempo seco.

La influencia del depósito sobre los volúmenes vertidos al medio receptor, sobre las cargas y sobre las concentraciones máximas vertidas, ha sido muy variable. Factores tales como el funcionamiento de la compuerta de limitación de caudal hacia la EDAR, o la relación entre el depósito en línea y el depósito fuera de línea, son decisivos a la hora de conseguir minimizar la contaminación vertida en tiempo de lluvia.

PALABRAS CLAVE

Tanque de tormentas, contaminación, tiempo de lluvia, criterios de diseño, Santiago de Compostela, CMS, SCTR.

INTRODUCCIÓN

Se entiende por “técnicas de gestión de la escorrentía urbana” a los dispositivos, infraestructuras o procedimientos cuyo fin es regular o controlar los flujos de agua de escorrentía y eliminar la contaminación a ella asociada. Se clasifican, según el lugar del sistema de alcantarillado donde se apliquen, en sistemas de control en origen y sistemas de control aguas abajo. En ocasiones, en la literatura anglosajona, se habla de sistemas de “detención” y sistemas de “retención”. La “detención” consiste en almacenar las aguas residuales durante un periodo corto de tiempo tras el cual se vuelven a incorporar al sistema de alcantarillado; el sistema de regulación o almacenamiento se vacía completamente en un corto periodo de tiempo. En los sistemas de “retención” el agua permanece largos periodos de tiempo, días y semanas, facilitando que se produzcan otros procesos de depuración o de infiltración.

Los depósitos-aliviadero, más conocidos como “tanques de tormenta”, son un tipo de sistemas de control y tratamiento de reboses (SCTR) que se sitúan normalmente en los entronques de las redes de alcantarillado de las subcuencas urbanas con los colectores interceptores principales. Estas infraestructuras tienen una doble función: laminar las puntas de caudal que llegan a la EDAR y minimizar los contaminantes que se vierten al medio receptor. Se pueden diferenciar tres tipologías: depósitos-aliviadero con tanque de primer lavado, depósitos-aliviadero con tanque de sedimentación y depósitos-aliviadero mixtos.

La utilización de depósitos-aliviadero como mecanismo de minimización de los impactos sobre el medio receptor puede basarse en alcanzar alguno de los siguientes objetivos:

- Capturar un porcentaje del volumen total de escorrentía
- Fijar un número máximo de reboses al año
- Especificar el rendimiento de eliminación de un cierto contaminante
- Capturar el volumen del suceso que contenga la mayor fracción de carga contaminante.
- Provocar un determinado impacto sobre la calidad de las aguas del medio receptor (dosis-duración-frecuencia).

En Europa existen diferentes normas y directrices de dimensionamiento y diseño de infraestructuras de este tipo: en Alemania la *ATV - Standard*

A 128, en Gran Bretaña la BS 8005 - *British Standards Sewerage*, en España las *Especificaciones técnicas de la CHN*, en Suiza la *Recommandation fédérale de juillet 1977*, en Francia la *Documentation technique FNDAE n° 6*, etc.

El estudio que se presenta, realizado en el marco de una tesis doctoral, tenía como objetivo principal el revisar y optimizar los criterios de diseño de los sistemas de control y tratamiento de reboses, en concreto los de la tipología depósitos de detención-aliviadero.

