

Allen
Case - n.º 3101.

Patente Española

104647

MEMORIA

descriptiva sobre: » Perfeccionamientos en aparatos
con la rectificación de gases mezclados »

FOR

Samuel Gordon Allen, Exstee.

DE

New York.

Estados Unidos de América.

P A T E N T E



a favor de

SAMUEL GORDON ALLEN, DE 17 EAST 42ND STREET, CIUDAD DE NUEVA YORK, ESTADO DE NUEVA YORK, ESTADOS UNIDOS DE AMERICA

por

PERFECCIONAMIENTOS EN O RELACIONADOS CON LA RECTIFICACION DE GASES MEZCLADOS

- - - - - o - - - - -

M e m o r i a D e s c r i p t i v a

La presente invención se relaciona con la separación del aire por la rectificación y es primariamente útil para la separación del oxígeno, aunque la invención puede emplearse simultáneamente para producir nitrógeno y oxígeno de pureza satisfactoria o para producir nitrógeno.

Uno de los objetos principales de la presente invención es reducir de tal modo el costo de extraer el oxígeno del aire con el objeto de hacer que sea posible ensanchar comercialmente los usos a que puede destinarse el oxígeno. La reducción en el costo de extraer el oxígeno es de por sí conveniente, y si además el costo del mismo puede ser suficientemente reducido, el oxígeno podrá usarse ventajosamente en el campo metalúrgico y en otras artes.

Otro objeto de la invención es proporcionar mejoras en el arte de licuación, que aunque especialmente útil en conexión con el procedimiento general descrito en la presente, también son susceptibles de uso ventajoso en conexión con los sistemas y procedimientos existentes, y con respecto a esas características de la invención conviene tener entendido que no están limitadas al empleo únicamente en el procedimiento tal cual aparece descrito en la presente.

Por lo tanto, generalmente hablando, un objeto de la invención es reducir los requisitos de fuerza del sistema o procedimientos considerado en conjunto, y de ese modo mejorar parte del sistema y procedimiento para hacer que sea posible reducir los requisitos de fuerza mecánica que hasta ahora habían sido necesarios con respecto a esas porciones.

Más específicamente, es un objeto de la presente invención disminuir el costo de producción aumentando el rendimiento en el producto deseado.

Otro objeto de la invención con respecto a la reducción de los costos es la simplificación del aparato y su control, de suerte que la inversión inicial en la instalación y el costo de funcionamiento y entretenimiento son reducidos.

Se obtiene lo anterior junto con otros objetos y ventajas que más adelante aparecerán descritos, o que son incidentes de la invención, por medio de un procedimiento y aparato ilustrado en los dibujos adjuntos, y en los cuales:

La Fig. 1 es una vista esquemática en parte en corte, ilustrando una forma de aparato para llevar a cabo la invención,


y La Fig. 2 es una curva ilustrativa de las relaciones de calor de temperatura del procedimiento.

Con referencia al procedimiento y al aparato en general, y suponiendo que la instalación tenga una capacidad de aproximadamente 4.500 kilogramos de oxígeno al día, aproximadamente 1.415 metros cúbicos de aire por minuto (medidos a cero Centígrado y bajo una atmósfera absoluta) son comprimidos a aproximadamente seis atmósferas absolutas (33 kilos) en un compresor. Ese aire comprimido entra en la parte caliente de una unidad de intercambio indicada, en conjunto por el carácter de referencia A, y que se describirá más especialmente en lo adelante. El aire entra a como más de 30 grados Centígrado, y es enfriado a menos de 165 grados Centígrado, por los componentes previamente separados.

El aire comprimido luego entra en un cambiador de calor B, en donde su temperatura es bajada al punto de condensación y

se efectúa alguna condensación.

El aire comprimido (junto con semejante condensado que se haya formado en el cambiador) entra luego en la sección de tubo de fondo c, de una columna rectificadora indicada en conjunto por el carácter de referencia C. El aire comprimido es luego admitido haciéndole que burbuje a través del líquido acumulado en la sección de tubo de fondo con el objeto de fomentar la obtención del equilibrio de fase, y de ese modo obtener un líquido rico en oxígeno.




De acuerdo con la mejor práctica de la presente invención se comprime una gran cantidad de aire en exceso del que se va a rectificar, y como la mitad del aire comprimido, que entra en la sección de tubo del fondo del rectificador sale por el extremo superior del mismo como un vapor muy rico en nitrógeno (aproximadamente 99% de nitrógeno). La otra mitad del aire comprimido, es decir, la parte que se va a rectificar se recoge en la sección de tubo de fondo como líquido muy rico en oxígeno (aproximadamente 40% ó más de oxígeno). Ese líquido rico en oxígeno es separado dentro del rectificador, en cuyo extremo es estrangulado (a una atmósfera o menos) en la sección de bandeja b del rectificador por el estrangulador e. La estrangulación reduce la temperatura del aire comprimido a como menos de 185 grados Centigrado, y debido a la estrangulación se forma algún vapor.

Se efectúa la separación gruesa dentro de la sección de bandeja que tiene un número suficiente de bandejas equipadas con casquetes de burbujas o de algo semejante, para llevar a cabo esa separación basta o recia. Los líquidos se escurren hacia abajo de bandeja a bandeja en la sección de bandejas, y los vapores pasan hacia arriba de bandeja a bandeja con burbujas a través de los líquidos recogidos en las bandejas. Para la separación basta o gruesa se prefiere la sección de bandejas porque es la mejor adaptada para obtener semejante separación.

Sin embargo, para efectuar la separación completa con la rectificación de bandeja es preciso emplear un número infi-

nito de bandejas tanto encima como debajo de la entrada, que por supuesto, es una imposibilidad práctica, y por lo tanto, se proporciona una sección de tubo intermediaria f y una sección de tubo de fondo c, debajo de la sección de bandeja d; y una sección de tubo superior g sobre la sección de bandeja del rectificador. Esas secciones de tubo hacen un trabajo nuevo y doble por el hecho de que constituyen secciones de rectificar así como también secciones de crear reflujo de fluido como se explicará más adelante.



El líquido que se recoge en el fondo de la sección de bandeja se rebosa dentro de los tubos de la sección de tubo f y se escurre de esos tubos hacia abajo, y los cuales están provistos con tiras para hacer que el líquido se escurra hacia abajo en contacto íntimo, y en equilibrio de fase aproximada con los vapores que pasen hacia arriba a través de dichos tubos. El cambio de calor ocurre entre el fluido en los tubos de esa sección con el aire rico en nitrógeno tomado del extremo superior de la sección de tubo de fondo y descargado en la parte inferior de la sección de tubo del medio, por la conexión h. El fluido dentro de los tubos de la sección del medio abstrae el calor del nitrógeno rico en vapor alrededor de los tubos.

El líquido que se descarga de los tubos de la sección de tubo del medio entra en una cámara de mezclar i (parecida a una sección de bandeja), que funciona para completamente mezclar el líquido de descarga. De esa cámara de mezclar o espacio el líquido mezclado rebosa en los tubos de la sección de tubo del fondo c, que también está provisto con tiras para mantener el vapor que asciende a través y en contacto íntimo, así como en equilibrio de fase aproximado con los líquidos que se escurren hacia abajo.

Los fluidos que pasan hacia abajo a través de los tubos de la sección de tubo de fondo, están en relación de cambio de calor con el aire comprimido que entra en esa sección del cambiador de calor B y abstrae el calor de dicho aire comprimido.

Por lo tanto, podrá verse que el calor es añadido al

fluido y al propio tiempo es sometido a la rectificación desde el fondo de la sección de bandeja al fondo de la sección de tubos inferiores.

Virtualmente el liquido de oxígeno puro es descargado de los tubos de la sección de fondo dentro del receptáculo o cámara de recolección j.

Los vapores que ascienden a través de la columna de rectificar eventualmente salen de la sección de bandeja y entran en los tubos de la sección de tubo superior, en donde la refrigeración es aplicada para rectificar y purificar los vapores.

Los tubos de esa sección también están provistos con tiras de amolino para mantener los vapores de contracorriente, así como los líquidos en contacto íntimo y en equilibrio de fase aproximado.

El oxígeno líquido que se recoge en el compartimento i es estrangulado de la presión de rectificación en el cambiador B, a una presión ligeramente sobre la presión atmosférica, y es vaporizado en el cambiador y conducido otra vez a través del intercambiador por el tubo k pasando a través del intercambiador en la relación de cambio de calor, con el aire comprimido que asciende. El vapor de nitrógeno que se recoge en el tope de la columna es similarmente pasado a través del intercambiador por medio de la conexión l en la relación de intercambio de calor con el aire comprimido que desciende.

