



**Wiegand® tecnología de evaporación
para la industria química, alimentaria y medioambiental**

Aplicaciones, tipos, componentes y
eficiencia energética en plantas de evaporación

Tecnología de evaporaciónInvestigación y Desarrollo

La evaporación, es una tecnología de separación térmica que se utiliza para la concentración y/o separación de soluciones líquidas, suspensiones y emulsiones.

El producto final deseado suele ser generalmente un líquido concentrado aun bombeable. No obstante, el objetivo de la evaporación puede ser también la recuperación de los componentes volátiles presentes en el destilado, como sería el caso en un sistema de separación de disolventes. Sin embargo, en estos procesos, tampoco debe reducirse la calidad del concentrado.

La diversidad de las aplicaciones de las plantas de evaporación, implica diseños, tipos y modos de funcionamiento de los equipos muy diferentes entre si.

GEA Wiegand ha contribuido sustancialmente en el desarrollo de la tecnología de evaporación. El primer evaporador Wiegand, construido en 1908 fue patentado como un evaporador de circulación natural de múltiple efecto; donde se concentraba el producto sin dañarlo con una eficacia sin precedentes en aquella época. El equipo era además más fácil de manejar y de diseño compacto.

Desarrollos técnicos posteriores desembocaron en 1952 en el diseño del primer evaporador de película descendente que además de mejorar estas características, abría la tecnología de la evaporación a una nueva gama de procesos, especialmente para productos sensibles al calor. Al mismo tiempo, aumentó considerablemente la eficiencia térmica de las plantas de evaporación.

Por sus demostradas ventajas, el evaporador de película descendente ha reemplazado prácticamente a otro tipo de evaporadores en muchas industrias. Mientras los evaporadores de circulación natural y de circulación forzada son aun de uso común, los tipos especiales como los evaporadores de tubo en espiral, en contra corriente o con agitación se utilizan solo para aplicaciones muy especiales.



Gracias al continuo trabajo de investigación y desarrollo llevado a cabo durante décadas y a nuestra experiencia basada en la instalación de miles de plantas por todo el mundo, GEA Wiegand posee los más amplios conocimientos técnicos y una absoluta solvencia para diseñar la solución mas adecuada a cada tipo de producto, caudal de evaporación, modo de funcionamiento y aplicación.

GEA Wiegand tiene su propio centro de Investigación y Desarrollo, que dispone de numerosos laboratorios y plantas pilotos para realizar todo tipo de análisis y pruebas experimentales en el campo de la evaporación y la destilación. En el Centro de Investigación y Desarrollo, se determinan características físicas tan importantes como el punto de ebullición, la variación del punto de ebullición liquido-gas, la tensión superficial, la solubilidad y la máxima concentración alcanzable. Algunas plantas piloto están disponibles como unidades móviles y pueden ser trasladadas “in situ” a las instalaciones del cliente. Una vez recogidos los parámetros experimentales, se extrapolan y se simula el funcionamiento de la planta industrial gracias a los programas informáticos más avanzados.

Los tests se llevan a cabo en distintos tipos de evaporadores tanto tubulares como de placas y en columnas de destilación, si fuese necesario. Hasta la fecha, se han realizado mas de 3000 ensayos experimentales en nuestras instalaciones. La lista alfabética de productos va desde mezclas de acetona /alcohol hasta el dicloruro de zinc.

Contenidos

Investigación y Desarrollo	2	Eficiencia energética en las plantas de evaporación	15
Productos de referencia en las plantas de evaporación GEA Wiegand	3	Criterios de elección del diseño, disposición y modo de funcionamiento de las plantas de evaporación	19
Tipos de evaporadores	4	Componentes principales de las plantas de evaporación	19
Tipos de evaporadores especiales	11	Sistemas de Instrumentación, medición y control	22
Caudales y coeficientes de concentración en las plantas de evaporación	14	Fabricación, transporte, montaje, puesta en marcha y servicio posventa	23

Productos de referencia en plantas de evaporación GEA Wiegand

La siguiente lista muestra los productos principales que han sido concentrados con éxito en más de 4.000 plantas de evaporación GEA Wiegand funcionando en todo el mundo. Una lista mas detallada de todos los productos se recoge en nuestras listas de referencia.

Industrias farmacéutica y química.

Soluciones básicas	Solución de sosa cáustica, solución de potasa cáustica
Ácidos orgánicos	Ácido ascórbico, ácido cítrico
Ácidos inorgánicos	Ácido fosfórico, ácido nítrico
Soluciones salinas	Nitrato amónico, sulfato amónico, sulfato sódico
Aminas	Urea, dietilamina
Alcoholes	Metanol, etanol, glicerina, glicol, isopropanol
Productos orgánicos	Compuestos aromáticos, acetona, caprolactam, cola sintética, aromas
Soluciones farmacéuticas	Enzimas, antibióticos, extractos de analgésicos, sustitutivos del azúcar, sorbitol, y gluconato
Suspensiones	Caolín, carbonato de calcio
Aguas residuales	Aguas residuales de proceso, aguas de enjuague y de lavado, emulsiones de aceite, etc...

Industria de la alimentación y bebidas

Productos lácteos	Leche entera y desnatada, leche condensada, suero y derivados del suero, suero de manteca, soluciones de lactosa, ácido láctico
Soluciones proteicas	Suero de soja, levadura alimenticia y levadura forrajera, hlevina
Jugos de frutas	Naranja y otros jugos de cítricos, jugo de manzana, jugo de frutas rojas, jugo de frutos tropicales
Zumos de verduras	Zumos de remolacha, zumo de tomate, zumo de zanahoria
Derivados del almidón	Glucosa, dextrosa, fructosa, isómeros, maltosa, jarabe de almidón, dextrina
Azúcares	Azúcar líquido, azúcar refinado blanco, agua azucarada, inulina
Extractos	Extractos de café y té, extracto de lúpulo, extracto de cebada fermentada, extracto de levadura, pectina, extracto de huesos y carne
Hidrolizados	Hidrolizado de suero, concentrados de sopas, proteína
Cerveza	Cerveza sin alcohol, cerveza no fermentada

Industria de productos naturales orgánicos

Caldos de fermentación	Glutamato, lisina, betaína
Colas y gelatinas	Gelatina técnica, gelatina comestible, colas de cuero y colas de hueso
Emulsiones	Mezclas de emulsiones de productos orgánicos
Extractos	Extractos de procesos de curado de pieles
Vinazas de destilación	de Whisky, maíz, levadura, residuos de patatas
Aguas de maceración	Agua de maceración de trigo, de maíz
Aguas de cola	Aguas residuales de mataderos, aguas de cola de pescado, aguas de prensa de piel de frutas y de fibras de remolacha, aguas de prensa de fibras vegetales
Aguas residuales orgánicas	Agua de limpiezas, efluentes de almidón de trigo y de patata, purines
Sangre	Sangre entera, plasma de sangre



Tipos de evaporadores

EVAPORADOR DE PELÍCULA DESCENDENTE

Diseño

Intercambiador de calor de tubos vertical con separador centrífugo concéntrico o lateral.

Funcionamiento

El líquido a concentrar se introduce por la parte superior de los tubos de calentamiento y se distribuye uniformemente en su interior como una película fina que desciende por las paredes de los tubos. La película del líquido empieza a hervir debido al calentamiento externo produciéndose una evaporación parcial. El producto desciende por el interior de los tubos inducido por su propia gravedad y por el descenso de los vahos aspirados por el sistema de vacío. Los vahos se separan definitivamente del fluido concentrado, primero en la parte inferior de la carcasa y después en el separador centrífugo. Para el óptimo funcionamiento del evaporador de película descendente es imprescindible que la superficie de calentamiento en su totalidad es decir las paredes interiores de los tubos, esté totalmente cubierta por una película uniforme de líquido. Por eso es imprescindible un adecuado sistema de distribución en el cabezal del evaporador. En caso contrario, en las superficies secas se producirán incrustaciones y depósitos.



El espesor de la película puede incrementarse utilizando tubos de calentamiento más largos, dividiendo la carcasa del evaporador en varios pasos o mediante la recirculación de producto.

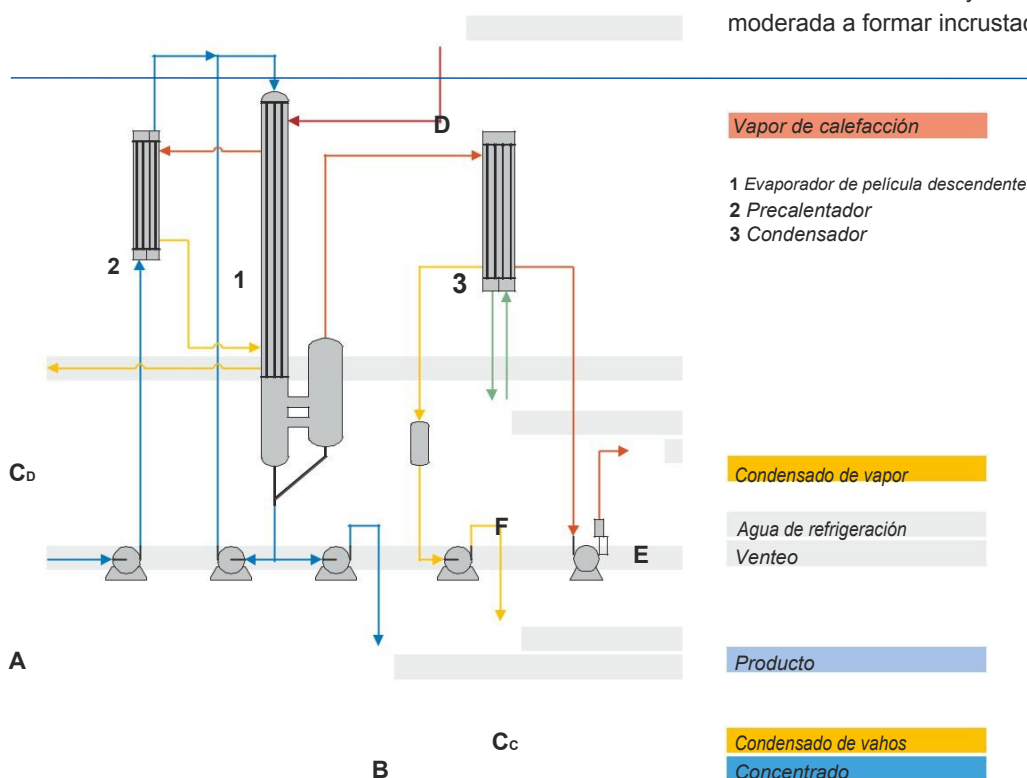
Características particulares

- **Mejor calidad de producto** – gracias a una evaporación menos agresiva, normalmente realizada a vacío y con unos tiempos de residencia en el evaporador extremadamente cortos.
- **Alta eficiencia energética** – gracias a los múltiples efectos o al calentamiento utilizando un recompresor de vahos mecánico o un termocompresor y con diferencias de temperatura muy pequeñas entre el lado vapor y el lado producto.
- **Control de proceso y automatización simple** – gracias al caudal tan reducido de producto circulando por los evaporadores de película descendente, pueden reaccionar y ajustarse rápidamente ante las variaciones en el suministro de energía, características del vacío, caudales de alimentación, concentraciones, etc... Esto es imprescindible para obtener un concentrado final uniforme.
- **Funcionamiento flexible** – arranque rápido y fácil paso del modo de operación al modo limpieza; posible variación del producto de alimentación.

