

ISBN: 978-958-5542-28-0



UNIPAZ

CARTILLA DE

OPERACIONES UNITARIAS II

ESCUELA DE
**INGENIERIA
AGROINDUSTRIAL**



PRODUCTO DE COLECCIÓN DE LA UNIDAD
ACADÉMICA PLANTAS AGROINDUSTRIALES DEL
INSTITUTO UNIVERSITARIO DE LA PAZ - UNIPAZ

Editorial: Instituto Universitario de la Paz – UNIPAZ

Representante legal: Oscar Orlando Porras Atencia

Página web: www.unipaz.edu.co

ISBN: 978-958-5542-28-0

AUTOR:

Ing. Luisa Fernanda Medina Caballero

MSc-Ing. Tatiana Caballero Hernández

Ing-MSc. Mónica María Pacheco Valderrama

Ing-Esp. Leidy Andrea Carreño Castaño

Ing. Miguel Arturo Lozada Valero

Ing. Esp. Héctor Julio Paz Díaz

Ing. Esp. Sandra Milena Montesino Rincón

COAUTORES

Angélica Paola Acuña Pedraza

Camilo Muñoz Zapata

Dubán Fernando Morales Villa

Jose José Buelvas Rocha

Marly Judith Vargas Hernández

DISEÑO

Marly Judith Vargas Hernández

Luisa Fernanda Medina Caballero

Barrancabermeja, 2019.



PRÓLOGO

Cada industria, sin importar el material que desee transformar, tiene una variedad de operaciones características que buscan adecuar, modificar y/o conservar la materia prima. Estas operaciones se clasifican de acuerdo a los principios físicos y químicos que las definen, así como por las aplicaciones que tienen.

Se entiende, que en las operaciones unitarias, las transformaciones pueden realizarse de distintas formas: modificando la masa o composición del cuerpo primario ya sea mezclándolo, separándolo, o haciéndolo reaccionar químicamente, modificando la calidad de la energía que posee el material en cuestión, ya sea por enfriamiento, vaporización, aumento de presión; modificando así las condiciones relativas del material primario, ya sea aumentando o disminuyendo la dirección que tiene en el espacio.

En este sentido el presente texto se ha elaborado con el propósito de facilitar la comprensión de la asignatura Operaciones Unitarias II, al compilar los temas tratados durante la clase. Está dirigido a estudiantes de Ingeniería Agroindustrial y personas que deseen involucrarse con el tema.



TABLA DE CONTENIDO

PRÓLOGO	3
1. SECADO	8
1.1 FUNDAMENTOS	8
1.2 EQUIPOS	9
1.2.1 Secaderos para sólidos y pastas	9
1.2.2 Secaderos para disoluciones y suspensiones	11
1.3 APLICACIONES EN LA INDUSTRIA	12
1.3.1 Sector textil	12
1.3.2 Sector minero.	12
1.3.3 Sector papelero.	12
1.3.4 Sector alimentario.	12
2 LIOFILIZACIÓN	12
2.1 FUNDAMENTOS	12
2.2 EQUIPOS	14
2.3 APLICACIONES EN LA INDUSTRIA	15
2.3.1 Industria farmacéutica	15
2.3.2 Industria alimentaria.	15
3 EVAPORACIÓN	16
3.1 FUNDAMENTOS	16
3.2 EQUIPOS	16
3.2.1 Evaporadores de circulación natural.	16
3.2.2 Evaporador con calandria exterior	18
3.3 APLICACIONES EN LA INDUSTRIA	19
3.3.1 Industria lechera.	20
3.3.2 Industria de jugos de frutas	20
3.3.3 Hidrolizados.	20
3.3.4 Industria frigorífica.	20
3.3.5 Extractos	20
3.3.6 Industria avícola.	20
3.3.7 Industria farmacéutica.	20
3.3.8 Industria de residuos	20



4	CRISTALIZACIÓN	20
4.1	FUNDAMENTOS	20
4.1.1	Nucleación	21
4.2	EQUIPOS	22
4.3	APLICACIONES EN LA INDUSTRIA	22
4.3.1	Industria alimentaria	22
4.3.2	Industria farmacéutica	23
4.3.3	Industria del petróleo	23
5	DESTILACIÓN	23
5.1	FUNDAMENTOS	23
5.2	EQUIPOS	23
5.2.1	Destilación de columnas empacadas	24
5.2.2	Destilación en columnas de platos	24
5.3	APLICACIONES EN LA INDUSTRIA	24
5.3.1	Industria del petróleo	25
5.3.2	Industria de bebidas alcohólicas	25
5.3.3	Industria alimentaria	25
5.3.4	Industria de plásticos y caucho	25
6	LIXIVIACIÓN	25
6.1	FUNDAMENTOS	25
6.2	EQUIPOS	25
6.2.1	Percolador por carga	25
6.2.2	Percolador continuo	26
6.3	APLICACIONES EN LA INDUSTRIA	27
6.3.1	Industria alimentaria	27
	BIBLIOGRAFÍA	28
	ANEXOS	30
	Anexo n° 1. Proceso de destilación del whisky.	30
	Anexo n° 2. Proceso de cristalización del azúcar.	31
	Anexo n° 3. Proceso de café liofilizado.	32
	Anexo n° 4. Proceso de cristalización del helado.	33
	Anexo n° 5. Proceso de evaporización de la leche en polvo.	34



Tabla de figuras

Figura 1. Secador de bandejas.....	9
Figura 2. Secador de tamiz transportador.....	10
Figura 3. Turbosecadero.....	10
Figura 4. Secadero rotatorio.....	10
Figura 5. Secadero de lecho fluidizado.....	10
Figura 6. Secadero de flash.....	11
Figura 7. Secadero de tambor.....	11
Figura 8. Secadero de pulverización.....	11
Figura 9. Secadero de película delgada.....	11
Figura 10. Esquema general de un equipo de liofilización.....	14
Figura 11. Estructura de un producto en proceso de liofilización.....	14
Figura 12. Liofilizador para laboratorio.....	15
Figura 13. Liofilizador para laboratorio.....	15
Figura 14. Liofilizador para planta piloto.....	15
Figura 15. Liofilizador industrial.....	15
Figura 16. Elementos básicos de un evaporador.....	17
Figura 17. Evaporador abierto.....	17
Figura 18. Evaporador de tubos cortos horizontales.....	17
Figura 19. Evaporador de tubos cortos verticales.....	18
Figura 20. Evaporador de calandria exterior.....	18
Figura 21. Evaporador de circulación forzada.....	18
Figura 22. Evaporador de placas.....	19
Figura 23. Evaporador de tubos largos.....	19
Figura 24. Evaporador- cristalizador con circulación de líquido.....	22



Figura 25. Cristalizador de tubo de aspiración-deflector.	22
Figura 26. Columna de destilación binaria.	24
Figura 27. Torre empacada para absorción de gas.	24
Figura 28. Lixiviador por percolador.	25
Figura 29. Percolador por carga.	26
Figura 30. Extractor tipo Bollman.	26
Figura 31. Extractor tipo Rotocel.	26
Figura 32. Extractor tipo Kennedy.	27
Figura 33. Lixiviador por inmersión.	27



Grupo de investigación en innovación,
desarrollo tecnológico y competitividad en
Sistemas de Producción Agroindustrial GIADAI

1. SECADO

1.1 FUNDAMENTOS

Consiste en separar pequeñas cantidades de agua u otro líquido de un material sólido con el fin de reducir el contenido de líquido residual hasta un valor aceptablemente. El secado es habitualmente la etapa final de una serie de operaciones.

