

EQUIPOS DE CRISTALIZACION

Debido a la amplia variedad de requerimientos para diferentes aplicaciones es raro encontrarse que equipos en diferentes sitios sean idénticos, sin embargo algunos principios básicos aplican para el diseño de cada unidad individual. Estos principios básicos son:

1. Controlar el nivel de sobresaturación correspondiente a bajas velocidades de formación de núcleos.
2. Mantener un número suficiente de cristales de siembra en suspensión de manera tal que haya suficiente área superficial de la suspensión para la deposición del soluto.
3. Poner en contacto los cristales de siembra con la suspensión tan pronto como sea posible para evitar pérdidas debido al decaimiento del tiempo.

EQUIPOS DE CRISTALIZACION

4. Remover el exceso de núcleos tan pronto como sea posible después de su formación.
5. Minimizar la nucleación secundaria manteniendo la entrada de energía mecánica y el frotamiento de cristales tan bajo como sea posible.
6. Mantener una densidad del magma tan alta como sea posible, en general mientras mayor es la densidad del magma, mayor es el tamaño promedio de los cristales.
7. Minimizar la acumulación de sólidos por eliminación de gradientes localizados de transferencia de masa y calor (puntos calientes o fríos), evitar restricciones innecesarias de flujo y operar a gradientes de temperatura o de sobresaturación tan bajos como sea posible.

EQUIPOS DE CRISTALIZACION

8. Proveer un ambiente químico (es decir impurezas aditivos, etc) que favorezca la forma y crecimiento de los cristales.

Dos esquemas se han utilizado ampliamente para clasificar los equipos de cristalización de acuerdo a:

1. El método de generar la sobresaturación
2. El método de suspender el crecimiento de los cristales

Hay cinco métodos básicos de crear sobresaturación:

1. Evaporación: Por vaporización del solvente
2. Enfriamiento: Por enfriamiento de una solución a través de un intercambio de calor indirecto.
3. Enfriamiento al vacío: Sometiendo la alimentación a una evaporación flash adiabáticamente para disminuir la temperatura e inducir la cristalización por enfriamiento y evaporación simultanea del solvente.

EQUIPOS DE CRISTALIZACION

4. Reacción: Por reacción química
5. Salting Out: Por la adición de una tercera sustancia para cambiar las relaciones de solubilidad.

También la clasificación de acuerdo al método de crear la sobresaturación no es enteramente satisfactoria debido a que diferentes medios de generar sobresaturación pueden utilizarse en el mismo equipo.

La clasificación de acuerdo al método de suspender los cristales en crecimiento esta aumentando, bajo este esquema de clasificación se pueden identificar cuatro tipos básicos de equipo:

1. Magma circulante: Todos los cristales en crecimiento están circulando a través de la zona del cristizador donde la sobresaturación es generada. Este puede ser acompañado por mezclado o remoción de producto clasificado con o sin destrucción de finos.

EQUIPOS DE CRISTALIZACION

2. Licor Circulante:

Solamente el licor esta circulando, con la masa de cristales creciendo estática.

La sobresaturación es impartida al licor en una parte del equipo; entonces el licor se hace circular a otra parte del cristalizador donde este incrementa su sobresaturación hasta el crecimiento de los cristales, y entonces es recirculado otra vez. Este tipo de equipos esta también disponible con o sin destrucción de finos.

3. De superficie raspada: La cristalización es inducida por intercambio directo de calor con un medio enfriador a través de una superficie la cual esta continuamente raspada o agitada para minimizar el ensuciamiento y la deposición de sólidos.
4. Cristalizadores de Tanque: La cristalización es inducida por el enfriamiento de la alimentación ya sea en tanques agitados o estáticos por convección natural o radiación o por el enfriamiento de la superficie a través de serpentines en el tanque o una chaqueta en el exterior del tanque.

