

REVISTA O UNIVERSO OBSERVÁVEL

USO DE DESTILACIÓN AL VACÍO EN LA INDUSTRIA QUÍMICA: APLICACIONES Y BENEFICIOS

Jonathan David Ramírez Bravo¹
Bárbara Deyalit Carrillo Jiménez²
César David Alonso Blacio³
Eliana Milagros Tapia Galarza⁴
Wilson Patricio León Cueva⁵

Revista o Universo Observável
DOI:10.69720/29660599.2025.00042
ISSN: 2966-0599

¹Ingeniero Químico
Universidad Técnica de Machala
Machala - El Oro – Ecuador
Email: jramirez23@utmachala.edu.ec
ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-9770-8487?lang=es>

²Ingeniera Química
Universidad Técnica de Machala
Machala - El Oro – Ecuador
Email: bcarrillo1@utmachala.edu.ec
ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-4625-2434>

³Ingeniero Químico
Universidad Técnica de Machala
Machala - El Oro – Ecuador
Email: calonso1@utmachala.edu.ec
ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-7237-2768>

⁴Ingeniera Química
Universidad Técnica de Machala
Machala - El Oro – Ecuador
Email: etapia2@utmachala.edu.ec
ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-0391-1183>

⁵Ingeniero Químico
Universidad Técnica de Machala
Machala - El Oro – Ecuador
Email: wleon@utmachala.edu.ec
ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-9770-8487>



USO DE DESTILACIÓN AL VACÍO EN LA INDUSTRIA QUÍMICA: APLICACIONES Y BENEFICIOS

Jonathan David Ramírez Bravo, Bárbara Deyalit Carrillo Jiménez, César David Alonso Blacio,
Eliana Milagros Tapia Galarza, Wilson Patricio León Cueva



Fonte: <https://blog.stoodi.com.br/blog/quimica/destilacao-fracionada/>

PERIÓDICO CIENTÍFICO INDEXADO INTERNACIONALMENTE

ISSN
International Standard Serial Number
2966-0599

www.ouniversoobservavel.com.br

Editora e Revista
O Universo Observável
CNPJ: 57.199.688/0001-06
Naviraí – Mato Grosso do Sul
Rua: Botocudos, 365 – Centro
CEP: 79950-000

RESUMEN

La destilación al vacío es una técnica tanto física como química muy importante en grandes industrias como la química, petroquímica, farmacéutica y entre otras más, la cual permite la separación de compuestos de ebullición que son muy elevados o sensibles, esto es posible gracias a la diferencia que se presión atmosférica y la presión del sistema, esto es de gran relevancia en los distintos campos porque reducen el consumo de energía. La optimización de la destilación ha sido posible gracias al avance de las tecnologías y métodos los cuales han permitido mejorar en gran medida la eficiencia del proceso, además la implementación de bombas de vacío de alta eficiencia y sistemas de recuperación de calor reducen el consumo de energía y por consiguiente se reduce la huella de carbono, ya que los intercambiadores de calor recuperan la energía térmica de los gases de escape, también es indispensable la aplicación de softwares potentes como el Aspen HYSYS debido a que permiten explorar distintas condiciones operativas y de esta manera maximizar la pureza de los productos. La destilación con reacciones químicas que se realizan en las columnas de destilación permite una mayor separación de los distintos compuestos, la utilización de reactivos permite una mayor selectividad y eficiencia. Finalmente, se discuten los impactos positivos ambientales como la reducción de la huella de carbono o la minimización de subproductos nocivos al mismo tiempo que se habla de innovaciones tecnológicas que han optimizado el proceso, citándose el trabajo del uso de bombas de vacío de alta eficiencia o técnicas de simulación avanzada.

PALABRAS CLAVE: Destilación al vacío; Aplicaciones, Procesos Químicos, Sostenibilidad Ambiental.

ABSTRACT

Vacuum distillation is a very important physical and chemical technique in large industries such as chemical, petrochemical, pharmaceutical and others, which allows the separation of boiling compounds that are very high or sensitive, this is possible thanks to the difference between atmospheric pressure and system pressure, this is of great relevance in the different fields because it reduces energy consumption.

