estación depuradora en Madrid - España

JUAN HERRERA MARIN, Dr. ingeniero de caminos

539-17

sinopsis

Se hace en este artículo una descripción detallada de la estación depuradora de aguas residuales de la cuenca de «El Fresno», situada en las inmediaciones de Puerta de Hierro.

Resalta el interés de la obra la circunstancia de ser una de las cuatro plantas previstas en el Plan General de Obras Sanitarias de Madrid; y dado que se trata de la de mayor envergadura que hay actualmente en servicio, con tratamiento completo de aguas residuales, se ha considerado interesante y de actualidad incluir un resumen de los cálculos justificativos de ingeniería sanitaria.

Decantador secundario vacío.

consideraciones generales

Es esta planta de la cuenca de El Fresno, situada en las inmediaciones de Puerta de Hierro, una de las cuatro previstas en el Plan General de Obras Sanitarias de la capital, y por su situación en cabecera del tramo canalizado del río Manzanares, su rápida puesta en servicio constituía la solución ideal al problema planteado por los agudos estiajes del río, consecuencia de la supresión de vertidos del embalse de Santillana, al dedicarse sus aguas íntegramente al abastecimiento de Madrid.

Comprendiéndolo así, el Consejo de Administración de la Canalización del Manzanares solicitó y obtuvo del Gobierno autorización para hacerse cargo de la obra, adelantando así en muchos años la fecha de su normal puesta en servicio.

Por tratarse de un tema de actualidad para la ingeniería española y de la planta de mayor envergadura que actualmente tenemos en servicio con tratamiento completo de las aguas residuales, creemos interesante dar una breve reseña de sus características más importantes y de los criterios seguidos para su dimensionamiento.

La cuenca servida por esta planta tiene una superficie de unas 3.000 Ha, con una población actual de 166.000 habitantes, que podrá llegar a duplicarse en el futuro. Ambas cifras incluyen la población virtual equivalente a las aguas de la Central Lechera y otras industrias existentes.

La planta construida está prevista para tratar la aportación actual del colector, con un caudal medio diario en tiempo seco de 1.700 m³/h, admitiendo un caudal máximo en tiempo de lluvias de 3.600 m³/h. La contaminación de las aguas se caracteriza, a la entrada, por una DBO de

Decantador secundario.

260 p.p.m. y 426 p.p.m. de sólidos en suspensión, cantidades que se reducen, a la salida, por debajo de las 40 p.p.m. en ambos casos.

La técnica utilizada en el proceso de depuración de las aguas es de tipo tradicional, con un pretratamiento normal, un tratamiento primario por decantación y un tratamiento secundario (biológico) mediante lechos bacterianos de fuerte carga con decantación posterior de los humus resultantes. Este último proceso incluye una recirculación del orden de vez y media el caudal tratado, con la posibilidad de disponer sus elementos en paralelo o en serie-paralelo, mediante un ingenioso sistema de compuertas dispuestas en la arqueta de repartición.

Los humus obtenidos en la decantación secundaria son recirculados a los decantadores primarios juntamente con un caudal de aguas tratadas igual a 1/10 del de entrada, decantando nuevamente junto a los fangos primarios, a los que mejora por oxidación, permitiendo una mayor retención y espesamiento.

Así, pues, la totalidad de los fangos de la planta se obtiene por purga de los decantadores primarios, almacenándolos en un depósito de fangos que sirve de volante regulador entre el proceso continuo de purga y el proceso discontinuo de eliminación de fangos.

Es este último proceso el que presenta una cierta novedad, pues en vez de resolverlo mediante tanques de digestión y eras de secado, como es tradicional, se ha preferido la filtración de fangos frescos mediante filtros de vacío, lo que permite obtener una galleta desecada al 70 % de humedad, que puede ya manipularse como una basura urbana. Como tal es transportada en camiones a una planta de «composting», donde se utiliza en la elaboración de abonos orgánicos juntamente con las basuras de la ciudad. Su producción diaria se aproxima a las 50 toneladas.

