



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS, FÍSICAS Y QUÍMICAS
ESCUELA: INGENIERÍA QUÍMICA

TESIS DE GRADO

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

INGENIERO QUÍMICO

MODALIDAD: TRABAJO COMUNITARIO

TEMA:

**“REPOTENCIACIÓN DE LA COLUMNA DE DESTILACIÓN DEL
LABORATORIO DE OPERACIONES UNITARIAS DE LA ESCUELA DE
INGENIERÍA QUÍMICA, DE LA FACULTAD DE CIENCIAS
MATEMÁTICAS, FÍSICAS Y QUÍMICAS, DE LA UNIVERSIDAD
TÉCNICA DE MANABÍ”**

AUTORES:

Burgos Briones Gabriel Alfonso
Torres Santana Adriana Jacqueline

DIRECTORA DE TESIS

Ing. Virginia Sánchez Mendoza, Mg. A.A.

PORTOVIEJO - MANABÍ – ECUADOR

2015

DEDICATORIA

Al finalizar esta etapa, quizás la más anhelada de mi vida, quiero destinar esta dedicatoria a quienes han estado a mi lado a lo largo de este trayecto:

Al Todopoderoso **JESÚS – DIOS**, por acompañarme en cada paso que he dado desde pequeño, y por darme sabiduría para resolver los inconvenientes presentados a lo largo de mi vida.

A mi madre **Liliana Briones Zambrano**, por ser la luz de vida y mi principal inspiración, por ser quien me guio por el camino del bien y por darme la mano cuando lo necesite.

A mi padre **Alfonso Burgos Quiroz**, el mejor ser humano que he conocido, a quien quiero, admiro y respeto, ahora siendo yo un hombre, le agradezco por haberme llenado de consejos a lo largo de mis años.

A mi abuela **Elsa Gregoria Zambrano**, por todo su cariño y sus palabras de aliento durante el tiempo que tuve el privilegio de tenerla a mi lado.

A mis tíos, **Diana, Fabián, Holandy, Reina, Delia, Ligia, Ricardo, Fernando, Luisa, Saúl, Luis, y Alfredo Briones Zambrano**, por sus buenos deseos y sus constantes palabras de motivación recibidas durante toda mi vida.

A mi compañera de tesis, amiga y enamorada **Adriana Torres Santana**, por todo su aprecio demostrado.

A todos mis amigos, compañeros y profesores que me aconsejaron en muchas ocasiones y me demostraron sus deseos de verme un profesional realizado.

También incluyo en mi dedicatoria al **Ángel** que me guio durante toda mi tesis, llenándome de metas y objetivos positivos.

GABRIEL BURGOS

DEDICATORIA

La vida siempre tiene cosas bellas, es una satisfacción personal emprender algo que sabíamos que costaría mucho, pero es mucho más satisfactorio poder ver el final del camino y darnos cuenta que todo valió la pena y que tuvo el éxito esperado; con todo mi cariño el presente proyecto se lo dedico:

A **Dios**, por darme la oportunidad de vivir, por ser mi guía en cada momento, darme salud, por permitirme alcanzar este logro por el que he soñado día a día.

A mi **Papi Víctor**, por todo tu sacrificio y apoyo incondicional en todos estos años de estudio y por sus ganas de quererme ver salir adelante.

A mi **mami Herlinda**, que con sus valores inculcados ha hecho de mí lo que soy hasta ahora, gracias mami por estar conmigo en los buenos y malos momentos de mi vida, porque aparte de ser mi madre eres mi norte y mi gran amiga, te adoro mucho.

A mis **Hermanos**: Mao, Jimmy y Cinthya, ustedes de una u otra manera siempre han estado junto a mí dándome consejos, ñaña gracias por compartir algunas de mis noches de desvelos y colaborar en lo que podías, los quiero con todo mi corazón.

A ti **Gabo**, mi amor, amigo, confidente, que a más de ser mi compañero de tesis, eres un luchador constante que lo ha sabido demostrar a lo largo de este proyecto y de todos los semestre de estudio, por medio de esta carrera pude llegar a conocerte y ver el gran ser humano que eres, que sin medida alguna me brindaste tu cariño y tu amor, gracias por todos los consejos, las llamadas de atención, los regaños, y sobre todo por toda tu paciencia, comprensión y por permitirme ser partícipe de alcanzar este gran logro tan anhelado junto a ti. **I LOVE** ❤️..

A aquellos amig@s, compañer@s, que tuve la oportunidad de conocer y que me supieron brindar su amistad gracias, chicas tantas alegrías compartidas, son experiencias vividas que por siempre quedaran en mi corazón.

Adriana J.

AGRADECIMIENTO

Nombrar a todas las personas que han contribuido de una, u otra forma con conocimientos y consejos a nuestra carrera universitaria, es para nosotros un honor.

Iniciamos reconociendo de corazón nuestro enorme agradecimiento con nuestro señor **JESÚS – DIOS**, por TODO su apoyo, pues la bendición de ÉL, ha sido el principal motor para superar todos las barreras que se presentaron a lo largo de todos nuestros niveles de estudio y de nuestros camino diario.

Expresamos además nuestro agradecimiento a la Universidad Técnica de Manabí, a la Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas que es dirigida con gran capacidad por el Ing. Hernán Nieto, y sobre todo dejamos muy alto en alto, el afecto y gratitud a nuestra querida Escuela de Ingeniería Química.

A nuestra directora de tesis y amiga, la Ing. Virginia Sánchez Mendoza, por toda su dedicación para impartir sus conocimientos y valores durante esta etapa de nuestras vidas.