Campos de aplicación

- Para capacidades de hasta 150 t/h, ocupando en comparación con otro tipo de evaporadores, una superficie de emplazamiento reducida.
- Particularmente óptimos para productos sensibles a la temperatura.
- Adecuados para fluidos limpios o que contienen pequeñas cantidades de sólidos y con tendencia entre baja y moderada a formar incrustaciones.

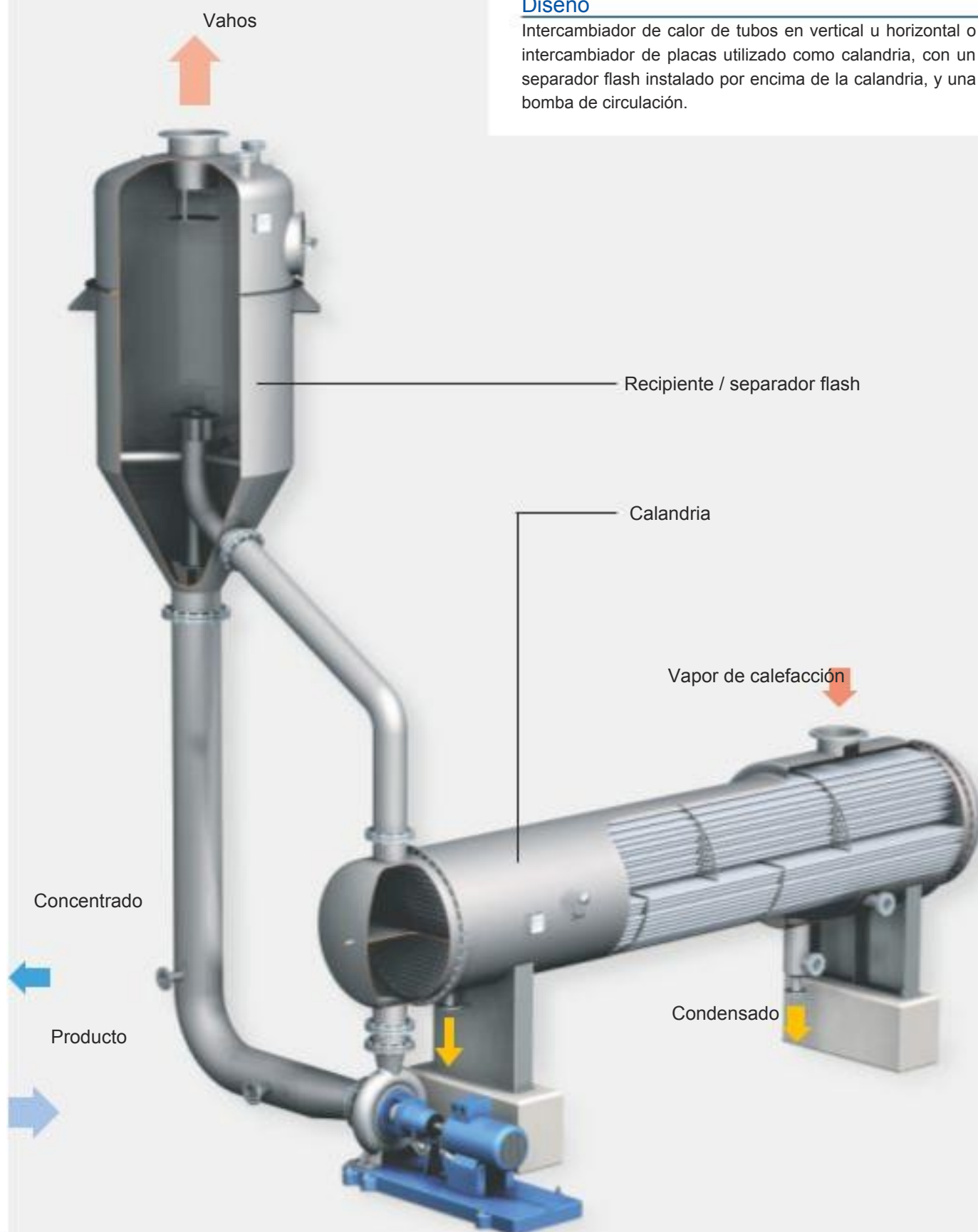
Dos ejemplos de sistemas de distribución, en la parte superior: de paredes perforadas en la parte inferior: de tubos perforados



EVAPORADOR DE CIRCULACIÓN FORZADA

Diseño

Intercambiador de calor de tubos en vertical u horizontal o intercambiador de placas utilizado como calandria, con un separador flash instalado por encima de la calandria, y una bomba de circulación.



Funcionamiento

El producto impulsado por la bomba de recirculación, circula por el interior de los tubos de la calandria donde se sobrecalienta a una presión más alta que la presión de ebullición. Al entrar en el separador, desciende instantáneamente la presión produciéndose una evaporación parcial. El caudal de recirculación se mantiene mediante una bomba. Esto permite que la velocidad en el interior de los tubos y el sobrecalentamiento del producto en el evaporador puedan diseñarse independientemente del delta-t propio de cada producto.

Características especiales

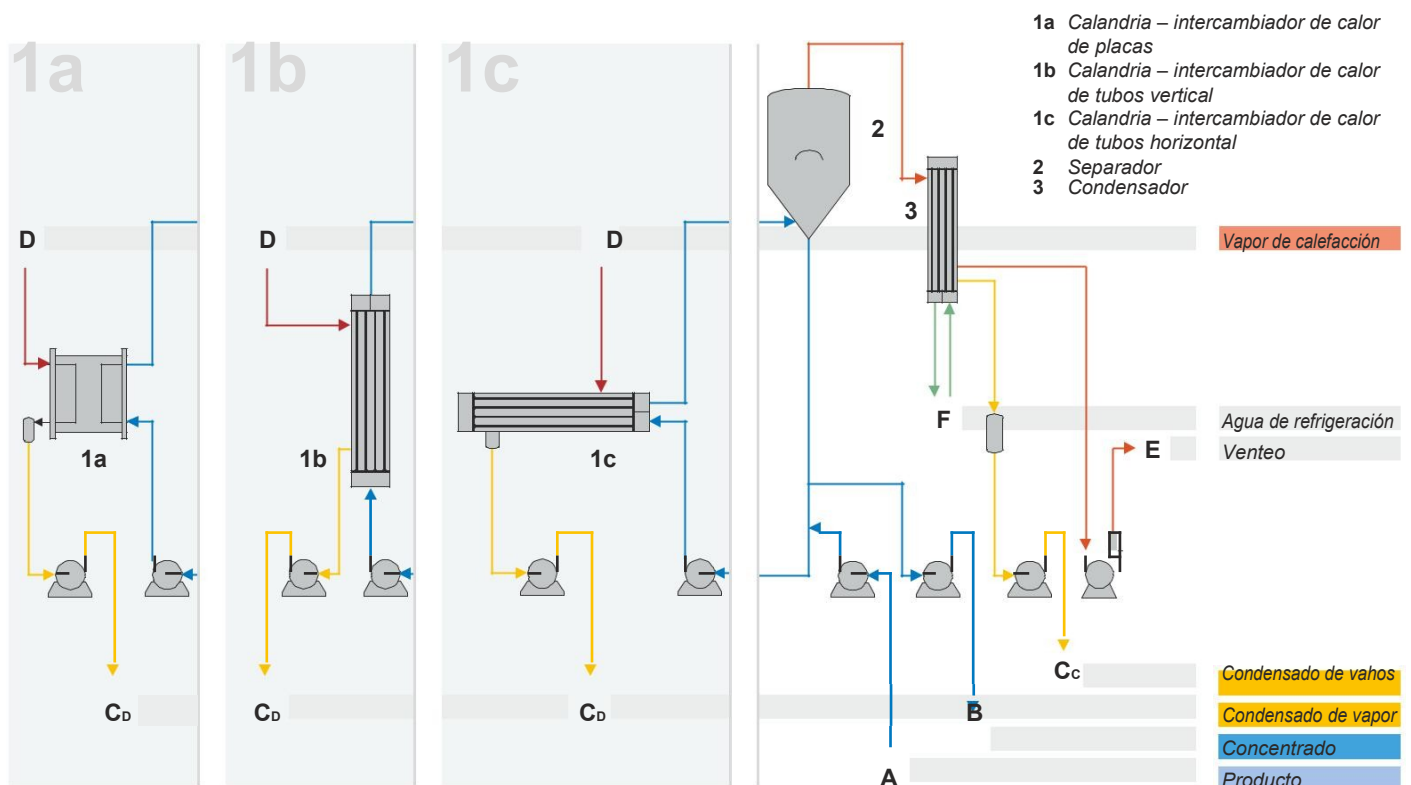
- **Tiempos de residencia altos** – posible gracias a que la evaporación no se produce en el interior de los tubos, sino en el separador, minimizando así el ensuciamiento por incrustación y/o precipitación.
- **Superficie de intercambio de calor optimizada** – gracias a la bomba de circulación que determina la velocidad en los tubos.

Campos de aplicación

- Productos con alta tendencia al ensuciamiento, fluidos viscosos; aptos como etapa final (altas concentraciones) en plantas de evaporación de múltiple efecto.
- Evaporadores de circulación forzada vertical con separadores apropiados son adecuados en plantas de evaporación para soluciones salinas.



Planta de evaporación de doble efecto: circulación forzada y película descendente en contracorriente, para aguas residuales con alto contenido en sales. Unidad de destilación para el tratamiento del condensado de vahos. Caudal de evaporación: 9.000 kg/h, concentrado al 65% S.S.

