



Puesta al día sobre los aspectos técnicos y económicos de la inspección y control de vertidos a sistemas públicos de saneamiento

Rafael Marín Galvín jefe de Control de Calidad, Calidad y Medio Ambiente de la Empresa Municipal de Aguas de Córdoba (Emacsa)
Rafael Mantecón Pascual jefe de Saneamiento y Relaciones Externas del Área Metropolitana Barcelona (AMB)

El pasado 10 de marzo de 2016 y dentro del salón internacional Smagua de Feria de Zaragoza se desarrolló el 'V Encuentro sobre Inspección y Control de Vertidos a Sistemas Públicos de Saneamiento: Aspectos Técnicos y Económicos'. El objetivo general de este evento periódico (lleva realizándose desde 2007) del Grupo de Trabajo de Inspección de Vertidos Industriales y Laboratorio de la Comisión V de la Asociación Española de Abastecimientos de Agua y Saneamiento (AEAS) fue, en esta edición, resaltar las principales parcelas involucradas en la actividad en el presente, con especial atención a cuestiones técnicas (teóricas y prácticas) y económicas. Así pues, las fuentes habituales de aporte de contaminación a los saneamientos, el día a día de la labor de control e inspección, los aspectos económicos, el control analítico de efluentes e, incluso, la diferente respuesta de las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR) ante los denominados contaminantes emergentes (sustancias prioritarias, peligrosas, otros contaminantes y sustancias preferentes, según define el RD 817/2015) centraron las ponencias expuestas, así como los temas tratados en el debate final desarrollado durante este evento, y que se resumen a continuación.



Introducción

Las actividades habituales del Grupo de Trabajo de Inspección de Vertidos Industriales y Laboratorio (GIVL) de la Comisión V de Aguas Residuales de AEAS suelen tener una trazabilidad enmarcada periódicamente dentro del desarrollo de los denominados 'Encuentros sobre Inspección y Vertidos a Sistemas Públicos de Saneamiento', que se organizan para intentar avanzar en la optimización del proceso global del seguimiento, inspección y control de los vertidos (especialmente industriales, pero también vertidos en general) que reciben los sistemas integrados de saneamiento público.

La inspección y el control de vertidos a los saneamientos se demuestran insustituibles para lograr que las redes de alcantarillado estén operativas, sin especiales problemas accesorios y para que lleven a cabo eficientemente su misión. Además, garantizan que las depuradoras puedan convertir las aguas residuales urbanas en aguas depuradas que posteriormente se viertan a los cauces públicos con un coste ambiental admisible (y económico) o bien que las aguas depuradas o subproductos de depuración puedan estar en disposición de ser después reutilizados vía regeneración o, en el segundo caso, en diferentes actividades (aprovechamiento agrícola, cogeneración...).

Dicho lo anterior a modo sucinto de introducción, el objetivo de este trabajo será informar al sector en particular, y a todos los interesados en el tema en general,

acerca del desarrollo, temas abordados y conclusiones derivadas de la quinta edición del encuentro, que bajo el formato de jornada técnica se desarrolló el pasado 10 de marzo de 2016 en Smagua con la denominación de 'V Encuentro sobre Inspección y Control de Vertidos a Sistemas Públicos de Saneamiento: aspectos técnicos y económicos'.

Desarrollo del encuentro

El evento contó casi con 100 asistentes y fue organizado entre AEAS (coordinación técnica) y Smagua 2016. Asimismo, hay que destacar la imprescindible colaboración de diferentes empresas y organismos públicos y privados que desarrollan labores relacionadas con el proceso de inspección y control de vertidos en todo el Estado, los cuales enviaron sus técnicos como ponentes al evento: Empresa Municipal de Aguas de Córdoba (Emacs), Área Metropolitana de Barcelona, Entidad de Saneamiento de la Región de Murcia (Esamur), Empresa Metropolitana de Aguas de Sevilla (Emasesa), Consorcio de Aguas Bilbao Bizkaia, Iproma y Facsa.

La jornada se estructuró en un formato de ocho ponencias, que trataron los temas más relevantes actualmente del control de vertidos (la primera introductoria al resto de las siguientes), y un debate final, con turno de preguntas. Se reproduce a continuación los puntos más significativos y de interés tratados en cada una de las intervenciones.

Figura 1. Contaminantes en aguas residuales y fuentes de origen.

METALES PESADOS Y SUS COMPUESTOS Usados en la industria, hogares y presentes en zonas mineras		BIOCIDAS Y FITOSANITARIOS Composición diversa. Gran resistencia a la degradación microbiológica, son tóxicos y pueden tener propiedades cancerígenas	
Cadmio	Industrial y doméstico	Triazinas: Atrazina, Simazina	Herbicidas de uso muy difundido
Cromo	Industria metalúrgica y tratamiento de superficies metálicas	Isoproturón	
Estaño	Cromo III en curtido de pieles	Alacloro	Prohibido por su alta toxicidad
Níquel			
Zinc			
Cobre	Electricidad, fitosanitarios, pinturas		
Plomo	Fabricación y reciclaje de baterías, pinturas, aditivo de combustibles		
Selenio	Electrónica, cosméticos		
Mercurio	Electroquímica, fluorescentes, termómetros		
ARSÉNICO Y SUS COMPUESTOS		ORGANOFOSFORADOS No son muy solubles en agua, se descomponen con pH alcalino, siendo oxidables y biodegradables, pero altamente tóxicos inhiben la acción de la acetilcolinesterasa.	
Plaguicidas de Arsénico	Prohibidos por su elevada toxicidad	Clorfenvínfos	Ampliamente usados como plaguicidas
Arsénico	Semiconductores, curtidos, vidrio, colorantes	Clorpirifós	Gases de guerra (Sarin, agente V)
CIANURO Y DERIVADOS Industria química, plaguicidas, textil, plásticos, metal. Muy venenosos e inhibidores de tratamientos biológicos de depuración		ORGANOESTÁNNICOS Tóxico para animales acuáticos a muy bajas concentraciones.	
		Tributilestaño	Aditivo biocida en pintura para embarcaciones. Prohibido en la CE.
ORGANOHALOGENADOS (AOX) Gran resistencia a la degradación microbiológica, son tóxicos y pueden tener propiedades cancerígenas, por su carácter liposoluble tienden a bioacumularse llegando al ser humano a través de la cadena alimentaria.		SUSTANCIAS TÓXICAS Y BIOACUMULABLES COPs (Compuestos Orgánicos Persistentes). Convenio de Estocolmo -Baja hidrosolubilidad -Liposolubilidad elevada = Bioacumulativos -Semivolátiles	
Triclorometano (Cloroformo)	Desinfección de aguas	PCBs (Policlorobifenilos)	Líquidos refrigerantes transformadores eléctricos
Plaguicidas (Aldrin, Dieldrin, Endrin, Isodrin)	Pesticidas	Dioxinas y furanos	Oxidación, Combustión
DDT	Insecticida	Heptacloro	
1,2-dicloroetano	Plásticos (PVC)	Clordano, Mirex, Toxafeno	
Diclorometano	Solvente en la industria química	Aldrin, Dieldrin, Endrin	Pesticidas
Tetraclorometano	Refrigerante y desengrasante actualmente prohibido	Hexaclorobenceno (HCB)	Su uso está prohibido o estrictamente limitado en numerosos países
Tetracloroetileno = Tetracloreto = Percloroetileno (PER)	Limpieza en seco y Desengrasante en la industria metálica	Pentaclorofenol	Se siguen detectando a pesar de la prohibición
		Lindano	
		DDT	
		PBDE (Polibromodifeniléteres)	