Al Ing. Francisco Sánchez Plaza, Vice decano de nuestra Escuela, y presidente del tribunal de este proyecto de tesis, por sus enseñanzas, amabilidad otorgada, cuando se ha requerido de su valiosa colaboración.

A los Ingenieros Rodolfo Rivadeneira e Iván Cisneros, miembros del tribunal de tesis, al Ing. Carlos Moreira, quienes nos han brindado su asesoría de forma atenta, durante estos 6 meses del desarrollo de esta tesis.

A todos los docentes de la Escuela de Ingeniería Química, familiares, amigos, compañeros que nos apoyaron y motivaron a continuar esforzándonos día a día, hasta conseguir la anhelada meta.

LOS AUTORES

CERTIFICADO DEL DIRECTOR DE TESIS

ING. VIRGINIA SÁNCHEZ MENDOZA, CATEDRÁTICA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS, FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ:

CERTIFICA:

QUE: los señores BURGOS BRIONES GABRIEL ALFONSO y TORRES SANTANA ADRIANA JACQUELINE, Egresados de la Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas, han cumplido con las observaciones realizadas por los Honorables Miembros del tribunal Examinador, por lo que la presente investigación se encuentra concluida bajo los parámetros metodológicos de una tesis de grado, cuyo tema es: **“REPOTENCIACIÓN DE LA COLUMNA DE DESTILACIÓN DEL LABORATORIO DE OPERACIONES UNITARIAS DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA, DE LA FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS, FÍSICAS Y QUÍMICAS, DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ”**. La misma que se pone a consideración de la Autoridad Competente, para su validación previo a su defensa y sustentación.

.....

Ing. Virginia Sánchez Mendoza

DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICADO DEL TRIBUNAL DE REVISIÓN

La presente Tesis de Grado titulada: **“REPOTENCIACIÓN DE LA COLUMNA DE DESTILACIÓN DEL LABORATORIO DE OPERACIONES UNITARIAS DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA, DE LA FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS, FÍSICAS Y QUÍMICAS, DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ”** es trabajo original de los señores: BURGOS BRIONES GABRIEL ALFONSO y TORRES SANTANA ADRIANA JACQUELINE; la misma que ha sido revisada, evaluada y aprobada bajo nuestra apreciación.

Para dar testimonio y autenticidad, firmamos:

.....
Ing. Francisco Sánchez Plaza

PRESIDENTE

.....
Ing. Rodolfo Rivadeneira Zambrano

MIEMBRO

.....
Ing. Iván Cisneros Pérez

MIEMBRO

DECLARACIÓN SOBRE LOS DERECHOS DE AUTOR

Los autores de la presente tesis ceden todos sus derechos de autoría sobre el tema:
“REPOTENCIACIÓN DE LA COLUMNA DE DESTILACIÓN DEL LABORATORIO DE OPERACIONES UNITARIAS DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA, DE LA FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS, FÍSICAS Y QUÍMICAS, DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ”, a la Universidad Técnica de Manabí.

.....

Burgos Briones Gabriel Alfonso

AUTOR DE TESIS

.....

Torres Santana Adriana Jacqueline

AUTOR DE TESIS

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	X
SUMMARY	XI
1. TEMA	12
2. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO.....	13
2.1 MACRO-LOCALIZACIÓN	13
2.2 MICRO-LOCALIZACIÓN	14
3. FUNDAMENTACIÓN	15
3.1. DIAGNÓSTICO DE LA COMUNIDAD	16
4. ANTECEDENTES.....	17
5. JUSTIFICACIÓN.....	19
6. OBJETIVOS.....	20
6.1. OBJETIVO GENERAL	20
6.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	20
7. MARCO DE REFERENCIA	21
7.1. INGENIERÍA QUÍMICA	21
7.2. OPERACIONES UNITARIAS	22
7.3. LABORATORIO DE OPERACIONES UNITARIAS	23
7.4. DESTILACIÓN.....	29
7.5. PRINCIPIOS DE DESTILACIÓN.....	30
LEY DE RAOULT	30
7.6. DIFERENCIAS DE LA DESTILACION CON OTRAS OPERACIONES UNITARIAS	31
7.7. SISTEMAS DE DESTILACION	32
SISTEMAS BINARIOS.....	32

SISTEMAS TERNARIOS.....	33
SISTEMAS MULTICOMPONENTES.....	34
7.8. TIPOS DE DESTILACION.....	35
DESTILACIÓN SIMPLE.....	35
DESTILACIÓN SÚBITA.....	36
DESTILACIÓN CON REFLUJO.....	36
DESTILACIÓN AZEOTRÓPICA.....	36
DESTILACIÓN POR ARRASTRE DE VAPOR.....	37
7.9. COLUMNA DE DESTILACION.....	37
7.10. TIPOS DE COLUMNA DE DESTILACIÓN.....	39
COLUMNAS BATCH.....	40
COLUMNAS CONTINUAS.....	40
7.11. DESTILACIÓN SIMPLE POR LOTES O DIFERENCIAL.....	40
7.12. DESTILACIÓN SIMPLE CON ARRASTRE DE VAPOR.....	40
7.13. DESTILACIÓN EN EQUILIBRIO O INSTANTÁNEA (FLASH).....	41
7.14. DESTILACIÓN FRACCIONADA.....	41
7.15. DISEÑO DE COLUMNA DE DESTILACIÓN.....	42
7.16. VISTA DE UN CORTE INTERIOR EN AUTOCAD DE UNA COLUMNA DE DESTILACIÓN.....	45
8. BENEFICIARIOS.....	46
8.1. DIRECTOS.....	46
8.2. INDIRECTOS.....	46
9. METODOLOGIA.....	47
9.1. MÉTODOS.....	47
9.2. TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN.....	47
9.3. INSTRUMENTOS.....	48
10. RECURSOS A UTILIZARSE.....	49

