

Equipos  
para la educación  
en ingeniería



# Ingeniería ambiental

Tecnología sostenible para la protección del medio ambiente



# Tabla de contenidos

## Bienvenidos a GUNT

El presente catálogo contiene una descripción exhaustiva de nuestros innovadores equipos de demostración y de ensayo.

Equipos GUNT para:

- formación en profesiones técnicas
- cursos de formación y perfeccionamiento para personal técnico en la artesanía y la industria
- estudio de las disciplinas de un ingeniero

## Ingeniería ambiental

	Introducción	004
1	Agua	008
2	Aire	056
3	Suelo	068
4	Residuos	090
	Índice	108
	Vista general de productos	110

### Pie de imprenta

© 2024 G.U.N.T. Gerätebau GmbH. La reutilización, el almacenamiento, la reproducción y la reimpresión del contenido – ya sea total o parcial – sólo están permitidos con la autorización escrita. GUNT es una marca registrada. Los productos GUNT están protegidos por derechos de autor.

No se proporciona ninguna garantía por fallos de impresión. Reservado el derecho a efectuar modificaciones.

Fotografías:  
 G.U.N.T. Gerätebau GmbH, fotografías del fabricante, Shutterstock. 123RF.  
 Diseño y composición: Profisatz.Graphics, Bianca Buhmann, Hamburgo.  
 Impresión: impreso en papel reciclable blanqueado sin cloro.

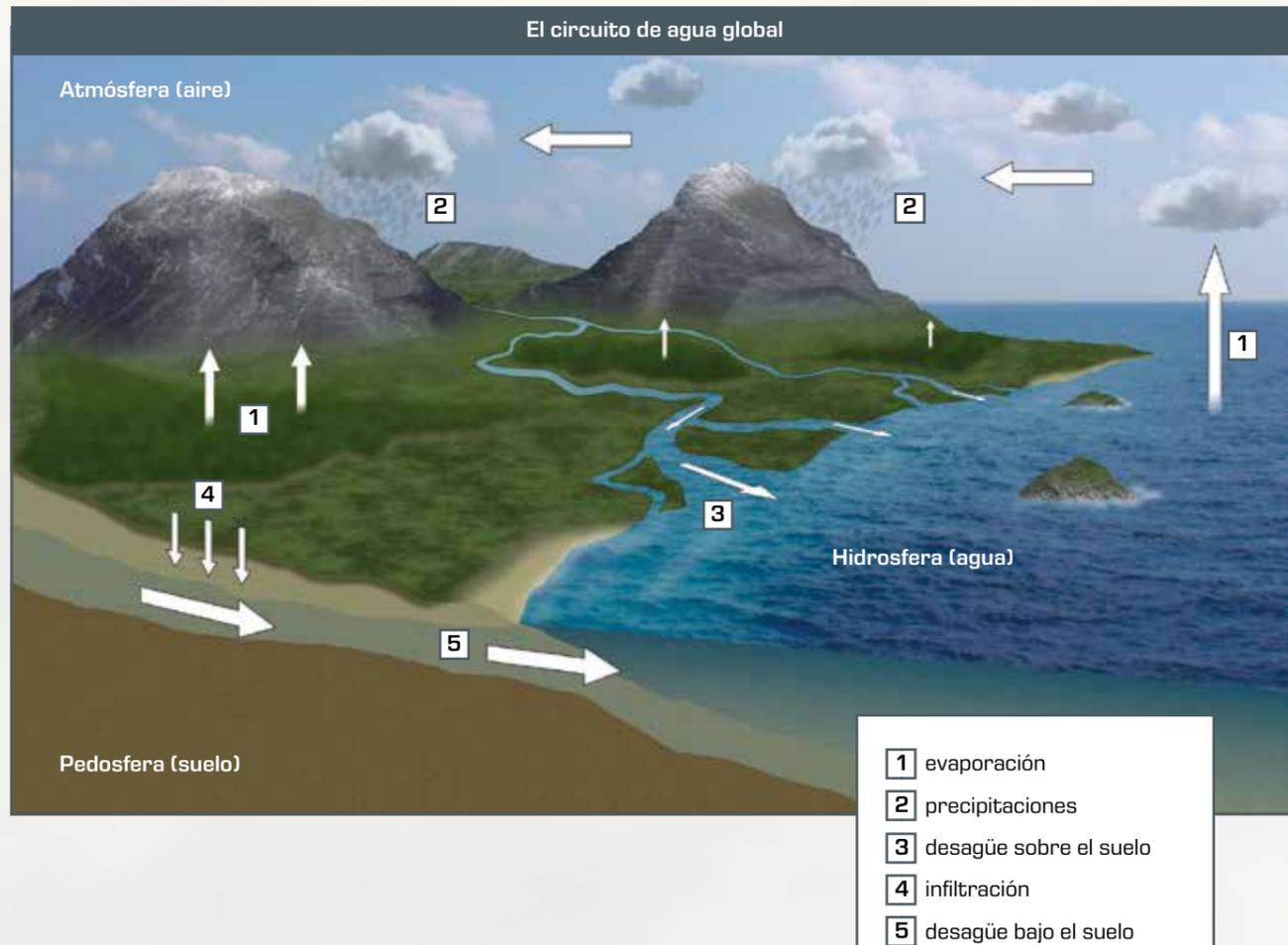
Conocimientos básicos  
**Ingeniería ambiental**

**El circuito de agua global:  
Vínculo entre los compartimentos medioambientales**

Aproximadamente tres cuartos de la superficie terrestre están cubiertos por agua. El agua en la tierra se encuentra en un circuito constante y pasa por todos los estados físicos. Las fuerzas motrices de este circuito son el sol y la fuerza de la gravedad. El circuito de agua conecta los tres compartimentos medioambientales: atmósfera (aire), hidrosfera (agua) y pedosfera (suelo).

El agua en la superficie terrestre y los océanos se calienta a través de la radiación solar. De este modo, el agua se evapora y llega como vapor de agua a la atmósfera, donde finalmente se forman las nubes. El agua vuelve a la superficie terrestre en forma de precipitación. Aproximadamente la mitad de esta vuelve a evaporarse. La mayor parte del resto de la precipitación vuelve a fluir sobre el suelo en forma de ríos hasta los océanos. La precipitación restante se infiltra en el suelo y da lugar a la formación de agua subterránea. La mayor parte del agua subterránea vuelve a llegar por debajo del suelo hasta los océanos. El porcentaje restante sale del suelo a través de fuentes en la superficie y provoca la formación de ríos, que vuelven a fluir por encima del suelo hasta los océanos.

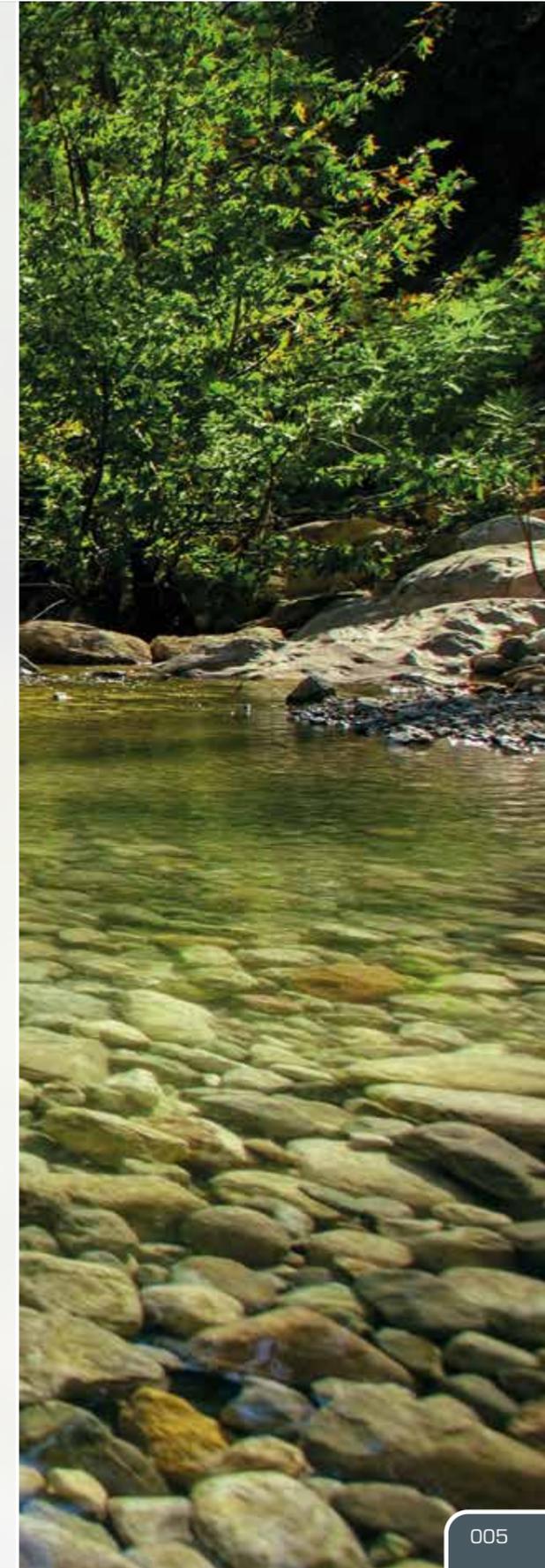
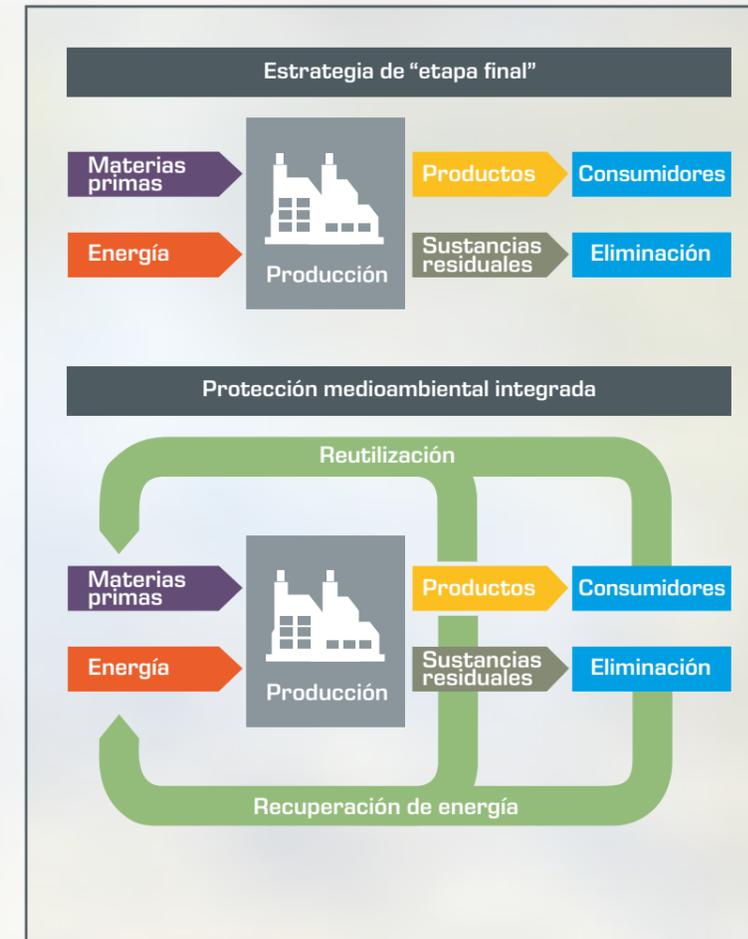
El hombre toma agua del circuito de agua para distintos fines y la devuelve al circuito después de su uso, aunque esta se encuentra cargada de muchas sustancias contaminantes. El equilibrio natural del circuito de agua se ha destruido considerablemente debido a la intervención humana. En muchos lugares, p. ej., el agua infiltrada en el suelo ya no se depura, sino que se contamina. Es decir, el suelo ya no puede cumplir plenamente su función natural depuradora. Otros ejemplos de influencia negativa del régimen hidrológico global son: la impermeabilización de superficies, la deforestación de bosques y la deposición de residuos contaminantes en vertederos.



**De la estrategia de “etapa final” a la protección medioambiental integrada**

Para hacer frente al creciente impacto medioambiental, se siguió durante mucho tiempo la denominada estrategia “de etapa final”. Las medidas de protección medioambiental seguían a los procesos de producción sin formar parte de ellos. Además, el agua, el aire y el suelo se consideraban mayoritariamente como medios separados. Sin embargo, se ha demostrado que estas consideraciones unidimensionales no están a la altura de la complejidad de una protección medioambiental sostenible. En los ámbitos del agua y el aire, principalmente, solo se producía, por tanto, un traslado del problema al ámbito de los residuos, como, p. ej., en la eliminación de lodo residual de la depuración de aguas residuales.

Los conceptos modernos de protección medioambiental buscan, por el contrario, un enfoque holístico que reúna todos los ámbitos del medio ambiente. Otro objetivo es tratar los problemas en un estadio anterior a que se produzcan. Por ello, las medidas de protección medioambiental ya están integradas en muchos procesos de producción. La reutilización de materiales reciclables y el uso de energía respetuoso con el medioambiente desempeñan un papel central.



Campos didácticos  
**Ingeniería ambiental**

**Agua, aire y suelo: componentes centrales de los planes didácticos**

Uno de los retos más grandes es mantener nuestro medio ambiente limpio. Los contaminantes que llegan al medio ambiente no siempre permanecen en el lugar de la contaminación. Es muy posible que estos contaminantes sean transportados por el mundo a través del circuito de agua y los vientos. El transporte y la conversión de contaminantes se pueden producir en la atmósfera (aire), la hidrosfera (agua) y la pedosfera (suelo). La comprensión de los procesos complejos de estos tres compartimentos medioambientales es la base para el desarrollo de tecnologías modernas de protección medioambiental.

Los conocimientos profundos sobre las relaciones fundamentales entre los tres compartimentos medioambientales: agua, aire y suelo, sientan las bases de las profesiones relacionadas con el medio ambiente. Como una protección sostenible del medio ambiente requiere un manejo profesional y cuidadoso de los residuos, los problemas del ámbito de la gestión de residuos son un componente imprescindible de los planes didácticos de la ingeniería medioambiental.

**Pensamiento interdisciplinario para una protección holística del medio ambiente**

Nuestro programa de equipos sigue en su estructura a los planes didácticos generales de la ingeniería medioambiental. Los equipos han sido desarrollados por ingenieros expertos que disponen de conocimientos especiales consolidados gracias a su formación, en especial, en el área de la ingeniería medioambiental.

La ingeniería medioambiental es una disciplina relativamente nueva. Muchos de los procesos utilizados en este ámbito para la protección del medio ambiente tienen su origen en otras disciplinas de la ingeniería. Los procesos utilizados en el tratamiento de aguas y la conservación de la calidad del aire se basan en la ingeniería de procesos clásica. En paralelo, los flujos subterráneos en el suelo son también un componente básico de la ingeniería y obras hidráulicas.

De este modo queda claro que los futuros ingenieros del ámbito de la ingeniería medioambiental tengan que pensar y trabajar hoy en día holísticamente para estar a la altura de los complejos desafíos.

Los equipos presentados en este catálogo son una selección de sistemas didácticos que constituyen un complemento óptimo para los fundamentos teóricos en el ámbito de la ingeniería medioambiental. La mayoría de estos equipos tienen su origen en los campos clásicos de las ciencias de ingeniería. En nuestra gama de productos "Hidráulica para ingenieros civiles" o en el "Ingeniería de procesos" encontrará más equipos sobre temas relacionados.



Hidráulica para ingenieros civiles



» Hidráulica para ingenieros civiles



Ingeniería de procesos



» Ingeniería de procesos



<b>Introducción</b>	
<b>Campos didácticos</b> Agua	010
<b>Conocimientos básicos</b> Estación depuradora de aguas residuales	012

<b>Tratamiento mecánico de aguas</b>	
<b>Conocimientos básicos</b> Tratamiento mecánico de aguas	014
<b>HM 142</b> Separación en tanques de sedimentación	016
<b>CE 587</b> Flotación por aire disuelto	018
<b>CE 588</b> Demostración de la flotación por aire disuelto	020
<b>CE 579</b> Filtración de lecho profundo	022

<b>Tratamiento biológico de aguas</b>	
<b>Conocimientos básicos</b> Tratamiento biológico de aguas	024
<b>CE 705</b> Proceso de lodos activados	026
<b>CE 704</b> Proceso SBR	030
<b>CE 701</b> Proceso de biopelícula	032
<b>CE 730</b> Reactor airlift	034
<b>CE 702</b> Tratamiento anaerobio de aguas	036

<b>Tratamiento físico/químico de aguas</b>	
<b>Conocimientos básicos</b> Tratamiento físico/químico de aguas	038
<b>CE 583</b> Adsorción	042
<b>CE 530</b> Ósmosis inversa	044
<b>CE 300</b> Intercambio iónico	045
<b>CE 586</b> Precipitación y floculación	046
<b>CE 584</b> Oxidación avanzada	048

<b>Tratamiento multietapa de aguas</b>	
<b>Conocimientos básicos</b> Tratamiento multietapa de aguas	050
<b>CE 581</b> Tratamiento de aguas: planta 1	052
<b>CE 582</b> Tratamiento de aguas: planta 2	054

Campos didácticos  
Agua

## Campos didácticos

## Productos

## 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

**HM 142**  
Separación en tanques de sedimentación  
**CE 587**  
Flotación por aire disuelto  
**CE 588**  
Demostración de la flotación por aire disuelto  
**CE 579**  
Filtración de lecho profundo

## Procesos biológicos

**CE 705**  
Proceso de lodos activados  
**CE 704**  
Proceso SBR  
**CE 701**  
Proceso de biopelícula  
**CE 730**  
Reactor airlift  
**CE 702**  
Tratamiento anaerobio de aguas

## Procesos físicos/químicos

**CE 583**  
Adsorción  
**CE 530**  
Ósmosis inversa  
**CE 300**  
Intercambio iónico  
**CE 586**  
Precipitación y floculación  
**CE 584**  
Oxidación avanzada

## Tratamiento multietapa de aguas

## Procesos básicos combinados

**CE 581**  
Tratamiento de aguas: planta 1  
**CE 582**  
Tratamiento de aguas: planta 2

## 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 fermentado 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:

Fuerza de la gravedad

Fuerza ascensional

Tamaño de las partículas

Sedimentación

Flotación

Filtración

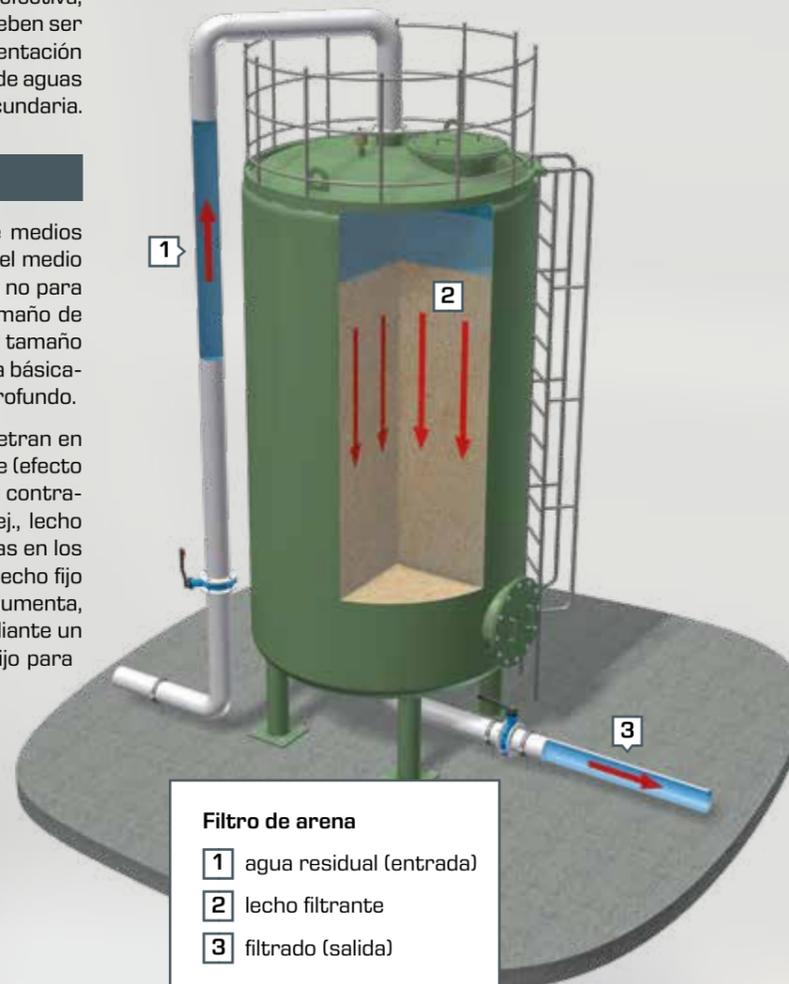
### Sedimentación

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

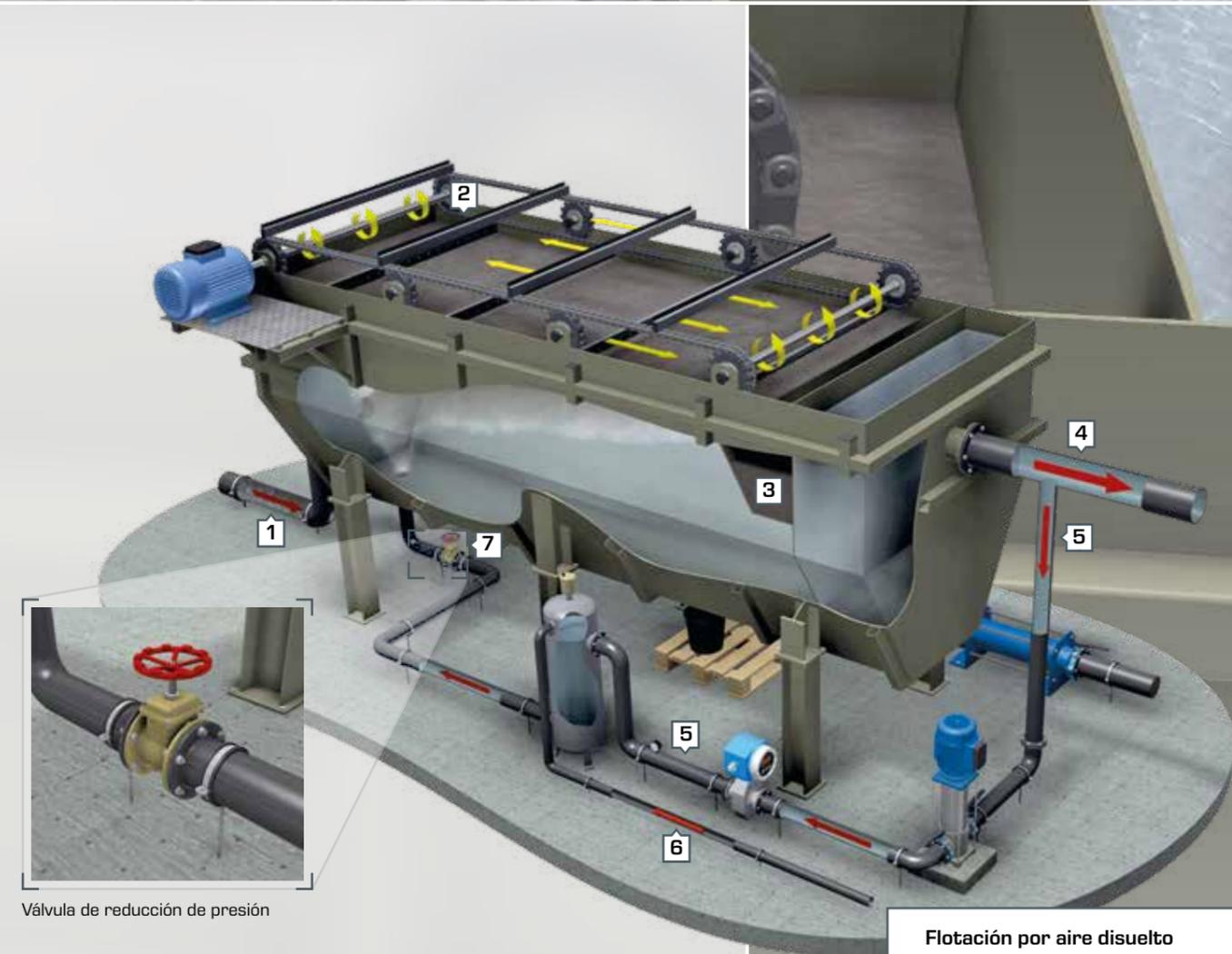
En la filtración se retienen materias sólidas mediante medios filtrantes porosos. Una filtración efectiva requiere que el medio filtrante sea poroso solo para el estado líquido (agua) y no para las materias sólidas. Para una buena depuración, el tamaño de las partículas de las materias sólidas en relación 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

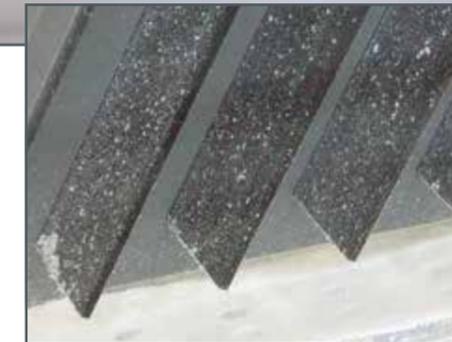
## HM 142 Separación en tanques de sedimentación

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

## 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 floculos 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

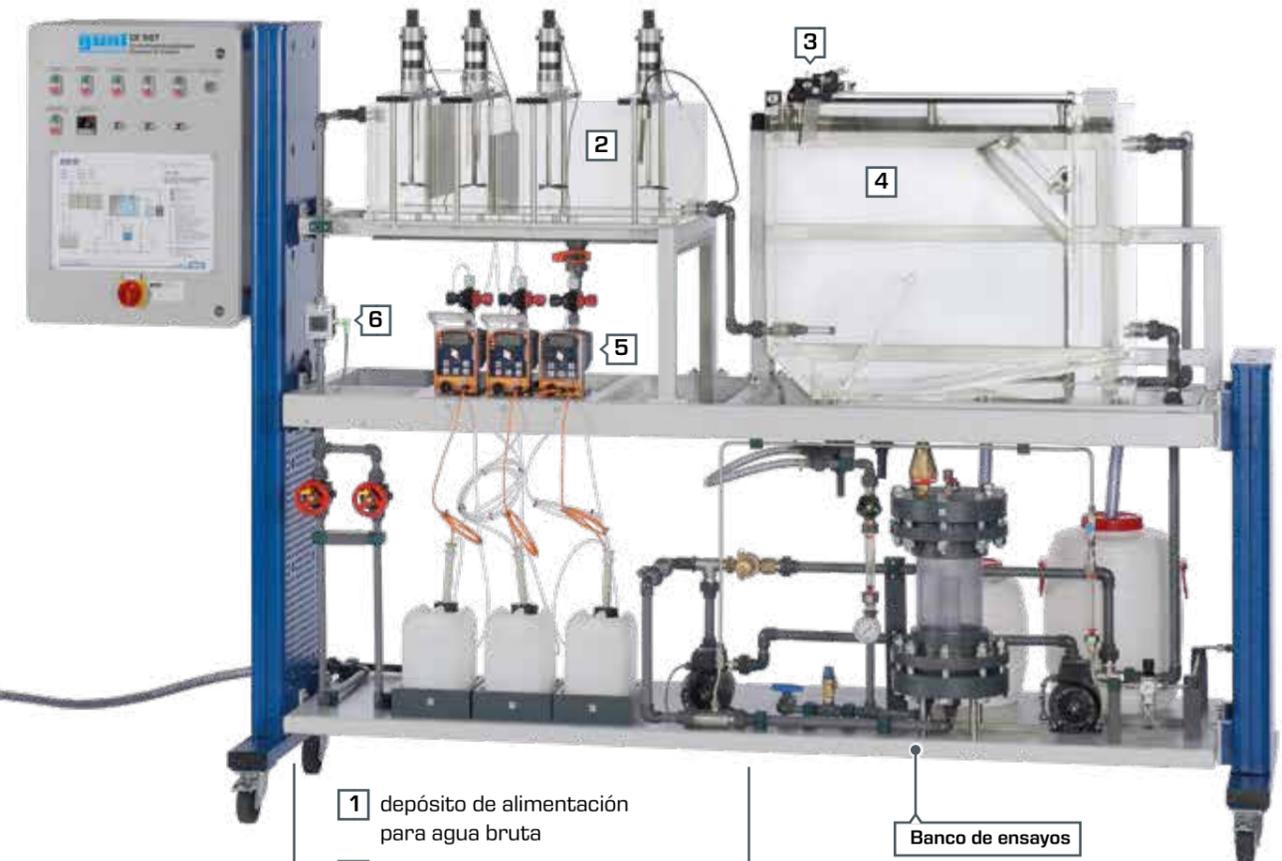
- funcionamiento de la flotación por air disuelto
- establecimiento de un estado de funcionamiento estable
- influencia de la concentración del coagulante y del floculante
- determinación de la carga superficial hidráulica (velocidad ascensional)



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.



