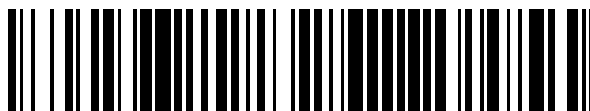


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 761 277**

51 Int. Cl.:

B01D 3/02 (2006.01)

C12P 7/06 (2006.01)

B01D 3/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.07.2014 PCT/IN2014/000448**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.02.2015 WO15019363**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.07.2014 E 14834039 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.09.2019 EP 3030331**

54 Título: **Producción de etanol por destilación evaporativa**

30 Prioridad:

08.08.2013 IN 2620MU2013

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

19.05.2020

73 Titular/es:

**PRAJ INDUSTRIES LIMITED (100.0%)
Praj Tower 274-275 Hinjewadi Road Bhumkar
Chowk
Pune, Hinjewadi 411057, IN**

72 Inventor/es:

**GHANSHAM BABURAO DESHPANDE;
SHRIKANT SUBHASH RATHI;
DEVDATTA KRISHNA DESHPANDE;
PRASANNA SHAM PAI y
PANDURANG RAM SHINDE**

74 Agente/Representante:

CAPITAN GARCÍA, Nuria

ES 2 761 277 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Producción de etanol por destilación evaporativa

5 Campo de la invención

La invención se refiere a un procedimiento para la preparación de etanol usando una técnica de destilación por evaporación, en la que se requiere una cantidad significativamente menor de energía térmica en comparación con un procedimiento que no emplea el procedimiento de la invención divulgado en el presente documento.

Antecedentes

Se producen muchas bebidas alcohólicas que comprenden una o más de las etapas de: [1] producir etanol por fermentación de una materia prima rica en carbohidratos para producir un lavado fermentado que tiene una concentración de aproximadamente 2 a 23 % en volumen de alcohol [ABV]; [2] destilar el producto de fermentación a temperaturas elevadas para producir productos de etanol como espíritu rectificado, espíritu neutro o alcohol absoluto; y [3] envejecer los espíritus de etanol hasta que posean las características deseadas de sabor, aroma y color. La producción comercial de alcohol por destilación se ha estado realizando de manera generalizada durante muchos siglos.

La destilación es una técnica conocida para la purificación de una sustancia líquida e implica vaporizar la sustancia en su punto de ebullición, condensar el vapor y recoger la forma purificada como condensado. La destilación es útil para separar una mezcla cuando los componentes tienen diferentes puntos de ebullición. En la técnica se describen e implementan varios tipos de técnicas de destilación para mezclas binarias o multicomponentes, por ejemplo: (1) destilación simple, (2) al vacío o a presión reducida, (3) fraccionada y (4) al vapor.

En todas las técnicas disponibles para la destilación de etanol a partir del lavado fermentado, el consumo de energía de vapor por litro de etanol producido es la medida crítica para la economía del procedimiento. En la actualidad, un procedimiento típico de producción de etanol utiliza alrededor de 2 a 3 kilogramos de vapor por litro de etanol producido. Sin embargo, se requiere más vapor si el título de etanol en el lavado fermentado es bajo. Existe la necesidad de un menor consumo de vapor por litro de etanol consumido y la invención divulgada en el presente documento aborda una solución al problema del alto consumo de vapor para producir etanol a partir del lavado fermentado. La invención presentada en el presente documento divulga un procedimiento de evaporación de lavado fermentado antes de la destilación que tiene varias ventajas con respecto a los procedimientos de destilación convencionales.

El documento US 5.035.776 divulga un procedimiento de destilación extractiva térmicamente integrado para recuperar etanol anhidro a partir de la fermentación o materias primas sintéticas que tiene un tren de destilación de cuatro columnas. Dos columnas son preconcentradores operados en paralelo. Las columnas restantes son una torre de deshidratación por destilación extractiva y una columna de recuperación de arrastre.

El documento IN 2897 MUM 2011 A enseña un procedimiento de producción de alcoholes neutros mediante el uso de una columna de destilación extractiva energéticamente eficiente.