El excedente de aire comprimido es utilizado para suministrar la refrigeración añadida a la columna sobre el tope de la sección de bandeja. Para ese fin los líquidos que se recogen en el fondo de la sección de tubo mediana, alrededor de los tubos de la misma son estrangulados (a ligeramente sobre la presión atmosférica) por medio de un estrangulador m en el fondo de la sección de tubo superior, en la cual es hervido, o mejor dicho, son hervidos y los vapores pasan otra vez al intercambiador en la relación de transferencia de calor con el aire comprimido en virtud de la conexión n. El vapor del alrededor de los tubos de la sección de tubo del medio, pasa al



vaporizador o del ciclo externo de refrigeración D, por medio de la conexión p. Allí el vapor es enfriado y condensado impartiendo calor al líquido formado en el licuador g del ciclo externo, y estrangulado (a ligeramente sobre la atmósfera) en el vaporizador por el estrangulador r. El vapor rico en nitrógeno condensado en el vaporizador es conducido al fondo de la sección de tubos del medio, y el vapor hervido en el vaporizador por el intercambio de calor allí pasa otra vez al licuador g del ciclo externo en la relación de cambio de calor, con el fluido descendente de dicho ciclo.

El ciclo externo suministra la cantidad de refrigeración requerida para compensar el escape del calor en el sistema para la pérdida de extremo de calor.

Antes de tomar en consideración las ventajas del procedimiento en general, será conveniente describir ciertas partes del aparato y su funcionamiento, pues de ese modo se podrá obtener una idea mucho más clara y precisa del procedimiento entero.

Con referencia al mecanismo del intercambiador para enfriar la corriente descendente y calentar la corriente de retorno podrá verse que el intercambiador está dividido o hendido. Hay dos secciones cortas del intercambiador s-s que están conectadas en paralelo por las conexiones indicadas, de modo que pueden ser invertidas, y hay dos secciones t,t (que pueden convertirse en una sección, pero que están divididas por motivos que aparecerán descritos más adelante). Las dos secciones t,t, están en serie entre sí y permanecen en el circuito de un modo permanente, la primera de esas secciones conectada de modo que esté en serie con cualquiera de las secciones a, que resultan estar en circuito.

Los motivos para proporcionar semejante disposición son los siguientes: Aprovechándose del hecho de que la formación objectionable de condensado y hielo ocurre en la región de un intercambiador en donde entra el aire, se separa esa parte del intercambiador del resto del intercambiador, proporcionando dos

unidades del intercambiador invertibles y cortas. En la disposición corriente de intercambiadores que consiste de solamente dos unidades dispuestas en paralelo, cuando las unidades son desviadas, la unidad que recibe el gas que ha pasado a través de la otra unidad que contiene el hielo, ha sido calentada a la temperatura del cuarto y aunque puede haber alguna baja en la temperatura del gas que pasa a través de dicha unidad de intercambiador hay una pequeña baja neta en la temperatura en consecuencia de la cual el gas descargado a la unidad de rectificación es relativamente caliente e inmediatamente afecta el ciclo de rectificación, perturbando las condiciones de funcionamiento, consumiendo la refrigeración y aumentando pareciabemente los requisitos de fuerza motriz. La perturbación del procedimiento de rectificación a su vez afecta la pureza del producto, y por lo tanto, con respecto a la operación y pureza del producto, continuidad o uniformidad en sus condiciones, quedan destruidas.

Esas condiciones se mantienen hasta que la unidad de intercambiador es puesta en las temperaturas de funcionamiento, y por supuesto, esas condiciones son otra vez establecidas cuando se requiere de nuevo la inversión por la formación del hielo.

Dividiendo el intercambiador y proporcionando dos trozos invertibles cortos en la región en donde ocurre la formación objectionable del hielo, entonces esas dificultades quedan evitadas.

Aún más, hay una cantidad apreciable de refrigeración almacenada en el metal del intercambiador (en el aparato corriente) que ha sido conmutada fuera del circuito. Esa refrigeración es perdida en el procedimiento de calentar a la temperatura del cuarto; por la disposición mejorada esa parte del aparato de intercambiador en el cual está almacenada la refrigeración en el metal o bajo temperatura, está siempre en circuito, y de ese modo la refrigeración no es perdida como usualmente es el caso.

Además, la disposición que se suministra es tal que se calcula que aumenta la eficiencia termo-dinámica, porque hay

una diferencia de temperatura minima entre las corrientes descendentes y de retorno en el intercambiador, en contra distinción a la disposición corriente de intercambiadores arriba descritos, en donde por necesidad debe haber una gran diferencia de temperatura cuando ocurre la inversión.

Por lo tanto, la disposición de intercambiador indicada y descrita tiende a producir la facilidad y sencillez de funcionamiento y reduce las fluctuaciones en el sistema a su más minima expresión, de modo que no hay efecto apreciable en la rectificación y pureza del producto cuando ocurre la inversión, y los requisitos de fuerza se mantienen en su expresión más minima.


Con referencia a la Fig.1, se notará que las unidades invertibles del intercambiador están suspendidas de sus partes tope en tanto, que las secciones restantes del intercambiador están sostenidas por sus partes inferiores. Las conexiones en las partes invertibles del intercambiador y la parte continuamente en circuito, por lo tanto, están en los puntos de soporte y de ese modo no habrá ninguna dificultad por lo que respecta a la expansión y contracción. Similarmente y por lo que respecta a cada unidad general del intercambiador, la expansión y contracción de y hacia el punto de soporte, están completamente atendidas. La columna que sostiene en como su parte del medio aproximadamente en línea con los soportes del intercambiador, de modo que la expansión y contracción ocurre hacia los extremos y desde ellos.

Esa parte del intercambiador que continuamente está en circuito con preferencia es dividida en dos secciones t, t, arriba mencionadas, y las mitades tomadas con sus conexiones apropiadas están dispuestas en la forma de una U invertida, que reduce la altura total del edificio requerido para contener la instalación, acorta las conexiones entre el extremo del intercambiador y el rectificador, y por lo tanto, disminuye el escape del calor. Aún más, esa disposición produce la igualdad substancial en la baja de presión de la parte más baja al rectificador al extremo del intercambiador, y de la parte superior



del rectificador al extremo del intercambiador.

Por lo tanto, esa disposición de intercambiador puede ser ventajosamente substituida por la disposición de intercambiador corriente en cualquiera de las formas comerciales y aparato de licuación que actualmente hay en uso.



Con referencia al cambiador B (que comprende un grupo de tubos con una envolvente alrededor), uno de los fines primarios es establecer condiciones de suerte que el intercambiador por una parte y el rectificador por la otra puedan ejercer sus funciones de la mejor ventaja, termodinámicamente o de otro modo. En su relación con el intercambiador las funciones del cambiador para vaporizar el liquido de oxígeno puro tomado del recipiente en el fondo de la columna, son tales que el oxígeno retorna través del intercambiador en la forma de vapor. Con el oxígeno en esa forma, bastará ciertamente una pequeña presión para hacer que el vapor fluya a través del intercambiador, en tanto que si se va a elevar el oxígeno al intercambiador en la forma líquida, será preciso desarrollar una presión muy considerable. Ese aumento en la presión se hace sentir en todo el sistema, causando un aumento correspondiente a través del cual se aumentaría no sólo los requisitos de fuerza mecánica, sino que también produciría efectos desventajosos, por lo que respecta al proceso en general. Teniendo en cuenta que el fluido es enfriado en el intercambiador en la forma de vapor, será sumamente conveniente desde el punto de vista termodinámico, que el fluido de enfriar retornando a través del intercambiador debe ser también en la forma de vapor. El intercambiador asegura eso. Aún más, el cambiador en substancia es simplemente un receptáculo para hervir el oxígeno líquido y es conveniente para esa operación de hervir tener un recipiente sencillo en vez de tener que hacer la evaporación en los tubos pequeños del intercambiador.