Unidad de alimentación



- depósito de alimentación para agua bruta
- pretratamiento con floculación
- rascador eléctrico
- depósito de flotación
- bombas dosificadoras
- caudalímetro electromagnético

Banco de ensayos

Al producto:



## CE 588 Demostración de la flotación por aire disuelto

### Demostración gráfica de la flotación por aire disuelto

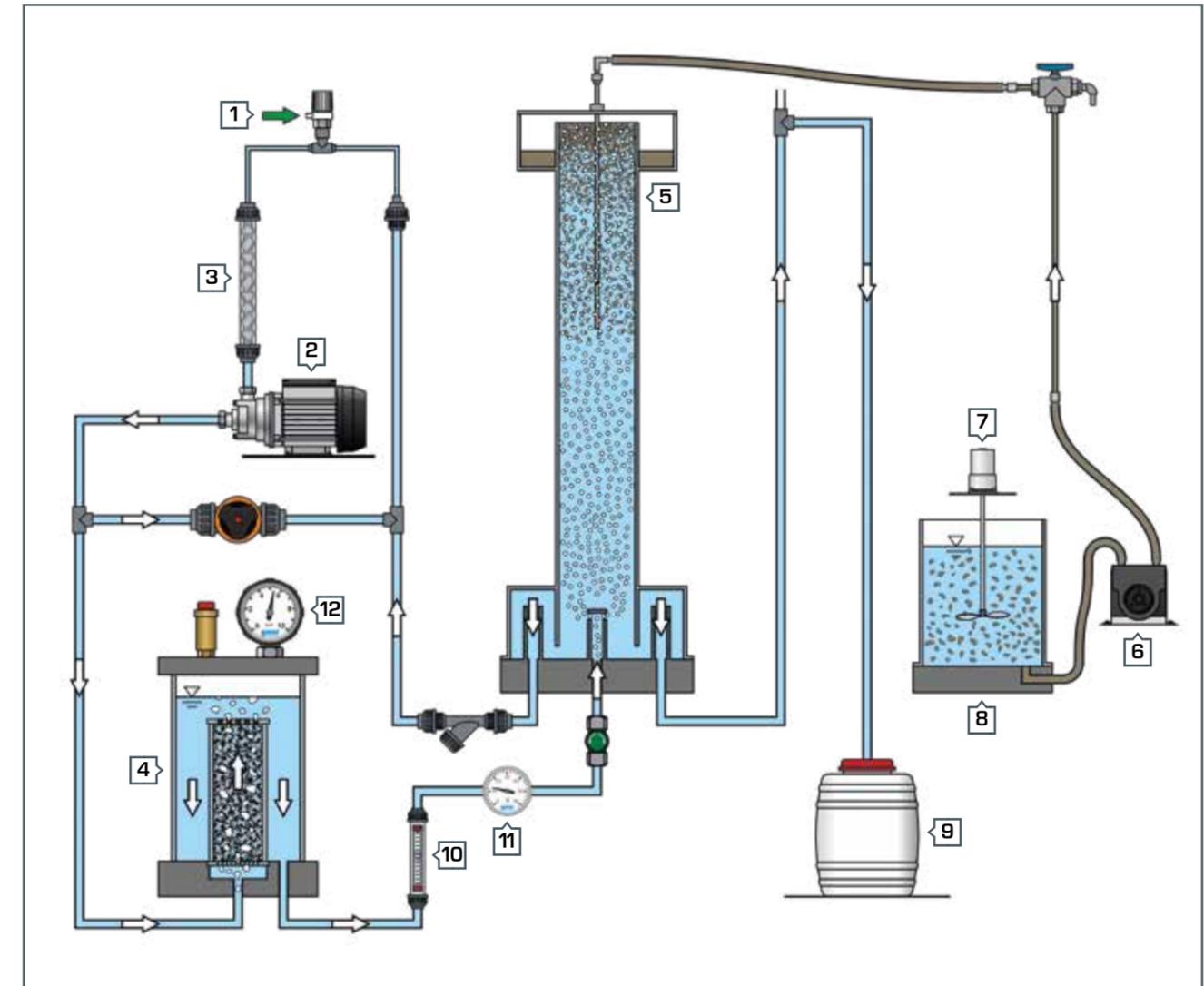
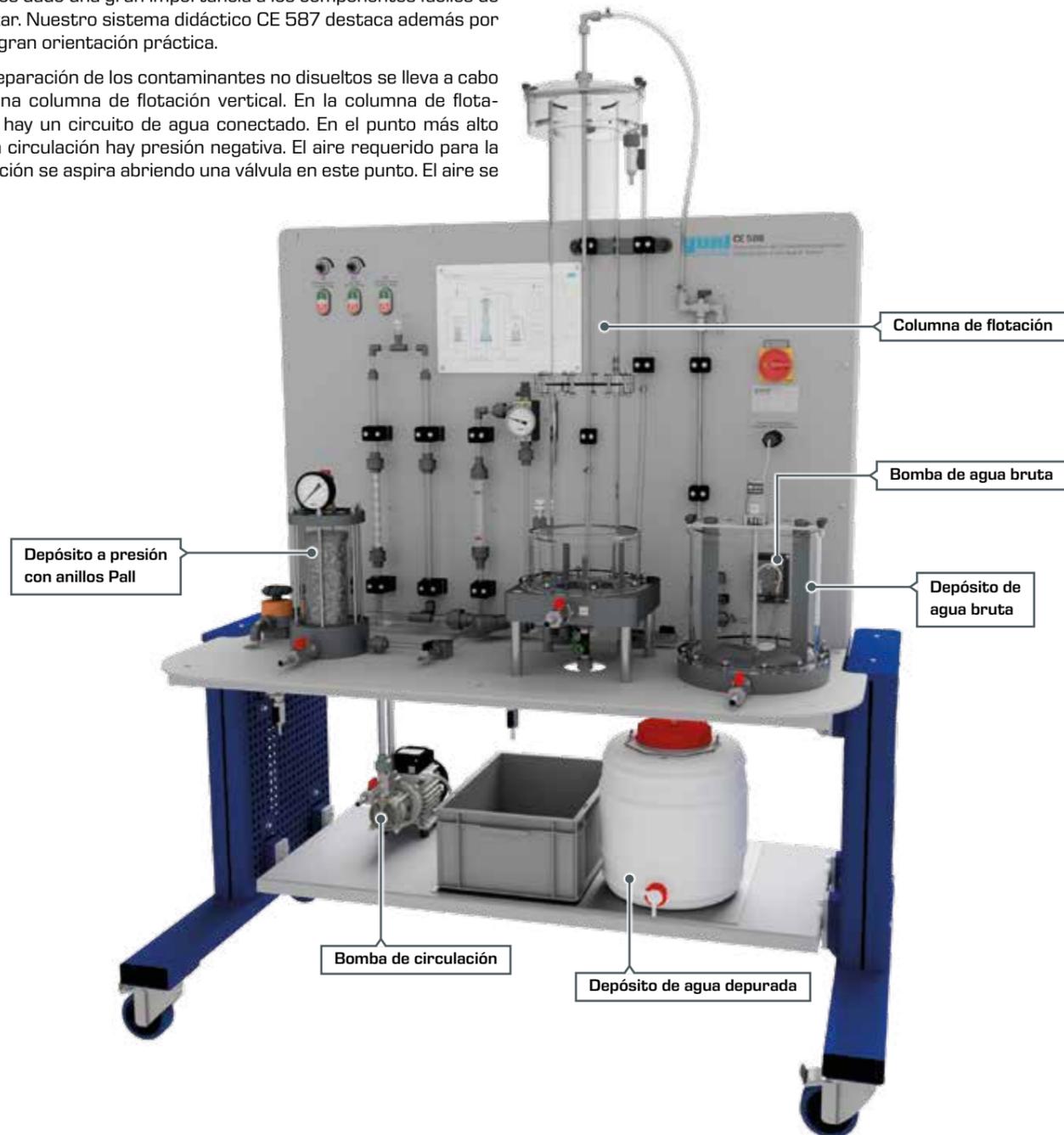
Durante la flotación, las materias sólidas a separar se transportan a la superficie del agua mediante pequeñas burbujas de gas. El procedimiento más utilizado es la denominada flotación por aire disuelto. El fundamento de este procedimiento es que la solubilidad del aire en el agua asciende cuando aumenta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

Al producto:



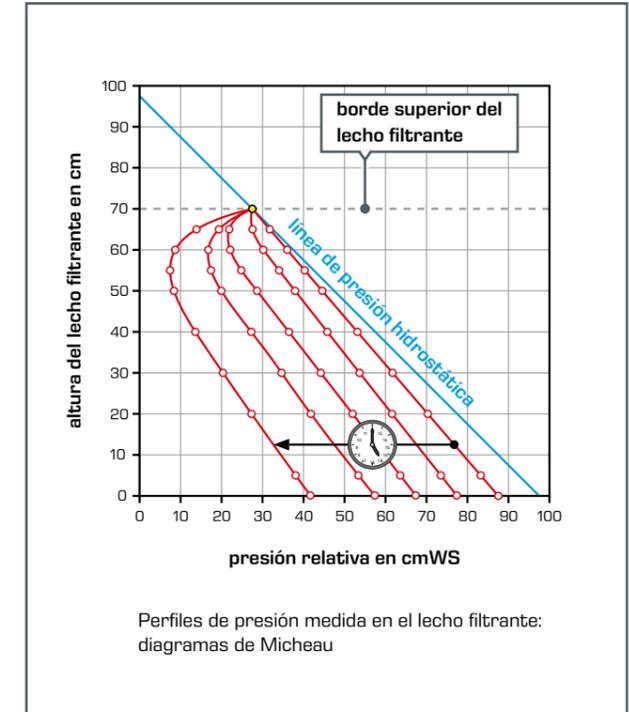
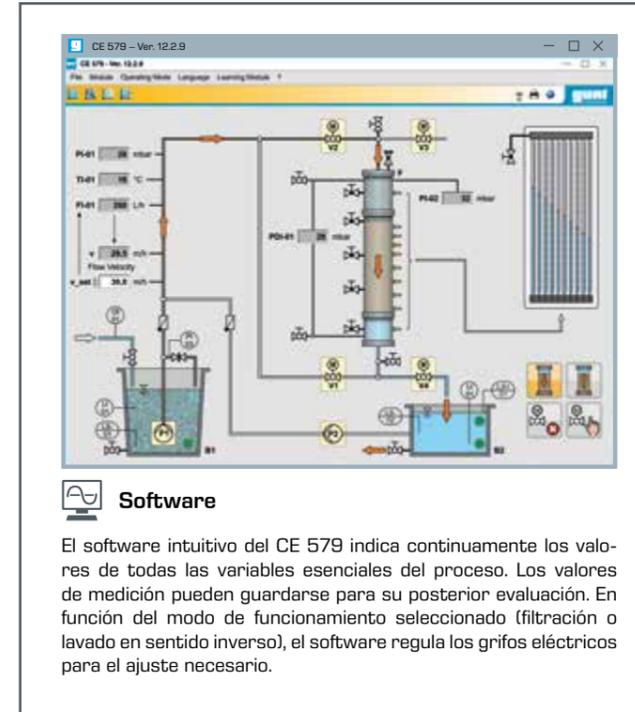
## CE 579 Filtración de lecho profundo

### 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.

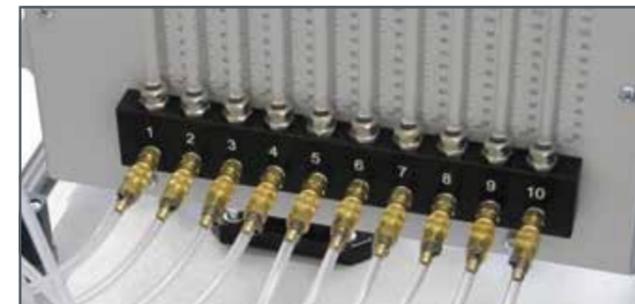
Estos puntos de medición pueden conectarse con un panel de manómetros, a través de los cuales puede visualizar las tasas de presión en el lecho filtrante y medirlas con gran precisión. Puede visualizar también el aumento de la carga del lecho filtrante a través de un tubo de filtro transparente. El filtro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



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.

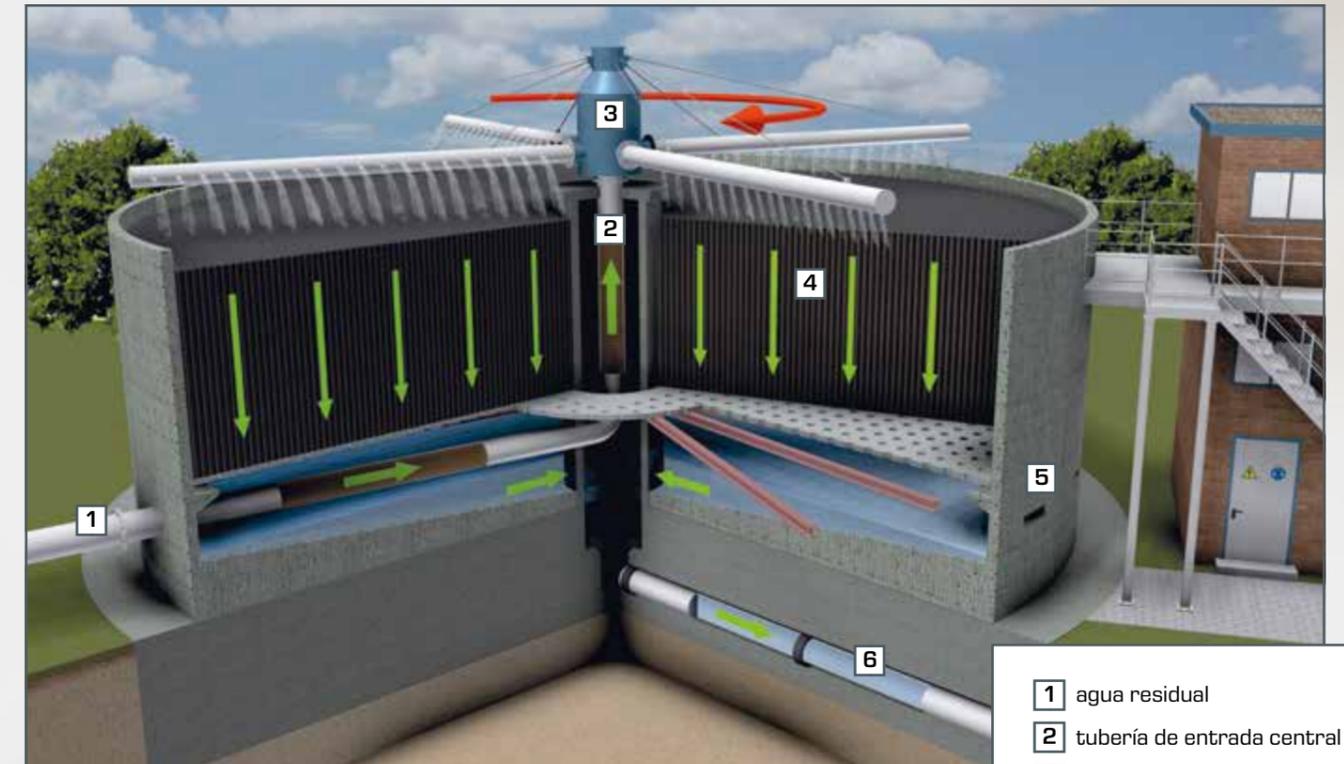
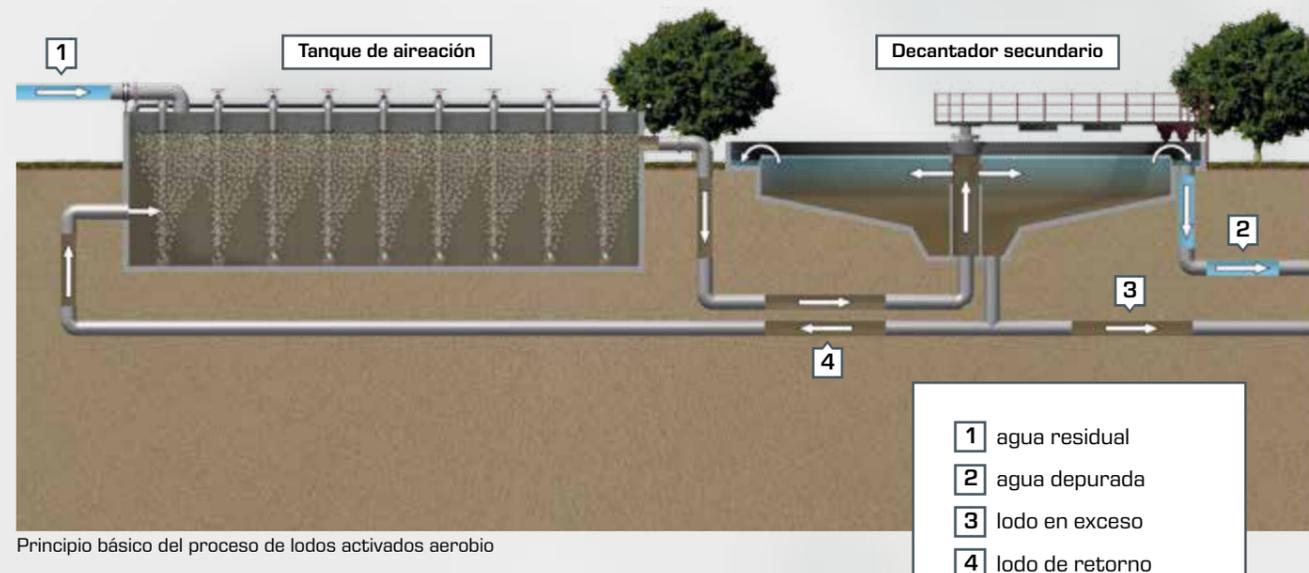
### Biomasa fija

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.



Diseño y funcionamiento de un filtro percolador

## 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.

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

## 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 congeneración. 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

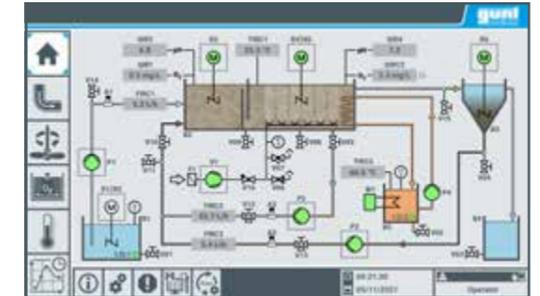
El proceso de lodos activados aerobio es el proceso biológico más utilizado a nivel internacional en estaciones depuradoras de aguas residuales. Poseer un conocimiento profundo sobre este proceso es, por tanto, imprescindible para futuros ingenieros y personal cualificado del área de la ingeniería medioambiental.

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 realizan 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



Unidad de alimentación

Depósito de alimentación grande para agua residual

Armario de distribución con PLC y pantalla táctil

Tanque de aireación

Decantador secundario

Banco de ensayos

Al producto:

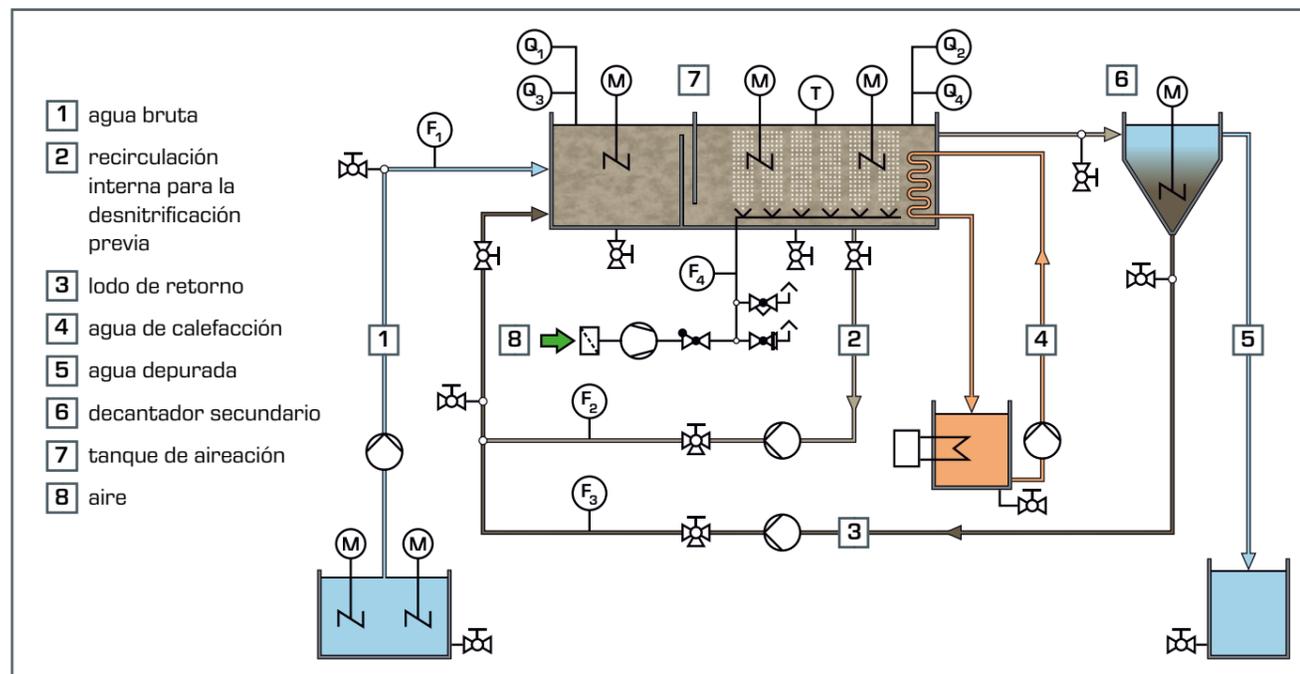


# CE 705 Proceso de lodos activados

## 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.



- 1 agua bruta
- 2 recirculación interna para la desnitrificación previa
- 3 lodo de retorno
- 4 agua de calefacción
- 5 agua depurada
- 6 decantador secundario
- 7 tanque de aireación
- 8 aire

Variables medidas			Auto
Caudal	F <sub>1</sub>	Agua bruta	<input checked="" type="checkbox"/>
	F <sub>2</sub>	Recirculación interna	<input checked="" type="checkbox"/>
	F <sub>3</sub>	Lodo de retorno	<input checked="" type="checkbox"/>
	F <sub>4</sub>	Aireación	<input type="checkbox"/>
Concentración de oxígeno	Q <sub>1</sub>	Zona de desnitrificación	<input type="checkbox"/>
	Q <sub>2</sub>	Zona de nitrificación	<input checked="" type="checkbox"/>
pH	Q <sub>3</sub>	Zona de desnitrificación	<input type="checkbox"/>
	Q <sub>4</sub>	Zona de nitrificación	<input type="checkbox"/>
Temperatura	T	Zona de nitrificación	<input checked="" type="checkbox"/>

Auto regulación

## 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.



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.

## 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

Al producto:



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).