Dicho proceso de filtrado requiere la floculación previa de los fangos mediante la adición de CaO y Cl_3Fe , dosificadas a razón del 8 y 1,5 %, respectivamente. Asimismo, exige, para el lavado de la tela, refrigeración, etcétera, un caudal de aguas limpias de 40 m³/h, obtenidos por recuperación del efluente de la planta mediante un tratamiento terciario, en filtro de arena, que elimina los sólidos en suspensión que aún conservaba.

Todos los mandos de la planta van centralizados en un pupitre instalado en el edificio de control, en el cual se encuentra igualmente el laboratorio químico y los despachos de dirección.

El importe total de las obras asciende a unos 90 millones de pesetas, y el presupuesto anual de gastos de funcionamiento a 6,5 millones. Considerando unos plazos de amortización normales, el costo del metro cúbico de agua tratada puede cifrarse en 0,85 pesetas, a saber:

Explotación	0,44 ptas./m ³
Conservación	0,08 ptas./m ³
Amortización	0,33 ptas./m ³

Para el manejo de la planta se considera necesario un equipo compuesto por un encargado jefe, un oficial mecánico de primera, un analista y cuatro peones. El segundo tiene vivienda en la propia planta.

El plazo de ejecución contractual fue de veintidós meses, habiéndose realizado las obras por Depuragua, Sociedad Anónima, y Huarte y Cía., S. A., conjunta y solidariamente con una anticipación de seis meses sobre el plazo previsto.

relación de las instalaciones previstas

pretratamiento

Vertedero de tormentas a la entrada del colector.

Rejilla de desbaste con limpieza manual y 15 cm de paso.

Rejilla circular de 2,5 cm de paso con limpieza automática y dispositivo dilacerador de los elementos retenidos. Los elementos triturados son devueltos al colector aguas arriba de la reja.

Desarenador con dispositivo mecánico de eliminación de arena, consistente en un barrido y una elevación en dos etapas mediante un tornillo sinfín y un elevador de cangilones que descarga en la tolva de carga de camiones.

Bombeo principal, equipado con cuatro grupos electrobomba centrífugos de 900 m³/h y 7 m de C.A.

Medidor de caudal Parshal Flume con transmisión a distancia, integrador y registrador.

tratamiento primario

Arqueta de distribución a los decantadores primarios.

Decantadores primarios constituidos por dos tanques cilíndricos de hormigón armado de 26 m de diámetro, por 2,85 m de altura útil, equipados con puente giratorio, rasquetas de arrastre de fangos, rasqueta superficial de arrastre de espumas hacia una caja de grasas, campana deflectora en la entrada de agua, etc. Dicho puente se desplaza a razón de 0,03 r.p.m.

tratamiento secundario

Arqueta de distribución, a los lechos bacterianos, de las aguas procedentes de los decantadores primarios más las de recirculación.

Cuatro lechos bacterianos constituidos por tanques cilíndricos de hormigón armado de 38 m de diámetro y 3,08 m de altura, rellenos con canto rodado silíceo de tamaños comprendidos entre 45 y 70 milímetros.

La rejilla inferior de apoyo está constituida por elementos prefabricados de hormigón armado.

Cada lecho va equipado con un distribuidor rotativo de cuatro brazos, que funciona con caudales que oscilen entre 212 y 850 m³/hora.

Arqueta de distribución a los decantadores secundarios del efluente de los lechos bacterianos.

Cuatro decantadores secundarios de dimensiones idénticas a los primarios, a excepción del dispositivo de recogida de espumas que aquí es innecesario.

Arqueta de recogida del efluente de los decantadores secundarios.

Bombeo de recirculación equipado con tres grupos electro-bomba de 900 m³/h y 10 m de C.A.

eliminación de fangos

Equipo de electro-válvulas accionadas por aire comprimido y mandadas automáticamente mediante temporizadores eléctricos para purga de los decantadores secundarios.

Dos grupos electro-bombas de 75 m³/h y 10 m de C.A. para recirculación de los humus a los decantadores primarios.

Equipo de electro-válvulas accionadas por aire comprimido y mandadas por temporizadores eléctricos para purga de los decantadores primarios.