El contenido de humedad de un sólido se expresa comúnmente como el peso de contenido de humedad por unidad de peso del sólido seco o mojado.

Cuando el sólido mojado es sometido a secado térmico de procesos comunes simultáneamente:



1. La transferencia de calor para aumentar la temperatura de sólido mojado y esperar el contenido de humedad.

2. La transferencia de masa en forma de humedad interna hacia la superficie del sólido y su subsecuente evaporación.

Los métodos de secado se clasifican de diferentes maneras;

El método de operación de secado se divide en:

Lotes

El material se introduce en el equipo de secado y el proceso se verifica por un periodo.

Continuos

El material se añade sin interrupción al equipo de secado y se obtiene material seco con régimen continuo.

Evaporación

Ocurre cuando la presión del vapor de la humedad en la superficie del sólido iguala la presión parcial del gas en el aire.

Vaporización

El secado es llevado a cabo por convección, haciendo pasar aire caliente sobre el sólido húmedo

Según el método de obtención de calor necesario para la evaporación de la humedad;

Secado directo

El calor se añade por contacto directo con el aire caliente a presión atmosférica, y el vapor de agua formado se elimina por medio del mismo aire

Secado indirecto

El calor se añade indirectamente por contacto con una pared metálica o por radiación.

Secado por congelación

(Liofilización), el agua se sublima directamente del material congelado.

1.2 EQUIPOS

1.2.1 Secaderos para sólidos y pastas. Estos secaderos se clasifican en dos tipos y depende de las características del material que valla a secarse.

Secaderos para materiales no agitables.

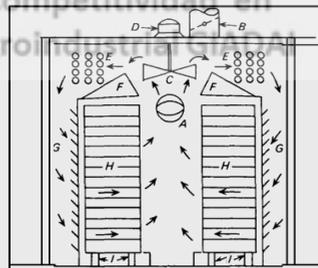


Figura 1. Secador de bandejas. Método de operación: Por lotes. Método de obtención de calor: Directo.

Los métodos para quitar la humedad de un sólido son:

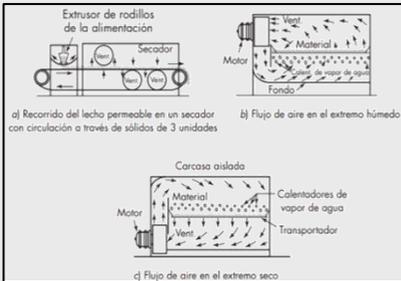


Figura 2. Secador de tamiz transportador.
Método de operación: Continuo.
Método de obtención de calor: Directo.

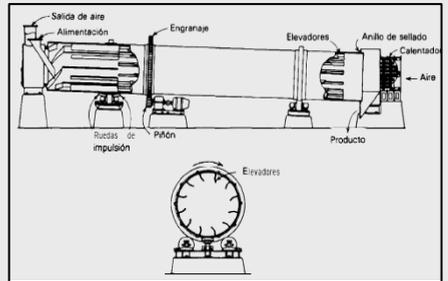


Figura 4. Secadero rotatorio.
Método de operación: Por lotes.
Método de obtención de calor: Directo.

Secaderos para materiales agitados.

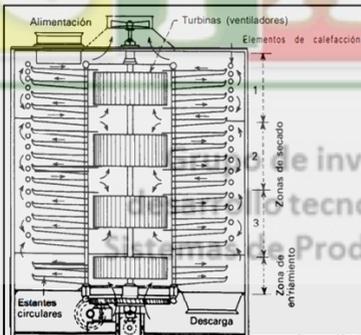


Figura 3. Turbosecadero.
Método de operación: Continuo.
Método de obtención de calor: Directo.

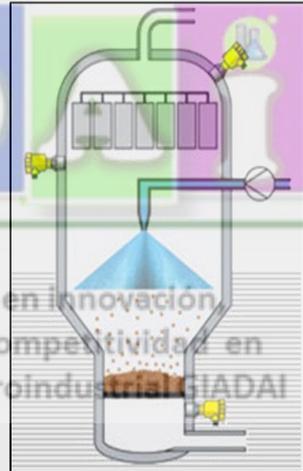


Figura 5. Secadero de lecho fluidizado.
Método de operación: Continuo.
Método de obtención de calor: Directo.

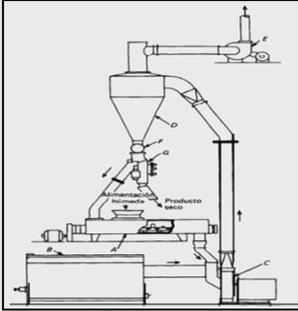


Figura 6. Secadero de flash.
Método de operación: Directo.
Método de obtención de calor: Continuo.

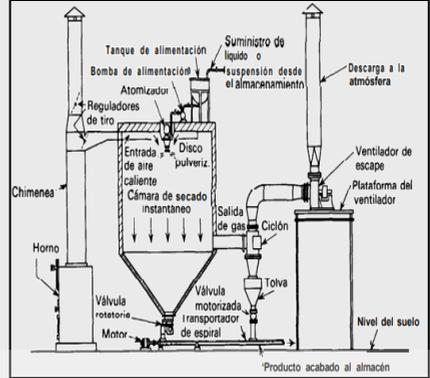


Figura 8. Secadero de pulverización.
Método de operación: Directo.
Método de obtención de calor: Continuo.

1.2.2 Secaderos para disoluciones y suspensiones.

Algunos secaderos evaporan completamente soluciones y suspensiones hasta secar completamente los sólidos por medio térmicos.

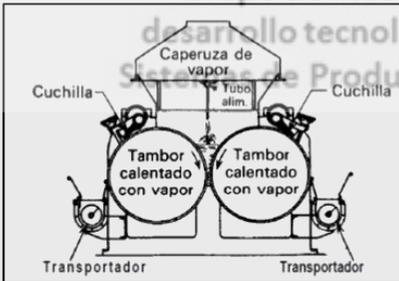


Figura 7. Secadero de tambor.
Método de operación: Por lotes.
Método de obtención de calor: Continuo.

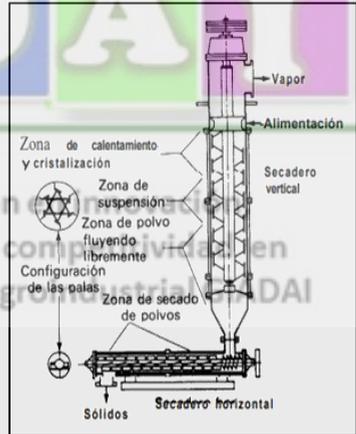


Figura 9. Secadero de película delgada.
Método de operación: Por lotes.
Método de obtención de calor: Continuo.



1.3 APLICACIONES EN LA INDUSTRIA

Las industrias agroalimentarias y papeleras son las usuarias más importantes de los procesos de secado, que supone un consumo de más del 60 % del total en dicho campo industrial.

En los campos industriales textil, químico, cemento y materiales de construcción, la energía consumida en los procesos de secado supone del 25 % al 35 % del consumo energético total.

1.3.1 Sector textil. Secado de tejidos.

1.3.2 Sector minero. Operaciones extractivas y de preparación del mineral.

1.3.3 Sector papelerero. Fabricación de pasta, concentrado y papel.

1.3.4 Sector alimentario. Preparación de azúcar, leche, cereales, forrajes.

Tabla 1. Tipos de secadores más utilizados para ciertos alimentos.