Figura 2. Contaminación de las aguas residuales de industrias alimentarias.

	Conservas vegetales	Zumos	Congelados	Aceitunas	Bebidas alcohólicas
SS	1000-4000	600-3000	500-5000	50-2000	10-800
DQO	2000-10000	2000-8000	500-7000	10000-50000	3000-120000
NTK	1-100	1-60	15-100	1-100	1-20
PT	0-30	0-20	0-30	0-10	0,5-18
pH	2-12	4-10	4-9	4-9	4-11
CE	600-10000	700-5000	700-5000	3-40	0,5-3
Aceites y grasas	0-2000	10-15	0-40	50-500	0-50
Metales pesados	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia

	Carne	Pescado	Aceites y grasas	Lácteos	Azúcar y cacao
SS	500-2000	300-1800	1000-15000	500-6000	500-6000
DQO	2000-10000	800-7000	30000-70000	2000-50000	1000-80000
NTK	100-500	300-1500	10-400	50-500	1-700
PT	30-100	15-150	2-50	4-12	0-30
pH	5-9,5	5-9	5-10	4-12	3-12
CE (S/cm)	1-3	20-60	1,5-10	2-12	0,8-10
Aceites y grasas	100-2000	0-1000	500-40000	30-3000	20-3000

Figura 3. Evolución de DBO₅ en un episodio típico de lluvia.



Fuentes de aporte de contaminantes a los saneamientos

Ponente: Agustín Lahora Cano, de Esamur. Esamur depura un total de 105,21 hm³/año (2014) a través de 91 EDAR, de las cuales 58 cuentan con tratamiento terciario. Con respecto a las aguas residuales industriales específicamente, ya la Directiva 271/91/CEE habla de la necesidad de proteger la salud del personal involucrado en el saneamiento, de proteger los equipos e instalaciones de los alcantarillados y garantizar su buen funcionamiento, de garantizar que los vertidos industriales no afecten negativamente a los saneamientos y de que los vertidos depurados cumplan a su vez con otras normativas vigentes, así como que los lodos sean desechables o reutilizables adecuadamente desde la óptica medioambiental (RD 1390/1990 y Orden AAA 1072/2013).

Figura 4. Contaminantes emergentes y metales pesados en aguas residuales urbanas españolas. Agua residual influente a EDAR y agua depurada [12].

Compound (µg/L)	Spanish Influent	Spanish Treated
Heptachlor	1,868	0,006
Aldrin	0,001	0,005
Dieldrin	0,002	<0,001
Atrazine	0,026	0,037
Simazine	0,022	0,318
Diuron	0,028	0,119
Endosulfan I	0,061	0,100
Endosulfan II	0,017	0,022
Benzene	0,082	0,004
1,2-dichlorethane	0,778	3,708
Tetrachlorethylene	0,720	0,044
Chloroform	1,904	0,637
Benzo(b)fluoranthene	0,010	0,004
Benzo(k)fluoranthene	0,013	0,005
Benzo(g,h,i)perylene	0,010	0,002
Indene(1,2,3-c,d)pyrene	0,010	0,015
Benzo(a)pyrene	0,006	0,005
AOX's	0,420	0,016

Metal (mg/L)	Spanish Influent	Spanish Treated
Arsenic	0,001	0,002
Lead	0,024	0,002
Copper	0,159	0,027
Zinc	0,465	0,107
Nickel	0,023	0,020
Cadmium	0,001	<0,001
Mercury	0,001	<0,001
Chromium	0,033	0,008

Considerando las más de 200 sustancias contaminantes recogidas en las normativas sectoriales al efecto (RD 817/2015 y Reglamento E-PRTR), el autor pasa revista al origen de los mismos, como refleja la **Figura 1**. Aparte de esta información, dentro de las sustancias cancerígenas, mutagénicas y con actividad endocrina, los bencenos (benceno, tolueno, etilbenceno, o-xileno, meta y para-xileno) tienen su origen en la industria del plástico, colorantes, pinturas y barnices, pegamentos y gasolinas, los HAP en tráfico y calefacción, los nonilfenoles en detergentes, surfactantes y champús, los octilfenoles en productos de limpieza, y los conocidos f-talatos en plásticos y perfumes.

Para finalizar esta revisión, y en cuanto a fármacos y otras sustancias, en este apartado se incluyen los analgésicos, antiinflamatorios, antidepresivos, antibióticos, los estrógenos naturales y sintéticos (así como las hormonas) y las drogas de abuso, todos ellos de origen claramente doméstico o clínico. También extiende el autor su exposición a sustancias no reguladas, tales como siloxanos, fungicidas, cloratos, colorantes, las célebres toallitas y textiles, incluso a los trituradores de basuras domésticas.

Además, los contaminantes pueden proceder de fuentes puntuales, tales como los vertidos industriales, de



Figura 5. Características del agua residual doméstica de Sevilla.