Con respecto a la corriente descendente del aire comprimido las funciones del cambiador son con el objeto de adicionalmente reducir la temperatura de los gases que salen del inter-

cambiador al punto de condensación, y ocurre una condensación apreciable en el cambiador. En la columna rectificadora hay o debe haber, solamente una mezcla continua de vapores y líquidos, tanto en los líquidos que están pasando la rectificación o en el fluido empleado para añadir y restar calor en la columna. Cuando esa mezcla ocurre será ventajoso desde el punto de vista de eficiencia termodinámica, que los vapores y líquidos deben ser aproximadamente de la misma temperatura, porque de otro modo se efectuarán pérdidas apreciables termodinámicas de la mezcla de fluidos de diferentes temperaturas. El cambiador funciona para introducir el vapor y el líquido en la columna rectificadora a substancialmente la misma temperatura a medida que los líquidos se acumulan en ella. En los sistemas comunes el oxígeno líquido tiene que ser repetidamente retirado en cantidades substanciales con el objeto de libertar el sistema de los hidrocarburos acumulados. Proporcionando el cambiador para vaporizar el oxígeno líquido derivado, esos hidrocarburos son constantemente retirados con el oxígeno líquido, y vaporizados en grande escala en el cambiador y pasados a través del intercambiador y fuera del sistema. Es necesario solamente a intervalos relativamente largos retirar pequeñas cantidades de líquido del cambiador para eliminar cualquiera acumulación de hidrocarburo que pueda ocurrir allí. La cantidad del oxígeno perdido es por lo tanto, materialmente reducida y la cantidad de refrigeración perdida es similarmente reducida.

Por supuesto, que el cambiador funciona para recuperar la refrigeración en el líquido de oxígeno como el calor para efectuar la ebullición del oxígeno que es abstraído de los gases dejando el intercambiador y pasando a través del cambiador a la sección de tubo del fondo.

El cambiador también proporciona un lugar en el sistema para la evaporación del oxígeno líquido a una presión ligeramente sobre la atmosférica, y por lo tanto, no se requiere el vacío para la extracción del oxígeno producido.

Aún más, el cambio del calor dentro del rectificador, hace



que los gases que se van a separar sean comprimidos a tal presión que su temperatura de licuación es superior a la temperatura del oxígeno hirviendo bajo la presión de rectificación; por lo tanto, dentro del cambiador su temperatura es suficientemente más elevada que la temperatura del oxígeno que se evapora con la presión atmosférica, o ligeramente mayor que ella, de modo que la diferencia de temperatura es suficiente para producir una transferencia de calor. Como quiera que una pequeña cantidad de calor debe ser eliminada del gas comprimido para reducir su temperatura de la que sale de los intercambiadores a la temperatura de licuación, la mayor parte del calor eliminado en el cambiador sirve para producir la licuación a una temperatura substancialmente constante. La evaporación del oxígeno líquido ocurre a substancialmente la temperatura constante de modo que la relación de temperatura del calor para cada fluido sean substancialmente paralelas y lo bastante juntas.

Si no se suministrase ningún cambiador, sino que el oxígeno líquido se evaporase en la parte superior del rectificador para proporcionar parte de la refrigeración requerida para la rectificación, sería necesario rectificar bajo una presión lo suficientemente elevada para producir la transferencia de calor deseada. En el procedimiento tal como se ha propuesto, el líquido empleado para proporcionar la refrigeración en la parte superior del rectificador es muy rico en nitrógeno. Evaporándose bajo la presión aproximadamente atmosférica, su temperatura de evaporación es mucho más baja que la del oxígeno substancialmente puro, evaporándose bajo la misma presión. Para obtener la transferencia del calor deseada, es permitible una presión de rectificación con la disposición indicada, que es mucho más baja que la que sería posible si se tratase de recuperar la refrigeración del oxígeno líquido evaporándole en la parte superior de la columna de rectificar.

Desde el punto de vista de eficiencia termodinámica, podrá verse que en el intercambiador, por una parte ningún fluido

debe estar cambiando su condición, en tanto que por otra parte en la columna de rectificar debe haber un cambio continuo de vapor al líquido y del líquido a vapor. La provisión del cambiador intermediario al intercambiador y la columna de rectificar asegura que esas condiciones se mantengan respectivamente en el intercambiador y el rectificador, y por lo tanto, cada uno de ellos funciona de la mejor ventaja.

La provisión de un cambiador para los fines arriba descritos también contribuye a simplificar la operación del sistema entero. Retirando el oxígeno en la forma líquida, la presión de rectificación no es afectada por la proporción de ese retiro; por lo tanto, la presión de rectificación es determinada completamente por la proporción de retiro del vapor de nitrógeno del tope de la columna. La proporción del retiro del vapor de nitrógeno está controlada por la válvula de desahogo de presión automática U, colocada en el tubo de salida que retorna de los intercambiadores. La cámara de control de esa válvula de desahogo de la presión automática, puede ser conectada con el tope del rectificador, de modo que el funcionamiento de la válvula es determinado únicamente por la presión de rectificación no afectada por la baja de la presión del vapor de nitrógeno que retorna a través de los intercambiadores.

Con una capacidad de funcionamiento dada, la pureza del oxígeno y el nitrógeno producidos dependerá de la presión de rectificación. De la baja de presión de rectificación disminuirá la diferencia de temperatura en la parte superior del rectificador, y por consecuencia disminuirá la transferencia de calor del fluido refrigerante al fluido que está sufriendo la rectificación. Eso produce una pérdida de vapor de nitrógeno puro que sale de la parte superior del rectificador. Por otra parte si la presión de rectificación es aumentada, la diferencia de temperatura será aumentada y se aumenta también la refrigeración, con el resultado de una mayor purificación del vapor de nitrógeno. Por lo tanto, la pureza del vapor de nitrógeno puede ser regulada variando la presión

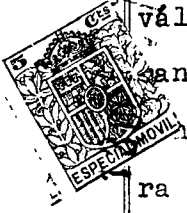


de rectificación, y será mantenida constante si la presión de rectificación se mantiene constante. La pureza del líquido oxígeno que se recoge en el recipiente en el extremo inferior de la columna variará con la pureza del vapor de nitrógeno que sale de la parte superior de la columna, pero de una manera inversa. La pureza del oxígeno producido de ese modo puede ser controlada por la presión de rectificación, y una presión de rectificación aumentada produce un producto de oxígeno menos puro y una rectificación inferior o sea una presión de rectificación inferior produce un oxígeno de pureza más elevada.



La relación entre la pureza de los productos y la presión de rectificación se establece de un modo correcto cuando la columna está funcionando con una capacidad dada. Una variación en la capacidad también afectará la pureza de los productos, aún cuando la presión de rectificación se mantenga constante. Por lo tanto, si la capacidad es disminuida, es decir, la proporción de rectificación es disminuida entonces debe haber una disminución correspondiente en la refrigeración impartida en la parte superior de la columna al fluido que se está rectificando. Si la presión de rectificación se mantiene constante cuando la capacidad es disminuida, la refrigeración impartida a una unidad del fluido que se está rectificando será aumentada debido a la misma diferencia de temperatura que se obtiene entre el fluido refrigerante y el fluido que se está rectificando, y por lo tanto, la misma cantidad de calor será transferida por las superficies de transferencia de calor, pero ese calor será impartido a una cantidad más pequeña de fluido que se está rectificando. Por lo tanto, la pureza del nitrógeno producido será aumentada, en tanto que la del oxígeno producido será correspondientemente disminuida.

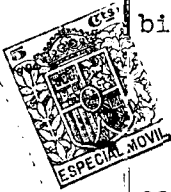
Con el objeto de mantener una pureza constante de los productos de rectificación, a medida que la capacidad es cambiada debe haber un cambio correspondiente en la presión de



rectificación. Esa variación en la presión de rectificación puede obtenerse de varios modos. Puede obtenerse empleando una válvula de desahogo de presión automática u, de tales características de funcionamiento que la presión regulada variará del modo deseado con la proporción de curso de vapor a través de la válvula y la cámara de control estará conectada como aparece indicado directamente a la parte superior del rectificador. La relación deseada entre la presión de rectificación y la proporción de funcionamiento también puede ser obtenida empleando una válvula de desahogo de presión automática, en la cual se puede mantener una presión constante en el punto en que la cámara de control de la válvula está conectada, pero conectando esa cámara de control en algún punto en el pasaje para el vapor de nitrógeno que retorna entre la parte superior del rectificador y el punto en que se coloque la válvula de desahogo, y cuyo punto puede ser en el tubo que conecta la parte superior del rectificador con el intercambiador, o puede ser en la tubería entre las dos secciones del intercambiador constantemente en circuito, o puede ser en la tubería entre las secciones del intercambiador de una manera continua en el circuito y las secciones provistas en duplicado para la inversión. Debido a la baja aumentada en la presión con el curso aumentado del nitrógeno cuando se funciona con una capacidad mayor, la presión de rectificación aumentará a medida que la capacidad aumenta, produciendo la diferencia de temperatura aumentada necesaria para la transferencia aumentada de calor y con el objeto de mantener la pureza del producto.