EQUIPOS DE CRISTALIZACION

Entre los equipos según la operación seguida para crear la sobresaturación necesaria en la solución:

1. Equipos con enfriamiento con muy poca o nada de evaporación
2. Equipos con evaporación sin apreciable enfriamiento
3. Equipos con combinación de enfriamiento y evaporación simultáneos

La primera categoría se refiere a sistemas con una curva de solubilidad muy empinada, en los que se puede obtener un rendimiento muy alto de cristales con un salto de temperatura no muy grande entre el licor de alimentación y la solución final

EQUIPOS DE CRISTALIZACION

Por el contrario en aquellos sistemas en que por sus solubilidades podemos esperar un bajo rendimiento de cristales por enfriamiento, se deberá recurrir a la evaporación para evitar una excesiva recirculación de líquidos.

Estamos en los casos 2 y 3.

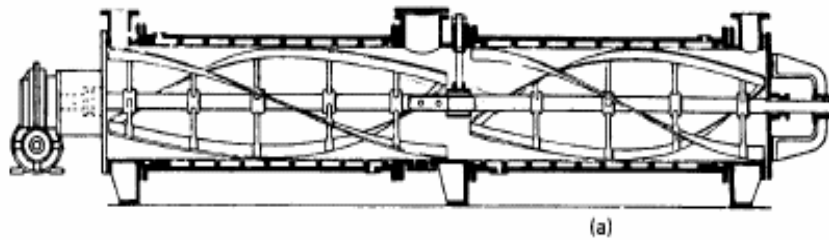
En los cristalizadores adiabáticos se alimenta el equipo con un licor bastante caliente en el cual el enfriamiento se produce por una vaporización flash.

El caso de sistemas con curvas de solubilidad aplanadas, la sobresaturación se obtiene evaporando el solvente. Su rendimiento es superior al de cualquiera de los otros esquemas.

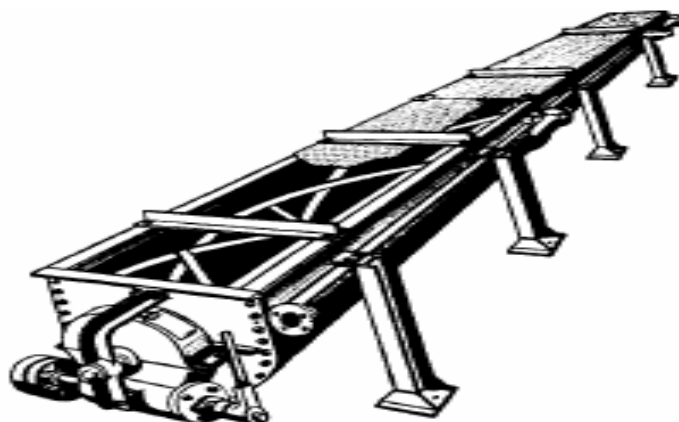
TIPOS DE CRISTALIZADORES

- Cristalizador Howard
- Cristalizador a tubo con raspadores
- Cristalizador tipo Swenson Walker
- Cristalizador tipo tanque agitado con serpentines
- Cristalizador de refrigeración por contacto directo
- Cristalizadores por Evaporación:
- Cristalizadores Oslo
- Cristalizadores evaporadores de circulación forzada
- Cristalizadores adiabáticos al vacío

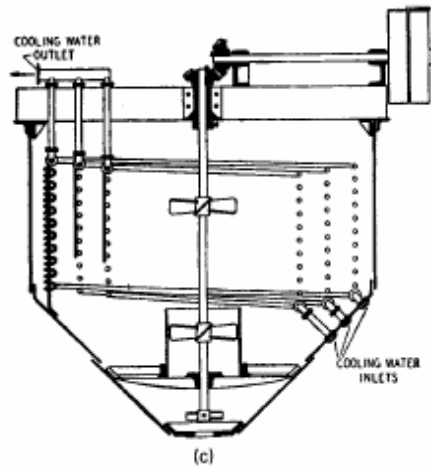
Cristalizador de tubos raspadores enchaquetado