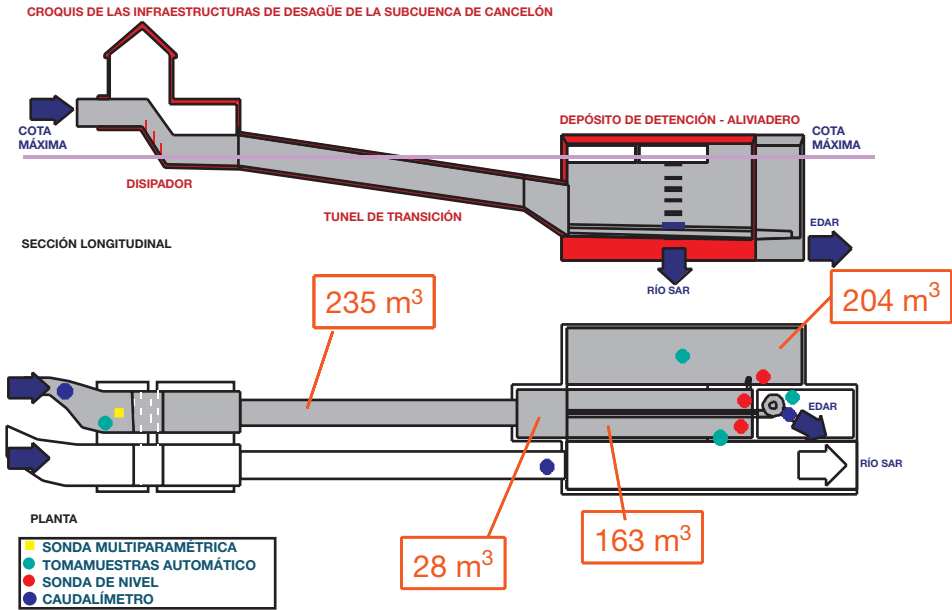
CARACTERÍSTICAS DE LA SUBCUENCA DE SANEAMIENTO Y DE LA INFRAESTRUCTURA DE CONTROL Y TRATAMIENTO DE REBOSES

Santiago de Compostela es la capital de la Comunidad Autónoma de Galicia y tiene una población creciente de más de 110.000 habitantes. Su sistema de saneamiento es unitario, tiene forma de “Y” y discurre paralelo a los ríos Sar y Sarela, ríos de pequeña entidad que en verano apenas superan los 500 l/s de caudal en el entorno de la ciudad. El sistema de alcantarillado transporta las aguas residuales de Santiago hasta la EDAR de Silvouta.

La subcuenca de Cancelón tiene unas 80 ha de superficie total, de tipo mixto, con zonas rurales y zonas urbanas. En las zonas urbanas se distinguen dos realidades urbanísticas: zonas que pertenecen al centro histórico y zonas de más reciente urbanización. Las zonas rurales se concentran en la parte oriental de la cuenca; se caracteriza por la abundancia de zonas verdes. El sistema de alcantarillado de la subcuenca de Cancelón es mayoritariamente unitario aunque algunas pequeñas zonas de más reciente urbanización tienen sistema separativo. La longitud total de los colectores es de unos 19,4 km con tubos de diámetros de hasta 1.800 mm. Es un sistema heterogéneo en cuanto a materiales, se pueden encontrar conductos de hormigón, de gres, de fibrocemento y de PVC. Como sistema de control y tratamiento de reboses dispone en la parte inferior de la cuenca de un depósito-aliviadero 630 m³. El sistema se puede clasificar como depósito de detención-aliviadero. Es un sistema híbrido en cuanto a que dispone de un tanque en línea y otro fuera de línea. El agua residual que alcanza el depósito-aliviadero ha atravesado previamente un dissipador de energía y un túnel (1.800 mm de diá-

metro y una longitud de 100 m) que actúan como almacenamiento en línea durante los sucesos de lluvia. El SCTR cuenta, por lo tanto, con 630 m³ en total (unos 14 m³/ha neta). De forma paralela a los conductos y depósitos discurre un arroyo encauzado.

Figura 1 - Croquis del perfil longitudinal y de la planta del sistema de control y tratamiento de reboses



METODOLOGÍA DE CARACTERIZACIÓN

Equipos utilizados en la instrumentación del depósito-aliviadero

Con el propósito de hacer el diagnóstico del funcionamiento del depósito-aliviadero de Cancelón se realizó una campaña de caracterización que duró desde febrero de 2002 hasta febrero de 2003. Debido a la naturaleza del estudio fue necesario instalar equipos que sirvieran para realizar tanto la caracterización hidráulica como la caracterización de la contaminación. Medidores hidrológico-hidráulicos: medición de la lluvia (pluviómetro ARG100, de balancín, con registro de pulsos en Tiny-Tag Plus, registro de pulsos de 0,20 mm cada minuto), medición de caudales (caudalímetros SIGMA 950, área-velocidad, registro de valores cada

minuto), medición de niveles en los depósitos (emisor de ultrasonidos LIT 25, registro de datos en Tiny-Tag, medida de nivel cada minuto). La medida de la contaminación se realizó en continuo mediante sondas (sonda multiparamétrica YSI 600 R, con medida de temperatura, pH, conductividad con almacenamiento de datos cada cinco minutos en registrador 610 DM) y de forma discreta mediante tomamuestras automático (SIGMA 900, bomba peristáltica de alta velocidad, alarmas de arranque por nivel, intervalos de muestreo 5 y 15 minutos, 24 botellas de 1 litro, 2 botellas por muestra).

