

IX-021 - INTEGRACIÓN DE DEPÓSITOS DE TORMENTA, BOMBEOS, RED DE ALCANTARILLADO Y EDAR EN UN SISTEMA UNITARIO PARA LA MINIMIZACIÓN DE IMPACTOS EN EL MEDIO NATURAL EN TIEMPO DE LLUVIA

Paula M^a Payo Suárez⁽³⁾

Ingeniera de Caminos, Canales y Puertos, por la Universidad de A Coruña (España).

Carlos Temprano Pérez⁽⁴⁾

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, por la Universidad de A Coruña (España).

Felipe De La Vega Gándaras⁽²⁾

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, por la Universidad de A Coruña (España).

Joaquín Suárez López⁽¹⁾

Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, por la Universidad de Cantabria (España).

Dirección⁽¹⁾: Grupo de Ingeniería del Agua y del Medio Ambiente. GEAMA. Universidade da Coruña (España) - Tel: (34) 981 167 000 ext. 1456 - e-mail: jsuarez@udc.es.

Dirección⁽²⁾: Ente Público Empresarial Augas de Galicia, Xunta de Galicia.

Dirección⁽³⁾: S.A. DE OBRAS Y SERVICIOS, COPASA.

Dirección⁽⁴⁾: APPLUS NORCONTROL S.L.U.

RESUMEN

Se presenta un caso práctico de cómo la gestión de las aguas de escorrentía urbana en los depósitos de tormenta integrados en una red unitaria de alcantarillado, influye en el diseño y gestión de la Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR) de la margen Sur de la ría de Ferrol y la margen Norte de la ría de Ares, Galicia. España.

PALABRAS CLAVE: Depósitos de tormenta, sistema unitario, diseño EDAR.

1.- OBJETIVO DEL TRABAJO

De la misma forma que las ciudades han ido creciendo, desarrollando su trama urbana, las redes de drenaje se han ido ramificando, extendiéndose de una forma bastante forzada, no habiendo excesivos problemas en tiempo seco. Sin embargo, en el momento en que se producía un suceso de lluvia estas redes unitarias se resentían, no siendo capaces de canalizar estas aguas, por lo que para paliar el problema se fueron introduciendo diferentes estrategias e infraestructuras que fuesen capaces de contener estas aguas y evitar vertidos al medio receptor con concentraciones, en muchas ocasiones, varias veces superiores a las de tiempo seco; una de estas nuevas infraestructuras son los denominados depósitos de tormenta.

Una vez integrados estos depósitos de tormenta en los sistemas de saneamiento unitario sus vaciados generan unos caudales punta en las EDAR's con duraciones superiores a las del aguacero, provocando pérdidas de rendimiento en los procesos, llegando a provocar incumplimientos de los límites de vertido.

El estudio, o caso, que se desea presentar se centra en la solución integral e integrada, de saneamiento y drenaje que se planificó, proyectó, y actualmente está en fase de construcción, en un territorio en forma de península de 50 km², en donde residen 52.000 h-e, limitado al norte y al sur por un medio receptor marino clasificado como sensible. El medio costero se caracteriza por tener un gran número de zonas de baño y numerosas zonas de cultivos de moluscos, cuya calidad del agua debe ser mantenida.

La actuación, básicamente, consiste en interceptar estos vertidos en los puntos de la costa (puntos bajos) e impulsarlos a un colector interceptor, cuya traza discurre por zonas altas, por el punto medio de ambas márgenes y canalizarlos a la estación depuradora de aguas residuales.