Cristalizador Swenson Walker



Cristalizador Tanque agitado con serpentines



CRISTALIZADOR POR REFRIGERACION TIPO DTF (DRAFT TUBE BAFLE)

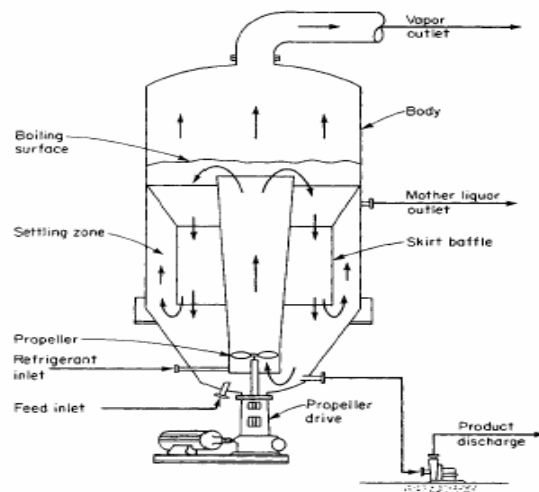


FIG. 18-67 Direct-contact-refrigeration crystallizer (DTB type). (Svensson Process Equipment, Inc.)

CRISTALIZADOR EVAPORADOR DE CIRCULACION FORZADA

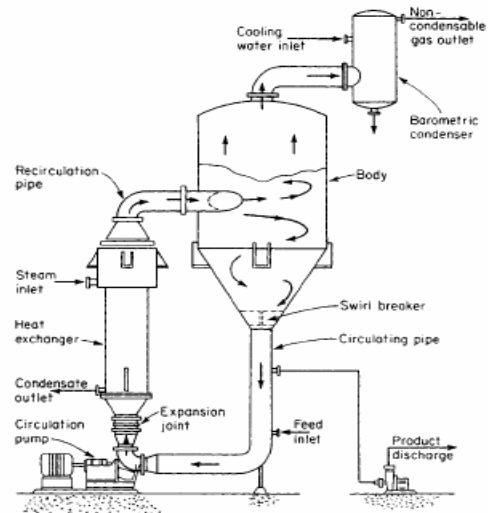


FIG. 18-64 Forced-circulation (evaporative) crystallizer. (Stevenson Process Equipment, Inc.)

CRISTALIZADOR EVAPORADOR DE TUBO ASPIRADOR CON DESVIADOR

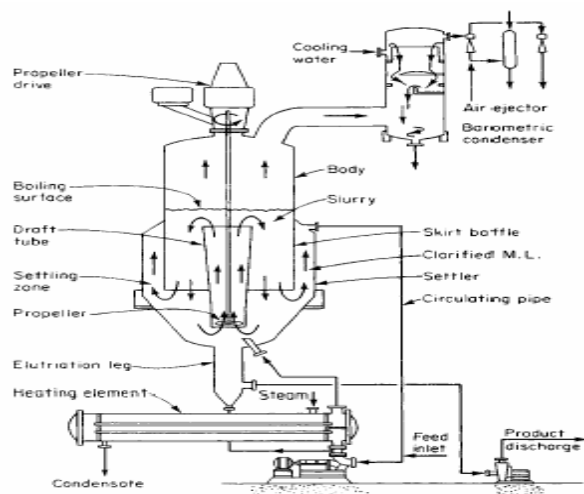
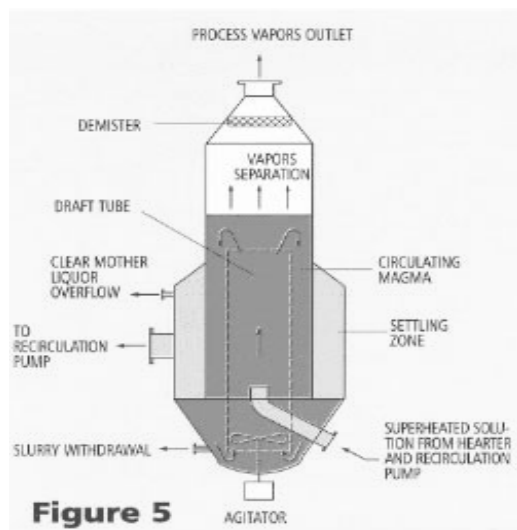


