

Tratamiento de aguas

Tecnología sostenible para la protección del medio ambiente



Tabla de contenidos

Introducción

Conocimientos básicos

Estación depuradora de aguas residuales

04

Procesos básicos del tratamiento de aguas

En el ámbito del agua, el enfoque se centra en el tratamiento de aguas. El objetivo del tratamiento de aguas es eliminar determinadas sustancias del agua. Esto puede servir para depurar aguas residuales antes de conducir las al curso de agua de una estación depuradora de aguas residuales. Desde el punto de vista de la protección medioambiental, el saneamiento de agua subterránea contaminada y el agua de infiltración de vertedero representan otro amplio ejemplo de aplicación. El objetivo del tratamiento de aguas también puede ser el aprovechamiento de agua para un fin determinado como, p. ej., el tratamiento de agua potable.

Independientemente de la aplicación, para el tratamiento de aguas existe una serie de procesos básicos que suelen dividirse en tres grupos.

En este capítulo encontrará los equipos didácticos respectivos para los procesos básicos más importantes, con los que podrá aclarar y enseñar visualmente todos los aspectos esenciales del proceso correspondiente.

Las plantas de tratamiento de aguas suelen tener varias etapas y son una combinación de distintos procesos básicos. Por ello le ofrecemos dos equipos para que pueda aclarar los complejos procesos del tratamiento de aguas de varias etapas.

Procesos mecánicos

Conocimientos básicos

Tratamiento mecánico de aguas

06

HM 142

Separación en tanques de sedimentación

08

CE 587

Flotación por aire disuelto

10

CE 588

Demostración de la flotación por aire disuelto

12

CE 579

Filtración de lecho profundo

14

Procesos biológicos

Conocimientos básicos

Tratamiento biológico de aguas

16

CE 705

Proceso de lodos activados

18

CE 704

Proceso SBR

22

CE 701

Proceso de biopelícula

24

CE 730

Reactor airlift

26

CE 702

Tratamiento anaerobio de aguas

28

Procesos físicos/químicos

Conocimientos básicos

Tratamiento físico/químico de aguas

30

CE 583

Adsorción

34

CE 530

Ósmosis inversa

36

CE 300

Intercambio iónico

37

CE 586

Precipitación y floculación

38

CE 584

Oxidación avanzada

40

Tratamiento multietapa de aguas

Procesos básicos combinados

Conocimientos básicos

Tratamiento multietapa de aguas

42

CE 581

Tratamiento de aguas: planta 1

44

CE 582

Tratamiento de aguas: planta 2

46



Conocimientos básicos Estación depuradora de aguas residuales

Protección medioambiental mediante depuración de aguas residuales

Si se conduce agua residual sin depurar en un curso de agua, los microorganismos descomponen las sustancias orgánicas contenidas bajo un alto consumo de oxígeno. De este modo se produce una falta de oxígeno en el curso de agua, destruyéndose el equilibrio ecológico. Para evitarlo, el agua residual debe depurarse primero en estaciones depuradoras de aguas residuales. El componente más importante de una estación depuradora de aguas residuales es la depuración biológica mediante microorganismos. Los procesos de descomposición naturales se trasladan del curso de agua a una planta técnica, desarrollándose bajo condiciones controladas y optimizadas.

Depuración mecánica

Al principio se realiza una depuración mecánica del agua residual. El objetivo es eliminar materias sólidas del agua. Una reja libera al agua residual primero de las materias sólidas más gruesas, como, p. ej., textiles, papel y bolsas de plástico. En el desarenador siguiente se separan por sedimentación las materias sólidas minerales, como, p. ej., la arena arrastrada. Las materias sólidas orgánicas como, p. ej., restos alimenticios, se separan en la decantación primaria también por sedimentación.



Depuración biológica

Tras el tratamiento mecánico, el agua residual contiene casi exclusivamente sustancias disueltas. Las sustancias disueltas se descomponen a través de microorganismos en la depuración biológica. El proceso más utilizado en este caso es el proceso de lodos activados aerobio. En este nivel de tratamiento se airea el agua residual para suministrar oxígeno a los microorganismos (lodo activado). Como el lodo activado está suspendido en el tanque de aireación, se transporta continuamente lodo activado con el flujo de desagüe. En el decantador secundario, el lodo activado transportado se separa mecánicamente (normalmente mediante sedimentación) del agua depurada. Una parte del lodo activado separado se vuelve a introducir en el tanque de aireación como lodo de retorno. Sin lodo de retorno no es posible un funcionamiento estable de la depuración biológica. Aunque la decantación secundaria es en realidad un proceso mecánico, se considera parte de la depuración biológica.

Tratamiento de lodos

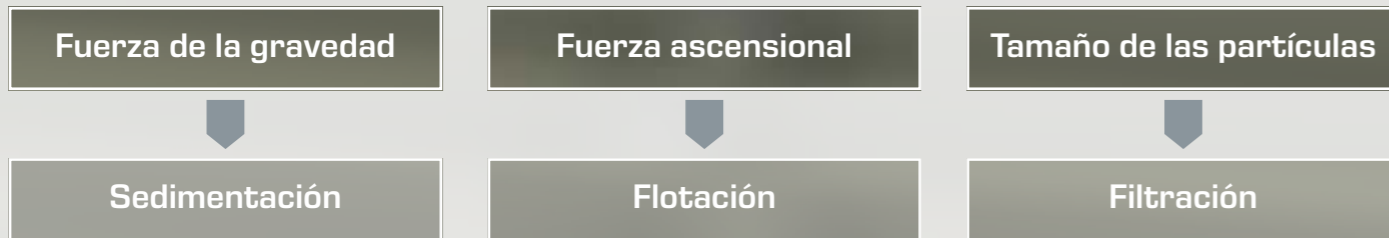
La parte que no se realimenta del lodo separado en la decantación secundaria se denomina lodo en exceso o lodo secundario. El lodo en exceso y el lodo de la decantación primaria (lodo primario) contienen principalmente componentes orgánicos y representan un residuo de la depuración de aguas residuales. Para estos lodos (lodos residuales) se requiere un tratamiento adicional. Esto se suele realizar en tanques de fermentación, donde el lodo residual fermenta bajo condiciones anaerobias. El lodo residual fermentado puede utilizarse después, p. ej., como fertilizante en la agricultura.





Conocimientos básicos Tratamiento mecánico de aguas

Las materias sólidas pueden provocar una ligera obstrucción en los componentes de la planta como, p. ej., tuberías y robinetería. En las plantas de tratamiento de aguas multietapa se realiza primero una eliminación de materias sólidas con procesos mecánicos. Con los procesos mecánicos, las materias sólidas no se modifican ni física ni químicamente. Solo se produce una separación de las materias sólidas del estado líquido (agua). Esto puede realizarse según los tres principios básicos siguientes:



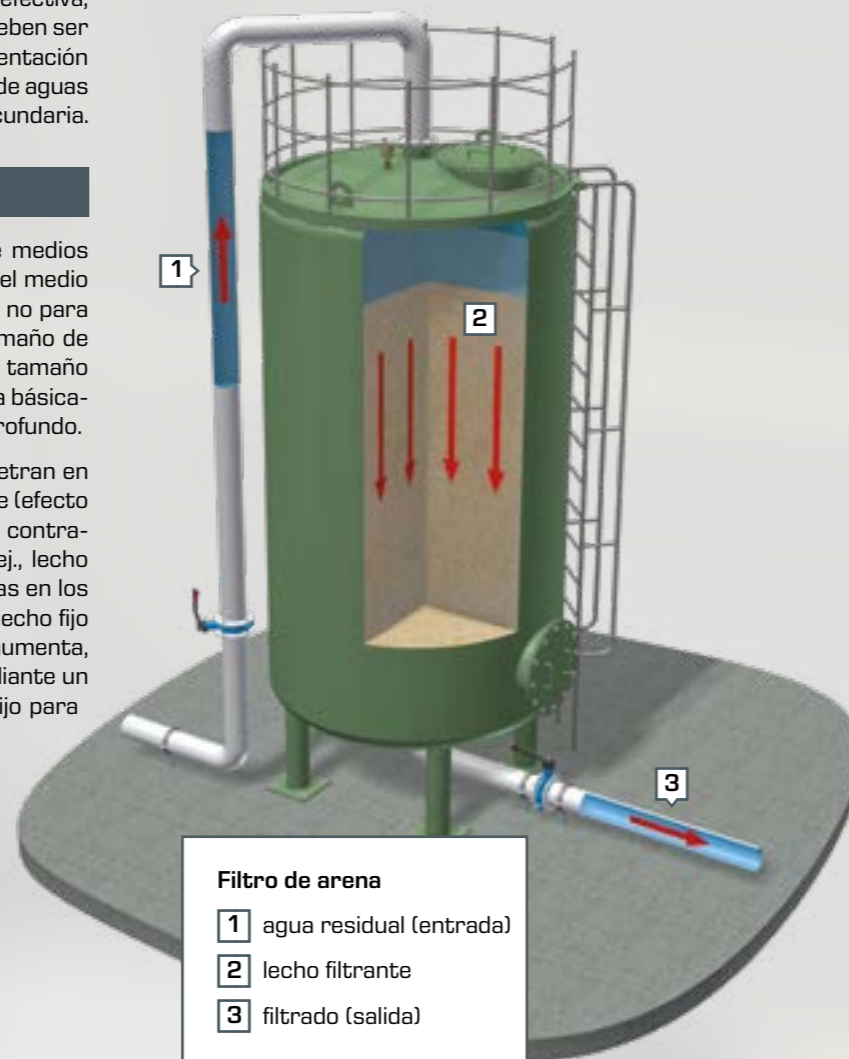
Sedimentación

La sedimentación es el modo más fácil de separar sólidos. En los tanques de sedimentación, las partículas sólidas se hunden hacia el suelo debido a la fuerza de la gravedad y pueden separarse fácilmente con deslamadores. Para una sedimentación efectiva, las condiciones de flujo en el tanque de sedimentación deben ser lo más tranquilas posibles (sin turbulencias). La sedimentación se suele utilizar sobre todo en estaciones depuradoras de aguas residuales en la decantación primaria y decantación secundaria.

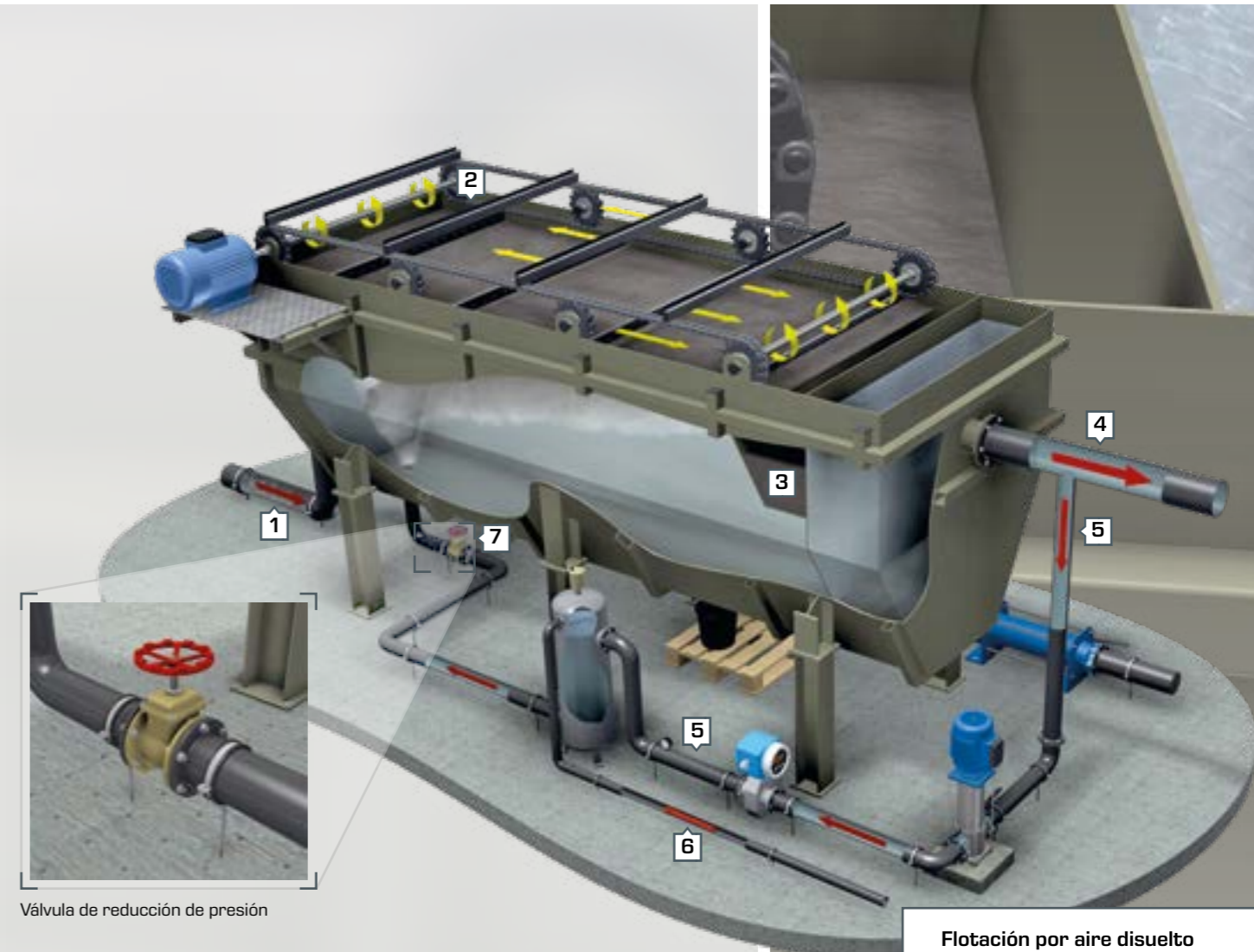
Filtración

En la filtración se retienen materias sólidas mediante medios filtrantes porosos. Una filtración efectiva requiere que el medio filtrante sea poroso solo para el estado líquido (agua) y no para las materias sólidas. Para una buena depuración, el tamaño de las partículas de las materias sólidas en relación con el tamaño de los poros del medio filtrante es decisivo. Se diferencia básicamente entre filtración superficial y filtración de lecho profundo.

En la **filtración superficial**, las materias sólidas no penetran en el medio filtrante, sino que son retenidas en su superficie (efecto de tamizado). En la **filtración de lecho profundo**, por el contrario, el agua residual penetra en el medio filtrante (p. ej., lecho fijo de arena o grava). Las materias sólidas son retenidas en los poros entre los granos de arena y el agua atraviesa el lecho fijo sin obstáculos (filtrado). Cuando la carga del lecho fijo aumenta, la pérdida de carga aumenta y el caudal disminuye. Mediante un lavado en sentido inverso se vuelve a limpiar el lecho fijo para que la pérdida de carga disminuya.



- Filtro de arena**
- 1 agua residual (entrada)
 - 2 lecho filtrante
 - 3 filtrado (salida)



Válvula de reducción de presión

Flotación

Las materias sólidas con velocidades reducidas de sedimentación no se pueden separar eficazmente mediante sedimentación porque se requerirían tanques de sedimentación de gran tamaño. En este caso, los procesos de flotación son la alternativa más recomendable. El principio fundamental siempre es el mismo: las burbujas de gas se fijan desde abajo a las materias sólidas y desplazan las materias sólidas a la superficie del agua. En la superficie del agua pueden retirarse las materias sólidas flotantes con rascadores especiales. Los procesos de flotación se diferencian básicamente en el modo en el que se generan las burbujas de gas.

La flotación por aire disuelto es el proceso de flotación más utilizado en el tratamiento de aguas. Aquí se satura bajo presión y aire un flujo parcial del agua depurada. El agua saturada con aire se reconduce al área de entrada del depósito de flotación (circulación). Delante de la entrada del depósito de flotación hay una válvula de reducción de presión mediante la cual el agua vuelve a expandirse a presión atmosférica. Mediante la expansión, el aire disuelto se escapa formando pequeñas burbujas.

Flotación por aire disuelto

- 1 agua residual
- 2 deslamador
- 3 lodo separado
- 4 agua depurada
- 5 circulación
- 6 aire comprimido
- 7 válvula de reducción de presión



HM 142

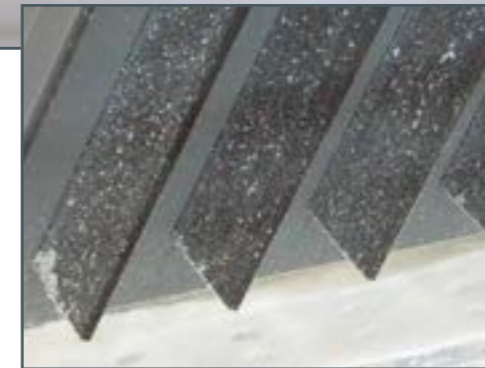
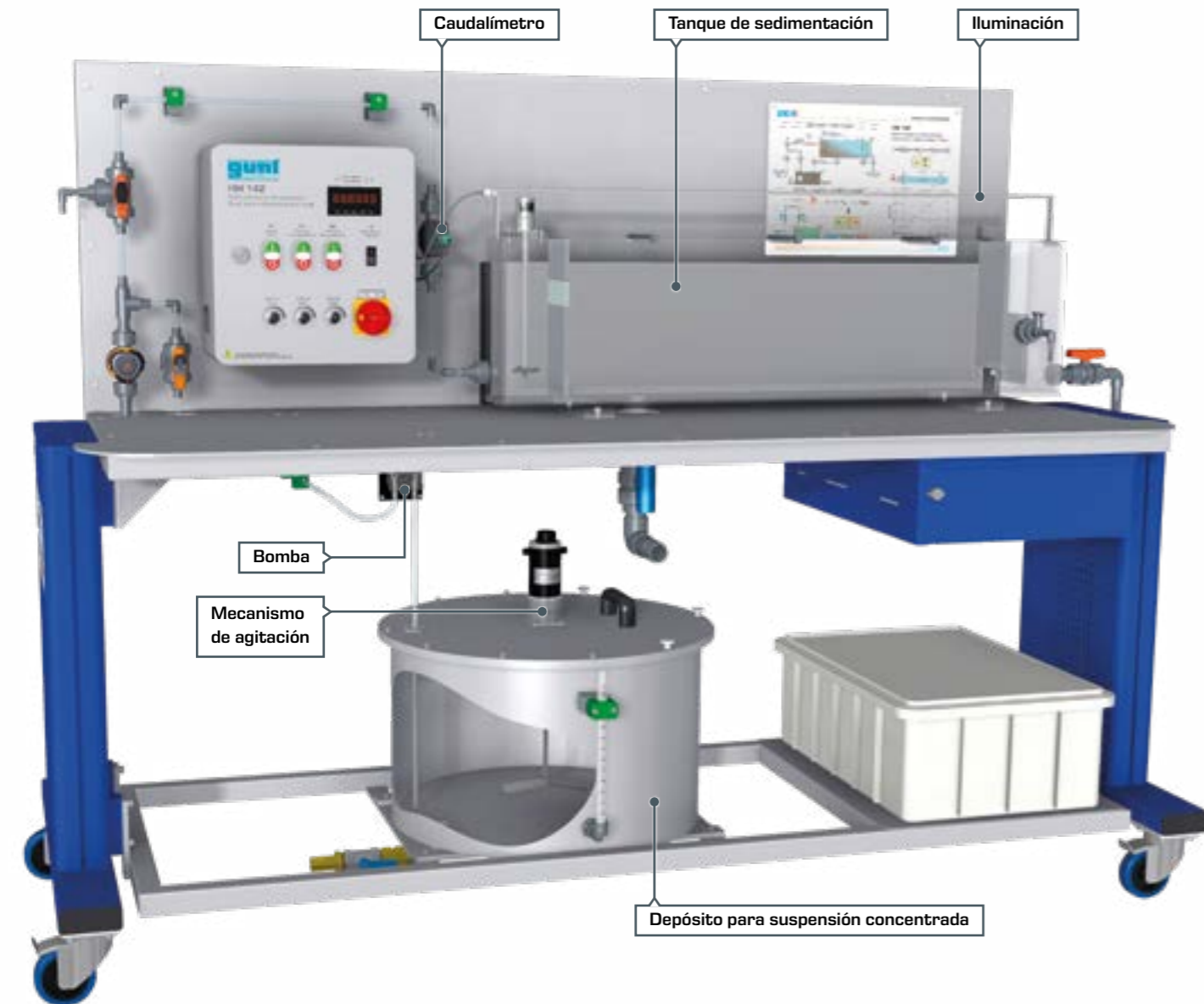
Separación en tanques de sedimentación

La sedimentación es el método más sencillo para separar partículas sólidas de una fase líquida. Por este motivo, este procedimiento está muy extendido en el tratamiento de agua. Con este equipo es posible transmitir los fundamentos de este proceso de separación de una manera muy clara. El enfoque se centra principalmente en la determinación de la carga superficial hidráulica máxima posible.