En cualquiera de las situaciones arriba mencionadas, sin embargo, podrá verse que las condiciones de funcionamiento del sistema son automáticamente mantenidas por una válvula de desahogo de presión automática sencilla en el tubo de salida para el producto de vapor del rectificador, si el producto líquido del rectificador es eliminado en la forma líquida. En los sistemas existentes en que el producto líquido de rectificación es vaporizado dentro del rectificador y sacado de él en la forma

de vapor, la presión de rectificación depende no solo del control del curso del nitrógeno producido sino también del control del curso del oxígeno producido. Cualquiera manipulación de control afecta la operación del rectificador en conjunto. La provisión de un cambiador de modo que el oxígeno pueda ser eliminado en la forma líquida y su refrigeración recuperada, hace que sea posible no sólo el control sencillo de condiciones de funcionamiento sino también un control automático para constantemente lograr los productos de pureza deseada, sin tener en cuenta las condiciones de capacidad en el funcionamiento. También se requiere la atención mínima del operador.




Con referencia a la sección de bandeja, ocurren cambios grandes en la composición de la corriente del líquido y de la corriente de vapor en la contra corriente que ocurre de bandeja a bandeja, especialmente en ciertas bandejas dentro de la sección y un grado de pureza más o menos completa del líquido que sale del fondo de la sección de bandeja y el vapor que sale de la parte superior de la sección de bandeja se obtiene procediendo de ese modo. Hay muy poco cambio en el curso de volumen de esos fluidos en la sección de bandeja, de modo que el líquido en grandes cantidades entra en los tubos de la sección de tubo debajo del tubo de entrada, y el vapor en grandes cantidades entra en el tubo en la sección de tubo superior. No se imparte calor ni se provee refrigeración dentro de la sección de bandeja, excepto una cantidad pequeña en cantidad insignificante de calor que se escapa a través del aislamiento alrededor. No se desea impartir o abstraer el calor dentro de la sección de bandeja, pues éso haría inútil el objeto de esa parte del rectificamiento en llevar a cabo una gran parte de la separación deseada. La separación de bandeja a bandeja vendría a ser menor con el calor cambiado que sin ese cambio.

Se ha mencionado que las etapas más ordinarias de separación se pueden llevar a cabo dentro de la sección de bandeja. Cuando los fluidos son de un grado de pureza muy bajo se puede obtener un cambio bastante grande de pureza de bandeja a ban-

deja. Sin embargo, cuando los fluidos han llegado a un grado de pureza bastante elevado, el cambio en la pureza de una bandeja a la otra es muy pequeño. Por lo tanto, unas cuantas bandejas en las primeras fases de rectificación producen una gran separación de los productos deseados, en tanto que en muchas bandejas se requerirían en las fases finales de separación con el objeto de llegar a obtener una pureza elevada de los productos. Las secciones de tubos mencionados más arriba actúan como un número infinito de bandejas, y de ese modo son convenientes para las fases finales de purificación. Las tiras de remolino a que se ha hecho referencia anteriormente, consisten de una cinta de cobre delgada torcida e introducida en el tubo comprimiéndose contra las paredes para proporcionar dos pasajes helicoidales. Las corrientes de líquido que fluyen hacia abajo tienden a flotar hacia afuera hacia la circunferencia del tubo y de ese modo se ponen en contacto directo con la superficie de transferencia de calor. Los líquidos también se esparcen sobre la superficie de las tiras de remolino y se expone una gran superficie a la corriente ascendente de vapor, y de ese modo las corrientes de líquido y de vapor se ponen en contacto íntimo entre sí constantemente y por todo el largo de cada tubo, y el calor es impartido o abstraído por todo el largo del tubo.

Se notará que la entrada a la bandeja está debajo del medio. Hay por lo tanto, un mayor número de bandejas sobre la entrada cuando se efectúa un pequeño cambio en la composición y que es contrario al método usual de construir rectificadores. Se ha descubierto que hay un gran número de factores determinadores de la disposición mejorada, y entre los cuales pueden mencionarse los siguientes: Aunque el oxígeno es el componente más pequeño de la mezcla que entra, mayores cambios ocurren en la composición del componente más pequeño de bandeja a bandeja, que en la composición del nitrógeno - el componente mayor - de bandeja a bandeja. También para obtener un rendimiento más alto del componente menor, puede obtenerse una pureza elevada del componente mayor.

Proporcionando un mayor número de bandejas encima en vez de debajo de la entrada, se obtiene un rendimiento más elevado así como una pureza más elevada del componente menor. Además, en la disposición indicada hay dos secciones de tubos debajo de la sección de bandejas, en tanto que solo hay una encima. También las secciones de tubos (debajo de las bandejas) en que se evaporan los líquidos son relativamente más eficaces que la sección de tubo (encima) en donde se condensan los vapores.



En la forma de los rectificadores hasta ahora usados ha sido costumbre producir los reflujos de vapor y líquido efectivamente, haciendo hervir el líquido recogido en el fondo de la columna, y condensando el vapor en el tope de la columna o introduciendo un líquido de reflujo en el tope de la columna. No se ha hecho ninguna tentativa de llevar a cabo la rectificación de los fluidos en esas partes del rectificador, en donde el calor ha sido impartido o extraído. En el rectificador indicado la rectificación continúa en las partes de la columna en donde el calor es añadido o abstraído, de modo que virtualmente el largo entero de la columna es efectivo en producir la separación.

No sólo depende la pureza de los productos de la construcción efectiva del purificador, tal como se ha descrito aquí para producir la pureza más elevada que sea posible sino que se ha hallado que con una construcción dada la pureza también es afectada por la cantidad total de refrigeración impartida en el tope del rectificador, y por el calor impartido en el fondo del rectificador. Hay teóricamente valores mínimos para producir una cantidad dada de separación con un número infinito de bandejas. Con el objeto de llevar a cabo esa separación, sin embargo, es necesario impartir más que esos valores teóricamente mínimos, y mientras mayor sea el excedente sobre el mínimo, se obtendrá con mayor aproximación la pureza deseada.

La columna mostrada está dispuesta y en proporción no

solamente para proporcionar por la compresión más aire que el que se va a rectificar, sino también se produce una cantidad suficiente de refrigerante líquido, con el objeto de lograr el mínimo teórico de refrigeración en la parte superior de la columna, así como también un gran excedente de refrigeración comprimiendo una cantidad considerable del aire en exceso de la que se va a rectificar, y además la columna proporciona medios para licuar las partes que deben ser rectificadas y utilizadas por la refrigeración en compartimentos separados. De ese modo no sólo se proporciona un exceso de refrigeración en el tope de la columna, sino también un excedente de calentamiento en la parte de fondo de la columna, o sea en su extremo inferior. Ese excedente de refrigeración y de calentamiento proporciona un gran excedente de líquido de reflujo y de vapor respectivamente que resulta en la obtención de la pureza elevada deseada en los productos.

Sin embargo, se indicará ahora que los dos líquidos obtenidos licuando el aire comprimido, no son de la misma composición, es decir, de la composición original de la atmósfera. Si éso se fuese a obtener habría una gran pérdida de oxígeno en el aire excedente comprimido por refrigeración, es decir, el oxígeno obtenido por la rectificación dentro de la columna vendría a ser solamente la mitad o menos que el oxígeno contenido en el aire comprimido. La condensación del aire es llevada a cabo de tal modo que se retiene la mayor parte del oxígeno en el líquido que se va a rectificar, y esa porción del líquido que se va a usar en la refrigeración no contiene sino muy poco oxígeno. Eso produce un rendimiento más elevado de oxígeno relativo al que existe en el total del aire comprimido. Ese resultado es obtenido por la construcción ilustrada de las dos secciones de tubo inferior.

La sección del medio de tubos, es decir, la sección de tubo del medio contiene una cantidad suficiente de tubos para debidamente atender al líquido que fluye hacia abajo de la sección de bandejas. Como la mitad de ese líquido es eva-

porada dentro de los tubos de esa sección de tubos. La cantidad reducida del líquido que llega a la sección de tubo inferior por lo tanto, puede ser atendida por un número considerablemente menor de tubos. Sin embargo, si se desea condensar dentro de esa sección de tubos de fondo, aproximadamente la misma cantidad de vapor que alrededor de los tubos de la sección de tubos del medio, para poder llevar a cabo éso será necesario proporcionar casi la misma cantidad de superficie de transferir calor dentro de la sección de tubos de fondo, como dentro de la sección de tubos del medio. Eso se hace haciendo que la sección de tubo de fondo sea más larga que la sección de tubo del medio.