GLOBAL (mg/l)	Tª	pH	Conduct	SS	SD	DQO	DBO ₅	TOC	Ac y G	Nt	N-NH ₄	Pt	PO ₄	Det. An	Det. T
Máximo	30,6	9,2	1554	830	48	1644	1026	478	198	106	95	19	35	47	64
Media	25,7	7,7	959	247	7	752	362	221	62	62	45	9	17	14	20

GLOBAL (mg/l)	Fe	Pb	Al	Mn	Cu	Zn	Cd	Co	Cr	Ni
Máximo	7,0	0,220	11	0,62	0,230	0,440	0,006	0,210	0,230	0,090
Media	1,1	0,028	2,4	0,08	0,058	0,186	0,0001	0,0074	0,0139	0,006

relativamente fácil control para el gestor de las redes de saneamiento, o de fuentes difusas, tales como aguas de tormenta y escorrentías, aguas residuales domiciliarias e intrusiones marinas, mineras o agrícolas, de extremadamente difícil seguimiento.

En todo caso y con respecto a las aguas residuales industriales, el uso del agua en las industrias manufactureras se distribuye (aproximadamente) entre un 33% para las químicas y farmacéuticas, un 21% para las alimentarias y de bebidas, un 17% para las metalúrgicas, un 13% para las papeleras y artes gráficas, y el resto (16%) es empleado por industrias de los combustibles y petróleos, maquinaria, minerales no metálicos, textiles y otras. En la **Figura 2** se aportan datos sobre la carga contaminante aportada por industrias alimentarias (importantes en la Región de Murcia) como muestra de la situación de las aguas residuales industriales en general.

Con relación a la contaminación difusa, prácticamente fuera de control para los gestores de los saneamientos, la **Figura 3** presenta, como ejemplo, la evolución con el tiempo de la medida de DBO₅ en episodios de lluvias: se observa un aporte ciertamente importante tras el inicio de la lluvia con los consiguientes efectos negativos en las EDAR. Asimismo, y aparte de la imprevisibilidad de este tipo de eventos, las aguas de lluvia pueden contener además de contaminantes convencionales (sólidos, carga orgánica, N, P...) pesticidas, metales, hidrocarburos, disolventes orgánicos, etc.

Todo esto se traslada al agua residual urbana: si bien se trata de concentraciones muy modestas, la detección de compuestos es generalizada en todo el país (ver **Figura 4**, que complementa la información aportada en la ponencia). Para finalizar y como conclusión de todo lo dicho, la prevención y control en origen deben ser prioritarios en orden a reducir la carga contaminante en nuestros saneamientos, al mismo tiempo que significar que las actuales EDAR están diseñadas para depurar la carga convencional, no contaminación ni contaminantes emergentes, lo que se hace de forma muy limitada.

El día a día del control de vertidos

Ponente: Miguel Ángel Doval Aguirre, de Emasesa. Tras una presentación general del saneamiento en el área metropolitana de Sevilla, el ponente se centró, como optimización del control de vertidos, en un estudio llevado a cabo sobre identificación y evaluación de las características de efluentes urbanos de la ciudad de Sevilla. En este sentido, se establecieron 27 puntos de muestreo representativos de la red de saneamiento, analizándose una serie de parámetros *in situ* (Tª, pH y conductividad) y otros en laboratorio: sólidos en suspensión y sedimentables, aceites grasas, DBO₅, DQO y COT (materia orgánica), nutrientes (nitrógeno total y Kjeldahl, fósforo total y ortofosfatos), metales (Fe, Pb, Al, Mn, Cu, Zn, Cd, Co, Cr y Ni) y diferentes tipos de detergentes (totales, catiónicos, no iónicos y aniónicos).

El estudio demostró que las características del agua residual urbana correspondían a la establecida en bibliografía, con una carga media-fuerte, y un componente estacional importante con cargas menores en verano y más altas en otoño. Con relación a los metales pesados no traspasaban los límites recogidos en la normativa sectorial (**Figura 5** y [13]).

Posteriormente, el ponente habló de las diferencias entre vertidos domésticos e industriales caracterizando a los primeros por presentar pautas cíclicas, grandes volúmenes homogéneos en el tiempo y alta biodegradabilidad, mientras los segundos presentan pautas puntuales, volúmenes variables, elevada variabilidad en sus características y baja biodegradabilidad en muchos casos. En cuanto a los problemas provocados por los vertidos industriales en saneamientos afectan, como es sabido, a redes y sistemas de depuración.

En las redes, recordó, generan degradaciones en colectores, atascos y obstrucciones, generándose gases tóxicos e inflamables. Ya en las EDAR se pueden deteriorar el proceso depurador por la toxicidad de muchos contaminantes sobre los procesos biológicos implicados, se detectan disminuciones en la producción de biogás

Figura 6. Posibles efectos negativos de los vertidos industriales sobre los saneamientos: arriba, efectos sobre colectores; debajo, efectos sobre las EDAR.



(digestión anaerobia) y se pueden dificultar tanto la regeneración de aguas depuradas, como la calidad del fango de depuración generado con posteriores restricciones en su uso, encareciendo en todo caso los costes generales de la depuración (**Figura 6**).

La segunda parte de la ponencia se centró sobre el control práctico de vertidos. Así, se habló de la obligatoriedad del establecimiento de un Plan de Control de Vertidos, recogido en el RD 606/2003 a escala estatal, y en el posterior Decreto 109/2015 de la Junta de Andalucía, correspondiendo a las entidades locales y a las comunidades autónomas implantar un plan de saneamiento y control de vertidos, estableciendo programas de reducción de sustancias peligrosas, así como suministrar información sobre la existencia de vertidos en colectores con sustancias peligrosas.

El control de vertidos en Emasesa se realiza desde 1982 estando la actividad, en sus aspectos técnicos y administrativos, certificada por las normas UNE-EN ISO 9001, 14001, estándar OHSAS 18001, y acreditada por las normas UN-EN ISO 17020 y 17025. Así, durante 2015 se investigaron 595 empresas, de las cuales un 12% se calificaron como contaminantes. El control de vertidos se distribuye en función del ámbito de influencia de las EDAR operativas en Sevilla (**Figura 7**) pasándose después revista a las funciones típicas del mismo:

