

I+D

Una nueva innovación de la FCCA: Microfiltros para tuberías

Los microfiltros acoplables a tuberías de distintos diámetros son la nueva innovación patentada por la Fundación FCCA. Permiten convertir tuberías normales en tuberías drenantes con una luz de paso hasta de 0,2 mm.

La idea surgió a partir de los ensayos realizados en Guetaria, País Vasco, el pasado mes de Junio (El Manantial 36). En estos ensayos se comprobó que el diseño de los pisos drenantes era acertado desde el punto de vista hidráulico, y además, garantizaban una buena distribución de aire. Sin embargo, quedó pendiente encontrar un dispositivo que protegiera los orificios para evitar el paso de arenas, o materiales filtrantes de pequeño diámetro, al interior de las tuberías drenantes.

La idea de los microfiltros procura una solución universal al problema de como convertir tuberías normales en tubería drenantes y además a muy bajo coste.

Los filtros para aguas de flujo ascendente o descendente suelen estar rellenos de arenas o materiales

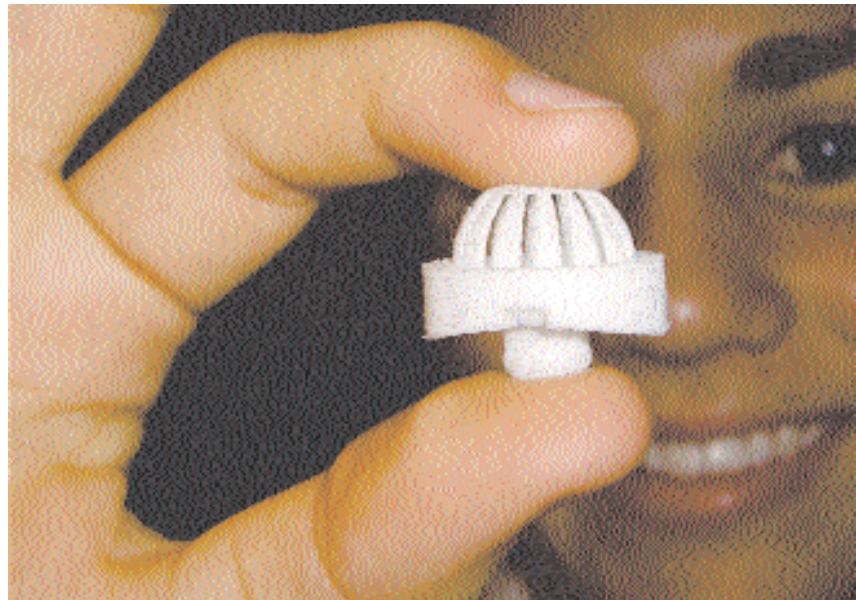


Fig. 1: Vista en tamaño real de un prototipo realizado a mano con ranuras de $\approx 1 \text{ mm}^2$.

filtrantes de diámetros muy pequeños. Por tanto, los tubos drenantes situados bajo este material filtrante tienen de disponer de alguna protección que impida el paso de este material fino a su interior.

(Continúa en la página 3)

Fig. 2: Vista de tres microfiltros insertados en una tubería de $\varnothing 63 \text{ mm}$.



Sumario

Nuestros patronos:

Cadagua: Exportando desalación al mundo.

Reportaje

- La historia del tratamiento de aguas residuales en Alemania.

Actualidad

- Polémica en Reino Unido por una desaladora.



CONSTRUTEC
Soluciones Técnicas en
Conducciones Hidráulicas

INFORME

La calidad del agua desalada para uso agrícola nuevamente a debate: De la toxicidad a las carencias

PROYECTO

La historia de la desalación en Canarias vista por sus protagonistas.

Nuestros patronos:



CADAGUA: exportando desalación al mundo

Más de 35 años de experiencia en el campo del tratamiento de agua y de la desalación de agua de mar avalan a Cadagua, S.A. en su andadura internacional.

Cadagua —empresa de **ingeniería y construcción** del Grupo Ferrovial— participó de forma activa en los primeros pasos de la tecnología de la desalación por ósmosis inversa, que vió la luz en las Islas Canarias en los años 70.