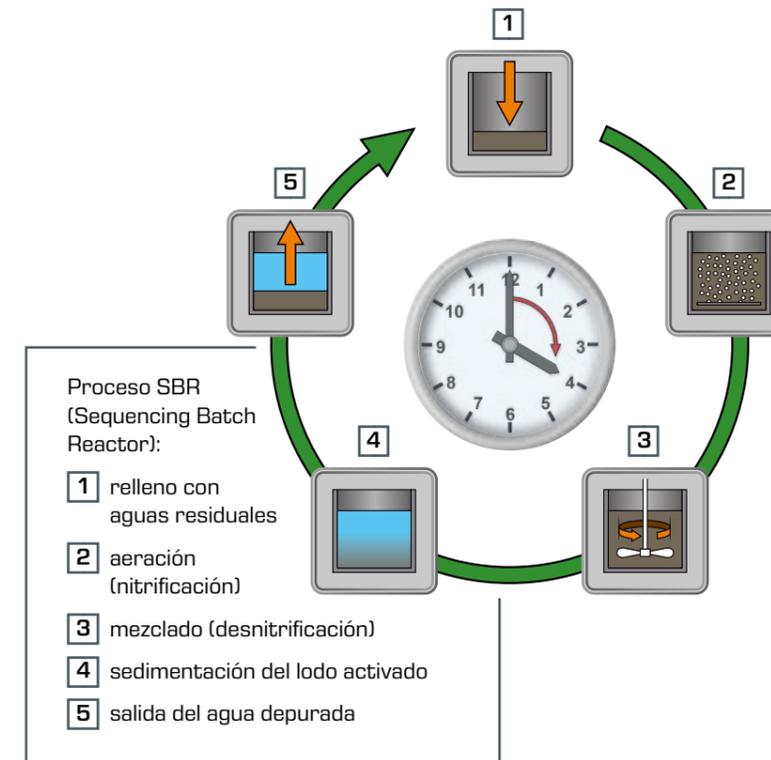
Al comienzo de un ciclo, el reactor se encuentra lleno de aguas residuales. Se suceden las fases de mezcla y de aireación. Por tanto, para cada paso del proceso se ajusta el medio necesario. Una vez transcurrido el tiempo definido, todos los grupos de agitación se desconectan, al igual que la aeración. 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.



Al producto:



- 1 dispositivo de aeración
- 2 dispositivo flotante para salida de agua clarificada
- 3 balón de aspiración para agua clarificada
- 4 absorbente de oxígeno
- 5 mecanismo de agitación



Regulador de proceso digital para indicación de las magnitudes del proceso y para regulación de la concentración de oxígeno

### 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

## CE 701 Proceso de biopelícula – filtro percolador a escala de laboratorio

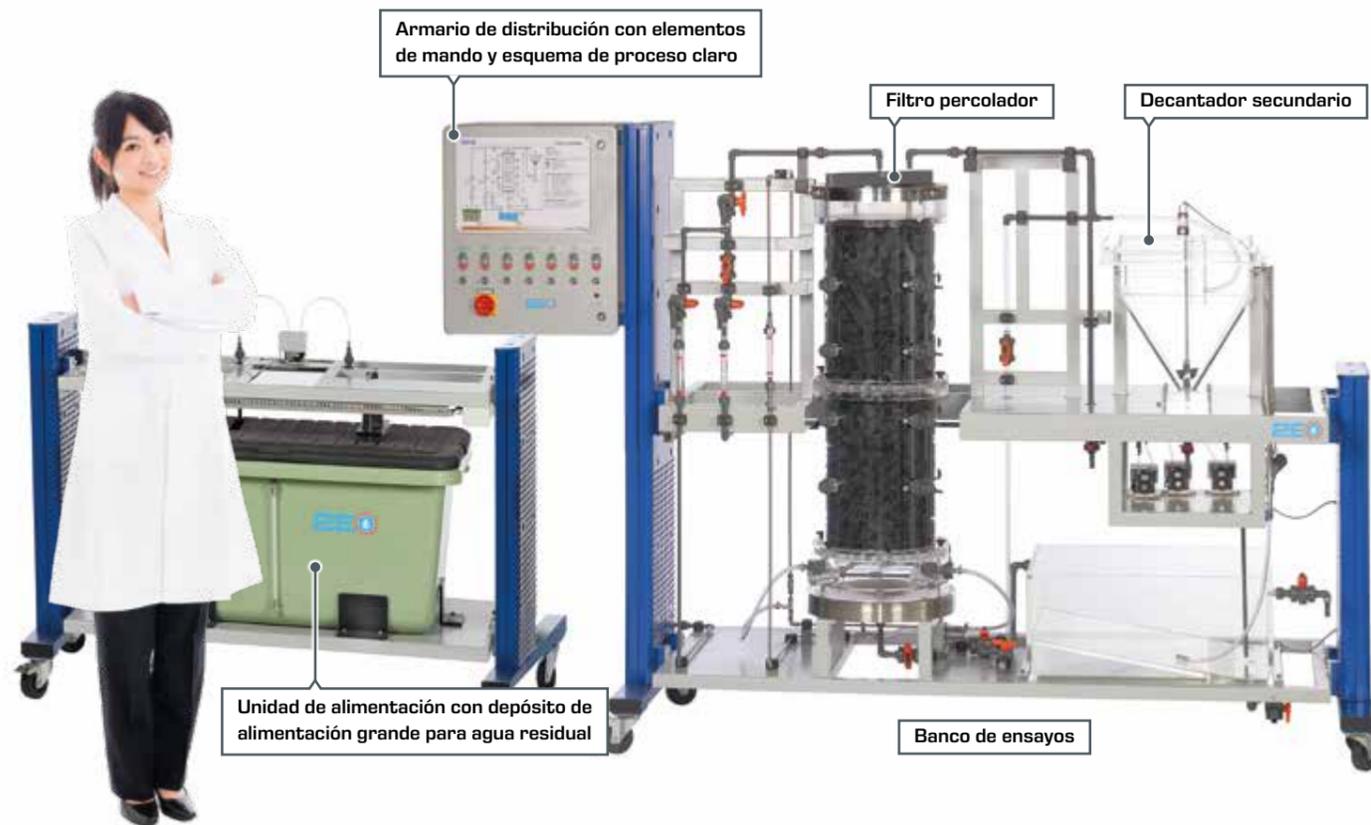
### Filtro percolador: un proceso de biopelícula aerobio

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



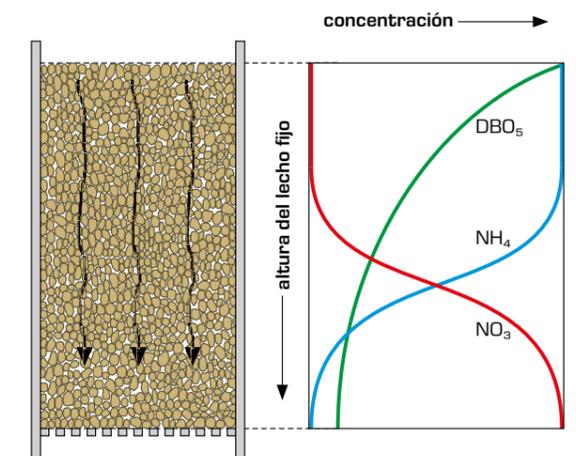
Punto de toma de muestras en el filtro percolador



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  $\text{DBO}_5$ , amonio y nitrato para filtros percoladores.



Perfiles de concentración típicos de  $\text{DBO}_5$ , amonio ( $\text{NH}_4$ ) y nitrato ( $\text{NO}_3$ ) en un filtro percolador

### Contenidos didácticos

- modo de funcionamiento de un filtro percolador
- registro de perfiles de concentración
- establecimiento de un estado de uncionamiento 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

Al producto:

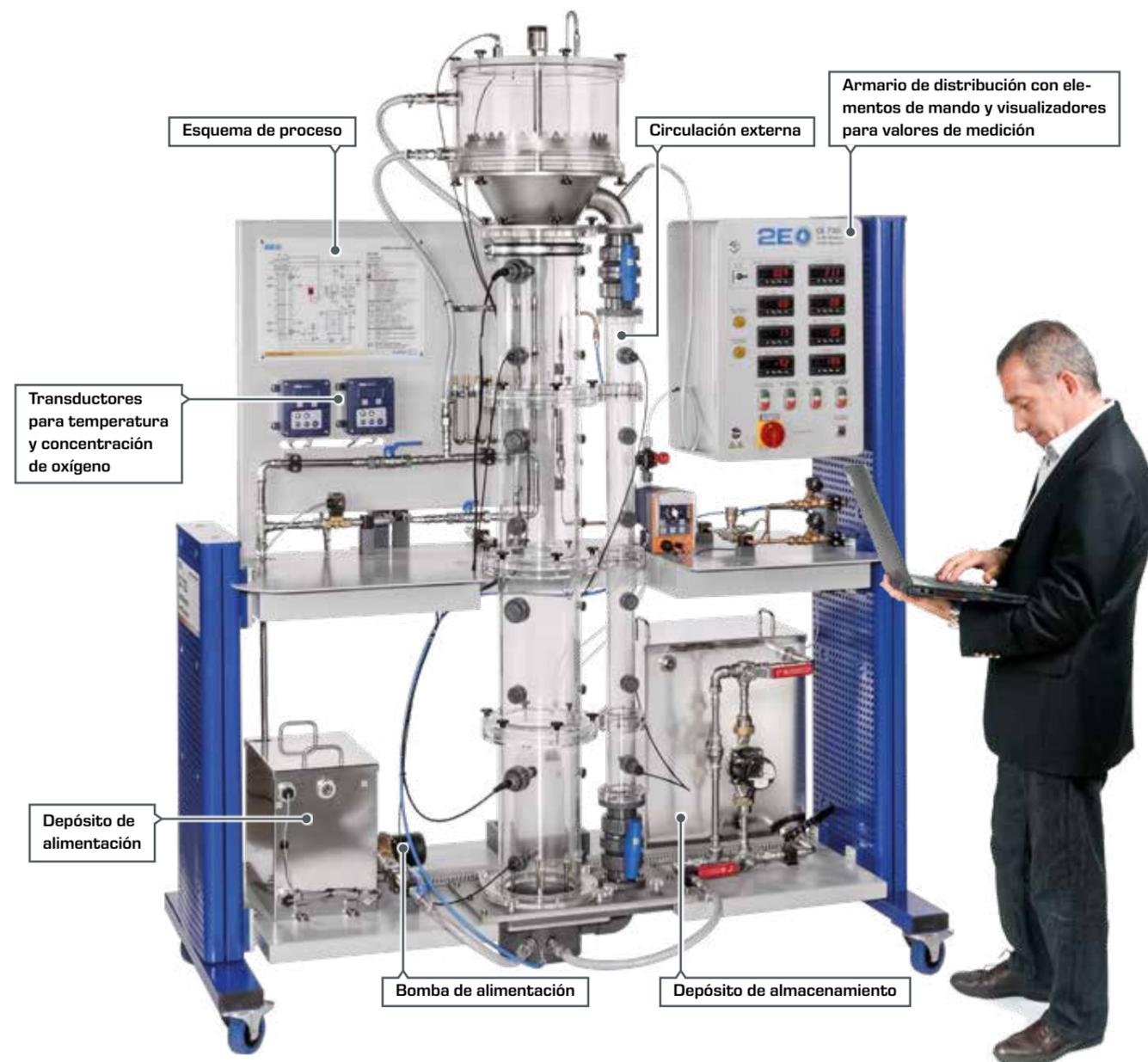


## CE 730 Reactor airlift

### 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.



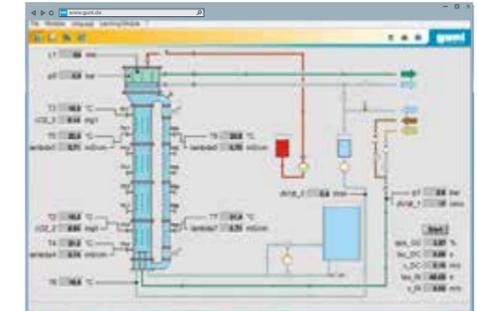
### Reactor airlift CE 730

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

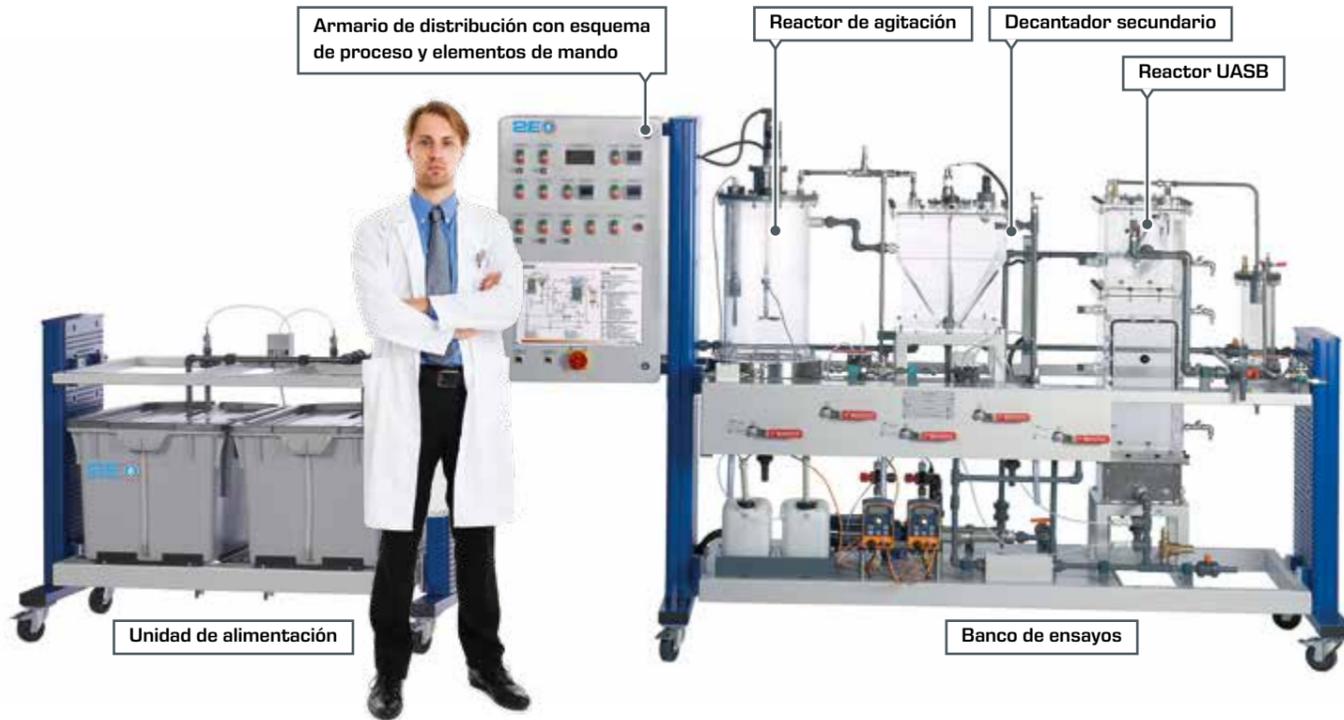
### Contenidos didácticos

- 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



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.

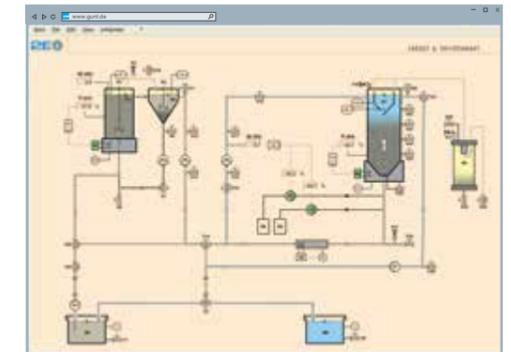
<b>Modo de funcionamiento 1 (1 etapa)</b>	
<b>Modo de funcionamiento 2 (1 etapa)</b>	
<b>Modo de funcionamiento 3 (2 etapas)</b>	



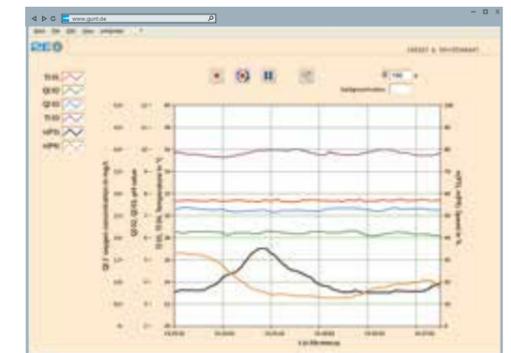
Reactor UASB del CE 702 durante el funcionamiento de prueba con éxito en nuestro laboratorio

## 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

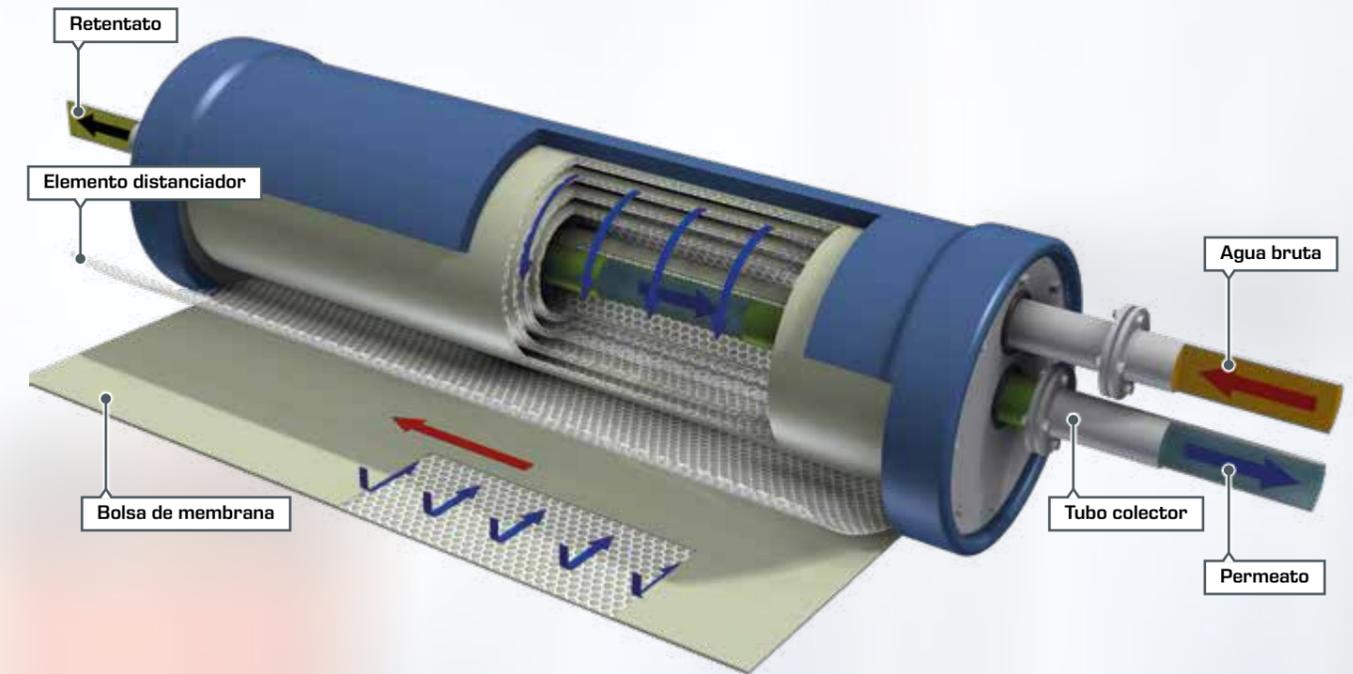


Adsorbedores con flujo de paso continuo en una planta de tratamiento de aguas

#### 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.

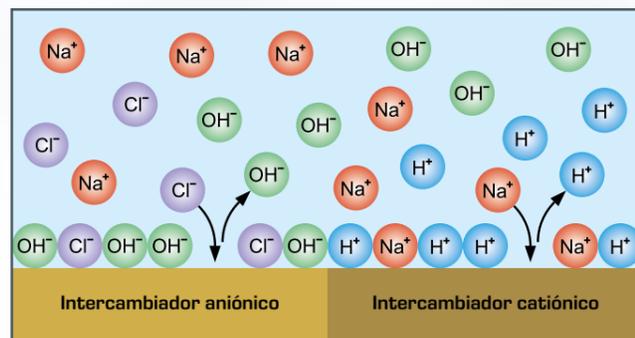
Conocimientos básicos

# Tratamiento físico/químico de aguas

## Intercambio iónico

El intercambio iónico es un proceso físicoquímico 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  $\text{Na}^+$ ), hablamos de intercambio catiónico. Por el contrario, en el intercambio aniónico se produce un intercambio de iones de carga negativa (p. ej., cloruro  $\text{Cl}^-$ ).

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

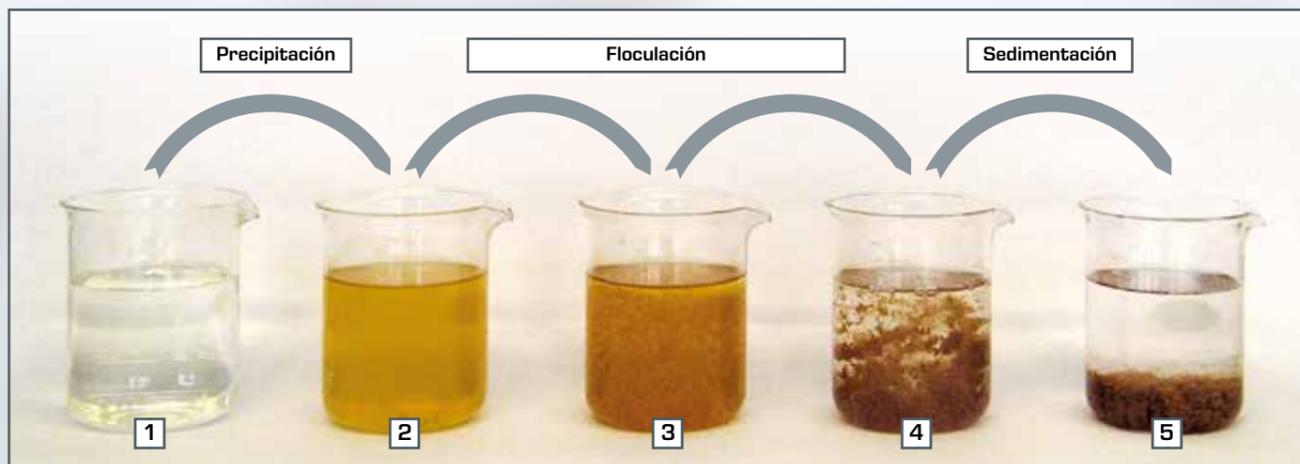
## Precipitación

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 ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) 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 ( $\text{H}_2\text{O}_2$ )**

● oxígeno  
● hidrógeno  
● electrón libre

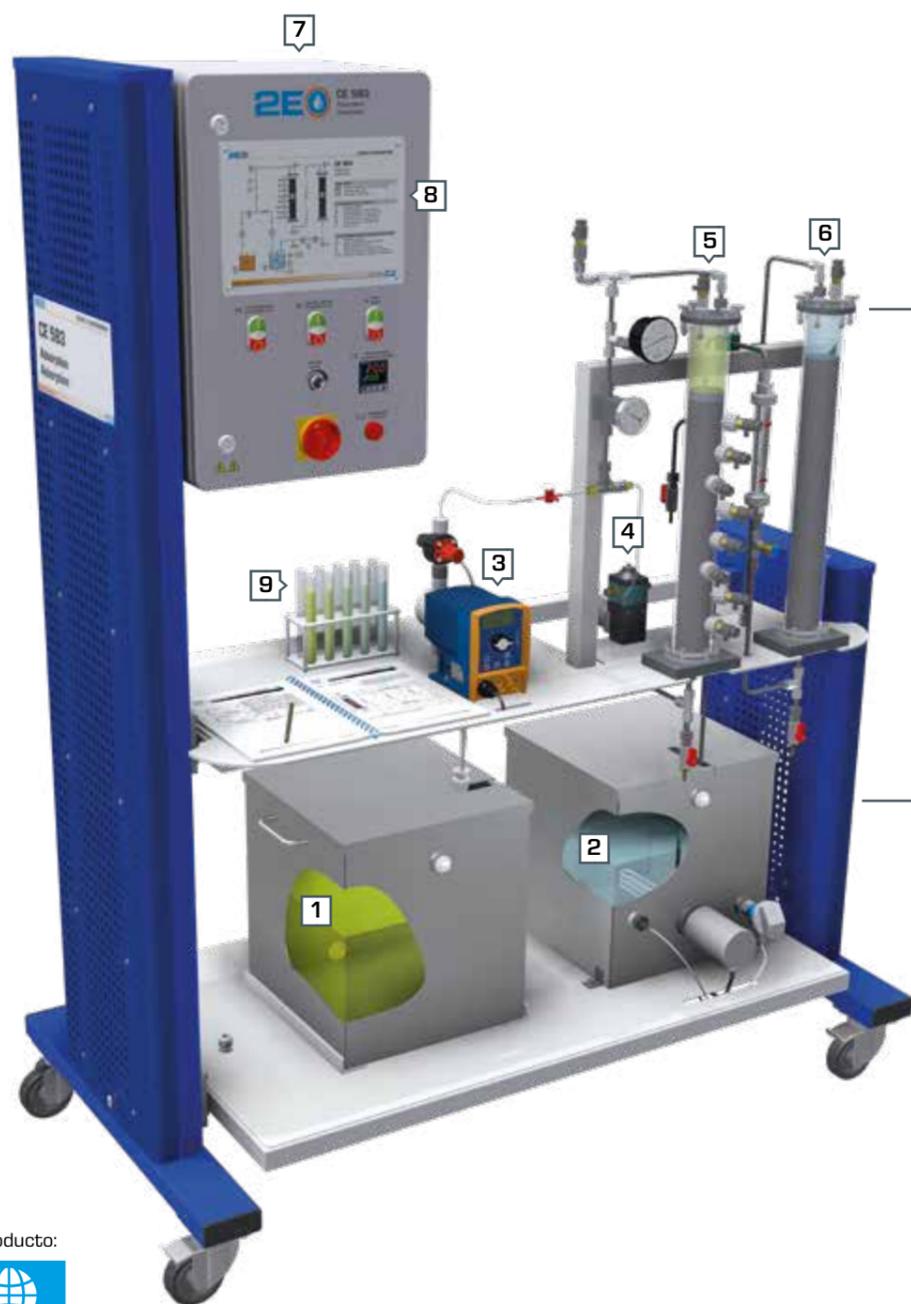
$\text{H}_2\text{O}_2 + \text{UV} \rightarrow 2 \cdot\text{OH}$

## 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

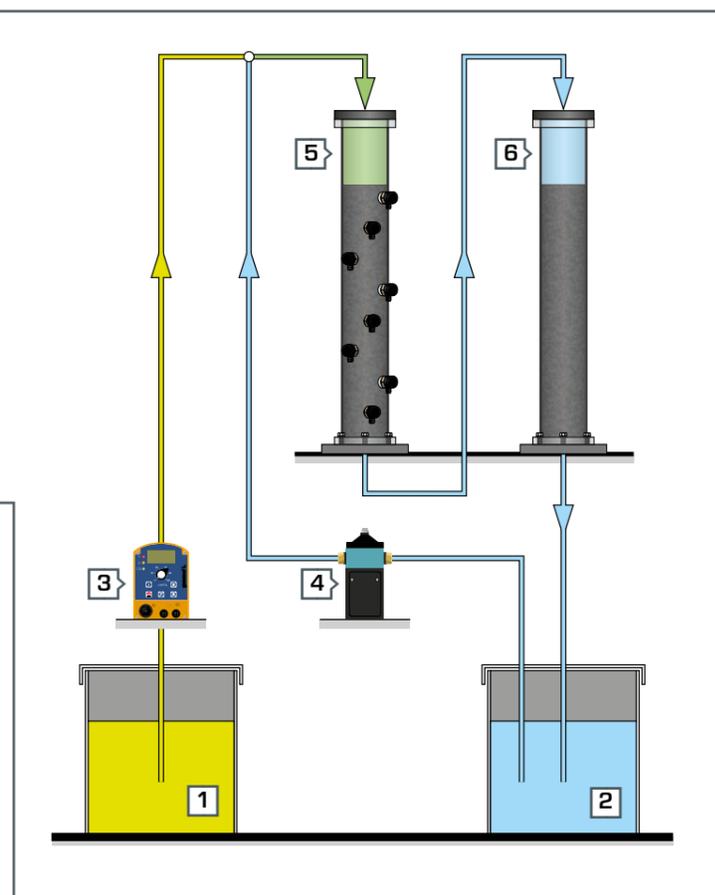
El adsorbato es la sustancia disuelta en el agua, que debe eliminarse mediante adsorción.