Depósito de fangos de 660 m³ de capacidad.

Equipo de bombeo de fangos a la nave de filtrado constituido por dos bombas de membrana, accionadas por aire comprimido mediante temporizadores eléctricos, con capacidad para 20 m³/h cada una.

Dos filtros de vacío con tambor giratorio de 2,40 m de ϕ y 3,60 m de tabla, con todos sus accesorios de dosificación de reactivos, producción de vacío, lavado de la tela y transporte de fangos desecados a la tolva de carga de camiones.

instalaciones auxiliares

Red de conducciones de agua bruta en tubería de fibrocemento de 80 cm de ϕ .

Edificio de mando y control con pupitre de mando centralizado, laboratorio químico y despachos de dirección.

Vivienda para el mecánico.

Centro de transformación de 15 kV a 220/380 V, con capacidad para 400 KVA.

Dos dosificadores de cloro capaces para dar de 3 a 20 kg/h cada uno.

Instalación de filtración de agua, con capacidad para 50 m³/h, mediante un filtro de antracita y arena, de 1,60 m de ϕ y 2,50 m de longitud.

Equipo de aire comprimido con su red de distribución correspondiente.

Red viaria con sus servicios de alumbrado y bocas de riego. Cerramiento y jardinería.

Decantador primario.

resumen de cálculos de ingeniería sanitaria

datos

Caudal a tratar	$Q_m = 1.703 \text{ m}^3/\text{h}.$ $Q_d = 40.875 \text{ m}^3/\text{día}.$ $Q_{\max} = 3.600 \text{ m}^3/\text{h}.$
Sólidos en suspensión	$\text{p.p.m.} = 426.$ $\text{kg/día} = 17.400.$
Sólidos sedimentables	$\text{p.p.m.} = 284.$ $\text{kg/día} = 11.600.$
DBO	$\text{p.p.m.} = 260.$ $\text{kg/día} = 10.625.$
DBO del efluente	40 p.p.m.

desarenador

El desarenador tiene por objetivo eliminar las arenas y sólidos cuya densidad es muy superior a 1.

Su dimensionamiento depende del tamaño de las partículas que se pretende eliminar. La práctica aconseja eliminar las partículas de tamaño superior a 0,2 milímetros.

Se expresa a continuación la tabla que proporciona para las arenas de densidad 2,65 las superficies necesarias para eliminar las arenas de un determinado tamaño:

Tamaño de partícula		Superficie precisa ($\text{m}^2/\text{m}^3/\text{h}$)
Mesh (*)	mm	
10	1,651	0,0019
20	0,833	0,0037
65	0,208	0,0145
100	0,147	0,0256
150	0,104	0,055

(*) Número de mallas en 1 pulgada de longitud, contado de eje a eje de los hilos.

% Eliminado

% Eliminado

% Eliminado

planta general

resumen de cálculos de ingeniería sanitaria

datos

Caudal a tratar	...	$Q_a = 1.703 \text{ m}^3/\text{h}$ $Q_a = 40.875 \text{ m}^3/\text{día}$ $Q_{\text{max}} = 3.600 \text{ m}^3/\text{h}$
Sólidos en suspensión	...	p.p.m. = 426 kg/día = 17.400
Sólidos sedimentables	...	p.p.m. = 284 kg/día = 11.600
DBO	...	p.p.m. = 260 kg/día = 10.625
DBO del efluente	...	40 p.p.m.

desarenador

El desarenador tiene por objetivo eliminar las arenas y sólidos cuya densidad es muy superior a 1. Su dimensionamiento depende del tamaño de las partículas que se pretende eliminar. La práctica aconseja eliminar las partículas de tamaño superior a 0,2 milímetros.

Se expresa a continuación la tabla que proporciona para las arenas de densidad 2,65 las superficies necesarias para eliminar las arenas de un determinado tamaño:

Tamaño de partícula		Superficie precisa (m ² /m ³ /h)
Malla (*)	mm	
10	1,651	0,0019
20	0,833	0,0037
65	0,208	0,0145
100	0,147	0,0256
150	0,104	0,035

(*) Número de mallas en 1 pulgada de longitud, contado de ojo a ojo de los tallos.