10.1. RECURSOS HUMANOS	49
10.2. RECURSOS OPERATIVOS.....	49
10.3. RECURSOS FINANCIEROS	49
11. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	50
11.1. REPOTENCIACIÓN DE LA COLUMNA DE DESTILACIÓN	50
11.2. PARTE PRÁCTICA	51
11.3. CÁLCULOS	58
11.4. ÍNDICE DE COSTOS	58
12. CONCLUSIONES	66
13. RECOMENDACIONES	67
14. BIBLIOGRAFÍA	68
15. ANEXOS	71
SUSTENTABILIDAD Y SOSTENIBILIDAD	72
SUSTENTABILIDAD.....	72
SOSTENIBILIDAD	72
PRESUPUESTO.....	73
CRONOGRAMA VALORADO	74
MATRICES	75
REPOTENCIACIÓN DEL EQUIPO.....	80

RESUMEN

Con el desarrollo de esta tesis de trabajo comunitario, se contribuyó al crecimiento de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad Técnica de Manabí, cuyo objetivo general fue de la Repotenciación de la Columna de Destilación del Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Universidad Técnica de Manabí, el cual será de mucha utilidad para que los estudiantes universitarios se puedan sentir seguros mediante su conceptualización entre la teoría y la práctica y de esta forma puedan realizar sus respectivas prácticas de la forma más eficaz y confiable posible.

La repotenciación consistió en reemplazar los empaques deteriorados que habían en la columna de destilación por unos nuevos y de mejor calidad que los anteriores, los que cuales poseen mayor capacidad para soportar altas presiones y temperaturas, además de limpiar interna y externamente todas las partes del equipo en mención, también recubrir con un aislante las tuberías del vapor de agua para conservar el calor, recuperar el condensado y enviarlo de regreso a la caldera con el objetivo de disminuir el consumo energético para la generación del vapor.

Se cambiaron las válvulas que había por otras de acero al carbón, las cuales fueron soldadas para evitar fugas de vapor de agua, se reemplazaron los manómetros por unos nuevos y se le dio mantenimientos a las bombas eléctricas.

En esta tesis de desarrollo comunitario hemos hecho lo posible por tratar de mencionar los aspectos más relevantes de la operación unitaria más utilizada en la industria como lo es la destilación.

SUMMARY

With the development of this thesis of community service, we have contributed the growth of the School of Chemical Engineering at the Technical University of Manabí, overall this thesis had an objective which was the Repowering of Distillation Column Unit Operations Laboratory at the Technical University of Manabí, which will be very useful for the college students to feel secure through its conceptualization between theory and practice and about to make their practices more efficient and reliable as possible.

Repowering was to replace the damaged packages that were in the distillation column by a new and better than previous ones, those who have greater ability to withstand high pressures and temperatures, in addition to internal and external cleaning all parts of the instrument in question, also coated with an insulating pipes steam to conserve heat, recover condensate and send it back to the boiler in order to reduce energy consumption for steam generation.

Valves that had by other carbon steel were changed, which were welded to prevent leakage of water vapor, the gauges were replaced with new ones and given to electric pumps maintenance.

In this thesis, community development we have done everything possible to try to mention the most relevant aspects of the most commonly used unit operation in the industry such as the distillation.

1. TEMA

“REPOTENCIACIÓN DE LA COLUMNA DE DESTILACIÓN DEL LABORATORIO DE OPERACIONES UNITARIAS DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA, DE LA FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS, FÍSICAS Y QUÍMICAS, DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ”

2. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El cantón Portoviejo, provincia de Manabí, se encuentra ubicado a 30 kilómetros del Océano Pacífico, su altura promedio es de 46 m.s.n.m. (metros sobre el nivel del mar), se sitúa rodeado de colinas y del río Portoviejo quien divide a la ciudad en dos zonas.

2.1 MACRO-LOCALIZACIÓN

El proyecto se llevará a cabo en las instalaciones de la Universidad Técnica de Manabí ubicado en la Avenida José María Urbina, vía a Crucita, de la Parroquia 12 de Marzo, en el Cantón Portoviejo, provincia de Manabí, Sus coordenadas Geográficas son:

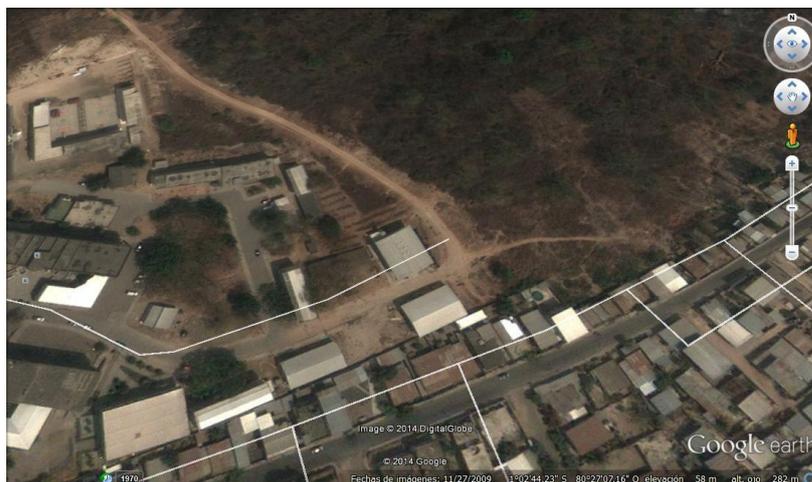
Latitud: 1° 02' 44.23" Sur

Longitud: 80° 27' 07.16" Oeste

Elevación: 58 m

Coordenadas U.T.M.