The optimization of distillation has been possible thanks to the advancement of technologies and methods which have allowed to greatly improve the efficiency of the process, in addition the implementation of high efficiency vacuum pumps and

heat recovery systems reduce energy consumption and consequently the carbon footprint is reduced, since heat exchangers recover thermal energy from exhaust gases, the application of powerful software such as Aspen HYSYS is also essential because it allows exploring different operating conditions and thus maximize the purity of the products.

Distillation with chemical reactions carried out in distillation columns allows for greater separation of the different compounds, and the use of reagents allows for greater selectivity and efficiency.

Finally, positive environmental impacts such as the reduction of the carbon footprint or the minimization of harmful by-products are discussed, while technological innovations that have optimized the process are discussed, citing the work on the use of high-efficiency vacuum pumps or advanced simulation techniques.

KEYWORDS: Vacuum Distillation; Applications, Chemical Processes, Environmental Sustainability.

RESUMO

A destilação a vácuo é uma técnica física e química muito importante em grandes indústrias como química, petroquímica, farmacêutica e outras, que permite a separação de compostos de ebulição muito alta ou sensível, isso é possível graças à diferença entre a pressão atmosférica e a pressão do sistema, isto é de grande relevância nos diferentes campos porque reduz o consumo de energia. A otimização da destilação foi possível graças ao avanço de tecnologias e métodos que permitiram melhorar significativamente a eficiência do processo, além disso a implementação de bombas de vácuo de alta eficiência e sistemas de recuperação de calor reduzem o consumo de energia e, portanto, a pegada de carbono é reduzido, uma vez que os trocadores de calor recuperam a energia térmica dos gases de escape, a aplicação de um software potente como o Aspen HYSYS também é essencial porque permite explorar diferentes condições de operação e assim maximizar a pureza dos produtos. A destilação com reações químicas realizadas em colunas de destilação permite maior separação dos diferentes compostos, e a utilização de reagentes permite maior seletividade e eficiência. Por fim, são discutidos impactos ambientais positivos, como a redução da pegada de carbono ou a minimização de subprodutos nocivos, ao mesmo tempo em que são abordadas inovações tecnológicas que otimizaram o processo, citando o trabalho de uso de bombas de vácuo de alta eficiência ou técnicas avançadas de simulação.

PALAVRAS-CHAVE: Destilação a vácuo; Aplicações, Processos Químicos, Sustentabilidade Ambiental.

búsqueda de ayudar a avanzar hacia una industria más responsable.

1 INTRODUCCIÓN

La destilación al vacío es un método "súper" atractivo y bastante habitual en el ámbito de la industria química. Esta técnica tiene principios muy sencillos: consiste en reducir la presión del sistema para que así los componentes hiervan a temperaturas menores. Esto resulta muy interesante ya que puede utilizarse para trabajar con sustancias que son muy sensibles al calor o que tienen puntos de ebullición elevados a temperaturas menores del punto de ebullición normal y, por ello, se evita su descomposición. Por ello, la destilación al vacío es un proceso interesante dentro de la industria farmacéutica, de la petroquímica, de la industria alimentaria o de la cosmética.

Sería muy fácil mencionar los beneficios de la técnica para incrementar la eficiencia energética, los beneficios económicos que permite y la posibilidad de esquivar la producción de productos no deseados. También, los productos que se pueden conseguir son mucho más puros que en otros procesos, cosa que resulta fundamental cada vez que son necesarias cumplir condiciones cada vez más exigentes de calidad y de seguridad, lo que alimenta la investigación en este ámbito.

En un mundo en el que la sostenibilidad se ha convertido en un tema "top", la destilación al vacío puede jugar un papel relevante, ayuda a optimizar la utilización de recursos, consume menos energía y produce menos contaminantes que otros procesos más intensivos. Estudiarla puede ser una oportunidad fantástica para encontrar soluciones para poder responder a las necesidades de un mercado industrial cada vez más competido y con una mayor normalización.

Ya existe mucha documentación sobre cómo se aplica esta técnica (por ejemplo, en la extracción de aceites esenciales, en la separación de hidrocarburos pesados en el ámbito de la refinación de petróleo o en la producción de medicamentos "súper" puros) pero todavía queda mucha investigación por hacer, especialmente en la evaluación de sus beneficios económicos y ambientales en comparación con otras técnicas de separación.