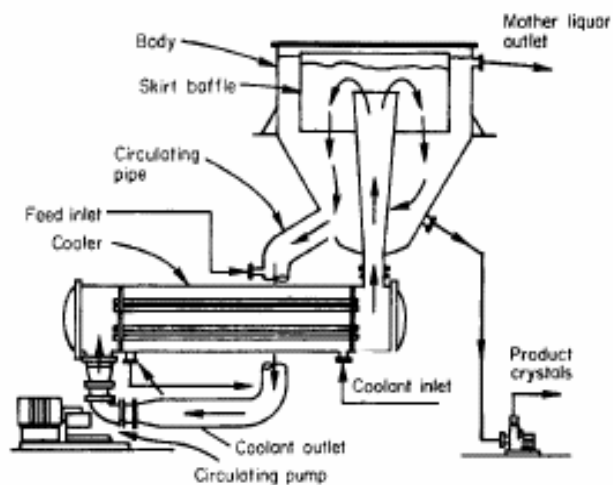
FIG. 18-65 Draft-tube-baffle (DTB) crystallizer. (Stevenson Process Equipment, Inc.)

CRISTALIZADOR EVAPORADOR DE TUBO ASPIRADOR CON DESVIADOR

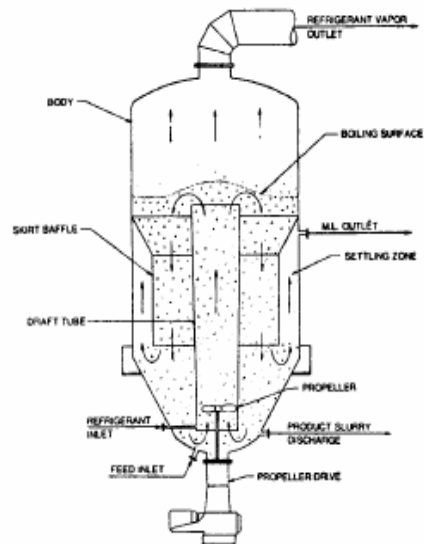
Draft Tube Baffle Crystallizer



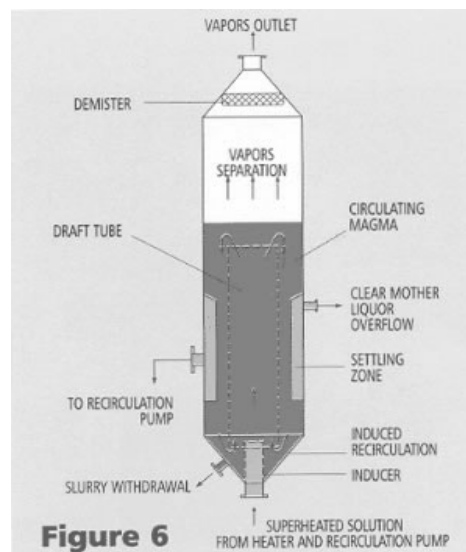
CRISTALIZADOR EVAPORADOR DE TUBO ASPIRADOR CON DESVIADOR



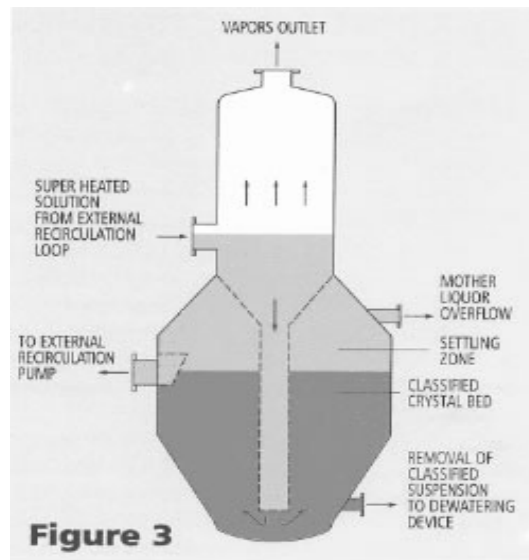
CRISTALIZADOR ENFRIADOR POR CONTACTO DIRECTO