PRODUCTO	TIPO DE SECADOR
Hortalizas, frutas, confitería.	Bandejas y túnel.
Forrajes, granos, hortalizas, frutas, nueces, cereales de desayuno.	Cinta.
Forrajes, granos, manzanas, lactosa, almidón.	Rotativos.
Café, leche, té, puré de frutas.	Atomización (spray).
Leche, almidón, sopas, productos de cervecería y destilería.	Tambor.
Almidón, pulpa de frutas, residuos de destilería.	Neumático.
Café, esencias, extracto de carne, frutas, hortalizas.	Congelación y vacío
Hortalizas.	Lecho fluidizado.
Manzanas y algunos hortalizas.	Horno.

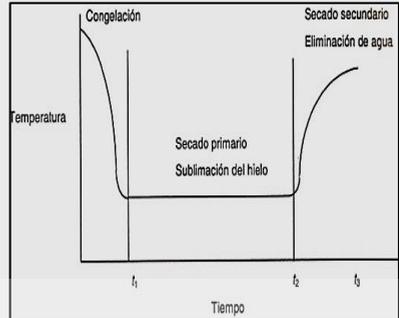
2 LIOFILIZACIÓN

2.1 FUNDAMENTOS

La liofilización (criodeshidratación) se basa en el fenómeno físico de la sublimación del agua o bien de un disolvente orgánico o de

mezclas acuoso-orgánicas que estén congeladas; el disolvente congelado se sublima directamente a vapor sin pasar por el estado líquido. Habitualmente cuando se trabaja con alimentos, proteínas o material biológico el disolvente a eliminar es el agua.

estructura porosa después del secado.



Fuente: Deshidratación de alimentos (Gustavo V. Barbosa., Humberto Vega Mercado)



La liofilización involucra cuatro etapas principales:



Por regla general, la liofilización da lugar a productos alimenticios de más alta calidad que con cualquier método de secado, el factor principal es la rigidez estructural que se preserva en la sustancia congelada cuando se verifica la sublimación, Esto evita el colapso de la

Antes de comenzar el proceso, es fundamental el acondicionamiento de la

materia prima, ya que los productos liofilizados no pueden ser manipulados una vez completado el proceso.

Para la optimización de este proceso es fundamental conocer y controlar:

- La temperatura en la que ocurre la máxima solidificación.
- La velocidad óptima de enfriamiento.
- La temperatura mínima de fusión incipiente.

Con esto se busca que el producto congelado tenga una estructura sólida, sin que haya líquido concentrado, de manera que el secado ocurra únicamente por sublimación.

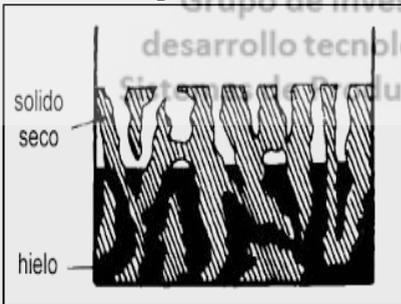
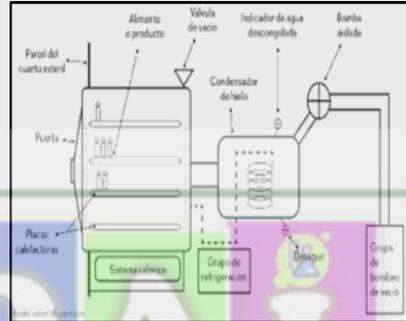


Figura 11. Estructura de un producto en proceso de liofilización.

2.2 EQUIPOS

Un equipo de liofilización está compuesto por:

- Cámara
- Condensador
- Grupo de frío



- Grupo de vacío
- Grupo calefactor

Figura 10. Esquema general de un equipo de liofilización.



Figura 12. Liofilizador para laboratorio.

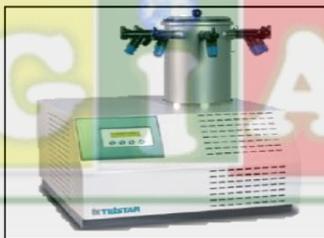


Figura 13. Liofilizador para laboratorio.



Figura 14. Liofilizador para planta piloto.

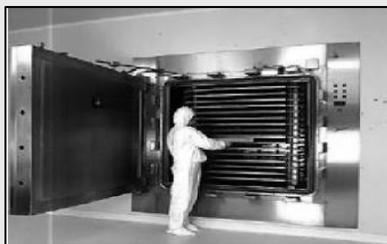


Figura 15. Liofilizador industrial.

2.3 APLICACIONES EN LA INDUSTRIA

La liofilización tiene una aplicación: la conservación de libros y documentos. La eliminación de agua que provoca este tratamiento impide el crecimiento de microorganismos que degradan la celulosa del papel.

2.3.1 Industria farmacéutica.

Ciertos antibióticos, vacunas, plasma, hemoderivados, sueros, vitaminas, extractos, leche materna, entre otros.

2.3.2 Industria alimentaria.

Tabla 2. Productos alimentarios liofilizados.

Sector	Producto liofilizado
Cárnicos	Carne bovina
	Carne aviar: Pechuga (pollo y pavo), muslo de pollo

	Carne porcina: jamón, lomo
Frutas	Fresa, banano, mora, frambuesa
Vegetales	Esparrago, zanahoria, brócoli, coliflor, apio, papa, hongos, aceitunas, espinacas
Quesos	Mozarella, blanco, provolone, prato
Otros	Café, sopas, zumo de fruta, levaduras, caldos, salsas, especias.

3 EVAPORACIÓN

3.1 FUNDAMENTOS

La evaporación es una operación unitaria que consiste en la eliminación de agua de un alimento fluido mediante vaporización o ebullición. Son varios los alimentos que se obtienen en forma de soluciones acuosas, y que para facilitar su conservación y transporte se concentran en una etapa de eliminación de agua.

3.2 EQUIPOS

En los procesos de evaporación se utilizan aparatos muy diversos, pudiéndose distinguir aquellos en los que el fluido se hace circular mediante bombas frente a los que no necesitan estos dispositivos, denominándose:

- Evaporadores de circulación forzada a los primeros
- Evaporadores de circulación natural a los últimos.

3.2.1 Evaporadores de circulación natural.

Existen varios tipos de evaporadores basados en la circulación natural de los fluidos, siendo el más sencillo el evaporador abierto. También existen evaporadores de tubos, generalmente cortos, basados en este principio.

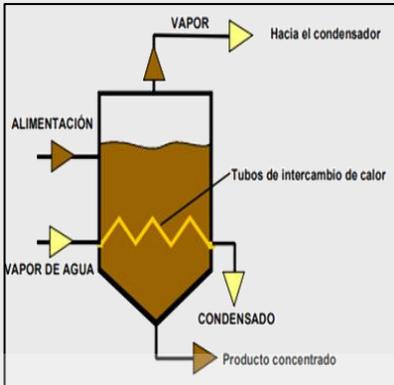


Figura 16. Elementos básicos de un evaporador.

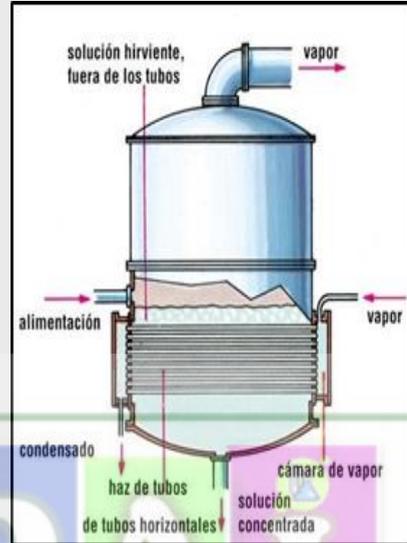


Figura 18. Evaporador de tubos cortos horizontales.