Otorgamos un valor especial a la observación visual del proceso de sedimentación. Por lo tanto, principalmente se utilizan materiales transparentes. Además, el tanque de sedimentación está equipado con iluminación.

El agua bruta se genera mediante la mezcla de una suspensión concentrada con agua fresca. Dependiendo de la relación de la mezcla se obtiene una agua bruta con la concentración de sólidos deseada. Un mecanismo de agitación en el área de entrada del tanque de sedimentación evita que los sólidos se sedimenten ya antes de entrar en la sección de ensayo. El nivel de agua en el tanque de sedimentación se puede ajustar sin escalonamiento.

El equipo se completa con una unidad de placas lamelares, que se puede utilizar de manera opcional en el tanque de sedimentación. Dependiendo del color de los contaminantes utilizados hay disponibles placas lamelares blancas y negras.



Mediante la utilización de materiales transparentes y de la iluminación es posible observar muy bien el proceso de sedimentación y las condiciones de flujo.



Unidad de placas lamelares disponible para utilización

Al producto:



Contenidos didácticos	
■	principio fundamental para la separación de materias sólidas de suspensiones en un tanque de sedimentación
■	determinación de la carga superficial hidráulica
■	influencia de los siguientes parámetros sobre el proceso de separación: <ul style="list-style-type: none"> ▶ concentración de materia sólida ▶ caudal ▶ velocidad de flujo en la entrada ▶ nivel del agua en el tanque de sedimentación
■	examen de las condiciones de flujo
■	influencia de las placas lamelares sobre el proceso de sedimentación



CE 587

Flotación por aire disuelto

Eliminación de materias sólidas mediante flotabilidad

Además de la sedimentación, la flotación es otra alternativa frecuente para eliminar materias sólidas en el tratamiento de aguas. La flotación por aire disuelto es el proceso de flotación más utilizado.

Ensayos orientados a la práctica

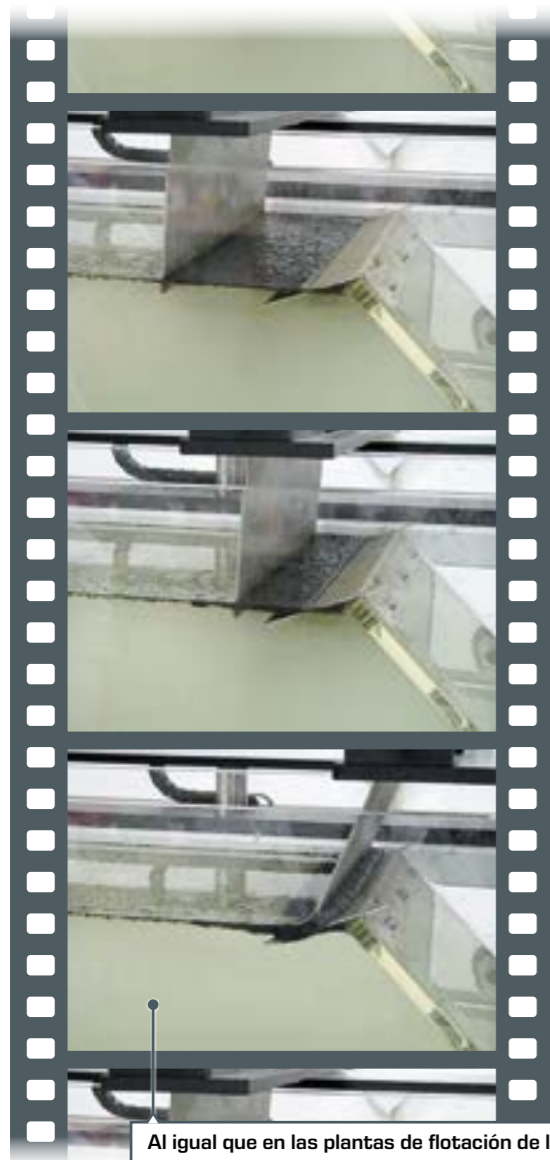
Con nuestro equipo didáctico CE 587 puede estudiar todos los aspectos esenciales de este proceso. Para que posea un alto grado de orientación práctica, nos hemos centrado en darle un carácter lo más real posible durante su desarrollo.

El equipo consta de una unidad de alimentación y un banco de ensayos. En primer lugar se realiza un pretratamiento del agua bruta con floculación. A continuación, los flóculos del depósito de flotación se transportan a la superficie del agua mediante pequeñas burbujas de aire. Con un rascador eléctrico puede eliminar el flotante de la superficie del agua. Muchos de los componentes utilizados como, p. ej., sensores de caudal electromagnético y bombas dosificadoras se utilizan en plantas a nivel industrial. Mediante el uso de materiales transparentes puede observar todos los pasos importantes del proceso de forma óptima.



De serie en GUNT: uso de componentes industriales de alta calidad como, p.ej., bombas dosificadoras profesionales

Contenidos didácticos	
■	funcionamiento de la flotación por air disuelto
■	establecimiento de un estado de funcionamiento estable
■	influencia de la concentración del coagulante y del floculante
■	determinación de la carga superficial hidráulica (velocidad ascensional)



Al igual que en las plantas de flotación de las instalaciones industriales, el CE 587 está equipado con un rascador eléctrico que elimina las materias sólidas flotantes de la superficie del agua.



Al producto:



CE 588

Demostración de la flotación por aire disuelto

Demostración gráfica de la flotación por aire disuelto

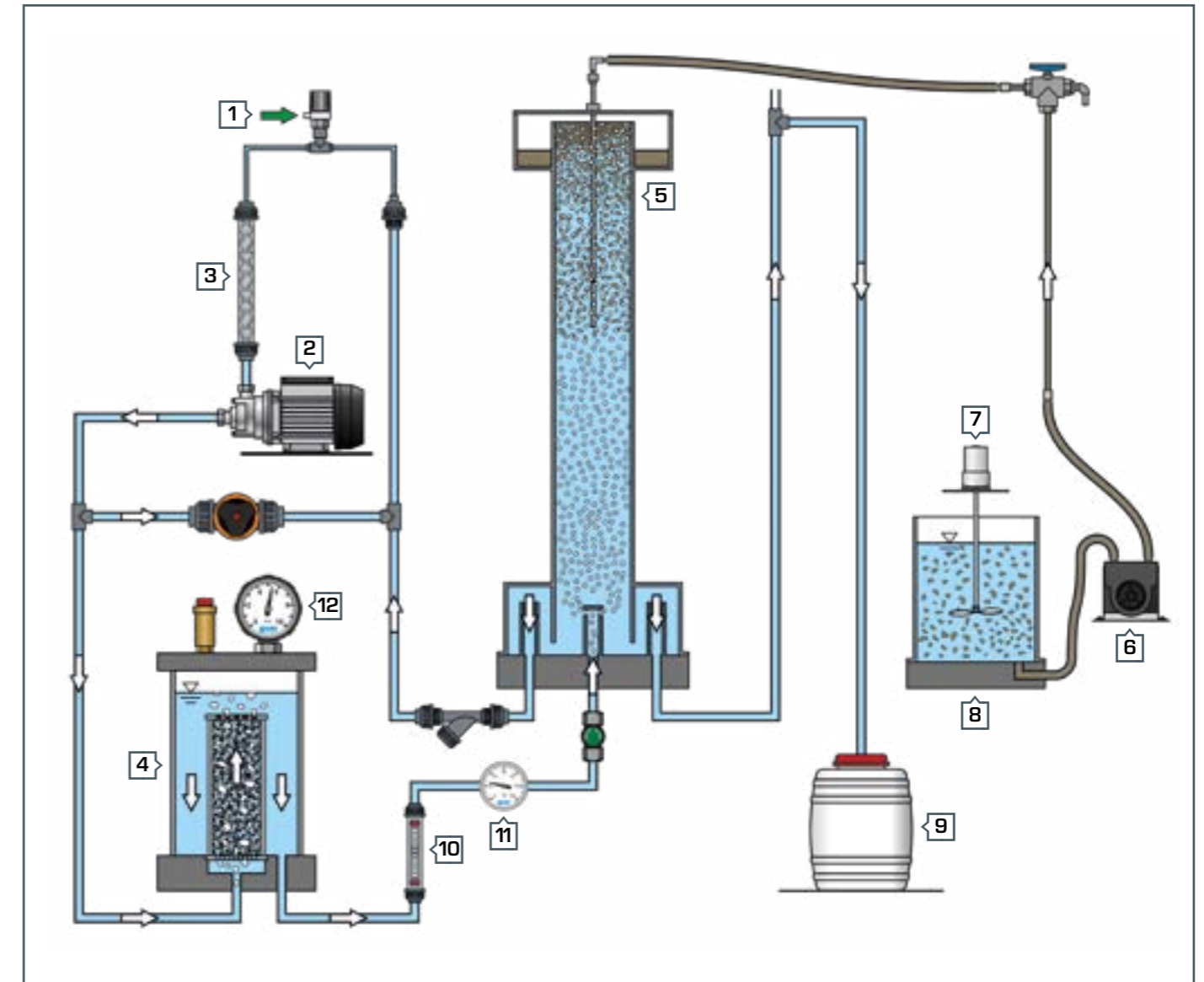
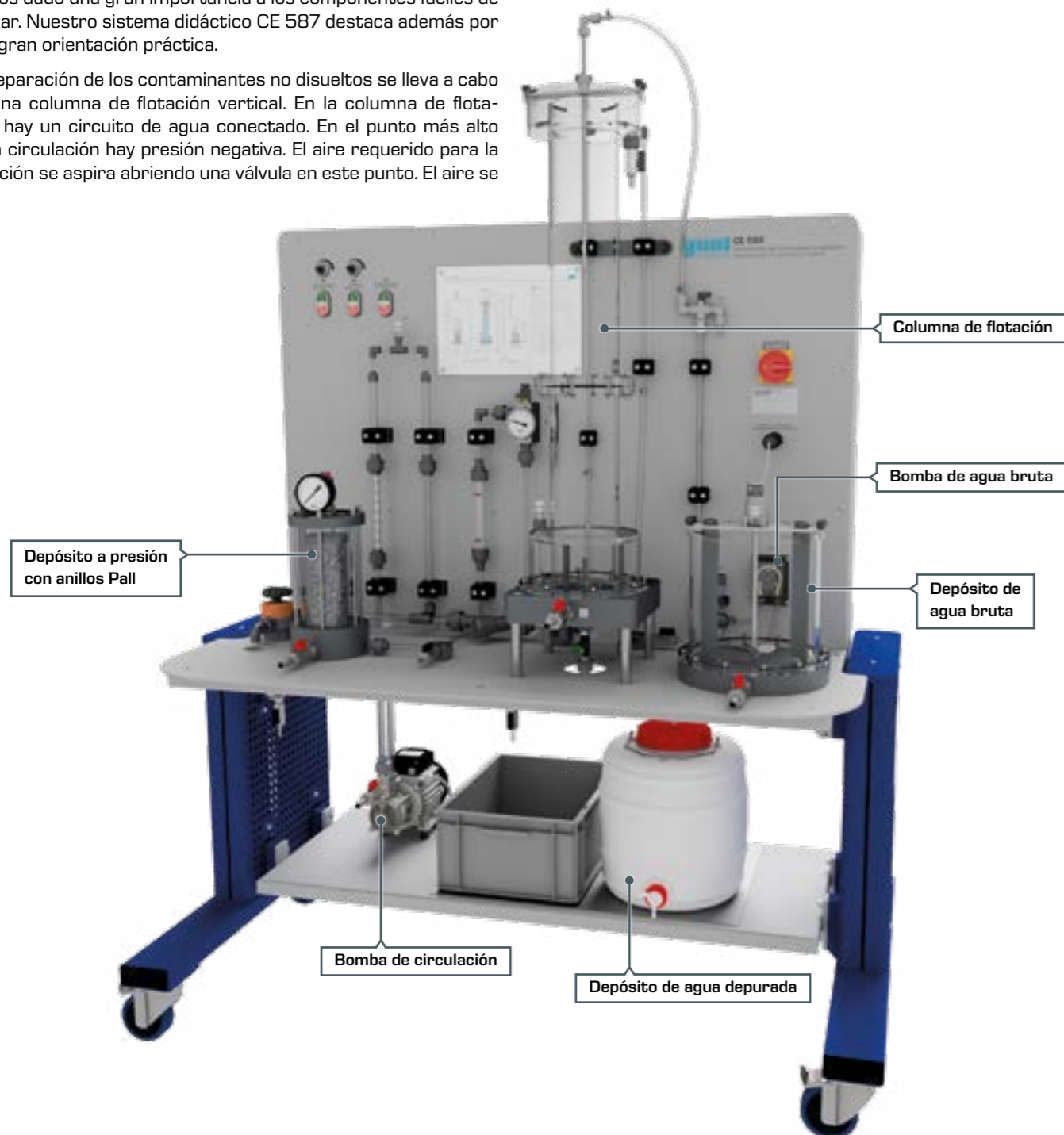
Durante la flotación, las materias sólidas a separar se transportan a la superficie del agua mediante pequeñas burbujas de gas. El procedimiento más utilizado es la denominada flotación por aire disuelto. El fundamento de este procedimiento es que la solubilidad del aire en el agua asciende cuando aumenta la presión.

Este banco de ensayos compacto está enfocado a un funcionamiento básico y a la visualización del proceso. Por este motivo, en gran parte hemos utilizado materiales transparentes y hemos dado una gran importancia a los componentes fáciles de utilizar. Nuestro sistema didáctico CE 587 destaca además por una gran orientación práctica.

La separación de los contaminantes no disueltos se lleva a cabo en una columna de flotación vertical. En la columna de flotación hay un circuito de agua conectado. En el punto más alto de la circulación hay presión negativa. El aire requerido para la flotación se aspira abriendo una válvula en este punto. El aire se

disuelve en el agua bajo el efecto de la presión y, tras la descompresión, en el área inferior de la columna de flotación se forman pequeñas burbujas. Un depósito a presión lleno con anillos Pall garantiza un tiempo de permanencia suficientemente elevado para la disolución del aire y la separación del aire no disuelto antes de la entrada en la columna de flotación.

Naturalmente, obtendrá un completo material didáctico junto con este equipo que le servirá para familiarizarse rápidamente con el manejo del equipo.



- | | |
|--------------------------|-----------------------------|
| 1 aire | 8 depósito de agua bruta |
| 2 bomba de circulación | 9 depósito de agua depurada |
| 3 mezclador estático | 10 caudalímetro |
| 4 depósito a presión | 11 termómetro |
| 5 columna de flotación | 12 manómetro |
| 6 bomba de agua bruta | |
| 7 mecanismo de agitación | |

Contenidos didácticos	
■	funcionamiento de la flotación por aire disuelto
■	disolución de gases en líquidos: <ul style="list-style-type: none"> ▶ ley de Henry ▶ ley de Dalton

Al producto:

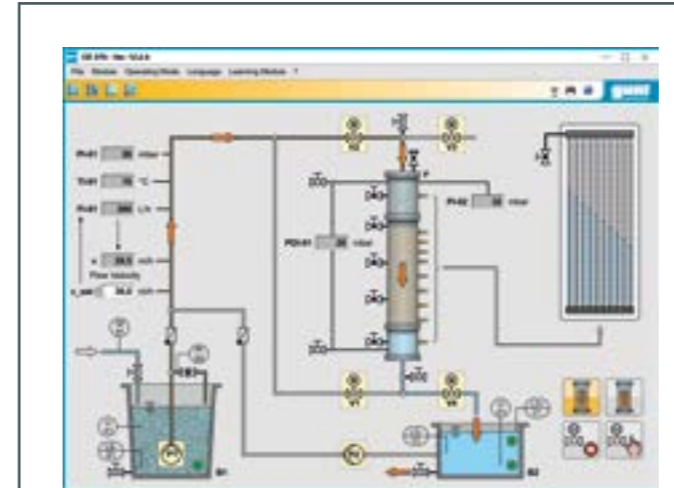


CE 579
Filtración de lecho profundo
Filtración de lecho profundo: imprescindible en el tratamiento de aguas

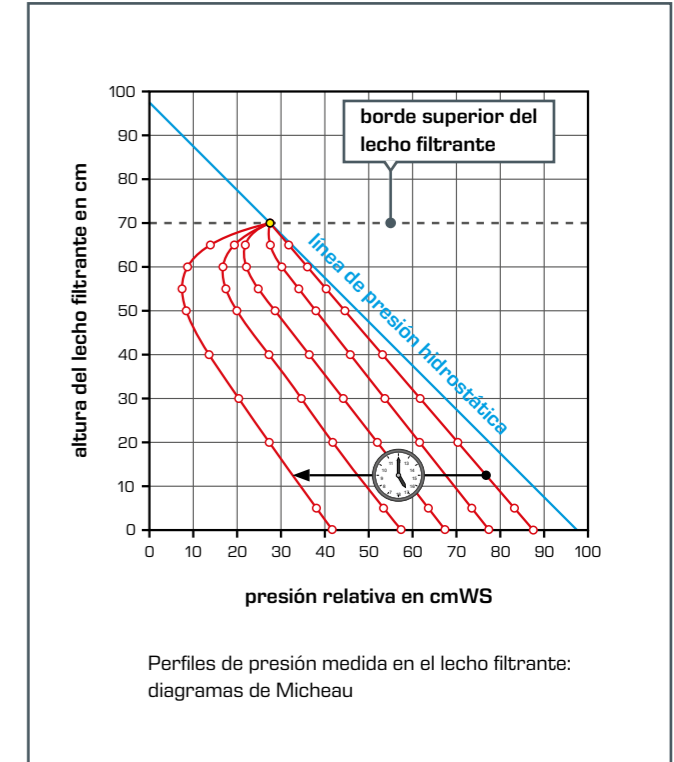
La filtración de lecho profundo es una etapa importante y frecuente de la depuración de aguas. Poseer un buen conocimiento sobre el principio de funcionamiento y las características especiales de este proceso es imprescindible para la formación de futuros ingenieros y personal cualificado.

El aspecto didáctico principal es el estudio de las tasas de presión. Para medir las presiones, el filtro está equipado con una medición de la presión diferencial y varios puntos de medición individuales a lo largo del lecho filtrante.