El documento US 3.445.345 describe una destilación extractiva de alcoholes C₁ a C₃ y la posterior destilación de corrientes de purga. Se divulga que una mezcla cruda que contiene alcohol que comprende un alcohol alifático saturado de no más de 3 átomos de carbono e impurezas asociadas se procesa en un sistema de destilación de tres torres para permitir la recuperación del producto de alcohol deseado en forma altamente concentrada y purificada.

El documento US 7.867.365 B2 divulga un sistema para producir etanol a partir de una fuente orgánica y que opera para purificar y secar etanol a partir de una fuente de cerveza. El sistema para producir etanol sustancialmente anhidro comprende: (a) una primera columna de desorción de destilación; (b) una segunda columna de rectificación de destilación que tiene una temperatura de funcionamiento más alta que dicha columna de separación; (c) un medio de deshidratación de tamiz molecular en comunicación fluida con dicha columna de rectificación. El calor de la parte superior de la segunda columna de rectificación de destilación y la deshidratación del tamiz molecular se usan para calentar la primera columna de desorción de destilación.

El documento US 7.297.236 B1 divulga una disposición de procedimiento para destilar etanol de grado combustible que incluye una porción de fermentación, una porción de destilación, una porción de condensación y deshidratación, una porción de separación y secado y una porción de evaporación.

5 Breve descripción

Se divulga un procedimiento para producir etanol por destilación evaporativa que comprende: precalentar un lavado fermentado que forma una primera corriente; someter dicha primera corriente a una columna desgasificadora que forma una segunda corriente y una primera corriente de vapor; condensar y recoger dicha primera corriente de vapor en un depósito de recolección que forma una corriente de alto contenido de etanol; someter dicha segunda corriente a un primer evaporador que forma una segunda corriente de vapor y una corriente de etanol empobrecido; condensar dicha segunda corriente de vapor usando un segundo evaporador que forma una tercera corriente y recogerla en dicho depósito de recolección que forma dicha corriente de alto contenido de etanol; suministrar una pequeña parte de dicha segunda corriente de vapor a dicha columna desgasificadora como fuente de calor; someter dicha corriente de etanol empobrecido a una columna de destilación que forma una tercera corriente de vapor y una corriente agotada; condensar dicha tercera corriente de vapor usando dicho primer evaporador que forma una cuarta corriente y recogerla en dicho depósito de recolección que forma dicha corriente de alto contenido de etanol; suministrar dicha corriente agotada a dicho segundo evaporador y concentrarla para formar una corriente agotada concentrada y una corriente de condensado de procedimiento; y someter dicha corriente de alto contenido de etanol a un procedimiento de rectificación para recuperar etanol rectificado.

25 Descripción de los dibujos

Se describirán ahora ejemplos particulares de procedimientos de acuerdo con esta invención con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

30 La FIGURA 1 es un plano ejemplar de la invención que muestra varias características que controlan el procedimiento de destilación evaporativa de etanol a partir de un lavado fermentado. Un lavado fermentado después del precalentamiento 2 se alimenta a una columna desgasificadora A. Una corriente 3 desde el fondo de dicha columna desgasificadora se alimenta a un primer evaporador C, donde se calienta para formar la siguiente corriente 4, que a través de un intercambiador de calor F1 calienta la corriente 1 y luego se sigue calentando en un segundo intercambiador de calor F2 a una temperatura más alta antes de ser enviado a una columna de mezcla E, que forma una corriente de alto contenido de etanol 8 que se recoge adicionalmente en el depósito de recolección B a través del evaporador C. La corriente superior 11 del evaporador C se divide; y una porción recorre dicha columna desgasificadora A, mientras que la porción restante se condensa mediante el evaporador D que forma la corriente 12, que se recoge en el depósito B. La corriente inferior 5 de dicha columna de mezcla E se alimenta al evaporador D para eliminar el agua 7 que forma una corriente agotada concentrada 6. La corriente de vapor 9 de la columna A se condensa y se recoge en el depósito B. El contenido de etanol de la corriente de alto contenido de etanol 10 es aproximadamente 40 % en volumen, el cual se envía a una purificación/rectificación adicional.