Estos evaporadores están formados por una cámara, cuya parte inferior está atravesada por un banco de tubos horizontales, circulando por su interior vapor de agua, que sirve de fluido calefactor.

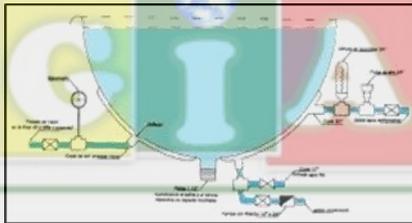


Figura 17. Evaporador abierto. Estos evaporadores son los más simples, y constan esencialmente de un depósito abierto a la atmósfera, en el que el fluido se calienta directamente, o bien a través de un serpentín o camisa externa de calentamiento. Presentan una velocidad de evaporación baja, siendo pobre la economía térmica.

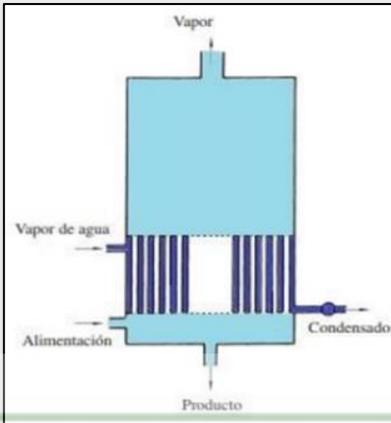


Figura 19. Evaporador de tubos cortos verticales.

El vapor de calefacción condensa en el exterior de tubos que se encuentran dispuestos verticalmente en el interior de la cámara de evaporación. El conjunto de tubos, denominado calandria, posee un gran tubo central de retorno, por el que circula un líquido que está más frío que el de los tubos calentadores de ascenso, lo que provoca la aparición de corrientes de circulación natural.

3.2.2 Evaporador con calandria exterior: En este tipo de evaporador el conjunto de tubos se halla fuera del espacio separador de vapor. Suelen operar a presiones reducidas, siendo muy fácil el acceso al conjunto de tubos. Además, la calandria puede

sustituirse por un intercambiador de calor de placas, que es muy útil en el caso que se prevea que pueden formarse costras, pues son fáciles de desmontar y limpiar.

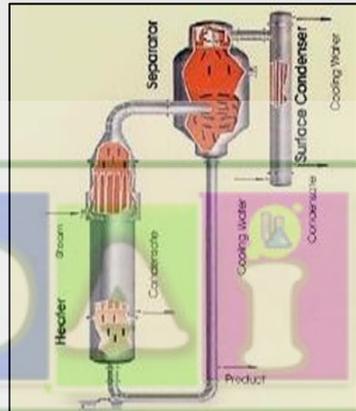


Figura 20. Evaporador de calandria exterior.

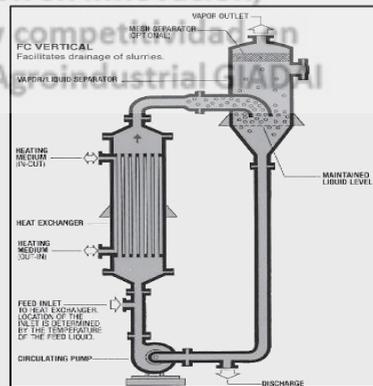


Figura 21. Evaporador de circulación forzada.

Su circulación se logra mediante una bomba que impulsa el alimento a través de la calandria de tubos, para entrar posteriormente a una cámara de separación, en la que se obtiene la separación del vapor y del concentrado.

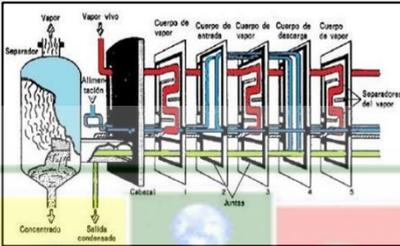


Figura 22. Evaporador de placas. Constan de un conjunto de placas, que se distribuyen en unidades, en las que el vapor condensa en los canales formados entre placas, y el líquido calentado hierve sobre las superficies de las placas, ascendiendo y descendiendo en forma de película sobre las mismas. La mezcla de líquido y vapor que se forma pasa a un evaporador centrífugo.

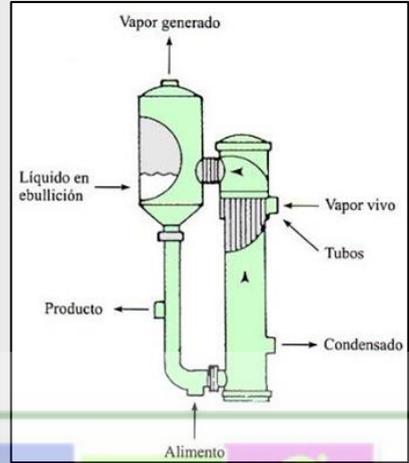


Figura 23. Evaporador de tubos largos.

Constan de una cámara vertical provista de un intercambiador tubular y de una cámara de separación. El líquido diluido, antes de entrar a los tubos, es precalentado hasta prácticamente su temperatura de ebullición. Una vez en el interior de los tubos empieza a hervir, y la expansión debida a la vaporización hace que se formen burbujas de vapor que circulan a gran velocidad y arrastran el líquido, que se va concentrando al avanzar en su trayecto.

3.3 APLICACIONES EN LA INDUSTRIA

En la industria la evaporación es una operación unitaria, en la que se extrae una sustancia líquida a través de la adición



de calor, esto permite que se obtenga una solución más concentrada.

3.3.1 Industria lechera.

Leche entera y descremada, leche condensada, proteínas de la leche, mantecas, suero de queso, soluciones de lactosa, dulce de leche de producción continua y discontinua.

3.3.2 Industria de jugos de frutas.

Leche de soja, jugo de manzana, de naranja y otros citrus, jugos de mezclas, de tomates, de zanahorias.

3.3.3 Hidrolizados.

Proteína láctea hidrolizada, proteína láctea hidrolizada, suero hidrolizado, molienda húmeda de maíz, jarabe de glucosa, jarabe de dextrosa 42 y 55, agua de macerado.

3.3.4 Industria frigorífica.

Extracto de carne y huesos, plasma sanguíneo.

3.3.5 Extractos.

Extractos de café o té, de carne o hueso, de malta, de levaduras.

3.3.6 Industria avícola.

Concentración de huevo entero, concentración de clara de huevo.

3.3.7 Industria

farmacéutica. Es habitual la síntesis de productos en el seno de un disolvente orgánico que después debe ser eliminado.

3.3.8 Industria de residuos.

Se utilizan los evaporadores para la minimización de residuos haciendo más sencillo y económico su transporte y su posterior eliminación.

4 CRISTALIZACIÓN

4.1 FUNDAMENTOS

Es una operación unitaria en la cual se separa un componente de una solución líquida transfiriéndolo a la fase sólida en forma de cristales que precipitan. En una operación necesaria para todo producto procesado que se presente comercialmente en forma de polvos o cristales ya sea el azúcar o la sacarosa, la sal común.

La cristalización es la formación de partículas sólidas a partir de una fase



homogénea. La formación de partículas sólidas puede tener lugar a partir de un vapor, como la nieve, mediante la solidificación de un líquido fundido, como ocurre en la formación de grandes monocristales, o bien como cristalización de una disolución líquida.

destruyan debido a un proceso inverso a la nucleación. Dentro de la nucleación podemos distinguir entre:

4.1.1.1 Primaria. Es aquella en la que el origen de la nueva fase sólida no este condicionado ni influida por la presencia de la fase sólida que se origina.