Estos puntos de medición pueden conectarse con un panel de manómetros, a través de los cuales puede visualizar las tasas de presión en el lecho filtrante y medirlas con gran precisión. Puede visualizar también el aumento de la carga del lecho filtrante a través de un tubo de filtro transparente. El filtro puede lavarse en sentido inverso en caso necesario.


Software

El software intuitivo del CE 579 indica continuamente los valores de todas las variables esenciales del proceso. Los valores de medición pueden guardarse para su posterior evaluación. En función del modo de funcionamiento seleccionado (filtración o lavado en sentido inverso), el software regula los grifos eléctricos para el ajuste necesario.



Grifo de bola de accionamiento eléctrico



Convertidores de frecuencia para controlar las bombas



Conexiones en el panel de manómetros para medir la presión en el lecho filtrante

Contenidos didácticos

- condiciones de presión en un filtro
- factores que influyen en la pérdida de presión (ley de Darcy)
 - ▶ caudal
 - ▶ altura del lecho filtrante
 - ▶ permeabilidad del lecho filtrante
- determinar la presión en el lecho filtrante (diagrama de Micheau)
- lavado en sentido inverso del filtros
 - ▶ observar el proceso de fluidización
 - ▶ determinar la expansión del lecho filtrante
 - ▶ determinar la velocidad de flujo necesaria (velocidad de desagregación)

Al producto:





Conocimientos básicos Tratamiento biológico de aguas

Los microorganismos depuran el agua residual

El objetivo de la depuración biológica de aguas residuales es la eliminación de sustancias orgánicas biodegradables. La eliminación la llevan a cabo los microorganismos, que utilizan las sustancias orgánicas como fuente de alimento. Mediante la biodegradación se produce una transformación de sustancias. Esta es una ventaja importante de los procesos biológicos frente a otros procesos. En la adsorción, p. ej., solo se produce un desplazamiento de las sustancias a eliminar del agua residual al adsorbente (transporte de sustancias). La biodegradación puede darse bajo condiciones aerobias o anaerobias. Para poner en contacto el agua residual a depurar con los microorganismos (biomasa), hay una serie de procesos disponibles. Independientemente de si la degradación es aerobia o anaerobia, se diferencian los dos principios básicos siguientes:

Biomasa en suspensión

La biomasa tiene forma de flóculos (lodo activado). El lodo activado está suspendido en el agua residual.

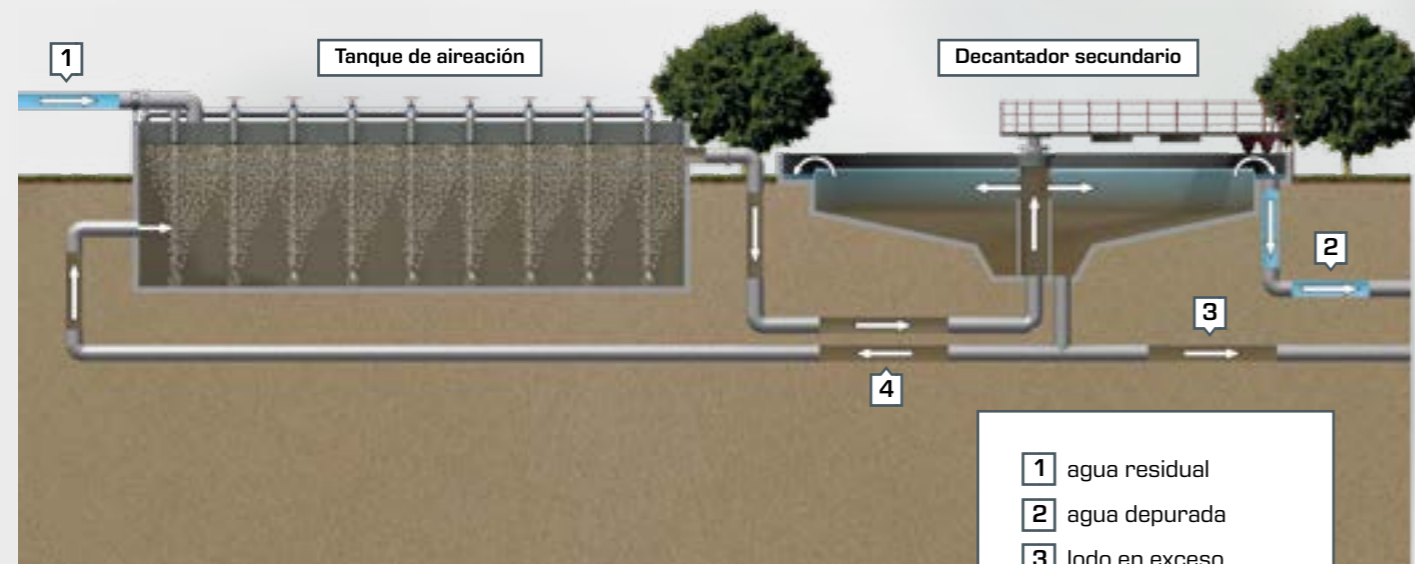
Biomasa fija

La biomasa está fijada a las superficies de los cuerpos sólidos como una biopelícula. El agua residual pasa como película fina sobre la biopelícula.

Proceso de lodos activados aerobio

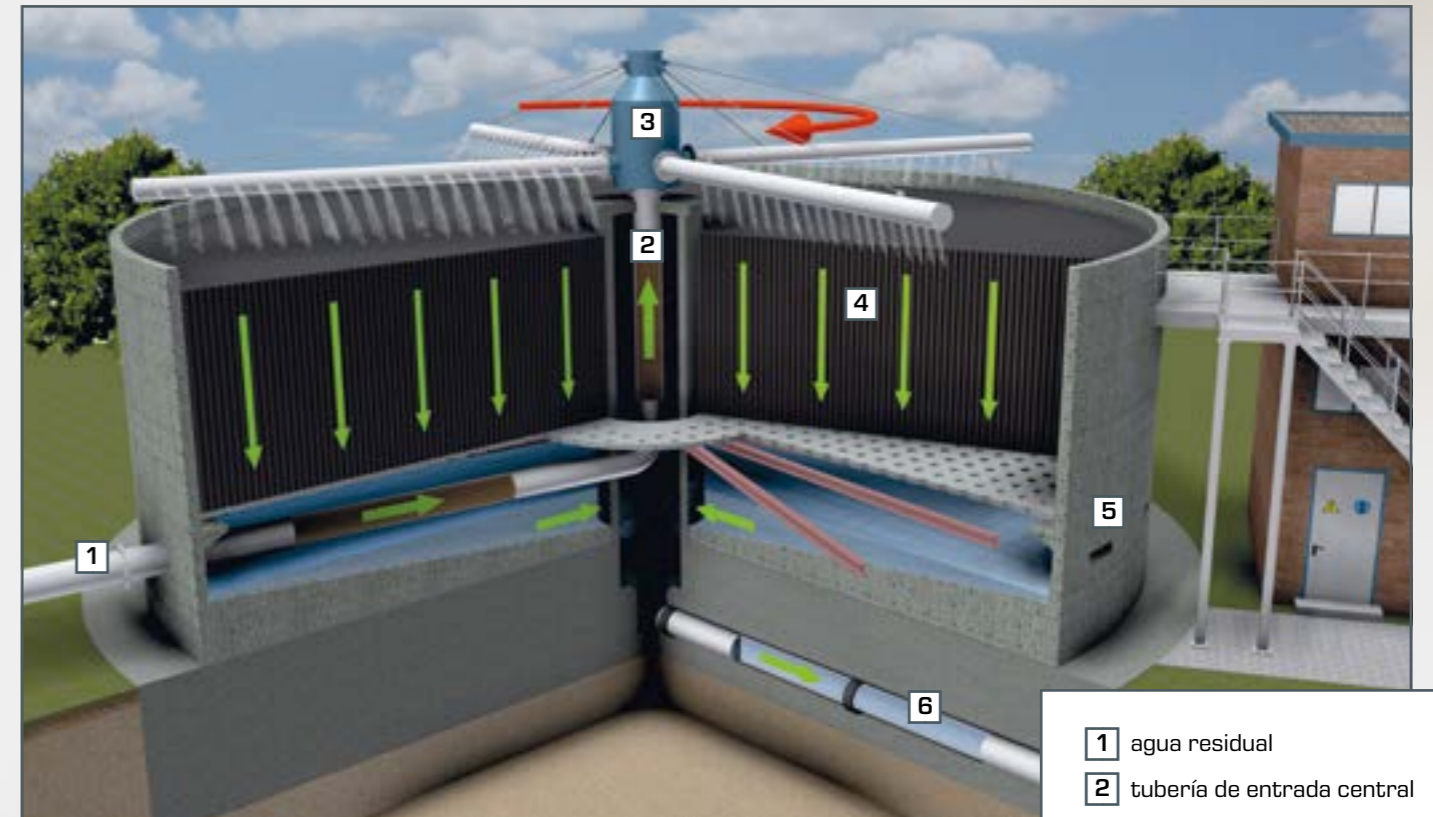
El proceso de lodos activados aerobio es el proceso biológico de depuración de aguas residuales más utilizado. La biomasa se encuentra como lodo activado en suspensión en el tanque de aireación, por el que pasa continuamente el agua residual. Aquí se airea también el agua residual para suministrar oxígeno a los microorganismos. Con el flujo de agua residual, la biomasa (lodo activado) sale también continuamente del tanque de aireación.

Por tanto, el lodo activado transportado se separa después en un decantador secundario (normalmente por sedimentación) del agua residual depurada. Una parte de este vuelve a alimentarse al tanque de aireación (lodos de retorno). La parte no realimentada se denomina lodo en exceso y es un residuo de este proceso.



Principio básico del proceso de lodos activados aerobio

- 1 agua residual
- 2 agua depurada
- 3 lodo en exceso
- 4 lodo de retorno



Diseño y funcionamiento de un filtro percolador

- 1 agua residual
- 2 tubería de entrada central
- 3 rociador rotativo
- 4 lecho fijo con biopelícula
- 5 aberturas de aireación
- 6 agua depurada

Filtro percolador

Los filtros percoladores pertenecen a los procesos de biopelícula aerobios. En este proceso, un rociador rotativo riega el agua residual de forma homogénea sobre un lecho fijo. El lecho fijo consta de un material portador especial sobre cuya superficie se forma una fina capa de microorganismos (biopelícula). Mientras que el agua residual pasa a través del lecho fijo, se realiza la depuración biológica del agua residual. Los filtros percoladores suelen tener un diseño abierto y tienen aberturas laterales por debajo del lecho fijo. De este modo puede producirse una aireación por convección natural (efecto chimenea) y no es necesaria una aireación artificial de gran consumo energético como, p. ej., en el proceso de lodos activados.

Procesos anaerobios

Los procesos anaerobios son especialmente apropiados para aguas residuales industriales, que suelen estar muy cargadas de sustancias orgánicas (p. ej., la industria alimentaria). Para ello existen distintos procesos o tipos de reactor. Con la degradación de sustancias orgánicas bajo condiciones anaerobias se produce biogás, que consta principalmente de metano. El biogás puede utilizarse para la producción de corriente, p. ej., con plantas en cogeneración. Este es un aspecto secundario positivo de la depuración de aguas residuales anaerobias y aclara la estrecha relación de problemas del área de la energía y el medio ambiente.



CE 705

Proceso de lodos activados

La estación depuradora de aguas residuales a escala de laboratorio

El proceso de lodos activados aerobio es el proceso biológico más utilizado a nivel internacional en estaciones depuradoras de aguas residuales. Poseer un conocimiento profundo sobre este proceso es, por tanto, imprescindible para futuros ingenieros y personal cualificado del área de la ingeniería medioambiental.

Este equipo ha sido desarrollado por ingenieros expertos con el objetivo de poder enseñar de forma práctica y visual los procesos complejos de este proceso en funcionamiento continuo. El equipo ha sido concebido para una eliminación de carbono y nitrógeno. La eliminación de nitrógeno se realiza mediante nitrificación y desnitrificación previa. Para ello, el tanque de aireación está dividido en una zona aerobia y una zona anóxica.

El equipo consta de una unidad de alimentación separada con un depósito de alimentación grande para agua residual y un banco de ensayos. El banco de ensayos incluye todos los componentes relevantes para el proceso. Entre ellos, sobre todo, el tanque de aireación y el decantador secundario.

Puede ajustar todos los parámetros relevantes para el proceso para poder estudiar la influencia en la depuración. El control del banco de ensayo se realiza con un PLC vía pantalla táctil. Mediante un enrutador integrado, el banco de ensayos puede ser operado y controlado alternativamente a través de un dispositivo final. La interfaz de usuario también puede ser representada con los dispositivos finales adicionales ("screen mirroring").

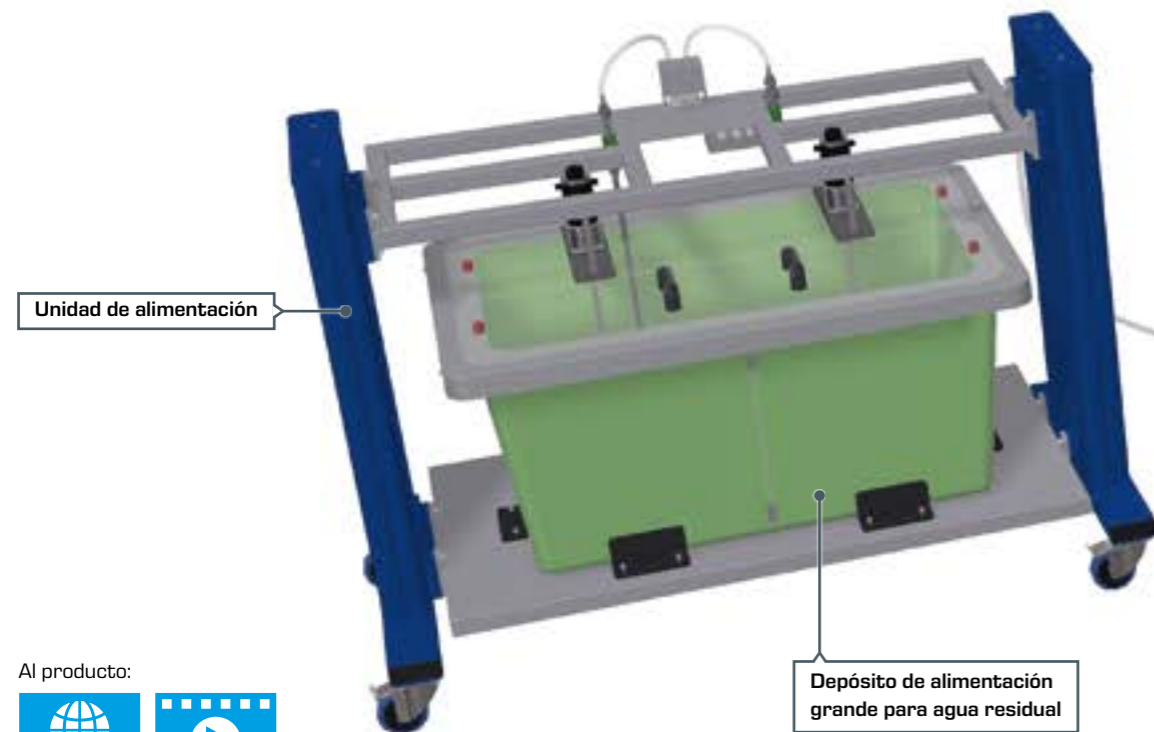
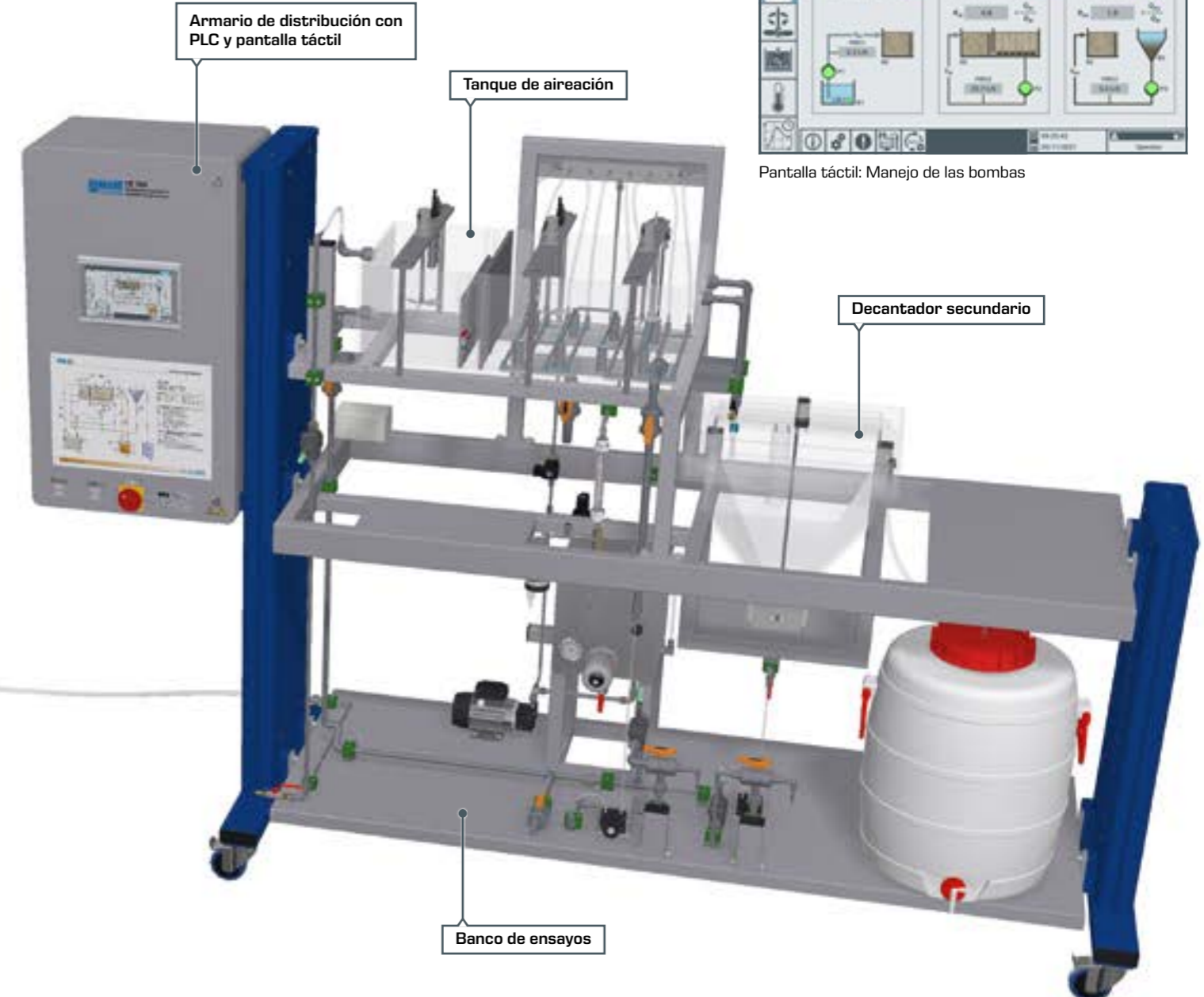
- estación depuradora de aguas residuales a escala de laboratorio
- modo de funcionamiento continuo
- nitrificación
- desnitrificación previa
- control del equipo mediante un PLC integrado
- un enrutador integrado para la operación y el control a través de un dispositivo final y para "screen mirroring" con dispositivos finales adicionales: PC, tableta, smartphone



Pantalla táctil: esquema de proceso



Pantalla táctil: Manejo de las bombas



Al producto:





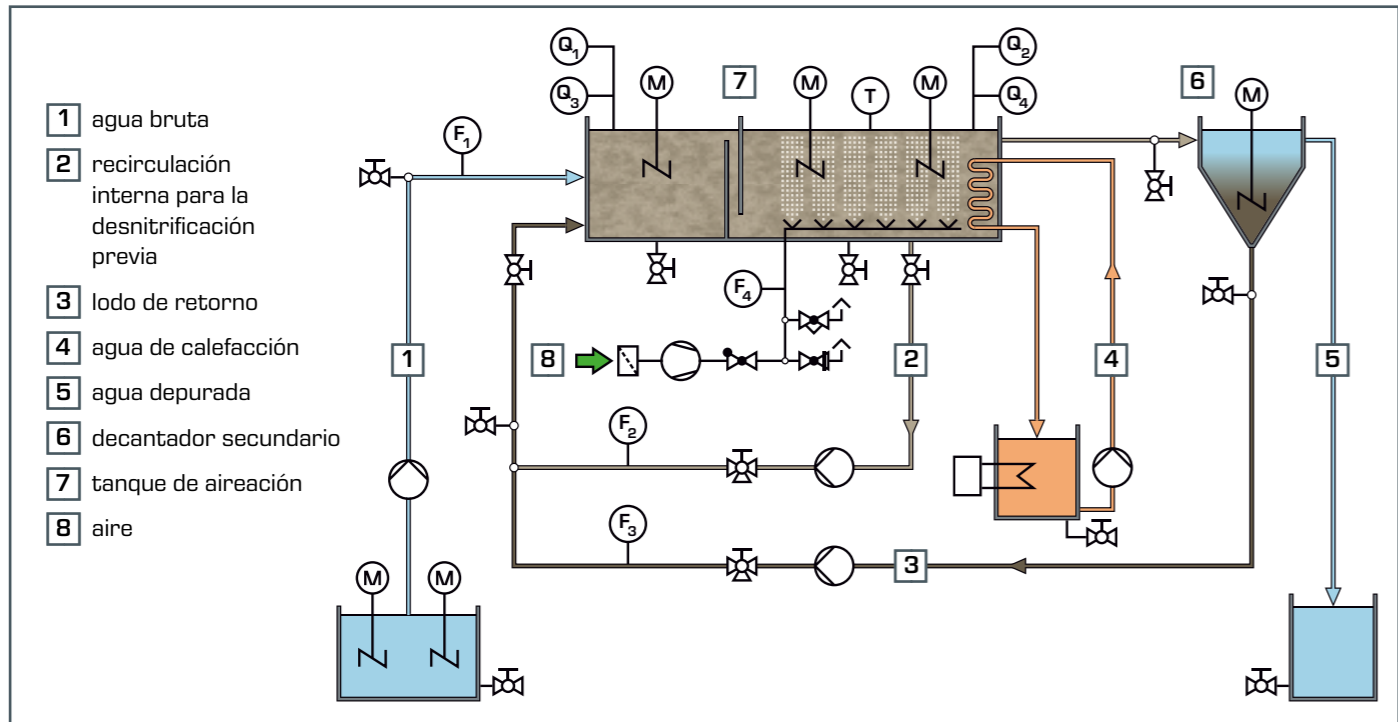
CE 705

Proceso de lodos activados

Técnica de medición y control

Los procesos complejos como el proceso de lodos activados están automatizados casi en su totalidad hoy en día. Para ello, el uso de una técnica de medición y control moderna es imprescindible. Esto requiere, como mínimo, un conocimiento básico de este tipo de sistemas por parte también de los ingenieros

medioambientales. Para preparar al personal en formación y a los estudiantes para estos desafíos de la práctica profesional, hemos tenido en cuenta este importante aspecto al desarrollar el equipo. Por esta razón, el CE 705 está equipado con una técnica de medición completa y un PLC con pantalla táctil.



Material didáctico

Con el equipo recibirá también material didáctico detallado para que pueda familiarizarse rápidamente con el manejo del mismo. Además se presentan de forma clara y exhaustiva los fundamentos teóricos del proceso de lodos activados.



Puesta en funcionamiento y formación

El CE 705 ya se utiliza con éxito en muchas instalaciones de formación de todo el mundo. La puesta en funcionamiento y la formación del cliente es realizada por empleados competentes de GUNT. Además de una comprobación de los productos suministrados, se realiza una instrucción a fondo sobre el manejo de los equipos para el cliente. Esto le permitirá una integración rápida de los sistemas de formación en sus clases.

Contenidos didácticos

- modo de funcionamiento de los procesos de nitrificación y desnitrificación previa
- establecimiento de un estado de funcionamiento estable
- reconocer las siguientes magnitudes influyentes:
 - edad del lodo
 - carga volumétrica
 - carga másica
 - relación de refl ujo del lodo de retorno
 - relación de refl ujo del recirculación interno (desnitrificación)
- rendimiento del proceso de desnitrificación previa
- influencia de las siguientes condiciones ambientales del degradación biológica:
 - temperatura
 - concentración de oxígeno

Variables medidas			Auto
Caudal	F ₁	Agua bruta	✓
	F ₂	Recirculación interna	✓
	F ₃	Lodo de retorno	✓
	F ₄	Aireación	
Concentración de oxígeno	Q ₁	Zona de desnitrificación	
	Q ₂	Zona de nitrificación	✓
	Q ₃	Zona de desnitrificación	
	Q ₄	Zona de nitrificación	
pH	Q ₃	Zona de desnitrificación	
	Q ₄	Zona de nitrificación	
Temperatura	T	Zona de nitrificación	✓



Al producto:



Tras una puesta en funcionamiento y formación con éxito, un empleado de GUNT hace entrega del CE 705 a la señora Prof. Dr. Ing. Deininger de la Escuela Superior de Deggendorf.

TECHNISCHE HOCHSCHULE DEGGENDORF THD
 Escuela Superior de Deggendorf, Alemania
 Formación moderna orientada a la práctica respaldada por sistemas didácticos de alta calidad de GUNT

CE 704
Proceso SBR
 sequencing batch reactor

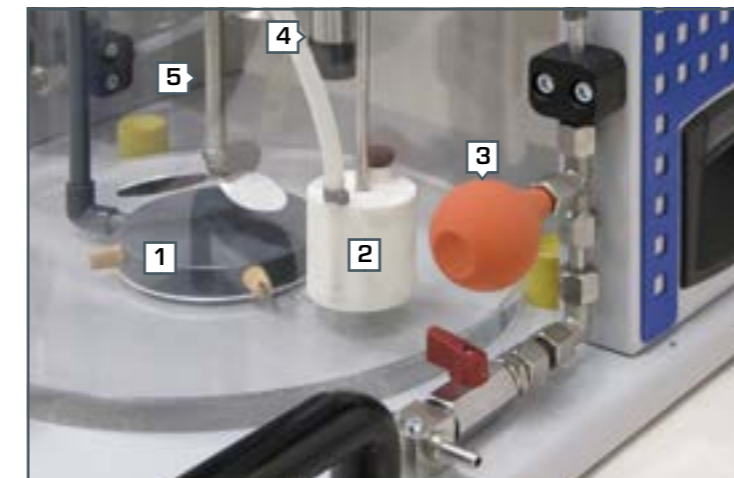
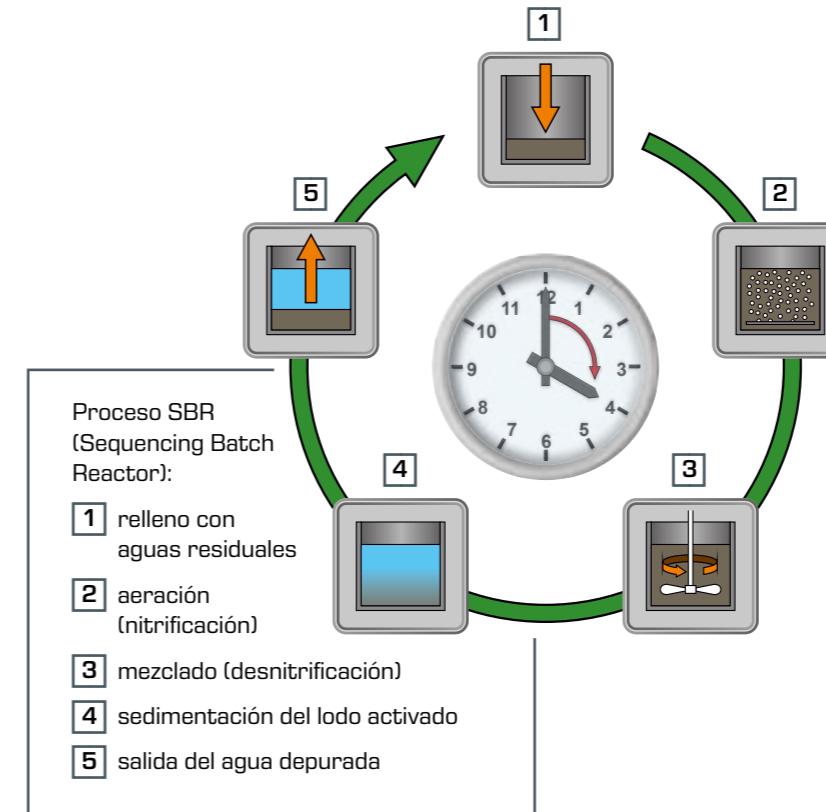
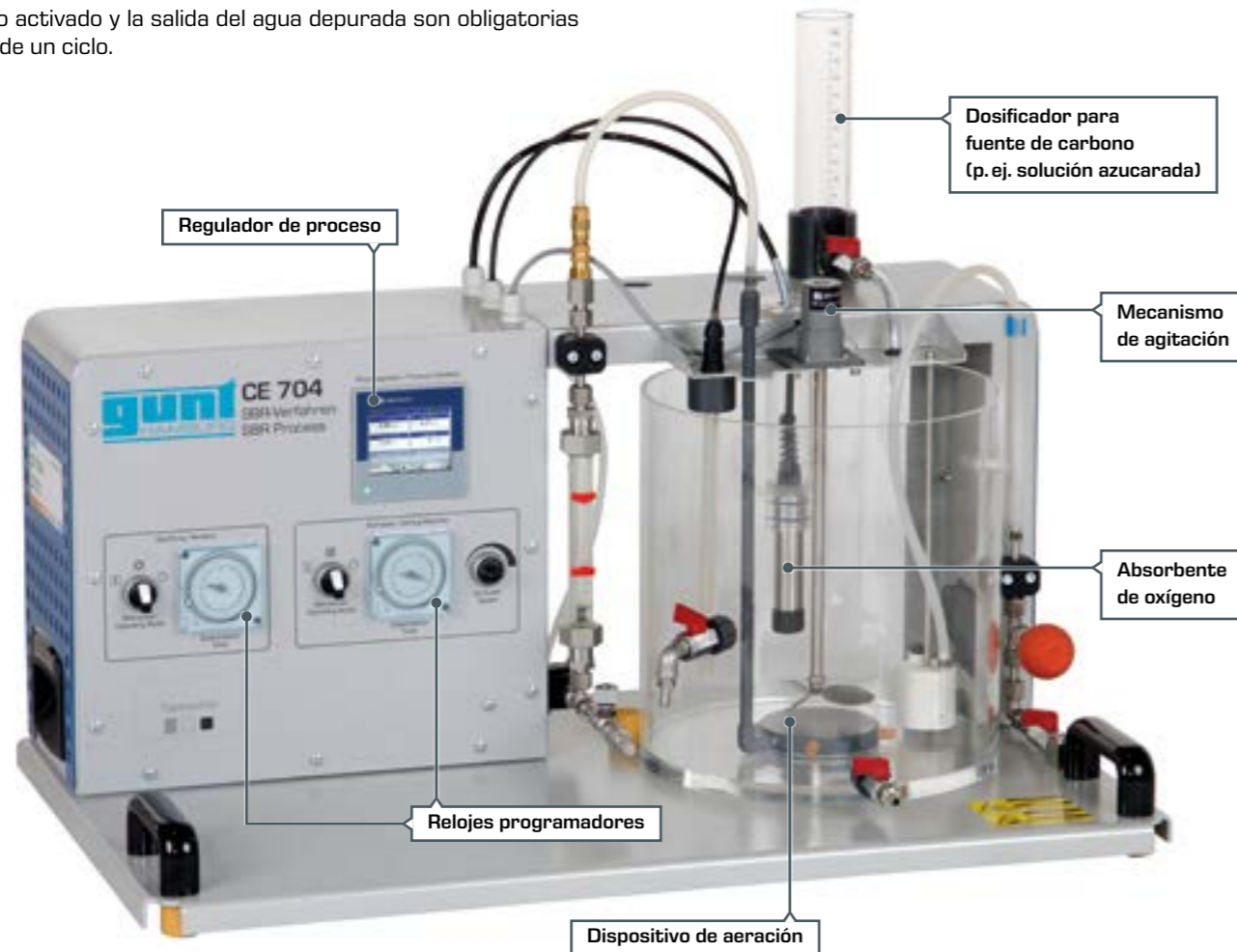
Depuración discontinua de aguas residuales

En el clásico proceso de lodos activados continuo, cada uno de los pasos del proceso de depuración biológica se desarrollan de manera simultánea y separados físicamente entre ellos. A diferencia de esto, los pasos del proceso SBR tienen lugar de manera consecutiva en un tanque. La depuración de las aguas residuales no se produce por lo tanto de manera continuada, sino por lotes. Consecuentemente, a este tipo de reactores se les denomina Sequencing Batch Reactor (SBR).

Al comienzo de un ciclo, el reactor se encuentra lleno de aguas residuales. Se suceden las fases de mezcla y de aireación. Por tanto, para cada paso del proceso se ajusta el medio necesario. Una vez transcurrido el tiempo definido, todos los grupos de agitación se desconectan, al igual que la aeración. De esta forma el lodo activado desciende hasta el suelo del reactor. Una vez concluida la fase de sedimentación, las aguas residuales depuradas se extraen del reactor, de tal forma que puede comenzar un nuevo ciclo. La duración y disposición de cada una de las fases puede variar dentro de un ciclo. Únicamente la sedimentación del lodo activado y la salida del agua depurada son obligatorias al final de un ciclo.

Este equipo didáctico sirve para aprender los fundamentos del proceso SBR de una forma práctica. El componente principal del equipo es el reactor, que está equipado con un mecanismo de agitación y un dispositivo de aeración. El mecanismo de agitación garantiza, también en las fases sin aeración (desnitrificación), una mezcla suficiente del contenido del reactor.

Con ayuda de relojes programadores, puede ajustar las fases de aeración y mezcla de manera individual. Se registran la concentración de oxígeno, el valor de pH y la temperatura en el reactor. Un regulador de proceso digital muestra los valores de medición registrados y el número de revoluciones del mecanismo de agitación. El regulador de proceso funciona además como regulador para la concentración de oxígeno durante la fase de aeración. El manejo del regulador de proceso es muy sencillo y se lleva a cabo a través de un panel táctil.



Contenidos didácticos	
■	funcionamiento del proceso SBR
■	eliminación de nitrógeno mediante nitrificación y desnitrificación
■	influencia de la organización de ciclos sobre el resultado de limpieza
■	grabación e interpretación de procesos de concentración temporales
■	determinación de tasas de conversión
■	características de sedimentación del lodo activado

Al producto:



CE 701

Proceso de biopelícula Filtro percolador a escala de laboratorio

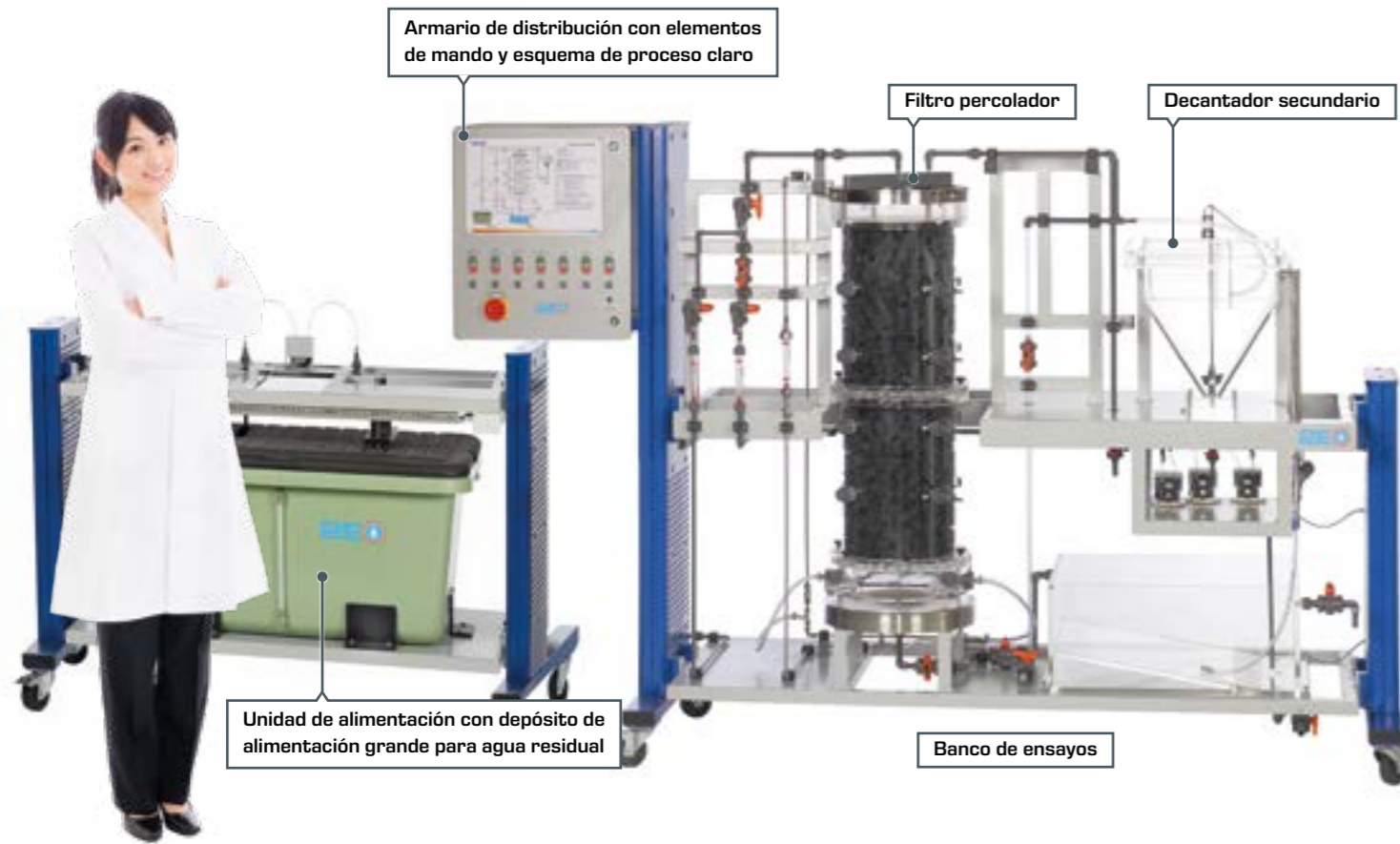
Filtro percolador: un proceso de biopelícula aerobio

Aunque los filtros percoladores pertenecen a los procesos de depuración biológicos de aguas residuales más antiguos, siguen utilizándose con frecuencia hoy en día. Por ello, el proceso con filtros percoladores en el ámbito del tratamiento de aguas sigue siendo un componente básico de los planes didácticos.

El filtro percolador del CE 701 ha sido diseñado para la eliminación de carbono y para nitrificación. Un rociador rotativo distribuye el agua residual a depurar de forma homogénea sobre el lecho fijo. Puede ajustarse sin escalonamiento el número de revoluciones del rociador rotativo. Hay dos tipos de cuerpos llenadores de HDPE distintos disponibles para el lecho fijo. Los cuerpos llenadores se diferencian respecto a la superficie específica.