### 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

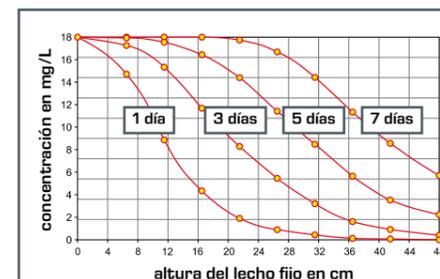
El equipo está equipado con una regulación de temperatura. De este modo puede estudiarse la influencia de la temperatura del agua en el proceso de adsorción.



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

### i 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

## CE 530 Ósmosis inversa

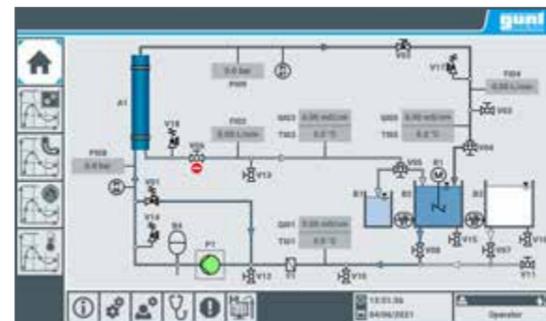
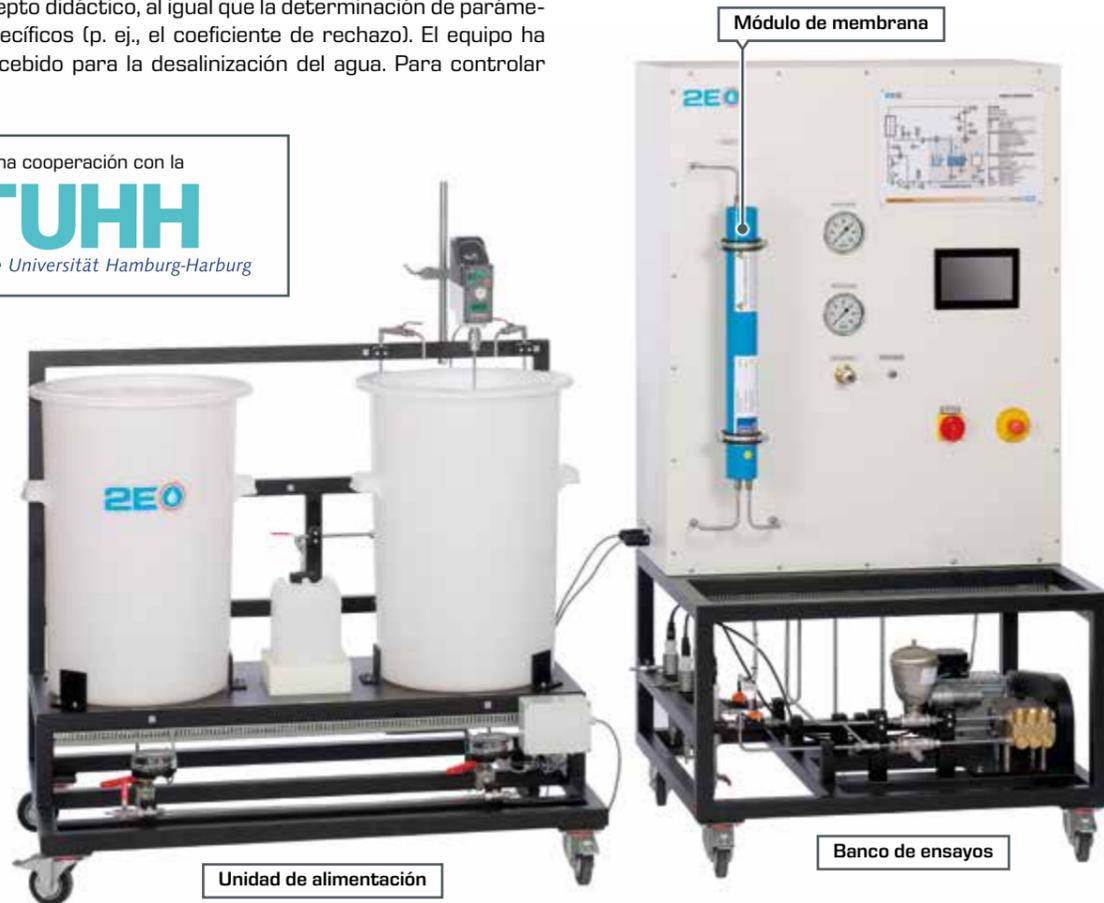
Este equipo ha sido desarrollado en estrecha colaboración con el Instituto de Ingeniería de Procesos Térmicos de la Universidad Técnica de Hamburg-Harburg, Alemania.

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



Pantalla táctil: esquema de proceso

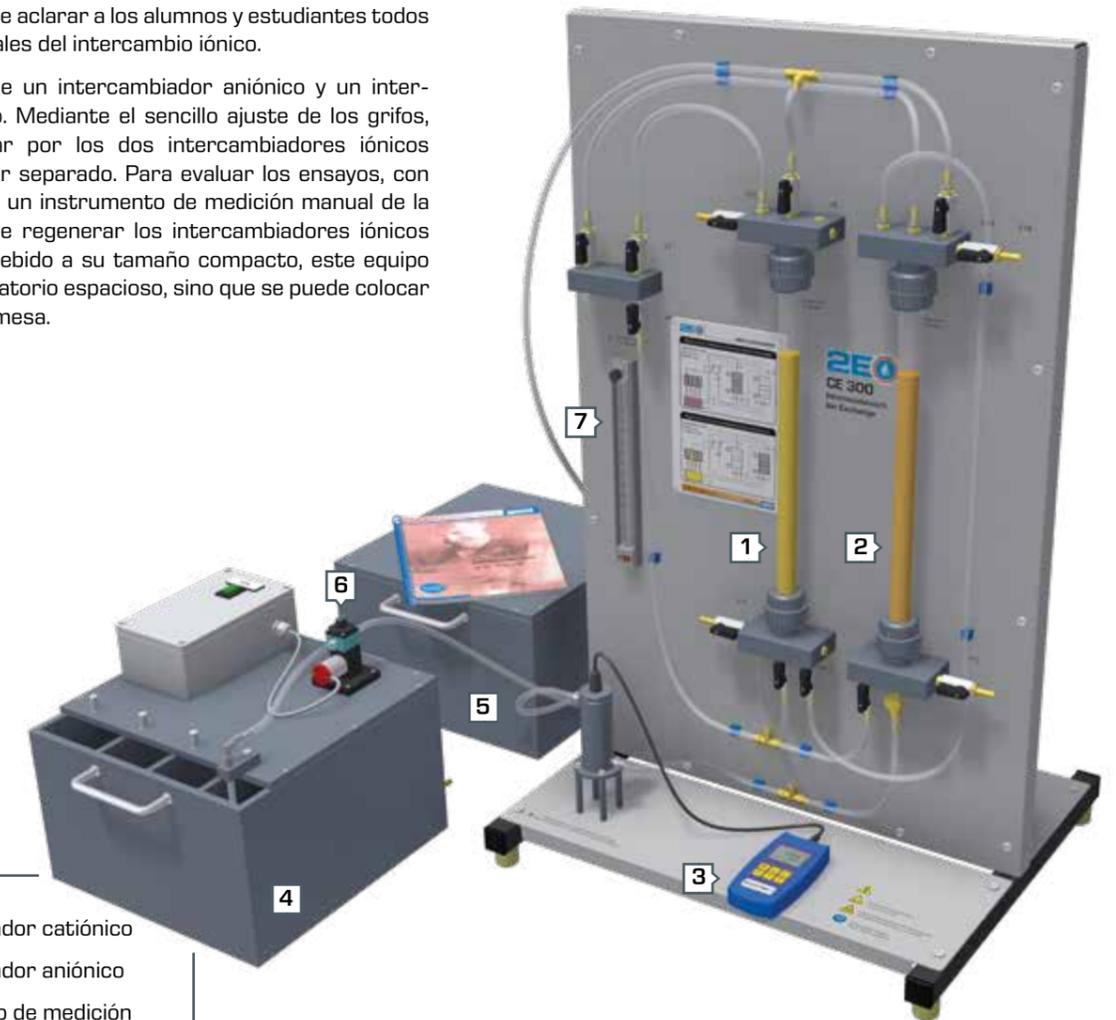
Al producto:



## CE 300 Intercambio iónico

Los intercambiadores iónicos se utilizan, sobre todo, para desalinizar y desdurecer 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

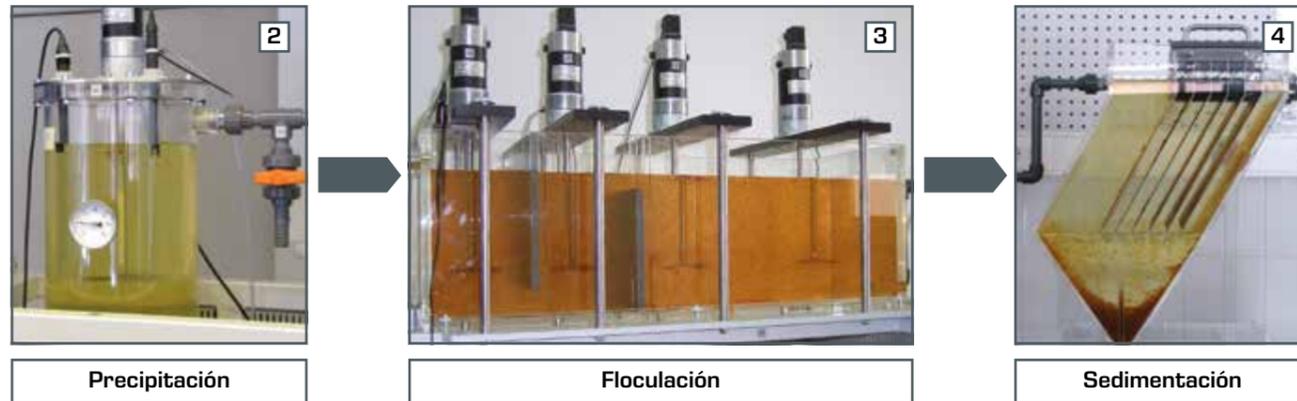
- modo de funcionamiento de un módulo de membrana en espiral
- montaje, limpieza y conservación de módulos de membrana
- principio básico de la ósmosis inversa
  - ▶ ley de Van't Hoff
- caudal de permeado y coeficiente de rechazo dependen de
  - ▶ presión
  - ▶ concentración de sal en el agua bruta
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

### Contenidos didácticos

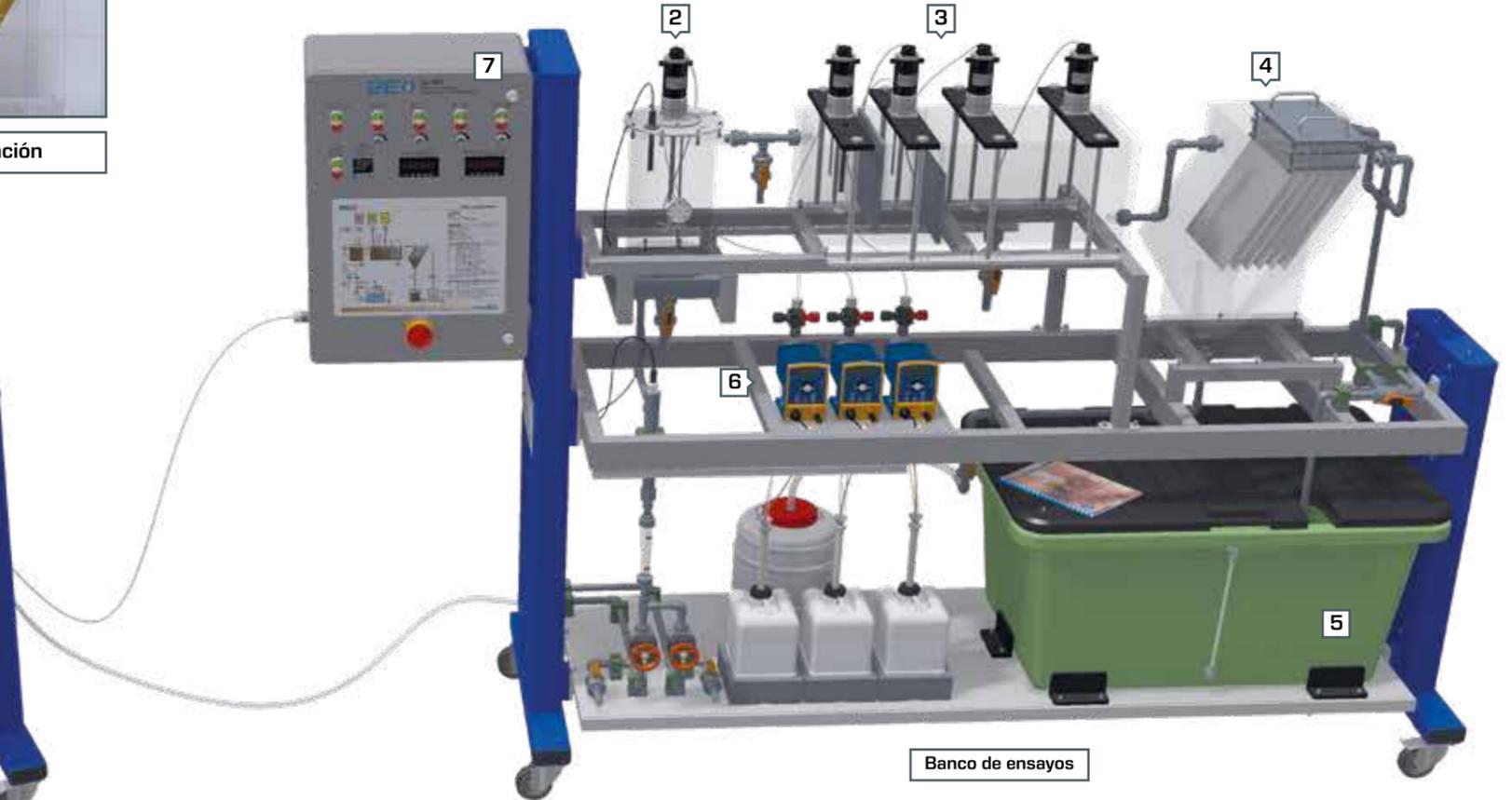
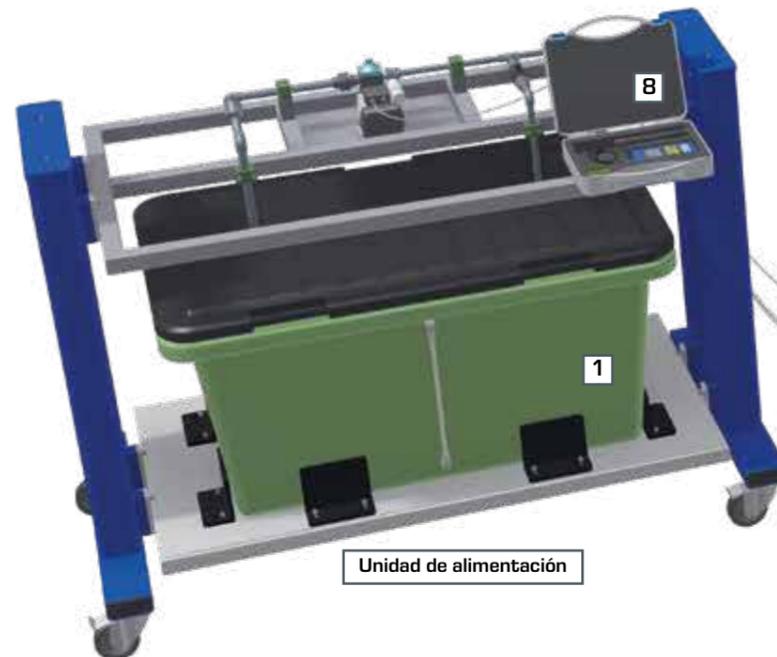
- modos de funcionamiento de intercambiadores catiónicos e intercambiadores aniónicos
- desalinización mediante la combinación de intercambiadores catiónicos e intercambiadores aniónicos
- determinación de las capacidades de intercambio y regeneración
- comprobación de la duración de regeneración calculada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



- 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



**i** Con este equipo recibirá también el completo material didáctico.

Al producto:



### 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

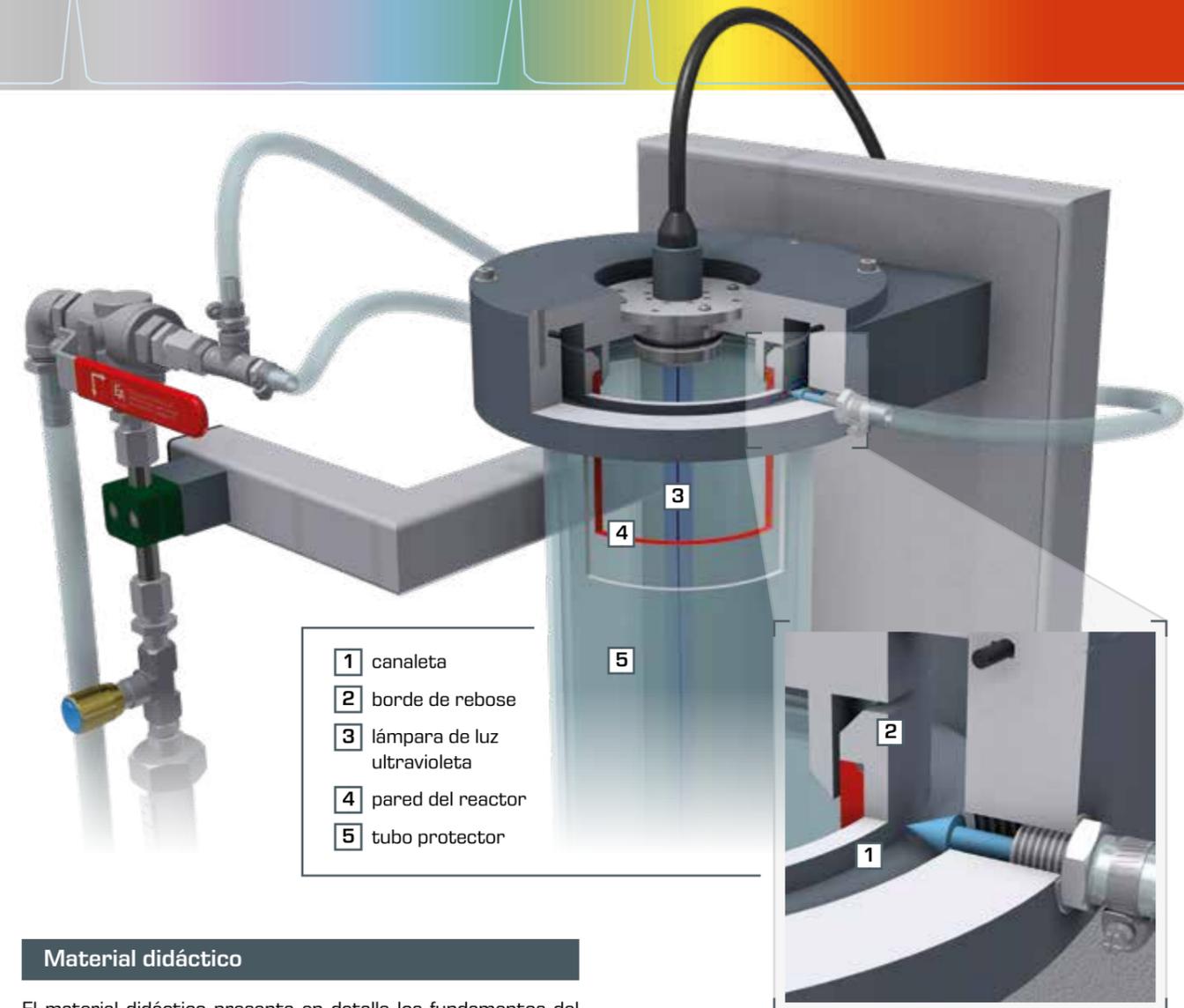
## CE 584 Oxidación avanzada – H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y UV

### 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 estudiar la oxidación de sustancias orgánicas no biodegradables mediante el uso de peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) y radiación ultravioleta. El aspecto didáctico central es la aplicación experimental de relaciones de la cinética de la reacción.

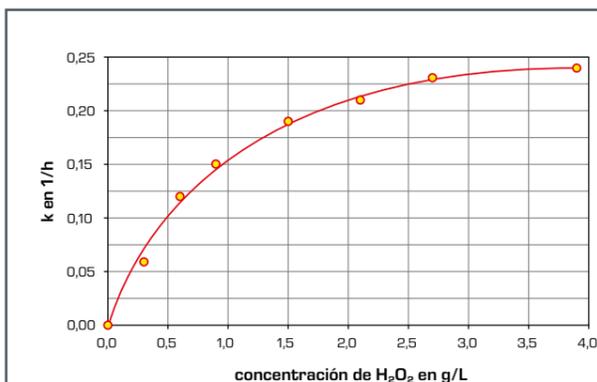
El componente principal del equipo es un reactor de película descendente que funciona de modo discontinuo. El agua bruta mezclada con peróxido de hidrógeno es bombeada de un depósito a una canaleta al extremo superior del reactor. El agua fluye por un borde de rebose a lo largo de la pared interior del 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 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 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 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> en el curso de la reacción

Al producto:



**Conocimientos básicos**
**Tratamiento multietapa de aguas**
**Tratamiento multietapa de aguas**

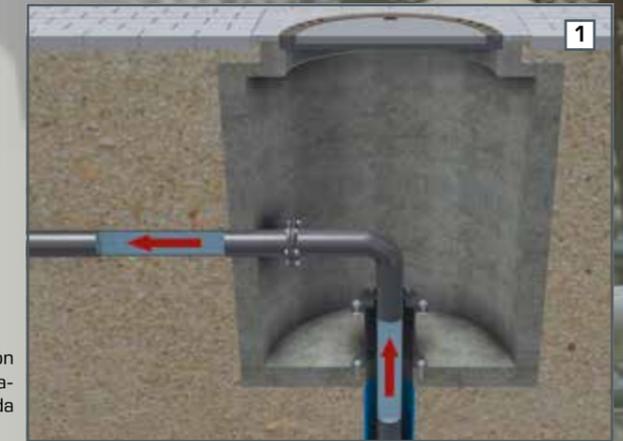
El agua a tratar suele contener varias sustancias de propiedades diferentes. Para eliminar estas sustancias no es suficiente con un único proceso básico. Por ello, las plantas de tratamiento de aguas suelen tener varias etapas.