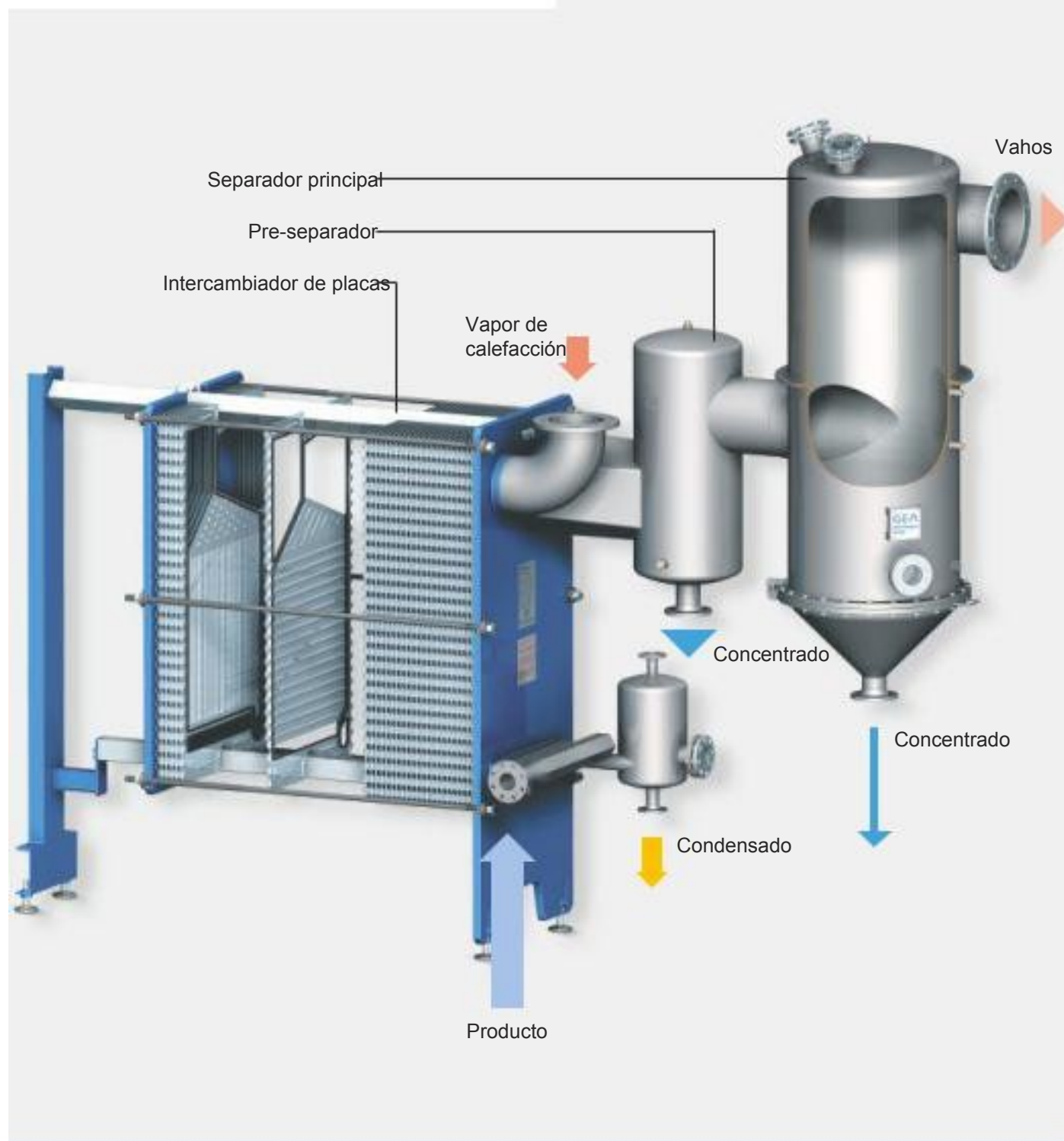


Tipos de evaporadores

EVAPORADOR DE PLACAS

Diseño

Intercambiador de calor de placas y separador tipo flash. Configuración alterna de placas para producto y para fluido de calefacción instalados sobre un bastidor sujetos mediante tornillos de tensión. Las placas están selladas con juntas situadas dentro de muescas de diseño especial y que no requieren adherente. Estas juntas se manipulan sin herramientas especiales.



Funcionamiento

El producto y el medio de calefacción se alimentan en contracorriente a sus respectivos canales. El intercambio de calor en la superficie de las placas provoca la evaporación del producto. Los vahos originados arrastran al resto del producto líquido hacia el canal de vahos situado en la parte superior del equipo. Líquido y vahos se separan definitivamente en el separador centrifugo posterior. Un conducto de entrada amplio y el movimiento ascendente de producto aseguran una distribución óptima del producto sobre la sección transversal de las placas. Las distancias entre placas y sus formas especiales favorecen una alta turbulencia, originando una transferencia de calor optima.



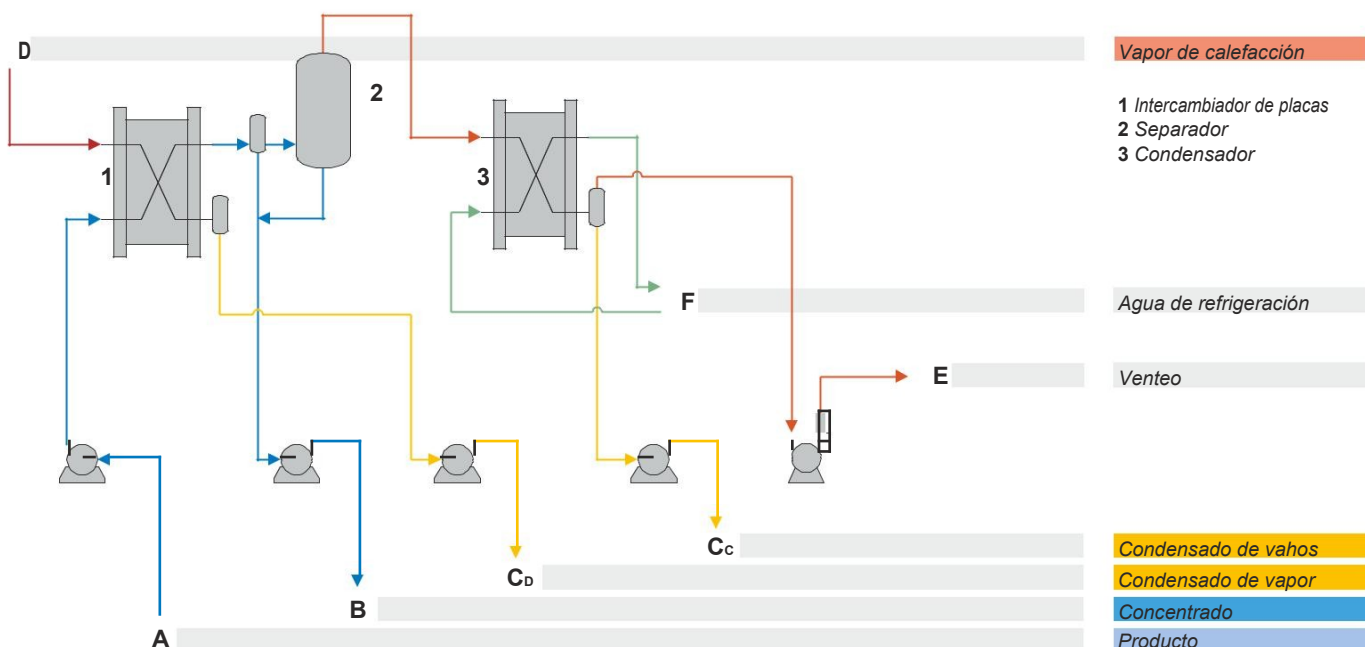
Características especiales

- **Utilización de distintos medios de calefacción** – gracias a la geometría de las placas, el sistema puede calentarse tanto con agua caliente como con vapor.
- **Alta calidad de producto** – gracias a una evaporación uniforme y poco agresiva en un solo paso
- **Emplazamiento en espacio reducido** – gracias a su diseño compacto, tuberías de conexiones cortas y altura total máxima 3 - 4 m.
- **Fácil instalación** – gracias al pre-ensamblaje, y a sus unidades en skid.
- **Caudal de evaporación flexibles** – añadiendo o quitando placas.
- **Fácil mantenimiento y limpieza** – ya que el ensamblaje de las placas puede abrirse fácilmente

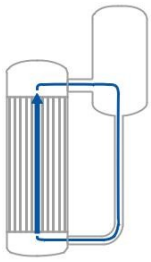
Campos de aplicación

- Para caudales de evaporación bajos y medios.
- Para productos que contienen solo pequeñas cantidades de sólidos no disueltos y sin tendencia al ensuciamiento.
- Para productos sensibles a temperatura, productos de alta viscosidad o condiciones de evaporación extremas.

Planta de evaporación con intercambiador de placas de efecto múltiple para fructosa.
Caudal de evaporación: 16 t/h



Tipos de evaporadores



EVAPORADOR DE CIRCULACIÓN NATURAL

Diseño

Intercambiador de calor de tubos vertical de corta longitud de tubo, con separador lateral situado en la parte superior.

Funcionamiento

El producto a concentrar se alimenta en la parte inferior del intercambiador de calor y asciende por el interior de los tubos de calefacción conforme al principio de “la bomba mamut”: el calentamiento externo de los tubos provoca la evaporación parcial de la película de producto que circula por el interior. Los vahos producidos arrastran al producto líquido restante en su movimiento ascendente.

El producto líquido se separa de los vahos en el separador, descendiendo por la tubería de recirculación retornando al evaporador, asegurando una circulación uniforme y estable. Cuando mayor sea la diferencia de temperatura entre la cámara de calentamiento y la cámara de ebullición, más grande será la capacidad de evaporación y, mayor será el caudal de líquido recirculante, lo que mejora los coeficientes de transferencia de calor.

Si la carcasa del evaporador se divide en distintas cámaras, cada una de ellas equipada con su propio sistema de recirculación, la superficie de calentamiento necesaria para alcanzar las mismas concentraciones finales es menor comparado con evaporador de un solo paso.

La concentración final se alcanza sólo en la última cámara. En otras cámaras, la transferencia de calor es más alta ya que las viscosidades y la elevación del punto de ebullición son menores.

Características especiales

- **Arranque rápido y rendimiento alto** – gracias al reducido caudal de producto presente en el evaporador en relación con los tubos de calentamiento cortos y estrechos (1-3 m)

Campos de aplicación

- Para la evaporación de productos insensibles a temperaturas altas, donde se requieren unos ratios de evaporación altos.
- Para productos que tienen una alta tendencia de ensuciamiento y para productos no-Newtonianos donde las altas velocidades reducen la viscosidad aparente.
- El evaporador de circulación natural con la carcasa dividida en varias cámaras y el separador colocado en la parte superior se utiliza para alcanzar altas concentraciones.