Cualquier operación de cristalización debe seguir estas 3 etapas:

Sobresaturación de la solución

Formación de núcleos cristalinos (Nucleación)

Crecimiento de cristales

Nucleación primaria

Homogénea

Heterogénea

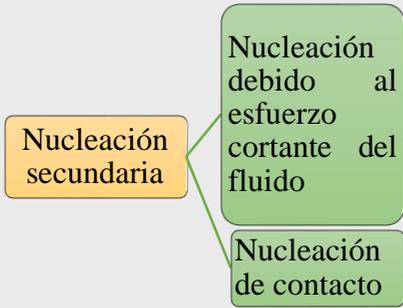
4.1.1.1 Secundaria. La nucleación secundaria designa aquel proceso de formación de cristales de la nueva fase que este condicionado por la presencia de partículas de la misma fase en el sistema sobresaturado y por cuya

4.1.1 Nucleación.

Formación de los primeros iones a partir de los iones o moléculas que se encuentran en el seno de la disolución. Puede ser que estos primeros cristales que se forman, se

causa

ocurre.



solubilidad normal no deberán producir sedimentación en los tubos.

4.2 EQUIPOS

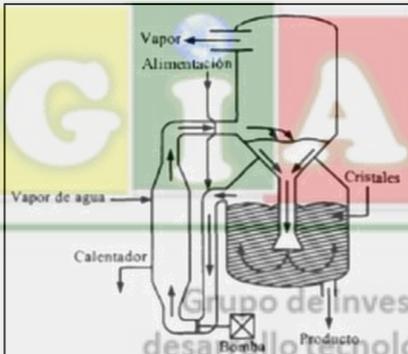


Figura 24. Evaporador- cristalizador con circulación de líquido.

En la combinación de evaporador-cristalizador, la sobresaturación se produce por evaporación. La lechada que sale del cuerpo se bombea a través de una tubería de circulación y por un intercambiador de calor de coraza, donde su temperatura se eleva de 2 a 6 °C. Puesto que este calentamiento se realiza sin vaporización, los materiales de

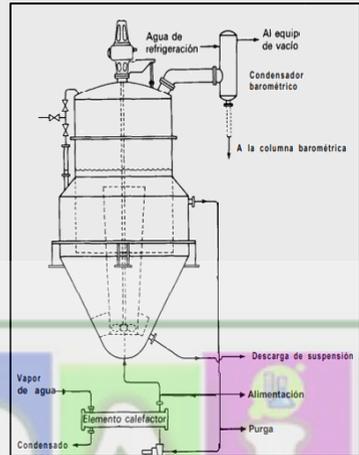


Figura 25. Cristalizador de tubo de aspiración-deflector.

Los cristalizadores de tubo de aspiración-deflector están equipados con una rama de elutriación por debajo del cuerpo del cristalizador para clasificar los cristales por tamaños; también incluye una zona de sedimentación con placas deflectoras para la retirada de finos.

4.3 APLICACIONES EN LA INDUSTRIA

4.3.1 Industria alimentaria

- Cristalización en la industria azucarera.
- Cristalización de la industria salina.

- Cristalización de las grasas.
- Cristalización de la sacarosa en los alimentos.
- Cristalización del hielo en los alimentos.

4.3.2 Industria farmacéutica

Obtención de aspirina.

4.3.3 Industria del petróleo

Purificación de productos en el refino de petróleo.

5 DESTILACIÓN

5.1 FUNDAMENTOS

La destilación es una operación unitaria que tiene por objeto separar, mediante vaporización, una mezcla de líquidos miscibles y volátiles en sus componentes. Esta separación se basa en aprovechar las distintas presiones de vapor de los componentes de la mezcla a una cierta temperatura.

Una columna de destilación es una estructura cerrada en la cual se realiza la separación física de un fluido en dos o más fracciones. Esta

separación se logra sometiendo el fluido a condiciones de presión y temperaturas apropiadas a lo largo de la columna, en modo de lograr que las fracciones que se buscan separar se encuentren en dos estados diferentes. La fracción más pesada (en estado líquido) baja por gravedad, mientras que la más liviana (en estado gaseoso) sube y se condensa en las partes superiores. De esta manera se logra un buen intercambio entre ambas fases permitiendo la efectiva transferencia de la parte gaseosa del líquido.



5.2 EQUIPOS

Los equipos en que se lleva a cabo esta operación se llaman

columnas de destilación; hay dos tipos de columnas:

5.2.1 Destilación de columnas empacadas: Las columnas empacadas con frecuencia se utilizan para destilación cuando la separación es relativamente fácil y se requiere de un diámetro de columna no muy grande. Por lo general, son menos costosas que las columnas de platos y tienen una menor caída de presión.



Figura 26. Columna de destilación binaria.

5.2.2 Destilación en columnas de platos: se subdividen a su vez en

columnas de campanas burbujeadoras y columnas de platos perforados.

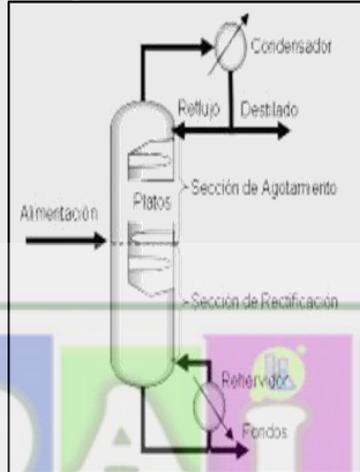


Figura 27. Torre empacada para absorción de gas.

5.3 APLICACIONES EN LA INDUSTRIA

Es muy común que en la industria se utilice la palabra destilación, puesto que es un proceso muy utilizado, por ejemplo, en la industria vinícola o también en una planta de refinación de petróleo se aplica la destilación en procesos en los cuales se desea separar un componente de una mezcla.

5.3.1 Industria del petróleo: para generar gases ligeros, nafta, queroseno, diesel, aceite lubricante y asfalto.

5.3.2 Industria de bebidas alcohólicas: Para separar etanol de los demás productos de la fermentación de carbohidratos.

5.3.3 Industria alimentaria: Extracción de aceites y grasas ciclohexano y sulfuro de carbono.

5.3.4 Industria de plásticos y caucho: como disolvente de materias primas y de transformación de dimetilformamida, cloroformo, acetona.

6 LIXIVIACIÓN

6.1 FUNDAMENTOS

La lixiviación es la separación de uno o varios solutos contenidos en una fase sólida mediante su contacto con un disolvente líquido que los disuelve selectivamente, pudiendo tratarse de una simple disolución física o de

una reacción química que libera absoluto de la matriz sólida.

6.2 EQUIPOS

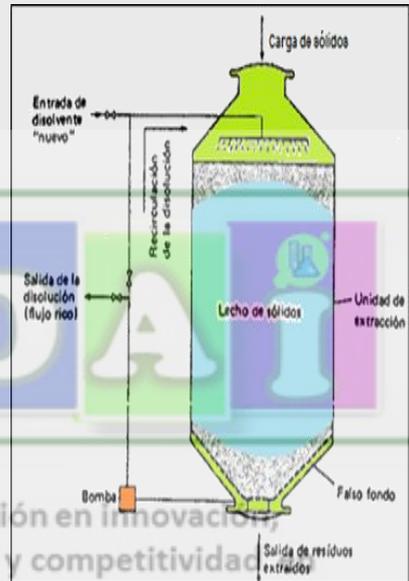


Figura 28. Lixivador por percolador.

6.2.1 Percolador por carga:

Se trata de un gran tanque circular o rectangular de fondo falso. Los sólidos que se van a lixiviar se dejan caer al tanque hasta una profundidad uniforme. Se rocían con un disolvente hasta que su

contenido de soluto se reduce hasta un mínimo y a continuación se excavan.