Caracterización de los flujos de tiempo seco

Se analizaron los hidrogramas y polutogramas de tiempo seco a partir de los datos registrados en continuo por los caudalímetros y por la sonda multiparamétrica, y de los resultados de las determinaciones sobre las muestras recogidas en la campaña de tiempo seco. La campaña de tiempo seco se realizó los días del 13 al 16 de junio de 2002 (dos laborables y un fin de semana). Durante estos cuatro días se tomaron muestras cada dos horas (las horas impares: 1:00, 3:00, 5:00...) a las que se les realizó la batería de ensayos completa. El caudal medio registrado fue de 23 l/s.

Caracterización de flujos en tiempo de lluvia: sucesos de lluvia

Se consideró “suceso de lluvia” a aquellas variaciones de flujo significativas generadas por las precipitaciones sobre la cuenca. Se tomaron muchas muestras en sucesos, pero sólo aquellos cuya calidad era buena, es decir, que tuviesen puntas de caudal significativas y todos los sistemas hubiesen funcionado correctamente, fueron admitidos como útiles para el análisis de los fenómenos a estudiar.

El periodo de caracterización se puede dividir en dos etapas: durante la primera etapa, del 4/03/2002 al 26/07/2002, la compuerta estuvo completamente abierta (45x45 cm), con un caudal máximo hacia EDAR de hasta 800 l/s (33,3 veces el caudal medio); durante la segunda etapa, del 27/07/2002 al 26/02/2003, la compuerta estuvo semiabierto (45x22,5 cm), con un caudal máximo hacia EDAR registrado de 331 l/s (14,3 veces el caudal de tiempo). Si se hubiese seguido estrictamente

el criterio de la Confederación Hidrográfica del Norte (CHN) se debería enviar 9,9 veces el caudal medio hacia la EDAR.

Sobre las muestras recogidas se realizaron las siguientes determinaciones analíticas: pH, conductividad y turbidez; sólidos totales (ST), en suspensión (SS) y disueltos (SD), y sus fracciones fijas y volátiles; sólidos sedimentables; coliformes totales (CT) y fecales (CF); P-PO₄³⁺ total y P-PO₄³⁺ disuelto; NTK y N-NH₄⁺; DBO₅; DQO total y DQO no sedimentable; por cálculo la DQO sedimentable; COT y CT; por cálculo el carbono inorgánico; metales pesados (fracción particulada y disuelta): Al, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, As, Cd, Pb y Hg.

MODELIZACIÓN DE LA SUBCUENCA DE CANCELÓN

Para realizar la modelización del comportamiento de la cuenca y del sistema de alcantarillado de Cancelón se utilizó el *Storm Water Management Model* (SWMM) de la EPA. Para realizar la modelización del comportamiento del depósito-aliviadero de Cancelón se utilizó la ecuación de conservación de masa en un modelo numérico incremental. La modelización de la cuenca de Cancelón se realizó con el bloque RUNOFF del SWMM. Se discretizó la cuenca mediante un agregado de 28 subcuencas. El único contaminante que se simuló fueron los sólidos en suspensión. La modelización de la red de alcantarillado de la cuenca de Cancelón se realizó con el bloque TRANSPORT del SWMM. Para la discretización de la red de alcantarillado se utilizaron un total de 155 conductos y 157 pozos. El único contaminante que se simuló fueron los sólidos en suspensión. La modelización del depósito-aliviadero no se realizó con el bloque STORAGE del SWMM porque no es capaz de simular las conexiones existentes entre el tanque en línea y el tanque fuera de línea.