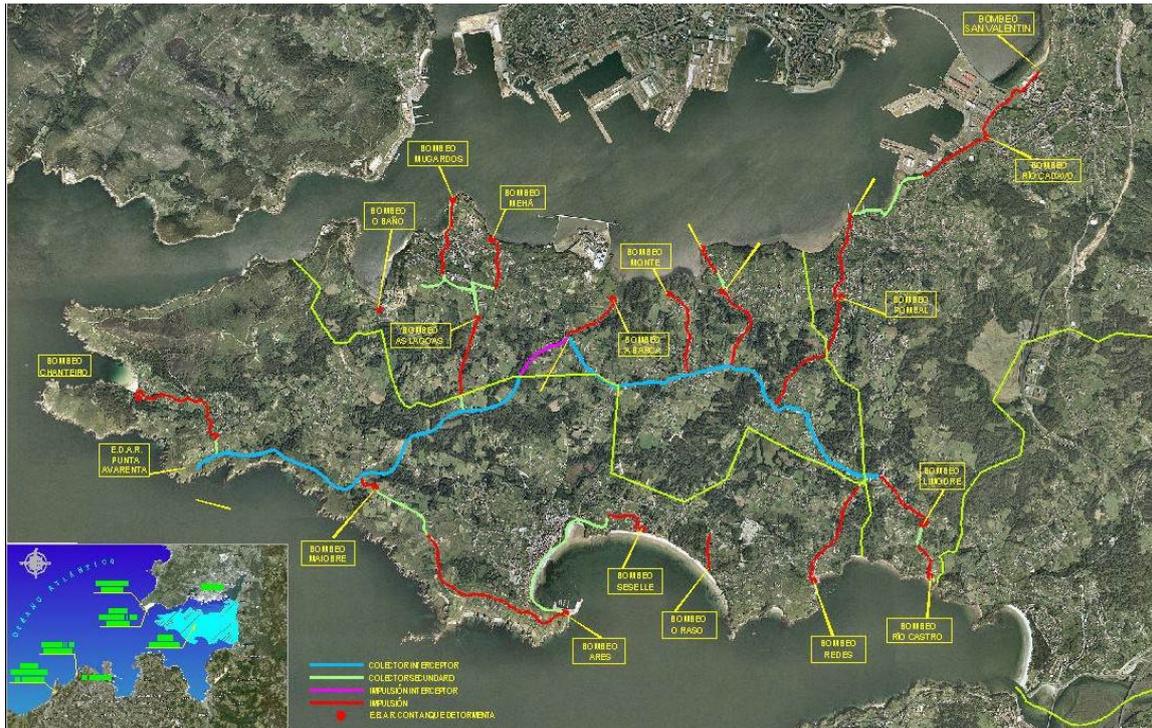


Figura 1: Esquema general del sistema de saneamiento unitario.

2.- DISEÑO DE LA RED

Con el fin de optimizar la solución de saneamiento se ha realizado una simulación numérica de todo el sistema. El objetivo a conseguir es el cumplimiento de uno de los dos estándares de emisión indicados en las Instrucciones Técnicas de Obras Hidráulicas de Galicia (en lo siguiente ITOHG):

- Limitación del número máximo de vertidos en el año medio a un valor entre 15 y 20.
- Limitación del porcentaje de agua vertida a un 10-15% del volumen total de lluvia neta.

Para el cálculo de la red de colectores y los tanques de tormenta, se ha elaborado un modelo numérico de las mismas mediante el programa SWMM (“Storm Water Management Model” – EPA).

Se han introducido los colectores existentes, las subcuencas correspondientes a tejados y carreteras de las que se recogerán las pluviales, y los tanques, bombeos y colectores proyectados para simular el funcionamiento de la red una vez finalizadas las obras.

Se ha empleado el programa URBATOOL, junto con un modelo 3D generado por el MDT a partir de la cartografía de la zona, para generar la red de colectores correspondiente a cada una de las subcuencas. Una vez introducida en el SWMM los colectores existentes, se ha procedido a la identificación de las subcuencas mediante fotografías aéreas, y la asignación de cada una de ellas al nudo de la red más cercano, consiguiéndose de esa manera un modelo de red unitaria para cada uno de los puntos de vertido incluidos en el modelo.

A dicha red se le han añadido las nuevas estructuras de retención a dimensionar, así como los nuevos colectores interceptores y los sistemas de bombeo e impulsión correspondientes, para de esta forma simular el funcionamiento completo del sistema una vez puestos en marcha los bombeos y la EDAR.