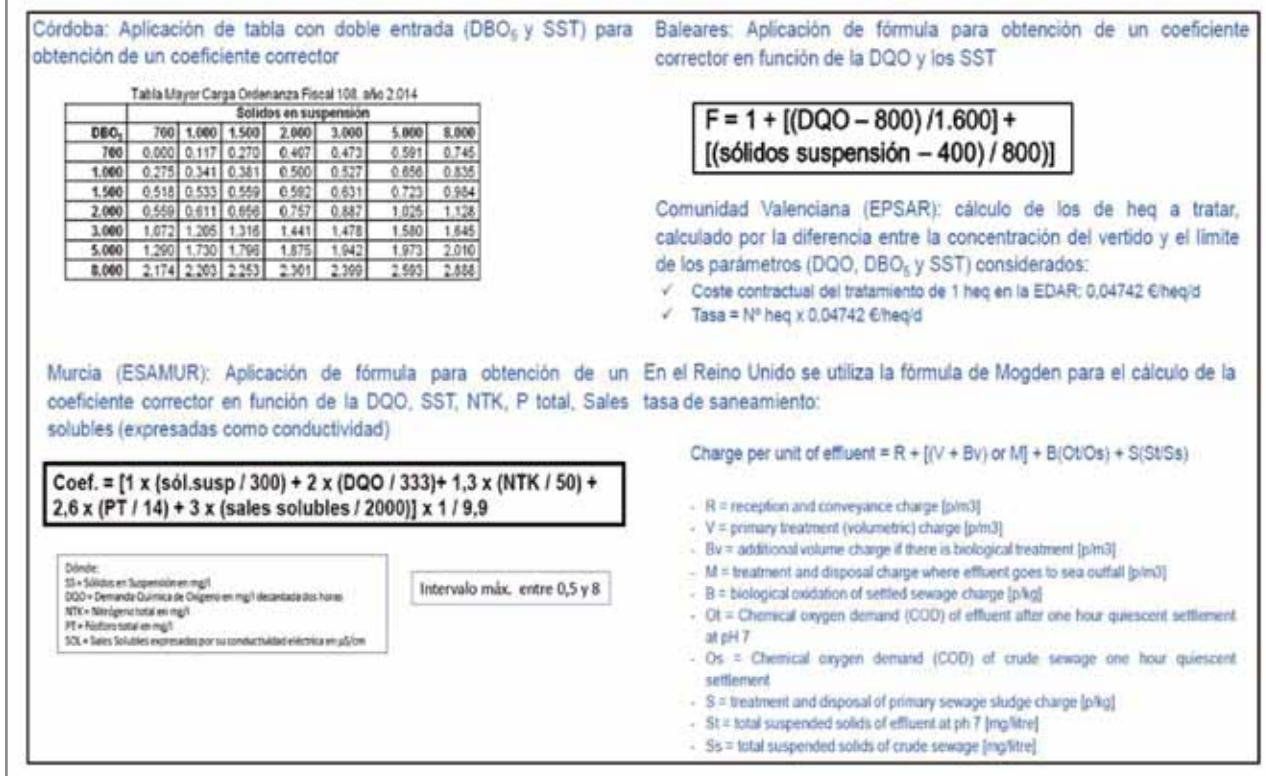
- Inspecciones de acometidas de saneamiento, puntuales o rutinarias.
- Tomas de muestras con práctica y metodología al caso.
- Caracterización de vertidos, mediante controles puntuales o sistemáticos.

Figura 7. Control de Vertidos llevado a cabo por Emasesa.





Figura 8. Diferentes formas de cálculo de la mayor carga contaminante (considerando carga biodegradable) en España, y comparativa con la usada en el Reino Unido.



Como cuestiones relevantes, citar el aseguramiento de la calidad en todas las fases del proceso y el poder contar con instrumentación operativa y eficiente (tomamuestras y equipos de laboratorio, vehículos...), todo ello enfocado a implantar medidas eficaces frente a la contaminación: identificación de fuentes contaminantes; política de disuasión y prevención frente a la emisión de contaminantes (importantes los convenios de colaboración con empresas); y optimización de la reutilización de aguas y subproductos derivados del agua residual urbana.

Aspecto económico de la inspección y control de vertidos: tratamiento económico de la mayor carga contaminante

Ponente: Íñigo González Canal, del Consorcio de Aguas Bilbao Bizkaia. El principio de 'quien contamina paga' ya se estableció en la Directiva Marco del Agua 2000/CEE/60, debiendo tratarse como una tasa al producirse una contraprestación de servicios al industrial por depurar singularmente sus vertidos al saneamiento, y representando la mayor carga contaminante aportada por los vertidos industriales un sobrecosto en la depuración de los mismos para el gestor del saneamiento. En el cálculo de estos conceptos habrá que considerar el volumen vertido, la carga contaminante efectiva y su relación con

la normativa vigente (Ordenanza o Reglamento de Vertidos), el coste de las actividades de inspección, toma de muestras y laboratorio, incluso cánones de peligrosidad, y también la minoración de costes por baja carga contaminante que no deberían superar el 20% de bonificación sobre precio estándar.

En cuanto a volumen, puede aplicarse el consumo de agua, la medición del caudal por caudalímetro o el establecimiento de balances de aguas en función de consumo y actividad. En cuanto a carga contaminante, se puede aplicar a la que es tratada en la práctica la EDAR (DQO/DBO₅, sólidos, N, P) o incluir otros parámetros en relación a valores de referencia del agua residual doméstica. Finalmente, las cargas aplicables se podrían obtener mediante campañas de muestreo, controles periódicos del gestor, o datos de autocontrol del propio vertedor.

En cuanto a metodologías de cálculo del sobrecoste de carga, se presentan algunos ejemplos representativos en la **Figura 8**, los cuales consideran solo carga biodegradable, comparándose con algunos empleados fuera de España (Reino Unido). Por el contrario, en otros saneamientos se consideran todos los parámetros limitados en la Ordenanza o Reglamento de Vertidos: Sevilla o Barcelona con aplicación por incumplimientos de cualquiera de los límites establecidos (**Figura 9**).

Figura 9. Cálculo de la mayor carga contaminante considerando todos los parámetros limitados en las normativas.