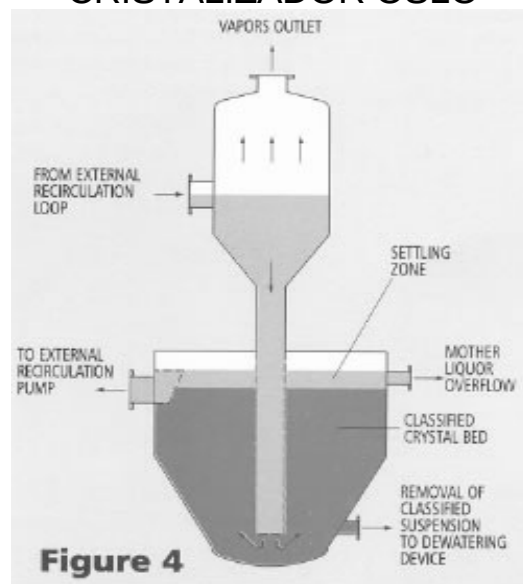
kestner induced circulation crystallizer



CRISTALIZADOR OSLO



CRISTALIZADOR OSLO





- 22' diameter ammonium sulfate crystallizer designed for Shell Chemical Company to produce 600 tons of $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ per day

INFORMACION REQUERIDA PARA ESPECIFICAR UN CRISTALIZADOR

- ¿Es el material cristalino a producir un material hidratado o anhidro?
- ¿Cuál es la solubilidad del compuesto en agua o en otros solventes bajo consideración, y cómo cambia esta con la temperatura??
- ¿Hay otros compuestos en la solución que coprecipiten con el producto a cristalizar, o éstos permanecen en la solución aumentando de la concentración hasta que ocurre un cierto cambio de fase del producto?
- ¿Cuál será la influencia de impurezas en la solución, en el hábito, el crecimiento, y la velocidad de nucleación de los cristales?
- ¿Cuáles son las propiedades físicas de la solución y su tendencia de formar espuma?

INFORMACION REQUERIDA PARA ESPECIFICAR UN CRISTALIZADOR

- ¿Cuál es el calor de la cristalización del producto?
- ¿Cuál es la velocidad de producción, y cuál es la base sobre la cual se calcula esta velocidad de producción?
- ¿Cuál es la tendencia del material a crecer en las paredes del cristalizador?
- ¿Qué materiales de construcción se pueden utilizar para entrar en contacto con la solución a varias temperaturas?
- ¿Qué utilidades estarán disponibles en la localización del cristalizador, y cuál son los costos asociados al uso de estas utilidades?
- ¿El producto final se mezclará o estará mezclado permanentemente con otros materiales o sólidos cristalinos?

INFORMACION REQUERIDA PARA ESPECIFICAR UN CRISTALIZADOR

- ¿Qué tamaño del producto y qué forma del producto se requieren para resolver estos requisitos?
- ¿Cómo puede el material cristalino ser separado del licor de madre y ser secado?
- ¿Hay requisitos de la temperatura o de lavado que deben ser resueltos?
- ¿Cómo se pueden manejar y almacenar estos sólidos o mezclas de sólidos sin que ocurra fractura y aglomeración indeseados?