El filtro percolador del CE 701 posee aberturas de aireación por debajo del lecho fijo. Esto permite la aireación por convección natural. En caso necesario también puede cerrarse las aberturas de aireación para airear el filtro percolador de manera artificial con un compresor.

El material didáctico presenta en detalle los fundamentos y medición de las instalaciones con filtros percoladores. Una descripción detallada del equipo y los ensayos le permite integrar rápidamente este sistema didáctico en sus clases.



Rociador rotativo en la cabeza del filtro percolador con ajuste de número de revoluciones sin escalonamiento



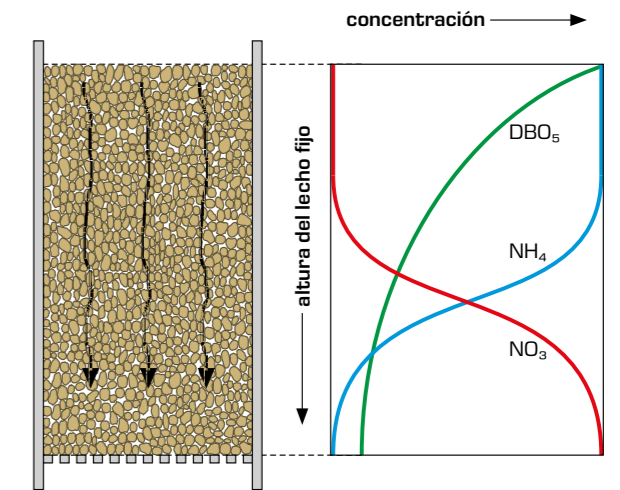
Punto de toma de muestras en el filtro percolador



Material didáctico del CE 701

Perfiles de concentración

En el lecho fijo hay distintos puntos de toma de muestras. Esto le permite determinar los perfiles de concentración característicos de DBO₅, amonio y nitrato para filtros percoladores.



Perfiles de concentración típicos de DBO₅, amonio (NH₄) y nitrato (NO₃) en un filtro percolador

Al producto:



Contenidos didácticos

- modo de funcionamiento de un filtro percolador
- registro de perfiles de concentración
- establecimiento de un estado de funcionamiento estable
- reconocer la influencia de las siguientes variables:
 - ▶ caudal de recirculación
 - ▶ carga másica del filtro percolador
 - ▶ carga superficial del filtro percolador
- comparación de distintos cuerpos llenadores



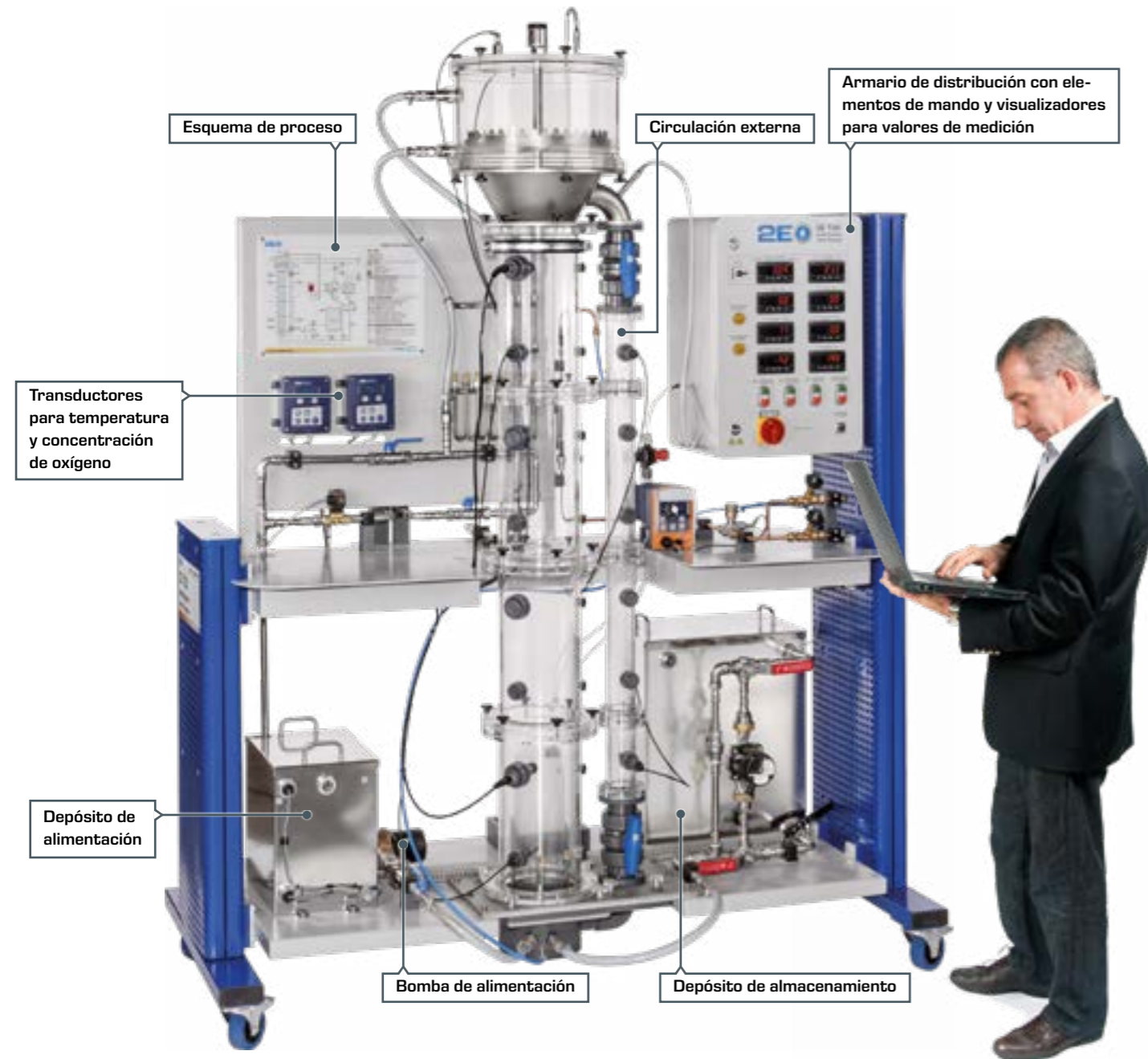
CE 730

Reactor airlift

Biorreactores potentes

El suministro de oxígeno para los microorganismos (biomasa) es fundamental para la capacidad de un biorreactor aerobio. Otro aspecto importante es la mezcla homogénea del contenido del reactor. Los reactores airlift cumplen estos dos requisitos de manera especial.

En un reactor airlift la mezcla se produce exclusivamente mediante la aireación necesaria. Por tanto, no se requieren piezas mecánicas móviles (p. ej., mecanismos de agitación). La retención necesaria de la biomasa en el reactor para un funcionamiento eficaz se logra mediante circulación. Los reactores airlift se utilizan en la biotecnología y en la depuración biológica de aguas residuales.



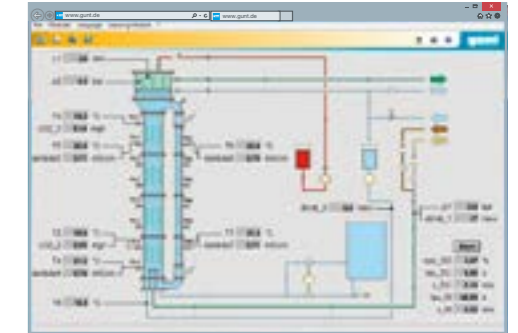
Reactor airlift CE 730

El aspecto didáctico principal del CE 730 es el modo de funcionamiento y manejo de un reactor airlift. Aquí se incluyen la disolución de oxígeno en estado líquido (agua) y la determinación de las condiciones de flujo en el reactor.

El elemento esencial del banco de ensayos es un reactor airlift con circulación externa. Para airear el reactor dispone de distintos distribuidores. De este modo puede estudiar la influencia del tamaño de las burbujas en la transferencia de sustancias. Además puede ajustar la temperatura en el reactor. En la circulación hay dos puntos de medición de la conductividad a una distancia definida. Si se añade una solución salina se produce en ambos puntos de medición un aumento repentino (peak) de la conductividad con un desfase de tiempo. De la diferencia de tiempo entre los dos "peaks" y la distancia de los puntos de medición puede determinarse la velocidad de flujo en el reactor.

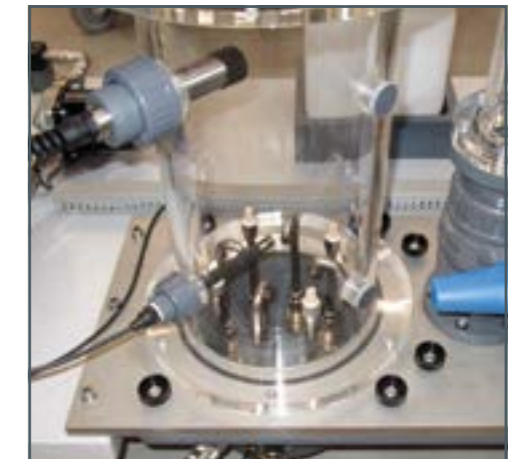


Reactor airlift durante una operación de prueba



Software

El software intuitivo del CE 730 indica continuamente los valores de todas las variables esenciales del proceso. Los valores de medición pueden guardarse para su posterior evaluación.



Varios distribuidores para la aeración del reactor

Contenidos didácticos

- influencia de la velocidad del gas en el tubo vacío:
 - ▶ contenido de gas
 - ▶ coeficiente de transferencia de masa
 - ▶ tiempo de mezcla
 - ▶ velocidad del líquido en el tubo vacío

Al producto:





CE 702

Tratamiento anaerobio de aguas

Armario de distribución con esquema de proceso y elementos de mando

Reactor de agitación

Decantador secundario

Reactor UASB

Unidad de alimentación

Banco de ensayos



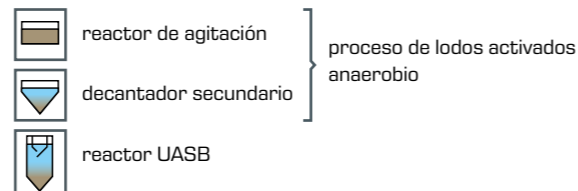
Los procesos anaerobios se suelen utilizar principalmente para aguas residuales con una alta carga de sustancias orgánicas como, p. ej., las producidas en la industria alimentaria.

Nuestro equipo didáctico CE 702 le ofrece dos procesos distintos. Por un lado, el proceso de lodos activados anaerobio y, por otro, el proceso UASB. Puede utilizar ambos procesos por separado (1 etapa) o conectados en serie (2 etapas). De este modo dispone en total de tres modos distintos de funcionamiento. El equipo está equipado además con una técnica de medición y control muy completa y un software.

Con el equipo recibirá también material didáctico detallado para que pueda familiarizarse rápidamente con el manejo del mismo. Además se presentan de forma clara y exhaustiva los fundamentos teóricos de la depuración de aguas residuales anaerobia.

El modo de funcionamiento de 2 etapas le permite regular el pH y la temperatura en ambas etapas independientemente. Este tipo de ejecución del proceso ha dado buen resultado en la práctica y ofrece la ventaja de poder adaptar mejor las condiciones ambientales a los requisitos de los respectivos pasos de degradación. El equipo está equipado con tuberías colectoras de gas, a través de las cuales puede tomar muestras de gas del sistema para analizarlas.

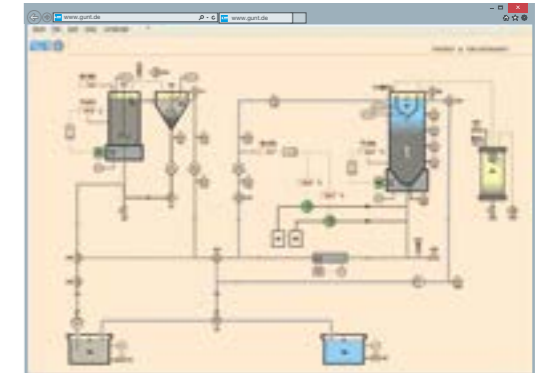
Modo de funcionamiento 1 (1 etapa)	
Modo de funcionamiento 2 (1 etapa)	
Modo de funcionamiento 3 (2 etapas)	



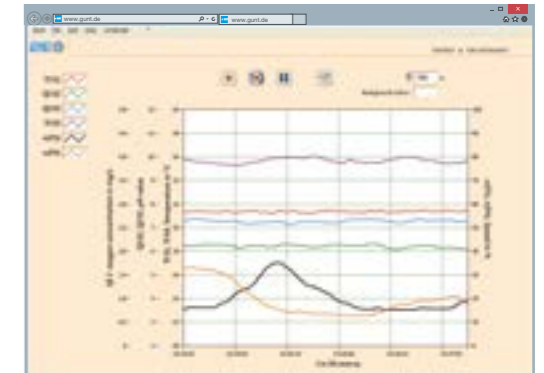
Reactor UASB del CE 702 durante el funcionamiento de prueba con éxito en nuestro laboratorio

Software

El software del CE 702 indica de forma continua las temperaturas y los pH de ambos reactores, proporcionándole una vista rápida sobre las condiciones de los mismos en todo momento. Puede guardar los valores de medición para la evaluación. De este modo, los trabajos de rutina se reducen y le sirve de ayuda para realizar los ensayos.



Esquema de proceso con indicación de los valores de medición



Indicación de los valores de medición como transcurso de tiempo

- ### Contenidos didácticos
- influencia de la temperatura y el pH en la degradación anaerobia
 - modo de funcionamiento de un reactor UASB
 - comparación de los modos de funcionamiento de 1 etapa y 2 etapas
 - observación y optimización de las condiciones de funcionamiento
 - reconocer la influencia de las siguientes variables:
 - ▶ carga másica
 - ▶ carga volumétrica
 - ▶ velocidad de flujo en el reactor UASB

Al producto:





Conocimientos básicos Tratamiento físico/químico de aguas

Campo de aplicación de procesos físicos/químicos

El agua residual industrial contiene a menudo sustancias inorgánicas disueltas (p. ej., metales pesados) o sustancias orgánicas no biodegradables. Esto afecta también a muchas aguas de infiltración de vertedero y aguas subterráneas contaminadas. En este caso es apropiado el uso de procesos físicos/químicos. En este ámbito del tratamiento de aguas existe una gran variedad de procesos distintos. Entre los procesos más utilizados se incluyen:

Adsorción	Ósmosis inversa	Intercambio iónico
Precipitación	Floculación	Procesos de oxidación

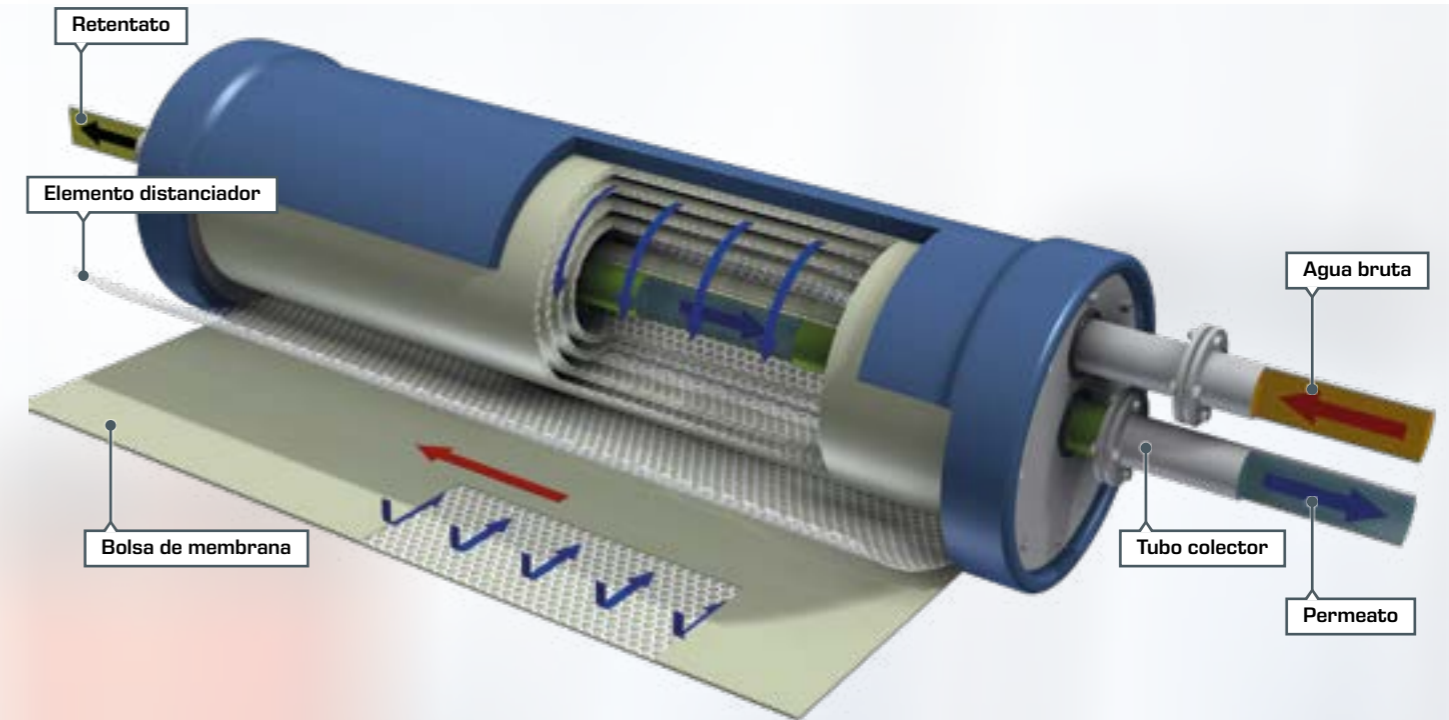


Adsorbedores con flujo de paso continuo en una planta de tratamiento de aguas

Adsorción

En la adsorción, la sustancia a eliminar (adsorbato) se fija a la superficie de un cuerpo sólido (adsorbente). Esta fijación puede realizarse mediante un proceso físico o químico. Se suele utilizar principalmente carbón activado granulado como adsorbente. Mediante este proceso se pueden eliminar del agua, p. ej., compuestos de hidrocarburos clorados contaminantes de manera fiable. Este tipo de sustancias se encuentran en muchas aguas de infiltración de vertedero y aguas subterráneas contaminadas.

La adsorción suele realizarse con adsorbedores con flujo de paso continuo. En los adsorbedores hay un lecho fijo de carbón activado granulado. Tras un tiempo de funcionamiento determinado aumenta la concentración del adsorbato a la salida del adsorbedor. Este estado se denomina agotamiento. Si se traza la concentración del adsorbato a la salida del adsorbedor en función del tiempo, se obtiene la denominada curva de agotamiento.



Ósmosis inversa: proceso de separación por membrana para las más altas exigencias

El principio básico de la ósmosis inversa es sencillo. La tendencia natural entre ambos lados de una membrana de lograr un equilibrio de la concentración (ósmosis) debe contrarrestarse. Para ello se crea una contrapresión, que es como mínimo tan alta como la presión osmótica. El agua fluye en dirección del gradiente de concentración a través de la membrana. De este modo, la concentración aumenta en gran medida en un lado de la membrana (retentato) y sigue disminuyendo en el otro (permeato). De modo simplificado, la ósmosis inversa puede considerarse como un proceso de dilución.

Con una ósmosis inversa se pueden eliminar del agua sustancias disueltas como, p. ej., iones. Mediante este proceso se puede generar agua pura, necesaria para muchos procesos de producción industriales sensibles como, p. ej., la industria farmacéutica. Otro campo de aplicación es la desalinización del agua de mar.

