

Automatización de tamices moleculares para la obtención de alcohol absoluto

Marlen Lorenzo-Maiquez^{1*}, Andy Noel Casañas-Marrero¹, Gustavo Saura-Laria¹
y Luis Alberto González Rodríguez²

1. Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA)

2. Empresa de Ingeniería y Proyectos Azucareros de Sancti Spíritus (IPROYAZSS)

* marlen.lorenzo@icidca.azcuba.cu

RESUMEN

El alcohol absoluto es uno de los antisépticos más utilizados a nivel mundial. Se decide anexar un área de obtención de alcohol absoluto, mediante tamices moleculares, a la destilería Héctor Molina, primera en el país. La tecnología de tamices moleculares se basa en la absorción del agua por lechos de zeolita. Se decide hacer un tratamiento previo al alcohol hidratado, para llevarlo a la fase gaseosa, por las ventajas que ofrece durante la separación y en la protección del medio absorbente. La automatización se concibió como planta completa y está presente en las subáreas siguientes: recepción del alcohol hidratado; preparación previa al proceso de deshidratación; proceso de deshidratación y regeneración; preparación y recepción del alcohol deshidratado y preparación y recepción del alcohol flema. La instrumentación de campo debe ser intrínsecamente segura. La concepción de la automatización garantizó la seguridad del personal y la calidad del producto final.

Palabras clave: tamices moleculares, automatización, instrumentación, alcohol absoluto y destilerías de alcohol.

ABSTRACT

Absolute alcohol is one of the most antiseptics worldwide widely used. To annex an area for obtaining absolute alcohol, through molecular sieves, to Héctor Molina distillery, first in country is decided. Molecular sieve technology is based on absorption of water by zeolite beds. To preliminary treatment hydrated alcohol was decided, for take it to gaseous phase, due to advantages it offers during separation and in the absorbent medium protection. Automation as a complete plant was conceived and is present in the following subareas: hydrated alcohol reception; before preparation to dehydration process; dehydration and regeneration process; dehydrated alcohol preparation and reception and phlegm alcohol preparation and reception. Field instrumentation must be intrinsically safe. Automation concept guaranteed personnel safety and final product quality.

Key words: molecular sieves, automation, instrumentation, absolute alcohol and alcohol distilleries.

INTRODUCCIÓN

El alcohol absoluto es uno de los antisépticos más utilizados a nivel mundial: en la elaboración de medicamentos y productos cosméticos; también en procesos industriales y como combustible, en particular como parte constitutiva de las naftas. Una vía de obtención del alcohol absoluto es mediante tamices moleculares, una de sus ventajas es que propicia un filtrado del alcohol obtenido mediante la eliminación de impurezas y la no introducción de sustancias ajenas al proceso.

En Cuba, la única vía que existe de obtención de alcohol absoluto es por la destilación azeotrópica, que al introducir una nueva sustancia química para romper el azeótropo, limita su uso médico y

en cosmética. Por estas razones, se comienza a trabajar en la concepción de un área de obtención de alcohol absoluto, por tamices moleculares, en la destilería perteneciente a la UEB Héctor Molina.

Por las características del proceso, es imprescindible el uso de la automatización, debido a que su buen funcionamiento depende del control de variables como: la estabilidad del vapor, las diferencias de presión, la generación del vacío y temperatura en el empaque, el grado alcohólico del etanol hidratado, entre otras (1). Además, se debe garantizar el ciclo de trabajo alternado de los tamices.

El presente trabajo muestra la concepción de la automatización para la primera área de destilación de alcohol, por tamices moleculares, del país.

DESARROLLO

Los tamices moleculares son complejos constituidos por una mezcla de cerámicas estables, con porosidad controlada, de estructura rígida en los que, fluidos como el agua, pueden ser almacenados o retirados en sus poros, por medio de absorción, gracias a su gran poder desecante. Se clasifican de acuerdo con el diámetro nominal del poro interno, que provee el acceso al volumen intersticial libre encontrado en la estructura microcristalina. Los agentes adsorbentes más empleados han sido los lechos de zeolita (2).

