

# *Vertidos especiales: lixiviados de vertedero, hospitales, fosas sépticas, urinarios públicos*

Fernando del Amo Pérez  
Responsable del Área de Depuración y Medio Ambiente  
[famop@fcc.es](mailto:famop@fcc.es)



**VI ENCUENTRO SOBRE INSPECCIÓN Y CONTROL DE VERTIDOS A SISTEMAS PÚBLICOS DE SANEAMIENTO: MEMORIAL RAFAEL MANTECÓN PASCUAL**  
22 de abril de 2021

# Índice

1. VERTIDOS ESPECIALES
2. VERTIDO DE LIXIVIADOS DE VERTEDERO
3. VERTIDO DE HOSPITALES
4. VERTIDO DE FOSAS SÉPTICAS
5. VERTIDO DE URINARIOS PÚBLICOS



1

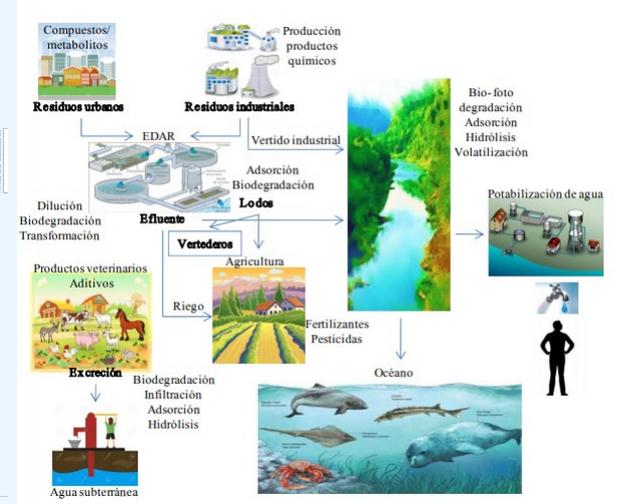
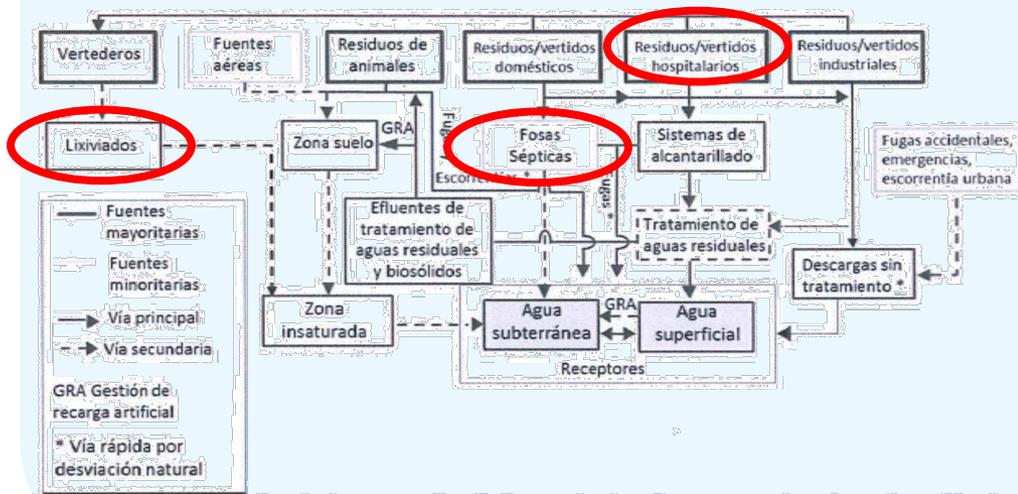
## Vertidos especiales

 aqualia

 aqualia

# 1. Vertidos especiales...Algo en común

El término **contaminante emergente**, se aplica a cualquier microorganismo o sustancia química presente en productos de higiene y cuidado personal, productos procedentes de la industria alimentaria, agricultura o farmacológica, cuya presencia en el medio ambiente puede ser perjudicial par el ser humano y los ecosistemas. Aún presente en aguas a bajas concentraciones, pueden producir toxicidad crónica, disrupción endocrina y bioacumulación.



Universidad de Alicante. Posibles vías de contaminación de los contaminantes emergentes al medio ambiente (Lapwoth et al. 2012).

Univeritat Roviri i Virgili. Contaminación emergentes en aguas residuales. (Paula Andrea Arbeláez. 2016)

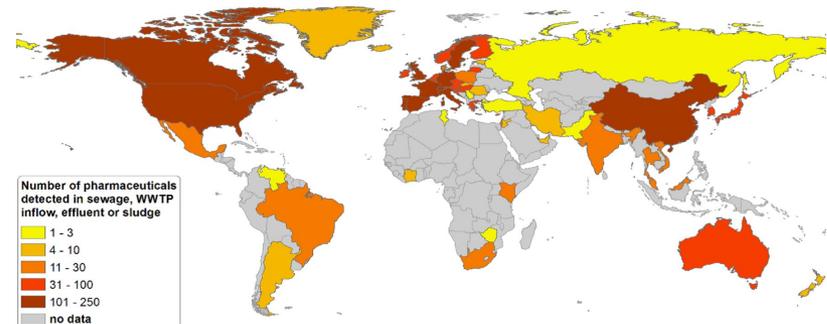
# 1. Vertidos especiales...Algo en común

HISTORIOGRAFÍA DE LA PREOCUPACIÓN MUNDIAL SOBRE LA CONTAMINACIÓN EMERGENTE.	
Años	Explicación
1970-1980	Metales y compuestos organometálicos, trihalometanos, PHA (hidrocarburos aromáticos policíclicos), plaguicidas (DDT y metabolitos).
1980-1990	Dioxanos, metabolitos de los detergentes, plaguicidas, fitosanitarios.
1990-2000	Fármacos, disruptores endocrinos, polibromo difenil éteres, derivados del ácido perfluorooctanóico (teflón).
2000-2010	Subproductos de la desinfección de aguas (THMs), nuevos fármacos y sus metabolitos, drogas de abuso, productos de higiene personal, cosméticos.
2010-2013	Microplásticos y nuevos medicamentos.
2013-...	Nuevos disruptores endocrinos, nuevos medicamentos y fármacos, nuevos subproductos de desinfección de aguas (ácidos haloacéticos, halonitrilos), patógenos microbianos ligados a fenómenos migratorios.



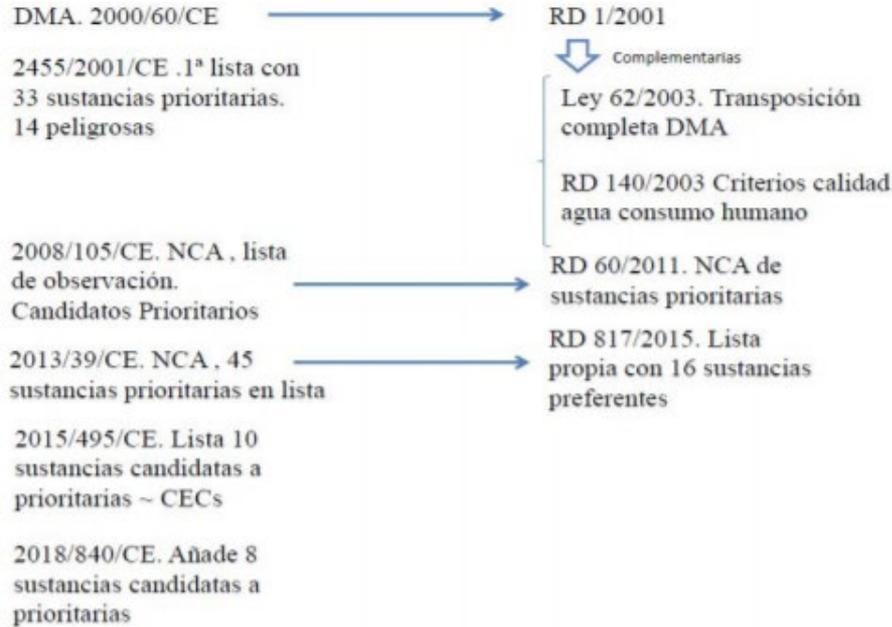
Las principales vías de los contaminantes emergentes hacia el medio ambiente son:

- Uso por parte de humanos y mascotas en áreas urbanas y sistemas de alcantarillado.
- Liberación de residuos hospitalarios a sistemas de alcantarillado.
- Lixiviación de fosas sépticas.
- Riego con efluentes tratados de las EDAR.
- Enmienda del suelo con biosólidos de las EDAR.
- Liberación de la agricultura: deriva, escorrentía y lixiviación.
- Liberación directa a aguas abiertas mediante lavado, baño y natación.
- Descarga de residuos industriales.
- Eliminación a vertederos a través de desechos domésticos, desechos médicos y otros desechos peligrosos.



IWW 2015. Número de fármacos detectados en aguas residuales. (Contaminantes emergentes en ecosistemas acuáticos de Argentina. 2017)

# 1. Vertidos especiales...Algo en común



*U. de Alcalá-U. Rey Juan Carlos I 2019. Esquema de legislación sobre sustancias prioritarias tras aprobación de la DMA.*

## PROBLEMÁTICA:

- Uso diario
- Amplio espectro (doméstico e industrial)
- Diferentes procedencias (pesticidas, compuestos industriales, de higiene personal, hormonas, productos farmacéuticos)
- Disruptores endocrinos (alteraciones en el desarrollo y comportamiento de seres vivos)
- Principal Barrera al medio: EDARs municipales. No es su función.