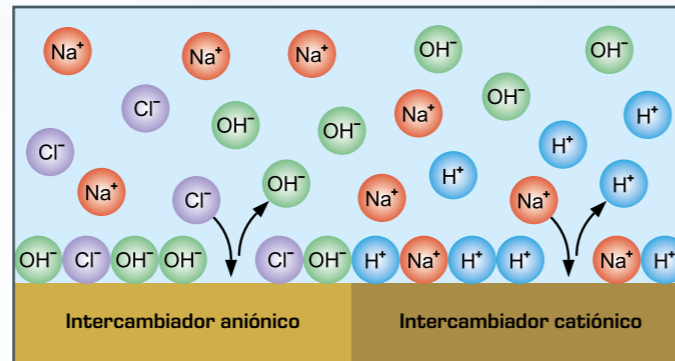
Para la ósmosis inversa se utilizan módulos de membrana en espiral. Una característica especial de este diseño es la bolsa de membrana en forma de espiral enrollada alrededor de un tubo central. Mediante una alta presión en el lado de entrada, el agua (permeato) entra a través de la membrana y fluye en espiral en el tubo colector. El flujo parcial retenido por la membrana (retentato) es extraído del módulo a través de otro tubo.

Conocimientos básicos Tratamiento físico/químico de aguas

Intercambio iónico

El intercambio iónico es un proceso fisicoquímico en el cual una materia sólida absorbe iones de un líquido y, como intercambio, emite al líquido una cantidad equivalente de iones de la misma carga. Si se intercambian iones de carga positiva (p. ej., sodio Na^+), hablamos de intercambio catiónico. Por el contrario, en el intercambio aniónico se produce un intercambio de iones de carga negativa (p. ej., cloruro Cl^-).

Los intercambiadores iónicos se utilizan, sobre todo, para desalinizar y desdurecer. También los metales pesados, contenidos en muchas aguas residuales de la industria metalúrgica, se pueden eliminar mediante intercambio iónico.



Desalinización mediante intercambio aniónico e intercambio catiónico posterior

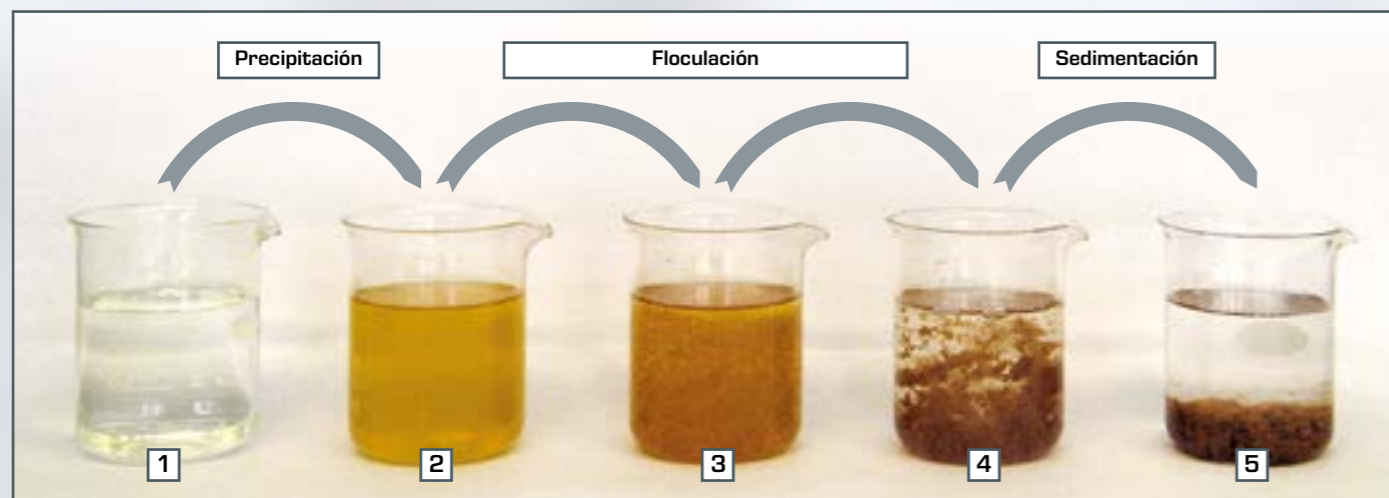
Precipitación

La precipitación es un proceso químico en el cual una sustancia disuelta se transforma mediante reacción con otra sustancia en una forma insoluble (sólida). La precipitación es apropiada, p. ej., para eliminar metales disueltos. Además, la precipitación también se utiliza para la eliminación de fósforo en estaciones depuradoras de aguas residuales.

En la práctica, tras la precipitación suele realizarse una floculación para aumentar el tamaño de las materias sólidas formadas. Esto facilita la posterior separación mecánica de las materias sólidas (p. ej., mediante sedimentación).

Floculación

Para añadir determinados productos químicos se aumentan primero las fuerzas de repulsión electrostáticas entre las distintas partículas sólidas. De este modo se unen las partículas en pequeños flóculos (coagulación). Para seguir aumentando el tamaño de los flóculos, se añade después un floculante (p. ej., polímero) al agua. Así surgen flóculos con un diámetro de varios milímetros, que se pueden separar mecánicamente con facilidad al final.



Precipitación y floculación de hierro disuelto: Mediante la adición de sosa cáustica, el hierro disuelto (1) se precipita primero como hidróxido de hierro amarillo e insoluble (2). Mediante la adición de otros productos químicos se forman flóculos de hidróxido de hierro grandes (3 a 4), que después se pueden eliminar con facilidad mediante sedimentación (5).

Procesos de oxidación

Muchos contaminantes orgánicos no son biodegradables y no se pueden eliminar mediante procesos biológicos. Entre estos se incluyen, por ejemplo, muchos hidrocarburos clorados. Debido a un manejo indebido, estas sustancias han llegado al agua subterránea en muchos lugares y representan un peligro para el hombre y el medio ambiente. Los procesos de oxidación son un método efectivo de eliminar este tipo de sustancias del agua.

En el tratamiento de aguas existen multitud de procesos de oxidación diferentes. En especial, los "procesos de oxidación ampliados" han adquirido cada vez más importancia en los

últimos años. La característica principal de estos procesos es la formación de radicales OH altamente reactivos. Estos radicales se incluyen entre los oxidantes más potentes y pueden, por tanto, oxidar prácticamente cualquier sustancia.

Los radicales OH se pueden generar, por ejemplo, mediante la irradiación de peróxido de hidrógeno (H_2O_2) con luz ultravioleta. Para ello se utiliza preferiblemente radiación UV-C con una longitud de onda de 254 nm.

Generación de un radical OH con luz ultravioleta y peróxido de hidrógeno (H_2O_2)

- oxígeno
- hidrógeno
- electrón libre



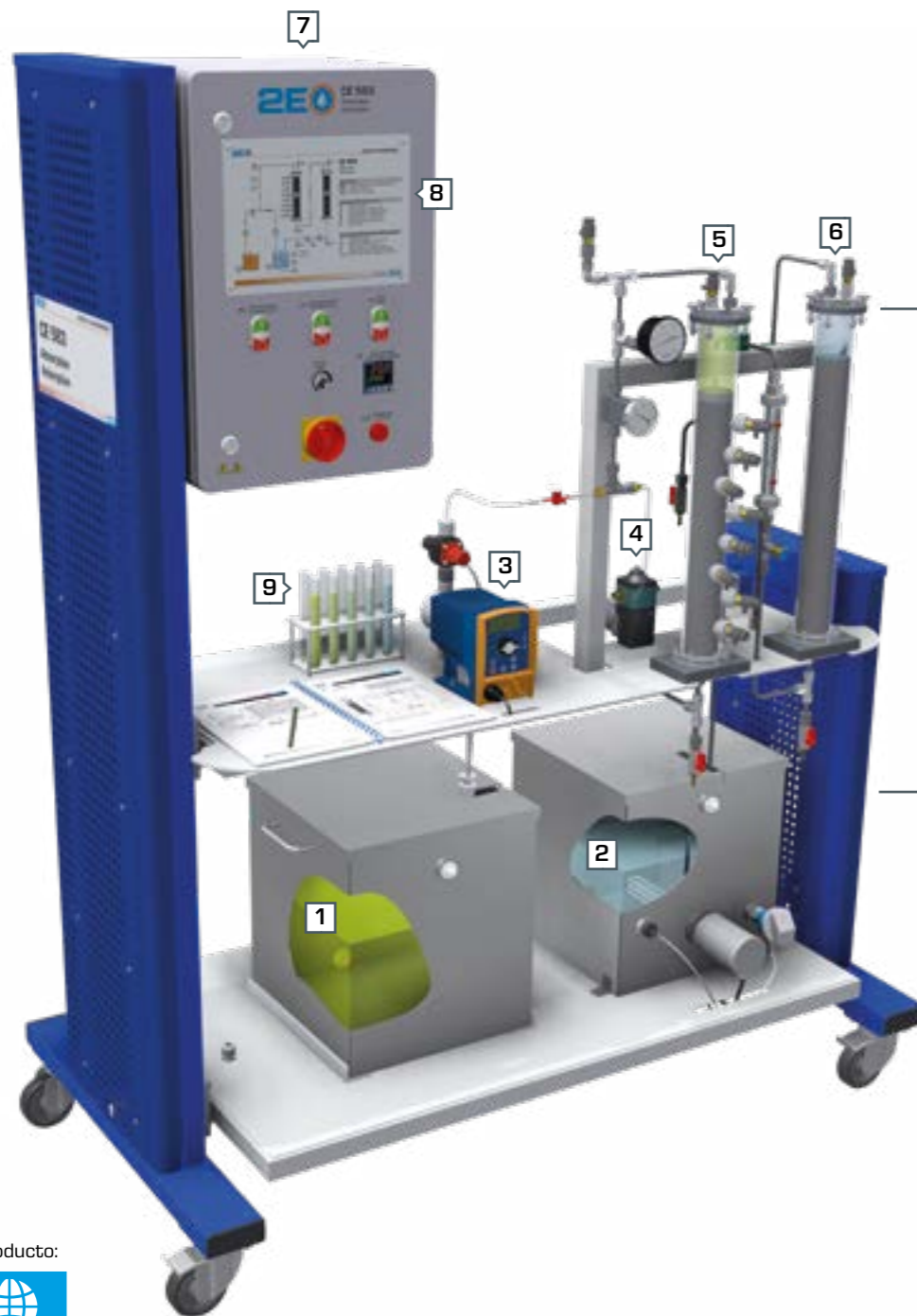
CE 583

Adsorción

Tratamiento de aguas adsorbtivo en funcionamiento continuo

La adsorción en carbón activado es una alternativa eficaz y muy practicada para eliminar sustancias orgánicas no biodegradables como, p. ej., hidrocarburos clorados. Con nuestro equipo CE 583 puede aclarar los fundamentos de este proceso en funcionamiento continuo y, por tanto, bajo aspectos muy prácticos.

Los componentes principales son dos adsorbedores conectados en serie, rellenos con carbón activado granulado. El primer adsorbedor está equipado con grifos de toma de muestras para que pueda determinar los perfiles de concentración. Los perfiles de concentración son esenciales para poder comprender la adsorción.



- 1 concentrado de adsorbato
- 2 agua depurada
- 3 bomba dosificadora
- 4 bomba de circulación
- 5 primer adsorbedor
- 6 segundo adsorbedor
- 7 armario de distribución
- 8 esquema de proceso
- 9 tubos de ensayo para toma de muestras

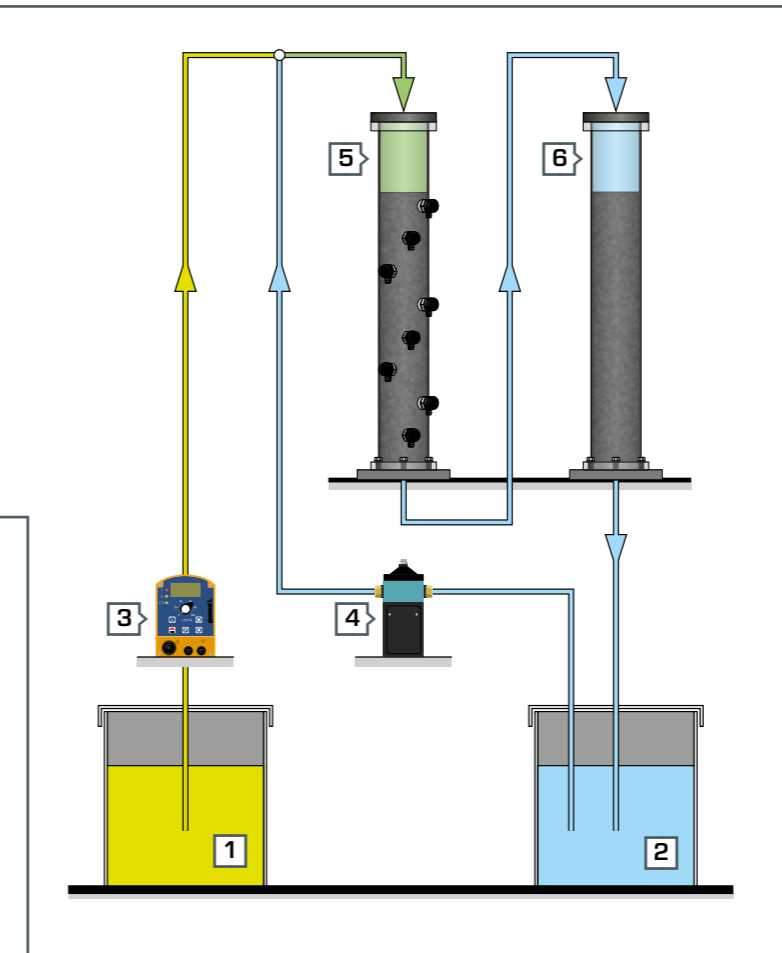
i Adsorbato
El adsorbato es la sustancia disuelta en el agua, que debe eliminarse mediante adsorción.

Principio de funcionamiento

El agua depurada circula a través de los dos adsorbedores. Una bomba dosificadora inyecta solución concentrada de adsorbato en el área de entrada del primer adsorbedor en el circuito. La bomba dosificadora permite un ajuste muy preciso del caudal. De este modo puede ajustarse con mucha precisión la concentración de entrada deseada del adsorbato. El segundo adsorbedor asegura que el agua en circulación no contenga ningún adsorbato, incluso si el primer adsorbedor se ha agotado completamente. Esto garantiza una concentración de adsorbato constante a la entrada del primer adsorbedor, también en ensayos de larga duración.

Regulación de temperatura

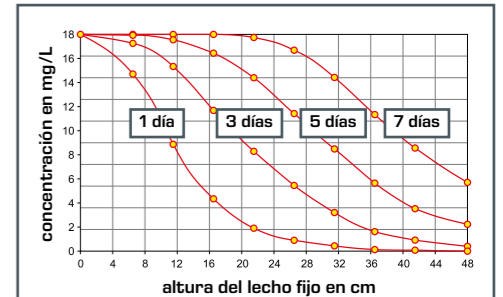
El equipo está equipado con una regulación de temperatura. De este modo puede estudiarse la influencia de la temperatura del agua en el proceso de adsorción.



Principio de funcionamiento del CE 583

i Nuestra recomendación

Puede demostrarse de forma muy visual el proceso de adsorción si se utiliza como adsorbato un colorante hidrosoluble y adsorbible. Este tipo de sustancias son, p. ej., azul de metileno o fluoresceína.



Extracto del manual del CE 583: perfiles de concentración de azul de metileno en distintos momentos

Contenidos didácticos

- registro de perfiles de concentración
- registro de curvas de ruptura
- relación entre los perfiles de concentración y curvas de ruptura
- determinación de la zona de transferencia de materia
- balances de masa y eficiencia de un adsorbedor
- predicción de curvas de ruptura
- transmisión de los resultados a la escala industrial
- reconocimiento la influencia de los siguientes factores:
 - ▶ tiempo de contacto
 - ▶ temperatura
 - ▶ modo de funcionamiento

Al producto:





CE 530

Ósmosis inversa



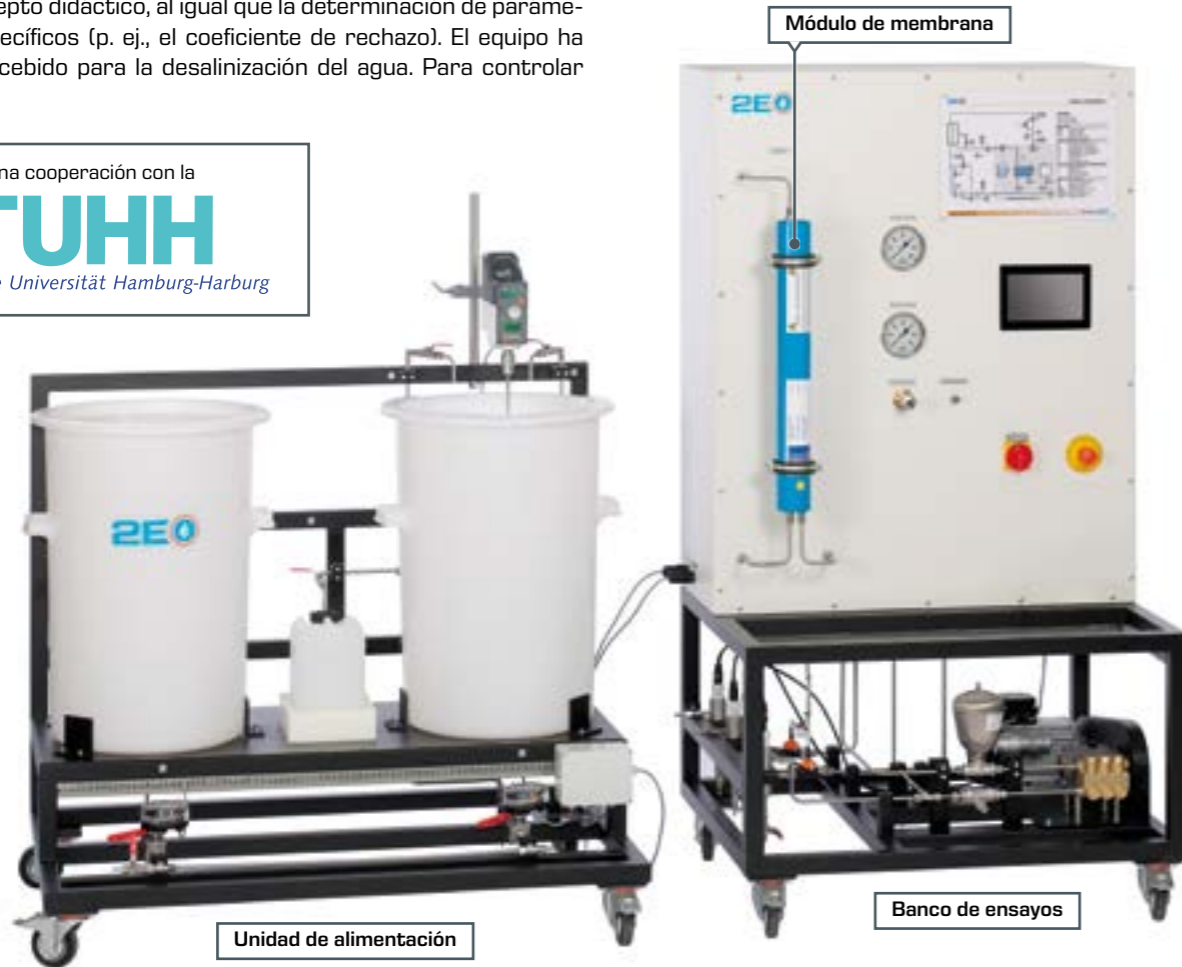
Este equipo ha sido desarrollado en estrecha colaboración con el Instituto de Ingeniería de Procesos Térmicos de la Universidad Técnica de Hamburg-Harburg, Alemania.