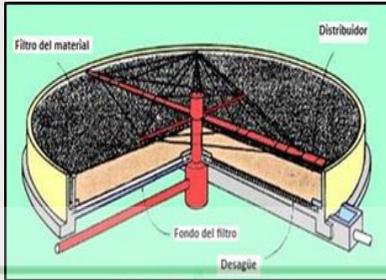


Figura 29. Percolador por carga.

6.2.2 Percolador continuo:

Los sólidos gruesos se lixivian, también, mediante la percolación en equipos de lecho móvil, incluyendo clasificadores basculantes de plataforma sencilla o múltiple, equipos de contacto mediante cestos y transportadores horizontales de bandas. Estos son:

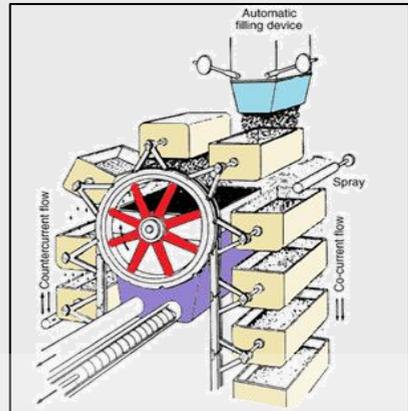


Figura 30. Extractor tipo Bollman.

Este tipo de extractor es muy peculiar, ya que cuando se trabaja con sólidos resulta muy difícil operar de forma continua, sin embargo, este tipo de extractor lo permite.



Figura 31. Extractor tipo Rotocel.

Está formado por compartimientos en forma anulares, con pisos permeables al líquido que giran alrededor de un eje central. Los compartimientos pasan de forma

sucesiva por el punto de alimentación, por un conjunto de rociadores de disolvente, una sección de drenaje y una de descarga

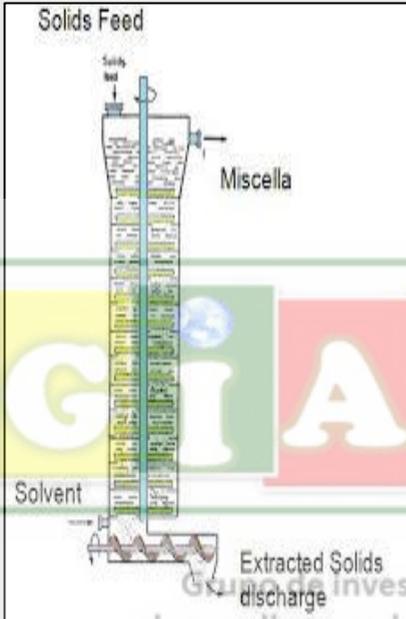


Figura 32. Extractor tipo Kennedy.

En este equipo, el disolvente fluye por gravedad de cámara a cámara, en contracorriente con el movimiento de los sólidos. Está compuesto por una serie lineal de cámaras horizontales a través de las cuales se desplazan, en sucesión, los sólidos a lixiviar por medio de un impulsador, de velocidad lenta.

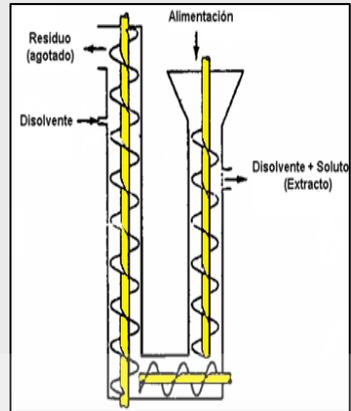


Figura 33. Lixiviador por inmersión. En este equipo la superficie helicoidal se separa para que el disolvente pueda atravesar la hélice en contra corriente. Los tornillos sinfín están diseñados de modo que permitan la compactación de los sólidos durante su paso por la unidad.

6.3 APLICACIONES EN LA INDUSTRIA

6.3.1 Industria alimentaria

- Extracción de azúcar de la caña o remolacha.
- Fabricación de café y té solubles (instantáneos).
- Extracción de aceites de semillas oleaginosas.

Extracción de componentes, tales como:



- Pigmentos, aceites esenciales
- Pectina, gomas (carregenina, goma guar, gomaxantano).
- Vitaminas, colágeno (obtención de gelatina).

Extracción de componentes no deseados.

- Cafeína, lactosa, colesterol, grasa.
- Lavado de alimentos.

BIBLIOGRAFÍA

Alban Zambrano, Cedeño Menéndez, & Centeno Chinga, 20 de Julio del 2015.

Barbosa Cánovas, G. V. (2005). Operaciones Unitarias en la Ingeniería de Alimentos. Barcelona: Aedos, S.A.

Brennan J.G (1998) Las operaciones de la ingeniería de los alimentos (3° edición) España ACRIBIA, S.A.

Flesia, M. A., Universidad Técnica Nacional. Facultad Regional Santa Fé. Ingeniería Industrial. *Grupo de investigaciones en innovación, desarrollo tecnológico y sistemas de Producción Agrícola Industrial GIADA* Procesos Industriales – La conservación de sustancias perecederas por medio de la liofilización.

Geankoplis, C.J., (1998) Procesos de transporte y operaciones unitarias. Tercera edición. México.

Mccabe, W. L., Smith, J. C., & Harriott, P. (2007). Operaciones Unitarias en



Ingeniería Química. Ciudad
De México: Mcgraw-Hill /
Interamericana De México.

Mendez, M. (S.F.).
Evaporación.

Robert H. Perry, Donw Green
(2012) Manual del Ingeniero
Químico. Volumen 2.

Rojas, L. (S.F.). Destilacion
(Aplicaciones Industriales).

Sceni, P. 2007. Transiciones
de Fase. Universidad Nacional
de Quilmes. Área de Química
de los Alimentos.

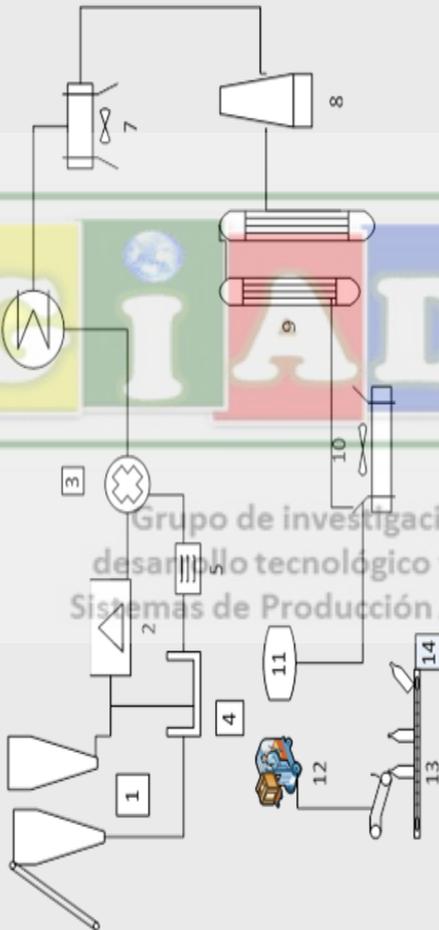
Tavera Rios, E. M. (S.F.).
Temas selectos de
Operaciones Unitarias para la
carrera de Ingeniería
Industrial.