RESULTADOS

Análisis de la contaminación generada por la subcuenca en tiempo seco y en tiempo de lluvia

El agua de tiempo seco podría clasificarse como de concentración débil-media; en metales pesados podría considerarse como diluida a muy

diluida. En la Tabla 1 se muestran algunos de los valores obtenidos tanto en tiempo seco como en tiempo de lluvia. Se muestran valores de concentraciones medias de tiempo seco del agua residual (CMTS) y de las aguas del suceso de lluvia muestreado, o concentración media de suceso (CMS). Se muestra también el ratio entre ellas y el porcentaje de la masa que ha atravesado la sección durante el suceso de lluvia que se asocia a fenómenos relacionados con la lluvia.

Tabla 1 - Comparación de la media de las concentraciones medias de suceso con la concentración media de tiempo seco de los contaminantes tradicionales en la cuenca de Cancelón

	CMS_{media} (mg/l)	CMTS (mg/l)	CMS_{media}/ CMTS	Masa asignada a escorrentía (%)
ST	442	399	1,1	86
SDT	115	275	0,4	69
SST	328	124	2,6	93
SSV	139	61	2,3	91
SSF	189	62	3,0	92
NTK	22,7	45,0	0,5	73
N-NH ₄ ⁺	2,7	24,9	0,1	28
P-PO ₄ ³⁺ total	4,6	6,1	0,8	78
P-PO ₄ ³⁺ disuelto	0,9	3,7	0,2	36
Carbono inorgánico total	14,2	38,7	0,4	69
Carbono orgánico total	23,9	31,0	0,8	79
DBO ₅	67,8	195,9	0,3	55
DQO total	224	382	0,6	72
DQO no sedimentable	72	236	0,3	58
DQO sedimentable	153	145	1,1	77

Es destacable el fuerte ascenso de los sólidos en suspensión. Como se pone de manifiesto, a excepción del fósforo disuelto y del nitrógeno amoniacal, los contaminantes proceden en más de un 70% de los fenómenos asociados al suceso de lluvia.

Es interesante mostrar la variación del tipo de contaminación que removiliza en tiempo seco y en tiempo de lluvia. En la Tabla 2 se muestran los ratios obtenidos. Como se puede apreciar en tiempo de lluvia la contaminación se hace menos biodegradable, la proporción de nitrógeno

amoniacal desciende de forma considerable, la DQO se hace más sedimentable y la proporción de sólidos volátiles disminuye.

Tabla 2 - Ratios comparativos entre aguas residuales de tiempo seco y flujo en tiempo de lluvia

	Tiempo seco	Tiempo de lluvia
DQO total / DBO ₅	1,95	3,31
N. amoniacal / NTK	0,55	0,12
% DQO sedimentable/DQO total	38	68
% SSvolátiles/SStotales	49	42

En la Tabla 3 se presentan algunos de los valores punta en tiempo de lluvia obtenidos en la caracterización.

Tabla 3 - Valores de concentraciones máximas obtenidas en los sucesos de lluvia

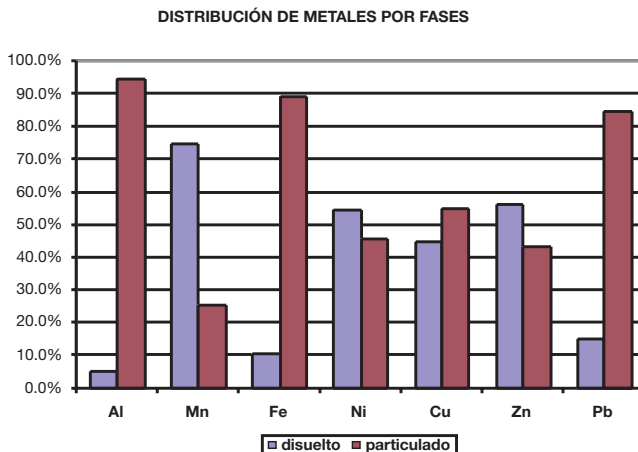
	Concentración máximamáximo	CMTS(mg/L)	Concentración máximamáximo/CMTS
ST	3.464	399	8,7
SDT	412	275	1,5
SST	3.052	124	24,7
SSV	1.806	61	29,4
SSF	1.246	62	20
NTK	103	45	2,3
N-NH ₄ ⁺	30	24,9	1,2
P-PO ₄ ³⁺ total	24	6,1	4,0
P-PO ₄ ³⁺ disuelto	5	3,7	1,5
Carbono inorgánico total	40	38,7	1,0
Carbono orgánico total	131	31,0	4,2
DBO ₅	760	195,9	3,9
DQO total	2.497	382	6,5
DQO no sedimentable	539	236	2,3
DQO sedimentable	2.370	145	16,3