Desde entonces, Cadagua, con una producción diaria cercana a un millón de metros cúbicos de agua desalada, ha apostado por la inversión en tecnología (creando su propio departamento de I+D+i), por el desarrollo de una política medioambiental respetuosa con nuestro entorno y por la implicación de su capital humano, altamente cualificado, en cada proyecto.

Los éxitos recogidos en el territorio nacional son la tarjeta de visita de Cadagua mas allá de las fronteras, que logró ya en 1967 el primer contrato internacional. Hoy, en recompensa al esfuerzo y probada capacidad, Cadagua cuenta con referencias (plantas de tratamiento y

depuración de aguas y plantas desaladoras) en países como **China, Kuwait, Chipre, Argelia, Túnez, Chile, Venezuela, Portugal, Francia, Reino Unido y Polonia**, y es la **única empresa española** que ha conseguido ejecutar una planta desaladora de agua de mar (Madinat Yanbu, 50.400 m³/d) en el mayor mercado desalador del mundo, **Arabia Saudita**.

A punto de abrir su sede en Dubai, Cadagua busca consolidarse en Oriente Medio, puerta de acceso clave a nuevos mercados.

Cadagua es la primera empresa española:

En promover una planta de suministro de agua en la modalidad BOOT

En construir y operar la mayor planta de secado térmico de fangos en modalidad BOOT

En desarrollar una planta de tratamiento de fangos por gasificación.

En obtener el Certificado de Calidad UNE-EN-ISO 9001 para el diseño, construcción, montaje, puesta a punto, mantenimiento, conservación y explotación de plantas de tratamiento de agua. www.cadagua.es



Actualidad:

Polémica en el Reino Unido por una desaladora*

El gobierno británico ha otorgado el pasado 18 de julio permiso para la construcción de una desaladora de OI en la desembocadura del río Támesis. La primera de su clase en el Reino Unido.

Debido al alto consumo energético que implica, la planta será utilizada solamente durante períodos de sequía o de bajas precipitaciones, o con el fin de mantener el suministro de agua en caso de fallo en alguna planta de abastecimiento de la ciudad.

La planta tendrá una capacidad de 140.000 m³/d, suficiente para casi un millón de personas.

El montaje de la inversión asciende a unos 350 millones de euros.

La compañía ha hecho planes para hacer funcionar la planta totalmente a base de energías renovables y de biodiesel.

Los grupos conservacionistas se han opuesto a su construcción argumentando que la planta producirá más de 250.000 t de CO₂ al año, mientras que los datos de pérdidas en la red de alcantarillado continúan siendo alrededor del 30%, equivalentes a unos 915.000 m³/d. Se argumenta también que el consumo medio de 165 L/hab y día puede ser reducido con campañas de concienciación y que resultaría poco eficiente desde el punto de vista medioambiental utilizar este agua para el riego de parques y jardines,

limpieza de coches o las cisternas retretes, habiendo posibilidades de aumentar la disponibilidad de agua por otros medios, entre otros con mejores sistemas de captación de aguas de lluvia.

Thames Water, la empresa concesionaria del abastecimiento del gran Londres, es la mayor del Reino Unido y abastece a 13,4 millones de usuarios. Suministra 2.600.000 m³/d de agua potable y trata del orden de 2.800.000 m³/d de agua residual.

Enlace: www.thameswater.com

* *Fe de erratas: Este artículo quedó sin publicar en EL MANANTIAL 36 aunque aparecía en el Sumario.*

I + D (continuación)

(Viene de la página 1)

En general, los tubos drenantes forman una especie de parrilla que ocupa toda la superficie del filtro, su objetivo es conseguir una buena distribución de agua o de aire, o un drenaje uniforme bajo toda la superficie del filtro.

Por razones hidráulicas, los orificios que permiten el paso de agua a las tuberías drenantes tienen un diámetro superior a los diámetros de las partículas del lecho filtrante. Esto implica que las partículas finas penetran con facilidad dentro de las tuberías, en especial durante el proceso de drenaje, obstruyendo así el sistema.