9'869100 57185



2.2 MICRO-LOCALIZACIÓN

El área donde se realizará el proyecto es el Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Carrera de Ingeniería Química de la Facultad de Ciencias Matemáticas Físicas y Químicas de la Universidad Técnica de Manabí.

3. FUNDAMENTACIÓN

La Universidad Técnica de Manabí es una entidad de educación superior altamente competitiva, con gran poder de convocatoria, cuyos integrantes se encuentran comprometidos con el fortalecimiento y desarrollo institucional, tendiente a constituir la en un centro educativo altamente calificado en su campo de acción.

El presente proyecto comunitario tiene como finalidad principal brindar a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Química de la Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas, la repotenciación de la columna de destilación del Laboratorio de Operaciones Unitarias, para que se sientan beneficiados ya que podrán manipular y realizar sus prácticas de una forma eficaz.

A su vez, estamos seguros con la repotenciación de la columna de destilación, no solo se beneficiará a los estudiantes, sino que servirá para que la carrera de Ingeniería Química continúe con el alza y prestigio que ha adquirido gracias a su valioso servicio a la comunidad manabita desde su creación.

3.1. DIAGNÓSTICO DE LA COMUNIDAD

La carrera de Ingeniería Química de la Universidad Técnica de Manabí tiene como objetivo formar profesionales con pensamiento crítico - propositivo y conciencia social capaces de diseñar sistemas de procesos productivos y equipos que permitan operar con fundamentación científica y experimental en procesos químicos, con apoyo de tecnología de punta.

Uno de los motivos muy importantes por el cual se torna muy relevante el aspecto de la Destilación, es el tema de la Refinería del Pacífico Eloy Alfaro que se está construyendo en el sector El Aromo del cantón Manta de la provincia de Manabí, en donde la materia prima principal a tratar es el crudo o petróleo, y esta tiene como una operación unitaria muy importante a la Destilación, pues es la primera etapa que se aplica para el refinado del petróleo, y tiene como objetivo primordial separar mediante calor los principales componentes del crudo que son muy útiles en nuestra vida cotidiana.

Uno de los objetivos primordiales de los jóvenes al escoger como estudios de pregrado la carrera de Ingeniería Química de la Universidad Técnica de Manabí es conocer, hacer prácticas y nutrirse de conocimientos en la asignatura del Laboratorio de Operaciones Unitarias, pero en el trayecto de la formación hacia la obtención del título se enfrentan a situaciones inesperadas, como la falta de mantenimiento de los equipos del laboratorio de operaciones unitarias, razón por la cual se merman sus conocimientos prácticos en dicha asignatura.

4. ANTECEDENTES

La destilación como tantas otras técnicas de uso en la química convencional, debe su descubrimiento a los alquimistas.

Hay pruebas documentales de que los trabajos de estos alquimistas llegaron a los árabes y los aparatos que utilizaban para la destilación son descritos por Marco Graco en el siglo VIII, en el que puede considerarse el primer documento histórico sobre la destilación de vinos, aunque no indica nada sobre las características del destilado obtenido.

Este descubrimiento no puede ser anterior al siglo X, puesto que la inmensa obra del filósofo árabe Avicena (980-1037), verdadera enciclopedia de los conocimientos de su época, no menciona el alcohol, aunque sí describe detalladamente el alambique y relaciona minuciosamente sus aplicaciones.

Por este tiempo Venecia comerciaba establemente con los árabes, por lo que parece natural que entre los estudiosos de la alquimia y de la química, existiese el interés por este aspecto característico del comportamiento de las sustancias.

Es indudable que la primera utilización del alcohol fue como sustancia medicinal. En el año 1.100, la escuela de Salerno (Italia), diferenciaba dos formas, el "aquaardens" de 60 grados alcohólicos y el "aqua vitae" de 90 grados.

Ya hemos dicho que se le atribuían propiedades medicinales y hasta la virtud de prolongar la vida; el término francés "eau de vie" (agua de vida) hace referencia a esta propiedad.

Sin embargo los destilados obtenidos debían tener un sabor poco agradable, puesto que, para su consumo medicinal solía macerarse con hierbas o frutas, práctica que continúa aún en nuestras comunidades rurales, para elaborar los tradicionales licores de Galicia.

Hay pruebas ciertas de que en el 1.600, la entonces potente Compañía de Jesús, dedicó una notable atención a los aguardientes. Utilizaban esta bebida para el consuelo de los que sufren y, casi consecuencia lógica, dedican una parte de sus no escasos recursos intelectuales, al estudio de nuevas materias alcohólicas y búsqueda de nuevas técnicas en el campo de la destilación.

Este desarrollo de la destilación de alcohol pronto llama la atención de los gobernantes que establecen cargas impositivas, con lo que los destilados, especialmente el obtenido por destilación de orujos, se dividen en dos ramas de producción, la legal y la clandestina, la que hasta no hace mucho, era una forma de obtener, a un menor precio, un bien considerado de primera necesidad. (Bohorquez.P)

Un camino a seguir puede utilizar los conocimientos actuales sobre la destilación como punto de partida y, con una clasificación previa, que evidentemente será arbitraria, se podrá ordenar la información localizable, parcial y limitada de las formas prácticas con las que se efectuó la destilación. Al utilizar la imaginación de Miguel Ángel, cuando representó en la Capilla Sixtina la separación de la Tierra y de las Aguas, se puede comentar que, a partir de este momento fue posible la operación de destilación, evaporación de agua, difusión de vapor en la atmósfera, condensación de vapor en gotas o cristales de hielo, lluvia, granizo o nieve, y retorno del agua a la superficie de la Tierra. (Otero.J, 2006).