Son muy interesantes los resultados obtenidos en la caracterización de los metales pesados. Además de obtener valores superiores en concentraciones totales en tiempo de lluvia (salvo el As) se aprecia que la movilización es fundamentalmente en forma particulada.

Tabla 4 - Comparación de la media de las concentraciones medias de suceso con la concentración media de tiempo seco de los metales en la cuenca de Cancelón

	CMS_{media} (µg/l)	CMTS (µg/l)	CMS_{media}/ CMTS	Masa asignada a escorrentía (%)
Al	8.887,48	1.460,91	6,1	97
Cr	14,96	12,64	1,2	100
Mn	309,61	89,02	3,5	94
Fe	9.686,75	637,01	15,2	99
Ni	17,76	4,03	4,4	96
Cu	132,22	54,10	2,4	94
Zn	238,29	88,41	2,7	94
As	10,23	17,00	0,6	100
Cd	0,40	0,16	2,5	93
Pb	131,01	29,77	4,4	96
Hg	0,88	0,59	1,5	100

Figura 2 - Presencia de los metales pesados (fase disuelta - fase particulada) en tiempo seco y en tiempo de lluvia

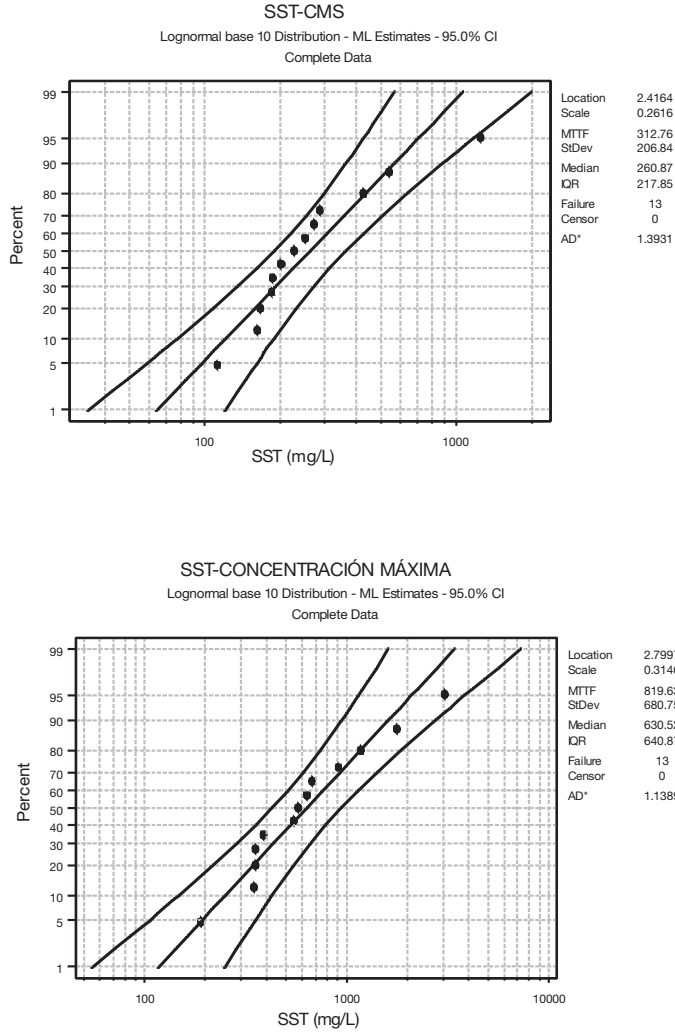


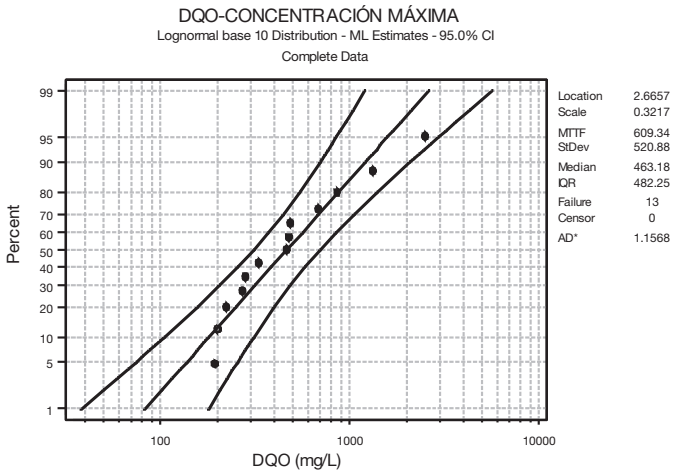
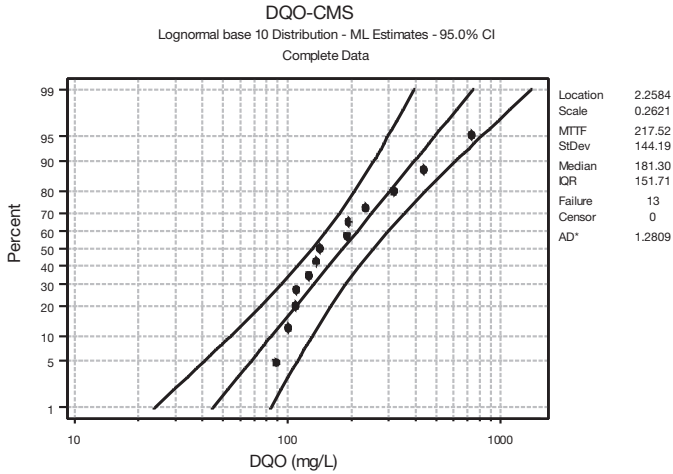
Análisis estadístico de la contaminación en tiempo de lluvia