Evaporador de tres efectos de circulación forzada para glicerina.
Capacidad de evaporación: 3.600 Kg/h

- 1 Intercambiador de calor
- 2 Separador
- 3 Condensador

Vapor de calefacción

Venteo

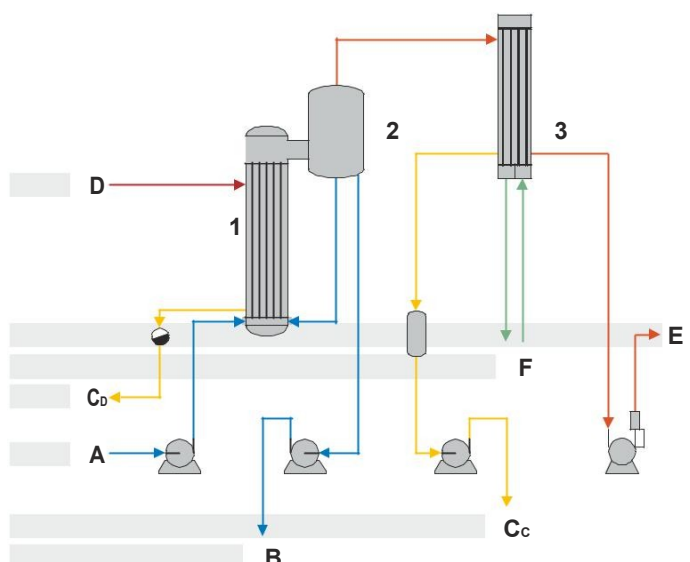
Agua de refrigeración

Condensado de vapor

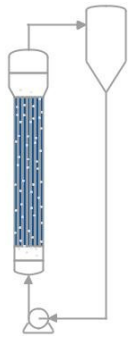
Producto

Condensado de vahos

Concentrado



Tipos de evaporadores especiales



EVAPORADOR DE LECHO FLUIDIZADO

Diseño

Intercambiador de calor de lecho fluidizado con tubos verticales (en el interior de los tubos circulan partículas sólidas como vedas de vidrio o partículas de acero inoxidable que son arrastradas por el producto), separador flash y bomba de recirculación.

Funcionamiento

Mismo principio que el evaporador de circulación forzada. El movimiento ascendente del producto arrastra las partículas sólidas por el interior de los tubos produciendo un efecto limpieza.

En la parte superior de la calandria, las partículas se separan del líquido y se recirculan a la cámara de entrada de los tubos. El producto sobrecalentado entra en el separador donde se expande hasta la temperatura de ebullición produciéndose una evaporación parcial por flash.

Características especiales

- **Tiempos de operación largos** – la circulación de las partículas en el interior de los tubos produce un efecto limpieza en continuo y mejora la transferencia de calor.

Campos de aplicación

- Para productos con alta tendencia al ensuciamiento; productos donde los intervalos de operación entre dos limpiezas utilizando un evaporador de circulación forzada son muy cortos.
- Para fluidos de baja o media viscosidad.



EVAPORADOR DE PELÍCULA

DESCENDENTE DE PASO CORTO

Diseño

Intercambiador de calor de tubos vertical equipado con un condensador concéntrico dentro de los tubos de calefacción y separador integrado en la parte inferior del equipo.

Funcionamiento

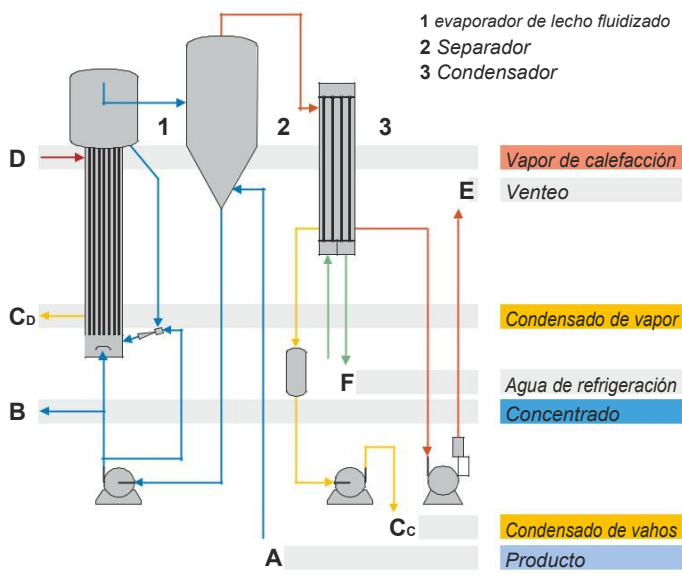
El producto se alimenta a la parte superior de los tubos de calefacción mediante un sistema de distribución y desciende formando una película fina en su interior. El calentamiento externo de los tubos provoca la ebullición de la película de líquido. Los vahos producidos se condensan y descienden como destilado por las paredes externas del condensador. El destilado y el producto líquido se separan definitivamente mediante un separador integrado en la parte inferior de la calandria.

Características especiales

- **Productos que requieren un tratamiento delicado** – gracias a los tiempos de residencia tan cortos y al funcionamiento en un solo paso. Es posible la destilación a presiones de vacío entre menos de 0,001 mbar y 1 mbar, ya que al estar el condensador integrado en la calandria no hay pérdidas de carga en los conductos de vahos.
- **Diseño optimizado** – no existen piezas de desgaste ya que el sistema no está integrado por piezas rotativas.
- **Bajo coste de inversión.**
- **Adecuado también para grandes capacidades de evaporación.**

Campos de aplicación

- Productos particularmente sensibles a la temperatura y soluciones no-acuosas.



Tipos de evaporadores especiales



EVAPORADOR DE PELÍCULA ASCENDENTE

Diseño

Intercambiador de calor de tubos vertical con separador de vahos integrado en la parte superior del equipo.

Funcionamiento

El producto a concentrar se alimenta a la parte inferior de los tubos del intercambiador y asciende conforme al principio de la "bomba mamut": debido al calentamiento externo, la película de líquido empieza a evaporarse parcialmente en las paredes internas de los tubos. Como resultado del movimiento ascendente de los vahos de vapor, el líquido es arrastrado hacia arriba produciéndose una circulación ascendente de la película de producto. Durante la ascensión se producen cada vez mas vahos. Finalmente el producto líquido restante y los vahos se separan en el separador situado en la parte superior del equipo.

Características especiales

- **Altas diferencias de temperatura entre la cámara de calentamiento y la cámara de ebullición** – para asegurar el arrastre de líquido dentro de los tubos de una longitud de 5-7 m y garantizar que la película ascienda.
- **Turbulencias** – provocadas por el movimiento ascendente del producto frente a la gravedad. Por esta razón, los evaporadores de película ascendente son también adecuados para productos con una alta viscosidad y con una alta tendencia al ensuciamiento.
- **Funcionamiento estable y rendimientos altos** – a distintas condiciones de operación y con recirculación de producto.

Campos de aplicación

- Para grandes capacidades de evaporación, para viscosidades altas y productos que tienen tendencia al ensuciamiento.
- Pueden utilizarse para alcanzar concentraciones altas si funcionan en un solo paso y con tiempos de residencia extremadamente cortos.



EVAPORADOR DE PELÍCULA DESCENDENTE EN CONTRACORRIENTE

Diseño

Intercambiador de calor de tubos vertical con la parte inferior de la calandria más grande comparado con un diseño estándar. Separador integrado en la parte superior del equipo con sistema de distribución.



Planta de evaporación de película descendente en contracorriente con unidad de rectificación para refinar aceite de oliva.

Funcionamiento

Como en los evaporadores de película descendente, el líquido se alimenta a la parte superior del evaporador y se distribuye por los tubos del evaporador, descendiendo en forma de película por su interior. Sin embargo, los vahos producidos por la evaporación parcial de producto ascienden en contracorriente por el interior de los tubos al no operar un sistema de vacío.

Características especiales

- **Destilación parcial** – separación de los componentes volátiles contenidos en el producto a concentrar. Este proceso puede intensificarse alimentando vapor o gas inerte en la parte inferior de la calandria.

Campos de aplicación

- Este tipo de evaporador, diseñado para casos especiales, se utiliza para ampliar la transferencia de masa entre el líquido y los vahos. Al producirse un contacto gas-líquido en contracorriente, pueden inducirse reacciones químicas.

EVAPORADORES CON AGITADOR



Diseño

Recipiente con encamisado externo y equipado con un agitador.

Evaporador con agitador diseñado para alcanzar altas concentraciones. Producto: extracto de levadura. Caudal de evaporación 300 kg/h



Funcionamiento

El producto se alimenta al recipiente por lotes, se calienta al mismo tiempo que se agita continuamente, evaporando el producto hasta alcanzar la concentración final deseada. Si el caudal evaporado se rellena continuamente con producto fresco manteniéndose el volumen constante, la planta puede funcionar también en modo semicontinuo.

Características especiales

■ **Caudales de evaporación bajos** – debido a la pequeña superficie de intercambio de calor. Por esta razón, se requieren importantes diferencias de temperatura entre la camisa de calentamiento y la cámara de ebullición. Si las propiedades del producto lo permiten, se puede ampliar la superficie de calentamiento por medio de espirales de calefacción internas.

Datos de aplicación

- Para productos muy viscosos, pastosos y con mucha pulpa cuyas propiedades no se dañan con altos tiempos de residencia. Usado también para productos que necesitan largos tiempos de residencia.
- Se puede también utilizar como última etapa para alcanzar altas concentraciones tras un pre-evaporador que funcione en continuo.



EVAPORADORES DE TUBO EN ESPIRAL

Diseño

Cambiador de calor equipado con tubos de calefacción en espiral y separador centrífugo situado en la parte inferior del equipo.

Funcionamiento

El producto a evaporar desciende como una película evaporándose parcialmente, con flujo paralelo a los vahos producidos, que arrastran el producto líquido hacia abajo. Como consecuencia del movimiento en espiral por el interior de los tubos se produce un flujo secundario longitudinal respecto al eje de los tubos. Esta turbulencia adicional mejora considerablemente la transferencia de calor, especialmente en el caso de las viscosidades altas.