45 La FIGURA 2 es otro plano ejemplar de la invención en el que un lavado fermentado después del precalentamiento 2 se divide en dos corrientes en una proporción de 70:30, la corriente más grande 2 se alimenta a una columna desgasificadora A, mientras que la corriente más pequeña 13 se alimenta directamente a una columna de mezcla E que mantiene las otras etapas del procedimiento como se muestra en la FIGURA 1. Este desvío de aproximadamente el 30 % del lavado fermentado precalentado 13 directamente a la columna de mezcla E aumenta el contenido de vapor de la corriente 8, lo que conduce a un aumento significativo de la eficiencia de evaporación de los evaporadores. Esta es una característica opcional para aumentar la eficiencia del procedimiento divulgado en el presente documento.

55 Descripción detallada

En una realización de la presente invención, se obtiene un lavado fermentado 1 con una concentración de etanol de entre 2 y 23 % de ABV, preferentemente de 6 a 14 % de ABV a partir de la fermentación con levadura de una materia prima rica en carbohidratos como granos, cereales, tubérculos, melazas, jugo de caña de azúcar, materiales lignocelulósicos o etanol sintético. Este lavado 1 se precalienta luego a aproximadamente 60 °C usando una corriente de vapor caliente 4 del primer evaporador C en un intercambiador de calor F1. Este lavado precalentado [primera corriente, 2] se somete a una columna desgasificadora A para separar gases y una corriente superior rica en etanol [primera corriente de vapor, 9]. Después de eliminar los gases, dicha corriente rica en etanol 9 se condensa y se recoge en un depósito de recolección B. Dicha columna desgasificadora A se calienta mediante una parte de la

corriente superior [segunda corriente de vapor, 11] obtenida de dicho primer evaporador C. La corriente inferior [segunda corriente, 3] de dicha columna desgasificadora A se alimenta a dicho primer evaporador C que forma una segunda corriente de vapor 8 y una corriente de etanol empobrecido 4. Otra parte de dicha segunda corriente de vapor 11 se alimenta a un segundo evaporador D que forma una tercera corriente 12, que se recoge en dicho depósito de recolección B. Simultáneamente, dicho segundo evaporador D concentra una corriente agotada 5 desde una columna de mezcla E, que separa el agua para el procedimiento de reciclado. Dicha corriente de etanol empobrecido 4 desde el fondo de dicho primer evaporador C se precalienta adicionalmente a aproximadamente 80 °C mediante la energía de dicha corriente agotada 5 en un intercambiador de calor F2 y luego se alimenta a dicha columna de mezcla E que forma una tercera corriente de vapor 8 y dicha corriente agotada 5. Dicho primer evaporador C se calienta por la energía presente en dicha tercera corriente de vapor 8, que la condensa y la recoge en dicho depósito de recolección B. Dicho depósito de recolección B proporciona una corriente de alto contenido de etanol 10 adecuada para una rectificación adicional. Dicha columna de mezcla E se suministra con calor para cumplir los requisitos energéticos. El contenido de etanol de la corriente 10 desde dicho depósito de recolección es de aproximadamente 30 a 40 % en volumen.