El componente principal del CE 530 es el módulo de membrana en espiral. El montaje, mantenimiento y modo de funcionamiento de un módulo de membrana en espiral son elementos centrales del concepto didáctico, al igual que la determinación de parámetros específicos (p. ej., el coeficiente de rechazo). El equipo ha sido concebido para la desalinización del agua. Para controlar

el éxito de la desalinización, se han instalado sensores de conductividad en todos los puntos relevantes del equipo. También puede ajustar la presión y el caudal.

El material didáctico representa los fundamentos en detalle y guía paso a paso por los distintos ensayos.

Una cooperación con la
TUHH
Technische Universität Hamburg-Harburg



Unidad de alimentación

Banco de ensayos

Módulo de membrana



Pantalla táctil: esquema de proceso

Al producto:



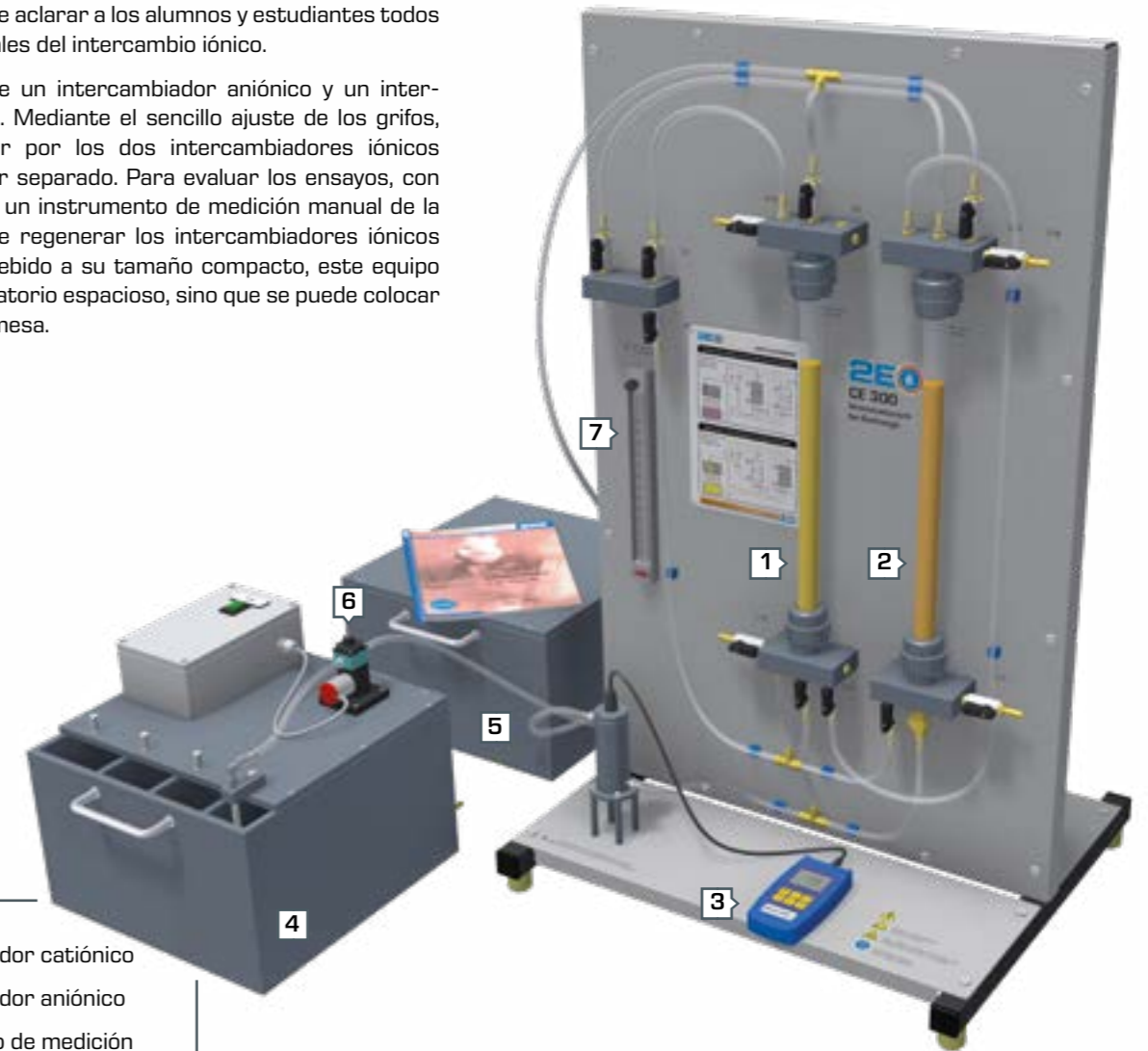
CE 300

Intercambio iónico



Los intercambiadores iónicos se utilizan, sobre todo, para desalinizar y desendurecer el agua. Con nuestro equipo de ensayo CE 300 puede aclarar a los alumnos y estudiantes todos los aspectos esenciales del intercambio iónico.

El equipo dispone de un intercambiador aniónico y un intercambiador catiónico. Mediante el sencillo ajuste de los grifos, el flujo puede pasar por los dos intercambiadores iónicos sucesivamente o por separado. Para evaluar los ensayos, con este equipo recibirá un instrumento de medición manual de la conductividad. Puede regenerar los intercambiadores iónicos con ácido o álcali. Debido a su tamaño compacto, este equipo no requiere un laboratorio espacioso, sino que se puede colocar fácilmente sobre la mesa.



- 1 intercambiador catiónico
- 2 intercambiador aniónico
- 3 instrumento de medición manual de conductividad
- 4 depósito de alimentación de agua bruta y regenerador
- 5 depósito colector
- 6 bomba
- 7 caudalímetro

Al producto:



Contenidos didácticos

- modo de funcionamiento de un módulo de membrana en espiral
- montaje, limpieza y conservación de módulos de membrana
- principio básico de la ósmosis inversa
 - ▶ ley de Van't Hoff
- caudal de permeado y coeficiente de rechazo dependen de
 - ▶ presión
 - ▶ concentración de sal en el agua bruta
 - ▶ rendimiento
- determinación del coeficiente de difusión

Contenidos didácticos

- modos de funcionamiento de intercambiadores catiónicos e intercambiadores aniónicos
- desalinización mediante la combinación de intercambiadores catiónicos e intercambiadores aniónicos
- determinación de las capacidades de intercambio y regeneración
- comprobación de la duración de regeneración calculada teóricamente



CE 586

Precipitación y floculación

Con este equipo puede demostrar la precipitación y floculación en funcionamiento continuo y, por tanto, bajo condiciones muy realistas. Este proceso se divide en tres etapas: precipitación, floculación y sedimentación. Todos los componentes necesarios están dispuestos claramente en el banco de ensayos. Para producir y transportar el agua bruta dispone de una unidad de alimentación separada con un gran depósito de alimentación.



Precipitación

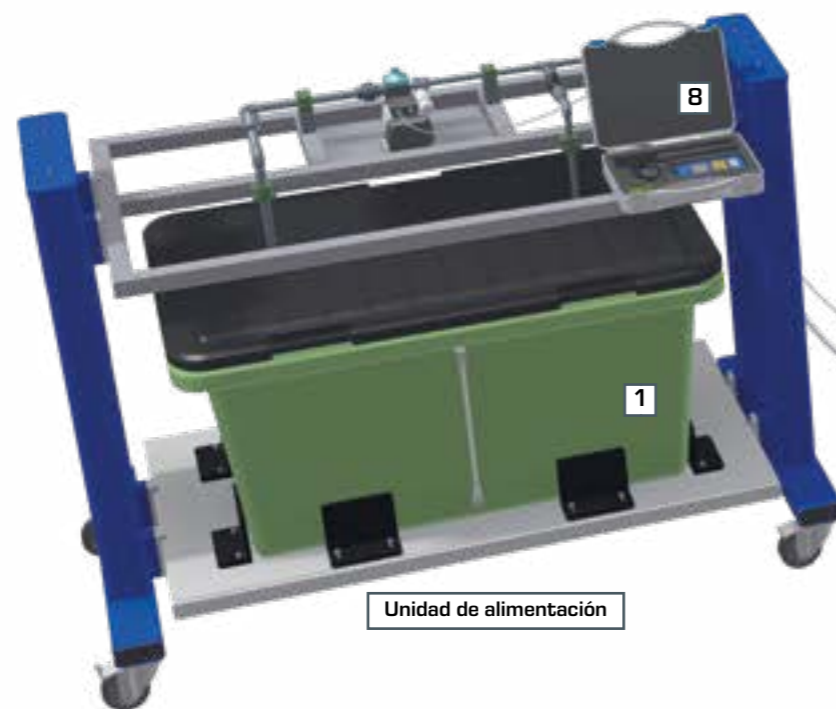


Floculación

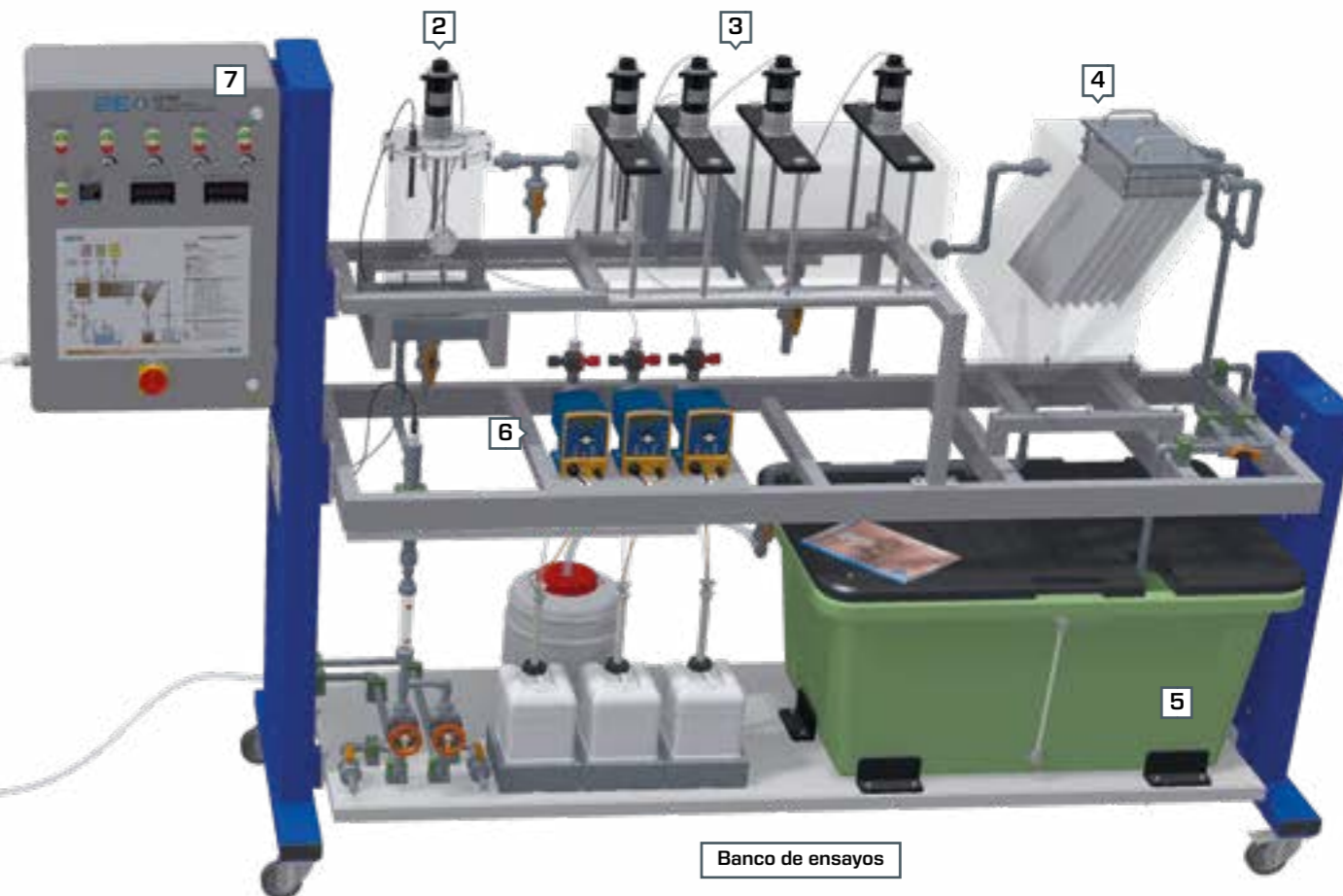


Sedimentación

- 1 depósito de alimentación para agua bruta
- 2 depósito de precipitación
- 3 depósito de floculación
- 4 decantador lamelar
- 5 depósito para agua depurada
- 6 bombas dosificadoras para sustancias auxiliares
- 7 armario de distribución con gran esquema de proceso
- 8 instrumento de medición de conductividad



Unidad de alimentación



Banco de ensayos

i Con este equipo recibirá también el completo material didáctico.

- Contenidos didácticos**
- influencia del pH en la precipitación
 - establecimiento de un estado de funcionamiento estable
 - determinación de las cantidades de dosificación necesarias de excipientes
 - modo de funcionamiento de un decantador lamelar





CE 584

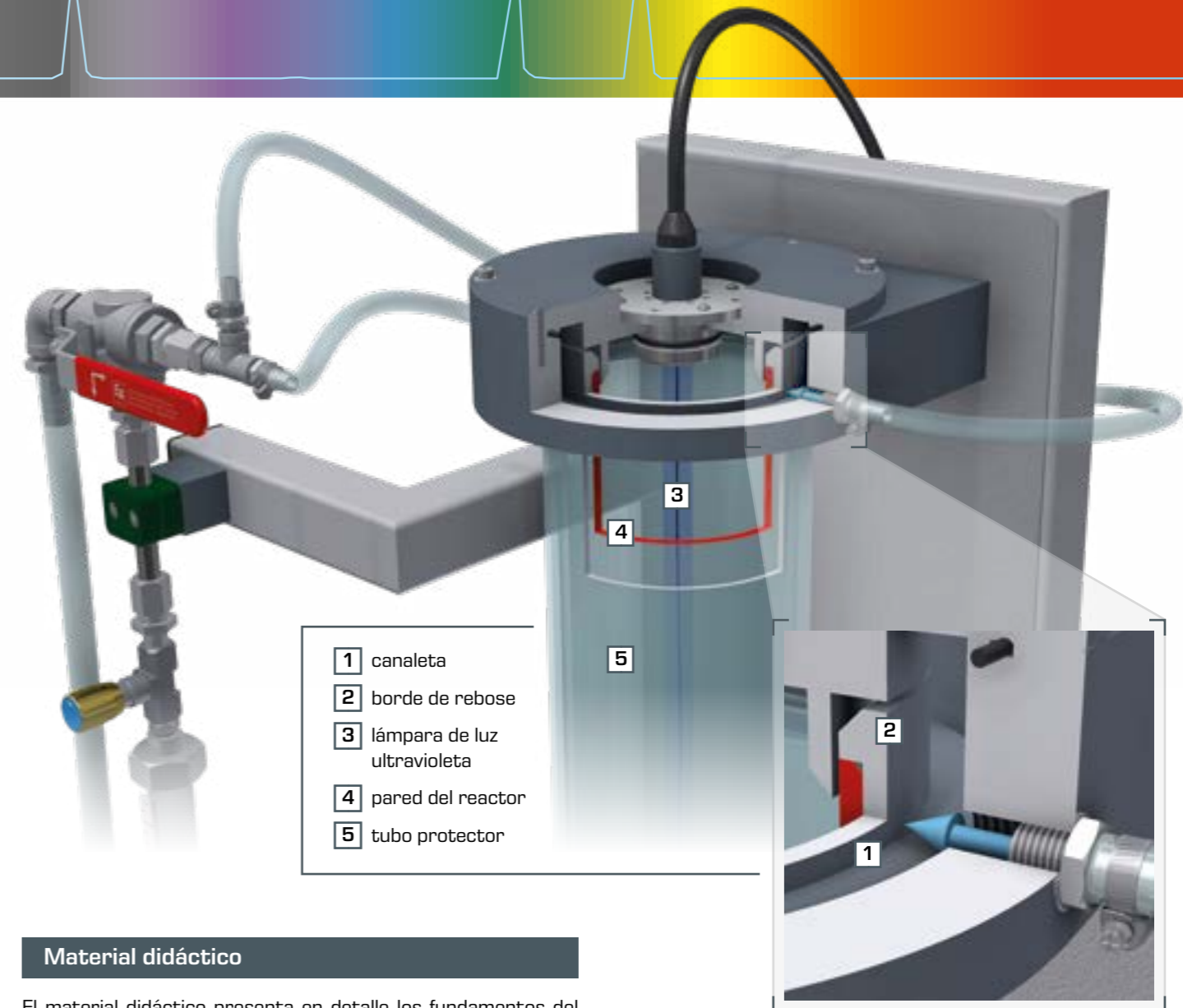
Oxidación avanzada H₂O₂ y UV

Reactor de película descendente en funcionamiento discontinuo

Los procesos de oxidación ampliados son el estado de la técnica más avanzada en el tratamiento de aguas. Con este equipo puede estudiarse la oxidación de sustancias orgánicas no biodegradables mediante el uso de peróxido de hidrógeno (H₂O₂) y radiación ultravioleta. El aspecto didáctico central es la aplicación experimental de relaciones de la cinética de la reacción.

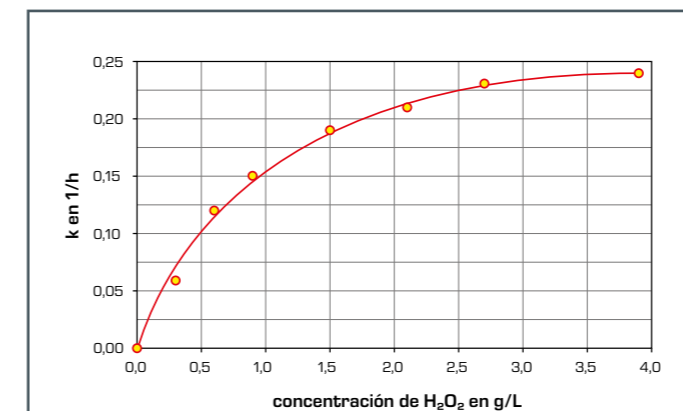
El componente principal del equipo es un reactor de película descendente que funciona de modo discontinuo. El agua bruta mezclada con peróxido de hidrógeno es bombeada de un depósito a una canaleta al extremo superior del reactor. El agua fluye por un borde de reboso a lo largo de la pared interior del reactor como una película fina hacia abajo y vuelve a alcanzar el depósito al final.

En el centro del reactor hay una lámpara de luz ultravioleta. A través de la radiación con luz ultravioleta (254 nm), el peróxido de hidrógeno se desintegra en los radicales OH deseados.



Material didáctico

El material didáctico presenta en detalle los fundamentos del proceso y las relaciones de la cinética de la reacción. Además, a modo de ejemplo se describe detalladamente un ensayo realizado.



Extracto del manual del CE 584: constante de velocidad *k* en función de la cantidad de H₂O₂ utilizada. Como contaminante orgánico se ha utilizado éter dimetilico del trietilenglicol.