También como antecedentes podemos mencionar que desde el origen de los conocimientos de la destilación, el Ingeniero Químico cumple un papel fundamental, pues este tipo de operación unitaria es el principio básico en muchas operaciones, tales como la refinación del petróleo, en la producción de licor, entre otros.

La destilación consiste en separar mediante calentamiento, debido a la diferencia de los puntos de ebullición que forman parte de esta mezcla, todo esto gracias a una propiedad específica de cada sustancia como es el punto de ebullición.

5. JUSTIFICACIÓN

El profesional en la rama de la Ingeniería Química debe conocer los procesos y transformaciones que sufre la materia prima a nivel industrial, todo esto se logra gracias al estudio de las operaciones unitarias.

La importancia de este proyecto se basa en que una vez repotenciada la Columna de Destilación en el Laboratorio de Operaciones Unitarias, los estudiantes puedan llevar a cabo cada una de sus prácticas, implantando lo aprendido tanto teóricamente como prácticamente, para que así el alumno se sienta enriquecido con la enseñanza dada y se sienta satisfecho por los logros alcanzados.

La manipulación de los equipos del laboratorio de operaciones unitarias sin duda alguna forma parte de la formación académica de los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Química, y se ha visto la necesidad de repotenciar y poner a punto la Columna de Destilación del Laboratorio de Operaciones Unitarias.

6. OBJETIVOS

6.1. OBJETIVO GENERAL

Repotenciar la Columna de Destilación del Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Carrera de Ingeniería Química de la Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas, de la Universidad Técnica de Manabí.

6.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Poner a punto la Columna de Destilación del Laboratorio de Operaciones Unitarias.
- Realizar al menos dos prácticas de laboratorio para el uso de la columna de destilación.
- Demostrar en la práctica el uso de la columna de destilación, mediante el uso de un manual.
- Determinar un índice de costo para una corrida del equipo en una de las prácticas implementadas.

7. MARCO DE REFERENCIA

7.1. INGENIERÍA QUÍMICA

La Ingeniería Química trata de los procesos industriales en los que las materias primas se transforman o separan en productos útiles. Por tanto, es la rama de la ingeniería que se ocupa de la transformación de la materia, mediante la aplicación de operaciones unitarias y transformaciones químicas al desarrollo de procesos industriales, convirtiendo materias primas en productos con diferentes fines y/o aplicaciones con valor agregado.

Algunos ejemplos de Operaciones Unitarias son: Transferencia de calor, Transporte de fluidos y sólidos, Evaporación, Condensación y Sublimación, Calentamiento y Enfriamiento, Aglomeración, Destilación, Suspensión de partículas y gotas en gases (aire y vapores), etc.

Algunos ejemplos de procesos industriales son: Combustión, secado, fundición, concentración de soluciones, extracción por solventes, metalúrgicos, siderúrgicos, laminación, Oxidación – Reducción, Calcinación, Reacción Química, etc.

Todas las ramas de la ingeniería utilizan las Ciencias Físicas (química, física, termodinámica, etc.), Ciencias Exactas, Ciencias Biológicas (Biología, Zootecnia, Fitología, Bacteriología, etc.), Ciencias Sociales, Ciencias Económicas, Cibernética, Informática, etc., en función de su desarrollo de actividades y cumplimiento de objetivos.

Evidentemente, en el caso de la Ingeniería Química predominarán la Química y la Física en forma individual y la aplicación conjunta de ambas que se denomina Físico-Química, dentro de la cual reviste particular importancia la Termodinámica. La Ingeniería Química permite establecer las características de las máquinas, equipos y sistemas de control adecuados para las diversas etapas que comprende el desarrollo de operaciones apropiadas para cada proceso, involucrando las características de los materiales, accesorios y complementos necesarios. (Muñoz.V, 2013)

¿Qué hacen los ingenieros químicos? Aunque su formación y sus capacidades profesionales son similares, los ingenieros químicos trabajan en una amplia variedad de industrias, además de las de productos químicos y del petróleo. Entre ellas están:

- Biotecnología
- Consultoría
- Medicamentos y Productos farmacéuticos
- Grasas y aceites
- Fertilizantes y químicos agrícolas
- Alimentos y bebidas
- Gobierno
- Cal y cemento
- Fibras artificiales
- Productos Metalúrgicos
- Pinturas y barnices
- Plaguicidas y herbicidas
- Materiales plásticos
- Materiales estado sólido

Los ingenieros químicos se enfocan a aspectos de diseño, funcionamiento, control, localización de fallas, investigación, administración e incluso política – esto último a causa de problemas de orden ambiental y económico. Para aprender a apreciar y enfrentar los problemas que presenta la tecnología moderna, y sobre todo la tecnología del futuro, es necesario aprender ciertos principios básicos que los ingenieros químicos realizan en su trabajo cotidiano. (Himmelblau.D, 1997)

7.2. OPERACIONES UNITARIAS

Una operación unitaria es cada una de las acciones necesarias de transporte, adecuación y/o transformación de las materias implicadas en un proceso química.

La instalación donde se lleve a cabo una operación unitaria determinada constituye una unidad de proceso, cuyo diseño es específico y similar, cualesquiera que sean el proceso y el tipo y condiciones de las materias tratadas. (Costa.J, Curso de Ingeniería Química, 1991, pág. 37)

La finalidad de las operaciones unitarias es la separación de dos o más sustancias presentes en una mezcla, o bien el intercambio de una propiedad debido a un gradiente. La separación se logra mediante un agente separador, que es distinto dependiendo de la propiedad que se transfiera.