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

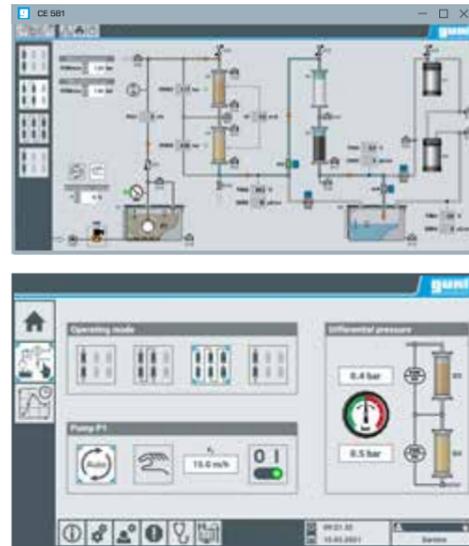

**Planta de depuración de agua subterránea multietapa**

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

# 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.

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

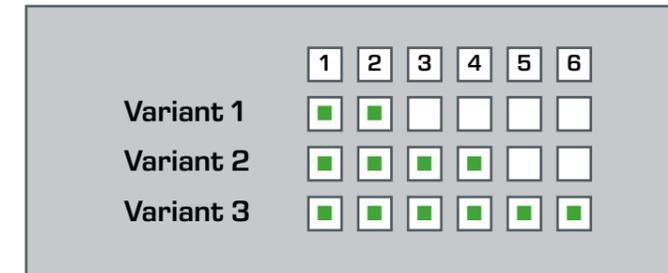


### Software y PLC

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.

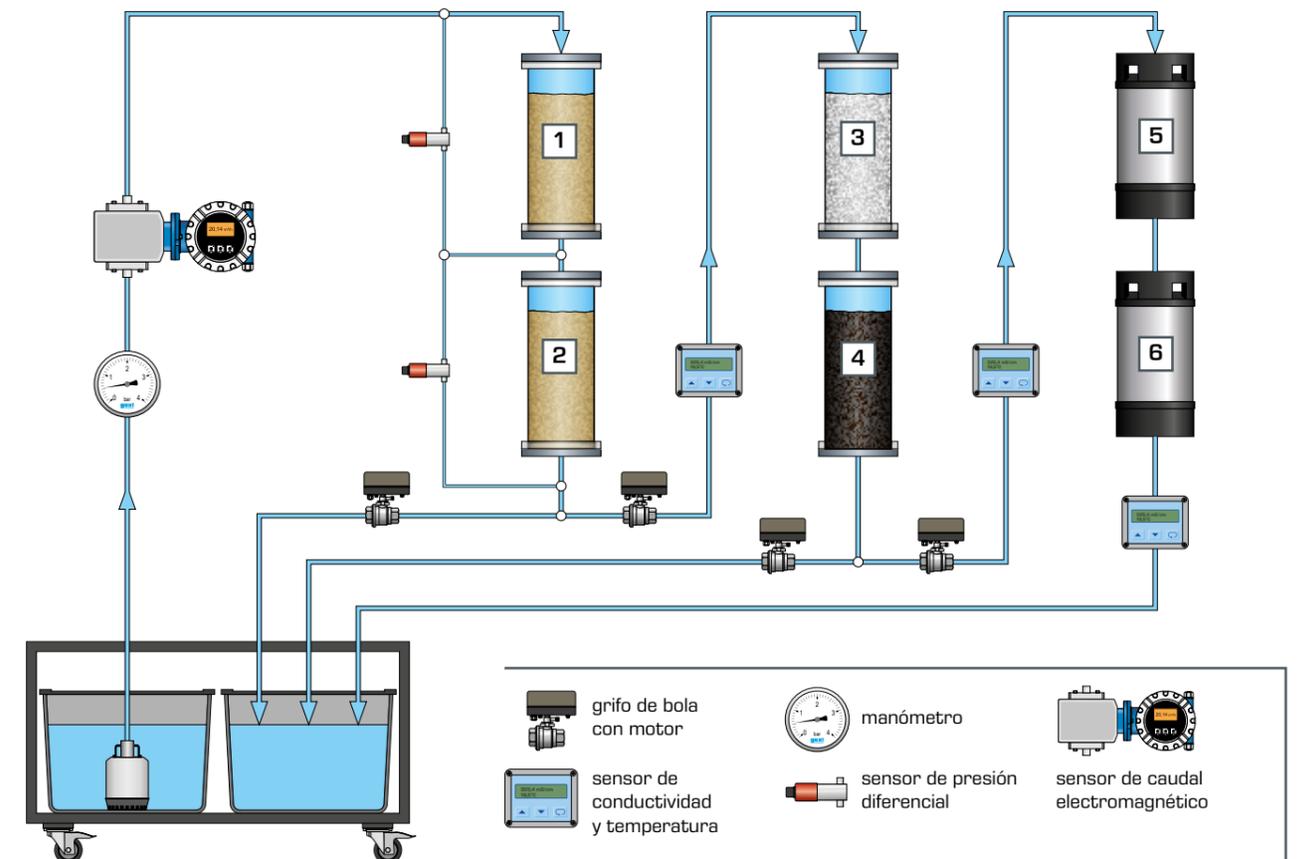
### Variantes de funcionamiento

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



Al producto:



## 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.

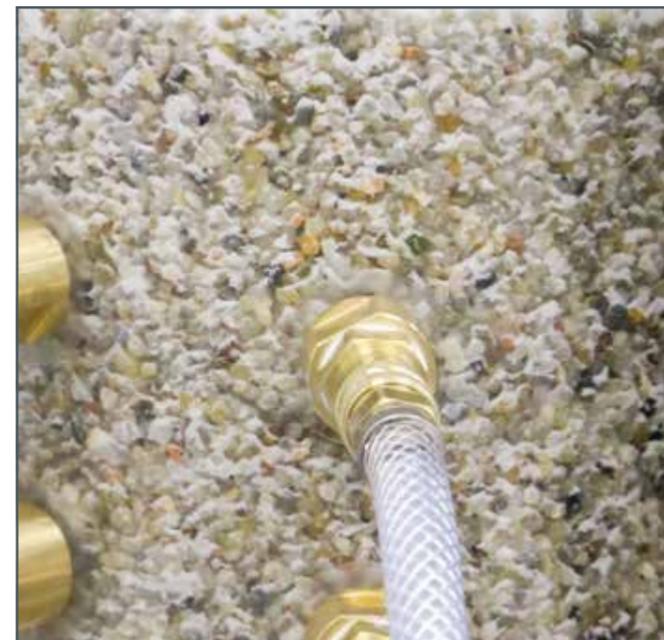


Desarrollado en colaboración con la Escuela Superior de Magdeburg (Alemania)



- 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

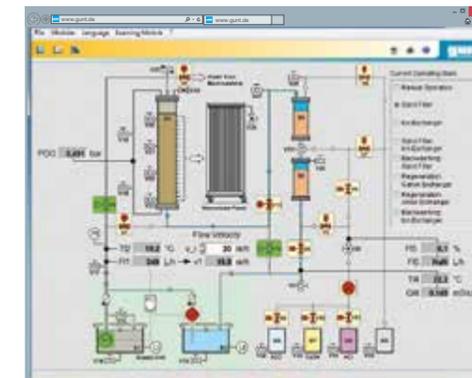
Al producto:



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

## Introducción

**Campos didácticos**

Aire

058

**Conocimientos básicos**

Conservación de la calidad del aire

060

## Procesos mecánicos

**CE 235**

Ciclón de gases

062

## Procesos térmicos

**CE 400**

Absorción de gases

064

**CE 540**

Secado del aire por adsorción

066

Campos didácticos  
Aire

## Campos didácticos

## Productos

En el campo temático del aire, el aspecto didáctico central son los distintos procesos de depuración de medios gaseosos (conservación de la calidad del aire). La mayoría de las impurezas se pueden eliminar de un flujo de aire de salida mediante procesos mecánicos o térmicos.

**Procesos mecánicos**

Los procesos mecánicos sirven para eliminar partículas sólidas de un flujo de aire de salida (eliminación de polvo). Un método muy efectivo y frecuente para la eliminación de polvo son los ciclones de gas. Con nuestro banco de ensayos HM 235 puede demostrar este proceso de manera muy visual.

**Procesos térmicos**

Si el aire de salida a depurar contiene impurezas gaseosas, han de aplicarse procesos térmicos. Los más comunes son la absorción y la adsorción. Para cada uno de estos dos procesos le ofrecemos el respectivo banco de ensayos para que pueda estudiar de forma práctica y a escala de laboratorio los fundamentos teóricos de ambos procesos.



Ingeniería de procesos



» Ingeniería de procesos

Los procesos utilizados para la conservación de la calidad del aire se basan en la ingeniería de procesos clásica. En nuestra gama de productos "Ingeniería de procesos" puede encontrar otros equipos interesantes relacionados con esta área temática.

## Procesos mecánicos

**CE 235**  
Ciclón de gases

## Procesos térmicos

**CE 400**  
Absorción de gases  
**CE 540**  
Secado del aire por adsorción

## Conocimientos básicos

## Conservación de la calidad del aire

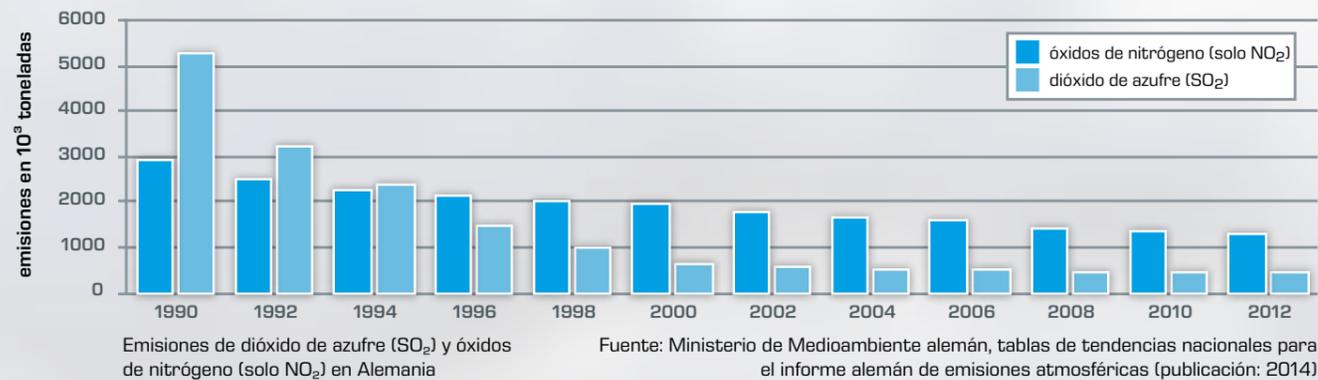
## Aire: medio de vida para todos los seres vivos

Debido a la intervención del hombre, la composición de la atmósfera ha cambiado de forma decisiva desde el comienzo de la industrialización. La destrucción de la capa de ozono y el calentamiento global del planeta son cada vez más visibles y se deben sin duda a una emisión excesiva de contaminantes a la atmósfera. Estos constituyen una seria amenaza para todos los seres vivos de la tierra. El objetivo debe ser, por tanto, reducir las emisiones a la atmósfera en la mayor medida posible. Es fundamental procurar reducir la cantidad de contaminantes producida. En los lugares donde no sea posible, el aire de salida debe ser depurado mediante procesos apropiados.

## Transporte de contaminantes por todo el mundo

Los efectos de la emisión de contaminantes a la atmósfera no se limitan a algunas localizaciones, sino que el viento transporta las impurezas miles de kilómetros por la tierra. Esto explica por qué hoy en día se detectan incluso contaminantes en la atmósfera en regiones retiradas muy alejadas de la civilización.

El ejemplo más conocido es la denominada "calima ártica", una niebla marrón amarillenta que surge sobre el Ártico en invierno y primavera. La causa principal de este fenómeno son los aerosoles de las regiones industrializadas del oeste de Europa y Asia. Los aerosoles constan básicamente de azufre y carbono.



## Procesos de la conservación de la calidad del aire

Para conservar la calidad del aire existe una serie de procesos, que se pueden asignar a alguno de los grupos siguientes:

- procesos mecánicos
- procesos biológicos
- procesos térmicos

## Procesos biológicos

En los procesos biológicos se degradan sustancias gaseosas microbiológicamente. Como las sustancias deben ser biodegradables y solo pueden estar presentes en concentraciones pequeñas, el campo de aplicación de los procesos biológicos es, sin embargo, muy limitado. Los procesos biológicos se utilizan sobre todo con problemas relacionados con malos olores, como, p. ej., en los centros de aprovechamiento de reses muertas.

## Procesos mecánicos

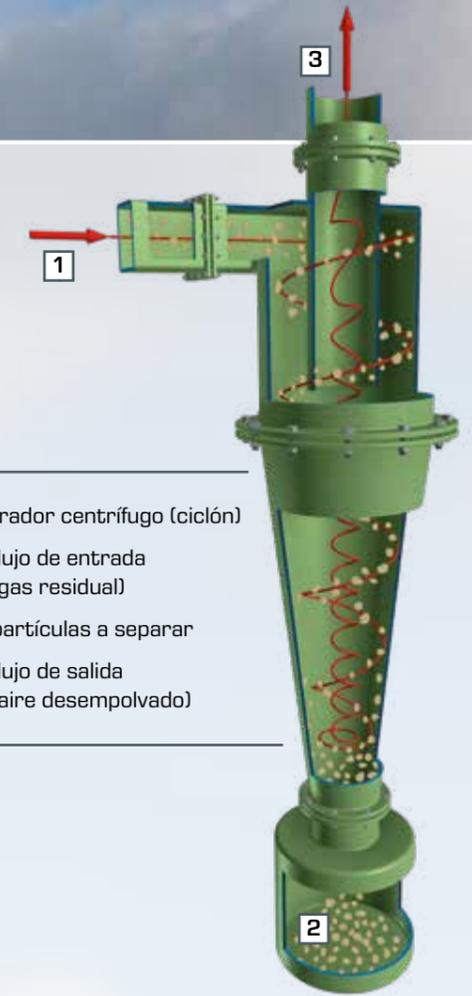
El objetivo de los procesos mecánicos es separar partículas de un flujo de aire de salida (eliminación de polvo). La separación de partículas finas de polvo es muy importante.

## Separador centrífugo (ciclón)

En un ciclón se introduce el flujo de gas a depurar en una trayectoria en forma de espiral. La fuerza centrífuga que actúa sobre las partículas de polvo es mucho mayor que la fuerza de la gravedad. Esto explica por qué con este proceso se pueden separar partículas muy pequeñas en comparación con la separación por gravedad (sedimentación). El límite de separación de los ciclones es de 10 µm.

## Separador eléctrico

En un separador eléctrico primero se cargan las partículas eléctricamente. Las partículas cargadas se depositan en un electrodo con la carga contraria. En el electrodo se forma una capa de polvo, que debe ser retirada mecánicamente de vez en cuando. Con un separador eléctrico se pueden separar partículas de un tamaño inferior a 1 µm.



## Procesos térmicos

Los procesos térmicos se utilizan para eliminar impurezas gaseosas. Entre los procesos más comunes se incluyen la absorción y la adsorción. Los dos procesos tienen muchos campos de aplicación y son apropiados, p. ej., para la eliminación de óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre, sulfuro de hidrógeno y dióxido de carbono. En ambos procesos el gas residual debe estar lo más limpio de polvo posible, de modo que es posible que primero deba realizarse una depuración mecánica.

## Absorción

En una absorción actúan tres componentes como mínimo: el contaminante a separar, el gas portador y un disolvente. El disolvente absorbe la sustancia gaseosa. Este proceso puede ser físico o químico. Para asegurarse de que el disolvente solo absorba el contaminante y no el gas portador, el disolvente debe adaptarse a la aplicación correspondiente.

## Adsorción

En la adsorción, el contaminante a separar se fija a la superficie de una materia sólida (adsorbente). Como en la absorción, el proceso puede ser físico o químico. Un adsorbente muy utilizado es el carbón activado. La adsorción se facilita mediante temperaturas bajas. Por tanto, el gas residual a depurar no debería tener una temperatura de más de 30°C.

## CE 235 Ciclón de gases

Los ciclones de gas sirven para separar partículas sólidas de un flujo de aire. Con este equipo puede enseñar los fundamentos de este importante proceso del área de la conservación de la calidad del aire.

El ciclón del CE 235 está fabricado de material transparente. Gracias a esta característica puede observar el movimiento en espiral de las partículas sólidas hasta la base del ciclón.

También puede ajustar todas las variables características relevantes para el proceso. Entre ellas se incluyen el caudal volumétrico y el contenido de sólidos del gas bruto. El equipo está equipado con un dispositivo de dispersión para ajustar el contenido de sólidos. La temperatura del gas bruto, la presión diferencial en el ciclón y la velocidad de avance del material alimentado se registran metrológicamente y se indican digitalmente.



Separación de polvo fino de cuarzo en el ciclón de gas durante el funcionamiento de prueba en nuestro laboratorio. Se reconoce el movimiento en espiral de las partículas característico de los ciclones.

### Contenidos didácticos

- influencia del contenido de sólidos y del caudal volumétrico de aire sobre
  - ▶ la pérdida de presión en el ciclón
  - ▶ el rendimiento de separación
  - ▶ la función de separación y el calibre de separación
- comparación de la pérdida de presión y el rendimiento con los valores teóricos calculados

## TUHH

Technische Universität Hamburg-Harburg

Este equipo ha sido desarrollado por nuestros ingenieros expertos en colaboración con el Instituto de Ingeniería de Procesos de Materias Sólidas de la Universidad Técnica de Hamburg-Harburg, Alemania.

Al producto:



## CE 400 Absorción de gases

Los procesos de absorción se utilizan frecuentemente en la conservación de la calidad del aire. Un campo típico de aplicación es la depuración del aire de salida en centrales energéticas para desulfurar gases. El banco de ensayos CE 400 le permite enseñar visualmente los fundamentos teóricos complejos de este proceso a escala de laboratorio.

El equipo ha sido concebido para la separación por absorción de dióxido de carbono de un flujo de aire. Como disolvente para absorber el dióxido de carbono se utiliza agua. De este modo se garantiza un funcionamiento seguro a los usuarios del equipo.



- 1 armario de distribución
- 2 columnas de absorción
- 3 manómetro de tubo en U
- 4 columna de desorción
- 5 grupo frigorífico
- 6 depósito de refrigeración
- 7 esquema de proceso

### Funcionamiento

Los componentes principales del equipo son dos columnas de absorción llenas con anillos Raschig. La mezcla de aire/ $\text{CO}_2$  enfriada anteriormente se transporta desde abajo a la columna de absorción. El disolvente (agua) gotea a contracorriente desde arriba hacia abajo a través de las columnas de absorción, mientras que el dióxido de carbono se disuelve en el agua. El agua enriquecida de este modo con dióxido de carbono puede regenerarse después en una columna de desorción y vuelve a estar disponible para la absorción.

### Tecnología de medición

El equipo está equipado con una técnica de medición y control muy completa. Todos los caudales, temperaturas y presiones relevantes se miden e indican continuamente. Cada una de las columnas de absorción está equipada además con un manómetro de tubo en U para medir las presiones diferenciales. El éxito del proceso de absorción puede comprobarse con ayuda del equipo de análisis de gas incluido. De este modo no necesita instrumentos de medición adicionales para obtener resultados cuantificables.



Equipo de análisis de gas para determinar el contenido de oxígeno y de dióxido de carbono.

Al producto:



## UNIVERSITY OF Hull

El CE 400 ya se utiliza con éxito en muchas escuelas superiores de todo el mundo, como en la Universidad de Hull (Inglaterra).



Un empleado de GUNT explica a los docentes de la Universidad de Hull el funcionamiento de la absorción de gas con el CE 400.

### Contenidos didácticos

- estudio del proceso de absorción al separar mezclas de gases en una columna de relleno
- determinación de las pérdidas de presión en la columna
- representación gráfica del proceso de absorción sobre el diagrama de equilibrio
- estudio de las variables que influyen en la eficacia de la absorción

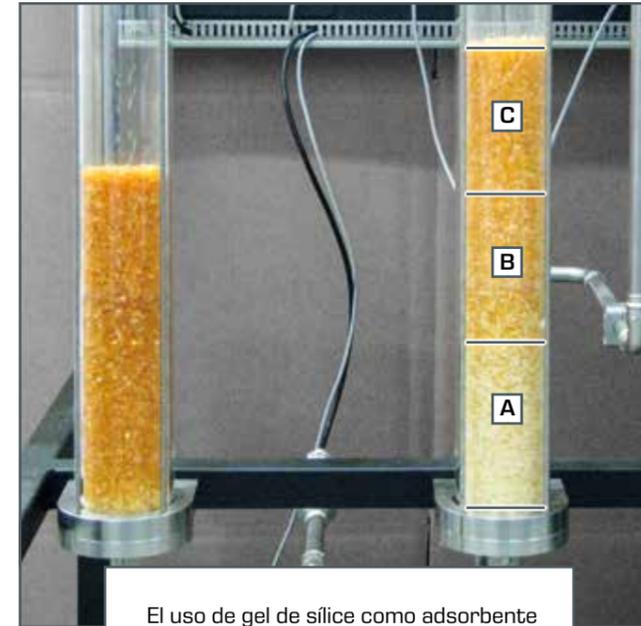
## CE 540 Secado del aire por adsorción

Los procesos de absorción se utilizan frecuentemente en la conservación de la calidad del aire. Un ejemplo típico de aplicación es la eliminación de contaminantes con hidrocarburos clorados, como los producidos, p. ej., en procesos de lacado o impresión. El banco de ensayos CE 540 le permite enseñar visualmente los fundamentos teóricos complejos de este proceso a escala de laboratorio.

El equipo ha sido concebido para la separación por absorción de humedad de un flujo de aire. Como adsorbente para absorber la humedad se utiliza gel de sílice. De este modo se garantiza un funcionamiento seguro a los usuarios del equipo. Con el aumento de la carga se tiñe el gel de sílice, lo que hace visible el proceso de adsorción.



- 1 columnas de adsorción
- 2 humectador (baño María)
- 3 compresor para aire de entrada
- 4 grupo frigorífico
- 5 caudalímetro
- 6 armario de distribución
- 7 calentador para aire de regeneración



El uso de gel de sílice como adsorbente facilita la visualización de las tres zonas de un adsorbedor:

- A gel de sílice cargado
- B gel de sílice cargado parcialmente (zona de transferencia de masa)
- C gel de sílice descargado

### Funcionamiento

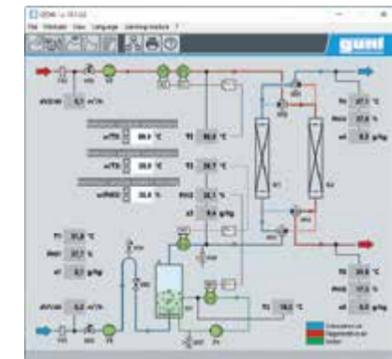
Los componentes principales del equipo son dos columnas llenas con gel de sílice. En primer lugar, el aire ambiente humedecido se conduce desde abajo en las columnas con ayuda de un compresor. El gel de sílice adsorbe la humedad del aire. Cuando se alcanza la carga máxima del gel de sílice, puede regenerarlo. La regeneración del gel de sílice se produce mediante la introducción de aire calentado. El gel de sílice recupera el color original y puede volver a utilizarse. De este modo no se producen sustancias de consumo a eliminar.

### Tecnología de medición

Las temperaturas y humedades se miden en todos los puntos relevantes. Esto le permite equilibrar el proceso completamente.

### Software

El software intuitivo del CE 540 indica continuamente todos los valores de medición registrados. Además, el software funciona como regulador de la temperatura y la humedad en el flujo de entrada del adsorbedor. Todos los valores de medición pueden guardarse para su posterior evaluación.



### Contenidos didácticos

- principio básico de la adsorción y la desorción
- estudio de las variables que influyen en el proceso de adsorción y desorción
  - ▶ caudal de aire
  - ▶ humedad y temperatura del aire
  - ▶ altura de llenado del adsorbente
- representación de los procesos en el diagrama h- $\omega$
- registro de curvas de ruptura
- determinación del tiempo de ruptura

## Introducción

<b>Campos didácticos</b> Suelo	070
-----------------------------------	-----

## Hidrogeología

<b>Conocimientos básicos</b> Hidrogeología	072
<b>HM 165</b> Estudios hidrológicos	074
<b>HM 141</b> Hidrogramas después de la precipitación	076
<b>HM 167</b> Flujo de agua subterránea	078
<b>HM 169</b> Visualización de corrientes de infiltración	080
<b>CE 117</b> Flujo a través de estratos de partículas	082

## Tratamiento de suelos

<b>Conocimientos básicos</b> Tratamiento de suelos	084
<b>CE 225</b> Hidrociclón	086
<b>CE 630</b> Extracción sólido-líquido	088



Campos didácticos  
Suelo

## Campos didácticos

## Productos

En el suelo se producen procesos complejos que pueden tener efectos negativos en este hábitat. Por tanto, es necesario que los futuros ingenieros y personal cualificado del área de la ingeniería medioambiental sean capaces de comprender estos procesos. Los campos didácticos del área de suelo abarcan las áreas de la hidrogeología y el tratamiento de suelos.

## Hidrogeología

En el área de la hidrogeología le ofrecemos equipos didácticos seleccionados, que le facilitan la enseñanza práctica y visual de los procesos hidrológicos fundamentales en el suelo. Los temas como la infiltración de precipitaciones, las corrientes de infiltración y los flujos subterráneos son elementos centrales. En nuestra gama de productos "Hidráulica para ingenieros civiles" encontrará más equipos interesantes sobre estos temas y relacionados con ellos.

## Tratamiento de suelos

En este campo didáctico encontrará equipos didácticos seleccionados que tratan procesos utilizados normalmente en el tratamiento de suelos contaminados. La mayoría de estos procesos se basan en la ingeniería de procesos clásica. En nuestra gama de productos "Ingeniería de procesos" puede encontrar otros equipos interesantes relacionados con esta área temática.