La concentración máxima y la CMS de los sucesos de lluvia pueden ser consideradas como variables aleatorias y, por lo tanto, se les pueden asignar funciones de distribución de probabilidad. Se utilizó la distribución lognormal, ya que fue la que aportó mejores ajustes. El ajuste a las funciones se realizó por el método de máxima verosimilitud utilizando

como parámetro de bondad de ajuste el estadístico de Anderson-Darling. A cada curva se le asoció un intervalo de confianza con un nivel de significancia del 95%.

Figura 3 - Funciones de probabilidad acumulada de SS y DQO en tiempo de lluvia en la subcuenca “Cancelón”



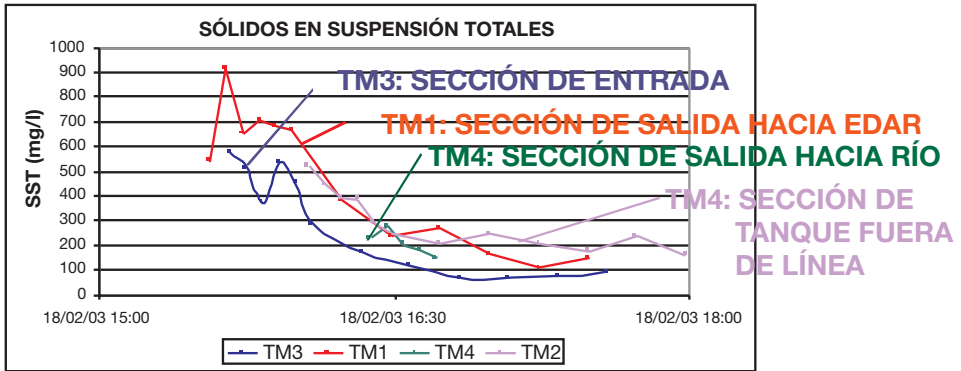


Análisis de la contaminación en las diferentes secciones de control en el tanque de tormentas

De los resultados de los once sucesos muestreados se deduce que en el tanque en línea se producen fenómenos de homogenización de contaminantes y si el agua permanece almacenada el tiempo suficiente se produce decantación. Los sedimentos que quedan en el fondo del tanque y en el túnel de transición cuando el depósito se vacía se resuspenden en el siguiente suceso de lluvia.