# 1. Vertidos especiales...Algo en común

Tratamiento	Rango de eliminación (%)	Fuente de agua	Area de estudio	Referencia
<b>Tratamientos convencionales de aguas residuales</b>				
Lodos activos	11-99	Aguas negras	Australia	Watkinson, Murby y Costanzo (2007)
	7-100	Alcantarillado	Europa, Japón	DWI (2007)
	<20-80	Alcantarillado	Francia	Gabet-Giraud et al. (2010)
Filtro biológico	8-98	Sin especificar	Brasil, Europa, Japón	Ziylan e Ince (2011)
	6-71	Alcantarillado	Europa	DWI (2007)
Sedimentación primaria	3-45	Sin especificar	Brasil, Europa, Japón	Ziylan e Ince (2011)
Coagulación, filtración y sedimentación	5-36	Sin especificar		
Filtro de arena	0-99	Efluente de lodos activos		
<b>Tratamientos avanzados de aguas residuales</b>				
Ozonización	1-99	Efluente de lodos activos	Brasil, Europa, Japón	Ziylan e Ince (2011)
	86-100	Efluente 2º	Francia	Gabet-Giraud et al. (2010)
Ozonización/ultrasonido y sonocatálisis	23-45	Sin especificar	Europa, Japón, India, Turquía, EEUU	Ziylan e Ince (2011)
Ozonización y ozonización catalítica	>9-100	Sin especificar		
Radiación UV	29	Sin especificar	Brasil, Europa, Japón	Ziylan e Ince (2011)
Fotólisis (UV/H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	52-100	Sin especificar	Europa, Japón, India, Turquía, EEUU	Ziylan e Ince (2011)
Fenton UV/TiO <sub>2</sub>	80-100 ≈95			
Biomembrana	23-99	Efluente tratado	Brasil, Europa, Japón	Ziylan e Ince (2011)
Microfiltración y ósmosis inversa	91-100	Efluente 2º tratado	Australia	Watkinson, Murby y Costanzo (2007)
Ósmosis inversa	62-97	Efluente 2º tratado	Francia	Gabet-Giraud et al. (2010)
Ultrasonidos	24-100	Sin especificar	Europa, Japón, India, Turquía, EEUU	Ziylan e Ince (2011)

**U. de Alcalá-U. Rey Juan Carlos I. Contaminantes emergentes: origen y destino (M<sup>a</sup> Teresa Cuenca, 2019).**

2

## Vertido de lixiviados de vertedero

 **aqualia**

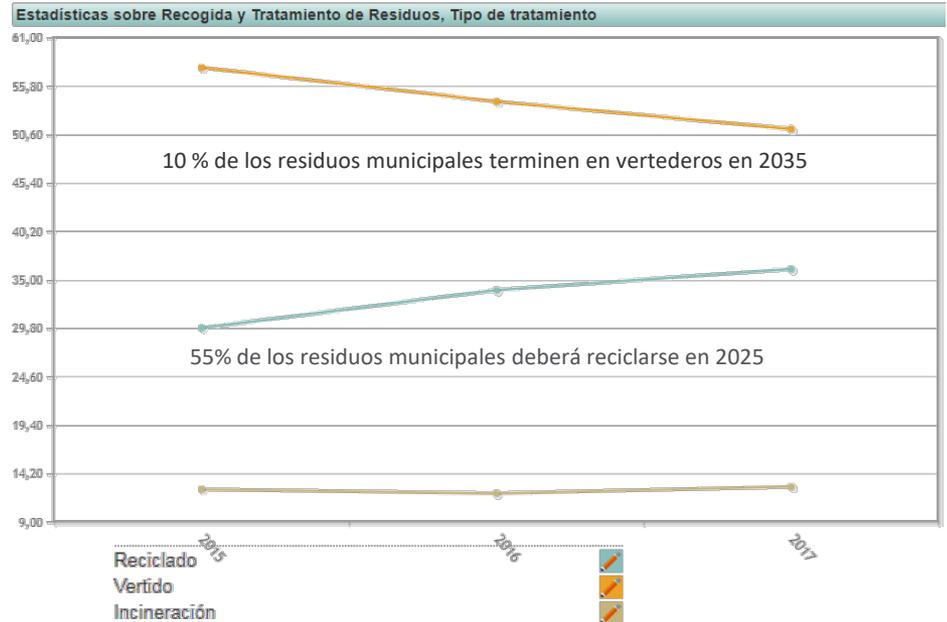
 **aqualia**

## 2. Vertido de lixiviados de vertedero. Tratamiento de residuos

RESIDUOS DE COMPETENCIA MUNICIPAL TRATADOS SEGÚN TIPO DE INSTALACIÓN. 2017		
Instalaciones de tratamiento de residuos	Nº de instalaciones	Entrada (t/año)
Instalaciones de clasificación de envases	92	660.932
Instalaciones de triaje	6	1.052.138
Instalaciones de compostaje de fracción orgánica recogida separadamente	43	417.863
Instalaciones de triaje y compostaje	66	8.617.873
Instalaciones de triaje, biometanización y compostaje de fracción orgánica recogida separadamente	8	260.761
Instalaciones de triaje, biometanización y compostaje	21	3.184.152
Instalaciones de incineración	10	2.475.629
Vertederos	116	11.657.901

Fuente: Información proporcionada por las CCAA.

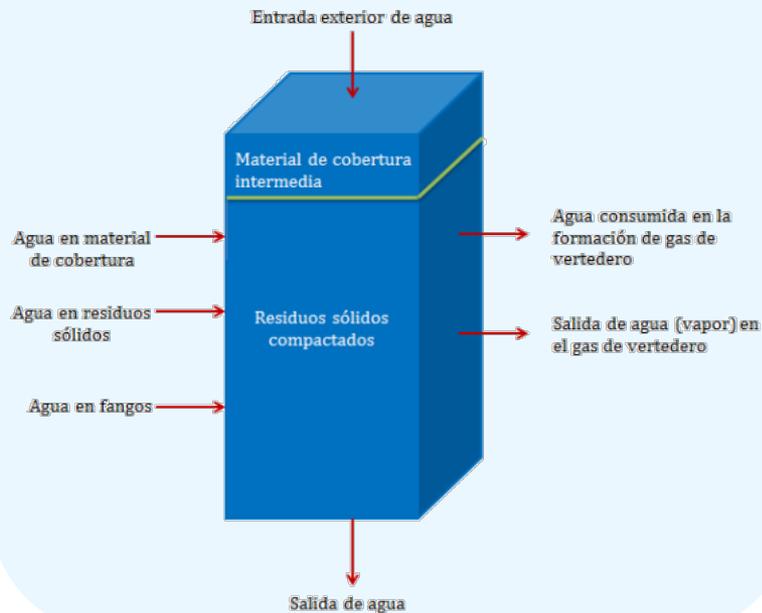
MITECO. Memoria anual de generación y gestión de residuos.2017



INE. Estadística sobre recogida y tratamiento de residuos.2017

## 2. Vertido de lixiviados de vertedero. Generación y calidad

### BALANCE DE AGUAS (CANTIDAD DE LIXIVIADO)



Universidad Politécnica de Valencia. Balance de aguas para generación lixiviado de vertedero.

### ✚ CALIDAD DEL LIXIVIADO

#### ✘ FASE DE DESCOMPOSICION

- ACIDA: Ph ↓ DBO, DQO ↓ ST ↓ Metales Pesados ↑
- METANGENICA: Ph (neutro) DBO, DQO ↓ ↓ M.Pesados ↓

#### ✘ TIPO DE RESIDUO DISPUESTO

- Inertes; % Mat. Orgánica; Combustible: RTP.

#### ✘ EDAD DEL VERTEDERO

➤ CALIDAD → TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS  
➤ CANTIDAD

Wehrle. Lixiviados de vertedero. Pablo García González 2014)

## 2. Vertido de lixiviados de vertedero. Características

	Type of Leachate		
	Young	Intermediate	Old
Age (years)	0-10	10-20	>20
pH	<6.5	6.5-7.5	>7.5
BOD <sub>5</sub> /COD	0.5-1.0	0.1-0.5	<0.1
BOD <sub>5</sub> (mgO <sub>2</sub> /L)	>4000	1000-4000	<400
COD (mgO <sub>2</sub> /L)	>10,000	4000-10,000	<4000
TOC (mg/L)	>2500	1000-2500	<1000
N-NH <sub>3</sub> (mg/L)	<400	-	>400
Heavy metals	Low-medium	Low	Low
Recommended treatment	Biological	-	Physico-chemical
Composition	VFA (80%)	VFA (5-30%), HA, FA	HA and FA (80%)

Note: BOD<sub>5</sub>: biochemical oxygen demand; COD: chemical oxygen demand; TOC: total organic carbon; VFA: volatile fatty acids; HA: humic acids; FA: fulvic acids.

**MPDI. Treatment of a Mature Landfill Leachate. Characteristics of landfill leachates 2019.**

COMPOSICIÓN TÍPICA DE LOS LIXIVIADOS DE VERTEDERO Y SU VARIACIÓN CON EL TIEMPO		
Parámetro (mg/l)	Vertedero nuevo	Vertedero antiguo
COT	6.000	80 - 160
DBO <sub>5</sub>	10.000	100 - 200
DQO	18.000	100 - 500
Alcalinidad (como CaCO <sub>3</sub> )	3.000	200 - 1.000
Dureza total (como CaCO <sub>3</sub> )	3.500	200 - 500
pH	6	6,6 - 7,5
Sólidos en suspensión	500	100 - 400
Nitrato	25	5 - 10
Nitrógeno amoniacal	200	20 - 40
Nitrógeno orgánico	200	80 - 120
Fósforo total	30	5 - 10
Ortofosfato	20	4 - 8
Calcio	1.000	100 - 400
Cloro	500	100 - 400
Hierro total	60	20 - 200
Magnesio	250	50 - 200
Potasio	300	50 - 400
Sodio	500	100 - 200
Sulfatos	300	20 - 50

Parámetro	Lixiviado joven (mg/l)	Lixiviado maduro (mg/l)
pH	4,5-7,5	6,6-7,5
DBO <sub>5</sub>	2.000-30.000	100-200
DQO	3.000-60.000	100-500
COT	1.500-20.000	80-160
NH <sub>4</sub> -N	10-800	20-40
SS	200-2.000	100-400
Cloro	200-3.000	100-400
SO <sub>4</sub>	50-1.000	20-50
Ca	200-3.000	100-400
Mg	50-1.500	50-200
Fe	50-1.200	20-200

**CONAMA. Tratamiento Lixiviados Vertedero. Composición media (Hidalgo, et al 2007).**

**Guía Técnica Gestión Residuos Municipales. Composición típica de los lixiviados de vertedero y su variación con el tiempo (2015)**

## 2. Vertido de lixiviados de vertedero. Características

Parámetro	Máximo	Mínimo	Media	Desviación estándar
Sodio (mg/L)	990	88	525,33	186,49
Calcio (mg/L)	220	132	176,13	21,65
Magnesio (mg/L)	63	41,10	53,75	5,72
Cloruro (mg/L)	1580	63	836,67	330,40
Hierro (mg/L)	9720	1600	4750,2	2390,53
Arsénico (µg/L)	25	<5		
Bario (µg/L)	200	<50		
Cadmio (µg/L)	<10	<1		
Cromo (µg/L)	60	<5	20,45	10,97
Manganeso (µg/L)	280	75	190,76	56,8
Mercurio (µg/L)	<0,5	<0,1		
Niquel (µg/L)	228	<10	49,53	36,04
Plomo (µg/L)	110	<4		
Zinc (µg/L)	488	<6		