La obtención de un líquido rico en oxígeno en el fondo la sección de tubo, se obtiene por dos medios. Primero, el aire comprimido ligeramente licuado que entra en esa sección de tubo, se hace que burbuje a través del líquido acumulado allí. Eso tiende a hacer que el vapor y el líquido estén en equilibrio de fase. El líquido y el vapor en equilibrio de fase bajo las circunstancias, significa que el líquido es de contenido de oxígeno más elevado que el vapor. Segundo, la producción de un líquido rico en oxígeno es fomentada por el vapor condensado que fluye hacia abajo en los tubos en la sección de fondo de tubo a medida que el vapor ascendente es condensado allí. El vapor ascendente de ese modo viene a ser mucho más rico en nitrógeno porque fluye hacia arriba alrededor de esos tubos, y mientras más largo sean los tubos mayor será la tendencia a producir una pureza más elevada de nitrógeno. Para fomentar la intimidad de contacto del vapor con los líquidos, el espacio alrededor de los tubos puede ser llenado con anillos Lessing u otro material de empaquetar. El nitrógeno rico en vapor que sale del tope de la sección de tubos del fondo, viene a ser de como la mitad del aire comprimido que entra en la sección de tubos del medio ligeramente sobre el nivel del líquido que se desea mantener allí. Al pasar alrededor de esos tubos el vapor es condensado en impartir calor para la rec-

tificación del fluido dentro de los tubos, y el líquido se acumula dentro de esa sección de tubos.

Es allí en donde se aplica la refrigeración del ciclo externo al ciclo principal con el objeto de equilibrar el escape de calor y la pérdida del extremo caliente en el ciclo principal. Del tope de la sección de tubo del medio el vapor es conducido al vaporizador. Ese vapor es de un contenido muy elevado de nitrógeno debido a la separación que ha ocurrido dentro de la sección de tubo del medio, debido al curso hacia abajo del líquido en los tubos en contracorriente con el vapor ascendente al rededor de ellos. El vapor retirado también contiene una porción elevada de ciertos de los gases raros de la atmósfera tales como neón. Esos vapores entran en la parte inferior del vaporizador y pasan hacia arriba a través de los tubos en él, siendo licuados por la evaporación de un líquido refrigerante alrededor de los tubos. La parte licuada fluye hacia abajo dentro de los tubos y otra vez a la sección de tubos del medio a través de un tubo provisto para ese fin. De la parte superior del vaporizador sale un pequeño tubo, y una pequeña cantidad del vapor es constantemente retirada a través de ese tubo. Ese vapor es rico en algunos de los gases raros de la atmósfera, tales como neón que son más volátiles que el nitrógeno, y la separación puede efectuarse en un aparato que no aparece indicado.

El líquido de la sección de tubos del medio es estrangulado a aproximadamente la presión atmosférica, e introducido alrededor de los tubos en la sección de tubo superior, en donde se evapora para producir la refrigeración para la rectificación. Como quiera que ese líquido es muy rico en nitrógeno, se puede usar una gran cantidad para esos fines de refrigeración sin una pérdida excesiva del oxígeno. Esa gran cantidad de refrigeración comparada con la cantidad del líquido estrangulado de la sección de tubos del fondo adentro del rectificador proporciona un gran reflujo de líquido para fomentar la separación de los constituyentes durante la rectificación. También y comparado



con la cantidad de líquido introducida en el rectificador, una gran cantidad de vapor es condensada dentro de las dos secciones de tubos debajo de la entrada del rectificador, de ese modo proporcionando un reflujo muy grande de vapor para fomentar el procedimiento de rectificación. Finalmente, como quiera que el líquido que se va a rectificar es mucho más rico en oxígeno que el aire atmosférico, es posible asegurar una pureza más elevada de tanto el oxígeno como el nitrógeno al mismo tiempo. Por lo tanto, cuando se dice que esa construcción de rectificador y el procedimiento que en ella se emplea puede llevar a cabo la obtención de un mayor rendimiento de cualquiera de los constituyentes de pureza dada, eso está demostrado por la rectificación que produce un fluido mejor adecuado para completar la separación y proporcionando cantidades excesivas de calor y refrigeración que fomentan la separación completa.

Por lo tanto, aunque el excedente del aire comprimido desde un punto de vista representa una fuerza motriz adicional consumida, la ventaja que se obtiene en la pureza y rendimiento del producto más que compensan esa fuerza motriz, y en consecuencia de eso el costo neto de la producción es mucho más bajo que la práctica corriente.

La refrigeración suministrada por el ciclo de refrigeración externo para contrapesar el escape del calor y la pérdida del extremo caliente en el ciclo principal de la separación, se aplica en el vaporizador en la situación arriba indicada, con el objeto de facilitar el funcionamiento de la instalación en su conjunto.

Durante la operación de la instalación la cantidad de esa refrigeración requerida puede variar debido a un cambio en la temperatura del cambio que afecta la proporción del escape de calor en el aparato a un cambio en la pérdida del extremo caliente del ciclo principal debido a la diferencia de temperatura aumentada, con una transferencia de calor inferior en los intercambiadores de separación debido a la acumulación del hielo y la nieve en los tubos, o a una pérdida en la refrigeración

2
acumulada cuando se cambien los intercambiadores, o a un cambio gradual en la refrigeración acumulada en el metal y aislamiento del aparato cuando la instalación está en las condiciones de funcionamiento después del arranque. Si no se ha efectuado ningún cambio en las condiciones de funcionamiento del ciclo externo esos cambios de condiciones en el ciclo principal serán manifestados por cambios en la cantidad de líquido acumulado en el sistema. Durante la operación normal del sistema las válvulas son manipuladas para mantener los niveles del líquido tan constantes como sea posible. Con la disposición anterior el nivel del líquido que gradualmente cambia bajo tales circunstancias es el del refrigerante líquido acumulado en el licuador del ciclo externo. Tan pronto como se nota ese cambio se podrá modificar la velocidad de las máquinas de expansión cambiando su carga o la velocidad del compresor de refrigerar puede ser cambiada para poner el nivel del líquido mencionado otra vez en su condición normal. Como quiera que el cambio ocurre solamente en el ciclo externo las condiciones de transferencia de calor dentro del ciclo principal, especialmente dentro del rectificador, permanecen constantes con una operación constante, consiguiente y pureza de los productos.

Hay una ventaja adicional en aplicar la refrigeración en el vaporizador, tal como aparece colocado por el hecho de que en esa refrigeración del ciclo externo se produce un líquido refrigerante que es estrangulado dentro de la sección de tubo superior y por la evaporación imparte a la refrigeración la condición necesaria para la rectificación. Esa refrigeración del ciclo externo en cantidad es igual al escape de calor en todas las piezas del ciclo de separación principal, y la pérdida de extremo caliente debida a la diferencia de temperatura dentro del intercambiador. Con excepción del escape del calor en el rectificador sobre la entrada, esas pérdidas producen una corriente correspondiente de calor en el rectificador debajo de la entrada, evaporando el fluido que está pasando la rectificación y de ese modo aumentando el reflujo del vapor. Por lo

tanto, la refrigeración del ciclo externo es en lo principal aplicada al rectificador sobre la entrada con el objeto de equilibrar las pérdidas produciendo calor añadido al fluido en el rectificador debajo de la entrada. Ese método de contrapesar esas pérdidas contribuye a los reflujos de líquido y de vapor respectivamente y de ese modo tiende a mejorar la pureza del producto.

En la práctica de la presente invención, como se ha descrito más arriba se puede producir con facilidad 99% de oxígeno líquido y 99% de vapor de nitrógeno. Podrá verse por lo tanto, que suponiendo que el aparato se está haciendo funcionar como instalación de producir oxígeno se podrá obtener una producción notablemente aumentada sobre la obtenida en los sistemas y aparatos corrientes. Por supuesto que esa producción aumentada contribuye indudablemente a reducir el costo de funcionamiento.

Con referencia ahora al ciclo externo, se prefiere usar nitrógeno como el medio refrigerante. Ese nitrógeno con preferencia es comprimido a como 163 kilogramos (23 atmósferas absolutas), e introducido en un aparato intercambiador E de la misma disposición general tal como se ha descrito anteriormente. Ese nitrógeno es ventajosamente derivado del aire que se está comprimiendo para cuyo fin se conduce el vapor de nitrógeno, que ha sido vaporizado en el tope del rectificador y pasado a través del intercambiador al compresor (no indicado) del círculo o ciclo externo. Ese vapor de nitrógeno es el "excedente" de aire del ciclo principal que hasta ahora se ha descrito.

Dos unidades intercambiables cortas s' , s' , se suministran y en serie con cualquiera de ambas hay una sección de intercambiador t' constantemente en circuito, y en serie con esa sección hay un licuador t^2 también constantemente en circuito. El nitrógeno es enfriado como a 130 grados Centígrado en las secciones s' y t' , y aproximadamente como 82% para al motor de expansión v y el resto al licuador t^2 . El líquido formado en el licuador es como ya se ha dicho más arriba, estrangulado dentro del vaporizador en donde es hervido y el vapor y

el escape del motor de expansión retornando juntos a través del licuador, y las secciones de intercambiador frías y calientes en serie, en las cuales es calentado a casi la temperatura del cuarto antes de ser recomprimido.