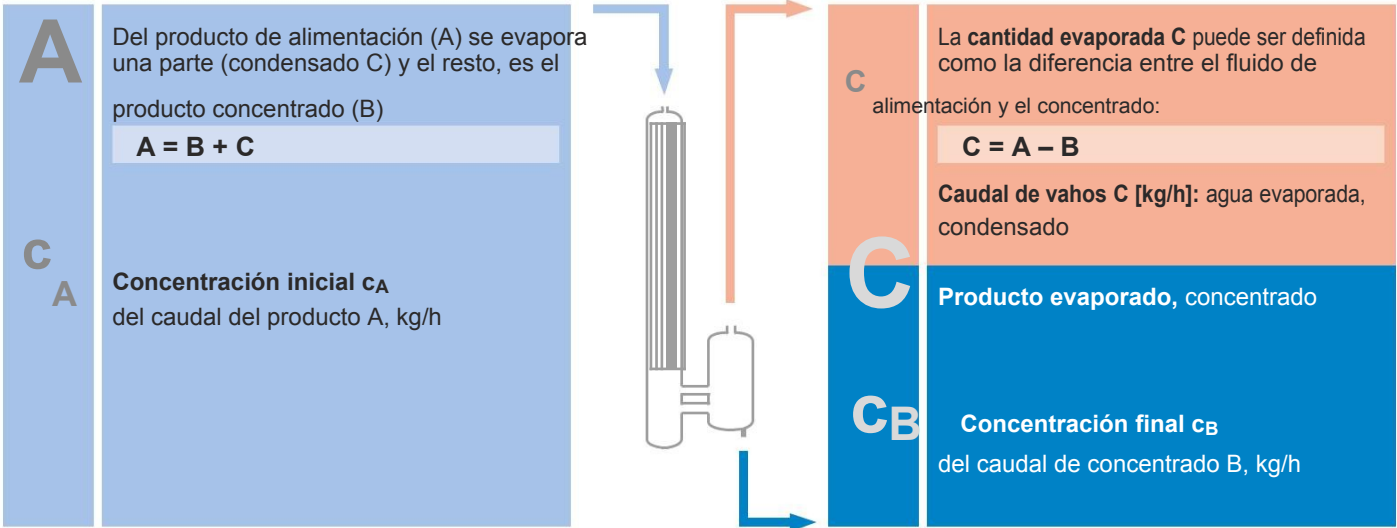
Características especiales

- **Dimensiones reducidas de los equipos** – debido a la forma en espiral de los tubos, se pueden obtener mayores longitudes de los tubos y por tanto mayores superficies de calentamiento sin aumentar la altura constructiva del equipo.
- **Ratios de evaporación altos** – debido a grandes diferencias de temperatura, y al funcionamiento en un solo paso.

Campos de aplicación

- Para concentraciones y viscosidades altas, por ejemplo para la concentración de gelatina.

Caudales y coeficientes de concentración en las plantas de evaporación



e

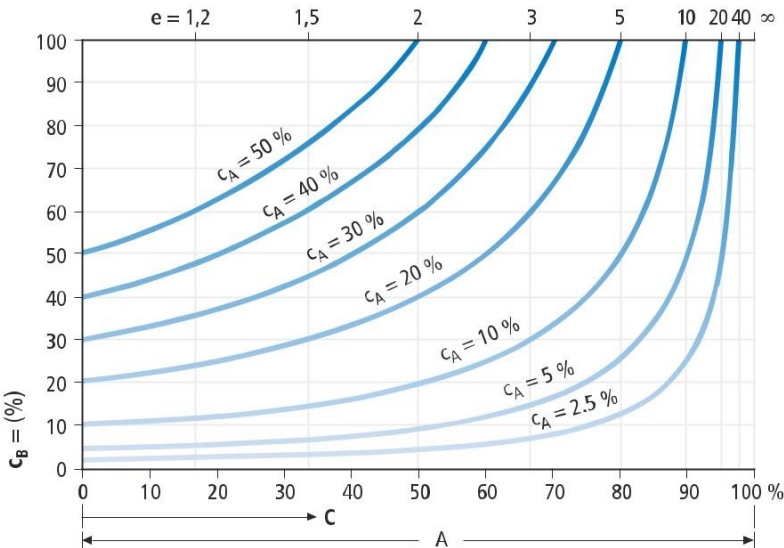
El coeficiente de evaporación es un parámetro importante en todo proceso de concentración

$$e = \frac{A}{B} = \frac{c_B}{c_A}$$

El coeficiente de evaporación puede ser también definido como la relación entre las concentraciones iniciales y finales (porcentaje en peso de sustancia seca).

Si en una solución acuosa A, el disolvente se evapora de una forma uniforme, la concentración ascenderá primero lentamente para aumentar después bruscamente hasta alcanzar el máximo teórico donde no existe mas disolvente en la solución. Cuanto más baja sea la concentración inicial c_A , más pronunciada será la curva del incremento de la concentración. Esta relación es esencial tanto para el diseño del sistema de regulación y control de las plantas de evaporación como para poder separar en dos etapas: pre-evaporación y finalizador, el diseño de plantas con alto caudal de evaporación.

Si se consideran procesos de evaporación continuos, no se utilizan volúmenes absolutos sino caudales de masa y por tanto, los flujos A, B y C se miden en kg/h. Mientras los coeficientes de evaporación arriba mencionados no cambian.



Conocidas las concentraciones o el coeficiente de evaporación, los caudales pueden calcularse utilizando la fórmula siguiente:

Dato conocido	Dato desconocido	Fórmula
Caudal A, a evaporar	C	$C = A \cdot \frac{e-1}{e}$
	B	$B = A \cdot \frac{1}{e}$

Izquierda: Incremento de la concentración final en función la evaporación de soluciones a distintas concentraciones iniciales.

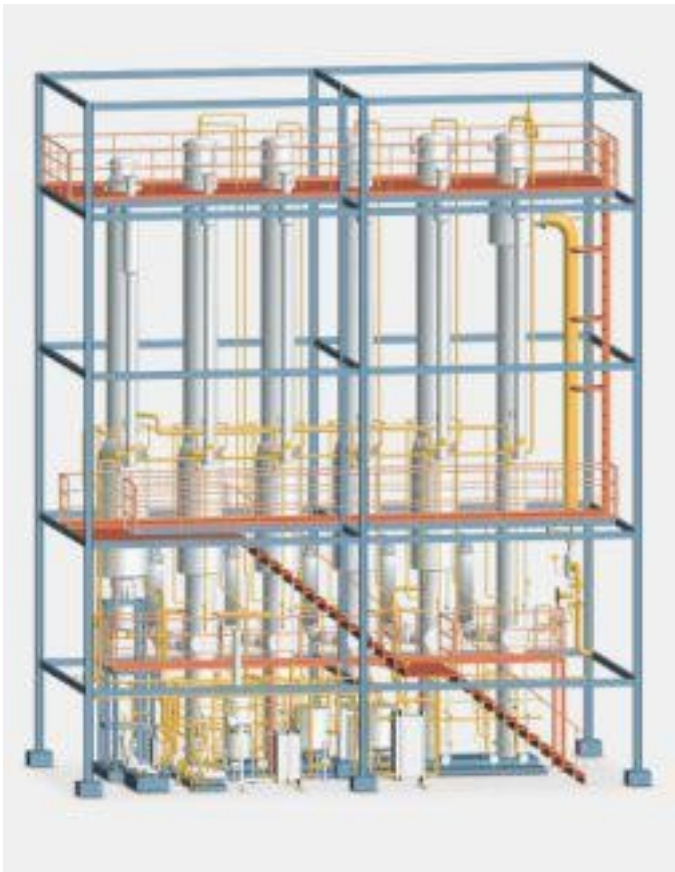
Eficiencia energética en las plantas de evaporación

Los costes de operación de una planta de evaporación están determinados en su mayor parte por los consumos de energía. En condiciones estacionarias existe un equilibrio entre la energía que entra y la que sale del sistema.

El consumo energético de una planta de evaporación puede ajustarse a las necesidades individuales de cada cliente diseñando la configuración térmica más adecuada en cada caso.

- Existen tres técnicas básicas para ahorrar energía:
- Evaporación de múltiple efectos
 - Termo compresión de vahos
 - Recompresión mecánica de vahos (usando un compresor mecánico)

El uso de una de estas técnicas reducirá considerablemente el consumo de energía total. Muchas veces se pueden combinar dos de ellas para minimizar la inversión y los costes de funcionamiento. En plantas de evaporación altamente sofisticadas pueden incluso combinarse estas tres técnicas.



Planta de evaporación de película descendente de 5 efectos para el concentrado de zumo de manzana, con calefacción directa y recuperación de aroma. Caudal de evaporación: 12.000 kg/h

Evaporación de múltiple efecto

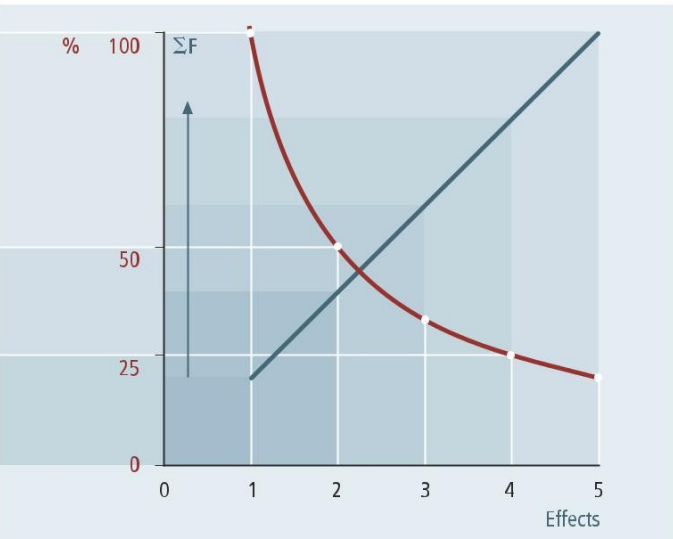
Si consideramos el balance energético de un evaporador de simple efecto, encontramos que la cantidad de calor latente en los vahos (entalpía) es aproximadamente igual al calor suministrado al equipo. En el caso de la evaporación de agua, se producirá alrededor de 1 kg/h de vahos por cada 1 kg/h de vapor vivo suministrado porque el calor específico en el lado de calefacción y en el lado de producto son aproximadamente los mismos.

Si la cantidad de vahos producida en el primer efecto se utiliza como medio de calefacción en un segundo efecto, el consumo de energía total del sistema se reduce aproximadamente un 50%. Este principio puede aplicarse para posteriores efectos y ahorrar aun más energía.

	Vapor vivo	Vahos	Consumo de vapor vivo relativo
Planta de 1 efecto	1 kg/h	1 kg/h	100%
Planta de 3 efectos	1 kg/h	3 kg/h	33%

La diferencia entre la máxima temperatura de calefacción permitida en el primer efecto y la mínima temperatura de ebullición del último efecto forman la diferencia de temperatura total del sistema que se reparte entre el número de efectos existentes. Lógicamente, la diferencia de temperatura disponible en cada efecto se reduce al aumentar el número de efectos. Por esta razón, la superficie de calentamiento de los efectos individuales debe aumentarse para alcanzar el caudal de evaporación dado.