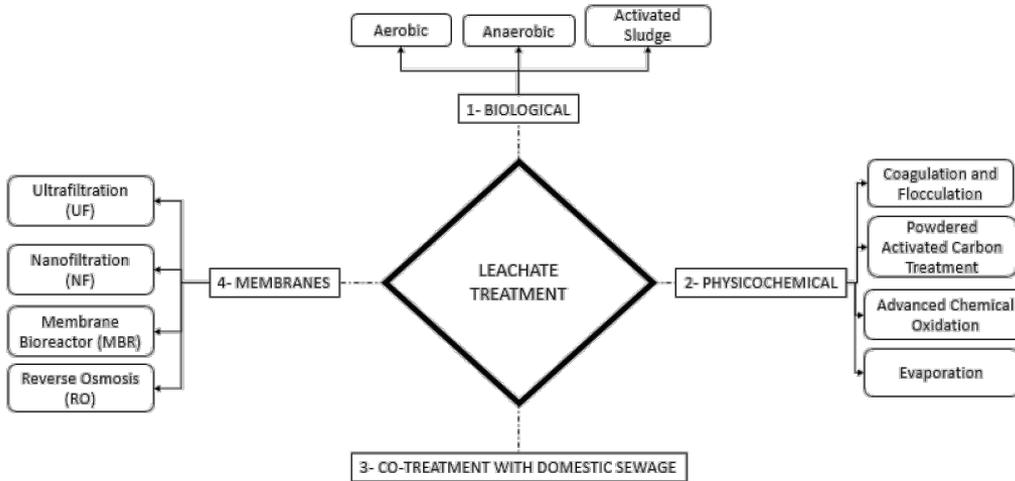
*Universidad da Coruña. Concentración de metales pesados presentes en lixiviados de vertedero (Statom et al., 2004).*

### Comparativa entre agua de EDAR y un lixiviado de vertedero

	Agua EDAR	Lixiviado	Lixiviado vs. Agua EDAR
Caudal [m3/d]	10.000 – 100.000	50 – 1.000	10-100 veces inferior
DQO [mg/l]	300– 600	5.000 – 30.000	10-100 veces superior
DBO5 [mg/l]	100-300	2.000 – 10.000	10-100 veces superior
N-NH4 [mg/l]	25-50	2.000 – 3.000	50-100 veces superior

*Wehrle. Lixiviados de vertedero. Pablo García González 2014)*

## 2. Vertido de lixiviados de vertedero. Tratamiento



*Ciencia e Natura. State of Art of Landfill Leachate Treatment. Literature Review and Critical Evaluation (2018)*

*Wehrle. Lixiviados de vertedero. Pablo García González 2014)*

Carga	Calidad de vertido		
	Baja exigencia DQO/N Sin límite de sales	Alta exigencia DQO/N Sin límite de sales	Alta exigencia DQO/N con límite de sales
Baja carga DQO < 4.000 mg/L NH <sub>4</sub> -N < 800 mg/L	Filtro de arena + Carbón activo	MBR + Carbón activo	Ósmosis Inversa (2 o más etapas) + pre- filtración
Media carga DQO < 10.000 mg/L NH <sub>4</sub> -N < 2.500 mg/L	MBR	MBR + Nanofiltración <i>Opcional: tratamiento del concentrado con carbón activo</i>	MBR + Ósmosis Inversa (1 etapa)
Alta carga DQO > 20.000 mg/L NH <sub>4</sub> -N > 3.000 mg/L	MBR + Carbón activo		

## 2. Vertido de lixiviados de vertedero. Tratamiento

Tratamiento en EDAR municipal:

- Tipología de vertedero. Caracterización del lixiviado. Incluir ensayos de inhibición.
- Tipología de la EDAR: caudal de tratamiento y cargas del vertido municipal
- Laminación del vertido de entrada a la EDAR, evitando momentos de mayor carga de entrada en la EDAR
- Lixiviados de vertederos jóvenes, mejor biodegradabilidad
- Utilizar no sólo criterio de volumen de lixiviado, sobre caudal tratado en EDAR, si no criterio de cargas, en especial de N y de P.
- Considerar la carga de nitrógeno en la valoración del coste del tratamiento del lixiviado, por los incrementos de aireación asociados.

Tipo de tratamiento	Edad del Lixiviado			Objetivo de la eliminación	Observaciones
	Joven	Medio	Maduro		
<b>Channeling</b>					
Tratamiento combinado EDAR municipales	Bueno	Justo	Malo	Remoción de Sólidos Suspendidos	Exceso de biomasa y nutrientes
Recirculación	Bueno	Justo	Malo	Mejorar la calidad del lixiviado	Barato y de baja eficiencia
<b>Tratamientos Biológicos</b>					
Procesos Aeróbicos	Bueno	Justo	Malo	Remoción de Sólidos Suspendidos	Dificultado por el compuesto refractario Exceso de biomasa
Procesos Anaeróbicos	Bueno	Justo	Malo	Remoción de Sólidos Suspendidos	Dificultado por el compuesto refractario Tiempo de Retención Elevado. Produce biogás

**Universidad Politécnica de Valencia.** Lixiviados en plantas de residuos- (Manuel Reyes Medina, 2015). Efectividad de los principales tratamientos de depuración de lixiviados, según la edad de los mismos (Abbas et al. 2009)

## 2. Vertido de lixiviados de vertedero. Tratamiento

Tipo de tratamiento	Edad del Lixiviado			Objetivo de la eliminación	Observaciones
	Joven	Medio	Maduro		
<b>Tratamientos Físico-Químicos</b>					
Coagulación/ Floculación	Malo	Justo	Justo	Metales Pesados y Sólidos Suspendidos	Alta producción de lodos (consecuente vertido)
Precipitación Química	Malo	Justo	Malo	Metales Pesados y NH <sub>3</sub> -N	Alta producción de lodos (consecuente vertido)
Adsorción	Malo	Justo	Bueno	Compuestos Orgánicos	Ensuciamiento de carbono puede ser un problema y el material de adsorción es costoso
Oxidación	Malo	Justo	Justo	Compuestos Orgánicos	O <sub>3</sub> Residual
Stripping	Malo	Justo	Justo	NH <sub>3</sub> -N	Requiere otros equipos para el control del aire contaminado
Intercambio Iónico	Bueno	Bueno	Bueno	Disolución de Compuestos, cationes /aniones	Usado como fase de limpieza después de un tratamiento biológico. Costes altos

Tipo de tratamiento	Edad del Lixiviado			Objetivo de la eliminación	Observaciones
	Joven	Medio	Maduro		
<b>Filtración por Membranas</b>					
Microfiltración	Malo	-	-	Sólidos Suspendidos	Usado después de la precipitación de los metales
Ultrafiltración	Malo	-	-	Compuestos de Alto Peso Molecular	Tratamiento costoso. Limitada aplicabilidad debido al ensuciamiento de la membrana
Nanofiltración	Bueno	Bueno	Bueno	Sulfatos, Sales e Iones Resistentes	Tratamiento costoso Requiere menos presión que la Ósmosis Inversa
Ósmosis Inversa	Bueno	Bueno	Bueno	Compuestos Orgánicos e Inorgánicos	Tratamiento costoso Requiere Pretratamientos

**Universidad Politécnica de Valencia.** Lixiviados en plantas de residuos- (Manuel Reyes Medina, 2015).Efectividad de los principales tratamientos de depuración de lixiviados, según la edad de los mismos (Abbas et al. 2009)

## 2. Vertido de lixiviados de vertedero. Tratamiento

Problemas con	Tecnología						
	AERO-BIO	ANAE-ROBIO	EVAPORACIÓN	RECIRCULACIÓN	MEMBRANAS	SISTEMAS NATURALES	TRATAMIENTO EN PTAR
Formación de Precipitados	++	+++	+	++	+++	+	No
Toxicidad a los microorganismos	++	++	No	No	No (1)	+	Potencial
Formación de espumas	+++	+	++	+	Variable (2)	No	Baja
Emisión de COV	+++	+	++	+	Variable (2)	+	Baja
Sensibilidad a variaciones de caudal	++	++	+	+	+	No	No
Producción y manejo de lodos	+++	+	+	No	+		No
Requerimientos de área	Baja	Baja	Muy baja	Baja	Baja	Alta	No

(1) Pueden formarse en los tanques de almacenamiento

(2) Si los sistemas son aerobios, la problemática puede ser alta.

(\*) Una cruz significa como afecta negativamente la característica al proceso en cuestión. Cuantas más cruces más negativamente lo afecta.

**Universidad Politécnica de Valencia.** Lixiviados en plantas de residuos- (Manuel Reyes Medina, 2015). Comparación entre tecnologías para el tratamiento de lixiviados según su problemática (Giraldo, 2001)

Problemas con	Tecnología						
	AERO-BIO	ANAE-ROBIO	EVAPORACIÓN	RECIRCULACIÓN	MEMBRANAS	SISTEMAS NATURALES	TRATAMIENTO EN PTAR
Necesidad de aditivos químicos	+++ (1)	+++ (1)	++ (2)	-	+++ (1)	-	-
Necesidad de aditivos operacionales (v. gr. membranas)	++	+	+	+	+++	-	-
Necesidad de suministro de partes	++	-	+	+	+++	-	+
Suministro de energía eléctrica	+++	+	- (5)	+	+++	+	+
Complejidad operacional	+++	+	++	+	+++	-	-

(1) Requiere un extenso pretratamiento

(2) Puede requerir pretratamiento, algunos sistemas usan sustancias para control de pH, espumas.

(3) Puede requerir si hay necesidad de bombear el lixiviado. Usualmente no requiere.

(4) Puede requerir en el sistema de pretratamiento

(5) Puede llegar a ser autosuficiente. Algunas tecnologías así están diseñadas.