Para evitar este problema se emplea, en algunos casos, una capa de grava que hace de barrera filtrante alrededor de las tuberías. Esta solución, sin embargo, no es siempre viable dado que, entre otros inconvenientes, la cama de grava ocupa un cierto volumen que no está siempre disponible, en particular, en los filtros pequeños. En otros casos, se emplea una placa filtrante en boquillas de plástico colocadas una próxima a la otra. Este diseño es, sobre todo caro y no siempre permite una buena distribución de aire y agua en toda la superficie del filtro dado que el sistema de compensación de caudal no es suficientemente sofisticado. También existen en el mercado sistema de tubería de pequeño tamaño ranuradas longitudinalmente con las que se puede configurar los pisos filtrantes a base de ramales que van cubriendo la superficie del filtro. Esta solución tiene cierta fragilidad y su ensamblaje deja muchas zonas muertas. Por último, existen módulos rectangulares para filtros rectangula-

res de hormigón pero que no son adaptables a los fondos de los depósitos circulares.

Cabe decir así, que no se ha logrado hasta ahora un diseño que permita de forma satisfactoria proteger las tuberías drenantes de los filtros contra la entrada de partículas finas.

El diseño de la FCCA consiste en un dispositivo formado por dos piezas acopladas entre sí. Una tiene forma de semiesfera micro-ranurada, mientras que la otra consiste en una base circular, sobre la que se acopla la semiesfera y con un tubito está diseñado para que pueda insertarse en un orificio en la pared de la tubería drenante, de forma que se acopla directamente a la misma por medio de un sistema "clip". El dispositivo queda así fijado como un microfiltro para cada orificio de la tubería drenante.

La semiesfera micro-ranurada hace el efecto de filtro para las partículas de arena fina. La luz de paso se puede adaptar según necesidades, desde 0,2 hasta 0,8 mm. Por su parte, la base sobre la que se acopla la semiesfera tiene un orificio en el centro cuyo diámetro es también variable según el caudal que se desee dejar

pasar. Este diámetro regula, así el caudal de funcionamiento del microfiltro mientras que la microesfera hace simplemente de filtro al paso del agua.

Este dispositivo permite, obviamente, el flujo de agua y aire. En sentido inverso, esto es, desde dentro de las tuberías drenantes hacia fuera, como ocurre durante los procesos de lavado.

La utilidad de este invento abarca no solo las superficies curvas de tuberías sino también superficies planas.

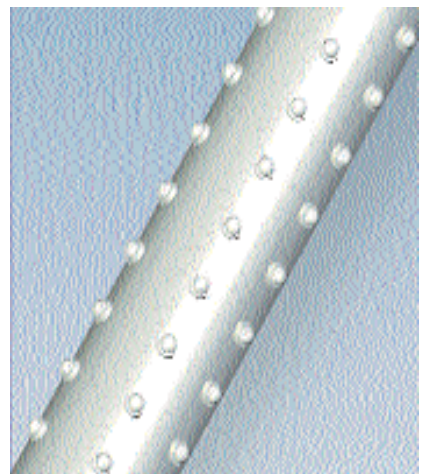


Fig. 3: Microfiltros insertados en una tubería drenante de $\varnothing 140$ mm.



Fig. 4: Visión en 3D de las dos piezas que configuran el microfiltro.

Además del apoyo del Gobierno de Canarias y los 7 Consejos Insulares de Aguas, la Fundación Centro Canario del Agua recibe ayuda financiera y logística de las siguientes empresas y profesionales:

GRANDES EMPRESAS: ACCIONA-AGUAS; AQUALIA; CADAGUA; CANARAGUA; CANARIAS EXPLOSIVOS; CERVECERA DE CANARIAS; CONSTRUTEC; DEGREMONT; DRACE; ELMASA; EMALSA; EMMASA; GE WATER & PT; INALSA; SADYT; TECNOLOGÍA CANARIA DEL AGUA ;TEDAGUA

PYMES: AQUAFACORY; HYDRA Soluciones ambientales; EMPRESA MIXTA DE AGUAS DE LA ANTIGUA; JOSÉ FALCÓN SUAREZ, S.A.; SOLWATER; TAGUA; TECNOVALIA; TORAY MEMBRANE EUROPE; WASSER

PROFESIONALES: EMILIO ALSINA (CCIMA); JOSÉ LUIS P. TALAVERA (Ingeniero Industrial); M^o JOSEFA PÉREZ (C.B La Candelaria); ALEXIS POMARES (GIRO INGENIERÍA); ROBERTO PONCELA (GEÓLOGO); ELZBIETA SKUPIEN (HIDROGEÓLOGA); M^o DE LOS ÁNGELES RODRÍGUEZ MORA (Funcionaria).