Para la deshidratación de etanol se utiliza un tamiz tipo 3 Å, lo que significa que el diámetro medio de los caminos intersticiales es de 3 Å, debido a que la molécula de agua tiene un diámetro medio menor a este valor, mientras que la del etanol es mayor (3). Además, las moléculas de agua pueden ser adsorbidas sobre la superficie interna de los poros del tamiz. Estas razones son las que hacen útiles los tamices moleculares para la separación de la mezcla etanol-agua. Poseen una alta superficie polar, lo que permite una capacidad de absorción extremadamente alta para el agua u otros componentes polares en concentraciones extremadamente bajas (4).

La deshidratación de etanol por tamices moleculares ofrece ventajas tecnológicas, como: diseño simple del proceso; larga vida útil; facilidad de regeneración, alta eficiencia, eliminación de pérdidas inherentes al uso de productos químicos, no utiliza sustancias ajenas al proceso, el proceso es inerte y los tamices pueden procesar también impurezas presentes en la corriente de etanol. Como desventajas se puede mencionar que el tamiz se puede deteriorar con cierta frecuencia, en caso de usar el alcohol en estado líquido y el costo de capital inicial es alto.

Este proceso puede realizarse para mezclas etanol-agua, tanto en fase de vapor como en fase líquida; en esta última se requiere aplicar gas caliente, para regenerar el tamiz y desplazar el agua de este; sin embargo, el tamiz se deteriora rápidamente por el choque térmico.

En el esquema tecnológico propuesto, el deshidratador de tamices moleculares opera en fase de flujo descendiente, para la producción de alcohol deshidratado al 99.2 % v/v a 20 °C, a partir de una fuente de alimentación del alcohol hidratado, con una graduación aproximada de 93 % v/v a 20 °C.

Esta área puede operar de forma autónoma; es decir, sin la necesidad de que se encuentre en operación el área de destilación, debido a la existencia de un tanque pulmón de alcohol hidratado, que permite una operación autónoma del área de deshidratación de aproximadamente 3.5 horas de trabajo. En caso de que no se recupere la operatividad del área de destilación a tiempo, garantiza la parada estable y segura del área de deshidratación.

Previo a pasar por el tamizado molecular, la mezcla debe ser vaporizada, para lo cual pasa por varios pasos de calentamiento y vaporización, que garanticen que el alcohol hidratado llegue a los tamices con las propiedades físicas ideales para la separación.

El alcohol vaporizado pasa por un eliminador de gotas y sigue por una línea de alimentación hasta el tope de los tamices moleculares, donde se distribuye de forma uniforme por toda la columna y conforme al ciclo de trabajo de cada una. En estas columnas los flujos de vapores: de alcohol

hidratado, alcohol deshidratado y alcohol flema se controlan automáticamente. Ambas columnas trabajan de forma alternada: una en extracción y la otra en regeneración o en espera. El ciclo de las dos columnas se garantiza por medio de un control lógico programable secuencial. Las secuencias de trabajo de las válvulas asociadas permiten que las columnas trabajen automáticamente, lo que posibilita realizar el proceso de deshidratación eficazmente.

Durante la deshidratación, la válvula que controla la entrada de vapor de alcohol hidratado del tamiz molecular, que está en extracción, permanece abierta, así como la válvula de salida de alcohol deshidratado del mismo tamiz. El flujo de los vapores del alcohol hidratado pasa a través del lecho del tamiz, donde las moléculas de agua son absorbidas. Cuando los lechos del tamiz molecular en operación se saturan, se lleva a cabo la regeneración de la resina, a través de la succión del agua retenida en el interior de la columna, con el paso de un por ciento del alcohol deshidratado producido, mediante la creación de vacío por el condensador de flema y del eyector, que extrae los gases incondensables.

Al final del proceso de regeneración de la resina, la columna se encuentra con presión negativa en su interior. Se cierra la válvula de entrada de alcohol deshidratado durante la regeneración y, posteriormente, se cierra la válvula de salida de vapor de alcohol flema, del respectivo tamiz y este se encuentra en vacío total.

Cuando se decide comenzar el ciclo de producción de esta columna, se abre la válvula de control de flujo del alcohol deshidratado del fondo de la columna regenerada. Por esta válvula y por la diferencia de presión, parte del alcohol deshidratado que salió del tamiz en actividad de deshidratación fluye para dentro de la columna, que se presuriza mediante la elevación de su presión, hasta que se torne positiva. En ese momento, la válvula de alimentación de vapor de alcohol hidratado se abre, lo que termina de elevar la presión de la columna hasta la presión de operación. Esto mantiene estable el flujo y la presión de los vapores de alto grado, durante el cambio de lechos. En estas condiciones se puede reiniciar un nuevo ciclo alternativo de operación de los tamices.