**Universidad Politécnica de Valencia.** Lixiviados en plantas de residuos- (Manuel Reyes Medina, 2015). Comparación entre tecnologías para el tratamiento de lixiviados desde el punto de vista de la complejidad tecnológica (Giraldo, 2001)

## 2. Vertido de lixiviados de vertedero. Tratamiento

Problemas con	Tecnología						
	AERO-BIO	ANAE-ROBIO	EVAPORACIÓN	RECIRCULACIÓN	MEMBRANAS	SISTEMAS NATURALES	TRATAMIENTO EN PTAR
Demanda Bioquímica de Oxígeno	Muy altos	Altos	Muy altos	Intermedios	Muy altos	Muy altos	Muy altos
Nutrientes	Altos (1)	Muy bajos	Muy altos	Bajos	No (1)	No	Variables (4)
Metales	Intermedios (2)	Altos	Muy altos	Intermedios	Altos	Altos	Altos
Compuestos Orgánicos Volátiles (COV)	Altos (3)	+	Muy altos	+	No (1)	+	Variables (5)
Patógenos	Bajos	Bajos	Muy altos	Bajos	Muy altos	Variables(4)	Variables(4)

- (1) Pueden ser altos o bajos dependiendo del diseño
- (2) Cuando hay pretratamiento pueden tener remociones muy altas
- (3) La remoción se hace por arrastre en el tanque de aireación. Este genera problemas d impacto ambiental
- (4) Puede ser muy altos si asi se requiere
- (5) Puede generar problemas en las conducciones

**Universidad Politécnica de Valencia.** Lixiviados en plantas de residuos- (Manuel Reyes Medina, 2015). Comparación entre tecnologías para el tratamiento de lixiviados desde el punto de vista de la eliminación de contaminantes (Giraldo, 2001)

Combinación de Tratamientos	Coste (€ / m3)	
	Pequeña Capacidad (< 10m3/h)	Alta Capacidad (> 10m3/h)
Biológico + Membranas	9 - 30	7 - 15
Biológico + Oxidación Química	12 - 50	9 - 30
Biológico + Filtración por Carbón Activado	2 - 25	1 - 10
Biológico + Flocculación / Precipitación	2 - 30	2 - 15
Biológico + Ósmosis Inversa	5 - 25	2 - 7
Evaporación	6 - 24	

**Universidad Politécnica de Valencia.** Lixiviados en plantas de residuos- (Manuel Reyes Medina, 2015). Estimaciones de coste para distintas combinaciones de tratamiento de lixiviado en relación con su capacidad (Heyer & Stegmann, 2005)

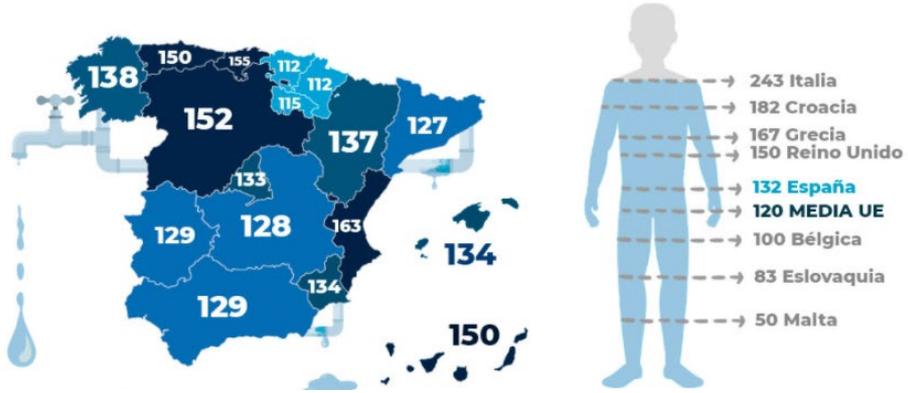


### 3. Vertido de hospitales. Generación y características

**1** La composición de las aguas residuales procedentes de los hospitales presentan fluctuaciones en su descarga a la red de alcantarillado debido a la gran diversidad de sustancias químicas (fármacos, productos de higiene personal, desinfectantes, elementos radiactivos) y materiales biológicos (microorganismos patógenos) eliminadas en los mismos.

**2** Los hospitales generan, de media, unos 750 litros de aguas residuales por cama y días (400-1,200 l/c/d), con efluentes en los que están presentes una gran carga de microorganismos patógenos y compuestos tóxicos, entre los que destacan, fármacos, productos de higiene personal, desinfectantes y elementos radiactivos.

**3** En España el consumo medio de agua es de 132 l/hab al día



### 3. Vertido de hospitales. Generación y características

	Hospitales	Camas
<b>SNS</b>	<b>467</b>	<b>112.225</b>
Andalucía	51	14.242
Aragón	20	4.067
Asturias, Principado	12	3.037
Baleares, Illes	11	2.227
Canarias	12	4.418
Cantabria	5	1.393
Castilla y León	16	6.465
Castilla-La Mancha	20	4.439
Cataluña	157	26.059
Comunitat Valenciana	39	9.998
Extremadura	12	3.359
Galicia	19	7.617
Madrid, Comunidad de	37	12.591
Murcia, Región de	16	3.522
Navarra, C. Foral de	6	1.556
País Vasco	26	5.931
Rioja, La	6	964
Ceuta y Melilla	2	340

Ministerio de Sanidad

Partiendo del ratio de generación de AR, por cama instalada, la producción diaria de AR en hospitales se situaría entre 44.890 y 134.670 m<sup>3</sup>/d, una media, aproximada de 84.169 m<sup>3</sup>/d (rango equivalente a una población cercana a los 300.000 habitantes).

Cómo referencias de caudales de aguas residuales se establecen, en la bibliografía varios criterios:

- Caudal de efluente hospitalario es igual al consumo de agua del hospital.
- Metcalf&Eddy: 65-85% del agua consumida
- EPA: 75 % del agua consumida

### 3. Vertido de hospitales. Generación y características

Parameter	HWW	Urban Wastewater
pH	7.7-8.1	7.5-8.5
BOD <sub>5</sub> (mg/l)	300-400	200-300
COD (mg/l)	800-1000	600-800
SS (mg/l)	400-600	150-300
TKN (mg/l)	5-80	20-70
Total - P (mg/l)	0.2-13	4-10
Fat, oil and Grease(mg/l)	5-60	50-100
Total Surfactant	3-7.2	4-8
E.Coli MPN/100 ml	10 <sup>3</sup> - 10 <sup>6</sup>	10 <sup>6</sup> -10 <sup>7</sup>
Faecal coliform	10 <sup>3</sup> -10 <sup>7</sup>	10 <sup>6</sup> -10 <sup>8</sup>
Total Coliform	10 <sup>5</sup> -10 <sup>8</sup>	10 <sup>7</sup> -10 <sup>9</sup>

Therapeutic class	HWWs, average values	UWWs, average values	HWWs/UWWs
Analgesics, µg L <sup>-1</sup>	100	11.9	8-15
Antibiotics, µg L <sup>-1</sup>	11	1.17	5-10
Cytostatics, µg L <sup>-1</sup>	24	2.97	4-10
β-blockers, µg L <sup>-1</sup>	5.9	3.21	1-4
Hormones, µg L <sup>-1</sup>	0.16	0.10	1-3
ICM, µg L <sup>-1</sup>	1008	6.99	70-150
AOX, µg L <sup>-1</sup>	1371	150	7-15
Gadolinium, µg L <sup>-1</sup>	32	0.7	35-55
Platinum, µg L <sup>-1</sup>	13	0.155	60-90
Mercury, µg L <sup>-1</sup>	1.65	0.54	3-5

**REMTAVARES.** Evaluation of wet air oxidation, Fenton and photo-Fenton system for the treatment of a real hospital wastewater (M. Muñoz, Z.M. de Pedro, J.A. Casas, J.J. Rodríguez, S. Álvarez-Torrellas, J. García, G. Ovejero, A. Cruz del Álamo, M. I. Pariente, R. Molina, F. Martínez, 2017).

Entre los **fármacos** más habituales se encuentran:

- ✓ **Antiinflamatorios:** ibuprofeno, desketoprofeno, naproxeno, diclofenaco.
- ✓ **Agente de contraste de rayos X:** iomeprol.
- ✓ **Antilipídicos o reductores de colesterol:** gemfibrozilo. Antiepilépticos: carbamazepina.
- ✓ **Antibióticos:** ciprofloxacino, trimetropina, sulfametoxazol.
- ✓ **Desinfectantes:** PFBS, PFOA, PFOS.
- ✓ **Anestésico:** propofol.
- ✓ **Beta bloqueantes:** propranolol, atenolol, bisoprolol.
- ✓ **Estimulantes:** cafeína.
- ✓ **Drogas de abuso de uso terapéutico:** anfetamina, codeína, metadona, EDDP, opiáceos, cocaína y su metabolito.

### 3. Vertido de hospitales. Generación y características

Parameter (unit of measure)	Concentration(s)
Electrical conductivity ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	300–2,700
pH	6–9
Redox potential (mV)	850–950
Fat and oil ( $\text{mg L}^{-1}$ )	50–210
Chlorides ( $\text{mg L}^{-1}$ )	80–400
Total N ( $\text{mg N L}^{-1}$ )	60–230
$\text{NH}_4$ ( $\text{mg NH}_4 \text{L}^{-1}$ )	10–68
Nitrite ( $\text{mg NO}_2 \text{L}^{-1}$ )	0.1–0.6
Nitrate ( $\text{mg NO}_3 \text{L}^{-1}$ )	1–2
Phosphate ( $\text{mg P-PO}_4 \text{L}^{-1}$ )	6–19
Total suspended solids ( $\text{mg L}^{-1}$ )	116–3,260
COD ( $\text{mg L}^{-1}$ )	39–7,764
Dissolved COD ( $\text{mg L}^{-1}$ )	380–700
DOC ( $\text{mg L}^{-1}$ )	120–130
TOC ( $\text{mg L}^{-1}$ )	31–180
$\text{BOD}_5$ ( $\text{mg L}^{-1}$ )	16–2,575
$\text{BOD}_5/\text{COD}$	0.3–0.4
AOX ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	550–10,000
<i>E. coli</i> (MPN 100 $\text{mL}^{-1}$ )	$10^3$ – $10^6$
Enterococci (MPN 100 $\text{mL}^{-1}$ )	$10^3$ – $10^6$
Fecal coliform (MPN 100 $\text{mL}^{-1}$ )	$10^3$ – $10^4$
Total coliform (MPN 100 $\text{mL}^{-1}$ )	$10^4$ – $10^7$
$\text{EC}_{50}$ (Daphnia) (TU)	9.8–117
Total surfactants ( $\text{mg L}^{-1}$ )	4–8
Total disinfectants ( $\text{mg L}^{-1}$ )	2–200
Norovirus (genomic copies $\text{L}^{-1}$ )	$2.4 \times 10^6$
Adenovirus (genomic copies $\text{L}^{-1}$ )	$2.8 \times 10^6$
Rotavirus	$1.9 \times 10^6$
Hepatitis A virus	$10^4$
Gd ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	<1–300
Hg ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	0.3–8
Pt ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	0.01–289
Hg ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	0.04–5
Ag ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	$150$ – $437 \times 10^3$
As ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	0.8–11
Cu ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	50–230
Ni ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	7–71
Pb ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	3–19
Zn ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	70–670