Según la propiedad transferida, las Operaciones Unitarias se pueden clasificar en distintos grupos, pues los cambios posibles que pueden experimentar un cuerpo

vienen definidos por la variación que experimenta en su masa, energía o su velocidad. (Ibarz.A, 2005)

Las industrias químicas existían mucho antes de que la profesión de Ingeniero Químico fuera reconocida. La tecnología de cada industria se miraba como una rama especial del conocimiento, y las personas que realizaban el trabajo que hoy hace el Ingeniero Químico eran entrenadas como químicos, Ingenieros Mecánicos y Técnico. Los primeros cursos de Ingeniería Química se orientaron al estudio de la tecnología industria. Estos cursos se modificaron rápidamente con la introducción del concepto de Operaciones Unitarias. Estos surgieron de la observación de la similitud en los cambios físicos que ocurrían en industrias químicas bastante diferentes. Así, se reconoció que la evaporación de un líquido desde una solución seguía los mismos principios independientes de si el proceso era fabricar azúcar o un fertilizante. De esta manera la evaporización se convirtió en una de las primeras operaciones unitarias en reconocerse. Muchas otras etapas alcanzaron el grado de operación unitaria, tales fueron: flujo de fluido, transferencia de calor, humidificación, secado, destilación, absorción, gaseosa, extracción, molienda y tamizado, cristalización, filtrado, mezcla, etc.

Cuando se comprendieron mejor las operaciones unitarias, se evidencio que no eran antes diferentes. La filtración era claramente un caso de flujo de fluidos, la evaporación una forma de transferencia de calor, la extracción y la absorción gaseosa involucraban transferencia de masa, el secado y la destilación se reconocieron como operaciones en las cuales, tanto la transferencia de masa como la de calor presentaban importancia. Se puede entonces considerar las operaciones unitarias como casos especiales o combinaciones de transferencia de calor, transferencia de masa y flujo de fluidos. Los ingenieros se refieren a estos tres últimos eventos como fenómenos de transporte y son la base de las operaciones unitarias. (Betancourt.R, 2003)

7.3. LABORATORIO DE OPERACIONES UNITARIAS

Las operaciones unitarias son parte fundamental del conocimiento de un Ingeniero Químico. El laboratorio de operaciones unitarias cuenta con los equipos necesarios para que al finalizar el periodo de enseñanza aprendizaje dentro de la universidad por parte del alumno este alcance las competencias necesarias para desempeñarse en una

industria, ya que todos estos equipos se diseñaron con el objetivo de llevar la teoría a la práctica como lo exige la educación basada en competencias.

La aplicación de cada uno de los equipos no se limita a una sola asignatura lo que da como resultado una gran versatilidad en su uso y aprendizajes en las diferentes asignaturas del programa de Ingeniería Química. (Cortés)

Los procesos químicos en general, y cada operación unitaria en particular, tienen como objetivo el modificar las condiciones de una determinada cantidad de materia en forma más útil a nuestros fines. Este cambio puede hacerse principalmente por tres caminos:

- Modificando su masa o composición (separación de fases, mezclas, reacción química)
- Modificando el nivel o calidad de la energía que posee (enfriamiento, vaporización, aumento de presión).
- Modificando sus condiciones de movimiento (aumentando o disminuyendo su velocidad o su dirección).

Estos tres son los únicos cambios posibles que un cuerpo puede sufrir. En efecto, el estado total de un cuerpo está absolutamente definido cuando están especificadas su cantidad de materia y composición, su energía total (interna, eléctrica, magnética, potencial y cinética, etc.), y las componentes de la velocidad de que esta animado. Esta afirmación, que es experimental, tiene su expresión matemática en las tres leyes de conservación siguientes:

- Ley de la conservación de la materia
- Ley de la conservación de la energía
- Ley de la conservación de la cantidad de movimiento. (Costa.J, Curso de Ingeniería Química, 1991)

El Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Universidad Técnica de Manabí consta de los siguientes equipos: Caldero, Reactor de cargas, Mezclador, Molino de bolas, Secador de túnel, Columna de destilación, Evaporador de doble efecto, Columna de absorción, Torre de enfriamiento, Intercambiador de Calor y Medidor de Pérdidas de Cargas.

CALDERO

Una caldera es un dispositivo que está diseñado para generar vapor saturado. Este vapor saturado se genera a través de una transferencia de energía (en forma de calor) en la cual el fluido, originalmente en estado líquido, se calienta y cambia de estado. La transferencia de calor se efectúa mediante un proceso de combustión que ocurre en el interior de la caldera, elevando progresivamente su presión y temperatura. La presión, como se indicó al inicio, no puede aumentar de manera desmesurada, ya que debe permanecer constante por lo que se controla mediante el escape de gases de combustión. Y la salida del vapor formado. Debido a que la presión del vapor generado dentro de las calderas es muy grande, estas están constituidas con metales altamente resistentes a presiones altas, como acero laminado.

REACTOR

Un reactor químico es un aparato que proporciona un espacio, aislado de los alrededores, donde la reacción química puede tener lugar en las condiciones deseadas de temperatura, presión y concentración.