Tipo de cristalizador	Nombre del equipo	Criterio básico para su aplicación	Aplicaciones conocidas
Clasificación por el Método de crear sobresaturación: Evaporador	Cristalizadores de tanque, Cristalizador evaporador de Circulación forzada, cristalizador Evaporador Oslo (Kristal), cristalizador Evaporador de tubo deflector de aspiración	Donde el coeficiente de solubilidad es muy pequeño o negativo (disminución de la solubilidad con la Temperatura). En tales casos, la cristalización puede Efectuarse solamente por evaporación.	Sales complejas inorgánicas a partir de soluciones diluidas de amoniaco, sustancias orgánicas a partir de soluciones acuosas por dilución con metanol, isopropanol, o acetona, cristalización de sustancias a partir de solventes de ebullición elevada bajo presión reducida, Sulfato de níquel a partir de refinado electrolítico de licor de cobre, cloruro de sodio a partir de la celda electrolítica de NaOH, sulfato de sodio anhidro, carbonato de sodio monohidratado, sulfato de amonio, perclorato de amonio, nitrato de sodio, ácido cítrico.

Enfriamiento	Cristalizadores de tanque, Cristalizador enfriador de Circulación forzada, cristalizador enfriador Oslo (Kristal), cristalizador enfriador de tubo deflector de aspiración, cristalizador de superficie raspada.	Donde el coeficiente de solubilidad es positivo, es decir que la solubilidad se incrementa con la temperatura.	Sales inorgánicas tales como la sal de Glauber, Sal de Epsom, sulfato de cobre , tartrato de sodio y potasio, compuestos orgánicos como el p- xleno, acidos grasos, aceites marinos, clorobenceno, acidos benzoico, butirico, sórbico, bórico.
Vacio	Cristalizador al vacio Swenson, Cristalizador Oslo (cristal) al vacio, Cristalizador al vacio de tubo de aspiración.	Donde se hace necesario operar en continuo, o donde las condiciones corrosivas existentes requieren de bajas temperaturas de operación.	Nitrato de sodio, mono, penta y octa hidratos de hidroxido de bario, sulfato de sodio, tiocianato de sodio, nitrato de plata, sulfato de níkel. Acido tartarico, borax, acido bórico, nitrato de potasio, di y tri fosfato de sodio, sal de anilina, citrato de sodio, sulfatos inorgánicos tales

			como el de sodio, zinc, magnesio, níkel, cobre, hierro, manganeso, amonio, sales de ácidos orgánicos tales como las del ácido tartárico, citrico, fumárico, oxalico, adipico.
Reacción	Cristalizadores de tanque, Cristalizador de Circulación forzada,	Donde se requiere una combinación de cristalización, reacción.	Tamices moleculares: Zeolitas
Salting out	Cristalizadores de tanque, Cristalizador de Circulación forzada,	Donde la adición de un tercer componente cambia las relaciones de solubilidad.	Sal de Glauber a partir de soluciones de salmuera de sulfato de sodio.
Clasificación por el método de suspender los cristales en crecimiento: Magma circulante	Cristalizadores de circulación forzada (evaporador, enfriador, enfriamiento por contacto directo. Cristalizadores de tubo de aspiración con	Para la producción de cristales grandes	Sulfato de amonio, cloruros de sodio y potasio, borax, trifosfato de sodio, nitrato de potasio, ferrocianida de sodio, ácido sulfámico, tetraborato de sodio.

	desviadores		
Licor circulante	Cristalizadores oslo (evaporadores, enfriadores, superficie enfriada, al vacio)	Para la producción de cristales pequeños y de tamaño uniforme	Yeso, tamices moleculares, nitrato de plata, nitrato de amonio, urea, sulfato de sodio, sulfato de amonio, sulfitos inorgánicos, tiosulfatos, cloratos y di cromatos.
Superficie raspada	Cristlizador Swenson Walter, Cristalizador Armstrong continuamente raspado	Para compuestos orgánicos o donde el escalamiento es el principal problema	P Xyleno, acidos grasos, aceites marinos, clorobenceno, colorantes orgánicos, acidos orgánicos tales como el benzoico, butirico, sórbico, bórico, sebácico, propionico, adipico, ures, naftaleno, formiatos.
tanque	Cristalizadores de tanque con solución Estática o agitada.	Para operaciones Batch, o donde los cristales no son el producto principal	Acidos grasos, aceites vegetales, azúcar, tamices moleculares.