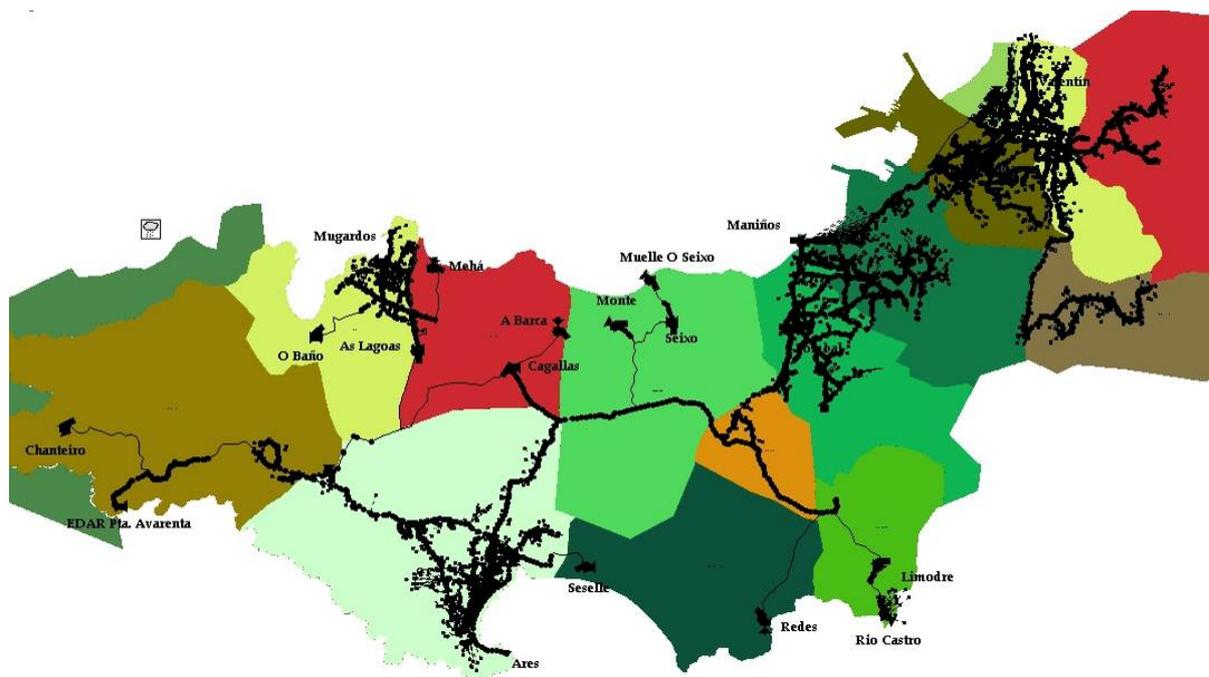


Figura 2: División general en subcuencas de saneamiento y drenaje utilizadas en el modelo de simulación numérica.

Se ha introducido en el modelo la lluvia de un año medio, obtenido como resultado 21 Estaciones de Bombeo de Aguas Residuales (EBAR) con un volumen asociado en tanques de tormenta de más 10.000 m³.

Tabla 1: Características de las precipitaciones anuales en la zona de estudio y año medio considerado.

AÑO	Prec. Tot. (mm)	% sobre media	Días lluvia	% sobre media
2000	644,2	54,0%	185	96,6%
2001	1075,0	90,1%	167	87,2%
2002	1.407,4	118,0%	210	109,6%
2003	1.484,2	124,5%	225	117,5%
2004	923,8	77,5%	203	106,0%
2005	1.116,0	93,6%	195	101,8%
2006	1.782,3	149,5%	163	85,1%
2007	953,9	80,0%	169	88,2%
2008	1.345,9	112,9%	207	108,1%
<i>MEDIA</i>	<i>1192,5</i>		<i>191,56</i>	