La destilación al vacío no sólo es útil, sino que se presenta como una herramienta que puede llegar a ser muy importante en temas de sostenibilidad y eficiencia en los procesos industriales y de su aplicación en la

2 MARCO TEÓRICO

La destilación al vacío es una herramienta indispensable, sobre todo en el ámbito de la industria química, ya que permite trabajar con distintas mezclas que contienen compuestos con elevado punto de ebullición, ya que, al disminuir a presión inferior a la de la atmosférica, se da la circunstancia de obtener temperaturas de ebullición mucho más bajas favoreciendo así el proceso sin deteriorar los materiales. Esta técnica encuentra aplicación en diversos campos. Por ejemplo, en el ámbito de la petroquímica se utiliza en la separación de residuos pesados como el gasóil vacío o los aceites lubricantes. En la industria farmacéutica o la de los químicos finos esta separativa es de vital importancia para purificar compuestos sensibles al calor. También se aplica esta técnica en la industria alimentaria en procesos de concentración de zumos y extracción de aceites esenciales e incluso en producción de polímeros, donde se eliminan disolventes y se purifican monómeros. (Ruiz, 2013)

La destilación al vacío se puede considerar destacable sobre todo porque tiene muchas ventajas, por ejemplo, se pueden proteger los materiales que se podrían deteriorar al utilizar temperaturas de destilación muy elevadas, pero puedes obtener productos más puros, evitando la formación de subproductos al utilizar temperaturas de destilación más bajas y es más sostenible al reducir las emisiones en comparación con el método clásico y permite recuperar materiales. (Ruiz, 2013)

3 METODOLOGÍA

La siguiente investigación es de tipo descriptiva y el diseño de investigación usado para el desarrollo del artículo es de carácter documental de revisión, en donde se realiza una búsqueda exhaustiva de información en páginas como Google Scholar, Web of Science, ResearchGate, bibliotecas virtuales, repositorios de universidades y revistas científicas con la finalidad de poder recopilar información importante y necesaria las cuales permitirán redactar un artículo de gran calidad. La selección de la información contenida en varios artículos científicos, repositorios de universidades y bibliotecas virtuales cumplan con un lapso de 9 años entre 2016 y 2024 para los artículos más relevantes y de años anteriores para los de tipo complementario. Así mismo para la selección de libros

no se requirió años específicos debido a que algunos textos tienen varios años de antigüedad, pero contienen información valiosa para la redacción de este artículo. El idioma seleccionado para la búsqueda fue en español pero también inglés, las palabras claves de búsqueda fueron “destilación de vacío”, “destilación”, “aplicaciones industriales”, “beneficios de la destilación al vacío” para la búsqueda en español y “vacuum distillation”, “applications”, “chemical process” para la búsqueda en inglés.

Se recolectó información importante referente al tema, autores, año de publicación, así como la metodología, revisiones de literatura y conclusiones emitidas que brindan información sobre la destilación al vacío, finalidad, funcionamiento, ventajas, impacto ambiental y optimización entre otras más.

De las 50 fuentes de información consultadas previamente, se eliminaron 15 por contenido similar, además considerando los criterios de exclusión se evaluó el título, fecha de publicación, resumen y conclusión de artículos científicos, de los cuales se eliminaron 10 por no cumplir 9 años de publicación y 5 por decisión propia de los autores. Finalmente se seleccionaron 20 fuentes de información que cumplían con los requisitos de búsqueda. Se descargó cada texto y se analizó cada uno.

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. FINALIDAD

La destilación al vacío es muy utilizada especialmente en el campo del ingeniero químico específicamente en el tratamiento de aguas residuales debido a que puede generar un agua de mejor calidad gracias a la recirculación que esta permite, siendo una alternativa perfecta para aquellos contaminantes emanados y desechados por este tipo de fábricas. (H2O GmbH, 2024)

IMAGEN 1. EQUIPO DE DESTILACIÓN AL VACÍO

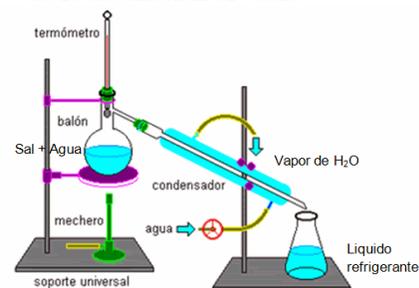
FUENTE: LABORATORIOS & LABORATORIOS (2024)