Las reacciones químicas como se realizan en condiciones industriales son casi siempre complejas. En un sistema de reactor existirá la reacción principal, o deseada, junto con una o más reacciones secundarias. Las reacciones secundarias producen subproductos indeseables y reducen así el rendimiento de la reacción. El diseño y la operación de un sistema de reactor químico puede someterse a un análisis económico y encontrarse un óptimo. (Happel.J, 1981)

MEZCLADOR

El mezclado es una operación unitaria de Ingeniería Química que consiste en integrar, reunir, incorporar, juntar, combinar dos o más sustancias con el fin de obtener un producto o subproducto debido a que la mayoría de los procesos de transferencia de masa requiere del mezclado de corriente de fluidos o la separación de uno de ellos.

MOLINO DE BOLAS

La molienda se refiere a la operación de reducir las piezas pequeñas después del triturado a polvos finos. La molienda se realiza abrasión e impactos del mineral

triturado por el libre movimiento de un medio duro y suelto como bolas, piedras o barras.

Un molino de bolas contiene esferas duras mezcladas con el material a pulverizar, que giran dentro de un recipiente cilíndrico grande. El movimiento arrastra las bolas y el material hacia arriba en la pared del recipiente y los hace caer para realizar la molienda por una combinación de impacto y rozamiento. Estas operaciones frecuentemente añaden agua a la mezcla de manera que se forme una pasta cerámica. (Groover.M, 1997)

SECADOR DE TUNEL

Los secadores de túnel conservan la flexibilidad de los secadores de bandeja en cuanto a la gama de productos que permiten deshidratar y por otro lado se adaptan a elevadas capacidades de producción con un funcionamiento prácticamente continuo.

En los diseños convencionales el circula en flujo horizontal paralelamente a la dirección del movimiento de las carretillas, bien transversalmente a esta dirección. Se presentan dos posibilidades: flujo paralelo y flujo en contracorriente.

En un mismo túnel puede haber circulación en paralelo al principalmente y finalizar en contracorriente.

Uno de los equipos más utilizados es un equipo que consta de dos túneles en serie equipado cada uno con sus propios sistemas de calefacción e impulsión del aire. (Maupoey.P, 2001)

EVAPORADOR DOBLE EFECTO

El evaporador es el elemento de la instalación donde se produce el efecto refrigerante. Es un intercambiador de calor, en el cual el calor de la cámara o local pasa al interior del evaporador por efecto de la ebullición del fluido refrigerante en su interior.

El fluido refrigerante , ya expandido, entra en el evaporador a la presión y temperatura necesaria para que efectúe el enfriamiento del medio que lo rodea. Tiene que estar formado por un material que sea muy buen conductor del calor, para que se

realice el mejor intercambio posible, y no tienen que estar instalados necesariamente dentro de los recintos o locales a refrigerar. (Franco.J, 2006)

En un evaporador de doble efecto, los vapores producidos en la cámara de evaporación de la primera etapa se usan como medio calefactor de la segunda y solo se alimenta vapor de caldera al primer efecto. Así se obtiene una eficiencia energética superior en el sistema. El producto alimenticio diluido en el primer efecto se concentra parcialmente y se envía al segundo para obtener la concentración deseada. El tipo de alimento líquido que se va a concentrar determina buena parte de las características del comportamiento de la evaporación.

Esquema de un evaporador de doble efecto. (Orrego.C, 2003)

COLUMNA DE ABSORCIÓN

Absorción es el proceso de capturar ciertos componentes de una corriente de gas por medio un absorbente líquido.

La transferencia de materia entre líquidos y gases depende de la presión de vapor y de los componentes en función de la temperatura. La absorción es un proceso similar a la destilación, con la diferencia que si se utilizara el proceso de destilación convencional para separar ciertos productos, sería necesario trabajar a muy baja temperatura y alta presión, por lo que el circuito de refrigeración para llevar a cabo la condensación en cabeza sería muy costoso. Por esta razón se prefiere la absorción para separar estos productos. La selección correcta de la temperatura de operación permite que pueda realizarse la operación inversa (desorción o stripping). Muy a menudo el proceso de absorción se combina con el de stripping para formar un circuito cerrado en el que primero se absorbe el gas a eliminar de una corriente determinada y después se desorve este gas del líquido absorbente, o lo que es igual, se regenera el absorbente.

El comportamiento de una columna de absorción a la mitad superior de una columna de destilación convencional, por lo cual no existe reboiler. (Acedo.J, 2006)

TORRE DE ENFRIAMIENTO

El proceso que se lleva a cabo con el aire en una torre de enfriamiento es el típico de humidificación y calentamiento, este proceso también se realiza en los

condensadores evaporativos y en una infinidad de problemas de aire acondicionado, como se verá posteriormente.

Debido a que la torre de enfriamiento es un equipo auxiliar de un sistema de refrigeración, en donde se realiza la humidificación del aire, a continuación se estudiara el proceso térmico y el balance de la misma.

La torre de enfriamiento es un dispositivo que tiene por objeto enfriar cierta cantidad de agua, aprovechando el proceso de humidificación del aire.

El aire, que dentro de la torre tiene un íntimo contacto con el agua se satura de humedad, incrementando su calor latente de vaporización, el cual finalmente ha sido absorbido del agua disminuyendo su temperatura. (Hernández.E, 2009)

INTERCAMBIADOR DE CALOR

Los intercambiadores de calor son aparatos que facilitan el intercambio de calor entre dos fluidos que se encuentran a temperaturas diferentes y evitan al mismo tiempo que se mezclen entre sí. En la práctica, los intercambiadores de calor son de uso común en una amplia variedad de aplicaciones, desde los sistemas domésticos de calefacción y acondicionamiento del aire hasta los procesos químicos y la producción de energía en las plantas grandes. Los intercambiadores de calor difieren de las cámaras de mezclado en el sentido de que no permiten que se combinen los dos fluidos que intervienen. Por ejemplo, en un radiador de automóvil el calor se transfiere del agua caliente que fluye por los tubos de ese radiador hacia el aire que fluye a través de placas delgadas muy cercanas entre sí que se encuentran en el exterior sujeto a dichos tubos.