Informe:

La calidad del agua desalada para uso agrícola nuevamente a debate: De la toxicidad a las carencias

Uno de los temas de mayor interés y discusión en el último Congreso Mundial de Desalación celebrado el pasado mes de octubre en Maspalomas fue la gestión del Boro; este elemento pequeño que se escapa al control de las membranas de ósmosis inversa y que aparecen en el permeado en concentraciones entre 0,8-1,5 mg/L. Hace unos dos años cuando se presentaron los criterios de diseño de la planta de OI de Ashkelon en Israel (270.000 m³/d), muchos se llevaron las manos a la cabeza por la complejidad del tratamiento de ósmosis inversa con un segundo paso a pH muy elevado con el fin de eliminar el Boro y poder luego conseguir mediante una mezcla con agua del primer paso a una concentración menor de 0,5 mg/L. ¿Y por qué 0,5 mg B/L? La justificación para este valor era que el agua desalada iba a ser utilizada en regadíos. ¿Se llevan décadas años regando con aguas desaladas con más de 1 mg B/L y nadie había levantado la bandera de aviso por problemas de toxicidad? El caso es que un tema suficientemente estudiado, es que el Boro por encima de 0,5 mg/L afecta a los cultivos de frutales y en especial a los cítricos. Últimamente el tema del Boro ha vuelto a coger relevancia pero esta vez debido a que el nuevo límite para aguas potables en la UE pasará a ser el valor guía de la organización Mundial de la Salud que también es de 0,5 mg B/L. Así, por ambas razones, podríamos



Fig. 1: Síntomas de toxicidad de Boro en judía a diferentes concentraciones de Boro en el agua de riego: Necrosis y clorosis en las puntas de las hojas maduras por acumulación de Boro. (<http://www.ctahr.hawaii.edu/oc/freepubs/pdf/pnm3.pdf>)



Fig. 2: Típicos síntomas de toxicidad de Boro en cítricos: Necrosis y clorosis en los bordes de las hojas maduras. (<http://www.ctahr.hawaii.edu/oc/freepubs/pdf/pnm3.pdf>)



decir muchas de las nuevas plantas que se están construyendo en España se están diseñando ya para cumplir con este criterio de Boro.

El agua producida por estas nuevas plantas tiene aproximadamente la

Fig.3: Síntomas típicos de carencia de mg: Clorosis entre vasos conductores dejando una figura de «árbol» verde. Es similar a la carencia de Fe pero se manifiesta en las hojas maduras, al contrario que la carencia de Fe que es en las hojas jóvenes. (<http://www.rhs.org.uk/>)

composición que se indica en la Tabla 1. En ella se contempla que, efectivamente, los niveles de Boro están por debajo de 0,5 mg/L. Sin embargo, también se observa que el agua ha quedado compuesta, prácticamente, sólo por cloruro sódico, un poco de potasio y pequeñísimas cantidades de bicarbonatos, sulfatos, calcio, magnesio.

Los niveles bajos de magnesio y sulfatos en las aguas de riego producirán carencias en los cultivos a no ser que se añada en los fertilizantes. Por

tanto, la remineralización de calcita o lechada de cal no sería suficiente para dar una calidad adecuada para las aguas de riego. Por ello hay autores que replantean el problema de la calidad y sugieren producir un agua más equilibrada. La Tabla 1 muestra los niveles deseables propuestos por Yermiyahu et.al. [1] en base a la experiencia con la planta de Ashkelon. Para conseguir estos niveles, se están estudiando métodos y procedimientos para combinarlos con el fin de procurar una remineralización que se pueda pagar. Actualmente el coste de la remineralización con calcita está establecido en unos 0,013 €/m³ y el de lechada de cal de 0,022 €/m³. El coste de una remineralización más completa deberá ser analizado en detalle en cada caso.