Hidráulica  
para ingenieros civiles



» Hidráulica para  
ingenieros civiles



Ingeniería de procesos



» Ingeniería  
de procesos

## Hidrogeología

## HM 165

Estudios hidrológicos

## HM 141

Hidrogramas después de la precipitación

## HM 167

Flujo de agua subterránea

## HM 169

Visualización de corrientes de infiltración

## CE 117

Flujo a través de estratos de partículas

## Tratamiento de suelos

## CE 225

Hidrociclón

## CE 630

Extracción sólido-líquido

## Conocimientos básicos Hidrogeología

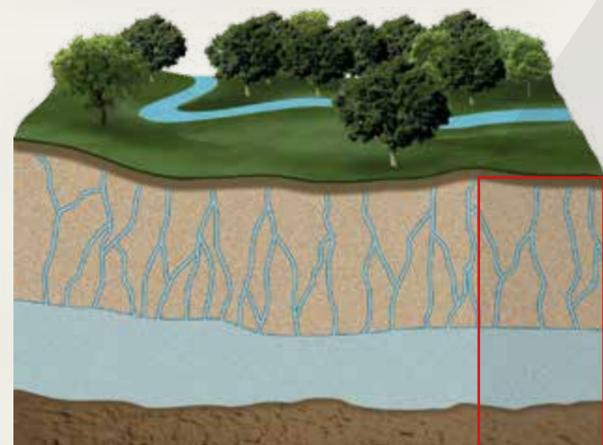
### ¿Qué es la hidrogeología?

La hidrogeología es una disciplina aplicada de las ciencias de la Tierra. Al contrario que la hidrología, que se centra en el agua que fluye sobre el suelo, la hidrogeología trata todos los aspectos relacionados con el agua que se encuentra en el suelo. Entre ellos se incluyen los temas siguientes:

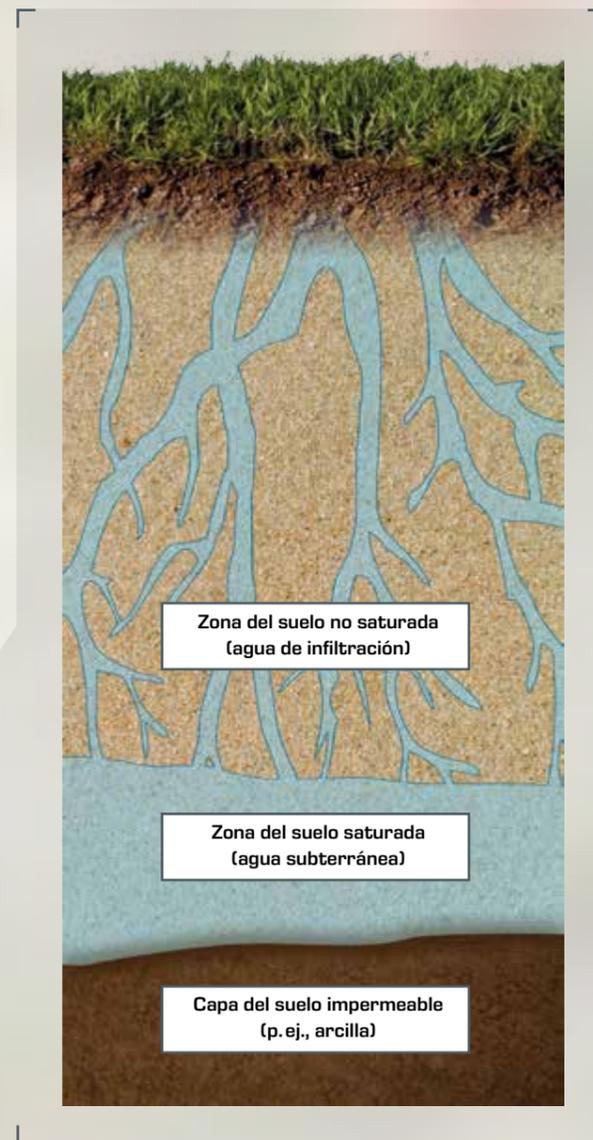
- infiltración y acumulación de precipitaciones
- procesos de flujo en suelos (p. ej., corrientes de infiltración)
- formación, flujo y transporte de agua subterránea
- medidas para el drenaje
- influencia de medidas constructivas en las relaciones hidrogeológicas del suelo

### Procesos de flujo en suelos

Los procesos de flujo en suelos son fundamentales para la hidrogeología. Este tipo de procesos de flujo se producen en distintas capas del suelo, aunque básicamente se diferencia entre la zona no saturada y la zona saturada del suelo. La capa superior no suele estar saturada completamente con agua, de modo que algunos poros también contienen aire. Por debajo de esta zona hay una zona del suelo cuyos poros están llenos completamente de agua. Esta zona se denomina también zona del suelo saturada.



Los conocimientos básicos de estas áreas temáticas son necesarios para, p. ej., la exploración, evaluación y aprovechamiento de las reservas de agua subterránea. Otras áreas de aplicación son la protección del agua subterránea mediante medidas de protección y saneamiento, así como la desviación de precipitaciones.



### Agua subterránea: reserva vital

El agua subterránea es agua que se encuentra bajo tierra, que llena los poros de la corteza terrestre y su movilidad es determinada únicamente por la fuerza de la gravedad. El agua subterránea desempeña muchas funciones importantes. Sirve, por ejemplo, como reserva para la obtención de agua potable. Además, una reserva intacta de agua subterránea es un elemento importante del circuito de agua global.

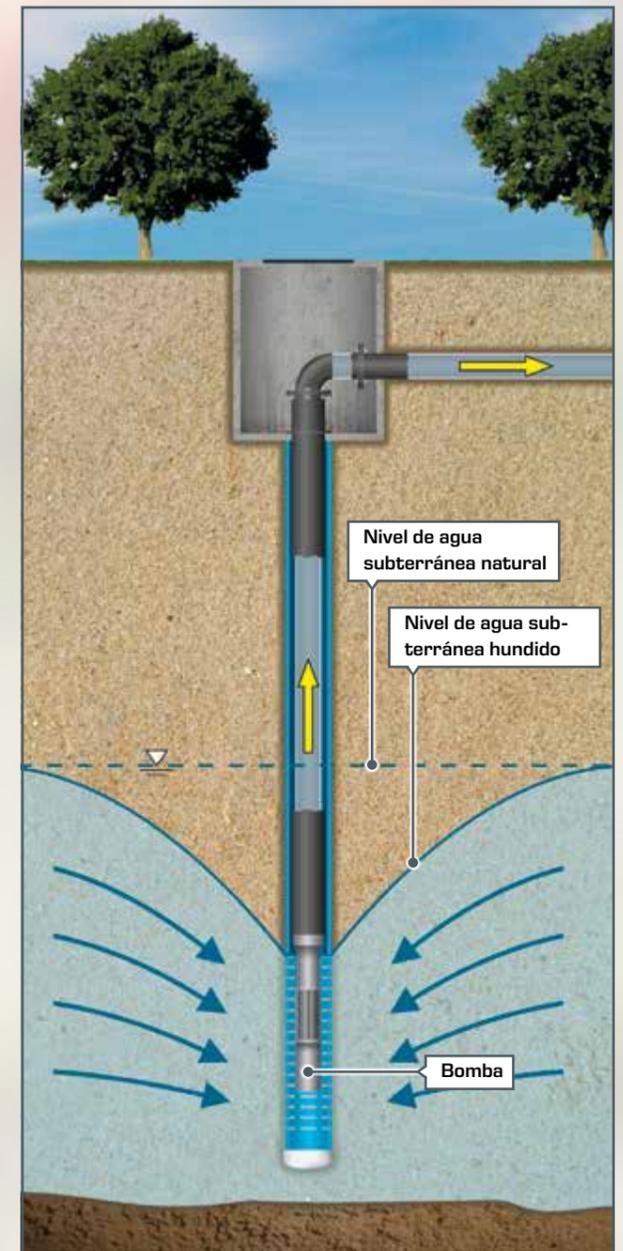
### Intervenciones en la hidrogeología

Debido al manejo inapropiado de sustancias químicas, en el pasado muchas sustancias contaminantes se infiltraron en el agua subterránea. El objetivo de una tecnología medioambiental sostenible es permitir el uso cuidadoso del agua subterránea y evitar, al mismo tiempo, en el mayor grado posible, las influencias nocivas en las reservas de agua subterránea. En aquellas zonas en las que ya haya contaminantes en el agua subterránea, es necesario asegurar y sanear el área afectada para evitar la propagación de la contaminación.

Muchas medidas constructivas influyen en las condiciones hidrogeológicas del suelo. Este tipo de medidas constructivas requieren conocimientos hidrogeológicos fundados y deben planearse cuidadosamente.

Al extraer agua subterránea, en torno del pozo de elevación se produce, p. ej., una depresión en forma de embudo del nivel del agua subterránea.

En las obras con flujo de paso o por debajo como, p. ej., paredes de tablestacas y diques, el conocimiento preciso sobre el desarrollo de las corrientes de infiltración es un factor decisivo para la estabilidad de las obras. También este tipo de obras deben realizarse teniendo en cuenta los efectos hidrogeológicos.



Embudo de depresión con la extracción de agua subterránea

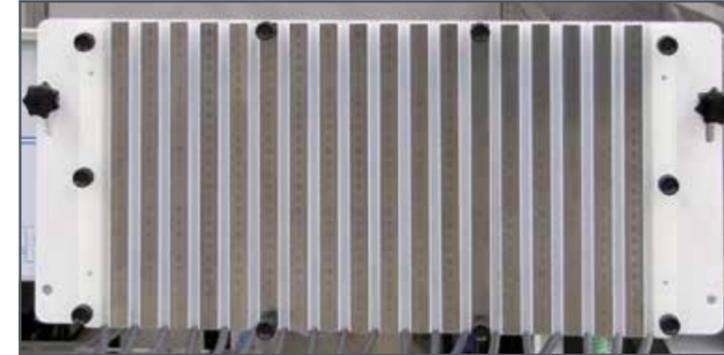
## HM 165 Estudios hidrológicos

Los estudios hidrológicos se realizan en relación con el diseño, la construcción y el funcionamiento de plantas hidrológicas y tareas relativas a la gestión del agua. Los temas como la infiltración y el flujo del agua en el suelo, así como el uso de las reservas de agua subterránea son fundamentales.

Con este equipo puede estudiar los flujos subterráneos y de infiltración tras las precipitaciones. Puede observar además la permeabilidad y la capacidad de acumulación de los suelos. Muchos parámetros ajustables permiten un amplio espectro de ensayos.



Dispositivo de precipitación con toberas para una simulación realista de las precipitaciones



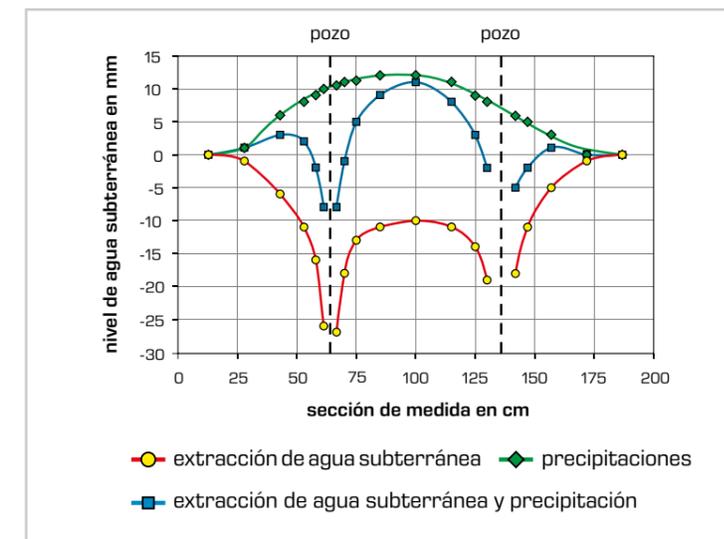
19 tubos manométricos permiten una medición muy detallada del nivel de agua subterránea.



- 1 depósito de ensayo
- 2 tubos manométricos
- 3 dispositivo de precipitación
- 4 depósito de reserva
- 5 caudalímetro
- 6 bomba
- 7 ajuste de inclinación

Para representar el flujo subterráneo, la alimentación de agua en el depósito de ensayo se realiza a través de dos cámaras laterales. Para estudiar las precipitaciones hay un dispositivo de precipitación. Para estudiar distintos drenajes dispone de dos pozos con tuberías de criba o de dos cámaras laterales con cribas de drenaje. En la base del depósito de ensayo hay 19 conexiones para medir los niveles de agua subterránea, que se muestran en los tubos manométricos.

Con el equipo también recibirá el completo material didáctico. Una descripción detallada de ensayos seleccionados le permite integrar rápidamente el equipo en sus clases.



### Contenidos didácticos

- estudio de procesos no estacionarios
  - ▶ efecto de precipitaciones de distinta duración sobre la descarga
  - ▶ capacidad de acumulación de un suelo
- estudio de procesos estacionarios
  - ▶ estudio de corriente de infiltración
  - ▶ efectos de pozos en el gradiente hidráulico de las aguas subterráneas

Al producto:



## HM141 Hidrogramas después de la precipitación

Los hidrogramas son un instrumento importante para representar datos hidrológicos como, p. ej., precipitaciones, niveles de agua subterránea o desagües. Además, un hidrograma es la base para medir redes de canalización. La curva temporal de la cantidad de precipitación desempeña un papel tan importante como la composición del suelo.

### i Hidrograma

Un hidrograma es la representación gráfica del desagüe (p. ej., en  $\text{m}^3/\text{h}$ ) en un punto de medición determinado en función del tiempo.



Dispositivo de precipitación

Depósito de ensayo

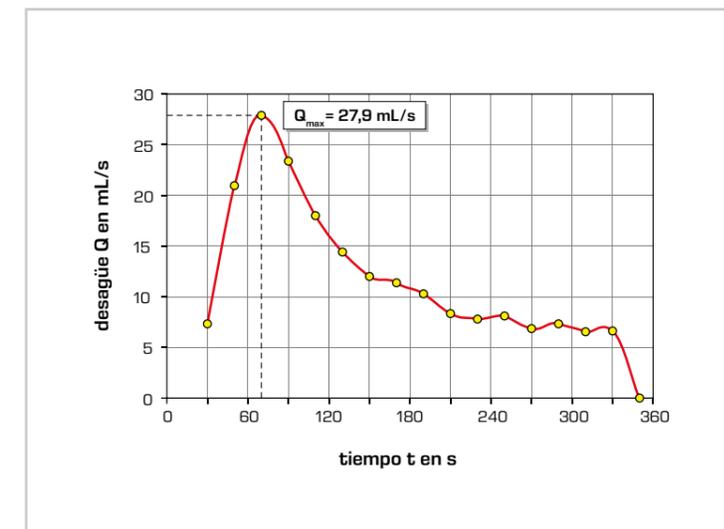
Cámaras de medición

El elemento clave del HM 141 es un depósito de ensayo relleno de arena o grava. Mediante temporizadores puede someter la superficie de ensayo a precipitaciones de diferente duración e intensidad. La superficie de ensayo puede drenarse mediante un tubo de drenaje o una cámara de salida colocada en el lado del depósito de ensayo.

El agua que sale del depósito de ensayo se llena sucesivamente en 17 cámaras de medición de forma temporizada. Al determinar la cantidad de agua de las distintas cámaras de medición, puede determinar también la curva temporal del desagüe de la superficie de ensayo, es decir, el hidrograma.



Las cámaras de medición se llenan sucesivamente de forma temporizada.



Extracto del manual del HM141: curva típica del hidrograma con un drenaje a través de la cámara de desagüe lateral. A partir del hidrograma puede calcularse el desagüe máximo con estas precipitaciones.

### Contenidos didácticos

- influencia de precipitaciones de distinta duración o intensidad en suelos de distinta saturación
- registro de hidrogramas después de precipitaciones
- comparación de drenaje natural y drenaje mediante tubería de drenaje
- influencia de depósitos de retención de aguas pluviales en el hidrograma

Al producto:



## HM167 Flujo de agua subterránea

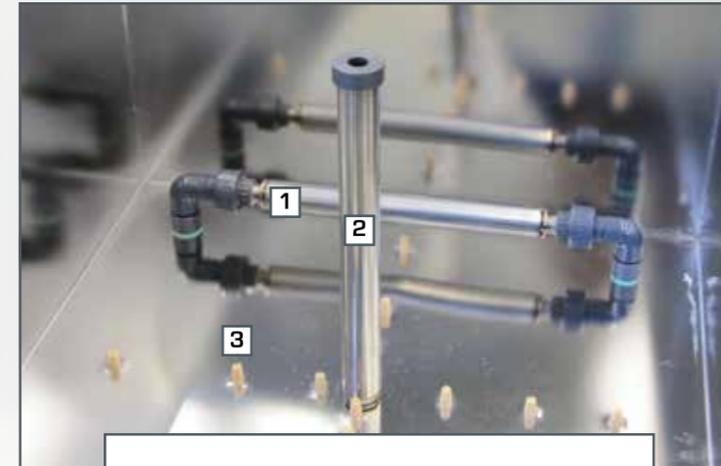
Muchas medidas constructivas influyen en el nivel de agua subterránea como, por ejemplo, en el aprovechamiento de agua subterránea, en la protección contra inundaciones o al realizar medidas de saneamiento. Un buen conocimiento sobre los efectos de estas medidas constructivas en el nivel de agua subterránea es fundamental en la planificación para los especialistas en medio ambiente.

Para poder enseñar de forma práctica estos temas, hemos desarrollado el banco de ensayos HM 167. El banco de ensayos le permite representar situaciones constructivas típicas y estudiar en tres dimensiones su influencia en el flujo subterráneo.

El elemento clave del HM167 es un depósito de ensayo relleno de arena o grava. Para la simulación de obras puede introducir distintos modelos en el depósito de ensayo. Con estos modelos se pueden estudiar zanjas, excavaciones y pozos.



Modelos para el montaje en el depósito de ensayo



- 1 depósito de ensayo con alimentación de agua
- 2 pozo
- 3 puntos de medición del nivel de agua subterránea

El depósito de ensayo posee una entrada por cada lado. El estudio de distintos drenajes es facilitado por dos pozos. Puede activar las entradas y pozos de forma independiente entre sí. De este modo dispone de una gran variedad de posibilidades de ensayo.

El depósito de ensayo está equipado con 19 puntos de medición para determinar los niveles de agua subterránea. Los niveles de agua subterránea se indican claramente en los tubos manométricos. Las escalas colocadas junto a los tubos manométricos permiten una lectura sencilla y precisa de los niveles de agua subterránea.

### Contenidos didácticos

- determinación del nivel de agua subterránea
- descenso del nivel del agua subterránea por un o dos pozos
- flujo de agua subterránea en excavaciones
- estudios de agua subterránea en una carga concéntrica sobre el subsuelo



Al producto:



## HM169 Visualización de corrientes de infiltración

### Corriente de infiltración: protección de agua subterránea y tipos de obras

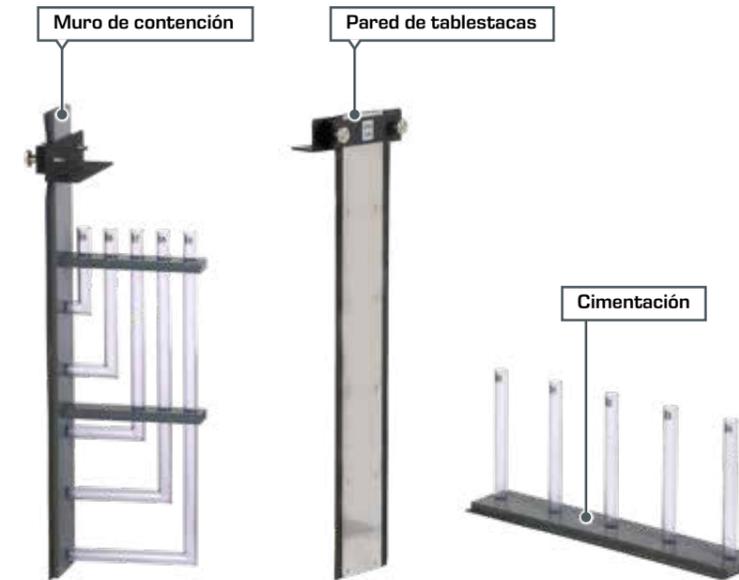
En las medidas constructivas en capas conductoras de agua, las corrientes de infiltración desempeñan un papel importante. En este caso, resulta relevante el flujo de paso o alrededor de las obras así como la presión hidrostática, que actúa sobre la obra.

Un método claro para estudiar el flujo subterráneo y de infiltración es la visualización de condiciones de flujo y la representación gráfica como red de flujo. La red de flujo ofrece información acerca de la filtración del agua en obras como, p. ej., diques y paredes de tablestacas.

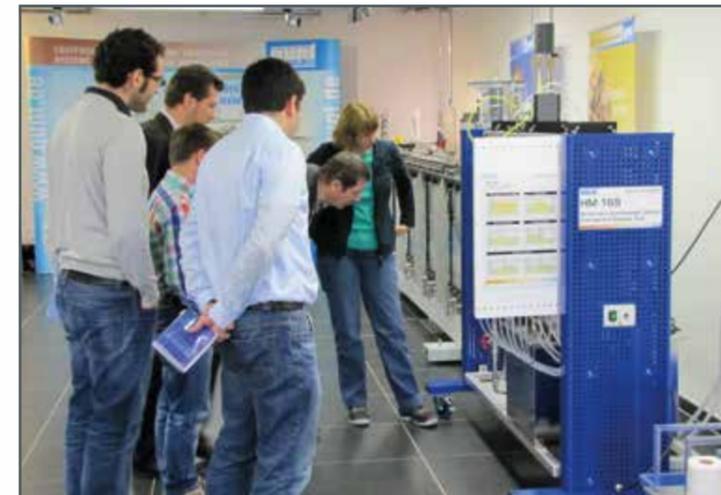
Con nuestro banco de ensayos HM 169 puede visualizar y estudiar condiciones de flujo alrededor de obras. Para ello, dispone de distintos modelos de obras típicas, que se pueden montar fácilmente en la sección de ensayo.



Al producto:



Mediante la inyección de un contraste como, p. ej., fluoresceína o tinta, se pueden visualizar claramente las condiciones de flujo. En ambos modelos "muro de contención" y "cimentación" se muestran los desarrollos de presión de estas obras. Puede medir de forma fácil y precisa los niveles de agua subterránea en la sección de ensayo con tubos manométricos.



Un grupo de empleados de la Escuela Técnica Superior de Ratisbona (Alemania) del este de Baviera observa con interés la demostración de las distintas posibilidades del HM169.

Contenidos didácticos	
■	determinación de redes de flujo en medios permeables <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ líneas de corriente bajo una pared de tablestacas</li> <li>▶ líneas de corriente a través de una presa de tierra</li> <li>▶ drenaje en un dique abierto</li> </ul>
■	determinación del desarrollo de presión en una cimentación
■	determinación del desarrollo de presión en un muro de contención
■	desarrollo de los niveles de agua subterránea en distintos modelos



## CE117 Flujo a través de estratos de partículas

### Corriente de infiltración

En hidrología, la corriente de infiltración es el flujo de un fluido (agua) en capas del suelo permeables como, p.ej., arena. El fluido llena más o menos los poros de la capa del suelo no saturada de agua y se mueve hacia abajo a las capas inferiores, como resultado del efecto de la gravedad. Para que el agua de infiltración no se estanque, el suelo debe ser permeable.

En suelos menos permeables puede estancarse el agua de infiltración temporalmente. Si el agua de infiltración se encuentra con una capa del suelo impermeable o una roca impermeable, no se produce filtración y el agua de infiltración se estanca permanentemente. Este tipo de acumulaciones de agua bajo tierra se denominan agua subterránea. Desde el punto de vista hidráulico, la corriente de infiltración corresponde al flujo de paso a través de una capa de partículas.

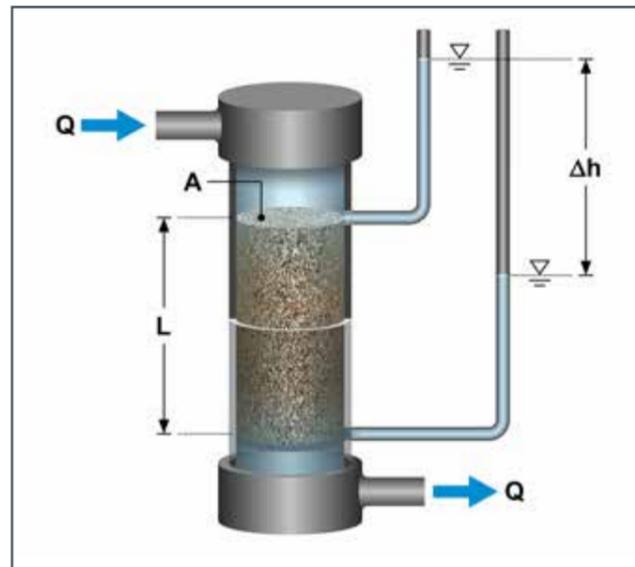
### Ley de Darcy

Henry Darcy (1803-1858) fue quien investigó las interrelaciones fundamentales en los flujos a través de capas de partículas.

A medida que el flujo pasa a través de una capa de partículas, la capa de partículas resiste el flujo, lo que conduce a una pérdida de presión. Darcy descubrió que con el flujo laminar existe una relación lineal entre el caudal  $Q$  y la pérdida de presión (altura de la presión diferencial  $\Delta h$ ).

$$Q = k_f \cdot A \cdot \frac{\Delta h}{L}$$

La variable adimensional  $\Delta h/L$  se denomina gradiente hidráulico. La permeabilidad se describe con el coeficiente de permeabilidad  $k_f$  en la unidad m/s y depende del tamaño del grano y del espacio poroso útil.