El alcohol deshidratado pasa al condensador de alcohol deshidratado y al enfriador de alcohol deshidratado, donde después de condensarse y enfriarse, a la temperatura prácticamente ambiental, continúa su trayecto impulsado por la presión de la línea hasta el tanque de alcohol deshidratado o al tanque de alcohol hidratado, según una lógica que mide la calidad del alcohol obtenido.

Los vapores del alcohol flema obtenidos, durante la regeneración de los tamices moleculares, pasan por el condensador de flema que, mediante el intercambio con el agua de enfriamiento y ayudado por el eyector, encargado de la extracción de los gases incondensables, permite la condensación del alcohol flema para su posterior almacenamiento. El eyector, instalado en la línea de salida de la botella del condensador de flema, ayuda a mantener el alto vacío en el interior de este condensador y, por consiguiente, en toda la línea por donde pasan los vapores de alcohol y en los tamices moleculares, durante el ciclo de regeneración.

El alcohol flema se descarga directamente en el tanque de flema y, mediante las conexiones, a la salida de las bombas de flema, una parte se recircula después de pasar por el eyector y, la otra, se envía a un tanque del alcohol flema fuera del área. Por otra parte, al tanque de flema se incorpora el flujo proveniente de la columna de lavado. A la columna de lavado de gases llegan los vapores alcohólicos y gases incondensables, provenientes de los tanques de almacenamiento de alcoholes: de alcohol hidratado y del alcohol deshidratado; los cuales se introducen por el fondo de la columna mediante un tubo cuello de ganso invertido, que permite menos pérdidas de alcohol, por propiciar su condensación. Por el tope de la columna se introduce agua del proceso, que arrastrará el alcohol existente hacia el fondo y, de ahí, al tanque de flema. Los gases agotados y libres del alcohol se liberan a la atmósfera. En la figura 1 se muestra el esquema de flujo del proceso propuesto:

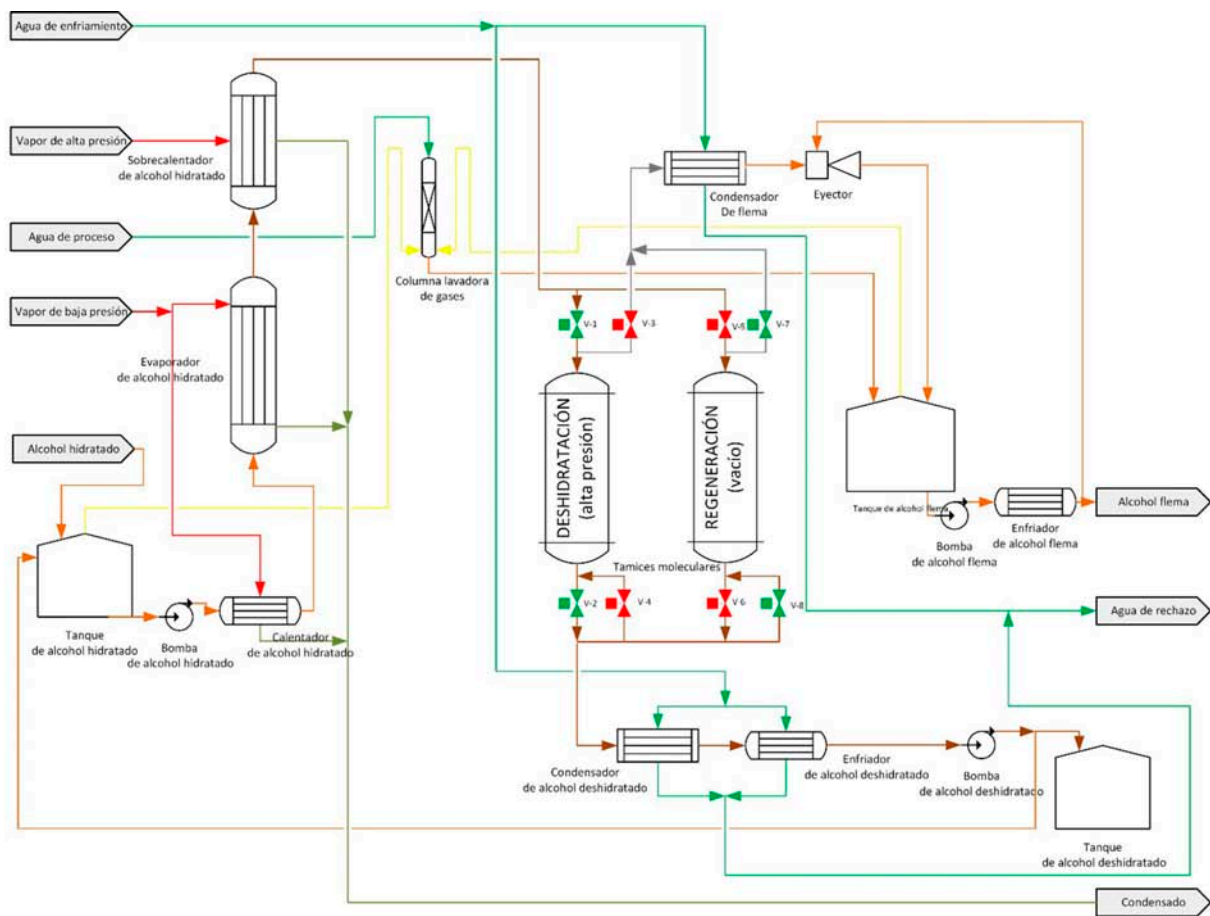


Figura 1. Esquema de flujo del proceso propuesto.

Desde el punto de vista de automatización, se propone un sistema jerárquico, que emplea un sistema de control supervisorio, mediante el uso de un programa de supervisión y control (SCADA, por sus siglas en inglés) que permite el acceso a los datos del proceso. El sistema utiliza computadoras o paneles del operador para el nivel superior de control, con mando distribuido, que implementa con autómatas programables industriales (PLC, por sus siglas en inglés) los Procedimientos Normativos Operacionales (PNO) del proceso tecnológico.

El sistema propuesto es fuertemente integrado, totalmente redundante, con posibilidad de sustitución, sin necesidad de parar el proceso, con sistema moderno de detección de fallas, robusto, confiable, con control secuencial y de regulación para procesos continuos, que debe garantizar el funcionamiento esperado durante la puesta en marcha; funcionamiento normal, limpieza y parada del área. Además, cuenta con un sistema de seguridad independiente al de trabajo habitual de la instalación.

Todo el sistema debe ser a prueba de explosión, por encontrarse en un área con la presencia del alcohol y vapores alcohólicos; incluso, a altas temperaturas. La instrumentación de campo debe ser intrínsecamente segura, con una clasificación mínima EEx – IIB - T2.

Se concibe como una automatización a planta completa, a continuación se muestran algunos de los controles básicos para garantizar la calidad del producto y la seguridad de la operación:

1. En el área de recepción del alcohol hidratado es esencial mantener el nivel en el tanque de recepción, en caso de fallo de la destilería se puede garantizar la parada programada y segura de los tamices moleculares.
2. Preparación previa del proceso de deshidratación: Esta área consta de varios pasos de calentamiento del alcohol y la automatización debe garantizar la seguridad de todos los procesos que utilizan vapor de agua a presiones distintas y los controles de temperatura a la salida de

los intercambiadores de calor. Con estos se garantiza que, a los tamices moleculares, llegue un fluido de alcohol hidratado: con el flujo, temperatura y presión deseados.

3. Proceso de deshidratación y regeneración: En este proceso se obtiene el alcohol absoluto al 99.2 % v/v a 20 °C, por lo tanto requiere del mayor nivel de instrumentación y automatización. Es un proceso que sólo puede trabajar de forma automática y debe garantizarse: el trabajo alternado de las columnas de deshidratación: una en producción y la otra en regeneración (mediante un sistema lógico secuencial); un vacío apropiado para garantizar la regeneración de las columnas; las presiones del tope y el fondo de las columnas de deshidratación. Por el tamaño de las columnas y ser empacadas, es un sistema distribuido, que hace necesarias mediciones de temperatura y presión en varios de sus puntos (figura 2).