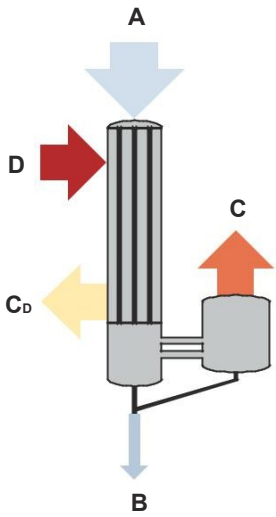
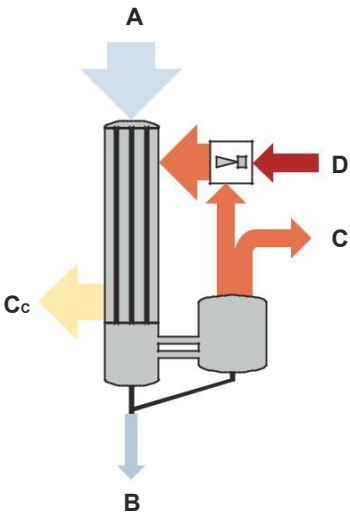
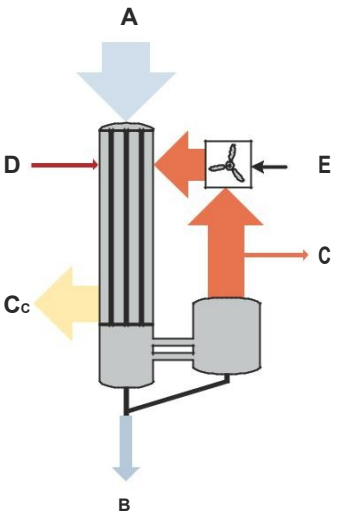
Una primera aproximación muestra que la superficie de calentamiento total de todos los efectos incrementa proporcionalmente al número de efectos. Consecuentemente, la inversión aumenta en proporción inversa al consumo energético.



Disminución del consumo de vapor específico en porcentaje y superficie de calentamiento total aproximada (F) en función del número de efectos.

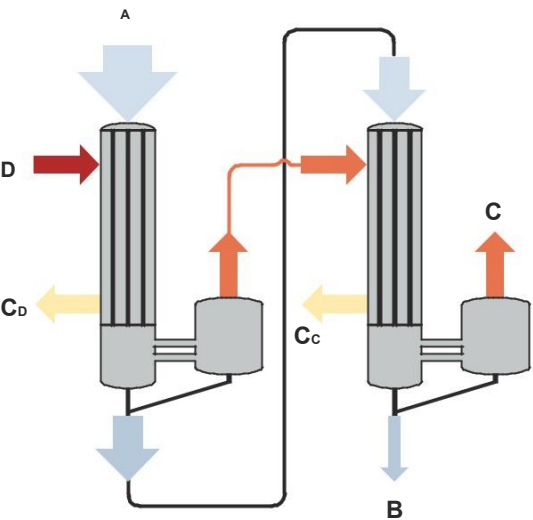
Eficiencia energética de las plantas de evaporación

Diagramas de caudal para un evaporador con distintos tipos de calentamiento

Calefacción directa	Termo compresión de vahos	Recompresión mecánica de vahos
		
Si consideramos el equilibrio térmico de un evaporador de un solo efecto observamos que el calor latente (entalpía) de los vahos evaporados (C) es aproximadamente igual a la calor aportado al sistema (D) en la cámara de calefacción. En el caso de la evaporación de agua, se producirá aproximadamente 1 kg/h de vahos por cada 1 kg/h de vapor vivo que se alimenta ya que los valores del calor específico en los lados del calentamiento y de ebullición de producto son aproximadamente los mismos.	Se necesita una cierta cantidad de vapor vivo, denominado vapor motriz, para el funcionamiento de un termocompresor de vahos. Esta cantidad de vapor motriz se traslada al siguiente efecto o al condensador en forma de excedente de vahos. El calor latente de estos vahos excedentes corresponde aproximadamente a la energía suministrada por el vapor motriz.	El funcionamiento de las plantas de evaporación calentadas por recompresores de vahos mecánicos requiere un aporte energético (electricidad) especialmente bajo. El principio de funcionamiento de un recompresor de vahos mecánico es similar al de una bomba de calor. Casi la totalidad del caudal de vahos se comprime y se recircula al sistema consumiendo cierta cantidad de energía eléctrica. Se requieren solo unas cantidades mínimas de vapor vivo, generalmente solo durante el arranque. Las cantidades de calor residual a disipar con este tipo de calentamiento se reducen considerablemente.

Diseño de un evaporador con 2 efectos

Si el caudal de vahos producido en el primer efecto se utiliza como fluido de calefacción en el segundo efecto, el consumo de energía de la totalidad del sistema se reduce aproximadamente al 50%. Este principio puede repetirse en efectos siguientes para ahorrar aun más energía.



- A producto
- B Concentrado
- C Destilado
- C_C Condensado de vahos
- C_D condensado de vapor
- D Vapor vivo
- E Energía eléctrica

Eficiencia energética en las plantas de evaporación

Termo compresión de vahos

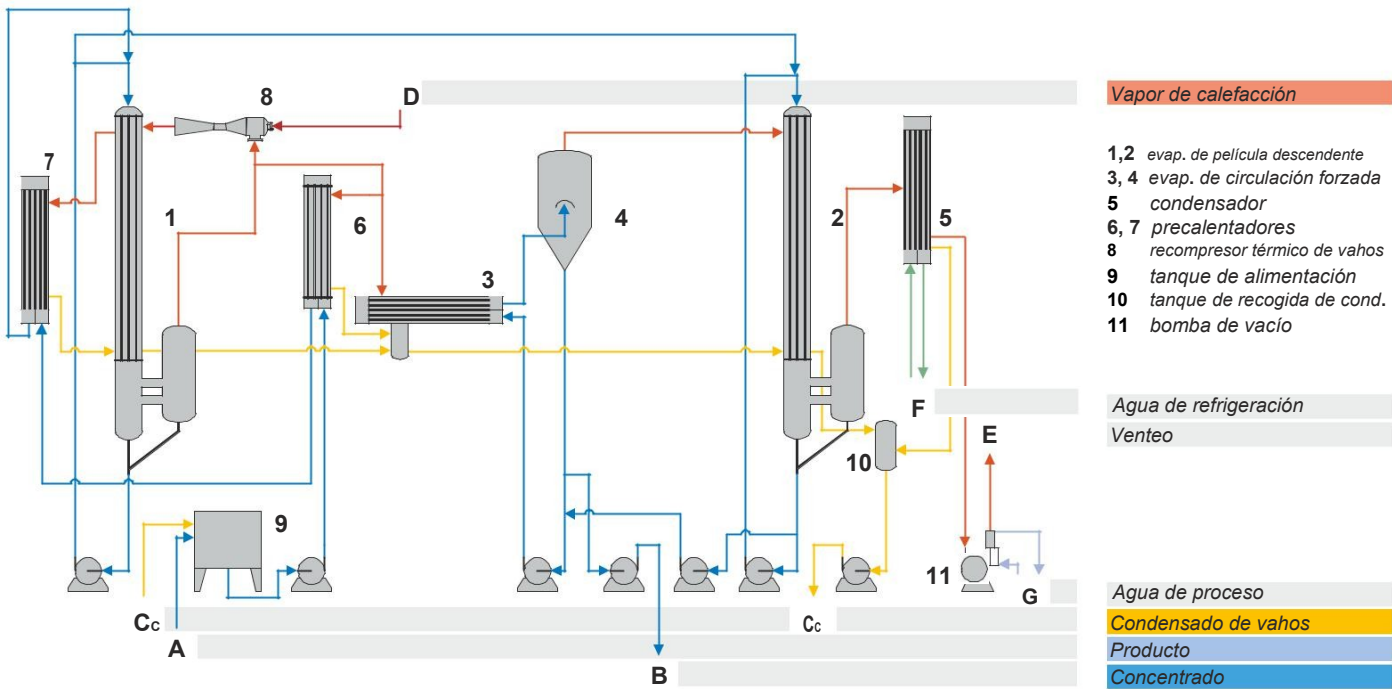
La termo compresión de vahos consiste en la compresión de los vahos procedentes de la cámara de ebullición hasta la presión mayor existente en la cámara de calentamiento. La temperatura del vapor saturado que corresponde a la presión de la cámara de calentamiento es superior a la temperatura de ebullición, lo que permite reutilizar los vahos como fluido de calefacción. Con este fin, se utilizan los termocompresores. Funcionan como eyectores de vapor. Al no estar constituidos por ningún componente móvil, no están sujetos a desgaste, lo que asegura una fiabilidad máxima de operación.

El uso de un termocompresor supone el mismo ahorro de vapor / energía que un efecto de evaporación adicional.

Se necesita una cierta cantidad de vapor vivo, denominado vapor motriz, para el funcionamiento de un termocompresor. Este caudal de vapor adicional se refleja en un excedente de vahos en el siguiente efecto o en el condensador. El calor latente del excedente de vahos equivale aproximadamente a la energía suministrada al sistema con el vapor motriz.



Planta de evaporación de circulación forzada y película descendente de 3 efectos calentada con un termocompresor. Producto: aguas residuales de la producción de glutamato de sodio. Caudal de evaporación: 50 t/h.



Recompresión mecánica de vahos

Las plantas de evaporación calentadas por vahos comprimidos mecánicamente funcionan con un consumo energético muy bajo.

Mientras que los termocompresores comprimen solamente una parte de los vahos producidos, los recompresores mecánicos recirculan todo el caudal de vahos que se genera en el evaporador comprimiéndolo hasta la presión correspondiente a la temperatura de ebullición de vapor del evaporador. Los compresores mecánicos, cuyo principio de funcionamiento es similar al funcionamiento de una bomba de calor, consumen cierta cantidad de energía eléctrica. La energía latente del condensado de vahos se utiliza frecuentemente para el precalentamiento del producto de alimentación, reduciendo así la cantidad total de calor a disipar en el sistema.

Dependiendo de las condiciones de funcionamiento de la planta, se necesita una pequeña cantidad adicional de vapor vivo o de excedente de vahos para mantener el equilibrio energético del evaporador y asegurar unas condiciones de funcionamiento estables.