En la curva indicada en los dibujos la temperatura de las diversas piezas importantes del aparato entero, aparecen indicadas. Los números correspondientes para los puntos aparecen tanto en la curva como en la vista esquemática de la Fig. 1. Al examinar esa curva podrá verse que en los intercambiadores de separación hay un calor considerable abstraído con una gran baja en la temperatura. Las líneas que indican las corrientes de descenso y de retorno están bastante juntas, y substancialmente paralelas. En el cambiador hay una cantidad apreciable de calor abstraída y substancialmente a una temperatura constante, y eso es generalmente correcto por lo que respecta al rectificador y el vaporizador. En esas partes del aparato las líneas que indican las corrientes de descenso y de retorno son generalmente hablando paralelas y relativamente juntas. Las líneas que indican las corrientes de descenso y de retorno del licuador del ciclo de refrigeración se unen lo bastante y aproximadamente paralelas. Las líneas que indican las corrientes de descenso y de retorno en el intercambiador del ciclo de refrigeración están substancialmente paralelas y tan juntas como las líneas correspondientes que indican las corrientes de descenso y de retorno en el intercambiador de separación.

La baja de temperatura en los puntos de estrangulación en el ciclo principal es relativamente ligera y eso disminuye las pérdidas.

Se observará que por ejemplo, por comparación con el largo de la columna de rectificador, que los intercambiadores son bastante largos, en efecto, son mucho más largos que lo que en la práctica usualmente se hacen. Ese gran largo del intercambiador es de importancia en reducir las pérdidas termodinámicas como será aparente en las descripciones anteriores del procedimiento general cuando se toma éste en consideración.

Por ejemplo, el largo del intercambiador es de importancia en hacer que se junten las curvas de calor de temperatura en las corrientes de descenso y de retorno. Se prefiere emplear tubos de intercambiador y la relación del largo con respecto al diámetro interno del cual es aproximadamente 2000 a 1, es decir, suponiendo que se tiene un tubo sencillo que se prolonga desde el punto de la entrada del aire comprimido al punto de descarga del mismo del intercambiador, su largo vendría a ser de 2000 veces su diámetro interno, y se prefiere usar tubos de intercambiador de como 5 milímetros de diámetro interno.

También se notará que una válvula o estrangulador puede verse en el tubo h de la columna rectificante con el objeto de que si se desea, el regulamiento de las presiones relativas pueden obtenerse dentro de la sección de tubo c y la sección de tubo f. La manipulación de ese estrangulador resultará en el regulamiento de las cantidades relativas de los líquidos que se recogen en las partes de fondo de las dichas dos secciones de tubos. El valor de éso aparece indicado, como por ejemplo por lo siguiente. Si se desea aumentar la producción de oxígeno esa válvula puede ser accionada para disminuir la cantidad de oxígeno perdido en los vapores que fluyen del extremo superior de la sección de tubo c a la sección de tubo f.

Por supuesto, que se comprenderá que la válvula de desahogo de presión automática es ajustable.

Aunque se ha descrito la compresión de todo el aire por un compresor, si se desea, el aire que se va a rectificar y el excedente del aire puede ser separadamente comprimido.

Podrá verse que según el procedimiento arriba descrito, se puede lograr disminuir la fuerza motriz requerida para comprimir el aire, o los otros gases mezclados que se van a rectificar.

Por lo tanto, el constituyente más volátil, nitrógeno en el caso de aire, es utilizado como el refrigerante que se va a evaporar alrededor de los tubos en la sección de tubos en la parte superior del rectificador. Esa evaporación se efectúa


con una presión solamente suficiente sobre la de la atmósfera para vencer la baja de la presión al retornar a través del intercambiador y las conexiones. La presión del fluido que está bajo rectificación dentro de los tubos tienen que ser más elevada que la del refrigerante que se evapora alrededor de los tubos, con el objeto de obtener la transferencia de calor del constituyente más volátil de los gases que se están rectificando al constituyente más volátil que se está utilizando como refrigerante. Para ese fin, la presión de rectificación puede ser tan baja como aproximadamente una y media atmósferas absolutas ($1/2$ atmósfera de manómetro), aunque el rectificador puede ser construido para requerir hasta 4 atmósferas absolutas (3 atmósferas de manómetro).



Para impartir el calor para la rectificación, el aire u otros gases mezclados alrededor de los tubos en la sección de tubo inferior del rectificador, es comprimido a una presión tal que será licuado al evaporar el fluido que está pasando por la rectificación. Durante la licuación de los gases comprimidos a medida que fluyen hacia arriba alrededor de los tubos, el constituyente menos volátil es eliminado a una proporción relativamente más rápida que el constituyente volátil, de ese modo produciendo una baja en la temperatura de licuación del extremo inferior al extremo superior de esas secciones de tubo. Por otra parte, el fluido que está pasando por la rectificación tiene que recibir el calor a temperaturas más elevadas a medida que el líquido fluye hacia abajo dentro de los tubos. Por consiguiente, con los gases comprimidos fluyendo hacia arriba, cuando se están licuando al impartir el calor para la rectificación al líquido que está bajo la rectificación cuando está fluyendo hacia abajo las relaciones de calor de temperatura para los dos fluidos se aproxima al paralelismo. Eso disminuye la diferencia de presión necesaria para la transferencia de calor, y por lo tanto, para una presión de rectificación dada se permite el uso de la compresión más baja posible de los gases que se van a separar. La presión última mencionada será alrededor de

tres veces la presión de rectificación, o de cuatro a doce atmósferas absolutas (3 a 11 atmósferas de manómetro) para una presión de rectificación de 1 1/2 a 4 atmósferas absolutas.

En conexión con lo anterior conviene tener en cuenta que usando un número de bandejas relativamente pequeñas debajo de la entrada de la sección de bandeja, se obtiene que el fluido que se va a rectificar al entrar en las secciones de tubo esté en un estado relativamente impuro y por lo tanto, a una temperatura suficientemente más baja que la del constituyente menos volátil que se acumula en la forma de líquido en el extremo inferior del rectificador para obtener la relación de calor a la temperatura deseada.



Generalmente hablando la presente invención fundamentalmente se aparta de la práctica anterior por el hecho de que se puede obtener una separación que para todos los fines prácticos es completa, en tanto que hasta ahora usando la separación del aire en sus constituyentes como un ejemplo, los constituyentes no eran completamente separados y el oxígeno o el nitrógeno solamente se obtenían como el producto del procedimiento, y los otros constituyentes siendo demasiado impuros para los fines comerciales. Puede obtenerse esa separación completa del gas mezclado en virtud del hecho de que se añade todo el calor requerido a la parte inferior del rectificador y se abstrae todo el calor requerido en la parte superior del rectificador para efectuar esa separación completa. La adición y abstracción de todo el calor requerido para la separación completa produce los reflujos necesarios para efectuar la separación completa.

Comprimiendo más del gas que se va a rectificar se suministra el calor y la refrigeración así como la cantidad requerida de reflujo para llevar a cabo el resultado deseado.

N O T A

Se reivindica como objeto de la presente patente lo siguiente:

1.- Un método de rectificar gases mezclados, tal como aire, en el cual más gas que el que se vá a rectificar es comprimido, el gas comprimido separado por rectificación parcial o fraccionamiento y rectificación parcial en una parte rica en un constituyente y una rica en otro constituyente, y una parte rectificada utilizando la otra parte para dicha rectificación.

2.- Un método de rectificar gases mezclados, tal como aire, en el cual más gas que el que se vá a rectificar es comprimido, parte del mismo enfriada por un ciclo externo para proporcionar refrigerante para el uso en el ciclo principal.

3.- Un método de rectificar gases mezclados, tal como aire, en el cual más gas que el que se vá a rectificar es comprimido, y uno de los constituyentes del mismo es extraído en un estado relativamente puro para utilizarle como un refrigerante en la rectificación del resto.

4.- Un método de acuerdo con la reivindicación 3, en el cual el constituyente extraído es subsecuentemente empleado en un ciclo refrigerante con preferencia externo del ciclo principal para balancear el escape de calor y otras pérdidas termodinámicas en el ciclo principal.

5.- Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual uno de los constituyentes del gas en estado relativamente puro es utilizado para impartir el calor en la rectificación y la abstracción de calor en la rectificación.


6.- Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual los reflujos son creados aplicando un ciclo externo de refrigeración a una parte del gas excedente comprimido y utilizando dicha parte para equilibrar el escape de calor o equivalente, de tal modo para crear reflujos de exceso.