En la invención divulgada como se ilustra en la FIGURA 1, las etapas de dicho procedimiento son: el lavado fermentado 1 se precalienta con una corriente inferior 4 de un primer evaporador C en un intercambiador de calor F1. Esta corriente precalentada 2 se alimenta a una columna desgasificadora A. En el presente documento, los gases de 2 se eliminan junto con los vapores de etanol 9, que se condensan y se recogen en un depósito de recolección B. Una corriente inferior 3 de dicha columna desgasificadora se somete luego a dicho primer evaporador C que la calienta para formar dos corrientes; una corriente de vapor superior rica en etanol 11 y una corriente inferior 4. Dicha corriente de vapor 11 se divide y una parte se envía a la columna desgasificadora A para su funcionamiento y el resto se envía a un segundo evaporador D, en el que se condensa para formar la corriente 12, que se recoge en dicho depósito de recolección B. La energía de la corriente de vapor 11 se usa para concentrar una corriente agotada 5 que proviene de la columna de mezcla E para separar el agua de proceso para el reciclado 7. Dicha corriente inferior 4 se precalienta con un intercambiador de calor F2 mediante dicha corriente agotada 5 y se somete a destilación en dicha columna de mezcla E, lo que conduce a dicha corriente de vapor 8 y dicha corriente agotada 5. Dicha columna de mezcla se calienta externamente para mantener una temperatura deseada en el sistema. Este procedimiento de uso eficiente de la energía proporciona aproximadamente un 40 % de etanol por volumen en el depósito de recolección B, que se somete a una purificación y rectificación adicionales.

En una realización diferente de la invención divulgada como se ilustra en la FIGURA 2, las etapas de dicho procedimiento son las mismas que las de la FIGURA 1, excepto que la corriente precalentada 2 se divide en una proporción de 70:30. La corriente más grande 2 se alimenta a una columna desgasificadora A, mientras que la corriente más pequeña 13 se alimenta directamente a la columna de mezcla E. Este desvío de aproximadamente el 30 % del lavado fermentado precalentado 13 directamente a la columna de mezcla E aumenta el contenido de vapor de la corriente 8, lo que conduce a un aumento significativo de la eficiencia de evaporación de los evaporadores. Esta es una característica opcional para aumentar la eficiencia del procedimiento divulgado en el presente documento.

Además, se describe un procedimiento para producir etanol por destilación evaporativa, en el que el lavado fermentado se evapora primero en un evaporador para generar una corriente de etanol concentrado. La parte restante de dicho lavado se purifica luego en una columna de mezcla para aislar el etanol restante de dicho lavado. En este procedimiento, como una gran parte del lavado fermentado se elimina en el procedimiento de evaporación, la carga en la columna de mezcla es significativamente menor y, por lo tanto, se requiere una columna de mezcla de tamaño pequeño.

El ejemplo provisto a continuación proporciona una utilidad más amplia de la invención sin limitaciones en cuanto a las variaciones que puede apreciar un experto en la técnica. Se proporciona un resumen no limitante de diversas realizaciones en los ejemplos y las tablas, que demuestran los aspectos ventajosos y novedosos del procedimiento divulgado en el presente documento. Ahora se describirán ejemplos particulares de procedimientos de acuerdo con esta invención con referencia a los dibujos adjuntos.

Ejemplo

En una realización de la presente invención, se opera una planta de producción de etanol de aproximadamente 35 KLPD (kilolitros por día) usando el procedimiento de destilación evaporativa divulgado en el presente documento. En una planta, el lavado fermentado producido a una velocidad de aproximadamente 17 TPH (toneladas por hora) contenía aproximadamente el 8 % en volumen de etanol. Este lavado fermentado a aproximadamente 32 °C fue precalentado a aproximadamente 58 a 60 °C mediante un intercambiador de calor de tipo placa que utiliza el exceso de calor de la corriente inferior