Se dispone de un desarenador de 6,6 m de ϕ , cuya superficie es de 43,5 m².

Por tanto, se dispone de una superficie expresada en m²/m³/hora:

A 1.703 m ³ /h	0,0256 m ² /m ³ /h.
A 3.600 m ³ /h	0,0121 m ² /m ³ /h.

Los desarenadores son los únicos aparatos que se dimensionan para el caudal punta, por lo que se asegura la eliminación de las partículas de tamaño superior a 0,2 mm ó 65 mesh.

decantadores primarios

El objetivo directo de la decantación primaria es la eliminación de los sólidos sedimentables. Indirectamente se obtiene la reducción de la DBO en las cantidades con que contribuyen los sólidos eliminados.

Las superficies y volúmenes totales de los dos decantadores de 26 m de $\phi \times 2,85$ m de altura útil, cilíndrica, son:

Superficie	1.060 m ²
Volumen total	3.478 m ³

Lecho bacteriano.

Diagrama de conducciones.

Velocidad ascensional

Se expresa por el cociente entre el caudal medio y la superficie. Debe hallarse comprendida entre 1 y 2 m³/h/m². Para el caso actual, se tiene:

$$\frac{1.703}{1.060} = 1,61 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2.$$

Tiempo de retención

El tiempo de retención obtenido sobre el caudal medio debe hallarse, para decantadores primarios, comprendido entre hora y media y dos horas y media.

Para los 1.703 m³/h el tiempo de retención es de:

$$\frac{3.478}{1.703} = 2,04 \text{ h.}$$

Esquema de tratamiento biológico en serie-paralelo.

Recirculación de humus

El caudal de recirculación representa el 10 % del caudal nominal, lo que supondría un aumento en la velocidad ascensional del 10 % y una disminución en el tiempo de retención de la misma importancia. Sin embargo, no se tiene en cuenta en los cálculos.

Eficiencia

La eficiencia de un decantador primario depende del tipo de aguas a tratar. Las aguas residuales domésticas no presentan grandes variaciones en su composición, de unos lugares a otros, por lo que las experiencias obtenidas sirven para establecer «a priori» las eliminaciones previsibles. Se incluyen las curvas de eficiencia expresadas por diversos autores en cuanto a la eliminación de DBO y S.S.

De acuerdo con dichas curvas, puede esperarse una eliminación del 35 % de la DBO y del 65 % de los S.S.

Sin embargo, la forma correcta de comprobar la eficiencia de un decantador es por medio de la eliminación de los sólidos en suspensión sedimentables. En nuestro caso el rendimiento resulta superior al 85 %.

Al tratamiento biológico se conducirán, por tanto, $0,65 \times 1.625 = 6.905$ kg de DBO/día.

tratamiento biológico

El objetivo del tratamiento biológico es la separación de los elementos orgánicos del agua, no eliminados en el tratamiento primario.

Consta de cuatro lechos bacterianos de 38 m de $\varnothing \times 3,080$ m de altura cilíndrica total, y cuatro decantadores secundarios de 26 m de $\varnothing \times 2,85$ m de altura útil cilíndrica.

Las superficies y volúmenes útiles disponibles son:

	Superficie (m ²)	Volumen (m ³)
Dos lechos bacterianos	2.266	5.470
Cuatro lechos bacterianos	4.532	10.940
Dos decantadores	1.060	3.478
Cuatro decantadores	2.120	6.956

Eficiencia del tratamiento biológico por lechos bacterianos

La eficiencia viene expresada por la fórmula del National Research Council:

$$p = \frac{100}{1 + 0,443 \sqrt{\frac{W}{V \cdot F}}},$$

donde:

p = Rendimiento en la eliminación de DBO.

W = Carga biológica aplicada al tratamiento biológico en kg DBO/día.

V = Volumen útil del lecho en metros cúbicos.