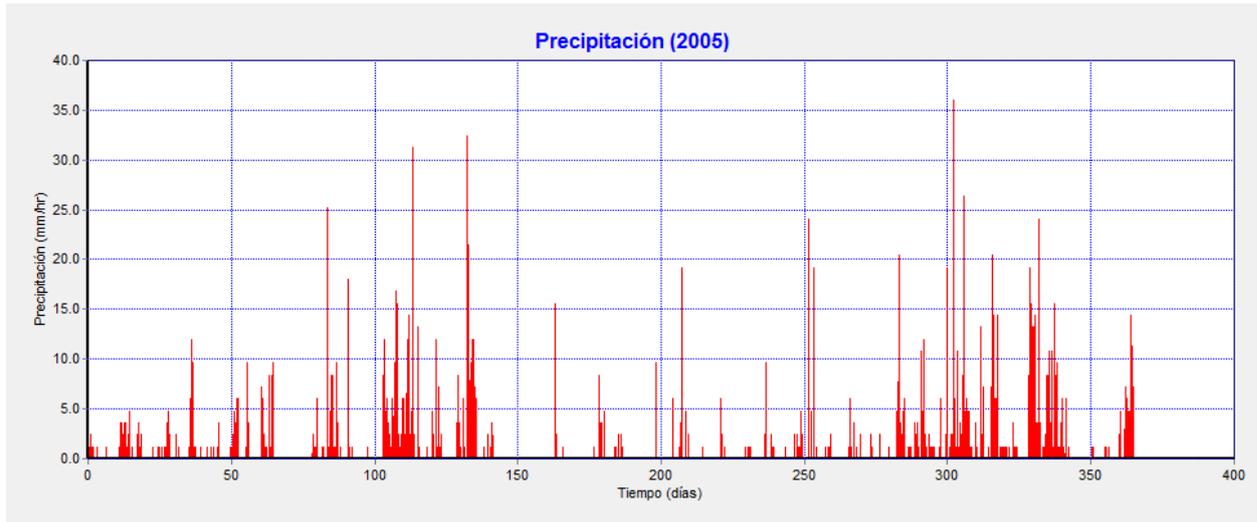


Figura 3: Registro de precipitaciones del año 2005 disponible.

2.1.- DIMENSIONAMIENTO DE LOS DEPÓSITOS DE TORMENTA

Para el dimensionamiento de los tanques de tormenta correspondientes a la zona de estudio, se ha seguido el procedimiento indicado en el documento ITOHG (“Cálculos de depósitos de aguas pluviales en sistemas unitarios”).

Los caudales de bombeo para cada uno de los tanques se han sacado del estudio del medio generador, optándose por el valor recomendado para el caudal de salida hacia la EDAR de $3 \times QDp$, siendo QDp el caudal diario punta total de aguas residuales urbanas en la cuenca de aportación al tanque.

$$QDp \text{ total} = QDp \text{ urb} + QDp \text{ ind} + QDm \text{ inf}$$

Siendo:

- QDp urb: Caudal diario punta de agua residual de origen urbano.
- QDp ind: Caudal diario punta de agua residual de origen industrial.
- QDm inf: Caudal diario medio de infiltración.

Dicho criterio de dimensionamiento ($QD_{EDAR} = 3 \times QDp$) sólo se ha variado en aquellos casos en los que por motivos de espacio no es posible realizar la implantación del tanque con las dimensiones obtenidas para $3 \times QDp$. En esos casos se ha pasado a los valores indicados en la ITOHG para los caudales de bombeo de $5 \times QDp$ y $7 \times QDp$.

Existen dos métodos de dimensionamiento de los tanques de tormenta indicados en las ITOHG:

- Método simplificado: Indicado para cuencas de menos de 10 ha, con poblaciones inferiores a los 3.000 habitantes y sin antecedentes de inundaciones.
- Método completo: Para las cuencas que no cumplen una o varias de las anteriores condiciones.

Los tanques de tormentas objeto del proyecto se han dividido en base a dicho criterio, quedando de la siguiente manera:

• MÉTODO SIMPLIFICADO

- Muelle de O Seixo
- Campo do Río
- O Monte
- A Barca
- Mehá
- O Baño
- Río Castro
- Limodre
- Redes
- O Raso
- Seselle
- Chanteiro

• MÉTODO COMPLETO

- San Valentín
- Río Cádavo
- Maniños
- Pombal
- Mugaros
- O Baño
- Ares
- As Cagallas
- Cervás

2.2.- MÉTODO SIMPLIFICADO

El método simplificado consiste en la aplicación, para el cálculo del volumen de retención de un tanque, de un coeficiente que afecta a la superficie impermeable de la cuenca de aportación.

Tabla 2: Criterio general de volumen específico de los depósitos de tormenta de las ITOHG cuando se envía 3xQDp hacia EDAR.

Tipo de medio receptor (en termos da 91/271)	Tipología da cuenca de achegas		
	Rural	Urbana	Urbana Densa
Sensible	80	100	110
Non catalogada (normal)	60	80	90

Estos coeficientes son de aplicación si se puede garantizar un caudal de bombeo a la EDAR de 3 veces el caudal punta diario de aportación a dicho bombeo. Para otros valores de bombeo se emplea la siguiente tabla:

Tabla 3: Criterio general de volumen específico de los depósitos de tormenta de las ITOHG cuando se envían caudales superiores a 3xQDp hacia EDAR.