7.- Un método de rectificar gases mezclados, tal como aire, en el cual la separación basta se efectúa por el contacto in-



termittente del líquido y reflujos de vapor sin la adición o abstracción de calor, y purificación de los productos finales por el contacto continuo de los reflujos con la abstracción y adición de calor respectivamente.

8.- Un método de rectificar gases mezclados de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual los gases mezclados son enfriados a substancialmente la temperatura de los líquidos acumulándose en el rectificador, antes de admitirles para la relación de intercambio de calor con el fluido que se está rectificando.



9.- Un método de rectificar gases mezclados, tal como aire, consiste en comprimir más gas del que se vá a rectificar a una presión precisamente lo suficiente para producir transferencia de calor en el rectificador, el enfriamiento del gas comprimido por los productos de retorno, su licuación parcial por el componente líquido de rectificación, la licuación adicional de los gases parcialmente licuados en líquido rico en un componente y un vapor rico en otro componente, impartiendo parte del calor requerido para la rectificación, la licuación de dicho vapor impartiendo más del calor para la rectificación, el uso de dicho vapor licuado para impartir refrigeración para rectificación, y la rectificación de dicho líquido rico en uno de los componentes.

10.- Un método de rectificar gases mezclados de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual los gases mezclados están endriados al punto de rocío antes de entrar en la columna de rectificación por el intercambio de calor únicamente con los productos de rectificación.

11.- Un método de rectificar aire de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual una de las partes separadas que contienen vapor de nitrógeno para usarse para la rectificación de la otra parte, es accionada por el ciclo externo de modo que los gases raros pueden ser separados de la misma.

12.- Un método de rectificar gases mezclados en el cual el componente líquido de rectificación es retirado de la colum-

na rectificante como líquido y en el cual la presión de rectificación está controlada por el retiro regulado del componente de vapor.

13.- Un método de separar gases mezclados por licuación, que consiste en efectuar la separación mayor por un ciclo interno y en efectuar separación adicional por un ciclo refrigerante externo.

14.- Un método de acuerdo con la reivindicación 13, en el cual el escape de calor y pérdida en la transferencia de calor son compensados por la utilización del ciclo interno de la refrigeración obtenible por el ciclo externo.

15.- Un método de rectificar gases mezclados que comprende el uso de un rectificador que tiene dos secciones de tubo debajo de la entrada de fluido que se vá a rectificar.

16.- Un método de rectificar gases mezclados que comprende el uso de un ciclo de rectificación y un ciclo externo de refrigeración que están eslabonados conectadamente por un vaporizador intermediario.

17.- Un método de rectificar gases mezclados que comprende el uso de un rectificador provisto con una conexión tubular entre las secciones interior e intermediaria del rectificadores, cuya conexión comprende una válvula o estrangulador adaptado para cambiar o regular las cantidades relativas de líquido que se recoge en la sección inferior del rectificador, y parte de cuyo líquido se usa para la rectificación del otro.

18. Un método de rectificar gases mezclados en el cual la pureza constante de los productos de rectificación es mantenida a medida que la capacidad es cambiada por la utilización de una válvula automática de desahogo de presión o su equivalente, de modo que la cámara de control está conectada al tope del rectificador o algún otro punto entre el tope y el punto en el cual la válvula de desahogo vá colocada, teniendo la válvula las características de funcionamiento de modo que la presión regulada variará con la proporción del curso del vapor a través de la válvula.



19.- Un método de rectificar gases mezclados comprendiendo el uso de una columna de rectificación incluyendo una sección de tubo de fondo en la cual el gas excedente es dividido de la parte que se vá a rectificar, una sección de tubo del medio para licuar el excedente y una sección de tubo de tope para vaporizar el excedente.

20.- Un método de rectificar gases mezclados de acuerdo con la reivindicación 19, en el cual la columna de rectificación comprende una sección de bandeja en la cual es introducida la parte que se vá a rectificar.

21.- Un método de rectificar gases mezclados de acuerdo con la reivindicación 19, en el cual los gases mezclados son introducidos en la sección de tubo de fondo de la columna rectificante, de modo que los gases burbujan a través del líquido que se recoge en él.

22.- Un método de rectificar gases mezclados, comprendiendo el uso de una columna rectificante para los gases mezclados, incluyendo una sección de bandeja para la separación basta en la cual el calor no es añadido ni abstraído, y secciones de tubo inferior y superior para cualquier extremo de la misma en la cual la rectificación es continuada y en la cual el calor respectivamente es abstraído y el calor añadido.

23.- Un método de rectificar gases mezclados comprendiendo el uso de un rectificador, un ciclo externo de refrigeración para enfriar una parte del gas comprimido para proporcionar la refrigeración y medio en el ciclo externo para recoger el refrigerante líquido para su uso controlado en el ciclo de separación.

24.- Un método de rectificar gases mezclados comprendiendo el uso de un intercambiador que tiene una parte permanentemente en circuito y una parte del mismo en donde ocurren la condensación y congelamiento objeccionables y construida en duplicado y conectada para invertir el curso del fluido que se vá a enfriar a través de dichas partes duplicadas.

25.- Un método de rectificar gases mezclados de acuerdo con



la reivindicación 24, en el cual las partes o secciones del intercambiador están sostenidas en sus extremos adyacentes.

26.- Un método de rectificar gases mezclados de acuerdo con la reivindicación 25, en el cual el intercambiador está asociado con un rectificador sostenido en el medio, o mejor dicho en su medio, en un plano aproximadamente igual al de los soportes para las secciones de intercambiador.


27.- Un método de rectificar gases mezclados incluyendo el uso de un intercambiador que tiene refrigeración aplicada al mismo de un ciclo externo perteneciente al ciclo de rectificación del aparato.

28.- Un método de rectificar gases mezclados de acuerdo con la reivindicación 24, en el cual el intercambiador es del tipo de entibación y tubo dividido en dos secciones verticales substancialmente paralelas con conexiones adecuadas en sus extremos superiores, dichas secciones suspendidas de sus extremos superiores.

29.- Un método de rectificar gases mezclados, comprendiendo el uso de un intercambiador del tipo de entibación y tubo dividido en un par de secciones verticales intercambiables dispuestas aproximadamente paralelas y colgando de sus extremos superiores, un par de secciones verticales aproximadamente paralelas conectadas en series entre sí y sostenidas en los extremos inferiores con sus extremos inferiores en proximidad a los extremos superiores del primer par de secciones, y conexiones adecuadas entre los extremos superiores del primer par y el extremo inferior del primero del segundo par de secciones.

30.- Un método de rectificar gases mezclados comprendiendo el uso de una columna vertical rectificadora, un intercambiador, y conexiones entre el tope y fondo del rectificador en un extremo del intercambiador, dicho intercambiador siendo de forma substancialmente de U, con dicho extremo del mismo colocado aproximadamente en el medio de la columna rectificadora.

31.- Un método de rectificar gases mezclados comprendiendo el uso de una columna rectificadora para rectificar gases mezclados, un intercambiador y un cambiador intermediario, conectado de modo que el fluido que desciende pasa a través del cambiador en su dirección del intercambiador a la columna, y también conectados a la columna e intercambiador de tal modo que un constituyente licuado se recoge en la columna y retorna a través del intercambiador en relación de cambio de calor con el fluido descendente.



32.- Un método de rectificar gases mezclados, de acuerdo con la reivindicación 31, en el cual el enfriamiento de los gases mezclados en el cambiador es efectuado por el uso de retorno del constituyente líquido de rectificación a una presión más baja que la de la rectificación.

33.- Un método de rectificar gases mezclados comprendiendo el uso de una columna rectificadora que tiene una parte en la cual el componente líquido se recoge, y medio para regular la presión de rectificación que comprende medio ajustable para regular el retiro del componente de vapor de la rectificación.

34.- Un método de rectificar gases mezclados de acuerdo con la reivindicación 33, en el cual el componente de vapor de rectificación es retirado a través de un tubo incluyendo una válvula de regulamiento automático accionada por la presión de rectificación.

35.- Un método de rectificar gases mezclados de acuerdo con las reivindicaciones 19 y 22, en el cual la sección de tubos para la purificación tiene tiras espirales de remolino en los tubos.

36.- Un método de rectificar gases mezclados de acuerdo con la reivindicación 22 en el cual la entrada a la sección de bandeja está colocada de tal modo que hay más bandejas en ese lado de la entrada en donde se efectúa el menor cambio de composición del fluido que está rectificándose.

37.- Un método de rectificar gases mezclados de acuerdo con la reivindicación 15, en el cual el rectificador tiene dos sec-

ciones de tubo debajo de la entrada, una comprendiendo una pluralidad de tubos relativamente cortos, y la otra un número menor de tubos relativamente largos.