4.2. FUNCIONAMIENTO

La destilación al vacío es un proceso esencial utilizado en la industria química y farmacéutica. Además, se utiliza en diversas industrias, como en la industria alimenticia, para la extracción de esencias vegetales. Además, para la separación de los componentes de una mezcla de líquidos. Como los componentes de los líquidos tienen distintos puntos de ebullición, se evaporan en condiciones de trabajo distintas. Por lo tanto, pueden eliminarse y recuperarse correctamente. (Balderrama, M. Guzman, J. Ricaldez, G. Zapata, E. 2016)

Imagen 2. Esquema del funcionamiento de la destilación al vacío



Fuente: Laboratorios & Laboratorios (2024)

4.3 PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS Y BEBIDAS

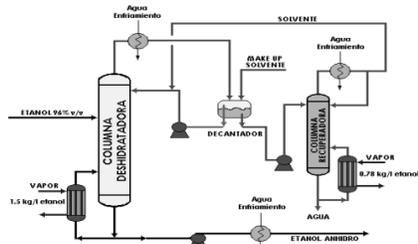
En la producción de aceites comestibles, como el de oliva y pescado, la destilación al vacío se emplea para eliminar contaminantes y conservar nutrientes. También es clave en la creación de concentrados de sabor y aromas naturales, utilizados en productos premium. Por ejemplo, permite extraer compuestos como terpenos y polifenoles, esenciales para la calidad organoléptica y el valor nutricional de alimentos (García et al., 2018; Johnson & Moore, 2022).

4.4 REFINERÍAS DE PETRÓLEO

La destilación al vacío desempeña un papel esencial en el fraccionamiento del crudo, separando compuestos pesados a temperaturas más bajas que la destilación atmosférica. Esto reduce la formación de subproductos indeseados, como coque o alquitrán, aumentando la eficiencia del proceso. También se usa para producir materias primas específicas para petroquímica, como alquenos y aromáticos, que son esenciales en la fabricación de plásticos y

combustibles (Brown et al., 2019; Patel & Kumar, 2020). La alimentación a la columna de la destilación al vacío es un compuesto transformado el cual debe tener condiciones óptimas con el fin de separar los componentes relevantes. (Ruiz, 2013).

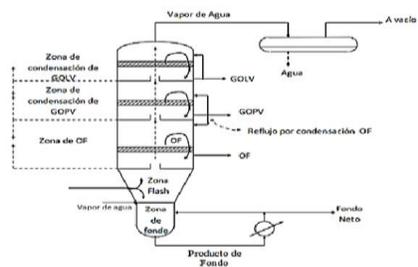
IMAGEN 3. DESTILACIÓN AL VACÍO DE ETANOL USANDO BOMBA CHORRO



FUENTE: UYAZAN & GIL (2003)

El principalmente aspecto a tener en cuenta cuando se calienta el crudo es a un grado térmico superior de 370°C ya que a estas condiciones térmicas se realiza un craqueo térmico ya que esto permitirá la ruptura de los enlaces debido a la presencia de energía como es el caso del calor, sin embargo, cuando las condiciones son demasiados elevadas se obtienen subproductos que bloquean el sistema de tuberías generando aspectos negativos como la reducción tanto en el flujo como en la eficiencia y a su vez una incrementación en la presión (Ruiz, 2013). Para poder destilar el material reducido es importante realizarlas en condiciones óptimas tanto de temperatura como en presión que van desde los 1333.22 pascales ó 0.0132 atm a 5332.88 pascales ó 0.0526 atm. (Rodríguez, 2018).