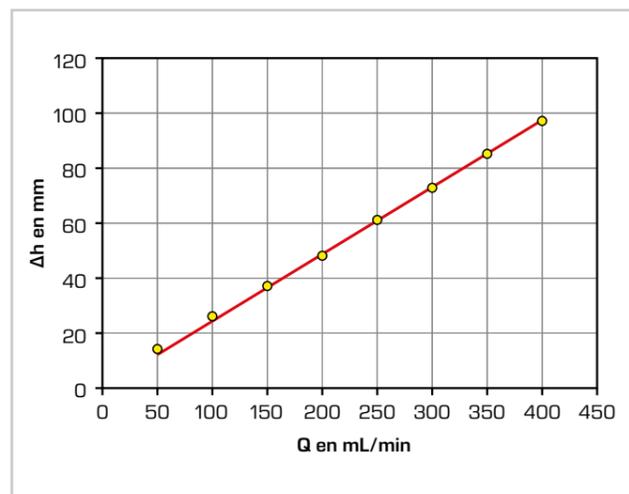


Flujo a través de un estrato de partículas

### Equipo de ensayo CE 117

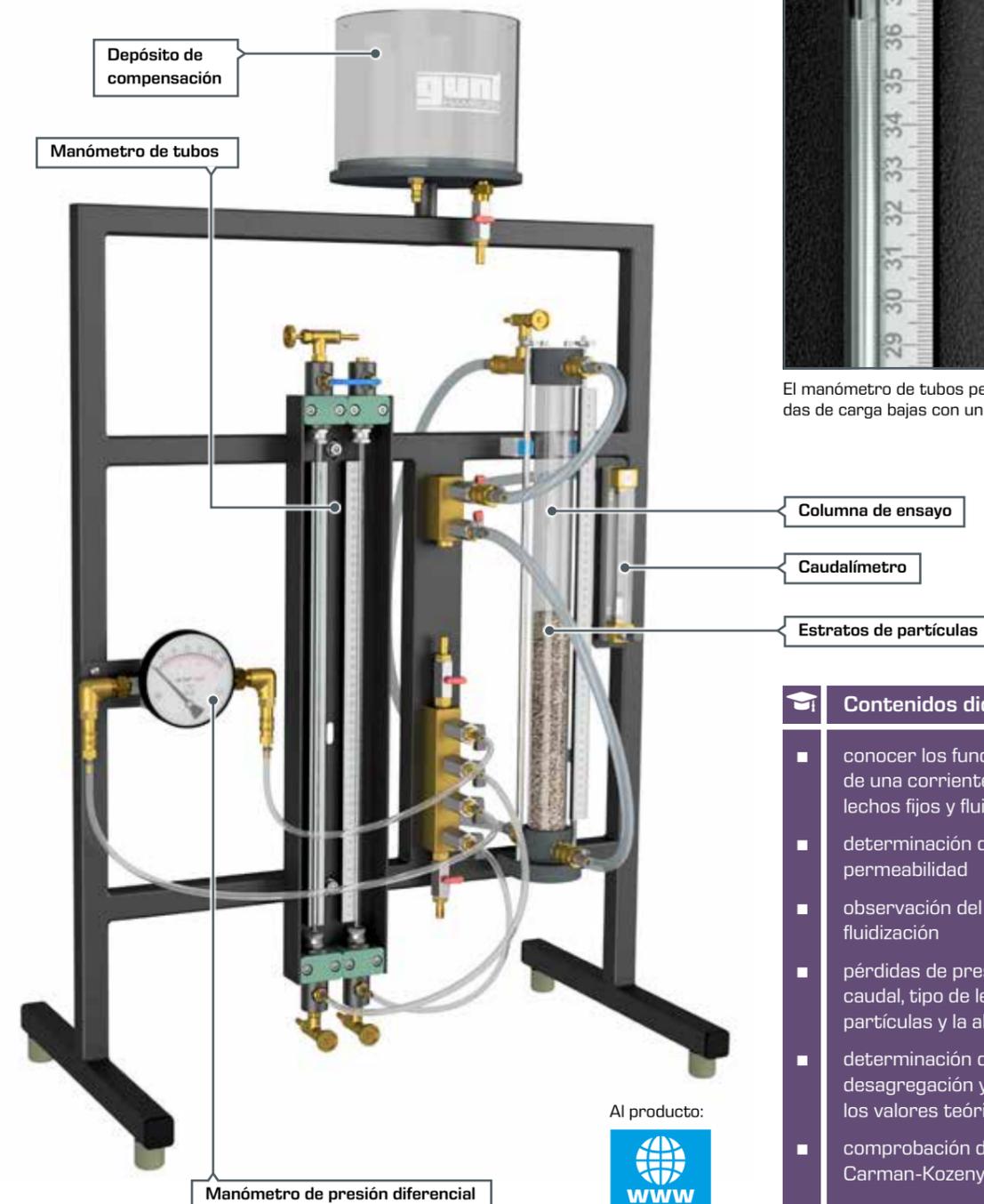
Con el equipo de ensayo CE 117 se pueden estudiar los fundamentos hidrodinámicos del paso a través de lechos sólidos. El equipo de ensayo dispone a tal fin de un depósito de ensayo transparente que permite observar los procesos perfectamente. Para determinar la pérdida de presión, se dispone de dos manómetros diferenciales con intervalos de medición distintos.

Esta configuración de ensayo se puede modificar con ayuda de acoplamientos rápidos fáciles de montar. Esto permite, también, hacer pasar la corriente fluida en el sentido opuesto por el depósito de ensayo y, además, estudiar el comportamiento de los lechos fluidizados. El caudal se establece con una válvula de aguja y se mide con un caudalímetro.



Altura de la presión diferencial medida  $\Delta h$  en función del caudal  $Q$  (arena:  $d = 1...2$  mm,  $L = 60$  mm)

- ensayos fundamentales reotécnicos con lechos de partículas
- flujo a través de lechos fijos
- flujo a través de lechos fluidizados
- pérdidas de presión en lechos fijos y fluidizados



Al producto:



El manómetro de tubos permite determinar pérdidas de carga bajas con un alto grado de precisión.

Columna de ensayo

Caudalímetro

Estratos de partículas

### Contenidos didácticos

- conocer los fundamentos del flujo de una corriente fluida a través de lechos fijos y fluidizados (Darcy)
- determinación del coeficiente de permeabilidad
- observación del proceso de fluidización
- pérdidas de presión en función del caudal, tipo de lecho, tamaño de las partículas y la altura del lecho fijo
- determinación de la velocidad de desagregación y comparación con los valores teóricos calculados
- comprobación de la ecuación de Carman-Kozeny

## Conocimientos básicos

## Tratamiento de suelos

## Sustancias contaminantes en el suelo: un peligro para el medio ambiente

En el pasado no se prestó la suficiente atención al manejo de sustancias contaminantes para el medio ambiente. Por esta razón, las sustancias contaminantes como, p. ej., los hidrocarburos clorados, penetraron en el suelo en muchos lugares. La mayor parte de la contaminación proviene de vertederos y antiguos emplazamientos industriales y es un

peligro para el medio ambiente y en especial para el agua subterránea. En estos casos debe sanearse el suelo contaminado. En función del tipo de suelo y de la contaminación, existe una serie de procesos diferentes.

## Suelo: una mezcla de varios estados

En el suelo se suelen encontrar los tres estados (sólido, líquido y gaseoso). Del mismo modo, estos tres estados pueden verse afectados por la contaminación. Para el tratamiento de suelos es necesario un enfoque integral que tenga en cuenta los tres estados del suelo y sus complejas interacciones.



## Tratamiento de suelos contaminados: una tarea compleja

El objetivo principal del tratamiento de suelos es la protección del agua subterránea y, siempre que sea posible, restaurar la función original del suelo contaminado. Como los tres estados pueden verse afectados por la contaminación, el tratamiento de suelos es una tarea muy compleja.

Además del suelo contaminado, en el tratamiento también se suelen producir agua de procesos y aire de salida contaminados. Para estos también se requiere un tratamiento y se recurre a los procesos habituales del tratamiento de aguas o la conservación de la calidad del aire. Básicamente, en el tratamiento de suelos podemos diferenciar dos procedimientos:

## In situ

El tratamiento se realiza directamente en el suelo, es decir, en el lugar de la contaminación.

## Ex situ

El suelo contaminado se extrae y se trata externamente en una planta.

## Tratamiento de suelos in situ

El tratamiento de suelos in situ es apropiado sobre todo para los estados líquido y sólido:

- **estado líquido:** bombeo y tratamiento
- **estado gaseoso:** extracción de vapor del suelo

En ambos procesos se extrae el fluido del suelo, el contaminante se separa del fluido y el fluido depurado se vuelve a conducir al suelo. La separación de contaminante y fluido se realiza con procesos habituales del tratamiento de aguas (bombeo y tratamiento) o con los métodos de la conservación de la calidad del aire (extracción de vapor del suelo).

## Tratamiento de suelos ex situ

En el tratamiento de suelos ex situ se extrae primero el suelo contaminado. Después se trata el suelo en plantas especiales. La mayoría de los procesos utilizados se basan en la ingeniería de procesos térmicos y mecánicos. Algunos procesos típicos utilizados en el tratamiento de suelos son, por ejemplo:

- trituración
- cribado
- separación de sólidos y líquidos
- separación de partículas pequeñas (p. ej., con un ciclón hidráulico)
- extracción de sólidos y líquidos

## CE 225 Hidrociclón

### Ciclones hidráulicos en el tratamiento de suelos

Por experiencia, los contaminantes en suelos contaminados suelen estar unidos a las partículas más finas y los compuestos orgánicos. Con los ciclones hidráulicos se pueden separar estas partículas finas para tratarlas después con otros procesos como, p. ej., la extracción de sólidos y líquidos.

Con nuestro banco de ensayos CE 225 puede demostrar y estudiar de forma práctica el funcionamiento de un ciclón hidráulico. El completo material didáctico le ayuda y proporciona sugerencias para realizar sus ensayos.



Elemento central del CE 225: ciclón hidráulico transparente para observación óptima del proceso de separación

El equipo presenta un gran depósito de alimentación en el que se prepara la suspensión a separar. El ciclón está fabricado con material transparente para poder visualizar el proceso de separación. El caudal a la entrada del ciclón puede ajustarse individualmente y medirse con un caudalímetro electromagnético.

También puede tomar muestras en todos los puntos relevantes del equipo para evaluar los ensayos cuantitativamente.

#### Contenidos didácticos

- principio básico y el funcionamiento de un hidrociclón
- caudal másico de sólidos en la alimentación, la corriente superior y la corriente inferior
- caudal másico de líquido en la alimentación, la corriente superior y la corriente inferior
- parámetros característicos de la calidad de la separación
- pérdida de presión en el hidrociclón en función del caudal de la alimentación
- influencia de la densidad de la sustancia sólida sobre los parámetros característicos y la pérdida de presión

Al producto:



Este equipo ha sido desarrollado por nuestros ingenieros expertos en colaboración con el Instituto de Ingeniería de las Operaciones Básicas Mecánicas de la Escuela Superior de Anhalt, Alemania.

**Hochschule Anhalt**  
Anhalt University of Applied Sciences

## CE 630 Extracción sólido-líquido

### Aplicación de un proceso de separación térmica para el tratamiento de suelos

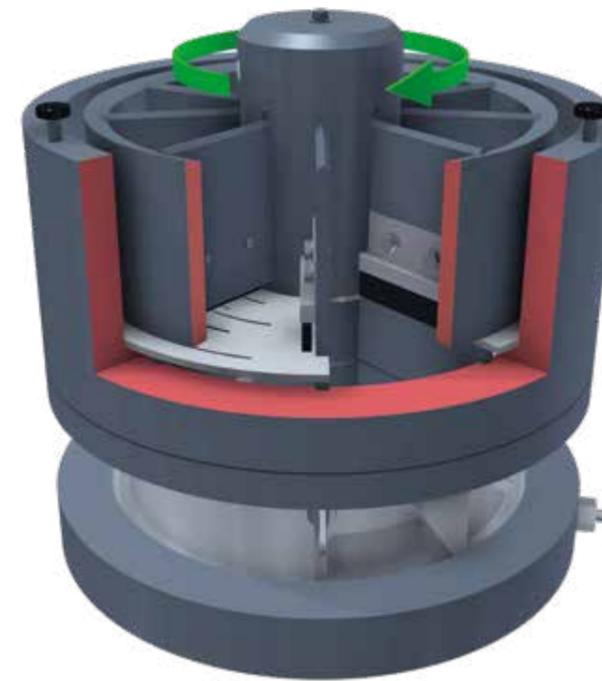
Los contaminantes pueden estar absorbidos en las partículas sólidas del suelo. La extracción de sólidos y líquidos permite la separación de estos contaminantes de las partículas del suelo. En función del contaminante y el tipo de suelo debe elegirse un disolvente apropiado.

Nuestro equipo didáctico CE 630 es ideal para enseñar el principio básico de este proceso de forma práctica y visual. Puede utilizar el equipo en funcionamiento continuo o discontinuo. Además puede ajustar la temperatura del disolvente.

- 1 esquema de proceso
- 2 recipiente de material de extracción (sólido)
- 3 dosificador de materias sólidas
- 4 extractor
- 5 depósito colector de residuo de extracción
- 6 depósito colector de extracto
- 7 depósito de alimentación de disolvente
- 8 armario de distribución con elementos de mando e indicadores digitales



Al producto:

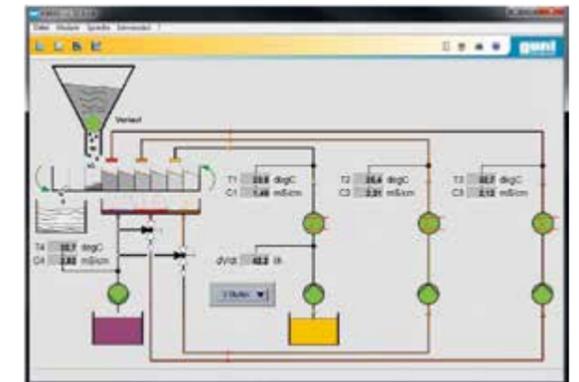


### Extractor giratorio

El componente principal del CE 630 es un extractor giratorio dividido en varias cámaras. En estas cámaras entra el material de extracción, es decir, la materia sólida con la sustancia a eliminar. El disolvente entra con tres aspersores desde arriba en las cámaras y absorbe la sustancia a extraer. Mediante la rotación del extractor, es posible un desarrollo en 3 etapas del proceso. Además puede ajustar el número de revoluciones del extractor.

### Contenidos didácticos

- principio básico de la extracción de sólidos y líquidos
- influencia del modo de funcionamiento (continuo/discontinuo)
- estudio del proceso de 1, 2 y 3 etapas
- influencia de parámetros típicos en el proceso:
  - ▶ caudal del disolvente
  - ▶ temperatura del disolvente
  - ▶ caudal del material de extracción
  - ▶ número de revoluciones del extractor



### Software

El equipo está equipado con un software que indica continuamente todas las variables esenciales del proceso. Los valores de medición registrados pueden guardarse para la posterior evaluación de los ensayos.



Un profesor de la Escuela Universitaria Industrial en Yanbu (Arabia Saudí) tras una puesta en funcionamiento con éxito del CE 630



## Introducción

<b>Campos didácticos</b> Residuos	092
--------------------------------------	-----

<b>Conocimientos básicos</b> Residuos	094
------------------------------------------	-----

## Trituración

<b>CE 245</b> Molino de bolas	096
----------------------------------	-----

## Procesos de separación

<b>CE 280</b> Separación magnética	098
---------------------------------------	-----

<b>CE 275</b> Separación neumática	100
---------------------------------------	-----

<b>MT 174</b> Planta de clasificación	102
------------------------------------------	-----



Campos didácticos  
Residuos Campos didácticos

Productos

## Trituración

La trituración de residuos desempeña un papel importante en la gestión de residuos y es un requisito para muchos procesos de reciclaje. Los residuos se preparan mediante la trituración para las etapas siguientes del proceso. Un método clásico de trituración de materias sólidas son los molinos de bolas. Nuestro equipo de ensayo CE 245 demuestra este proceso de forma muy visual.

Trituración

**CE 245**  
Molino de bolas

## Procesos de separación

Los procesos de separación sirven para separar las mezclas de residuos en fracciones individuales. La separación puede realizarse según características de las sustancias (materiales) o según características geométricas (tamaño de partícula).

Un ejemplo de aplicación clásico es la separación de metales para introducirlos en un proceso de reciclaje. La separación de metales suele realizarse mediante separación magnética. Con nuestro banco de ensayos CE 280 puede utilizar este proceso de separación a escala de laboratorio.

Con la separación neumática, sin embargo, las distintas fracciones de una mezcla de residuos se separan según sus propiedades geométricas. Para poder enseñar de forma visual los fundamentos de este proceso, hemos desarrollado nuestro separador de pliegues CE 275.

Procesos de separación

**CE 280**  
Separación magnética  
**CE 275**  
Separación neumática  
**MT 174**  
Planta de clasificación

Muchos de los procesos utilizados para la gestión de residuos se basan en la ingeniería de procesos clásica. Los más utilizados son los procesos de separación de la ingeniería de las operaciones básicas mecánicas. En nuestra gama de productos "Ingeniería de procesos" puede encontrar otros equipos interesantes relacionados con esta área temática.



» Ingeniería de procesos

## Conocimientos básicos

## Residuos

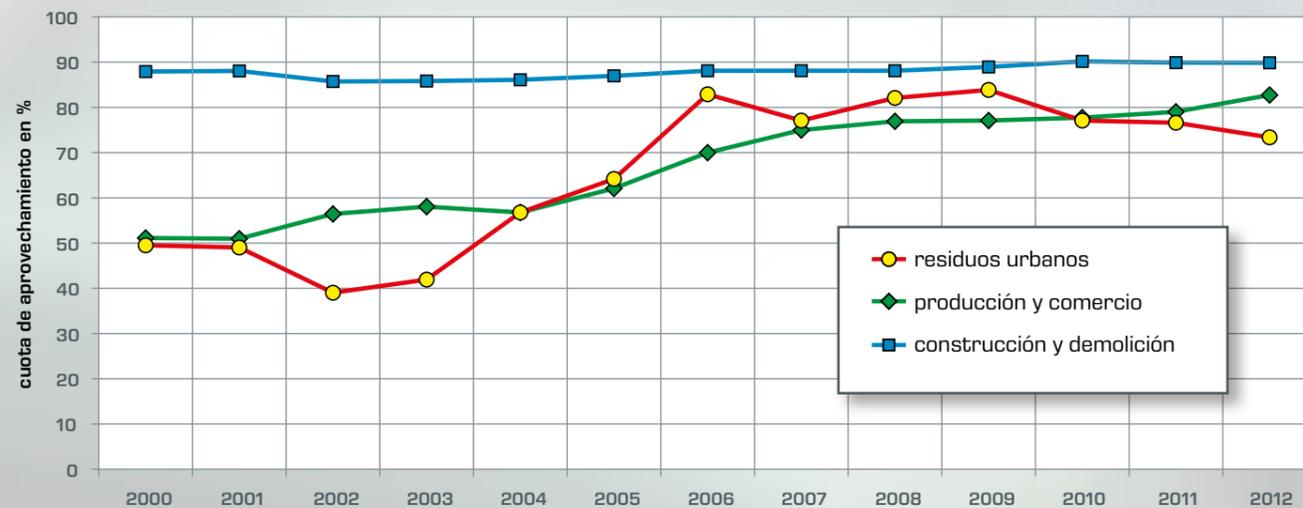
## Residuos en el ciclo económico

Cada habitante de Alemania produce aprox. 500-600kg de desechos domésticos al año. Los residuos constan de distintos materiales y son una fuente importante de materias primas para la economía. La legislación sobre residuos en Alemania es regulada por la Ley de Economía Circular. El objetivo principal de esta Ley es fomentar la conservación de los recursos naturales mediante la reutilización o aprovechamiento de residuos y asegurar así la protección del hombre y el medio ambiente generando y gestionando residuos.

1	Prevención de residuos
2	Preparación para la reutilización de residuos
3	Reciclaje de residuos
4	Otro tipo de aprovechamiento de residuos (p. ej., energético)
5	Eliminación de residuos

## La jerarquía de residuos en 5 etapas

Un aspecto central de la Ley de Economía Circular es la jerarquía de residuos en 5 etapas. De acuerdo con este orden de prioridades, la prevención de residuos tiene la máxima prioridad (1). Si la generación de residuos es inevitable, debe procurarse la reutilización de estos mediante depuración o reparación (2). Si la reutilización directa de los productos usados no es posible, deben reciclarse según sus propiedades materiales (3). Si esto no fuera posible o no rentable, los residuos deben aprovecharse de otro modo (4), p. ej., para producir energía. Al final de este orden de prioridades se encuentra la eliminación de residuos (5), que suele realizarse con la descarga en vertederos.



Cuotas de aprovechamiento de los tipos de residuos más importantes en Alemania  
Fuente: Oficina Federal de Estadística, Wiesbaden (Alemania), balance de residuos, distintos años; Agencia Federal para el Medio Ambiente (Alemania), cálculos propios

## Trituración: requisito para un reciclaje efectivo

En la gestión de residuos, la trituración de residuos es fundamental. Mediante la trituración se reduce el tamaño de las partículas de residuos. Al mismo tiempo, la trituración provoca un aumento de la superficie específica de las partículas. La trituración es un pretratamiento al que siguen otras etapas del proceso. La fundición de plásticos resulta más sencilla gracias, p. ej., a un tamaño de partículas reducido. Para la trituración de residuos se utilizan diversas técnicas como, p. ej., molinos de bolas.



## Separación magnética

La separación magnética es un proceso de separación que utiliza la magnetizabilidad de las piezas (p. ej., hierro) de una mezcla de residuos. La mezcla de residuos es transportada a un tambor giratorio no magnético. En una zona del tambor hay un imán permanente, que adhiere las piezas magnetizables al tambor y las transporta. Las piezas no magnetizables caen en un depósito colector debido a la fuerza de la gravedad. Las piezas magnetizables se separan del tambor cuando salen del área de influencia del imán permanente y caen en otro depósito colector.

## Separación neumática

Este proceso de separación utiliza las distintas velocidades de sedimentación de las partículas en un flujo de aire. La velocidad de sedimentación depende del tamaño, la densidad y la forma de cada partícula y de las fuerzas de resistencia al flujo y pesos resultantes. Para la separación neumática se utilizan principalmente separadores de pliegues. En un separador de pliegues, la mezcla de residuos a separar se alimenta por el lado al conducto de pliegues, en el que se desplaza el flujo de aire en sentido ascendente. En función de la geometría y la densidad del flujo de aire, las partículas son transportadas o caen debido a la fuerza de la gravedad. Con frecuencia se conecta un ciclón a un separador de pliegues. De este modo se separa la fracción transportada por el flujo de aire de modo que el aire se pueda introducir en el circuito.

## Separación neumática

- 1 mezcla de residuos
- 2 separador de pliegues
- 3 ciclón de gas
- 4 soplante
- 5 depósito de material fino
- 6 depósito de material grueso

## CE 245 Molino de bolas



Un tamaño reducido de las partículas de los residuos favorece muchos procesos utilizados en el reciclaje de residuos. Por tanto, los residuos deben triturarse primero. Para ello se utilizan distintas técnicas como, p. ej., molinos de bolas.



Molino de bolas industrial en la gestión de residuos

Con nuestro equipo de ensayo CE 245 puede enseñar de forma práctica los fundamentos del proceso de trituración. Dispone de tres tambores diferentes. Todos los tambores tienen una cubierta frontal transparente. De modo que puede observar el proceso de trituración y los estados de movimiento característicos de los molinos de bolas en el interior del tambor.

El número de revoluciones del molino de bolas se puede ajustar sin escalonamiento. El número de revoluciones y el consumo de potencia del motor de accionamiento se indican digitalmente. Así puede comparar la demanda de potencia teórica y la real. Con ayuda de un temporizador puede ajustar también el tiempo de trituración.

El material didáctico presenta en detalle los fundamentos de este proceso. En él se describen y evalúan de forma clara los ensayos realizados a modo de ejemplo.

### Contenidos didácticos

- movimiento de cascada
- movimiento de catarata
- determinación del número de revoluciones crítico
- comparación de la demanda de potencia teórica y la real
- influencia de los siguientes parámetros en el grado de trituración:
  - ▶ tiempo de trituración
  - ▶ número de revoluciones
  - ▶ diámetro de las bolas
  - ▶ número de bolas
  - ▶ material a triturar

Al producto:



## CE 280 Separación magnética



### Separación magnética: recuperación de materias primas importantes

The recovery of reusable materials is a central aspect of waste management. A very effective and therefore widely-used method for separating magnetisable reusable materials such as iron from a mixture of waste is by using magnetic separators.

### Separador magnético CE 280

Con nuestro banco de ensayos CE 280 puede demostrar visualmente el funcionamiento de un separador magnético. El componente principal es un separador magnético de tambor profesional como el que se utiliza habitualmente en la industria para clasificar mezclas de materias sólidas.

La mezcla a separar es transportada con una canaleta vibratoria al separador magnético. Mediante el embudo de carga ajustable en altura puede adaptar la distancia entre la salida del embudo y la canaleta vibratoria. La amplitud de oscilaciones y la frecuencia de la canaleta vibratoria pueden ajustarse individualmente. A través de estas tres posibilidades de ajuste puede influir en el caudal másico del material de carga.

También puede ajustar sin escalonamiento el número de revoluciones del separador magnético de tambor para estudiar la influencia del número de revoluciones en la eficacia de la separación.