38.- Un método de rectificar gases mezclados de acuerdo con la reivindicación 15, en el cual se proporciona un compartimento de mezclar intermediario en las secciones de tubo del rectificador.

39.- Un método de rectificar gases mezclados comprendiendo el uso de un intercambiador del tipo de tubo y entibación, teniendo sus tubos de un largo aproximadamente dos mil veces su diámetro interno.

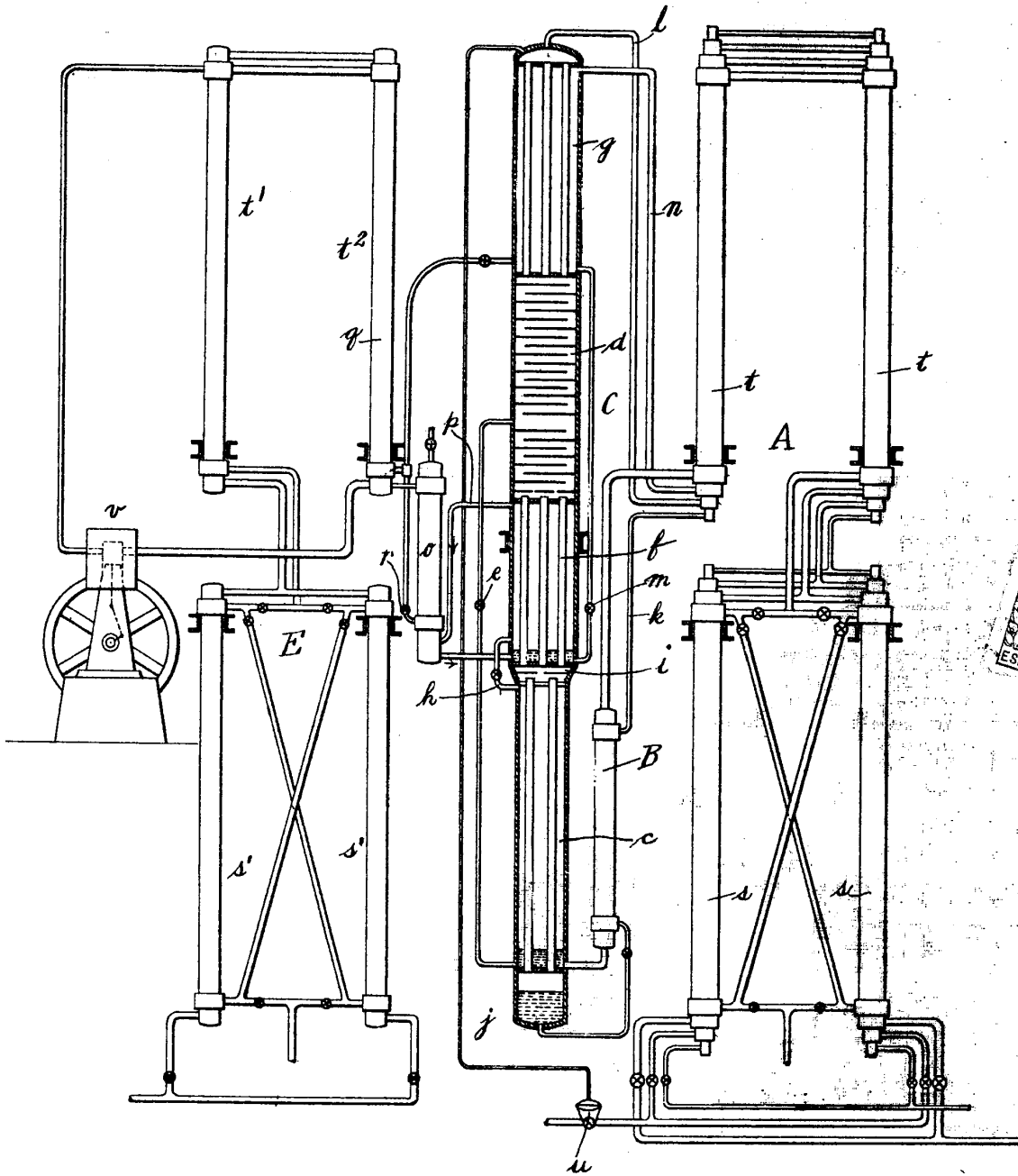
40.- Perfeccionamientos en o relacionados con la rectificación de gases mezclados.

Madrid, 13 Octubre 1927.
Samuel Gordon Allen, Trustee.
P. A.



Por Poder
de SANTOS L. GEREZO

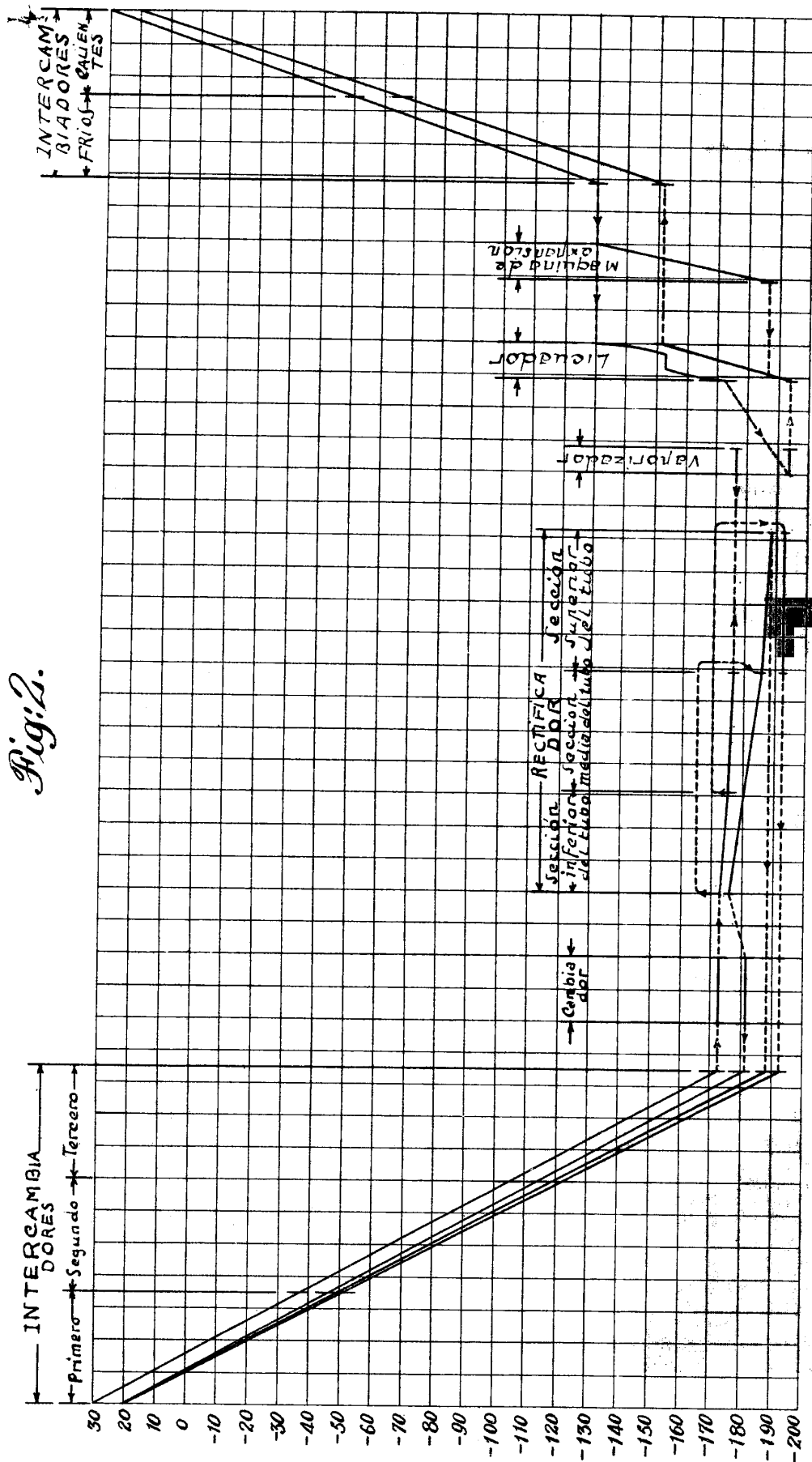
Fig. 1.



elucidat 13 Octubre 1927

A handwritten signature or set of initials, possibly 'J. M.', written in a cursive style at the bottom right of the page.

Fig. 2.



Madrid 13 Octubre 1927

[Handwritten signature]