5. $D_{p,total}$	Tipología da cuenca de achegas		
	Rural	Urbana	Urbana Densa
Sensible	56	70	77
Non catalogada (normal)	42	56	63
7. $QD_{p,total}$	Tipología da cuenca de achegas		
	Rural	Urbana	Urbana Densa
Sensible	32	40	44
Non catalogada (normal)	24	32	36

En los cálculos de dimensionamiento correspondientes al presente proyecto, se ha buscado el valor recomendado de volúmenes para el caudal de bombeo de 3 x QDp, y sólo se han empleado los valores correspondientes a 5 x QDp o 7 x QDp en aquellas zonas en las que la implantación de un tanque de mayores dimensiones sería inviable desde el punto de vista técnico-económico.

Los resultados obtenidos de la simulación del año medio de lluvias (2005) para cada una de las cuencas urbanas, de los valores objetivo indicados por las ITOHG, para los depósitos de tormenta calculados mediante el método completo es el siguiente:

Tabla 4: Volúmenes finales de depósitos y volúmenes de escorrentía vertidos.

Nº	Tanque	Volumen útil	Vol. vertido	Vol. escorrentía	% Vert/Esc.	Nº vertidos
1.-	San Valentín	250 m ³	20.193 m ³	138.287 m ³	14,6 %	>20
2.-	Río Cádavo	2.500 m ³	64.160 m ³	446.007 m ³	14,4 %	>20
3.-	Maniños	2.500 m ³	37.423 m ³	257.652 m ³	14,5 %	>20
4.-	Pombal	250 m ³	6.164 m ³	47.037 m ³	13,1 %	>20
5.-	Mugardos	70 m ³	26.783 m ³	186.159 m ³	14,4 %	>20
6.-	As Lagoas	70 m ³	21.761 m ³	0 m ³	- (*)	0
7.-	Ares	1.000 m ³	46.492 m ³	340.604 m ³	13,6 %	>20
8.-	As Cagallas	70 m ³	0 m ³	0 m ³	- (*)	0
9.-	Cervás	375 m ³	0 m ³	0 m ³	- (*)	0

(*) Los tanques de As Lagoas, As Cagallas y Cervás son rebombes de aguas procedentes de otros tanques, por lo que no cuentan con aportación directa de aguas pluviales.

De esta forma, se garantiza el cumplimiento de las ITOHG para todos los tanques correspondientes a cuencas urbanas, al cumplirse uno de los dos condicionantes exigidos para el cálculo completo. En todos los casos el número de vertidos en el año medio supera el valor máximo establecido (20), pero en todos ellos el porcentaje de vertidos con respecto a la lluvia neta de cada cuenca se encuentra entre el 10 y el 15%.

En ninguno de los casos correspondientes a las cuencas urbanas en las que se ha aplicado el método completo de dimensionamiento, se ha aumentado el caudal de salida por bombeo de los tanques de estudio, manteniéndose en todos los casos el valor de 3 x QDp recomendado en las ITOHG. Sólo han aumentado los caudales en aquellos tanques que rebomban las aguas procedentes de otros tanques de cuencas rurales que sí han visto incrementado su caudal de bombeo según lo comentado en el apartado anterior del presente anejo.

3.- EFECTOS SOBRE LA EDAR

Los vaciados de las aguas mixtas (mezcla de agua residual y agua pluvial) obligan a modificar la tipología de las Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR) para que sean capaces de mantener los rendimientos de depuración sin generar incumplimientos de vertido.

La tipología de la (EDAR) es una aireación prolongada con nitrificación-desnitrificación y eliminación química de fósforo y desinfección mediante hipoclorito.

En un diseño convencional se diseñaría para una carga contaminante asociada al tiempo seco y la hidráulica para el factor punta asociado al tiempo de lluvia. En el caso, objeto de la presentación, donde se integran los tanques de tormenta al sistema unitario se retienen grandes volúmenes de agua de escorrentía y teniendo en cuenta que el objeto es de no aliviar en la EDAR todo el agua que se envíe ha de ser tratada en la misma. Por lo que los puntos de alivio del sistema son los tanques de tormenta que cumplen los estándares fijados de emisión al medio receptor.

El caudal máximo a enviar a la planta se limita a 2,6 veces el caudal máximo en tiempo seco, QDp, caudal que se considera capaz de ser admitido por el reactor biológico. Valores que multipliquen por 4 o 5 veces el caudal medio de tiempo seco producen resultados catastróficos (Bertrand-Krajewski, et al., 1995).