Therapeutic class	Investigated compounds	Concentration(s) $\mu\text{g L}^{-1}$	
Analgesics/anti-inflammatories	Codeine	0.02–50	
	Diclofenac	0.24–15	
	Ibuprofen	0.07–43	
	Naproxen	10–11	
	Paracetamol	5–1,368	
	Salicylic acid	23–70	
	Antibiotics	Ciprofloxacin	0.03–125
		Clarithromycin	0.20–3
		Copropofloxacin	0.85–2
		Doxycycline	0.1–7
		Erythromycin	27–83
		Lincomycin	0.3–2
		Metronidazole	0.1–90
Norfloxacin		0.03–44	
Ofloxacin		0.35–35	
Oxytetracycline		0.01–4	
Penicillin G		0.85–5	
Sulfamethoxazole		0.04–83	
Tetracycline		0.01–4	
Trimethoprim	0.01–15		
Psychiatric drugs	Carbamazepine	0.54–2	
Anti-hypertensives	Diltiazem	0.71–2	
Beta-blockers	Metoprolol	0.42–25	
	Hormones	17 $\beta$ -estradiol, E2	0.03–0.04
Hormones	Estrinol, E3	0.35–0.50	
	Estrone, E1	0.02–0.03	
	Ethinylestradiol, EE2	0.02–0.02	
	Contrast media	Iopromide	0.2–2,500
Contrast media	Iomeprol	0.01–1,392	
	Anti-diabetics	Glibenclamide	0.05–0.11
Anti-viral	Aciclovir	0.02–0.60	
	Famciclovir	N.D.–0.11	
	Penciclovir	N.D.–0.01	
	Valaciclovir	N.D.–0.01	
	Anti-cancerdrugs	4-Hydroxy tamoxifen	N.D.–0.01
	5-fluorouracil	5–124	
	Azathioprine	blq–0.09	
Bicalutamide	N.D.–0.08		
Capecitabine	N.D.–0.05		
Cyclophosphamide	0.008–2		
Docetaxel	blq–0.08		
Doxifluridine	N.D.–0.08		
Etoposide	blq–0.7		

Therapeutic class	Investigated compounds	Concentration(s) $\mu\text{g L}^{-1}$
Anti-cancerdrugs	4-Hydroxy tamoxifen	N.D.–0.01
	5-fluorouracil	5–124
	Azathioprine	blq–0.09
	Bicalutamide	N.D.–0.08
	Capecitabine	N.D.–0.05
	Cyclophosphamide	0.008–2
	Docetaxel	blq–0.08
	Doxifluridine	N.D.–0.08
	Etoposide	blq–0.7
	Ifosfamide	0.01–2
	Methotrexate	blq–0.02
	Paclitaxel	blq–0.10
	Tamoxifen	0.004–0.17
Tegafur	N.D.–0.09	

**Hospital Wastewaters. Characteristics, Management, Treatment and Environmental Risks.** Parámetros característicos de efluentes de hospitales (Ed. Springer 2018).

### 3. Vertido de hospitales. Generación y características

VALORES PROMEDIO ENCONTRADOS EN EL VERTIDO HOSPITALARIO.			
Principio activo	Valor (µg/L)		
	Máximo	Mínimo	Promedio
Acetaminofen	65,57	< 0,10	4,36
Anfetamina	24,60	< 0,10	6,12
Atenolol	7,23	< 0,10	0,88
BE-benzolecgonina	1,73	< 0,10	0,37
Bezafibrato	26,50	< 0,10	2,33
Bisoprolol	1,16	< 0,01	0,17
Cafeína	133,11	12,50	68,05
Carbamazepina	0,71	< 0,10	0,11
Cirpofloxacin	74,10	0,81	18,63
Cocalna	0,04	< 0,01	< 0,01
Codeína	0,46	< 0,01	0,12
Diclofenaco	6,08	< 0,10	0,35
Fenitoina	0,46	< 0,10	< 0,10
EDDP (metabolito de la metadona)	3,83	< 0,10	0,36
Enalapril	3,52	< 0,10	0,61
EPH	0,76	< 0,10	< 0,10
Eritromicina	37,31	< 0,10	1,87
Gemfibrozil	33,10	< 0,10	1,58
Ibuprofeno	17,10	< 0,10	6,69
Indometacina	0,23	< 0,10	< 0,10
Iomeprol	3.150,00	42,43	817,35
Desketoprofeno	16,42	1,30	7,43
Metadona	3,07	< 0,08	0,82
Naproxeno	4,60	< 0,10	0,73

Norfloxacin	9,22	< 0,10	1,64
OH-THC	4,00	< 0,10	1,49
PFBS	22,32	< 0,10	1,13
PFOA	268,12	< 0,10	21,26
PFOS	132,04	< 0,10	6,73
Propofol	0,48	< 0,10	0,13
Propanolol	16,70	< 0,10	4,68
Sulfametoxazol	11,30	< 0,10	2,56
Trimetropina	8,71	< 0,10	1,37

*Tecnoaqua. Contaminantes emergentes en aguas residuales y efluentes hospitalarios (González C., Íñigo, Muga R., Iñaki, Rodríguez M., Blanco M., Miren, 2018)*

### 3. Vertido de hospitales. Incidencia en el influente de EDAR

Principio Activo	Familia	Efluente hospitalario (µg/l)			Concentración teórica en influente EDAR Galindo (µg/l) debida al vertido hospitalario			Concentración real analizada en influente EDAR Galindo (µg/l)			Concentración real analizada en efluente EDAR Galindo (µg/l)			% de las concentraciones estimadas del vertido hospitalario respecto influente analizado EDAR Galindo (µg/l)
		Máximo	Mínimo	Promedio	Máximo	Mínimo	Promedio	Máximo	Mínimo	Promedio	Máximo	Mínimo	Promedio	Promedio
Enalapril	inhibidor de la enzima convertidora de angiotensina (inhibidor ACE)	3,52	< 0,10	0,61	0,020	-	0,003	0,45	0,30	0,37	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,92%
Paracetamol	analgésico	65,57	< 0,10	4,36	0,367	-	0,024	1,22	< 0,01	0,25	< 0,10	< 0,10	< 0,10	9,77%
Propofol	anestésico	0,48	< 0,10	0,13	0,003	-	0,001	0,83	< 0,10	0,27	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,27%
Ciprofloxacino	antibiótico	74,10	0,81	18,63	0,415	0,005	0,104	4,67	0,64	2,51	2,12	< 0,10	0,72	4,15%
Eritromicina*	antibiótico	37,31	< 0,10	1,87	0,209	-	0,010	0,53	< 0,10	0,11	0,53	< 0,10	< 0,10	9,53%
Norfloxacina	antibiótico	9,22	< 0,10	1,64	0,052	-	0,009	4,35	0,28	1,76	1,91	< 0,10	0,48	0,52%
Sulfametozazol	antibiótico	11,30	< 0,10	2,56	0,063	-	0,014	0,62	< 0,10	0,33	0,78	< 0,10	0,25	4,34%
Trimetropina	antibiótico	8,71	< 0,10	1,37	0,049	-	0,008	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,85	< 0,10	0,13	
Carbamazepina	antiepiléptico	0,71	< 0,10	0,11	0,004	-	0,001	0,20	< 0,10	< 0,10	0,19	< 0,10	< 0,10	
Fenitoína	antiepiléptico	0,46	< 0,10	< 0,10	0,003	-	-	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,57	< 0,10	< 0,10	
Desketoprofeno	antiinflamatorio	16,42	1,30	7,43	0,032	0,007	0,042	1,05	0,41	0,91	< 0,10	< 0,10	< 0,10	4,57%
Diclofenaco	antiinflamatorio	6,08	< 0,10	0,35	0,034	-	0,002	1,50	0,19	0,74	2,98	0,08	0,73	0,26%
Ibuprofeno	antiinflamatorio	17,10	< 0,10	6,69	0,036	-	0,037	19,50	7,80	13,51	0,21	< 0,10	< 0,10	0,28%
Indometacina	antiinflamatorio	0,23	< 0,10	< 0,10	0,001	-	-	-	-	-	-	-	-	
Naproxeno	antiinflamatorio	4,60	< 0,10	0,73	0,026	-	0,004	2,70	1,26	2,00	0,32	< 0,10	0,12	0,21%
Bezafibrato	antilipídico	26,50	< 0,10	2,33	0,148	-	0,013	0,68	0,17	0,52	0,18	< 0,10	< 0,10	2,50%
Gemfibrozilo*	antilipídico	33,10	< 0,10	1,58	0,185	-	0,009	11,80	< 0,10	2,36	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,37%
Atenolol	beta bloqueante	7,23	< 0,10	0,88	0,040	-	0,005	1,77	0,17	0,82	0,34	< 0,10	0,11	0,60%
Bisoprolol	beta bloqueante	1,16	< 0,01	0,17	0,006	-	0,001	0,37	< 0,01	0,16	0,18	< 0,10	< 0,10	0,61%
Propranolol	beta bloqueante	16,70	< 0,10	4,68	0,033	-	0,026	4,56	2,01	2,68	0,66	< 0,10	0,17	0,98%
PFBS	desinfectante	22,32	< 0,10	1,13	0,125	-	0,006	0,06	< 0,01	0,01	19,70	< 0,01	4,64	63,06%
PFOA	desinfectante	268,12	< 0,10	21,26	1,500	-	0,119	2,52	0,08	0,73	1,72	< 0,01	0,35	16,30%
PFOS	desinfectante	132,04	< 0,10	6,73	0,739	-	0,038	0,52	0,08	0,33	0,36	< 0,01	0,15	11,40%
AM - anfetamina	droga	24,60	< 0,10	6,12	0,138	-	0,034	9,40	< 0,10	1,88	4,07	< 0,10	1,01	1,82%
BE - benzoilecgonina	droga (metabolito de la cocaína)	1,73	< 0,10	0,37	0,010	-	0,002	3,77	3,47	3,04	1,30	< 0,10	0,56	0,07%
CO - cocaína	droga	0,04	< 0,01	< 0,01	0,000	-	-	-	-	-	-	-	-	
COD - codeína	droga	0,46	< 0,01	0,12	0,003	-	0,001	0,46	< 0,10	0,15	0,29	< 0,10	< 0,10	0,43%
EDDP	droga (metabolito de la metadona)	3,83	< 0,10	0,36	0,021	-	0,002	0,34	< 0,10	< 0,10	0,34	< 0,10	0,11	
EPH - (1S,2R)-(+)-efedrina hidrocloreto	droga	0,76	< 0,10	< 0,10	0,004	-	-	-	-	-	-	-	-	
Metadona	droga	3,07	< 0,08	0,82	0,017	-	0,005	1,05	< 0,10	0,29	0,46	< 0,10	0,25	1,57%
OH-THC - 11-hidroxi-THC	droga	4,00	< 0,10	0,49	0,022	-	0,003	2,16	< 0,10	0,43	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,63%
lomeprol	ICM (agente de contraste de rayos X)	3.150,00	42,43	817,35	17,624	0,237	4,573	67,20	< 0,10	27,32	21,90	< 0,10	7,40	16,74%
Cafeína	estimulante	133,11	12,50	68,05	0,745	0,070	0,381	54,60	33,40	39,44	0,28	< 0,10	0,11	0,97%