	AD*	Rec[1]**
EC (dS/m)	0,2-0,4	<0,3
mg Cl/L	15-20	<20
mg Na/L	9-10	<20
mg Ca/L	0,0-0,1	32-48
mg Mg/L	0,0-0,3	12-18
mg SO ₄ /L	0,4-0,4	>30
mg B/L	0,2-0,3	0,2-0,3
TA ***	1-3	>80
CCPP	-10 a -11	+3 a -10
pH	6,6-7,5	<8,5

*) Agua desalada con control de boro

**) Recomendaciones según [1]

***) mg CaCO₃/L

Tabla 1: Niveles deseables para la remineralización de las aguas desaladas [1]

[1] Yermiyahu, E. et al. Rethinking Desalinated Water Quality and Agriculture. Science Vol 318, 9 Nov. 2007. pp 920-921.

Proyecto:

La historia de la desalación en Canarias (1960-2007) vista por sus protagonistas

Un nuevo proyecto será puesto en marcha por la Fundación para recopilar la historia de la desalación en Canarias (1960-2007) a partir de las experiencias de los distintos tecnólogos que han vivido las distintas fases del proceso desde sus comienzos hasta nuestro días.

La historia de la desalación en Canarias está marcada de anécdotas y logros, y también fracasos.



Fig. 4: Síntomas típicos de carencia de Ca en cítricos: Clorosis en la mitad final de las hojas. Mucho menos pronunciada la forma de «árbol» que en el caso Mg. Al igual que en el caso del Mg. Carencia se manifiesta en hojas maduras. En horticolas estos síntomas se combinan con doblado en los tallos.

(<http://www.ctahr.hawaii.edu/oc/freepubs/pdf/pnm3.pdf>)



Fig. 5: Síntomas típicos de carencia de S: Clorosis completa de las hojas más jóvenes. Aunque en la foto se muestra una planta de plátano, el síntoma es similar en horticolas.

(<http://www.ctahr.hawaii.edu/oc/freepubs/pdf/pnm3.pdf>)

Los procesos de construcción de las plantas públicas han llevado años de negociaciones además de detalles curiosos que hicieron que los diseños hayan ido variando a medida que se incorporaban las distintas tecnologías.

Paralelamente a la producción del agua desalada renació toda una sociedad desde una crisis profunda que supusieron los años 70 y 80 por la falta de agua.

Por parte del sector privado, la desalación sirvió también para lanzar un sector industrial de servicios cuyas experiencias merece la pena también contar y tener presente para el futuro.

Los resultados de los trabajos serán publicados en un libro ilustrado con tablas, figuras, fotos y extractos de documentos originales de cada una de las distintas épocas.

Historia del tratamiento de aguas residuales en Alemania

Alemania es, junto con otros países de la Europa industrial, una de las cunas de la ciencia y de las tecnologías para el tratamiento de aguas residuales. Todo este desarrollo ha llevado un proceso de más de un siglo que se resume en este breve artículo. [1][2]

Las epidemias y las aguas residuales a mitades del XIX

En la Alemania de finales del siglo XIX, como en otras naciones de la Europa, el desarrollo industrial generó un éxodo masivo hacia las ciudades con el consiguiente problema de concentración de la producción de aguas residuales. Las epidemias,

ba abajo. Las fiebres tifoideas, por su parte, se convirtieron en un problema permanente y permanecieron así hasta finales del siglo XIX.

Poco a poco, se fue aceptando la idea de que la razón de las epidemias eran las malas condiciones sanitarias en las ciudades. Se empezaron así a construir los sistemas de alcantarillado. Hamburgo fue la primera ciudad en hacerlo en 1842, pero la mayoría lo hicieron como Frankfurt a partir de la gran epidemia del cólera de 1867.

Intento de control de la peste en los ríos

Si bien los alcantarillados eliminaban las aguas residuales de las

ausente en la parte más baja del río y en la época más calurosa del año”. Se empiezan entonces a construir las primeras plantas de tratamiento de aguas residuales para permitir su aplicación en regadíos. La primera planta de esta época fue construida en Frankfurt en 1887. El esquema de este tipo de plantas aparece en la Figura 1.

Con la experiencia en estas plantas se consiguieron importantes avances en los diseños del desbaste mecánico. Posteriormente, en el período hasta la primera guerra mundial los avances fueron más bien en los temas de la decantación.

Dado las necesidades de espacio que requería la aplicación en regadíos se empezó a trabajar también en esta época con lechos percoladores como un sistema para ahorrar espacio y ahorrar también costes (Figura 2).