La entrada del caudal punta en un sistema donde no hay regulación está limitado al tiempo de duración del aguacero más el tiempo de concentración de la cuenca, la escala de tiempo, en general, es de minutos. En el caso que nos ocupa los tiempos de vaciado de los tanques limitados por el máximo caudal que podemos enviar a la planta nos generan unos caudales punta artificiales, aquí como se recoge en la tabla adjunta, la escala de tiempo es de horas.

Tabla 5: Volúmenes finales de depósitos-bombes, caudales y tiempo de vaciado.

Nº	BOMBEO	Q bombeo max. (L/s)	Volumen (m ³)	Tiempo de vaciado (horas)
1	SAN VALENTÍN	65,84	250	1,1
2	RÍO CÁDAVO	162,07	2.500	4,3
3	MANIÑOS	198,73	2.500	3,5
4	POMBAL	214,12	250	0,3
5	O SEIXO	5,53	55	2,8
6	CAMPO DO RÍO	47,44	303	1,8
7	MONTE	57,50	201	1,0
8	A BARCA	12,17	436	10,0
9	MEHÁ	7,17	458	17,7
10	MUGARDOS	33,05	75	0,6
11	O BAÑO	19,55	237	3,4
12	AS LAGOAS	59,77	56	0,3
13	RÍO CASTRO	2,00	63	8,8
14	LIMODRE	16,38	246	4,2
15	REDES	25,42	219	2,4
16	EL RASO	1,71	87	14,1
17	SESELLE	13,37	414	8,6
18	ARES	110,95	1.000	2,5
19	CHANTEIRO	5,67	379	18,6
20	AS CAGALLAS	386,88	91	0,1
21	CERVÁS	557,60	400	0,2

Los bombes 4, 12, 20 y 21 son rebombes no tienen aportación de escorrentía.

Esto supone que si se produce otro episodio de lluvia antes del vaciado del tanque aumentan el tiempo que se está enviando el caudal punta a la EDAR.

Como ejemplo se presenta el hietograma del mes de noviembre de la simulación del caso que nos ocupa. Con una precipitación acumulada del mes de 216 mm.

Esta precipitación genera el siguiente hidrograma de entrada a la EDAR.

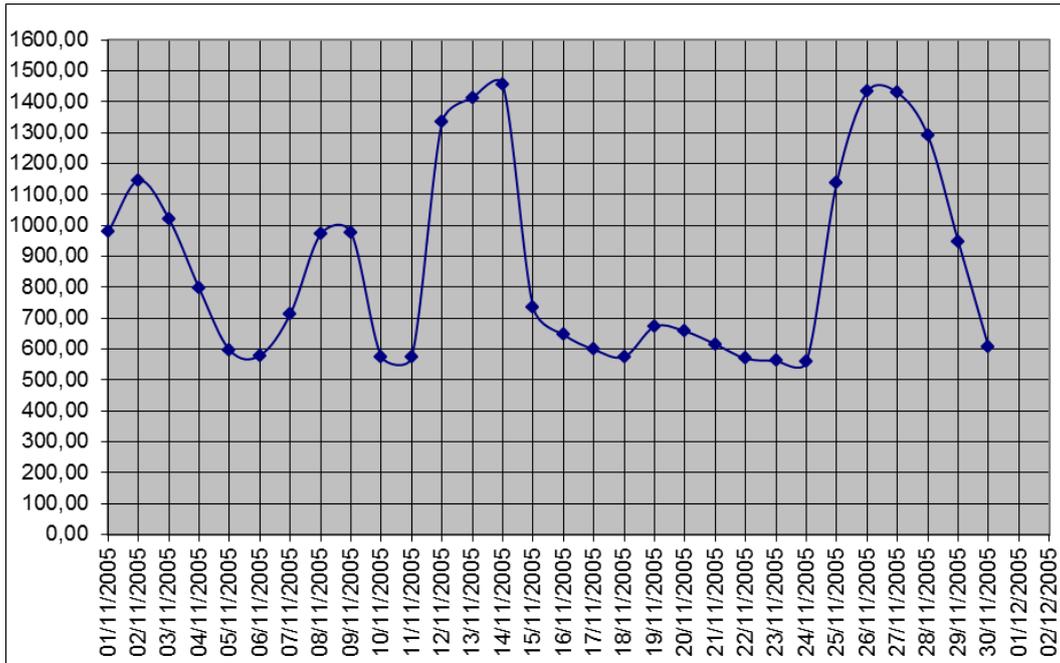


Figura 4:- Hidrogramas generados mediante simulación en el mes de noviembre del año 2005.