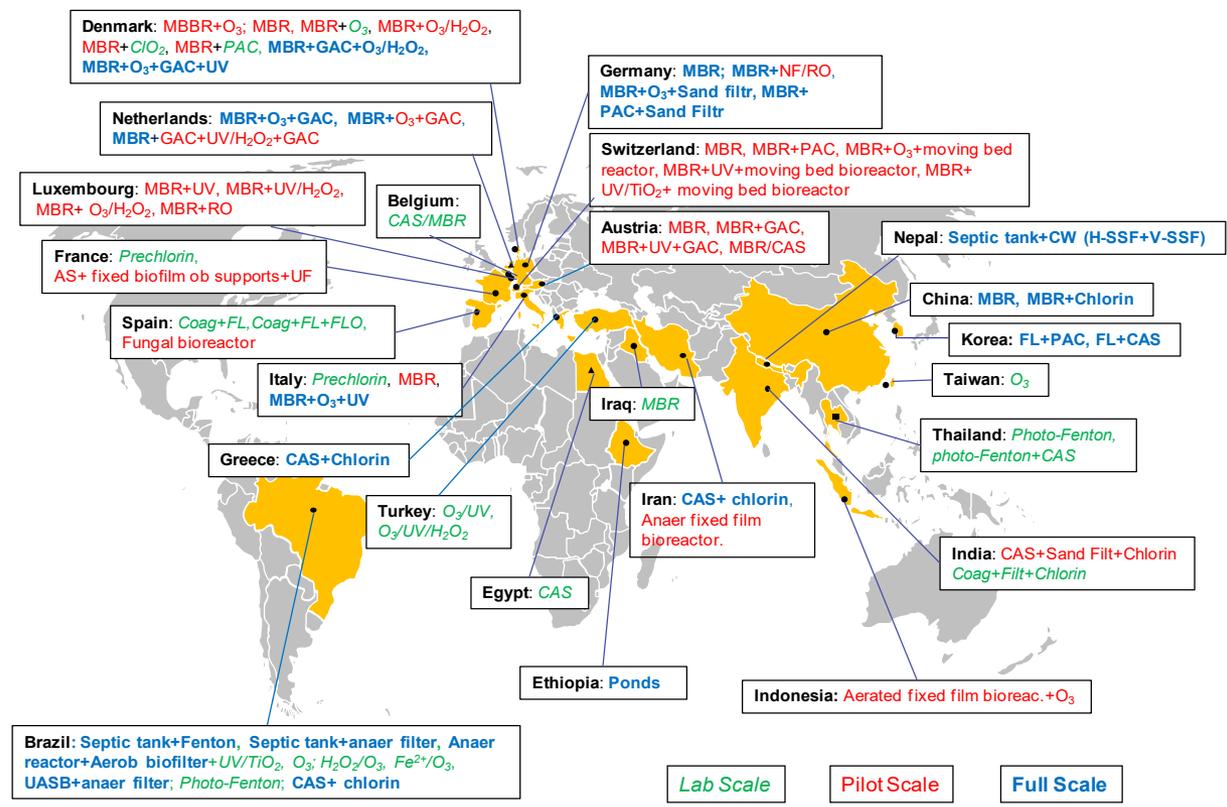
**Tecnoaqua.** Contaminantes emergentes en aguas residuales y efluentes hospitalarios. Resultados analíticos de contaminantes emergentes en el vertido hospitalario de Galdakao, en el influente y efluente de la EDAR de Galindo realizados en 2011. Estimación de la incidencia del vertido hospitalario en el influente de la EDAR. En verde, contaminantes con incidencia superior al 4% y en naranja, contaminantes con incidencia superior al 9%. (González C., Iñigo, Muga R., Iñaki, Rodríguez M., Blanco M., Miren, 2018)

### 3. Vertido de hospitales. Tratamiento

Treatment processes	Matrix	Compounds detected	Removal efficiency (%)
Activated carbon adsorption	Wastewater water	Bisphenol-A, Diclofenac, Carbamazepine, Sulfamethoxazole	50-100, 80-100 50-100 40-100
Coagulation/flocculation	Drinking water	Acetaminophen, Diclofenac, Erythromycin, 17 $\alpha$ -estradiol, Estrone, Ethynylestradiol	< 20, < 20 < 40 < 40, < 20 < 20
Advanced oxidation process	Wastewater water	Musk Ketone, Triclocarban, Oxybenzone, Acetaminophen, Diclofenac,	< 20, < 40 < 20 > 90, > 90
Ozonation	River water	Sulfamethoxazole	> 90
	Drinking water	Galaxolide, Musk Ketone	20-90, 40-70
		Estrone, Estradiol, Estriol, 17 $\alpha$ -ethynylestradiol	98-99
Wastewater	Wastewater	Estrone, Estradiol, Estriol, 17 $\alpha$ -ethynylestradiol	96
		Estrone, Estradiol, Estriol, 17 $\alpha$ -ethynylestradiol	99.1-99.8
		Estrone, Estradiol, Estriol, 17 $\alpha$ -ethynylestradiol	> 90
Chlorination	River water	Acetaminophen, Diclofenac, Sulfamethoxazole	> 90
	Drinking water	Estrone, Estradiol, 17 $\alpha$ -ethynylestradiol	> 90
		Estrone, Estradiol, Estriol, 17 $\alpha$ -ethynylestradiol	-100, 95-99
Ultraviolet irradiation	Secondary effluent of a sewage treatment plant	Estrone, Estradiol, Estriol, 17 $\alpha$ -ethynylestradiol	-100
		Acetaminophen, Diclofenac, Sulfamethoxazole	> 90, > 70
		17 $\alpha$ -estradiol, Estriol, Ethynylestradiol	> 40
Nano filtration	Surface water	Oxybenzone, Triclosan	> 90, > 90
		Sulfonamides	> 70
		Macrolides	> 90, > 70
Ultraviolet irradiation	Secondary effluent of a sewage treatment plant	Tetracyclines	45-65
		Fluoroquinolones	20-45
		Trimethoprim	80-95, > 95
Nano filtration	Wastewater	Sulfonamides	80-95, > 95
		Trimethoprim	45-65
		Diclofenac, Ibuprofen, Metronidazole, Moxifloxacin, Telmisartan, Tramadol	80-95
Nano filtration	Wastewater	Roxithromycin, Azithromycin	45-65
			- 100
			> 87

U. Complutense. Eficiencias de eliminación (%) de compuestos emergentes por procesos físico-químicos.

### 3. Vertido de hospitales. Tratamiento



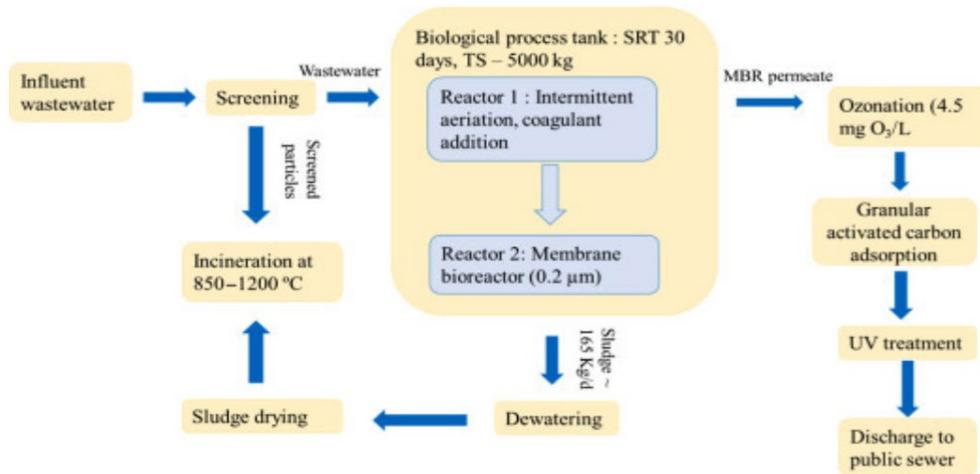
REMTAVARES. Evaluation of wet air oxidation, Fenton and photo-Fenton system for the treatment of a real hospital wastewater (M. Muñoz, Z.M. de Pedro, J.A. Casas. J.J. Rodríguez, S. Álvarez-Torrellas, J. García, G. Ovejero, A. Cruz del Álamo, M. I. Pariente, R. Molina, F. Martínez, 2017).