Sin embargo, los malos olores seguían siendo un grave problema y en 1898 se construyó el primer tanque de aireación en combinación con la aplicación agrícola.

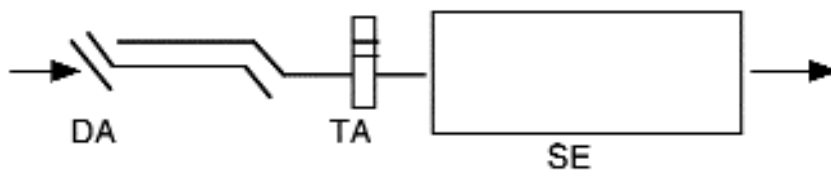


Fig.1: Configuración típica de una planta alrededor de 1890 con desbaste (DA), tamiz (TA) y sedimentación (SE)



Fig.2: Planta típica después de la introducción de los filtros percoladores (FP) y un proceso de sedimentación, clarificación (CL)

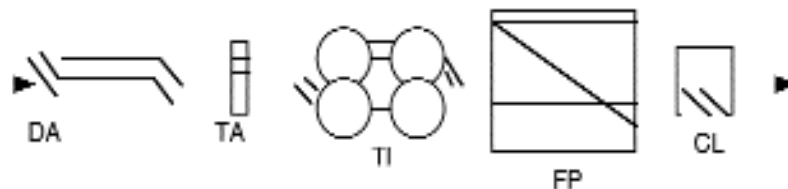


Fig.3: Plant con tanques Imhoff (TI) alrededor de 1910

especialmente el cólera y las fiebres tifoideas, que habían sido hasta entonces solo ocasionales, pasaron a ser frecuentes y a causar numerosas muertes. En 1866/67 una gran epidemia de cólera arrasó Alemania de arri-

calles de las ciudades, su descarga en los ríos producía una grave contaminación en los mismos. Así, en 1888, se publica el primer Decreto que promueve que “la señal inequívoca de podredumbre apestosa debe estar

La primera digestión anaerobia de fangos

El problema de generación de lodos de los lechos percoladores llevó a que se patentara en 1906 el tanque de Imhoff como un tanque de decantación con un digestor de fangos debajo. Se empiezan a construir entonces plantas de dos pisos y se introduce la digestión anaerobia como el método más sencillo para la estabilización de fangos. La primera planta de este tipo se construyó en 1908 en Essen (Figura 3).

La digestión de lodos permitió el desarrollo de las eras de secado y aplicación directa de los lodos en la agricultura.

Impacto de la 1ª guerra mundial

La primera guerra mundial para todo el proceso de desarrollo hasta mediados de 1920 en que el país se recupera de la crisis y empiezan a aparecer las innovaciones. En primer lugar, surgen las balsas de aireación.

Aplicadas con éxito en 1925 en Recklinghausen producen mejores resultados que los filtros percoladores en cuanto a la eliminación de la carga orgánica y además se eliminan los malos olores y las moscas. Ello permitía colocar las plantas cerca de las ciudades. Sin embargo, los mayores costes de inversión y de mantenimiento ralentizan la construcción de este tipo de nuevas plantas.

En 1927 se construye en Leipzig el primer barredor de fondo que permite recuperar los lodos del decantador primario y sustituir así los sistemas de dos plantas tipo Imhoff. Esto permitió hacer la digestión en un tanque separado. Estos tanques pasaron a tener también agitadores y sistemas de calefacción para mejorar el rendimiento. Las grandes plantas pasaron así a contar con un tratamiento de lodos independiente (Figura 4).

La digestión anaeróbica y la recuperación del metano

El interés en la digestión anaeróbica era la recuperación de gas para producir energía. La primera instalación para uso del gas metano de la digestión anaeróbica está documentada en 1924. Posteriormente, el tratamiento anaeróbico de fangos se convirtió en un estándar del tratamiento de las aguas residuales.

En los años 20 empiezan también a desarrollarse los tratamientos físico-químicos para los efluentes industriales.

En 1931 Alemania se ve afectada por la gran depresión. Aún así se avanza en la estandarización de los sistemas de tratamientos así como en leyes que abogan por un tratamiento uniforme de las aguas residuales en todo el país.