Sevilla (EMASESA): se cobra por incumplimiento de límites establecidos

$Q \times (Ta + Tv + (Td \times K))$

- Q: Cantidad de agua utilizada en la fábrica, medida en m³, con independencia del caudal vertido
- Ta: Tarifa de Abastecimiento
- Tv: Tarifa de vertido
- Td: Tarifa de Depuración
- K: Coeficiente de contaminación vertido para vertidos no controlados (calculado según la tabla adjunta)

Incumplimiento	Porcentaje	Tarifa (€/m ³)	Coeficiente (K)	Unidad	Valor
Ex=10%	0 a 10	10%	0,5	€/m ³	10
Ex=10%	10 a 20	15%	0,75	€/m ³	15
Ex=10%	20 a 30	20%	1,0	€/m ³	20
Ex=10%	30 a 40	25%	1,25	€/m ³	25
Ex=10%	40 a 50	30%	1,5	€/m ³	30
Ex=10%	50 a 60	35%	1,75	€/m ³	35
Ex=10%	60 a 70	40%	2,0	€/m ³	40
Ex=10%	70 a 80	45%	2,25	€/m ³	45
Ex=10%	80 a 90	50%	2,5	€/m ³	50
Ex=10%	90 a 100	55%	2,75	€/m ³	55

Barcelona: se aplica a cualquier incumplimiento de los límites por parte de un vertido

Existen cuatro tipos de contaminantes y se valora carga:

- Materias en suspensión: 0,2233 €/kg
- Materia orgánica: 0,4468 €/kg
- Materias inhibitorias: 4,4675 €/kg-equival.
- Conductividad: 0,2344 €/S/cm por m³

Finalmente, en el Consorcio de Aguas Bilbao Bizkaia existen unas 200 industrias, de las que a 78 se les factura por volumen suministrado y al resto por volumen vertido o carga alta, aplicándose además la minoración de costes en función de baja carga. Se aplican sobrecostes por exceso de DQO, de sólidos en suspensión totales y de N-NH₄, no existiendo límite de emisión de DQO excepto por falta de capacidad de depuración de las EDAR. El exceso de carga aplica la fórmula:

$$\text{Exceso DQO} = m^3 \times [(DQO \text{ vertido} - 900)/1.000]$$

$$\text{Exceso SST} = m^3 \times [(SST \text{ vertido} - 675)/1.000]$$

$$\text{Exceso N-NH}_4 = m^3 \times [(DQO \text{ vertido} - 54)/1.000]$$

siempre que el resultado sea positivo.

Para la minoración de carga (hasta el 16% del coste de referencia) se aplican valores de DQO < 500 mg/L, SST < 450 mg/L y N-NH₄ < 40 mg/L.

En cuanto al vertido, el balance de masas considera el agua de abastecimiento, la de fuente propia del industrial, evaporación, pérdida de agua por incorporación al producto fabricado y vertido final, mientras que también se aplica en otros casos la medición directa del caudal por caudalímetro.

Control analítico en efluentes industriales: nuevas tendencias

Ponente: Félix Ripollés Pascual, Iproma. Se inició la exposición con una visión sobre la complejidad analítica creciente a lo largo de la historia derivada de los parámetros investigados en aguas residuales y de los límites de cuantificación exigibles. Si en un principio se investiga-

Figura 10. El análisis de aguas a través de la historia.

g/L, mg/L, µg/L, ng/L, ppb, ppt, ppq

10⁰, 10³, 10⁶, 10⁹, 10¹², 10¹⁵

Salas alquistas, SO₂, SO₄, Detergentes, Plaguicidas, VOCs, Turbidímetros, Difenilaminas bromadas

Balanza, Pipeta, Espectrómetro, HPLC, PCBs, Drogas e Biomasa

Ejemplo: RD 817/2015 - Implantación y aplicación de heptacloro. NCAMA Crea aguas superficiales = 1 + 10³ µg/L. 10³ µg/L = 0,000000000000000001 Kg/L = 10⁻¹¹ Kg/L (100%)

Distancia a 150.000 Km
Distancia a 10⁻¹¹ = 0,0015 mm = 1,5 µm

ban g/L en la actualidad se llega hasta los ng/L o incluso menos (Figura 10). Algo así como medir con precisión cantidades de 1,5 µm en la distancia de La Tierra al Sol.

Posteriormente se incidió en la labor insustituible del Laboratorio como herramienta del control de vertidos a la hora de evaluación y contraste de los parámetros de seguimiento establecidos. Es interesante contar con sistemas de calidad acreditados (UNE-EN ISO 17025), detectándose como problemas más relevantes de los laboratorios al recibir las muestras los siguientes:

- Inadecuación de envases de muestras, rotura y deterioro de los mismos.
- Deficiente almacenamiento temporal previo a su envío al laboratorio.
- Deficiente coordinación en las rutinas de mensajería aplicadas.
- Interferencias entre parámetros a investigar.
- Incompleta identificación de los parámetros a investigar, y solicitudes confusas.

Toda la amplia gama de parámetros fisicoquímicos y biológicos determinados en aguas residuales requieren del soporte de variadas técnicas analíticas, complejas en su rutina práctica, de las que el ponente pasa a continuación una breve reseña explicativa:

- Electrometrías: pH, conductividad, oxígeno, F⁻, S⁼...
- Cromatografía iónica: Cl⁻, NO₃⁻, SO₄⁼, BrO₃⁻, Ca²⁺, Na⁺...
- Espectroscopía UV-visible: NH₄, PO₄³⁻, detergentes, metales, DQO, fenoles, CN⁻...
- Espectroscopía IR: aceites-grasas, hidrocarburos...
- Gravimetrías, volumetrías, destilación, turbidimetría, colorimetrías: sólidos, DBO₅, CO₃⁼, N-Kjeldahl, turbidez...
- ICP, ICP-EM: metales y metaloides, cationes...
- Absorción atómica: Hg, As, Se...



- Fluorescencia atómica: Hg...
 - Cromatografía de gases, CG-EM: COV, semivolátiles, hidrocarburos, plaguicidas...
 - HPLC, HPLC-EM: plaguicidas, fenoles, drogas, fármacos...
 - Radiactividad: radionucléidos...
 - Técnicas microbiológicas de cultivo e incubación: coliformes totales, *Escherichia coli*, enterococos, *Salmonella*...
 - Observación microscópica: huevos de helmintos, nematodos, bacterias filamentosas, protozoos...
 - Métodos rápidos: *Legionella*...
 - PCR: *Legionella*, virus, bacterias...
 - Indicadores biológicos: macroinvertebrados, fitoplancton, diatomeas, macrófitos...
- Indicadores hidromorfológicos: estructuras, substratos diversos...

Capítulo aparte merecen las nuevas tendencias de control analítico con medidas *in situ*, equipos portátiles, analizadores en continuo, caudalímetros, *data logger*, sondas, y transmisión de datos en tiempo real (**Figura 11**). Además, existen herramientas informáticas cada vez más sofisticadas para gestión de datos y de los propios laboratorios (LIMS) con emisión de informes contrastados vía informática y que cada vez se emplean más, agilizando en gran medida la toma de decisiones derivadas de los resultados obtenidos. Finalmente, el ponente presentó retos analíticos pendientes en la actualidad en el sentido de que a varios contaminantes recogidos en las normas de calidad ambiental se les adscriben límites paramétricos más exigentes que los disponibles en laboratorio: por ejemplo heptacloro, cipermetrina, dicofol, diclorvos, benzo(a)pireno o tributilestaño.