### Contenidos didácticos

- principio básico y comportamiento de funcionamiento de un separador magnético de tambor
- influencia de las siguientes variables en la eficacia de la separación:
  - ▶ caudal másico del material de carga
  - ▶ comportamiento de mezcla del material de carga
  - ▶ tipo de material de carga
  - ▶ número de revoluciones del tambor

Al producto:

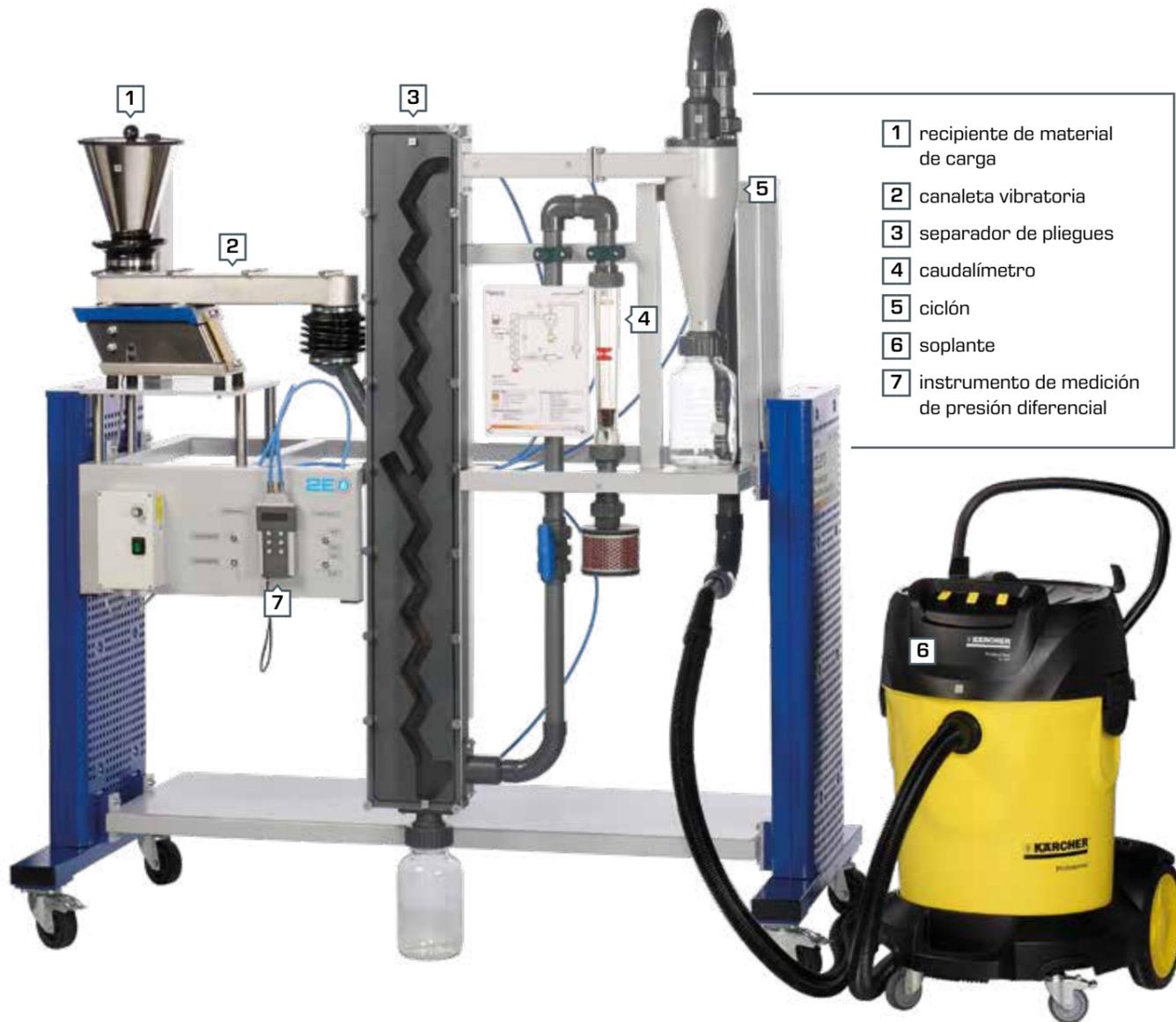


## CE 275 Separación neumática

### Separación neumática con separador de pliegues: un proceso de separación mecánico

La separación neumática es un proceso de separación mecánico del área de la ingeniería de procesos clásica. En la gestión de residuos se utiliza este proceso para la separación de distintos residuos, p. ej., para separar polvo, arena o sustancias no reutilizables de materiales reciclables. Para ello se utilizan principalmente separadores de pliegues.

Este equipo didáctico es excelente para enseñar de forma visual y práctica los fundamentos teóricos de este proceso. El elemento principal del CE 275 es un separador de pliegues de 20 etapas, provisto de una cubierta transparente. De este modo puede observar el proceso de separación en toda la altura del conducto de pliegues.



Al producto:



### Principio de funcionamiento

La mezcla de residuos (material de carga) a separar es transportada con una canaleta vibratoria al separador de pliegues. El soplante genera el flujo de aire en sentido ascendente, necesario para la separación a través del conducto de pliegues. Puede ajustar el caudal másico del material de carga y el caudal volumétrico del aire. La fracción del material de carga transportada con el aire se separa después en un ciclón. Esto permite crear un circuito cerrado para el flujo de aire. El separador de pliegues y el ciclón están equipados con una medición de la presión diferencial.



CE 275 durante el funcionamiento de prueba:  
La canaleta vibratoria alimenta continuamente la mezcla a separar de espelta y huesos de cereza al separador de pliegues.



En el conducto de pliegues se puede observar con claridad la separación de la mezcla.

Este equipo ha sido desarrollado por nuestros ingenieros expertos en colaboración con el Instituto de Ingeniería de las Operaciones Básicas Mecánicas de la Escuela Superior de Anhalt, Alemania.

**Hochschule Anhalt**  
Anhalt University of Applied Sciences

### Accesorio recomendado



Para evaluar los ensayos recomendamos el uso de nuestra tamizadora mecánica CE 264.

### Contenidos didácticos

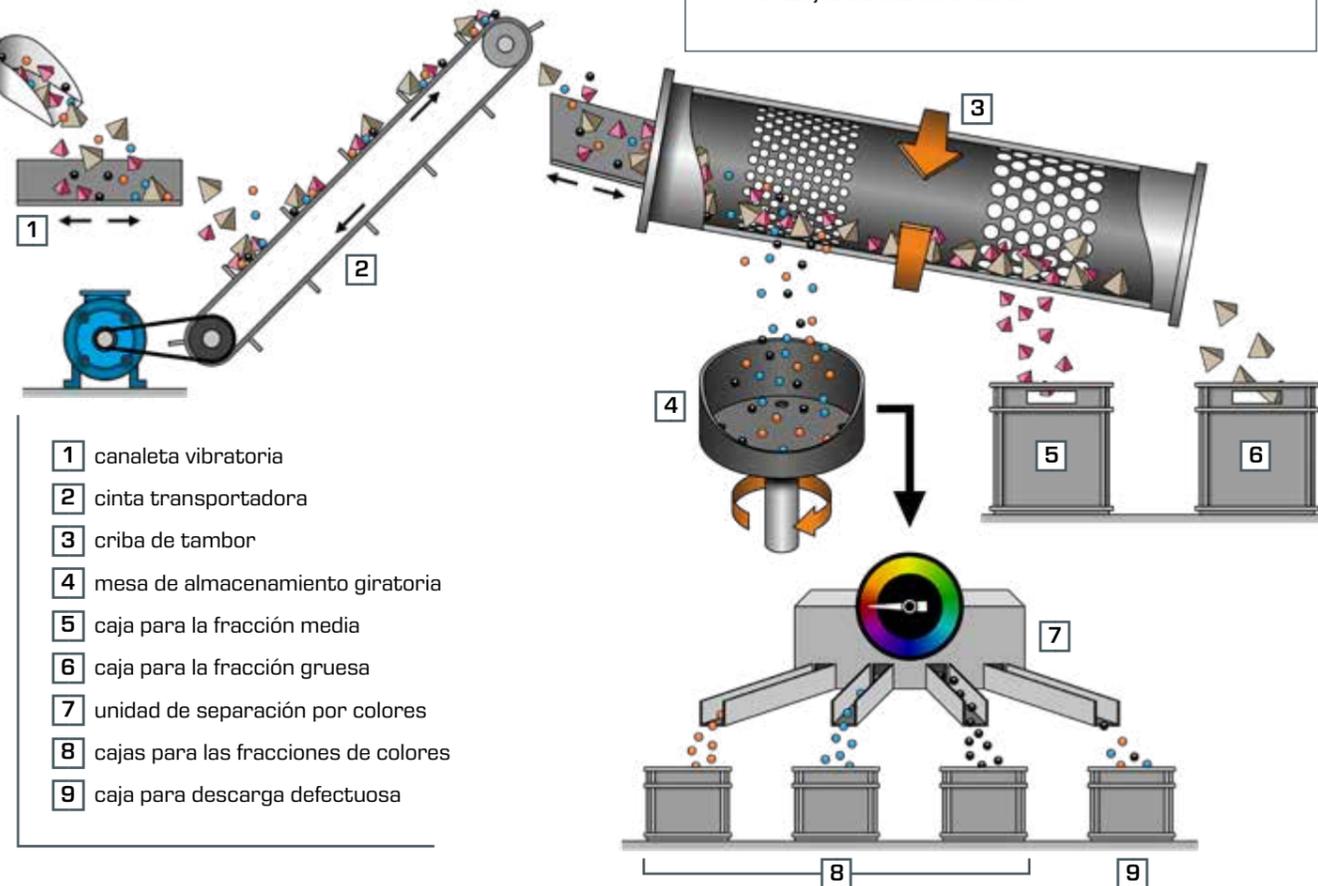
- familiarización con el principio básico de la separación neumática
  - influencia del caudal másico y el caudal volumétrico de aire
    - ▶ fracción del material fino
    - ▶ calidad de la separación
    - ▶ pérdida de carga del separador
    - ▶ pérdida de carga del ciclón
    - ▶ balance de fracciones
    - ▶ función de separación
    - ▶ tamaño de grano de separación
    - ▶ precisión de la separación
- } con  
CE 264

## MT174 Planta de clasificación

En la gestión de residuos, la separación de las mezclas de residuos en fracciones individuales, con las mismas propiedades, desempeña un papel fundamental. Se trata de un requisito imprescindible para que los procesos de reciclaje sean eficaces y puedan devolver los materiales reciclables al ciclo.

La planta de clasificación MT 174 se basa en un proceso de separación típico en la gestión de residuos e incluye la clasificación mediante una criba de tambor y la clasificación por colores.

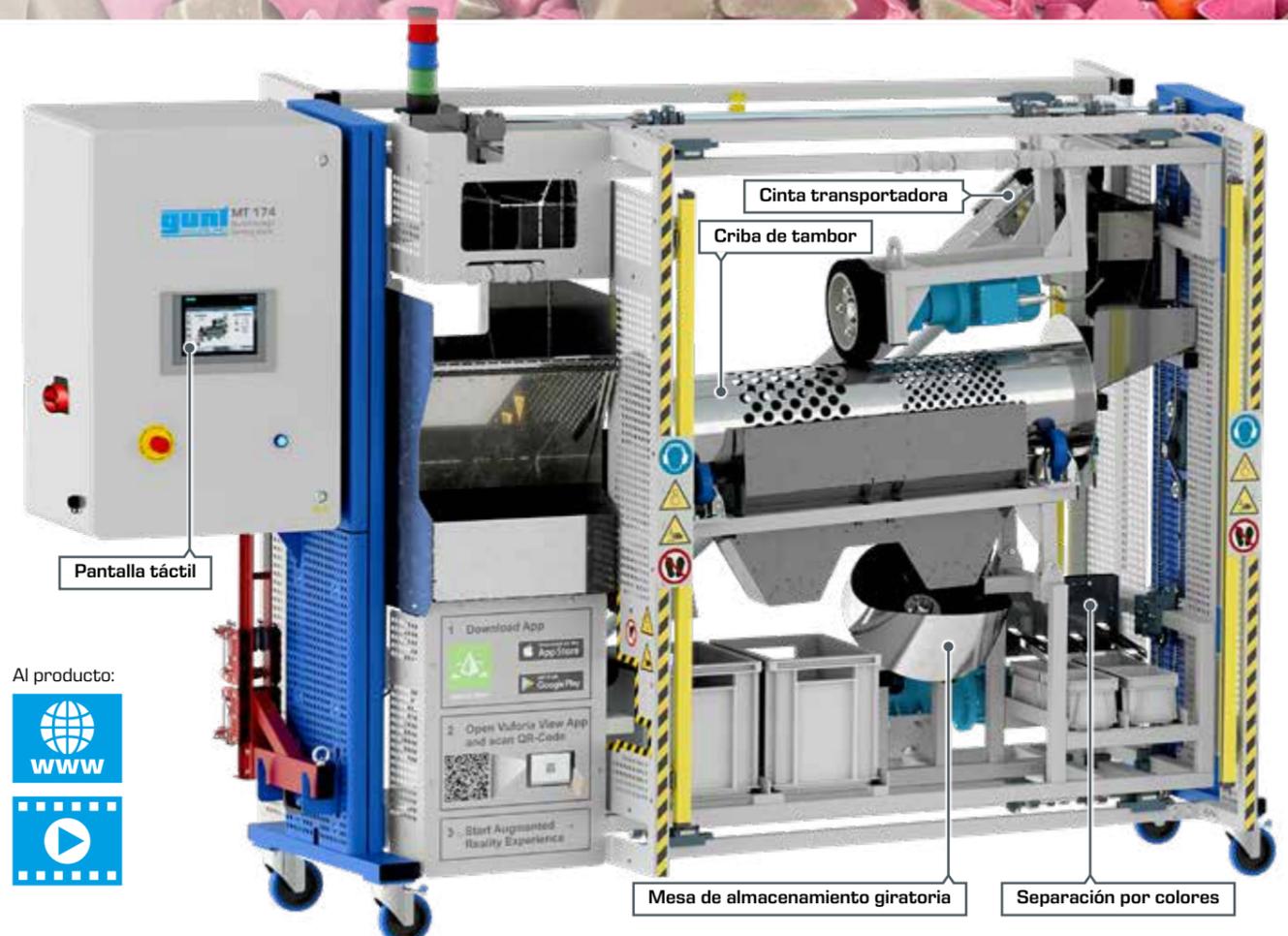
- planta de clasificación a escala de laboratorio con componentes estándar de la industria
- separación en 3 fracciones con criba de tambor
- separación por colores en 3 fracciones
- control de instalación mediante PLC, manejo vía pantalla táctil
- realidad aumentada para la visualización de los trabajos de mantenimiento



Criba de tambor



Mesa de almacenamiento giratoria y separación por colores



Al producto:

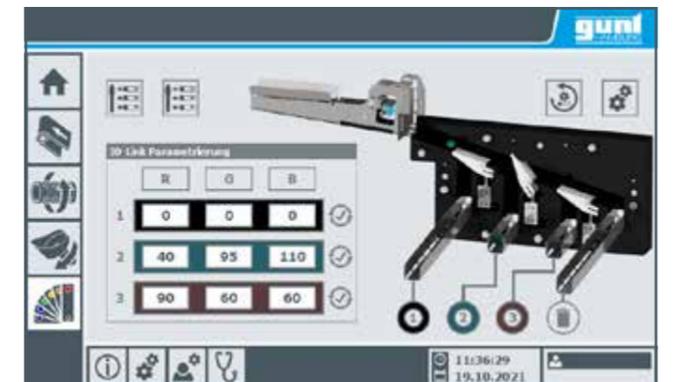


### PLC con pantalla táctil

La instalación se controla mediante un moderno PLC con pantalla táctil. Con objeto de que el proceso sea más claro, cada uno de los grupos funcionales está equipado con una interfaz de usuario independiente. Todos los parámetros relevantes para el proceso de separación se pueden ajustar a través del PLC. Entre ellos, se encuentran, por ejemplo, el número de revoluciones y la inclinación de la criba de tambor. En el PLC también se pueden definir los colores de las partículas que se vayan a clasificar.

### Contenidos didácticos

- influencia de los siguientes parámetros sobre el proceso de separación:
  - ▶ velocidad de la cinta transportadora
  - ▶ inclinación y velocidad de la criba de tambor
  - ▶ velocidad de la mesa de almacenamiento giratoria
  - ▶ frecuencia de las canaletas vibratorias
  - ▶ definición de color para la separación por colores
- trabajos de mantenimiento en una planta industrial
  - ▶ controlado por tiempo
  - ▶ controlado por sensor
  - ▶ apoyado por realidad aumentada



Captura de pantalla PLC (separación por colores)

### Mantenimiento

Para que una planta de clasificación funcione correctamente, es necesario respetar las indicaciones de reparación y mantenimiento. Por este motivo, en la planta de clasificación también se pueden realizar tareas de mantenimiento con fines de formación. Si la instalación se utiliza en modo de prácticas, el PLC puede emitir mensajes controlados por tiempo y sensores, para que se realicen tareas de mantenimiento. Para visualizar las tareas de mantenimiento, tiene a su disposición una interfaz de realidad aumentada para dispositivos finales móviles.

# MT174 Planta de clasificación – GUNT DigiSkills 3

Skill Level				
1	2	3	4	5

**Digitalización del mundo laboral – nuevas exigencias para la educación**

**Cómo diseñar la formación en profesiones relacionadas con la industria eléctrica y del metal**

**Objetivos de aprendizaje estándar de las unidades de cualificación en mecánica industrial**

- producción de elementos constructivos con herramientas manuales o máquinas
- fabricación de grupos constructivos sencillos
- establecimiento, puesta en marcha y mantenimiento de sistemas técnicos
- reparación de sistemas técnicos

**Nuevos objetivos de aprendizaje relativos a Digitalización del trabajo**

- utilizar programas de software convencionales, p.ej. ERP, CAD, CAM
- convertir datos
- emplear tecnología y medios de trabajo digitales, p.ej. LAN/WLAN, códigos QR, RFID, Bluetooth
- Computer Based Training (CBT) y Web Based Training (WBT)
- utilizar equipos finales móviles
- realidad aumentada
- realidad virtual
- condition monitoring



Visite  
**GUNT-DigiSkills**  
at [www.gunt.de](http://www.gunt.de)



**Desmontaje del engranaje**



**Fabricación de piezas de repuesto: mediante impresión 3D o mecanizado CNC**



**Montaje del engranaje**



**Comprobación del funcionamiento para garantizar la calidad**



**Extracción del engranaje**



**Aviso de mantenimiento**



a modo de instalación operativa, se utiliza la planta de clasificación MT174

**Sistema didáctico  
GUNT-DigiSkills 3**

Planificación de los elementos formativos y el desarrollo de las clases para un proyecto de aprendizaje complejo

**De esta manera, alcanzará la transformación digital necesaria en la Industria 4.0**

## Todo el programa GUNT – equipos para la educación en ingeniería



### 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 la termodinámica
- aplicaciones termodinámicas en la ingeniería de suministro
- energías renovables
- máquinas fluidomecánicas térmicas
- refrigeración e ingeniería climática



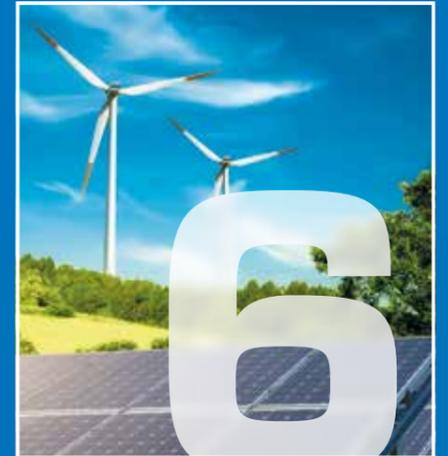
### Mecánica de fluidos

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



### Ingeniería de procesos

- ingeniería de las operaciones básicas mecánicas
- ingeniería de procesos térmicos
- ingeniería de procesos químicos
- ingeniería de procesos biológicos
- plantas piloto



### 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



Planificación y asesoramiento · Servicio técnico  
Puesta en servicio y formación

## Índice

Palabra clave	Código (página)
---------------	-----------------

A	
absorción	CE 400 (64)
adsorción	CE 540 (66) CE 581 (52) CE 583 (42)
airlift	CE 730 (34)
altura de la presión diferencial	CE 117 (82) CE 579 (22)

B	
biogás	CE 702 (36)
biopelícula	CE 701 (32)

C	
capacidad de acumulación (de suelo)	HM 141 (76) HM 165 (74)
carbón activado	CE 581 (52) CE 583 (42)
Carman-Kozeny	CE 117 (82)
cyclón	CE 225 (86) CE 235 (62) CE 275 (100)
cinética de la reacción	CE 584 (48)
cinta transportadora	MT 174 (102)
clasificación	MT 174 (102)
conservación de la calidad del aire	CE 235 (62) CE 400 (64) CE 540 (66)
corriente de infiltración	CE 117 (82) HM 165 (74) HM 167 (78) HM 169 (80)
criba de tambor	MT 174 (102)
curva de ruptura	CE 540 (66) CE 582 (54) CE 583 (42)

D	
Darcy	CE 117 (82) CE 579 (22)
decantación secundaria	CE 701 (32) CE 702 (36) CE 705 (26)
decantador lamelar	CE 586 (46) HM 142 (16)
deposito de retencion de agua pluvial	HM 141 (76)
desnitrificación	CE 701 (32) CE 704 (30) CE 705 (26)
desorción	CE 400 (64)

E	
estación depuradora de aguas residuales	CE 701 (32) CE 702 (36) CE 704 (30) CE 705 (26)
estrato de partículas	CE 117 (82)
extracción	CE 630 (88)

Palabra clave	Código (página)
---------------	-----------------

F	
filtración	CE 117 (82) CE 579 (22) CE 581 (52) CE 582 (54)
filtro de arena	CE 579 (22) CE 581 (52) CE 582 (54)
filtro percolador	CE 701 (32)
floculación	CE 586 (46) CE 587 (18) CE 588 (20)
flotación	CE 587 (18) CE 588 (20)
flotación por aire disuelto	CE 587 (18) CE 588 (20)
flujo de agua subterránea	CE 117 (82) HM 165 (74) HM 167 (78) HM 169 (80)
función de separación	CE 235 (62) CE 275 (100)

H	
hidrogeología	CE 117 (82) HM 141 (76) HM 165 (74) HM 167 (78) HM 169 (80)
hidrograma	HM 141 (76)

I	
intercambio iónico	CE 300 (45) CE 581 (52) CE 582 (54)

L	
lecho fluidizado	CE 117 (82) CE 579 (22)
lecho sólido	CE 117 (82)
líneas de corriente	HM 169 (80)
lluvia	HM 141 (76) HM 165 (74)

M	
mantenimiento	MT 174 (102)
metano	CE 702 (36)
método de separación	CE 280 (98) MT 174 (102)
Micheau	CE 579 (22) CE 582 (54)
módulo de membrana en espiral	CE 530 (44)
molino de bolas	CE 245 (96)
muro de contención	HM 169 (80)

N	
nitrificación	CE 701 (32) CE 704 (30) CE 705 (26)

Palabra clave	Código (página)
---------------	-----------------

O	
ósmosis inversa	CE 530 (44)
oxidación	CE 584 (48)

P	
pantalla táctil	CE 530 (44) CE 581 (52) CE 704 (30) CE 705 (26) MT 174 (102)
pared de tablestacas	HM 169 (80)
pérdida de presión	CE 117 (82) CE 225 (86) CE 235 (62) CE 275 (100) CE 579 (22) CE 581 (52) CE 582 (54)
perfil de concentración	CE 583 (42) CE 701 (32)
permeabilidad	CE 117 (82)
peróxido de hidrógeno	CE 584 (48)
PLC	CE 530 (44) CE 581 (52) CE 705 (26) MT 174 (102)
pozo	HM 165 (74) HM 167 (78)
precipitación	CE 586 (46)
presión diferencial	CE 117 (82) CE 225 (86) CE 235 (62) CE 275 (100) CE 579 (22) CE 581 (52) CE 582 (54)
proceso de lodos activados	CE 704 (30) CE 705 (26)
procesos de separación por membrana	CE 530 (44)

R	
reactor de agitación	CE 702 (36) CE 704 (30)
realidad aumentada	MT 174 (102)

S	
SBR	CE 704 (30)
sedimentación	HM 142 (16) CE 586 (46) CE 704 (30) CE 705 (26)
sentido inverso	CE 579 (22) CE 581 (52) CE 582 (54)
separación	CE 280 (98) MT 174 (102)
separación magnética	CE 280 (98)
separación neumática	CE 275 (100)
separación por colores	MT 174 (102)
separador de pliegues	CE 275 (100)
sequencing batch reactor	CE 704 (30)

Palabra clave	Código (página)
---------------	-----------------

T	
tamaño de grano de separación	CE 235 (62) CE 275 (100)
tratamiento de aguas (aerobio)	CE 701 (32) CE 704 (30) CE 705 (26) CE 730 (34)
tratamiento de aguas (anaerobio)	CE 702 (36)
tratamiento de aguas (biológico)	CE 701 (32) CE 702 (36) CE 704 (30) CE 705 (26) CE 730 (34)
tratamiento de aguas (físico/químico)	CE 300 (45) CE 530 (44) CE 583 (42) CE 584 (48) CE 586 (46)
tratamiento de aguas (mecánico)	CE 579 (22) CE 587 (18) CE 588 (20) HM 142 (16)
tratamiento de aguas (multietapa)	CE 581 (52) CE 582 (54)
tratamiento de suelos	CE 225 (86) CE 630 (88)
trituration	CE 245 (96)

U	
UASB	CE 702 (36)
UV (luz ultravioleta)	CE 584 (48)

V	
velocidad de desagregación	CE 117 (82) CE 579 (22)
zona de transferencia de materia	CE 540 (66) CE 583 (42)

## Vista general de productos

CE		
CE 117	Flujo a través de estratos de partículas	082
CE 225	Hidrociclón	086
CE 235	Ciclón de gases	062
CE 245	Molino de bolas	096
CE 275	Separación neumática	100
CE 280	Separación magnética	098
CE 300	Intercambio iónico	045
CE 400	Absorción de gases	064
CE 530	Ósmosis inversa	044
CE 540	Secado del aire por adsorción	066
CE 579	Filtración de lecho profundo	022
CE 581	Tratamiento de aguas: planta 1	052
CE 582	Tratamiento de aguas: planta 2	054
CE 583	Adsorción	042
CE 584	Oxidación avanzada	048
CE 586	Precipitación y floculación	046
CE 587	Flotación por aire disuelto	018
CE 588	Demostración de la flotación por aire disuelto	020
CE 630	Extracción sólido-líquido	088
CE 701	Proceso de biopelícula	032
CE 702	Tratamiento anaerobio de aguas	036
CE 704	Proceso SBR	030
CE 705	Proceso de lodos activados	026
CE 730	Reactor airlift	034

HM		
HM 141	Hidrogramas después de la precipitación	076
HM 142	Separación en tanques de sedimentación	016
HM 165	Estudios hidrológicos	074
HM 167	Flujo de agua subterránea	078
HM 169	Visualización de corrientes de infiltración	080

MT		
MT 174	Planta de clasificación	102



# Contacto

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

+49 40 67 08 54-0  
sales@gunt.de  
www.gunt.de



Visite nuestra  
página web  
[www.gunt.de](http://www.gunt.de)