Grupo de investigación en innovación,
desarrollo tecnológico y competitividad en
Sistemas de Producción Agroindustrial GIADAI

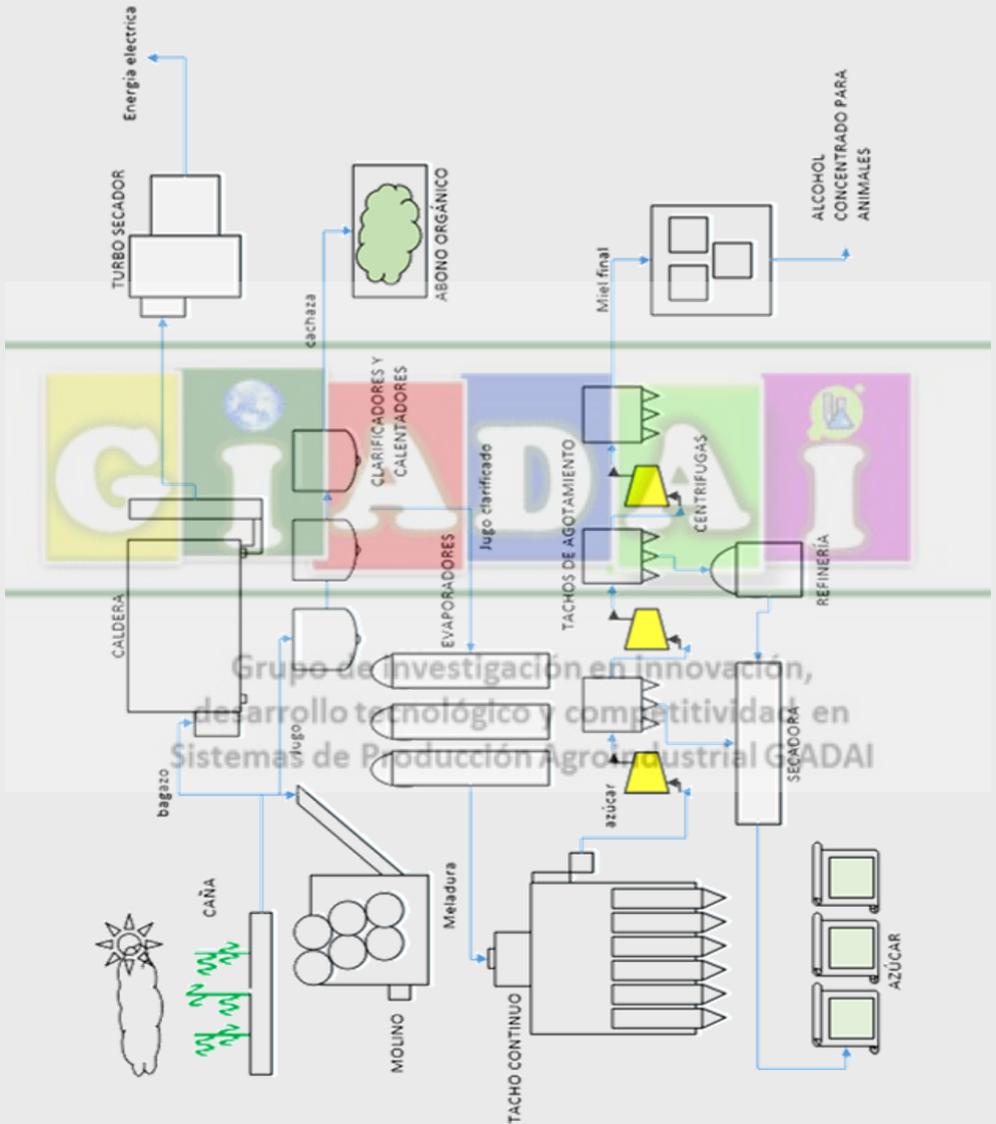
ANEXOS

Anexo n° 1. Proceso de destilación del whisky.

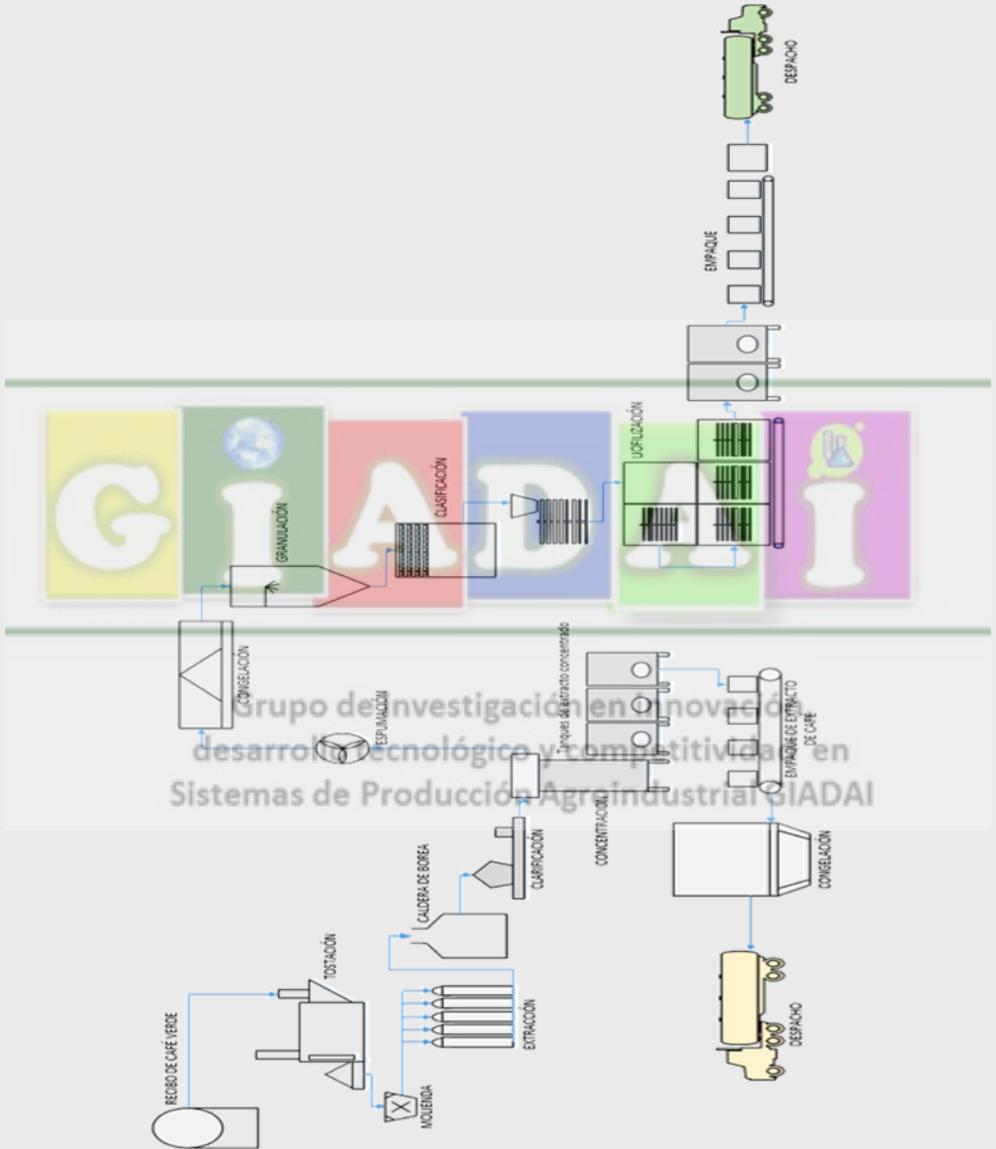


Cód.	Equipo
1	Silos
2	Centrifugadora
3	Trituradora de martillos
4	Tanque de germinado
5	Secadora
6	Tanque de cocción de vapor de agua
7	Intercambiador de calor
8	Fermentador
9	Destilador
10	Refrigerador
11	Toneles de almacenamiento
12	Monta carga
13	Embotelladora
14	Empaquetadora