F = Factor que introduce en la fórmula la influencia de la recirculación y cuya expresión es

$F = \frac{1 + r}{(1 + 0,1 \cdot r)^2}$, siendo r la relación del caudal recirculado al caudal procedente de los decantadores primarios.

Cuando el tratamiento biológico es en serie, el rendimiento de la primera etapa, p_1 , viene expresado por la fórmula indicada anteriormente, y para la segunda etapa, p_2 , la fórmula se modifica de acuerdo con la expresión

$$p_2 = \frac{100}{1 + \frac{0,443}{1 - p_1} \sqrt{\frac{W_2}{V_2 \cdot F_2}}}$$

para tener en cuenta la mayor dificultad en tratar aguas que ya han sido tratadas con anterioridad.

Valores de las cargas volúmicas e hidráulicas

Para los lechos de fuerte carga, las cargas volúmicas e hidráulicas deben hallarse entre los valores siguientes:

$$\text{Carga volúmica } C = \frac{W}{V} \dots \dots 0,4 - 1,5 \text{ kg DBO/d/b}^3$$

$$\text{Carga hidráulica } H \dots \dots \dots 0,34 - 1,76 \text{ m}^3/\text{h/m}^2.$$

Posibilidades de funcionamiento

La distribución al tratamiento biológico del líquido procedente de los decantadores primarios y de la recirculación puede realizarse de modo que se pueda funcionar en paralelo o en serie parcial.

El tratamiento en paralelo consiste en la equidistribución a los cuatro lechos bacterianos y a los cuatro decantadores secundarios del caudal procedente del tratamiento primario más la recirculación.

El tratamiento en serie parcial consiste en repartir el caudal procedente del tratamiento primario en dos partes. Una que se dirige a la primera etapa del tratamiento biológico, constituida por dos lechos bacterianos y dos decantadores secundarios, y la otra, a la segunda etapa, formada por los mismos elementos en la línea de tratamiento simétrica respecto al eje de la planta. La recirculación se reparte, asimismo, parte a la primera etapa del tratamiento, constituyendo una recirculación real, y parte a la segunda etapa (sin recirculación). Las proporciones más correctas en que estos repartos habrán de hacerse vendrán dictadas por la experiencia; sin embargo, el cálculo nos permite hacer previsiones que la práctica viene confirmando con bastante exactitud.

Cálculos de eficiencia y condiciones de funcionamiento en paralelo

$$\text{Carga biológica } W = 6.905 \text{ kg DBO/d.}$$

$$Q \text{ medio} = 1.703 \text{ m}^3/\text{h.}$$

$$\text{Recirculación} = 2.700 \text{ m}^3/\text{h.}$$

$$r = \frac{2.700}{1.703} = 1,581.$$

$$F = 1,93.$$

$$p = 79,7 \text{ \%}.$$

$$\text{DBO eliminada} = 0,797 \times 6.905 = 5.500 \text{ kg DBO/d.}$$

$$\text{DBO en efluente} = 6.905 - 5.500 = 1.405 \text{ kg DBO/d.}$$

$$\text{DBO en p.p.m.} = \frac{1.405}{40.875} \times 1.000 = 34,4 \text{ p.p.m.}$$

$$\text{Carga hidráulica } H = 1.703 + 2.700 = 4.403 \text{ m}^3/\text{h} = 0,97 \text{ m}^3/\text{h/m}^2.$$

$$\text{Carga volúmica } C = \frac{6.905}{10.940} = 0,631 \text{ kg DBO/d/m}^3.$$

Decantadores secundarios:

$$\text{Velocidad ascensional} = \frac{4.403}{2.120} = 2,08 \text{ m}^3/\text{h/m}^2.$$

$$\text{Tiempo de retención} = \frac{6.956}{4.403} = 1,58 \text{ h.}$$

Los flóculos de los decantadores secundarios sedimentan con más facilidad que los sólidos sedimentables de los primarios, y por ello, se pueden adoptar velocidades ascensionales reales superiores a las de los primarios, y tiempos de retención inferiores.