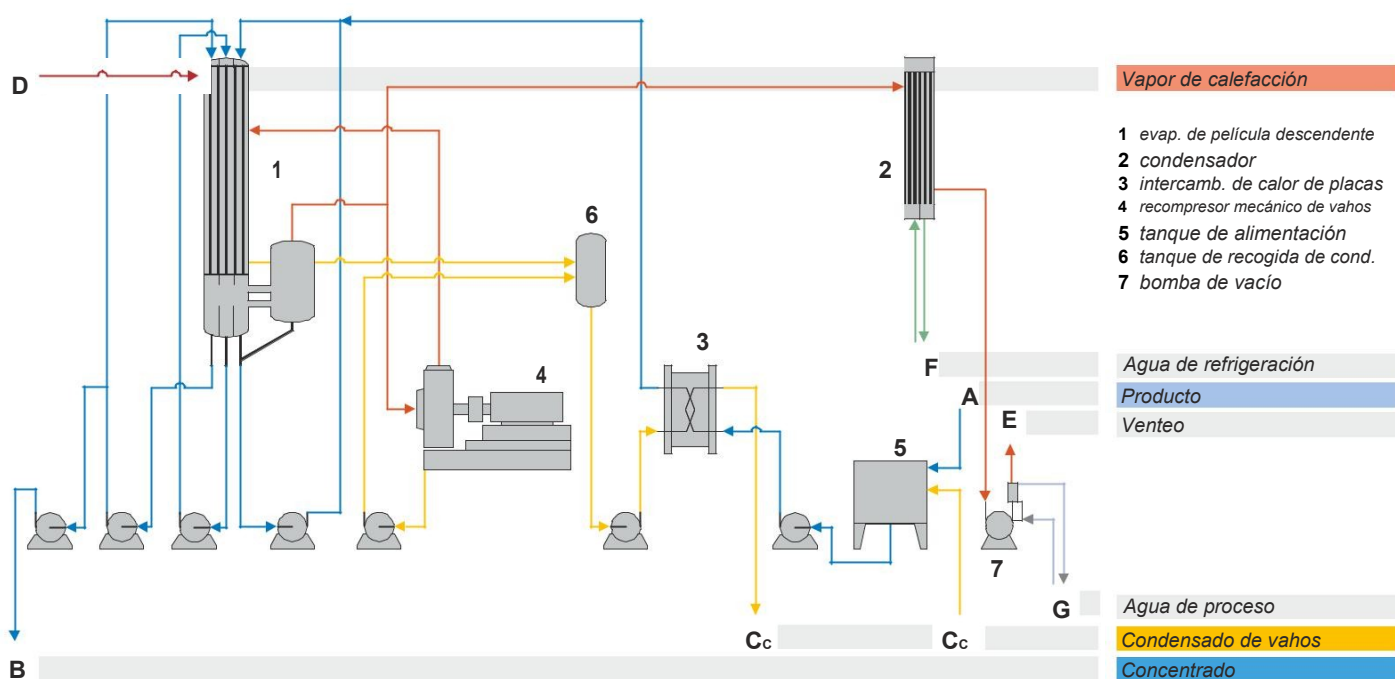
Por su sencillez y bajo mantenimiento, en plantas de evaporación se utilizan ventiladores centrífugos de etapa simple, tipo compresores de alta presión o turbo-compresores.

Estas máquinas funcionan a altas velocidades de flujo y por lo tanto son adecuadas para grandes caudales de vahos teniendo unos coeficientes de compresión entre 1:1.2 y 1:2. y una frecuencias de entre 3.000 y 18.000 rpm. Si el producto requiere coeficientes de compresión mayores, se instalan compresores de múltiples etapas.

(Para mas información véase nuestro folleto especial "Tecnología de la evaporación utilizando recompresión mecánica de vahos").



Planta de evaporación de película descendente de 1 efecto calentada por vahos comprimidos mecánicamente para efluentes de almidón de trigo. Caudal de evaporación: 17.000 kg/h



Criterios de elección del diseño; disposición y modo de funcionamiento de las plantas de evaporación

Cuando se diseñan las plantas de evaporación, se deben tener en cuenta requisitos de muy distinta naturaleza e incluso muchas veces contradictorias, cuya combinación determina el tipo de evaporador, la disposición y la secuencia de operación; definiendo los parámetros del proceso y de rentabilidad del sistema.

Las plantas de evaporación GEA Wiegand se caracterizan por su alta calidad y eficiencia. Además de cumplir los criterios particulares de cada proyecto, se pone especial énfasis en la fiabilidad y el fácil manejo de nuestras plantas.

Requisitos más importantes de diseño:

- **Parámetros de capacidad y de proceso;** tales como caudales, concentraciones, temperaturas, horas de funcionamiento anual, cambios de producto, automatización, regulación y control.
- **Propiedades del producto;** tales como sensibilidad a la temperatura, viscosidad y fluidez; tendencia a la formación de espumas, al ensuciamiento y a la precipitación, propiedades de ebullición.
- **Auxiliares:** tales como vapor, agua de refrigeración, electricidad, agentes de limpieza, piezas de repuesto expuestas al desgaste.
- **Selección de materiales** y acabado de superficial de los equipos.
- **Costes de capital:** intereses y amortizaciones.
- **Costes de personal** durante el manejo y el mantenimiento de la planta.
- **Condiciones de emplazamiento;** tales como disponibilidad de espacio, condiciones atmosféricas para las instalaciones al aire libre, conexiones de producto y necesidades, plataformas de acceso.
- **Legislación:** seguridad e higiene, prevención de riesgos laborales, propagación de ruido, protección ambiental y otros, específicos de cada proyecto.

Componentes principales de las plantas de evaporación

El núcleo de cualquier planta de evaporación es el evaporador. Pero para el funcionamiento de la planta, son necesarios otros componentes/equipos adicionales. Los más importantes son los condensadores, los precalentadores, las bombas, los accesorios de valvulería, los conductos de venteo, los sistemas de vacío y los sistemas de limpieza.

Si los componentes del producto de alimentación deben ser separados entre sí, se instalan columnas de rectificación, plantas de filtración por membranas, columnas de lavado de gases y/o recuperación de aroma.

El funcionamiento continuo de la planta, se garantiza mediante sistemas de medición, regulación y control así como una monitorización computerizada adecuados.

Tienen especial importancia los sistemas de seguridad en la planta, y los sistemas de protección de riesgos laborales como, el aislamiento térmico y acústico para garantizar el manejo seguro de las instalaciones.

GEA Wiegand diseña, construye y suministra plantas de evaporación llave en mano. Nuestra experiencia y especial conocimiento del comportamiento de cada componente por separado, nos permite seleccionar el equipo más adecuado para cada aplicación, cumpliendo así con los requisitos exigidos en toda la instalación.

Componentes principales de una planta de evaporación

Precalentadores y calentadores

En la mayoría de los casos el producto a evaporar debe ser precalentado hasta la temperatura de ebullición antes de entrar en el evaporador. Para ello se utilizan normalmente intercambiadores de calor de tubos o de placas.

Evaporadores

La selección del tipo de evaporador, depende las propiedades del producto y de las condiciones particulares de cada aplicación.

Separadores

Los separadores se utilizan para separar los vahos del producto líquido concentrado. El tipo de separador adecuado, por ejemplo separadores centrífugos, separadores gravimétricos o separadores equipados con elementos internos, se elige dependiendo de cada aplicación. Los criterios de diseño son: máxima eficiencia de separación, mínima pérdida de carga y frecuencia de limpieza requerida por cada tipo de separador.

Condensadores

Si es posible, el calor latente de los vahos se reutiliza; bien para calentar directamente los efectos posteriores de la planta de evaporación y los precalentadores, o bien tras una recompresión mecánica, se reutilizan en el mismo evaporador como medio de calefacción. Los vahos procedentes del último efecto de la planta que ya no puedan reutilizarse mas, se condensan mediante condensadores de superficie, de contacto directo o aerorefrigerantes, dependiendo de cada aplicación.

Sistemas de venteo

Las bombas de vacío generan y mantienen el vacío necesario en la planta de evaporación, eliminando además del sistema, todos los inertes y fugas de aire presentes. Para ello pueden utilizarse tanto sistemas de vacío por eyección como bombas de anillo líquido, dependiendo del tamaño y del modo de operación de la planta.

Bombas

Las bombas deben ser seleccionadas para cumplir con todos los parámetros de proceso. Los principales criterios de diseño de bombas son las propiedades del producto, la altura de la brida de aspiración, el caudal y la presión necesaria en cada punto de la planta de evaporación. Para productos con baja viscosidad, se utilizan mucho las bombas centrífugas. Los productos con alta viscosidad necesitan bombas de desplazamiento positivo. Para líquidos que contienen sólidos o productos cristalizados, se utilizan bombas tipo propeller. El tipo de bomba, tamaño, velocidad de giro, sellos mecánicos y material de construcción se seleccionaran en cada aplicación, dependiendo condiciones de operación.

Sistemas de limpieza

Dependiendo del producto, y tras un cierto periodo de funcionamiento, los equipos pueden ensuciarse y pueden formarse incrustaciones, que en la mayoría de los casos desaparecen tras una limpieza química. Para facilitar una limpieza "in situ" (CIP), la planta de evaporación está equipada con todos los componentes necesarios, como tanques de agentes de limpieza, bombas adicionales y accesorios. Los agentes de limpieza se seleccionan dependiendo del tipo de incrustación. Su función es penetrar en los depósitos, disolviéndolos o desintegrándolos hasta limpiar las superficies del evaporador completamente y si es necesario esterilizarlas.

Lavadores de vahos

Cuando no se utiliza vapor vivo sino vahos de escape de secadero como medio de calefacción del evaporador, se necesita un lavador de vahos. Los vahos deben ser tratados y acondicionados antes que ser introducirse en la cámara de calentamiento para evitar su ensuciamiento.