La época nacional socialista

El ideal nacional socialista de «sangre y suelo» donde el agricultor era alabado como la espina dorsal de una sociedad fuerte y saludable supuso la vuelta al empleo del agua residual en la agricultura; aunque también se buscaba un aumento de la producción agrícola para mejorar la autosuficiencia del país. Se introduce en esta época los filtros percoladores de alta carga (Figura

5). Sin embargo, la mayor parte del dinero público se destinó al rearme, por lo que se redujeron considerablemente las inversiones en plantas de tratamiento.

La posguerra

Los expertos coinciden en la necesidad de concentrar la investigación en el desarrollo del tratamiento biológico de las aguas residuales urbanas. Los años 50 contemplan el desarrollo del sistema de tratamiento de lodos

activos con alta carga. La primera planta de este tipo se puso en Wuppertal en 1952 (Figura 6).

Ya en esa época se pensaba en el tema de eliminación de los nitratos y el fósforo para reducir la eutrofización de las masas de agua. No llegaron a implantarse, sin embargo, tratamientos terciarios para este fin, posiblemente porque las técnicas no eran todavía suficientemente eficientes. Sin embargo, si se continuó investigando en las técnicas para reducir la contaminación por nutrientes.

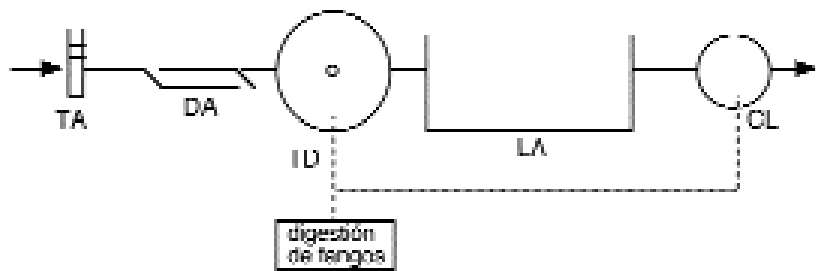


Fig. 4: Planta con los lodos activos (LA) alrededor de 1930

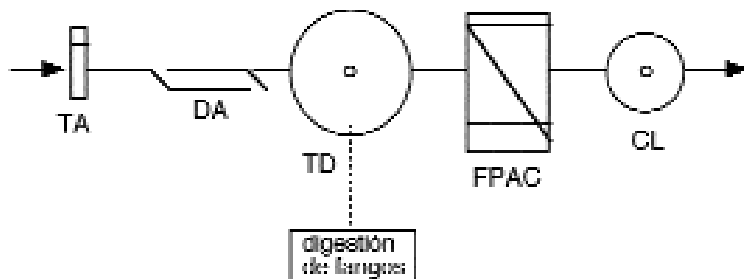


Fig. 5: Planta con filtro percolador de alta carga (FPAC)

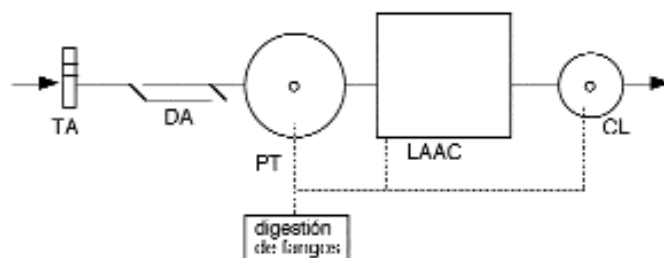


Fig. 6: Típica planta con un proceso de lodos activos de alta carga (LAAC) después de un pretratamiento (PT), introducida alrededor de 1955.

Los años 50 y 60 fueron años de una gran expansión económica por lo que la contaminación urbana continuó en aumento. Las plantas no daban abasto y la contaminación industrial causaba problemas medioambientales graves. A finales de los 60, la contaminación de las masas de aguas alcanza su nivel máximo.

La época moderna y el exceso de fangos

En 1960 se publica el primer Decreto Nacional sobre el Agua que regula su protección en toda Alemania. Sin embargo, con el crecimiento de la población vuelve el problema de los fangos que se creía resuelto a principios de siglo.

El hecho era que no había espacio en las eras de secado para la gran cantidad de fangos que se generaban. Empezaron así a desarrollarse los filtros prensa y las centrifugas.