### 3. Vertido de hospitales. Tratamiento

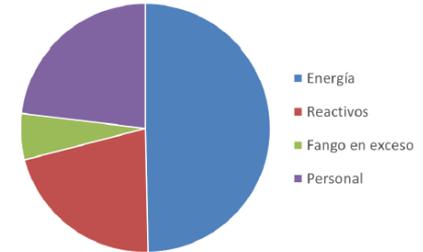
**1** Actuación público-privada en Hospital de Herlev (700 camas a 2019), derivado del plan nacional de Dinamarca de reducir el vertido de productos farmacéuticos al medio acuático. EDAR Hospitalaria (puesta en marcha en 2014), para tratar 150.000 m<sup>3</sup>/año (equivalente a una producción de agua residual unitaria de 587 l AR/c/d. Costes operación 2017: 0,80-1,00 €/m<sup>3</sup>.

**2** Eliminación 99,9 % de los compuestos farmacéuticos analizados (122), y un 99 % de los medios de contraste. No se pudieron detectar bacterias fecales ni bacterias resistentes a los antibióticos en el efluente, ni tampoco la presencia de norovirus. Los ensayos de eco-toxicidad llevados a cabo con peces (cebra) y crustáceos (Daphnia), así como los ensayos sobre posibles efectos estrogénicos, dieron resultados negativos en todos los casos.

**3**



Grundfos



*Elsevier Public Health Emergency. Flow diagram of Herlev hospital wastewater treatment plant, Herlev, Denmark (May 2020).*

### 3. Vertido de hospitales. Tratamiento

Country	Hospital characteristics		Treatment train				Receiving system	Quality parameters evaluated
	Flow rate (m <sup>3</sup> /day)	Patients (beds)	Primary treatment	Secondary treatment	Tertiary treatment	Disinfection		
Denmark	360–500	691		MBR MBR	GAC + O <sub>3</sub> /H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> GAC	UV UV	Water body and sewer system	PhACs, antibiotic resistance, and pathogens
Germany	768	340		MBR			n.i.	PhACs (8)
Germany	768	340		MBR			n.i.	Conventional parameters: COD, TOC, AOX, NH <sub>4</sub> , total P, <i>E. coli</i> , and <i>Enterococci</i>
Germany	768	340		MBR	O <sub>3</sub>		n.i.	Endocrine activity
Germany	200	580		MBR	O <sub>3</sub> + PAC + sand filtration PAC + sand filtration		Water body	Micropollutants (including PhACs), integrons, toxicity
Netherlands	240	1,076		MBR			Sewer system	Micropollutants (including PhACs), integrons, toxicity
Netherlands				MBR	O <sub>3</sub> + GAC		Sewer system	PhACs, endocrine activity, microbial parameters, and conventional parameters

Fuente: Hospital Wastewaters. Characteristics, Management, Treatment and Environmental Risks. Ed. Springer 2018).

### 3. Vertido de hospitales. Tratamiento

Italy	900		MBR	O <sub>3</sub>	UV	n.i.	Conventional parameters: COD, BOD5, NH <sub>4</sub> , turbidity, and <i>Escherichia coli</i>
Greece	800		CAS		Chlorination	UWWTP through sewer system	Conventional parameters: COD, BOD5, NO <sub>3</sub> , PO <sub>4</sub> and TSS, and PhACs
Ethiopia	143	305	Septic tank	Oxidation ponds		Lake	Conventional parameters: COD, BOD5, P, PO <sub>4</sub> , total nitrogen, NH <sub>3</sub> , NO <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> , TSS, TDS, Cl, S <sub>2</sub> , total coliforms, and fecal coliforms
Saudi Arabia	904 622	300 215	CAS	Sand filtration	Chlorination	n.i.	PhACs
Iran		255–1,073	CAS		Chlorination	n.i.	Conventional parameters: COD, BOD5, DO, TSS, pH, NO <sub>2</sub> , NO <sub>3</sub> , PO <sub>4</sub> , Cl, and sulfate
India	50	319	CAS		Chlorination	Water irrigation of gardens of hospital	Genotoxicity and mutagenicity

Fuente: Hospital Wastewaters. Characteristics, Management, Treatment and Environmental Risks. Ed. Springer 2018).

### 3. Vertido de hospitales. Tratamiento

Country	Hospital characteristics		Treatment train				Receiving system	Quality parameters evaluated
	Flow rate (m <sup>3</sup> /day)	Patients (beds)	Primary treatment	Secondary treatment	Tertiary treatment	Disinfection		
Nepal	20		Septic tank	Constructed wetlands				Conventional parameters: TSS, BOD5, COD, NH <sub>4</sub> , PO <sub>4</sub> 2 <sup>-</sup> , total coliforms, <i>E. coli</i> , <i>Streptococci</i>
China				MBR				Conventional parameters: COD, BOD5, NH <sub>3</sub> , TSS, bacteria, and fecal coliform
China				MBR		Chlorination		
China	20			MBR			n.i.	Conventional parameters: COD, BOD5, NH <sub>4</sub> , turbidity, and <i>Escherichia coli</i>
China		500–2,410		MBR Anaerobic oxic Oxidation ditch			n.i.	Antibiotics and corresponding ARGs

Fuente: Hospital Wastewaters. Characteristics, Management, Treatment and Environmental Risks. Ed. Springer 2018).

### 3. Vertido de hospitales. Tratamiento

Vietnam <sup>a</sup>	220	Filtration	CAS	Not specified		Antibiotics
	520	Physical and chemical (not specified)	CAS		Environment (not specified)	
Republic of Korea		Flocculation Flocculation	CAS	Activated carbon	River water and seawater	PPCPs
Brazil	190	Septic tank		Anaerobic filter	Water stream	Psychiatric drugs (5)
Brazil		Septic tank		Anaerobic filter	Water stream	Antibiotics (ciprofloxacin)
Brazil	219		UASB	Anaerobic filter	Bay	Enteric viruses and hepatitis A
	432		CAS		Chlorination Lagoon	
Brazil	220		CAS		Chlorination River and seawater through the rainwater network	Antibiotic resistance profiles of <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , pH, conductivity, turbidity, dissolved oxygen, temperature, salinity, and chlorine

Fuente: Hospital Wastewaters. Characteristics, Management, Treatment and Environmental Risks. Ed. Springer 2018).

### 3. Vertido de hospitales. Tratamiento descentralizado

Country	Hospital characteristics		Treatment train				Receiving system	Quality parameters evaluated
	Flow rate (m <sup>3</sup> /day)	Patients (beds)	Primary treatment	Secondary treatment	Tertiary treatment	Disinfection		
Brazil	220	320		CAS		Chlorination	River and seawater through the rainwater network	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> isolates and $\beta$ -lactam-encoding genes

**Fuente:** Hospital Wastewaters. Characteristics, Management, Treatment and Environmental Risks. Ed. Springer 2018).

4

## Vertido de fosas sépticas

 **aqualia**

 **aqualia**

## 4. Vertido de fosas sépticas. Gestión del sistema

Una fosa séptica es un sistema depurador para el tratamiento primario de las aguas residuales domésticas. En ella se realiza la separación y transformación físico-química de la contaminación contenida en esas aguas

### CONSIDERACIONES:

#### 1) DISEÑO, teniendo en cuenta:

- Caudal medio diario y medio horario de las aguas a tratar (volumen total de la Fosa Séptica oscila entre los 250 y 300 l/h.e. )
- Caudal máximo de las aguas a tratar
- Diseño adecuado de parámetros de operación y volumen útil

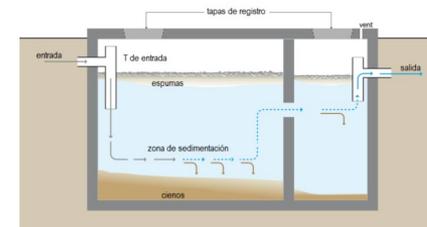
Parámetros	Valores recomendados
Velocidad ascensional a $Q_{mh}$ (m/h)	$\leq 1,5$
TRH (d)	2-3
Volumen útil (l/h-e)	450

Intervalo de extracción de fangos (años)	Volumen útil de la Fosa Séptica (m <sup>3</sup> )
1	$2,7 \times Q_{m,d}$
2	$3,5 \times Q_{m,d}$
3	$4,2 \times Q_{m,d}$

Parámetro	% Reducción	Efluente final (mg/l)
Sólidos en suspensión	50-60	100-125
DBO <sub>5</sub>	20-30	210-240
DQO	20-30	420-480

Relación longitud/anchura: 3/1 para evitar cortocircuitos

- Altura de fosas de 1,2-1,5 m: 0,9-1,2 nivel de agua y resto de resguardo para acumulación flotantes.
- Compartimentalización de la fosa:
  - Dos compartimentos: 2/3 el primero y 1/3 el segundo
  - Tres compartimentos: 1º, 50%, 2º y 3º un 25%



## 4. Vertido de fosas sépticas. Gestión del sistema

### 2) MATERIALES empleados:

- Que den resistencia estructural, impermeabilidad y resistencia a ambientes corrosivos (condiciones anaerobias)
- Prefabricadas: adecuado dimensionamiento del foso, losa de hormigón con losa de hormigón, relleno
- Estanqueidad: evitar infiltraciones y fugas

### 3) OPERACIÓN:

- Medición de espesores de fangos y flotantes 1 vez/año, extracción de lodos y flotantes 1 vez/año
- Retirada de lodos:
  - producción media de lodos suele ser de 0,2 m<sup>3</sup>/hab.año; 0,5 l/hab.d
  - velocidad de acumulación de lodos: 0,5 l/hab.d
- Tiempo de residencia de 2 días
- Extracción parcial para mantener activo el proceso de digestión anaerobia. El período dependerá del tamaño de la instalación y el grado de utilización
- Posibilidad de gestión a través de EDARs municipales: incorporación a línea de fangos, si se dispone en la fosa de elementos de desbaste, o descarga en la fase de pretratamiento.
- Funcionamiento correcto: el agua alcanza el nivel del colector del vertido del agua tratada al terreno. Es decir, cuando la fosa está llena hasta su nivel de trabajo. Si supera este nivel y rebosa por alguna de las arquetas superiores significará que la fosa tiene algún problema: atasco a la entrada o la salida, etc....
- Si tras limpieza de los fangos, y tras varios días, el agua no sube de nivel y no alcanza el colector de salida, puede que haya alguna fisura en las paredes de la fosa séptica y el agua residual se esté infiltrando directamente en el terreno sin haber completado el tratamiento



Norma Española  
UNE-EN 12566-1  
Mayo 2017

Pequeñas instalaciones de depuración de aguas residuales para poblaciones de hasta 50 habitantes equivalentes  
Parte 1: Fosas sépticas prefabricadas

## 4. Vertido de fosas sépticas. Características

Parámetro	Valor
pH	6,0
Sólidos en suspensión totales (mg/l)	15.000
Sólidos en suspensión volátiles (mg/l)	10.000
Sólidos totales (mg/l)	40.000
Sólidos totales volátiles (mg/l)	25.000
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	7.000
DQO (mg/l)	15.000
N-NH <sub>4</sub> (mg/l)	150
NTK (mg N/l)	700
P <sub>total</sub> (mg P/l)	250
Alcalinidad (mg CaCO <sub>3</sub> /l)	1.000
Grasas (mg/l)	8.000

**MAGRAMA.** Manual para la implantación de sistemas de depuración en Pequeñas poblaciones.



COMPUESTOS EMERGENTES ORIGEN  
DOMÉSTICO: fármacos, hormonas y productos de cuidado y de higiene personal.