Comportamiento de las EDAR ante contaminantes y contaminación emergente: depuración avanzada de vertidos industriales

Ponente: Ernesto Santateresa Forcada, de Facsa. Como idea de partida, el ponente significó que el agua residual contiene sustancias inorgánicas, orgánicas y microbios en un estado energético inestable por lo que evoluciona interaccionando con el medio que la rodea. En cuanto a las sustancias inorgánicas, las insolubilizadas (arenas, arcillas, minerales, precipitados, suspensiones) no participan en la química del agua pero provocan atascos y abrasiones en las redes y EDAR, siendo no obstante eliminadas de forma sencilla en el tratamiento.

Con respecto a las sustancias inorgánicas solubilizadas (aniones, cationes), dotan de su comportamiento

Figura 11. Nuevas tendencias en control analítico de aguas.



químico concreto al agua residual (acidez, redox, fuerza iónica) además de contribuir al olor y color de esta. Su presencia genera corrosión de infraestructuras, problemas de incrustaciones, contaminación de los fangos de depuración, emisiones gaseosas, inhibición de procesos biológicos en las EDAR, sobrecarga en estos y episodios de salinización.

En cuanto a las sustancias orgánicas, emanan de procesos biológicos y de síntesis y se ubican en el agua residual en solución, suspensión, como flotantes, o adheridas a otros sustratos. Presentan dificultades en su concepto analítico al no responder a una metodología general (DQO, DBO₅, COT, N-Kjedahl...) y se pueden clasificar en dos grandes grupos: disueltas y no disueltas. Las disueltas se distribuyen entre materia celular viva y en descomposición, coloides orgánicos, aceites-grasas y ceras, microplásticos, fibras naturales y sintéticas e hidrocarburos. Generan problemas de olores, aumento en la producción de fangos en las EDAR, coloración y contaminación en agua depurada, así como fenómenos de toxicidad e inhibición microbiana.

Hablando ahora de las sustancias orgánicas solubilizadas, pueden ser biodegradables (urea, aminoácidos, azúcares, ácidos grasos, detergentes aniónicos, alcoholes, cetonas..) o difícilmente biodegradables (medicamentos, drogas y metabolitos, hormonas, plaguicidas, detergentes catiónicos y no iónicos..). Las primeras implican sobrecostos de depuración en las EDAR (aumento consumo de oxígeno) así como sobreproducción de fangos de depuración. Las segundas plantean episodios de toxicidad microbiana, *bulking* o *foaming*, contaminación de efluentes y contaminación de fangos de depuración.

Finalmente, la contaminación microbiológica tiene origen fecal humano, animal y ambiental, está integrada por bacterias, virus, hongos y protozoos, mayorita-

riamente, y sus efectos en las EDAR son formación de biopelículas y generación de olores, ensuciamiento de equipos de control (sondas, electrodos...), dificultad en el mantenimiento idóneo de procesos biológicos depuradores, formación de espumas, desarrollo de resistencias a antibióticos, e infecciones posibles así como problemas en la reutilización de aguas y fangos de depuración. Como conclusiones a lo dicho, dado que el agua residual está sujeta a variados contribuyentes de difícil control, ha de incidirse en la sensibilización ambiental del ciudadano y en la exigencia en la comercialización ambientalmente sostenible de productos tanto domésticos como industriales.

El control de vertidos: ¿sanción o solución?

Ponente, Rafael Mantecón Pascual, de AMB. El ponente expresó que las infracciones por incumplimientos de vertidos de aguas residuales a redes de saneamiento están totalmente definidas y de manera similar en la casi totalidad de la legislación del Estado, tanto con carácter local como autonómico, pero su aplicación directa a través de la sanción presenta una caústica múltiple, no siguiendo las normas de la propia legislación.

En este sentido, el 86% de las sanciones son gestionadas vía municipios y el 7% por las comunidades autónomas, siendo el resto no gestionadas. Por su parte en cuanto al importe derivado de las sanciones, el 50% tienen una cuantía entre 300 y 3.000 €, el 29% son superiores a los 3.000 €, el 7% inferiores a 300 €, y en el 14% restante no se aplica cuantía y no son gestionadas económicamente.

Los motivos para no aplicar la normativa en materia de sanciones radican en dificultades administrativas puesto que la gestión de las sanciones conlleva un entramado jurídico y administrativo importante, con tiempos dilatados, controversia en muestras y muestreos, muestras

dirimentes y contradictorias, plazos de notificaciones, alegaciones, recursos, etc. Todo esto encarece económicamente la inspección y la gestión de la propia sanción, existiendo asimismo problemas de competencias entre organismos y administraciones, además de problemas dimanados de realizar las inspecciones con empresas subcontratadas ajenas al gestor.

En todo caso, el origen de las sanciones es doble: incumplimientos paramétricos y daños derivados. Por otro lado, el cómo se sanciona puede ser valorando los incumplimientos puntuales, valorando la carga contaminante derivada, incrementando el canon de vertido aplicado, notificando el incumplimiento a una administración superior, o negociando con el vertedor un plan de descontaminación gradual con aplicación de plazos temporales definidos.

Como ejemplo práctico de la exposición se presenta la gestión de sanciones en el Área Metropolitana de Barcelona. En la **Figura 12** se recoge todo el proceso: las infracciones van desde leves a muy graves, con distinta cuantía. Con respecto a los parámetros limitados, al superar un determinado valor llevan asociados unos precios y unos factores determinados por su peligrosidad: en función de estos y de los coeficientes de valoración de la contaminación aplicados se calcula el importe a gravar. Además, existen coeficientes reductores en función de caudales de emisión bajos.

Como conclusión, el autor opina que la sanción no debe ser un fin, sino una herramienta para conseguir el fin único perseguido que es que la empresa vierta según normativa, y que lo prioritario es solucionar el problema con rapidez para lograr la correcta explotación del sistema de saneamiento.