Cálculos de rendimiento y condiciones de funcionamiento en serie parcial

El tratamiento biológico en serie parcial permite regular la entrada a la primera etapa del tratamiento biológico para diversas proporciones del caudal a tratar.

Por otro lado, la recirculación que incluye la recirculación propiamente dicha a la primera etapa y parte de la aportación a la segunda etapa, es capaz de bombear hasta 2.700 m³/hora.

Arenero.

Arqueta de distribución a lechos bacterianos.

Son posibles, por tanto, diversas combinaciones en cuanto al reparto a las dos etapas del agua a tratar, así como del agua de recirculación.

El rendimiento total del sistema es tanto mayor cuanto más «en serie» se funciona; ahora bien, ello implica unas condiciones de carga volúmica elevadas para la primera etapa y bajas para la segunda.

Tras unos tanteos se adoptan los siguientes valores:

- Fracción del caudal Q_m a la primera etapa del tratamiento biológico $0,75 \quad Q_m = 0,75 \times 1.703 = 1.275 \text{ m}^3/\text{hora}$.
- Caudal de recirculación $2.100 \text{ m}^3/\text{h}$, de los que 1.275 se aportarán a la segunda etapa del tratamiento biológico. Por tanto, el caudal de recirculación en la primera etapa es $2.100 - 1.275 = 825 \text{ m}^3/\text{hora}$.

Arqueta de distribución a lechos bacterianos trabajando en serie-paralelo.

Arquetas de distribución a decantadores secundarios, de salida y recirculación, trabajando en serie-paralelo.

Primera etapa

$$\begin{aligned}
 \text{Carga biológica } W_1 &= 0,75 \times 6.905 = 5.180 \text{ kg DBO/d.} \\
 Q_1 &= 0,75 \times 1.703 = 1.275 \text{ m}^3/\text{h.} \\
 \text{Recirculación} &= 825 \text{ m}^3/\text{h.} \\
 r_1 &= \frac{825}{1.275} = 0,647. \\
 F_1 &= 1,45. \\
 p_1 &= 73,6. \\
 \text{DBO eliminada} &= 0,736 \times 5.180 = 3.810 \text{ kg DBO/d.} \\
 \text{DBO efluente 1.ª etapa} &= 5.180 - 3.810 = 1.370 \text{ kg DBO/d.} \\
 \text{Carga hidráulica } H_1 &= \frac{1.275 \times 825}{2.266} = \frac{2.100}{2.266} = 0,926 \text{ m}^3/\text{h/m}^2. \\
 \text{Carga volúmica } C_1 &= \frac{5.180}{5.470} = 0,946 \text{ kg DBO/d/m}^3.
 \end{aligned}$$

Decantadores secundarios

$$\begin{aligned}
 \text{Velocidad ascensional} &= \frac{2.100}{1.060} = 1,98 \text{ m}^3/\text{h/m}^2. \\
 \text{Tiempo de retención} &= \frac{3.478}{2.100} = 1,65 \text{ h.}
 \end{aligned}$$

Segunda etapa

A la segunda etapa llegan:

- $1.703 - 1.275 = 428 \text{ m}^3/\text{h}$, que contienen $0,25 \times 6.905 = 1.725 \text{ kg DBO}$ por día. Esta carga biológica penetra por primera vez en el tratamiento biológico, aunque lo hace a la segunda etapa directamente.
- $1.275 \text{ m}^3/\text{h}$ procedentes de la primera etapa, que contienen 1.370 kg DBO por día, según se ha visto anteriormente.

Para calcular el rendimiento de la segunda etapa, se habrá de tener en cuenta que, así como a la fracción *b*) ha de aplicársele la fórmula del tratamiento biológico en serie, no así para la fracción *a*), que se trata por vez primera, aunque en la segunda etapa. Para la fracción *a*) se aplicará la fórmula correspondiente al tratamiento en paralelo (conteniendo, sin embargo, en su interior la carga total).