La Administración Hidráulica de Galicia adjudicó la construcción de la obra “Saneario de la margen Sur de la Ría de Ferrol y margen Norte de la Ría de Ares” a la unión temporal de empresas, S.A. de Servicios y Obras COPASA & Construcciones Taboada y Ramos, S.L. estando a día de hoy en ejecución.



Figura 5: Vista general de la EDAR en construcción.

4.- RESULTADOS OBTENIDOS

Del análisis del conjunto del sistema se deduce que la gestión de los bombeos condiciona el régimen de caudales de entrada a la EDAR, provocando que las puntas de los hidrogramas de entrada no sean tan pronunciadas sino que se prolonguen durante horas e incluso días. Esto supone tener que hacer una serie de cambios en el diseño de la EDAR, que en resumen son:

- Aumento de la recirculación interna, diseñando los equipos para el 100 % del caudal punta de entrada la planta (260 % Q_{medio} en el día del año de máximo caudal), evitando de este modo los posibles escapes de flóculos en el decantador secundario manteniendo al mismo tiempo las concentraciones de licor mezcla en el reactor biológico y buscando mantener un tiempo de retención celular para tener una mayor capacidad de amortiguamiento ante una descarga de cierta entidad.
- Los decantadores secundarios se han diseñado con una profundidad de 4 m. bajo vertedero, para mantener un cierto almacenamiento de fangos ya que Beneyto (2004) observó la relación DQO/DBO del agua residual pasa de 1'95 en tiempo seco a 2'9 en tiempo de lluvia, esto supone que el mayor contenido de partículas inorgánicas en las aguas de lluvia favorece el espesamiento del fango del decantador pudiendo trabajar a concentraciones más altas y evitando que el nivel de fangos pueda comenzar a elevarse con la consiguiente pérdida de flóculos y de rendimiento del sistema.
- Se ha tenido que revisar la línea piezométrica con los nuevos caudales recirculados para no generar problemas en los oxirotores ni desbordamientos en las arquetas de distribución a los biológicos.
- Las puntas de oxígeno asociadas a las puntas de carga contaminante no se han tenido en cuenta por el efecto de laminación que tienen los tanques de tormenta, al ser la concentración media del suceso (CMS) similar a la media de un agua residual doméstica.

5.- CONCLUSIONES

Las conclusiones principales que se extraen de los estudios y trabajos realizados son:

- La calidad en el medio receptor es quien determina la solución de saneamiento, pero no solo en lo referente a la EDAR, si no en todos los puntos en que hay bombeos.
- Los depósitos de detención-aliviadero, o depósitos de tormenta, son los que realmente controlan el número de incumplimientos en el medio natural, acorde con la normativa de calidad de agua, que establece un determinado porcentaje de muestras que superen los valores máximos de indicadores de contaminación fecal.
- La planificación correcta y el control de los caudales en tiempo de lluvia, gestionados por los bombeos, es clave para que la depuradora trabaje a caudal máximo cumpliendo los objetivos de vertido y no se desestabilice.

BIBLIOGRAFÍA

1. BENEYTO, M. (2004); "Evaluación de rendimientos de depósitos de detención-aliviadero en redes de saneamiento unitarias en cuencas de la España húmeda". Tesis doctoral. Grupo de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente, Universidad de Coruña. A Coruña.
2. BERTRAND-KRAJEWSKI, J.L.; LEFEBVRE, M; LEFAI, B. y AUDIC, J-M (1994) "Flow and pollutant measurements in a combined sewer systems to operate a wastewater treatment plant and its storage tank during storm events" Water Science & Technology, Vol 7, págs. 1-12
3. CEDEX (2008); "Gestión de las aguas pluviales. Implicaciones en el diseño de los sistemas de saneamiento y drenaje urbano"; Monografías del Centro de Estudios y Experimentación de las Obras Públicas; Ministerio de Fomento; Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. ISBN 987-84-7790-475-5.
4. XUNTA DE GALICIA; (2010); "Instrucciones Técnicas de Obras Hidráulicas de Galicia"; Administración Hidráulica de Galicia (<http://augasgalicia.xunta.es/es/ITOHG.htm>).