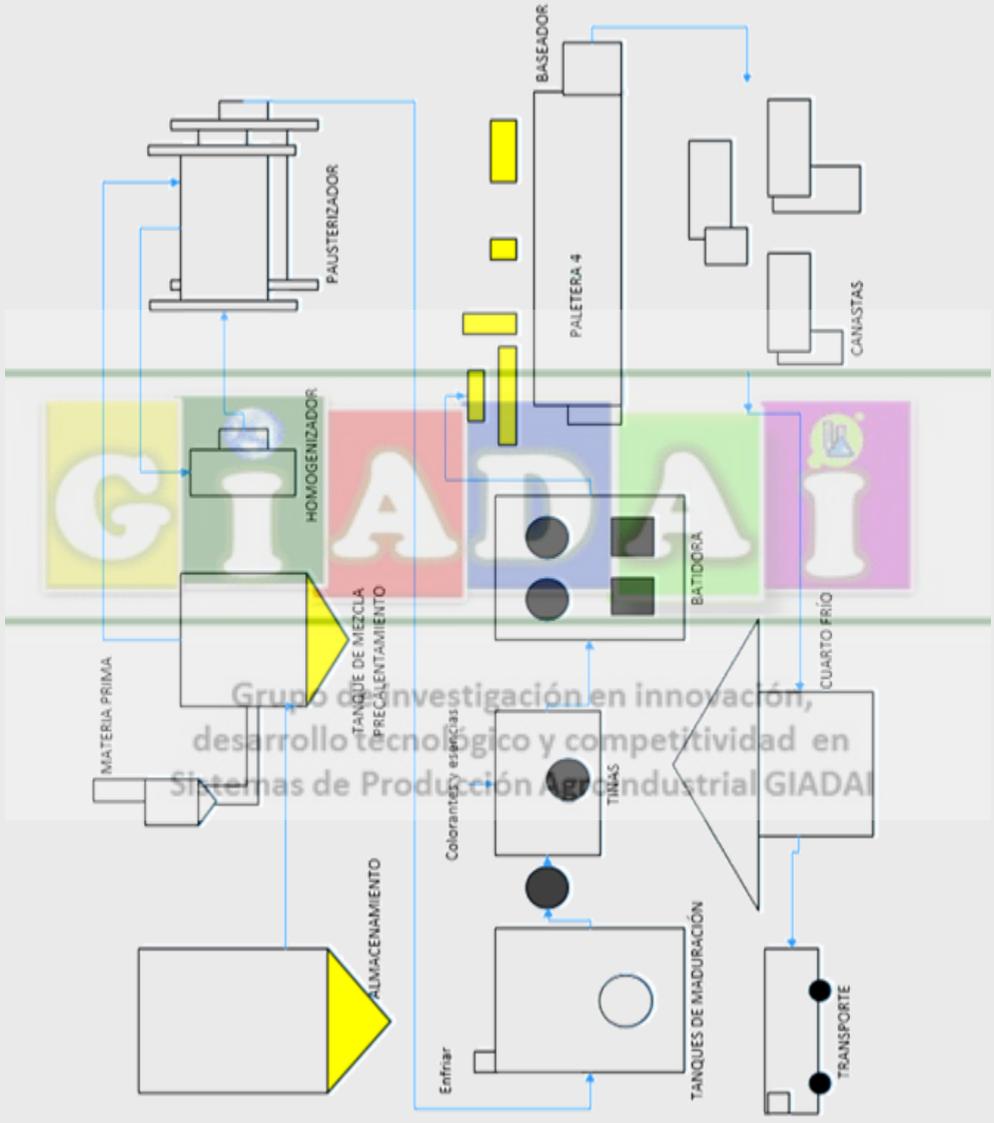
Anexo n° 2. Proceso de cristalización del azúcar.



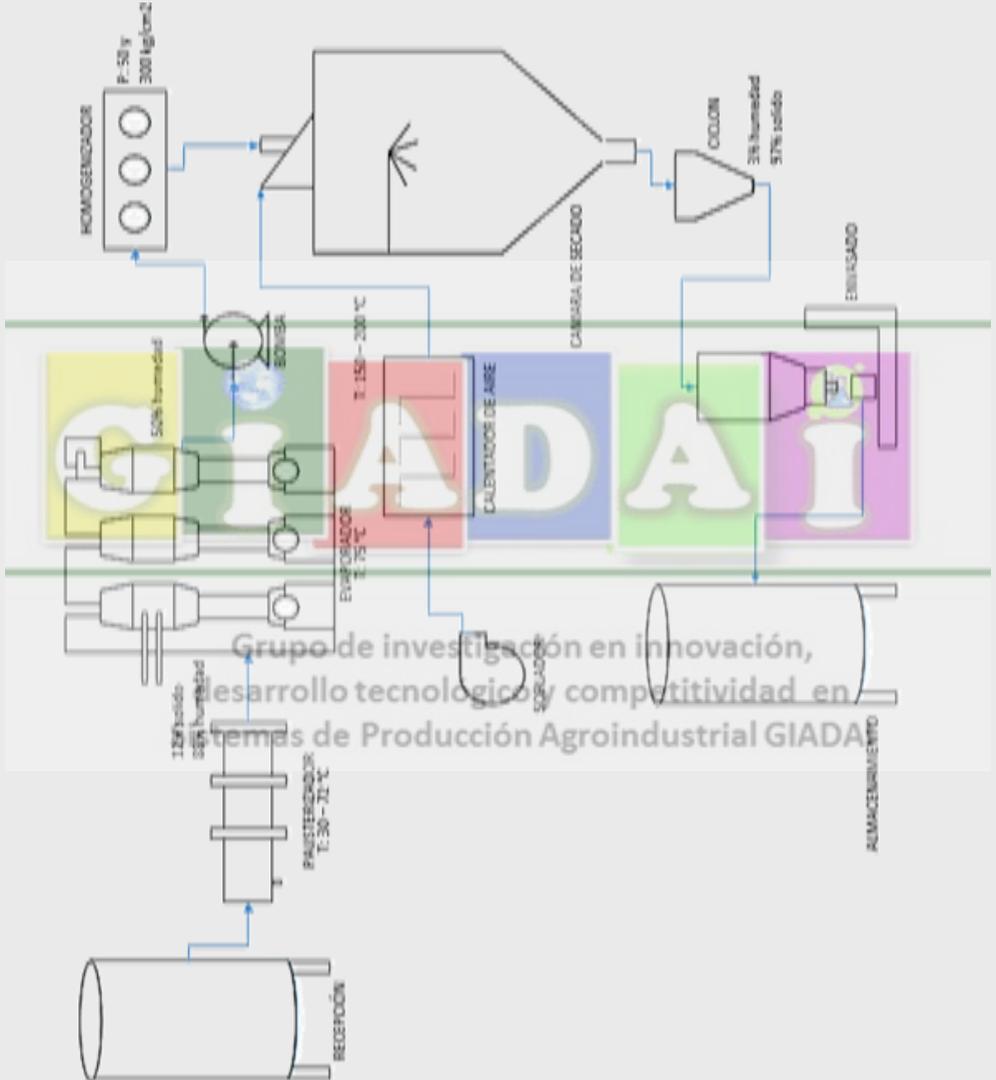
Anexo n° 3. Proceso de café liofilizado.



Anexo n° 4. Proceso de cristalización del helado.



Anexo n° 5. Proceso de evaporización de la leche en polvo.





UNIPAZ

ESCUELA DE
INGENIERIA
AGROINDUSTRIAL