Hacia una aplicación coherente de las normas de calidad ambiental

Ponente: Rafael Marín Galvín, de Emacsa. Inició la ponencia recordando que las EDAR son sistemas descontaminantes insustituibles y que su eficacia queda demostrada en el día a día (**Figura 13**) frente a los aportes contaminantes de toda la sociedad actual, no solo del sector industrial. Con relación a las conocidas normas de calidad ambiental -NCA- (RD 817/2015), plantean la casuística de que si bien afectan a cauces públicos, en la gran mayoría de los casos son aplicadas directamente por las autoridades ambientales a las aguas depuradas en las EDAR con los consiguientes efectos derivados de incumplimientos en autorizaciones de vertido a cauce.

Se plantea a continuación si las normativas vigentes cuentan o no con los suficientes estudios de campo, con

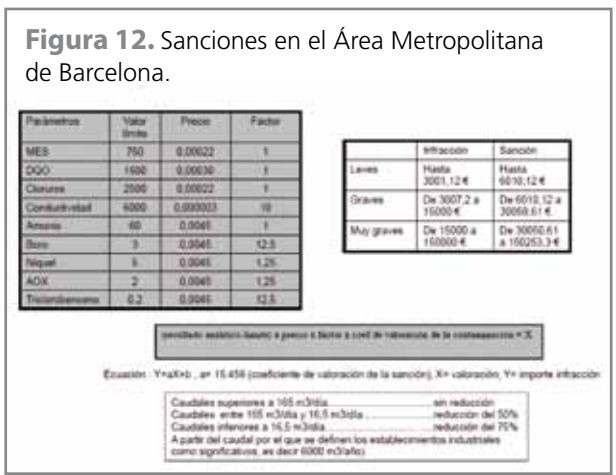
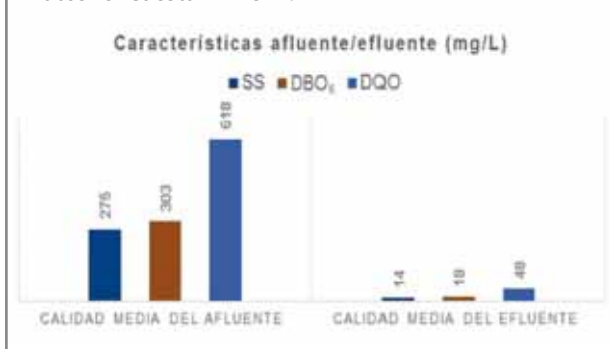




Figura 13. Eficacia de la depuración en España. Datos: encuesta AEAS 2014.



plazos temporales suficientes, y con base científica contrastada como para establecer las limitaciones actuales de contaminantes. La conocida situación en los saneamientos españoles es la presencia de contaminantes recogidos en las NCA y de origen en muchos casos claramente doméstico (Figura 14).

Con estas premisas, se realizó un estudio por parte del GIVL sobre la aplicación de las NCA en un significativo muestreo de diferentes saneamientos, cuyos resultados y conclusiones se trasladaron desde AEAS al Ministerio

del ramo (2015). Se planteaba la puesta en valor del concepto de zona mezcla, establecido en la normativa y raramente aplicado hasta la fecha, o bien de balances de masas, al objeto de establecer concentraciones reales y aplicables de sustancias limitadas en la normativa e inexcusablemente presentes en nuestras aguas residuales urbanas, con serias dificultades después para su tratamiento en nuestras EDAR biológicas. Tanto en uno como en otro caso habría de tenerse en cuenta el caudal del cauce donde se vierte, el caudal de la EDAR, el valor de partida de contaminación del cauce, con mecanismos de salvaguarda para garantizar cumplimientos medioambientales. Con estas prácticas se podrían establecer criterios razonables y justificados para limitar sustancias recogidas en las NCA en niveles adecuados y dentro de lógica y de los parámetros reales del sector (como ejemplo, la Figura 15).

Con mínima respuesta de la administración hasta la fecha a los planteamientos esgrimidos desde el sector, sin duda comprometido ambientalmente desde siempre, se continúa solicitando una implicación más decidida y una actitud más valiente de nuestros organismos ambientales en materia de aguas para dar solución a la problemáti-

Figura 14. Sustancias recogidas en las NCA presentes en los saneamientos españoles.

Tipología: sustancia prioritaria, peligrosa prioritaria, otros contaminantes ($\mu\text{g/L}$, concentración en aguas; $\mu\text{g/Kg}$ peso húmedo en biota)		MA A.Superf.Cont / Otras	CMA A.Superf.Cont / Otras
Alacloro	Prioritaria	0,3 / 0,3	0,7 / 0,7
Antraceno	Peligrosa prioritaria	0,1 / 0,1	0,4 - 0,1
Benceno	Prioritaria	10 / 8,0	50 / 50
Clorfenvinfos	Prioritaria	0,1 / 0,1	0,3 / 0,3
1,2-Dicloroetano	Prioritaria	10 / 10	No aplic. / No aplic
Diclorometano	Prioritaria	20 / 20	No aplic. / No aplic
Ftalato de di(2-dietilhexil) (DEHP)	Peligrosa prioritaria	1,3 / 1,3	No aplic. / No aplic
Endosulfán	Peligrosa prioritaria	5×10^{-3} / 5×10^{-4}	$0,01$ / 4×10^{-3}
Fluoranteno	Prioritaria	$0,1 - 6,3 \times 10^{-3}$	$1 - 0,12$ Biota 30
Nonilfenol y 4-Nonilfenol	Peligrosa prioritaria	$0,3$ (uni.) / $0,3$ (uni.)	$2,0$ (uni.) / $2,0$ (uni.)
Benzo(a)pireno	Peligrosa prioritaria	$0,05 - 1,7 \times 10^{-4}$	$0,1 - 0,27$ / $0,1 - 0,27$ Biota 5
Benzo(b)fluoranteno+Benzo(k)fluoranteno	Peligrosa prioritaria	$\Sigma=0,03$ / $\Sigma=0,03$	No aplicable - $0,017$
Benzo(g,h,i)perileno+Indeno(1,2,3-cd)pireno	Peligrosa prioritaria	$\Sigma=0,002$ / $\Sigma=0,002$	No aplicable - $8,2 \times 10^{-3}$ No aplicable - $8,2 \times 10^{-4}$
Tetracloroetileno, Tricloroetileno	Otro contaminante	10 (uni.) / 10 (uni.)	No aplic. / No aplic.
Compuesto tributilestaño	Peligrosa prioritaria	2×10^{-4} / 2×10^{-4}	$1,5 \times 10^{-3}$ / $1,5 \times 10^{-3}$
Heptacloro y epóxido de heptacloro	Peligrosa prioritaria	2×10^{-7} / 1×10^{-8}	3×10^{-4} / 3×10^{-5} Biota $6,7 \times 10^{-3}$

Tipología: sustancia preferente	MA	CMA
Etilbenceno	30	30
Xileno (suma 3 isómeros)	30	30

Figura 15. Ejemplo de aplicación de balance de masas a contaminantes.