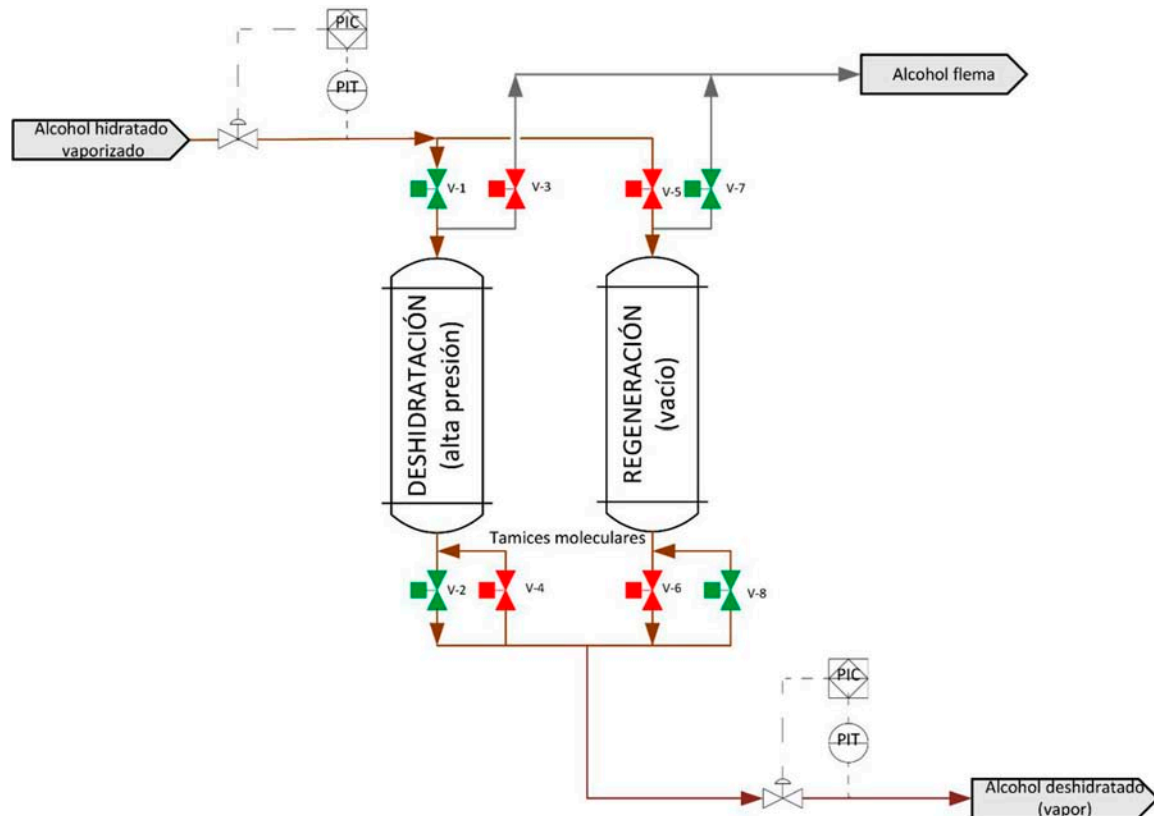


Figura 2. Proceso de deshidratación y regeneración.

4. Preparación y recepción del alcohol deshidratado: se logra el control de temperatura de la condensación del alcohol absoluto. Además, en unión del sistema de control lógico secuencial de control de trabajo de las tamices, el control de densidad del alcohol absoluto permite que al tanque de almacenamiento del producto final no llegue un alcohol que no cumpla las normativas de calidad establecidas (figura 3).
5. Preparación y recepción del alcohol flema: se garantiza la condensación del alcohol obtenido durante la regeneración de los tamices y, además, todos los controles requeridos para el funcionamiento adecuado para el sistema de vacío (figura 4).