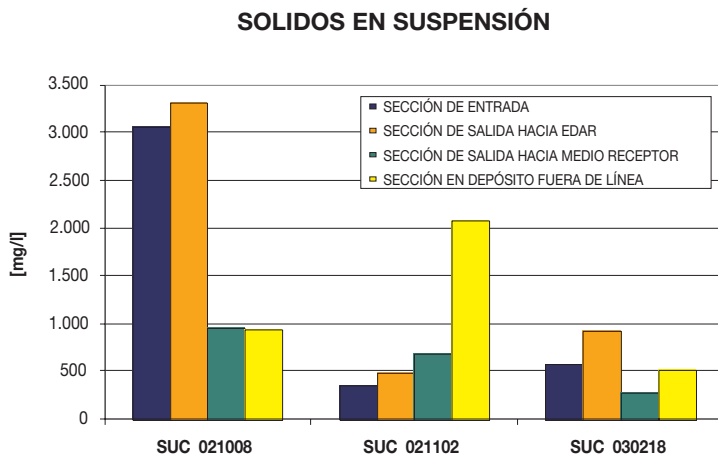
En el tanque fuera de línea se consigue aislar un volumen de agua y una masa de contaminantes que siempre se envía a la EDAR. En este tanque también se produce cierta decantación, pero se evitan los fenómenos de resuspensión de sedimentos si se utiliza el sistema de limpieza.

Figura 4 - Ejemplo del comportamiento de las concentraciones de sólidos en suspensión en los diferentes compartimentos del SCTR



En la Figura se aprecia que el sistema envía, en ocasiones, concentraciones al medio receptor más altas que las que entran, como resultado de la resuspensión en el túnel y en el tanque en línea. Este fenómeno es más intenso cuanto menor es el caudal regulado hacia EDAR (vaciado más lento de la instalación).

Figura 5 - Concentraciones máximas de sólidos en suspensión en los diferentes compartimentos del SCTR en tres sucesos



Una parte del primer lavado no se está almacenando en el tanque fuera de línea, sino que queda retenida en el depósito en línea y puede ser vertida al medio receptor en caso de que se produzca rebose. Los valores de concentración media de vertido (CMV) obtenidos han sido: 230,3 mg/l en DQO, 552,3 mg/l en SST, y 66,7 mg/l de DBO₅.

Como se puede observar la concentración de sólidos en suspensión y en DQO es muy variable, pero queda claro el comportamiento anómalo generado por disponer de mucho almacenamiento en línea antes y junto al aliviadero.

Cargas anuales vertidas al medio receptor en función del caudal máximo hacia EDAR

Con el fin de evaluar la importancia de las cargas contaminantes de la cuenca de Cancelón se evaluaron los volúmenes y las masas que se verterían durante un año al medio receptor si existiese un simple aliviadero. Las magnitudes de referencia son que la cuenca genera un volumen total de agua residual de tiempo seco de 727.536 m³/año y el volumen escorrentía total que es recogido en el sistema de alcantarillado (año analizado, muy próximo al año medio) es de 430.740 m³/año. Las cargas de contaminantes se han elaborado considerando los valores de CMS

obtenidos para tiempo de lluvia y de efluente de EDAR con 25 mg/l de DBO₅, 35 mg/l de SS, y de 70 mg/l de DQO, siguiendo la norma alemana ATV 128 (se asume que todo lo que se envía a EDAR es tratado conforme objetivo).