EDAR convencional con caudal de vertido de $1,0 \text{ m}^3/\text{s}$
 Vertido a cauce con caudal de $5,0 \text{ m}^3/\text{s}$
 Concentración de atrazina (SP) en cauce de $0,05 \text{ } \mu\text{g/L}$
 Concentración de atrazina en NCA $0,6 \text{ } \mu\text{g/L}$
 Efecto dilución caudales: $Q_{\text{EDAR}}/Q_{\text{RIO}}$ (a definir)
 Aplicación concentración basal de contaminante:
 $C_{\text{ATRAZINA NCA}} = C_{\text{ATRAZINA RIO}}$
 Aplicación de restricciones: p.e., concentración admitida no superior al doble de la de la NCA
 Por lo que se aplica el doble de la NCA: $1,2 \text{ } \mu\text{g/L}$

En el agua residual urbana la concentración de atrazina es de $1,5 \text{ } \mu\text{g/L}$ y como la tasa de reducción en EDAR sería del 25%-40%, el efluente tendría del orden de $1 \text{ } \mu\text{g/L}$, con lo que se cumplirían las NCA..

ca existente. Además, y por último, es necesario llevar a cabo actuaciones periódicas y mediáticamente apoyadas para concienciar, en primer lugar, a los productores de preparados químicos de uso doméstico e industrial, pero también paralelamente al ciudadano, de que ambos son los principales actores que, sin ser conscientes en muchos casos a nivel personal, son contribuyentes a la contaminación ambiental.

Conclusiones del encuentro

De la jornada se extraen las siguientes conclusiones:

- La prevención y control en origen deben ser prioritarios en orden a reducir la carga contaminante en nuestros saneamientos, al mismo tiempo que significar que las actuales EDAR están diseñadas para depurar la carga convencional, no contaminación ni contaminantes emergentes lo que se hace de forma limitada.

- Es necesario el aseguramiento técnico y administrativo de la calidad en todas las fases del proceso de control de vertidos, el poder contar con instrumentación operativa y eficiente, y todo ello enfocado a implantar medidas eficaces frente a la contaminación que conduzcan a la identificación de la fuente contaminante, con una política de disuasión y prevención frente a la emisión de contaminantes y de optimización para la reutilización de aguas y subproductos derivados del agua residual urbana.

- Es necesario aplicar métodos transparentes para gravar a los vertidos son cargas contaminantes superiores a las permitidas, siempre que puedan depurarse, considerando caudales y cargas concretas, así como implantar la posibilidad de reducción de cuotas ante cargas contaminantes más bajas o por esfuerzos contrastados del vertedor en orden a reducir su contaminación vertida a las redes de saneamiento.

- Nunca las sanciones económicas por incumplimientos deberán planificarse como sistemas recaudatorios, sino como elementos disuasorios para el vertedor fuera de norma.

- Cada vez más se tenderá a contar de forma general con sistemas *on line* para controlar vertidos obteniendo datos analíticos fiables en tiempo real con lo que se acortarán los plazos para tomar decisiones.

- Las EDAR presentan lagunas en la depuración de muchas sustancias de las habitualmente detectadas y emitidas a los saneamientos: se necesitan otros diseños más innovadores, así como políticas de concienciación de industrias y ciudadanos.

- Finalmente, la administración debe dar cumplida respuesta a la implantación de límites paramétricos de sustancias contaminantes que sean reales y respondan a la situación experimentada por la práctica totalidad de los saneamientos del país.

Agradecimientos

A todos los ponentes de la jornada y a sus empresas y organismos, al propio Grupo de Inspección de Vertidos y Laboratorio de la Comisión V de Aguas Residuales de AEAS, así como a la organización de Smagua 2016.

Bibliografía

- [1] AEAS (1997). Aguas residuales industriales. Origen, caracterización y efectos sobre las instalaciones públicas de saneamiento y depuración.
- [2] Marín Galván, R. (1997). Vertidos industriales a redes públicas de saneamiento. Equipamiento y Servicios Municipales, núm. 70, págs. 37-45.
- [3] Nemerow, N.L.; Dasgupta, A. (1998). Tratamiento de vertidos industriales y peligrosos. Ed. Díaz de Santos, Madrid.
- [4] Metcalf & Eddy (2003). Wastewater Engineering. Treatment and reuse. Ed. McGraw Hill, 4th ed, New York.
- [5] Mantecón Pascual, R. (2005). Estudio de la contaminación industrial en el área metropolitana de Barcelona. Actas de las XXV Jornadas Técnicas de AEAS, Palma de Mallorca.
- [6] Marín Galván, R.; Mantecón Pascual, R.; Díaz de Durana Uriarte, B. (2006). Ordenanzas de vertidos como herramienta para lograr un más eficaz control de vertidos a las redes de saneamiento público. Tecnología del Agua, núm. 277, págs. 84-93.
- [7] AEAS (2007). Grupo de Trabajo de Inspección de Vertidos-Comisión V. Guía Práctica de Actuación en Materia de Inspección de Vertidos a redes de Saneamiento.
- [8] Mantecón Pascual, R. (2012). Manual Técnico de Inspección. Ed. del autor. Barcelona.
- [9] Marín Galván, R. (2015). Reflexiones sobre el panorama actual de la aplicación de las normas de calidad ambiental a las EDAR españolas. Tecnoaqua, núm. 14, págs. 102-110.
- [10] Marín Galván, R.; Rodríguez Mellado, J.M. (2015). Corrosive and aggressive phenomena associated to wastewater sanitation. IJERM, vol. 1 (9), págs. 1-7.
- [11] AEAS (2016). Suministro de agua potable y saneamiento en España 2014. XIV Encuesta Nacional.
- [12] Marín Galván, R. (2016). The problem of emerging pollutants and heavy metals into sanitation: a case study. Ponencia del 13th IWA Leading Edge Conference on Water and Wastewater Technologies. Jerez de la Frontera.
- [13] Doval Aguirre, M.A.; Rasero del Real, P.; González Carballo, J.A. (2016). Estudio, identificación y evaluación de las características actuales de los efluentes de origen doméstico. Tecnoaqua, núm. 18, págs. 66-72. 