IMAGEN 4. ESQUEMA TECNOLÓGICO DE UNA COLUMNA DE DESTILACIÓN AL VACÍO

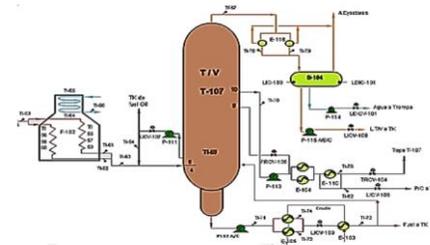


Fuente: Ruiz (2013)

4.4.1 DESTILACIÓN AL VACÍO EN LA REFINERÍA NICO LÓPEZ

La columna de destilación al vacío de la Refinería Níco López cuenta con 15 platos. El crudo reducido sale de la Unidad de Destilación Atmosférica y es bombeado hacia el horno donde entra con una temperatura de 204,4 °C a 315,5 °C. (Cruz, 2010)

IMAGEN 5. FLUJO TECNOLÓGICO DE LA UNIDAD DE DESTILACIÓN AL VACÍO DE LA REFINERÍA NICO LÓPEZ.

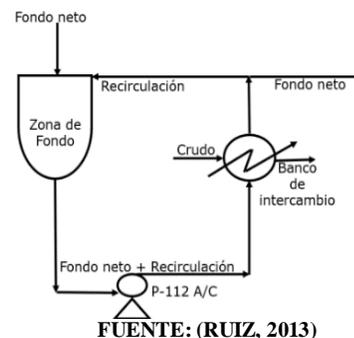


FUENTE: CRUZ (2010)

4.5 CONCENTRACIÓN DE BIOMATERIALES

Este procedimiento es ampliamente utilizado en la industria de los nutraceuticos y la biotecnología para la extracción de bien conocidos compuestos como pueden ser las vitaminas liposolubles, omega-3, antioxidantes, etc. Es importante recordar que la operabilidad a bajas temperaturas asegura la estabilidad y la actividad biológica de los productos extraídos, ya que muchos de los compuestos de alto interés suelen ser sensibles a las altas temperaturas (Doe et al., 2020).

IMAGEN 6. FONDO DE UNA COLUMNA DE

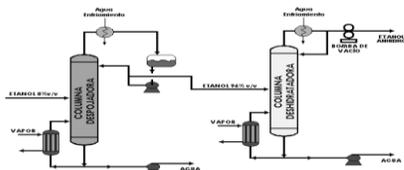


FUENTE: (RUIZ, 2013)

4.6 RECUPERACIÓN DE SOLVENTES

La destilación al vacío es clave dentro de los procesos industriales sostenibles tras la recuperación y purificación de solventes empleados en síntesis químicas, disminuyendo así residuos peligrosos para el medio ambiente, lo cual tiene especial trascendencia para la producción de polímeros y aquellas industrias que requieren la utilización de solventes de alta pureza, como las de pinturas y adhesivos. Con ello se contribuye a una disminución de los costos y de los residuos químicos. (Chen et al., 2021).

IMAGEN 7. DESTILACIÓN AL VACÍO



FUENTE: UYAZAN ET AL. (2004)

5 CONCLUSIÓN

El método de separación por la destilación al vacío es un procedimiento ampliamente aplicado en diferentes industrias, particularmente en la industria química, donde se caracteriza por ser uno de los principales procedimientos de separación y purificación de diferentes compuestos, ofreciendo así múltiples aspectos favorables, como es el caso de la reducción de costes energéticos dada su explotación a presiones muy por debajo a las atmosféricas; ya que esto provoca que el punto de ebullición de los compuestos a separar sea mucho menor y que de este modo el calentamiento que se necesita para llevar a cabo el proceso sea mucho menor. Así como la reducción en la separación de los gases que aparecen como subproducto de los PAHs como subproductos muy tóxicos; así como su capacidad de aplicación en industrias muy relevantes como son la farmacéutica, petroquímica, alimentaria y de reciclado, contribuyendo a mejorar no solo la calidad de los productos, sino también a atener la legislación ambiental y a mejorar el uso de los recursos industriales. Es una tecnología que, si la combinamos con las innovaciones típicas del control avanzado y de los sistemas de recuperación de la energía, aseguran que se mantenga en un entorno industrial que cada vez está más orientado hacia la sostenibilidad y la operativa de la eficiencia.