Se tiene, por tanto:

$$\begin{aligned}
 \text{Carga biológica total } W_2 &= 1.725 + 1.370 = 3.095 \text{ kg DBO/d.} \\
 Q_2 &= 1.703 \text{ m}^3/\text{h.} \\
 r_2 &= 0. \\
 F_2 &= 1. \\
 p_2 \text{ [para la fracción a)]} &= \frac{100}{1 + 0.443 \sqrt{\frac{3.095}{5.470}}} = 75 \%. \\
 p_2 \text{ [para la fracción b)]} &= \frac{100}{1 + \frac{0.443}{1 - 0.736} \sqrt{\frac{3.095}{5.470}}} = 44,2 \%. \\
 \text{DBO eliminada} &\left\{ \begin{array}{l} 0,75 \times 1.725 = 1.290 \\ 0,442 \times 1.370 = 605 \end{array} \right. \frac{1.895}{1.895} \text{ kg DBO/d.} \\
 \text{DBO en efluente} &= 3.095 - 1.895 = 1.200 \text{ kg DBO/d.} \\
 \text{DBO en efluente p.p.m.} &= \frac{1.200}{40.875} = 29,4 \text{ p.p.m.} \\
 \text{Carga hidráulica } H_2 &= \frac{1.703}{2.266} = 0,75 \text{ m}^3/\text{h/m}^2. \\
 \text{Carga volúmica } C_2 &= \frac{3.085}{5.470} = 0,565 \text{ kg DBO/d/m}^3.
 \end{aligned}$$

Filtros de vacío para desecación de fangos frescos.

Edificio de control.

Decantadores secundarios

$$\text{Velocidad ascensional} = \frac{1.703}{1.060} = 1,61 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2.$$

$$\text{Tiempo de retención} = \frac{3.478}{1.703} = 2,04 \text{ h.}$$

Conclusiones

Evidentemente, interesa funcionar en serie, dado que se obtiene un grado de depuración superior. La experiencia indicará si es preciso retocar las proporciones en que se realiza el tratamiento en serie parcial, así como la recirculación, sobre todo si, con el tiempo, varían las características del agua que llega a la planta.

tratamiento del fango

Cantidad de fangos

Los fangos de la instalación están constituidos por los eliminados en el tratamiento primario más los

Pupitre de mando centralizado
Laboratorio de control.

Fotos: C. JIMÉNEZ

Station d'épuration à Madrid

Juan Herrera Marín, Dr. Ingénieur des Ponts et Chaussées

Cet article fait une description détaillée de la station d'épuration des eaux résiduaires du bassin de «El Fresno», situé aux environs de Puerta de Hierro (Madrid).

L'intérêt de cet ouvrage se fait ressortir pour le fait d'être l'une des quatre stations prévues pour le Plan Général de Travaux Sanitaires de Madrid. Etant donné que cette station est la plus importante de celles qui sont actuellement en service, avec traitement complet des eaux résiduaires, il a été considéré comme intéressant et d'actualité d'inclure un résumé des calculs justificatifs du génie sanitaire.

Purifying Station in Madrid, Spain

Juan Herrera Marín, Dr. civil engineer

This article gives a detailed description of the installations for purifying the residual waters of the «El Fresno» basin, in the neighbourhood of Puerta de Hierro.

A special feature of this project is that this is one of the four plants provided for in the General Plan for Sanitary Works of Madrid, and it is also important since it is the largest such installation at present in service. It provides for full processing of the residual waters, and it has been thought useful to give a summary of the sanitary engineering calculations.

Reinigungsanlage in Madrid/Spanien

Dr. Juan Herrera Marín, Hoch- und Tiefbauingenieur

In diesem Aufsatz wird die Reinigungsanlage in der Nähe der «Puerta de Hierro» ausführlich beschrieben. Die Zuführung der Abwässer erfolgt über die Senke von «El Fresno».

Da es sich hier um die bedeutendste der vier im «Generalplan für Sanitäre Anlagen» der Stadt Madrid vorgesehene Anlagen handelt, welche eine vollständige Behandlung der Abwässer einschliesst, halten wir es für interessant und aktuell, diese Anlage zu publizieren, unter Hinzufügung der Berechnungsangaben, die den Bau in der vorgesehenen Form rechtfertigen.