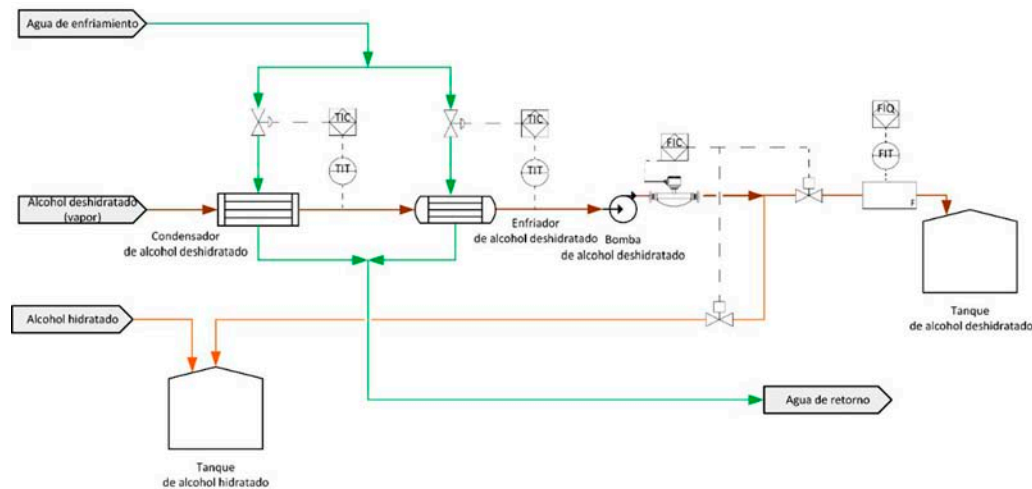


Figura 3. Preparación y recepción del alcohol deshidratado.

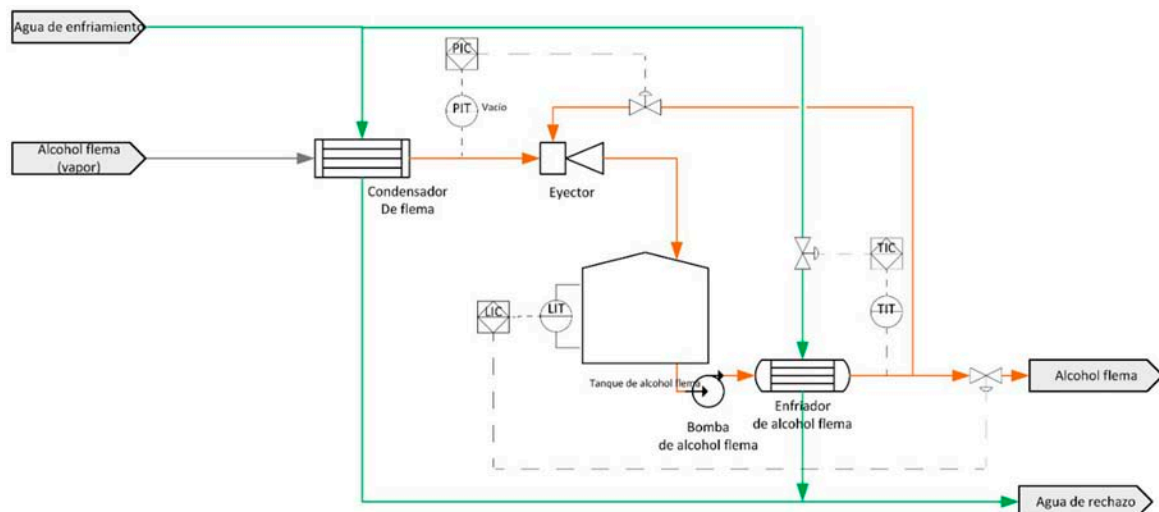


Figura 4. Preparación y recepción del alcohol flema.

CONCLUSIONES

- Por la forma de operar de los tamices moleculares, es imprescindible automatizar la operación de los ciclos de absorción y regeneración.
- Se realizó la ingeniería conceptual de automatización del área de deshidratación del alcohol por tamices moleculares, con una visión de planta completa.
- En la concepción de la automatización, se garantizó la seguridad del personal y la calidad del producto final.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Pérez, I. y Garrido, N. *Aspectos a tener en cuenta en la operación de un sistema de deshidratación de alcohol por tamices moleculares*. ICIDCA sobre los derivados de la caña de azúcar, 45(1), pp. 57-63, 2011.
2. Ocampo, A. *et al. Uso de zeolitas en la separación de sistemas ternarios*; Congreso de Ingeniería Química, 1993.
3. Madson, P.W.; Monceaux, D.A. *Fuel ethanol production*. KATZEN International, Inc., Cincinnati, Ohio, USA. 2001.17.
4. Montoya, M I.; Quintero, J A. *Esquema tecnológico integral de la producción de bioetanol carburante*. <https://www.researchgate.net/publication/38975441>. Enero 2005, [18/10/2021].