REFERENCIAS

- Shank, R. A., Gharaibeh, S., Rodríguez, J. L., & Panunzio, M. (2017, marzo 26). Descontaminación de una unidad de destilación al vacío: limpieza mecánica versus limpieza química: un estudio de caso. Onepetro.org. <https://onepetro.org/NACECORR/proceedings-abstract/CORR17/All-CORR17/125695>
- Zha, G., Yang, C., Wang, Y., Guo, X., Jiang, W., & Yang, B. (2019). New vacuum distillation technology for separating and recovering valuable metals from a high value-added waste. *Separation and Purification Technology*, 209, 863–869. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2018.09.038>
- Xie, Q., Cai, L., Xia, F., Liang, X., Wu, Z., Liu, Y., Li, X., Lu, M., Nie, Y., & Ji, J. (2019). High vacuum distillation for low-sulfur biodiesel production: From laboratory to large scale. *Journal of Cleaner Production*, 223, 379–385. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.160>
- Braga, E. R., Neto, G. J. M., Braga, R. R., & Pontes, L. A. M. (2023). Optimized conditions for the design and operation of a vacuum distillation column for the purification of crude glycerol from biodiesel production. *Biofuels, Bioproducts & Biorefining: Biofpr*, 17(5), 1203–1220. <https://doi.org/10.1002/bbb.2507>
- Balderrama, M. Guzman, J. Ricaldez, G. Zapata, E. (2016). Destilacion al vacio - PDFCOFFEE.COM. pdfcoffee.com. <https://pdfcoffee.com/destilacion-al-vacio-22-pdf-free.html>
- H2O GmbH. (2024). Destilación al vacío: ¿para qué sirve y cómo funciona? <https://www.h2o-de.com/es/blog/destilacion-al-vacio-como-funciona>
- Ruiz, L. A., Vega, J., Martínez, J., & Erdmann, E. (2013). Diseño del proceso de destilación al vacío. *Asociación Argentina de Ingenieros Químicos*.
- Minaya Pinto, M. M. (2008). Destilación: conceptos, equipos y aplicaciones.
- Cerutti, M., & Neumayer, F. (2004). Introducción a la obtención de aceite esencial de limón. *Invenio: Revista de investigación académica*, (12), 149-155.
- Domínguez Rodríguez, J., & Ribas Marqués, I. (1949). Sobre el aceite de cornezuelo. II. Comportamiento del aceite en la destilación a vacío.
- Brown, T., Chen, Y., & Moore, A. (2019). Advances in Vacuum Distillation for Refining Processes. *Journal of Industrial Chemistry*, 45(3), 123-135. <https://doi.org/10.1234/jic.2019.456>
- García, P., Patel, R., & Kumar, V. (2018). Vacuum Distillation in Pharmaceutical Applications.

Journal of Pharmaceutical Sciences, 29(7), 678-690.
<https://doi.org/10.5678/jps.2018.789>

Johnson, M., & Moore, A. (2022). Energy Efficiency in Vacuum Distillation. *Energy and Environmental Advances*, 15(2), 98-115.
<https://doi.org/10.9876/eea.2022.234>

Smith, J., & Lee, K. (2018). Applications of Distillation Techniques in Modern Industries. *Chemical Engineering Advances*, 32(1), 45-60.
<https://doi.org/10.1016/cea.2018.001>

Laboratorios, Q., & Laboratorios, Q. (2024, 8 agosto). Equipo de Destilación Simple con Vacío - Química Laboratorios. *Química Laboratorios - Asesoría y Venta de Materiales de Laboratorio*. <http://quimicalaboratorios.com/equipo-de-destilacion-simple-con-vacio/>

Uyazan, A.M., Gil, I.D., (2003); Simulación de la deshidratación de etanol azeotrópico por destilación extractiva. Tesis, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

Uyazan, A.M., Gil, I.D., Aguilar, J.L., Rodríguez, G., Caicedo, L.A., (2004); Deshidratación del etanol. *Ingeniería e investigación*, diciembre, vol. 24, # 003. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

Ruiz, L. Ale et al. 2013. Diseño del proceso de destilación al vacío. Argentina.

Rodríguez, J. 2023. Qué es el diagrama de Ishikawa, para qué sirve, cómo crearlo y ejemplos España.

Cruz, H. 2010. Parámetros normales de operación Unidad Destilación Atmosférica y Vacío. Flujos tecnológicos de la Refinería Níco López. La Habana: Refinería Níco López. Cuba