- ### Contenidos didácticos
- registro de curvas de concentración-tiempo
 - estudio de la cinética de la reacción
 - orden de reacción
 - velocidad de reacción
 - influencia de la cantidad de H₂O₂ en el curso de la reacción

Al producto:





Conocimientos básicos Tratamiento multietapa de aguas

Tratamiento multietapa de aguas

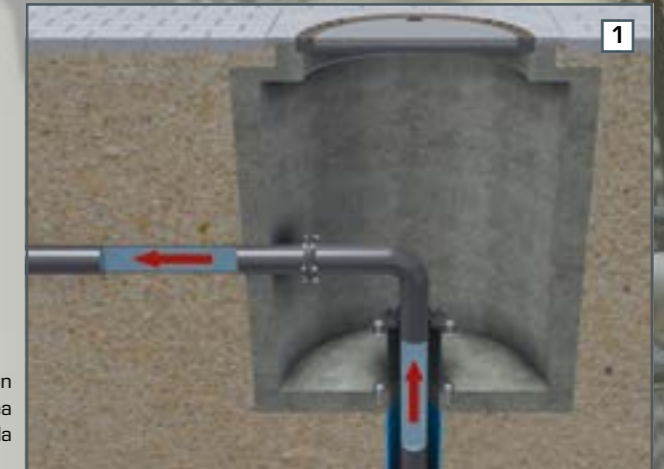
El agua a tratar suele contener varias sustancias de propiedades diferentes. Para eliminar estas sustancias no es suficiente con un único proceso básico. Por ello, las plantas de tratamiento de aguas suelen tener varias etapas.

Desde el punto de vista de la protección medioambiental, las plantas de depuración de agua subterránea contaminada son un ejemplo de aplicación clásico del complejo tratamiento de aguas multietapa.

La materias sólidas que se encuentran en el agua bruta pueden provocar daños u obstrucciones en partes de la instalación (p.ej., tuberías y bombas). Por ello, suele realizarse primero una depuración mecánica para eliminar las materias sólidas. Si las materias sólidas se producen primero como consecuencia del tratamiento del agua como, p.ej., por precipitación y floculación, las fases del tratamiento mecánico se aplican más adelante.

Depuración de aguas subterráneas

La depuración de agua subterránea contaminada se realiza principalmente con el proceso "bombeo y tratamiento" ("pump and treat" en inglés). El agua subterránea es elevada desde la salida de la zona de contaminación y depurada con el proceso clásico del tratamiento de aguas. El agua subterránea depurada se vuelve a infiltrar después en la entrada de la zona de contaminación del suelo. De este modo surge un circuito, en el que está integrada la planta de depuración de aguas subterráneas.



Pozo de elevación de agua subterránea contaminada



- Planta de depuración de agua subterránea multietapa**
- 1 pozo de elevación
 - 2 entrada del pozo de elevación
 - 3 precipitación (p.ej., de hierro disuelto)
 - 4 floculación
 - 5 decantador lamelar (sedimentación)
 - 6 depósito de compensación
 - 7 filtro de arena
 - 8 stripping
 - 9 depósito colector de lodo
 - 10 adsorción en carbón activado
 - 11 adsorbedor para aire de salida de stripping
 - 12 depósito colector de agua subterránea depurada
 - 13 salida del pozo de infiltración
 - 14 pozo de infiltración

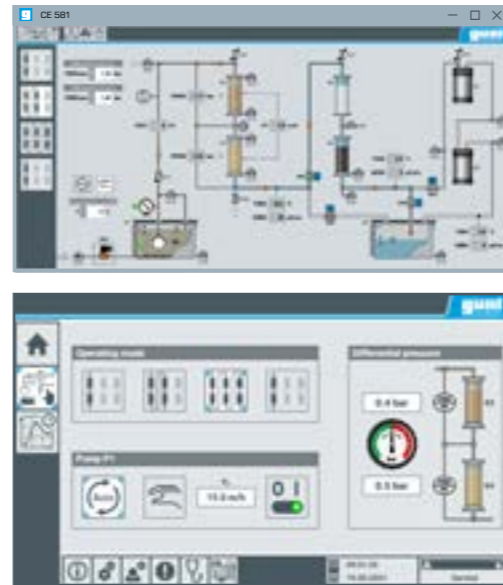


CE 581

Tratamiento de aguas: planta 1

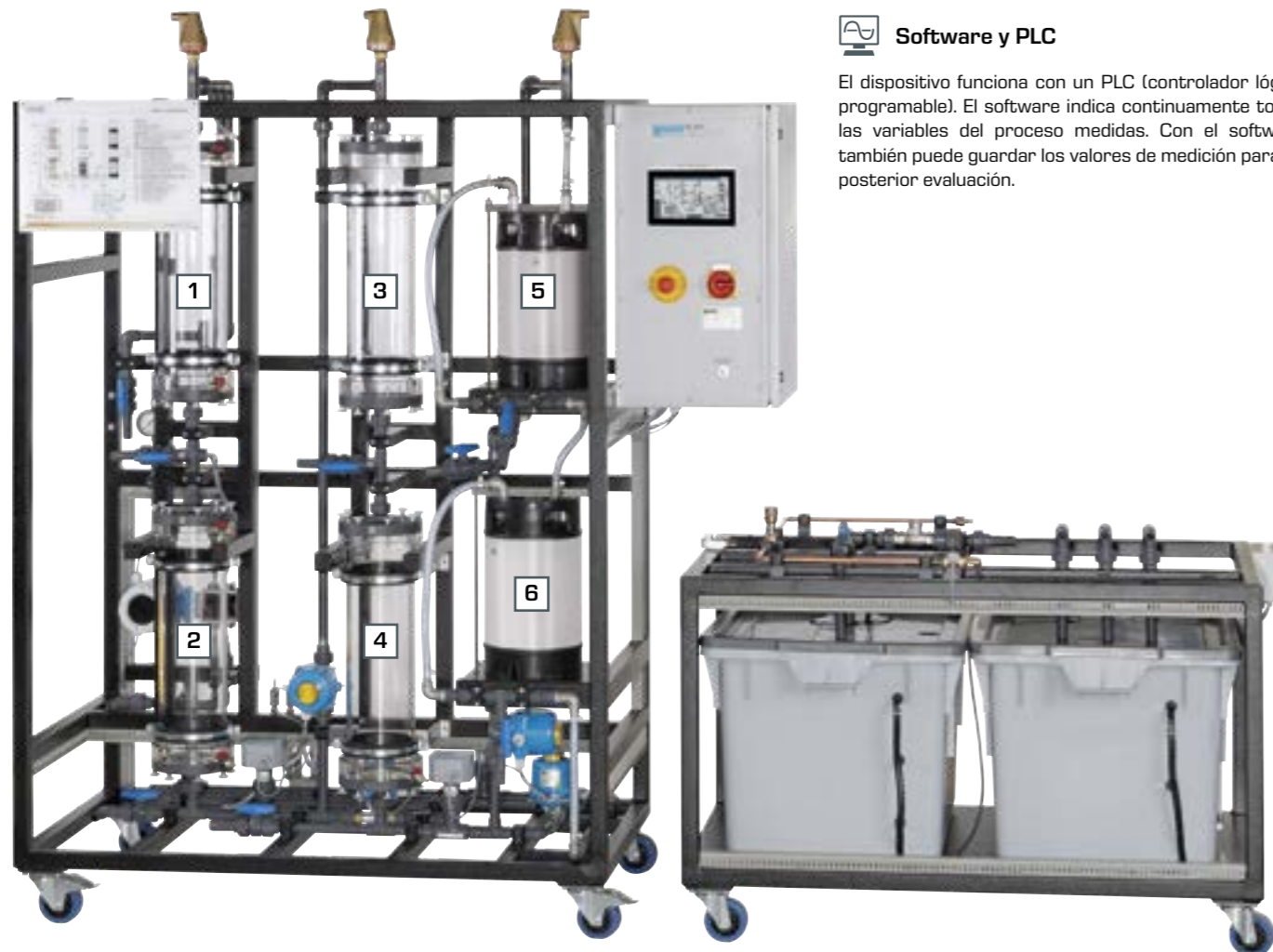
Con este equipo puede demostrar visualmente y estudiar las particularidades de un tratamiento de aguas multietapa. Para ello dispone de seis etapas de proceso sucesivas.

Filtración de lecho profundo	1 filtro de grava
	2 filtro de arena
Adsorción	3 óxido de aluminio
	4 carbón activado
Intercambio iónico	5 intercambiador de lecho mixto
	6 cation exchanger



Software y PLC

El dispositivo funciona con un PLC (controlador lógico programable). El software indica continuamente todas las variables del proceso medidas. Con el software también puede guardar los valores de medición para su posterior evaluación.

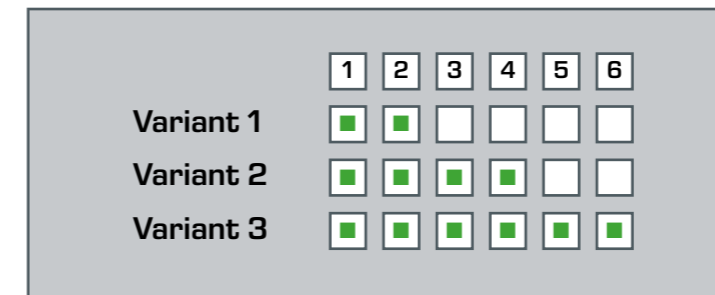


Al producto:



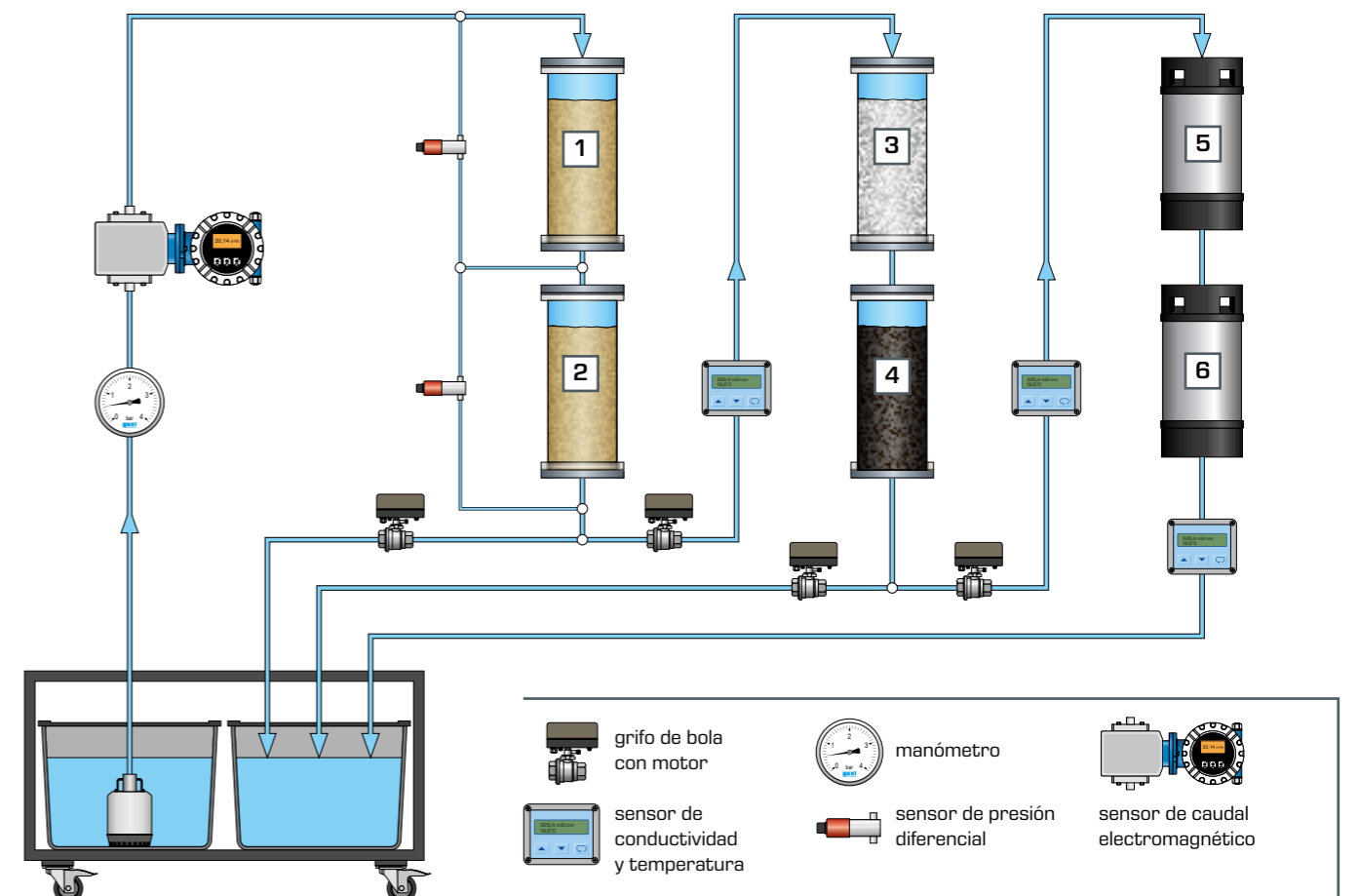
Variantes de funcionamiento

Las distintas etapas del proceso pueden activarse o desactivarse por separado. Ajustando los grifos de bola eléctricos puede seleccionar entre las 3 variantes de funcionamiento siguientes:



Contenidos didácticos

- conocer las operaciones básicas de filtración de lecho profundo, adsorción e intercambio iónico
- observar y determinar la pérdida de presión en la filtración de lecho profundo
- elaborar curvas de ruptura (en la adsorción)
- comparar diversos materiales de adsorción
- conocer el principio básico del intercambio iónico



CE 582

Tratamiento de aguas:
planta 2

Tratamiento de aguas con filtro de arena e intercambiador iónico

Con este equipo puede demostrar visualmente y estudiar las particularidades de un tratamiento de aguas multietapa. Para ello dispone de un filtro de arena y dos intercambiadores iónicos.

El aspecto didáctico fundamental del filtro de arena es el estudio de las tasas de presión en el lecho filtrante. Para medir las presiones, el filtro de arena está equipado con una medición de la presión diferencial y varios puntos de medición individuales a lo largo del lecho filtrante. Estos puntos de medición pueden conectarse con un panel de manómetros, a través de los cuales puede visualizar las tasas de presión en el lecho filtrante y me-

dirlas con gran precisión. El panel de manómetros dispone de 20 tubos manométricos. Puede visualizar también el aumento de la carga del lecho filtrante a través de un tubo de filtro transparente. El filtro de arena puede lavarse en sentido inverso en caso necesario.

Tras la filtración se produce el intercambio iónico. Para ello dispone de un intercambiador catiónico y un intercambiador aniónico. El equipo también permite regenerar el intercambiador iónico.

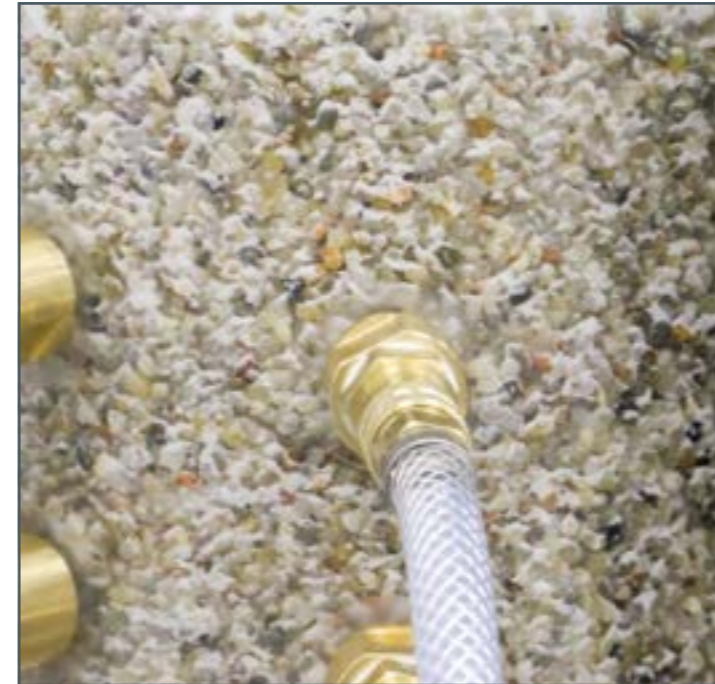


Desarrollado en colaboración con la Escuela Superior de Magdeburg (Alemania)



- 1 panel de manómetros
- 2 filtro de arena
- 3 intercambiador iónico
- 4 depósito de alimentación de regenerador
- 5 depósitos para agua bruta y depurada
- 6 bomba de lavado en sentido inverso

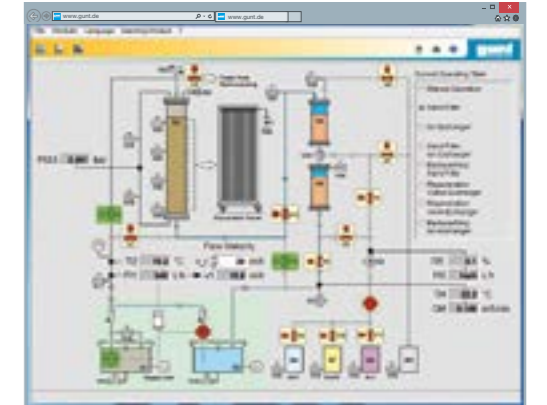
Al producto:



Puede visualizar el aumento de la carga del lecho filtrante no solo por el aumento de la pérdida de carga, sino también a través de un tubo de filtro transparente.



De serie en GUNT: uso de tecnología de medición profesional



Software

El equipo está equipado con una tecnología de medición muy completa. Este se maneja mediante un software moderno e intuitivo. El software indica continuamente todas las variables del proceso medidas. Con el software también puede guardar los valores de medición para su posterior evaluación.

Contenidos didácticos

- observar y determinar pérdidas de presión en un filtro de arena
- elaborar diagramas de Micheau
- lavado en sentido inverso de filtros de arena
- funcionamiento de los intercambiadores catiónicos y aniónicos
- regeneración de intercambiadores iónico

Todo el programa GUNT



Mecánica y diseño mecánico

- estática
- resistencia de materiales
- dinámica
- dinámica de máquinas
- diseño mecánico
- ensayo de materiales



Mecatrónica

- dibujo técnico
- modelos seccionados
- metrología
- elementos de máquinas
- tecnología de fabricación
- procesos de montaje
- mantenimiento
- diagnóstico de máquinas
- automatización e ingeniería de control de procesos



Ingeniería térmica

- fundamentos de termodinámica
- cambiadores de calor
- máquinas fluidomecánicas térmicas
- motores de combustión interna
- refrigeración
- ingeniería de suministro (HVAC)



Mecánica de fluidos

- flujos estacionarios
- flujos no estacionarios
- flujo alrededor de cuerpos
- elementos de sistemas de tuberías y de ingeniería de plantas
- turbomáquinas
- máquinas de desplazamiento positivo
- ingeniería hidráulica



Ingeniería de procesos

- ingeniería de las operaciones básicas mecánicas
- ingeniería de procesos térmicos
- ingeniería de procesos químicos
- ingeniería de procesos biológicos
- tratamiento de aguas



2E Energy & Environment

Energy

- energía solar
- energía hidráulica y energía marina
- energía eólica
- biomasa
- energía geotermia
- sistemas de energía
- eficiencia energética en edificaciones

Environment

- agua
- aire
- suelo
- residuos

Contacto

G.U.N.T. Gerätebau GmbH
Hanskampring 15-17
22885 Barsbuettel
Alemania

+49 40670854-0
sales@gunt.de
www.gunt.de



Visite nuestra
página web
www.gunt.de