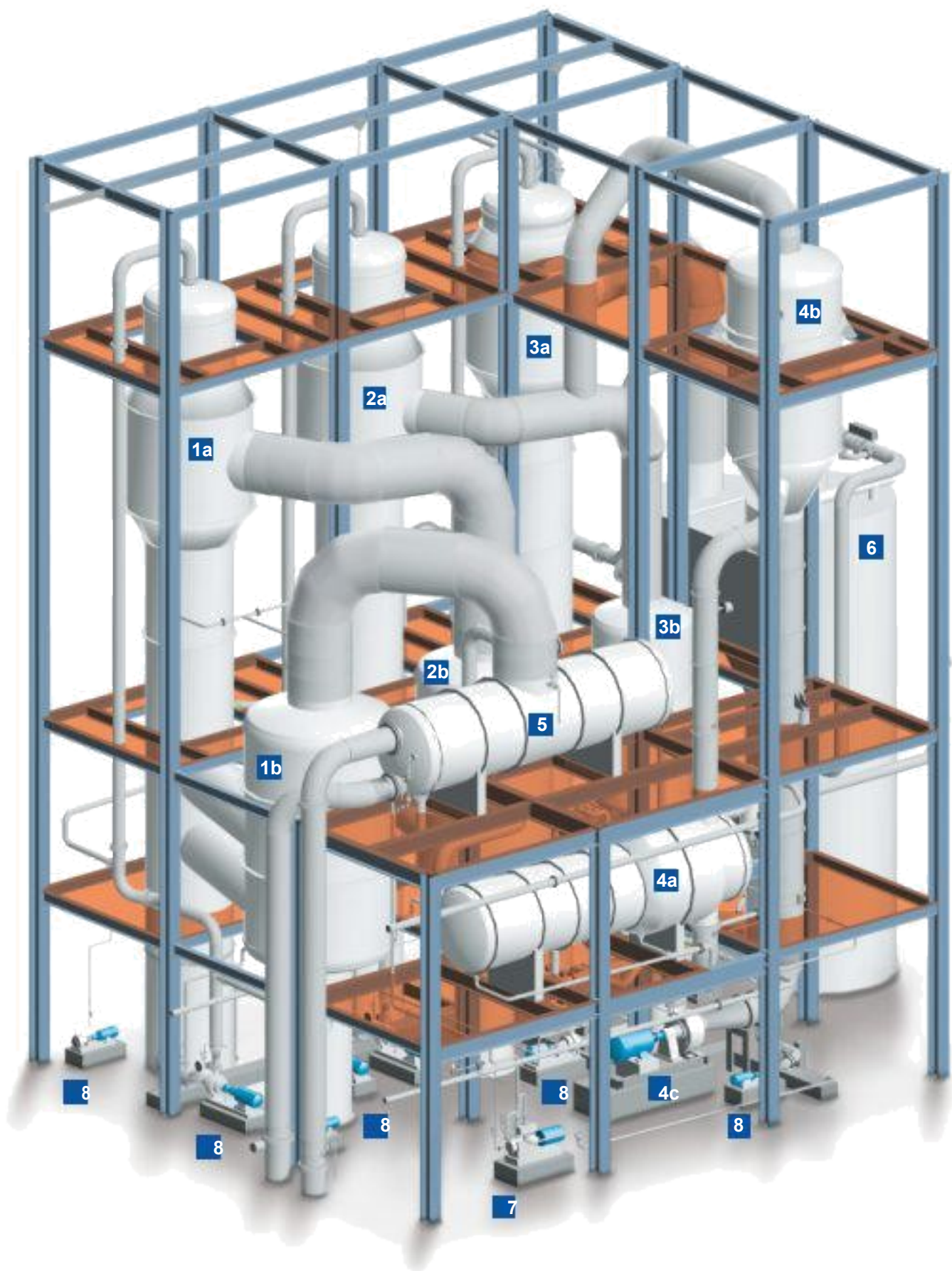
Sistemas de tratamiento de condensados

A pesar de la óptima separación de gotas producida en los separadores, la calidad del condensado puede no corresponder a las especificaciones requeridas, especialmente si el producto contiene componentes volátiles. Dependiendo de cada aplicación los condensados pueden ser tratados mediante una columna de rectificación o mediante un sistema de filtración por membranas.

Materiales de fabricación

Los materiales de construcción de los equipos, se determinan dependiendo de las características del producto y las preferencias del cliente. Dependiendo del comportamiento ante la corrosión bajo los parámetros de diseño, pueden seleccionarse diversos materiales. Los aceros inoxidables son los mas comunes. Si es necesario pueden utilizarse también materiales especiales como, hastelloy, titanio, níquel, bronce, grafito, acero engomado o plásticos. El diseño y la fabricación cumplirán en cualquier caso con las normas y códigos internacionales vigentes.

Representación de una planta de evaporación de 4 efectos para vinazas de maíz que se compone de un evaporador de película descendente de tres efectos y un evaporador de circulación forzada de un solo efecto. La planta está calentada con vahos de salida del secadero previamente acondicionados en un lavador de vahos.
Capacidad de Evaporación: 130 t/h



- | | | | |
|---------------|--|----------|---------------------------------|
| 1a,b | Evaporador de película descendente con separador centrífugo | 5 | Condensador de superficie |
| 2a,b | Evaporador de película descendente con separador centrífugo | 6 | Lavador de vahos |
| 3a,b | Evaporador de película descendente con separador centrífugo | 7 | Bomba de vacío |
| 4a,b,c | Evaporador de circulación forzada con separador flash y bomba de recirculación | 8 | Bombas de producto y condensado |

Sistemas de instrumentación, medición y control

El objetivo prioritario de las plantas de evaporación es conseguir una concentración final constante. Para ello es imprescindible mantener constantes parámetros, tales como la presión de vapor, el caudal de alimentación de producto y la presión de vacío, cuyas variaciones pueden influir en la planta de evaporación alterando los balances de masa y energía.

De acuerdo con los requisitos técnicos y con las exigencias del cliente, GEA Wiegand utiliza en sus plantas de evaporación desde los sistemas de control y medición más convencionales, hasta sistemas de control de proceso distribuido totalmente automatizado:

1. Control manual

La planta se opera por medio de válvulas manuales. La calidad del concentrado se comprueba manualmente mediante la toma de muestras periódica. Este sistema de control es adecuado para las plantas simples y para productos donde son aceptables unas ligeras variaciones en su calidad.

2. Sistema de control semi-automático

Los parámetros más importantes como presión de vapor, caudal de alimentación de producto, vacío, densidad final del concentrado y niveles de líquidos se mantienen constantes mediante reguladores analógicos y se recogen en un registro de datos. Los motores de las bombas y las válvulas se operan manualmente desde un panel de control.

3. Sistema de control semi-automático con PLC

Los parámetros fundamentales de la planta se regulan y controlan mediante un sistema de regulación y control digital y programable y los datos se recogen y visualizan mediante un ordenador. Los reguladores, los motores y las válvulas se operan manualmente desde el ordenador. Pequeñas secuencias programables como “modo de limpieza” son posibles. Los sistemas de regulación y control se eligen sobre base de las especificaciones GEA Wiegand o a las especificaciones del cliente.

4. Sistema control automático con PLC

Es una versión ampliada del sistema semiautomático. El sistema PLC se utiliza para programar todas las secuencias del proceso, como “arranque”, “corte de producto”, “producción”, “limpieza” y “parada”.



El proceso puede observarse y manejarse desde la pantalla del ordenador mediante un sistema profi-bus. Los puntos de ajuste y los parámetros clave son introducidos en las celdillas designadas que aparecen en el display. La planta se autocontrola y se conecta automáticamente a un modo de seguridad en el caso de producirse cualquier alteración en los parámetros de operación. La utilización de un sistema con varias estaciones de control incrementa la disponibilidad de la planta.

5. Sistema de control de proceso distribuido

La planta se controla por uno o varios sistemas de automatización que pueden ser integrados en los sistemas de proceso ya existentes. Este tipo sistema de control es idóneo para procesos con varios productos de alimentación y para procesos en batch.

Fabricación, transporte, montaje, puesta en marcha y servicio posventa

Nuestro alcance de suministro empieza con la ingeniería y finaliza con el suministro, montaje, puesta en marcha y servicio posventa a petición del cliente.

Dependiendo de su complejidad, las plantas de evaporación requieren para su puesta en marcha cierta experiencia. Por ello, disponemos de personal especializado para la supervisión de la puesta en marcha y para la formación del personal técnico encargado de operar la planta. Todas nuestras instalaciones mantienen a largo plazo un rendimiento elevado si su mantenimiento es adecuado. Nuestro personal está a su disposición. Si fuese necesario, nuestro personal buscará y eliminará los fallos con el fin de minimizar las pérdidas de producción provocadas por los periodos de parada.

Los clientes se benefician de nuestro servicio de recambios.

Damos mucha importancia a la utilización de recambios originales porque estos recambios fueron elegidos para una aplicación en concreto en nuestras plantas. No recomendamos instalar piezas parecidas o materiales no originales.



Nuestra gama de productos

Plantas de evaporación

Para la concentración de cualquier tipo de alimento líquido, soluciones orgánicas e inorgánicas y aguas residuales industriales.

Filtración por membranas – GEA Filtration

Para la concentración y proceso de alimento líquido y agua de proceso, para mejorar la calidad y recuperar las sustancias con cierto valor.

Plantas de destilación y rectificación

Para la separación de mezclas de multi-componentes, para recuperar, limpiar y deshidratar bio-alcohol de distintas calidades.

Líneas para la producción de alcohol

Para la producción de alcohol potable y alcohol deshidratado con absoluta pureza; con sistemas integrados de proceso de residuos de destilación.

Plantas de condensación

Con condensadores de superficie o mezcla, para condensar mezclas de vahos y vapor / gas, principalmente con vacío.

Sistemas de enfriamiento por vacío/vapor

Para producir agua helada, para enfriar líquidos y soluciones de producto, también de naturaleza agresiva y abrasiva.

Eyectores

Para el transporte y mezcla de gases, líquidos y sólidos granulados, para el calentamiento directo de líquidos como bombas de calor.

Bombas de vacío por eyección utilizando vapor

También con vapor de producto como medio motriz, combinadas con bombas de vacío mecánicas (sistemas híbridos).

Sistemas de recuperación de calor

Para la utilización de calor residual procedente de gases de escape, mezclas de vapor / aire, vapor residual, condensado y producto.

Plantas de desgasificación por vacío

Para la eliminación de gases disueltos en agua y otros líquidos.

Sistemas de calentamiento y enfriamiento

Sistemas móviles y fijos; para el funcionamiento de reactores calentados con agua caliente –secaderos de contacto.

Lavadores de gases

Para purificar y eliminar polvo en los gases de escape, separar aerosoles, enfriar y acondicionar gases, condensar vahos, absorber elementos contaminantes gaseosos.

Estudios de proyecto, optimización energética, ingeniería

Para nuestras plantas y sistemas.



Excelencia Pasión Integridad Consciencia GEA-diversidad

GEA Group es una empresa global de ingeniería mecánica con un volumen de ventas de miles de millones de euros, que realiza operaciones en más de 50 países. Fundada en 1881, la empresa es uno de los mayores proveedores de equipamiento innovador y tecnología de procesos. GEA Group forma parte del índice STOXX Europa 600.



GEA Process Engineering

GEA Wiegand GmbH

Am Hardtwald 1, 76275 Ettlingen, Germany

Phone: +49 7243 705-0, Fax: +49 7243 705-330

info.gewi.de@geagroup.com, www.gea-wiegand.com

España: maria.fernandez@geagroup.com