Tabla 5 - Cargas enviadas a medio receptor en función del caudal máximo hacia EDAR sin SCTR

Caudal a EDAR	Volumen vertido		Masa RAU (t)			% Masa RAU/Total sistema a medio receptor		
	m ³	%	SST	DBO ₅	DQO	SST	DBO ₅	DQO
2.5 Qm	332.026	77	108,9	22,6	74,4	79	52	56
5 Qm	222.806	51	73,1	15,2	50,0	69	39	43
7 Qm	168.494	39	55,3	11,5	37,7	62	31	35
9.9 Qm	116.977	27	38,4	8,0	26,2	51	23	26

Como se puede observar un aliviadero con criterio 5:1 envía hacia el medio receptor del orden del 40% de la DBO₅ total que vierte el sistema de saneamiento (EDAR+RAU) y del orden del 70% de los sólidos en suspensión.

Una vez calibrado el modelo de simulación hidráulica de la subcuenca de Cancelón, calibrado el modelo de simulación del SCTR, y conocidas las CMV de los diferentes contaminantes, se pueden obtener valores globales de rendimiento del SCTR. Si se adopta el criterio de la CHN, de 9,9 l/s a EDAR y se mantienen los 14,4 m³/ha neta los valores que se obtienen serían los de la Tabla siguiente:

Tabla 6 - Cargas enviadas a medio receptor con caudal hacia EDAR de 9,9xQm y 14,2 m³/ha neta

Caudal a EDAR	Volumen vertido		Masa RAU (t)			% Masa RAU/Total sistema a medio receptor		
	m ³	%	SST	DBO ₅	DQO	SST	DBO ₅	DQO
9,9 Qm + 14,2 m ³ ha neta	65.945	15,3	36,4	4,4	15,17	48,8	13,9	16,6

Comparando las dos tablas anteriores, y más en concreto las referentes a 9,9xQm, se aprecia que la existencia del SCTR reduce el volumen de RAU a casi la mitad. Las cargas de DBO₅ y de DQO se reducen en un 44%, pero los SST apenas se reducen en un 5%.

CONCLUSIONES

Sobre contaminación en tiempo de lluvia:

- Los flujos máxicos de contaminantes en tiempo de lluvia proceden, en más de un 70%, de fuentes ajenas al agua residual de tiempo seco, a excepción del fósforo disuelto y del nitrógeno amoniacal (los sólidos en suspensión, en más de un 90%).
- En general, los valores de CMS son menores a los valores medios de tiempo seco, a excepción de los sólidos en suspensión, que se multiplica por 3.
- El agua residual en tiempo de lluvia es menos biodegradable, la proporción de nitrógeno amoniacal respecto al orgánico baja enormemente, al igual que lo hace la proporción de sólidos volátiles. La DQO es muy sedimentable.
- Las concentraciones máxicas que se generan en tiempo de lluvia son muy significativas. Se obtienen puntas de 20-30 veces la concentración de tiempo seco en SST, de 6 veces en la DQO, o de casi cuatro veces en la DBO₅.
- Los metales pesados movilizados, procedentes en más de un 90% de fenómenos asociados al suceso de lluvia, tienen valores medios superiores a los de tiempo seco, aunque se presentan fundamentalmente en forma particulada.

Respecto al funcionamiento del SCTR:

- El depósito de tormentas reduce la contaminación vertida al medio receptor en más de un 40% en DBO₅ y DQO, pero en sólidos apenas se nota mejoría.
- El sistema analizado presenta un comportamiento singular por el gran volumen en línea y la situación del aliviadero.

RECONOCIMIENTOS

Se agradece la posibilidad de realizar este estudio a:

- La Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología del Ministerio de Ciencia y Tecnología por la financiación del proyecto CICYT HID-99-0310.
- El Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos por la BECA PARA REALIZACIÓN DE TESIS DOCTORAL (2002-2004).
- Otras entidades que me han ayudado en la realización de esta tesis doctoral: Concello de Santiago de Compostela, AQUAGEST GALICIA S.A., Confederación Hidrográfica del Norte y Xunta de Galicia.

REFERENCIAS

- BENEYTO GONZÁLEZ-BAYLÍN, M. (2004); *Evaluación de los rendimientos de depósitos de detención-aliviadero en redes de saneamiento unitarias e cuencas de la España Húmeda*; Tesis Doctoral; dirigida por Joaquín Suárez, Grupo de Ingeniería del Agua y del Medio Ambiente de la Universidade da Coruña, ETS de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos; A Coruña, España.