concentrada de la primera unidad de evaporación. Dicha corriente precalentada (primera corriente) se alimentó a la columna desgasificadora para eliminar los gases disueltos del lavado fermentado y produjo una primera corriente de vapor y una segunda corriente inferior que tenía una concentración de aproximadamente el 8 % en volumen de etanol. Dicha primera corriente de vapor se condensó para producir una corriente de alto contenido de etanol y se recogió en un depósito de recolección. Dicha segunda corriente se sometió además a dicho primer evaporador, generando una segunda corriente de vapor y una corriente de etanol empobrecido. Aquí dicho primer evaporador está integrado térmicamente corriente abajo con una columna de mezcla. Dicha segunda corriente de vapor de dicho primer evaporador contenía aproximadamente 37 % en volumen de etanol, que se condensó para producir una corriente de alto contenido de etanol y se recogió en dicho depósito de recolección. Dicha corriente de etanol empobrecido producida en el fondo contenía aproximadamente 4,2 % en volumen de etanol que se alimentó a dicha columna de mezcla. Antes de la entrada a dicha columna de mezcla, dicha corriente de etanol empobrecido se precalentó en un intercambiador de calor por exceso de calor de la corriente agotada de dicha columna de mezcla. Dicha columna de mezcla fue provista del calor requerido por una fuente externa. La tercera corriente de vapor desde la parte superior de dicha columna de mezcla hizo funcionar dicho primer evaporador. Dicha corriente agotada se alimenta a un segundo evaporador para su concentración para que contenga aproximadamente un 12 % en peso de sólido total. La tercera corriente de vapor generada a partir de la columna de mezcla contenía aproximadamente 26 % en volumen de etanol que se condensó para producir una corriente de alto contenido de etanol y se recogió en dicho depósito de recolección. Dicha corriente final de alto contenido de etanol del depósito de recolección se sometió a rectificación para obtener 95 % en volumen de etanol. Este procedimiento proporcionó aproximadamente 35 KLPD (kilolitros por día) de etanol a partir de aproximadamente 17 TPH (toneladas por hora) de lavado fermentado con consumo de vapor a una velocidad de aproximadamente 1,3 kilogramos por litro de etanol.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para producir etanol por destilación evaporativa que comprende:
 - 5 a. precalentar un lavado fermentado (1) a aproximadamente 60 °C en un intercambiador de calor (F1) formando una primera corriente (2);
 - 10 b. someter dicha primera corriente (2) a una columna desgasificadora (A), en la que dicha columna desgasificadora elimina la parte gaseosa de dicho lavado fermentado, formando una segunda corriente (3) y una primera corriente de vapor (9);
 - 15 c. condensar y recoger dicha primera corriente de vapor (9) en un depósito de recolección (B) formando una corriente de alto contenido de etanol (10);
 - 20 d. someter dicha segunda corriente (3) a un primer evaporador (C) formando una segunda corriente de vapor (11) y una corriente de etanol empobrecido (4);
 - 25 e. condensar dicha segunda corriente de vapor (11) usando un segundo evaporador (D) formando una tercera corriente (12) y recogerla en dicho depósito de recolección (B) formando dicha corriente de alto contenido de etanol (10), en el que dicho segundo evaporador (D) se energiza mediante dicha segunda corriente de vapor (11);
 - 30 f. suministrar una pequeña parte de dicha segunda corriente de vapor (11) a dicha columna desgasificadora (A) como fuente de calor para hacer funcionar dicha columna desgasificadora (A);
 - 35 g. someter dicha corriente de etanol empobrecido (4) a una columna de mezcla (E) a través del intercambiador de calor (F1), en el que dicha corriente de etanol empobrecido se usa para precalentar dicho lavado fermentado (1), y luego a través del segundo intercambiador de calor (F2), en el que se calienta a una temperatura más alta, formando una tercera corriente de vapor (8) y una corriente agotada (5), en la que dicha columna de mezcla (E) se opera usando energía de vapor según sea necesario;
 - 40 h. condensar dicha tercera corriente de vapor (8) usando dicho primer evaporador (C) formando una cuarta corriente (8) y recogerla en dicho depósito de recolección (B) formando dicha corriente de alto contenido de etanol (10), en la que dicho primer evaporador (C) se energiza mediante dicha tercera corriente de vapor (8);
 - 45 i. suministrar dicha corriente agotada (5) a dicho segundo evaporador (D) y concentrarla para formar una corriente agotada concentrada (6) y una corriente de condensado de proceso (7), en la que dicha corriente agotada (5) se usa para precalentar dicha corriente de etanol agotada (4) a aproximadamente 80 °C en el intercambiador de calor (F2); y
 - 50 j. someter dicha corriente de alto contenido de etanol (10) a un procedimiento de rectificación para recuperar etanol rectificado.

2. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que después de la etapa a. y antes de la etapa b. el lavado fermentado después del precalentamiento se divide en dos corrientes en una proporción de 70:30 y la corriente más grande (2) se alimenta a la columna desgasificadora (A), mientras que la corriente más pequeña (13) se alimenta directamente a una columna de mezcla (E).

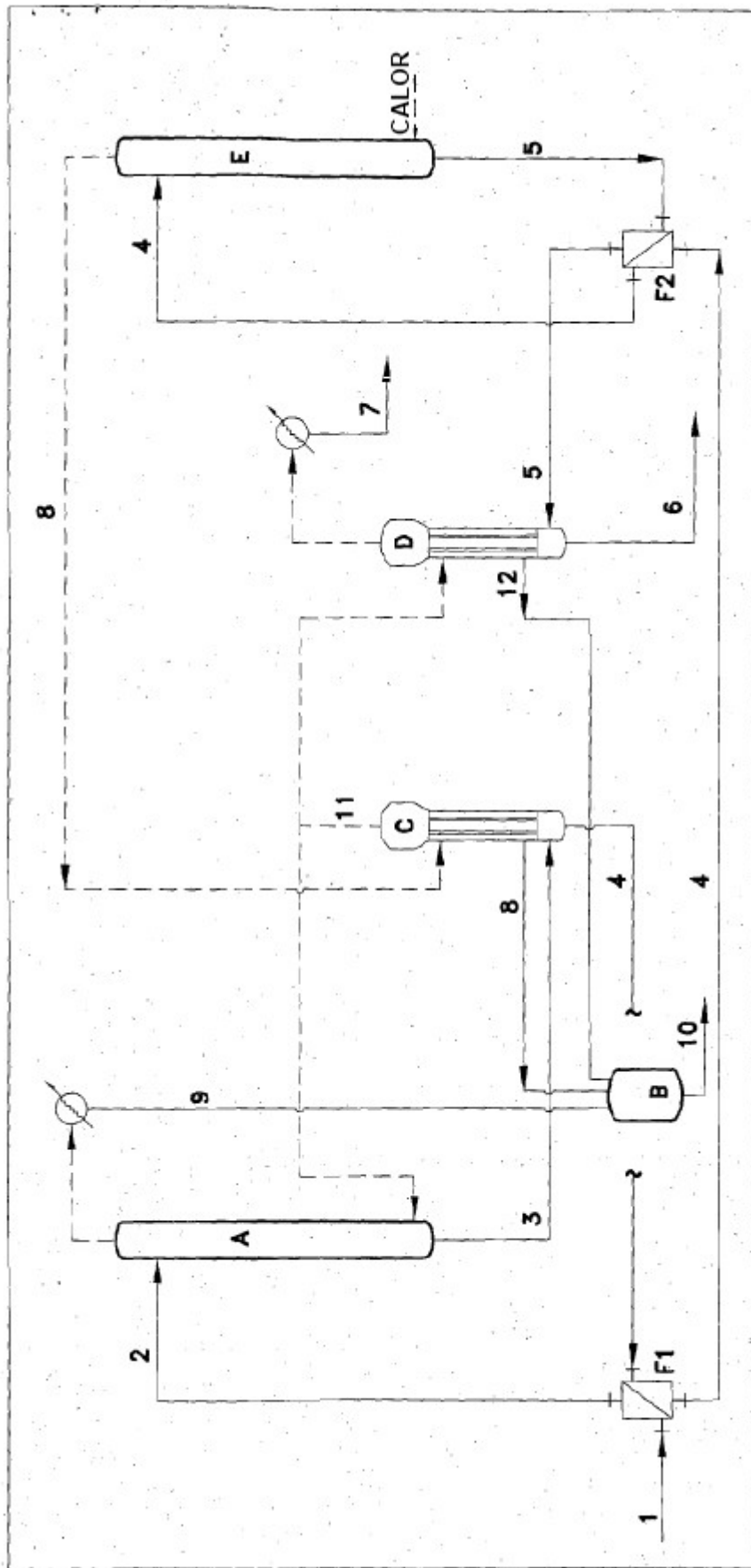


FIGURA 1

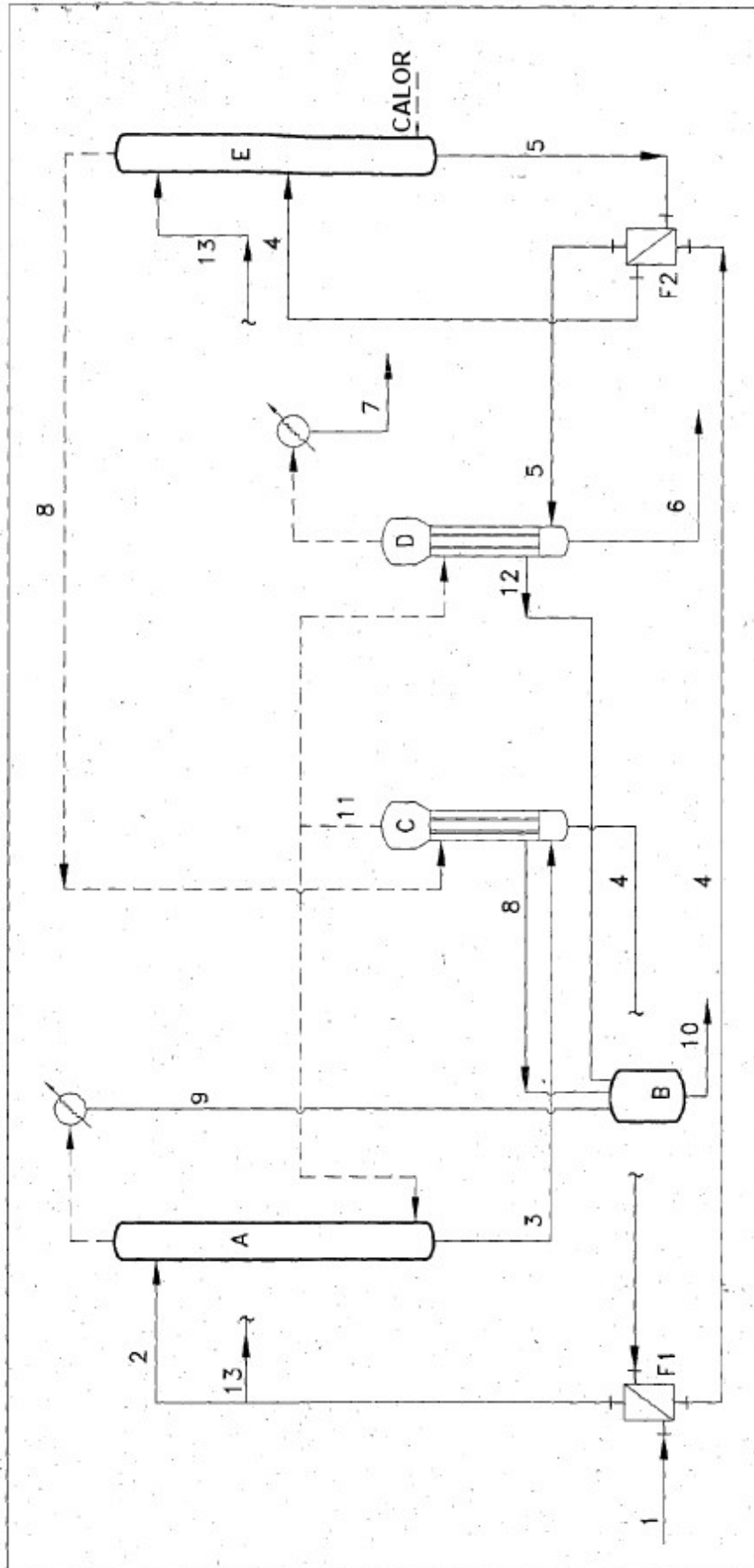


FIGURA 2