(Figura 7).

Por otro lado, como ya no se podía disponer de más fangos en la agricultura se comienza también a depositarlos en vertederos.

En 1979 se publican los primeros niveles máximos de DBO (Demanda Biológica de Oxígeno) y DQO (Demanda Química de Oxígeno) a la salida de las plantas de tratamiento. Se produce así un cambio de énfasis en la legislación desde la protección de la salud humana hasta la protección del medio ambiente y de los ecosistemas.

En los años 70 se reduce la aplicación de fangos en la agricultura ante la detección de su contaminación por metales pesados y sustancias orgánicas. A finales de los 80 surge, por tanto, un cuello de botella para la eliminación de fangos y empieza a considerarse la incineración.

Los años 80 y la eliminación de nitratos y el fósforo

En los años 80 los sistemas terciarios aparecen ya como viables. La primera planta con sistema de desnitrificación se había instalado en 1978 en Biet. En 1989, una nueva norma obliga ya a instalar tratamientos terciarios al establecer a niveles bajos de nitrógeno y fósforo en los vertidos. Las plantas se adaptaron entonces según ilustra la Figura 8.

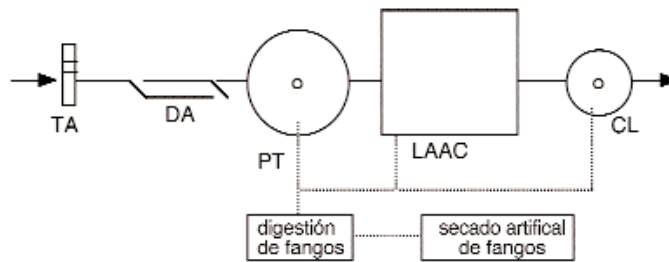


Fig. 7: La introducción del secado artificial de fangos alrededor de 1970.

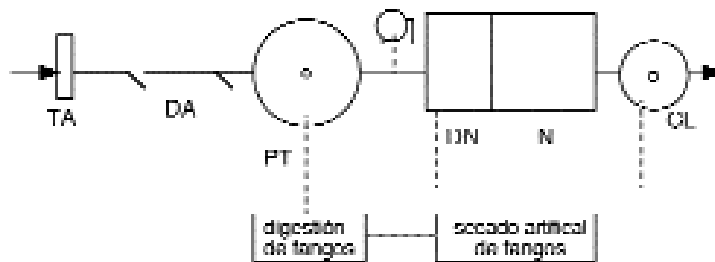


Fig. 8: Típica planta con eliminación de nutrientes por desnitrificación (DN) y nitrificación (N).

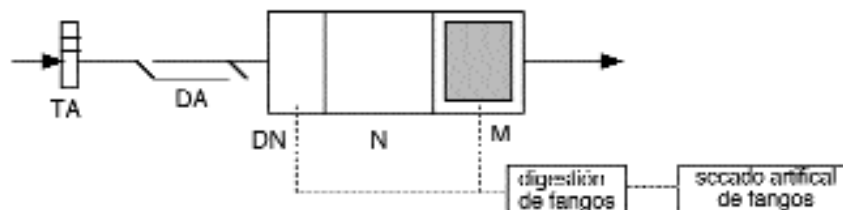


Fig. 9: Típica configuración de una planta con reactor de membranas (M).

La calidad del agua pasa a ser así más un tema económico que de tecnología. Avanzan también considerablemente a final de los ochenta los sistemas de secado e incineración de fangos con recuperación de energía.

El siglo XXI y las últimas tendencias

Con los problemas de la energía vuelven a estar de moda los tratamientos ecológicos y la aplicación agrícola para tratamientos descentralizados. Por otro lado, los tratamien-

tos con membranas aunque más compactos consumen más energía. Este mayor consumo de energía viene en parte compensado por una mejor calidad del efluente y una menor producción de fangos (Figura 9).

[1] H. Seeger, The history of German waste water treatment en: <http://www.valt.helsinki.fi/projects/enviro/articles/seeger.pdf>

[2] S. Chapman et. al., Membrane Bioreactors (MBR) for Municipal Wastewater Treatment- An Australian Perspective. en: http://www.membrane.unsw.edu.au/staff/papers/gleslie/mbr_for_reuse_awa.pdf