## 4. Vertido de fosas sépticas. Tratamiento en EDAR

- Garantía de origen del vertido
- Punto de descarga: bien a la línea de fangos, si, esa fosa séptica disponía de sistema de desbaste, o bien, directamente, al pretratamiento de la EDAR, o, establecer un dispositivo de recepción con desbaste y envío a línea de fangos .
- Capacidad de la EDAR de referencia en la descarga de fosas sépticas. Cuantificación de la carga de entrada y la asociada a la descarga de fosas sépticas: depósito de laminación a instalarse?.
- Referencias específicas de operación en la EDAR de destino: por ejemplo, con aguas residuales diluidas, con entrada de descargas de fosas sépticas, pueden producir sobrecargas orgánicas puntuales.
- En municipios, en los que exista una gran abundancia de sistemas de fosas sépticas, por ejemplo, con numerosas urbanizaciones aisladas o pedanías alejadas del núcleo principal de población, y con una población baja en relación, puede conllevar como riesgos, una pérdida de calidad del efluente, sobre todo, si hay requerimientos en la eliminación de nitrógeno amoniacal; Puede llevar asociados incrementos puntuales en la aireación, así como en los fangos producidos (tamaño de la EDAR o frecuencia entrada)

5

## Vertido de urinarios públicos

 **aqualia**

 **aqualia**

## 5. Vertido de urinarios públicos.



Se diseñó en el siglo XVI para la reina Isabel I de Inglaterra. Su idea consistió en unir un asiento a una cisterna de agua, todo en un recinto cerrado: **water closet**, de donde provienen las siglas WC. La peste era el principal problema de este diseño, pues no tenía manera de evitar el reflujó del agua contaminada. Fue el relojero escocés Alexander Cumming quien dio fin al problema de los malos olores, agregando un sifón.

Inicio del sanitario portátil en la década de 1940 en los astilleros de construcción naval, producto de las necesidades logísticas que demandaba la guerra en curso. El movimiento rápido de tropas durante la 2ª Guerra Mundial, exigió mucho al apoyo logístico, entre ellos los que proporcionaban soluciones sanitarias. Se requirió un sanitario portátil, que fuera rápido de instalar y también de transportar.



A partir de los 70, se lleva a cabo el empleo de productos químicos biocidas, que inhiben el crecimiento de bacterias grampositivas productoras de olores. Esto significa que evitan que las bacterias que causan el olor se multipliquen, lo que mantiene el olor al mínimo. Hoy en día el uso más extendido en la fabricación es el polietileno..

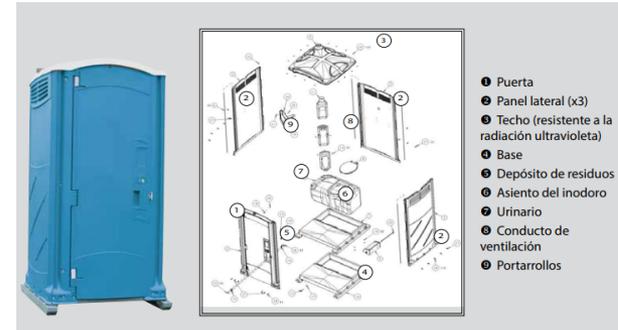
## 5. Vertido de urinarios públicos. Dimensionamiento para su uso

El baño portátil (también llamadas, cabinas sanitarias móviles, en base a la Norma UNE-EN16194, o Unidades Sanitarias Portátiles-USP) emplea productos químicos para minimizar los olores y está formado por un estanque que permite acumular entre 150 y 260 litros. Dado su portabilidad, la extracción de excretas se debe de realizar a la red de alcantarillado o directamente en una planta de tratamiento.

Su empleo se ha extendido, y va desde sitios en construcción, festivales musicales, ferias, fiestas, actividades deportivas, caravanas, embarcaciones.

Los elementos de que consta un baño químico son: el depósito de aguas negras, depósito de la cisterna, trampilla, tapa del inodoro e indicador de la capacidad.

Se suelen emplear dos tipos de líquidos: el azul en el depósito de aguas negras, producto químico para la descomposición de los deshechos y el líquido rosa, en el depósito de la cisterna para eliminar la cal, desinfectar, dar buen olor a la taza, si bien, no es imprescindible. El empleo de colorante azul en el inodoro se utiliza para evitar ver el contenido de los residuos.



Número mínimo de USP según número de usuarios (Para eventos masivos de promedio 6 horas de duración)								
Promedio de asistencia	UNE-EN 16194		PSAI (Extraído de un estudio de la Universidad de Missouri)		PSE (Portable Sanitation Europe Ltda)		Concejo de Medellín. Acuerdo 038 de 2002	
	USP	Usuarios por USP	USP	Usuarios por USP	USP	Usuarios por USP	USP	Usuarios por USP
250	2	125	3	83	4	63	3	83
500	3	167	7	71	6	83	4	125
1.000	6	167	9	111	10	100	5	200
2.000	12	167	15	125	19	105	6	333
3.000	25	120	24	125	28	107	8	375
4.000	38	105	30	133	38	105	10	400
5.000	50	100	38	132	47	106	12	417
6.000	63	95	45	133	56	107	14	429
7.000	75	93	53	132	66	106	14	500
8.000	88	91	60	133	75	107	14	571
9.000	100	90	-	-	84	107	-	-
10.000	113	88	75	133	94	106	18	556
12500	125	100	94	133	118	106	19	658
15000	156	96	113	133	140	107	22	682
17500	188	93	131	134	165	106	26	673
20000	219	91	150	133	187	107	30	667

Fuente: Bamocol S.A (2013)

## 5. Vertido de urinarios públicos. Dimensionamiento para su uso

Nº de Usuarios	Nº de Cabinas
De 1 a 10	1
De 11 a 20	2
Más de 20	Una cabina más por cada 10 usuarios adicionales
La cabina debe limpiarse al menos tras cinco días laborales de ocho horas cada uno.	

Nº de usuarios (50% hombres y 50% mujeres)	Nº mínimo de cabinas (para un evento de hasta seis (6) horas de duración)	Nº mínimo de cabinas (para un evento de hasta doce (12) horas de duración)
Hasta 249	2	3
De 250 a 499	3	5
De 500 a 999	6	9
De 1000 a 1999	12	18
De 2000 a 2999	25	38
De 3000 a 3999	38	57
De 4000 a 4999	50	75
De 5000 a 5999	63	95
De 6000 a 6999	75	113
De 7000 a 7999	88	132
De 8000 a 8999	100	150
De 9000 a 9999	113	170
De 10000 a 12499	125	188
De 12500 a 14999	156	234
De 15000 a 17499	188	282
De 17500 a 19999	219	329



**PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS para la contratación del ALQUILER, LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO DE CABINAS SANITARIAS (W.C. QUÍMICOS PORTÁTILES) PARA LA CIUDAD DE VALENCIA DURANTE LAS FALLAS DEL 2018 (días 15, 16, 17, 18, 19 y 20).**

### PRIMERA.-OBJETO

El objeto del contrato es la contratación en régimen de alquiler de cabinas sanitarias normales de ciudad en un número mínimo de (230), y un mínimo de (40) más adaptadas a personas con discapacidad. Incluyendo transporte para su instalación y retirada, limpieza y mantenimiento diario preciso de las mismas durante el periodo contratado (del 15 al 20 de marzo de 2018). Distribuyéndose en las ubicaciones que se indique por el Ayuntamiento.

## 5. Vertido de urinarios públicos. Producción y características aguas residuales

La composición de las aguas residuales procedente de estos elementos, son como en un agua residual doméstica DBO, DQO, SS y nitrógeno.

Para “tratar esta contaminación en origen”, se emplean diferentes compuestos químicos, que son difícilmente biodegradables, y que pueden resultar tóxicos para la biomasa.

Entre los productos químicos que se han venido utilizando se encuentran:

- formaldehído: propiedades biocidas, que pueden causar inhibición de la actividad microbiana. Irritante para ojos, oídos, piel, nariz y garganta
- bronopol: biocida, que en soluciones acuosas se degrada en otros productos con efecto biocida también para la biomasa
- limoneno y ácido cítrico: empleados como desodorizantes, pero que también presentan actividad antimicrobiana por los procesos biológicos de una EDAR

Se ha procedido a introducir en el mercado productos químicos que sustituyen al formaldehído por compuestos de amonio cuaternario, sin colorantes, además de otros compuestos basados en bacterias no patógenas y enzimas híbridas.

Como valor promedio, cada inodoro químico debe ser vaciado una vez a la semana, retirándose del mismo unos 25 l de residuos, procediéndose a su limpieza y desinfección incorporando agua limpia, unos 10 litros, a la que se adiciona 1 litro de productos químicos. En Europa se estima que existen unos 2 millones de baños públicos químicos, que suponen de media, el uso de 2.000 m3 semanales de compuestos químicos.



## 5. Vertido de urinarios públicos. Normalización

norma  
española

UNE-EN 16194

Junio 2012

**TÍTULO**

Cabinas sanitarias móviles no conectadas al alcantarillado

Requisitos de los servicios y productos relacionados con el suministro de cabinas y productos sanitarios

### Requisitos:

- Concentrados sanitarios, efectivos durante al menos 7 días, garantizándose la permanencia del color y del olor
- Los productos empleados deben ser compatibles con el medio ambiente
- Los aceites aromáticos deben desprender fragancia agradable y ser compatibles con el medio ambiente
- Las aguas fecales deben vaciarse de manera adecuada en puntos de vaciado previstos o asignados

# MUCHAS GRACIAS