En un intercambiador la transferencia de calor suele comprender convección en cada fluido y conducción a través de la pared que los separa. En el análisis de los intercambiadores de calor resulta conveniente trabajar con un coeficiente de transferencia de calor que toma en cuenta la contribución de todos estos efectos sobre dicha transferencia. La velocidad de la transferencia de calor entre los dos fluidos en un lugar dado a un intercambiador depende de la magnitud de la diferencia de temperatura local, la cual varía a lo largo de dicho intercambiador. (Cengel.Y, 2004)

MEDIDOR DE PÉRDIDAS DE CARGAS

Las pérdidas de carga de una tubería o de una parte del circuito pueden medirse por medio de un manómetro diferencial. Las pérdidas de carga se producen con el fluido en movimiento, debido a la viscosidad del fluido, y su valor va en relación con las condiciones en que se desplaza el fluido (Régimen de desplazamiento, naturaleza del fluido y de los conductos).

La circulación de los fluidos viscosos provoca pérdidas de energía, por roces interiores, por roces viscosos y por turbulencia. Todas estas pérdidas de energías son debidas a pérdidas de cargas, y las pérdidas de cargas singulares debido a los accidentes (codos, válvulas de paso, etc.) en su camino.

La determinación de las pérdidas de cargas es un cálculo muy difícil de llevar a cabo pues no tenemos jamás conducciones rectas en toda la longitud del recorrido al existir codos, conexiones (tés), válvulas de paso y racores que son el conjunto de pérdidas de cargas llamadas singulares y que son difíciles de calcular. (Rapín.P, 1997)

7.4. DESTILACIÓN

La destilación constituye el método más frecuente e importante para la purificación de líquidos. Se utiliza siempre en la separación de un líquido de impurezas no volátiles, y cuando es posible, en la separación de dos o más líquidos.

Cuando un líquido puro cualquiera se introduce en un recipiente cerrado y vacío, parte del mismo se evapora hasta que el vapor alcanza una presión determinada, que depende solamente de la temperatura.

Esta presión, que es la ejercida por el vapor en equilibrio con el líquido, es la tensión de vapor del líquido a esa temperatura. Cuando la temperatura aumenta, la tensión de vapor también aumenta regularmente, hasta que llega un momento que la tensión de vapor llega a 760 mm, entonces, si el líquido está en contacto con el exterior, comienza a hervir. La temperatura a la que esto ocurre recibe el nombre de punto de ebullición normal del líquido en cuestión, y es una constante característica para cada líquido.

Cuando se calienta una disolución o una mezcla de dos o más líquidos, el punto de ebullición normal es entonces la temperatura a la cual la tensión de vapor total es igual a la presión atmosférica (760 mm). La tensión de vapor de una mezcla es igual a la suma de las presiones parciales de cada componente. (Molina.P, Prácticas de Química Orgánica, 1989).

7.5. PRINCIPIOS DE DESTILACIÓN

La destilación es una de las operaciones básicas que más se utiliza, no solo en procesos a pequeña escala, sino también en las industrias químicas con gran volumen de producción. La industria Petroquímica, la de aceites esenciales etc., utilizan este tipo de técnica, cuya puesta en práctica en instalaciones sofisticadas y automatizadas, se basa en sencillos principios fundamentales.

Esta técnica consiste en separar por cambios de fase líquido-vapor-líquido, mezclas de líquidos volátiles o mezclas de un líquido volátil con una sustancia no volátil. La separación, se fundamenta en la diferencia de presión de vapor de los distintos constituyente de la mezcla. Durante el proceso tiende a destilar primero, el más volátil, es decir, el que tiene menor temperatura de ebullición. (Climent.M, 2005)

La separación de componentes de una mezcla líquida mediante destilación depende de las diferencias de los puntos de ebullición de los componentes individuales. Además, dependiendo de las concentraciones de los componentes presentes, la mezcla líquida tendrá diferentes características de su punto de ebullición. En consecuencia, el proceso de destilación depende de las características de presión de vapor de las mezclas líquidas.

Las columnas de destilación de platos convencionales, son las columnas más utilizadas a nivel industrial, en ellas el líquido y el vapor se ponen en contacto en forma de pasos sobre platos.

LEY DE RAOULT

En las disoluciones ideales, se cumple la Ley de Raoult, que se expresa en los siguientes términos: “La presión parcial de un componente en una disolución a una temperatura dada, es igual a la tensión de vapor de una sustancia pura multiplicado por su fracción molar en la disolución”.

$$P_t = P_x + P_y = P_x^0 N_x + P_y^0 N_y$$

De la Ley de Raoult se pueden deducir las siguientes conclusiones:

- 1) El punto de ebullición de una mezcla depende de los puntos de ebullición de sus componentes y de sus proporciones relativas.
- 2) En una mezcla de los líquidos, el punto de ebullición de una mezcla cualquiera de composición determinada, está comprendida entre los puntos de ebullición de los componentes más puros.
- 3) El vapor producido será siempre más rico en el componente de punto de ebullición más bajo, que el líquido que está en equilibrio.

Siempre que se tenga una mezcla de dos o más componentes que se diferencien suficientemente sus puntos de ebullición, se podrá desdoblar en sus componentes por destilación. (Molina.P, 1991)

7.6. DIFERENCIAS DE LA DESTILACION CON OTRAS OPERACIONES UNITARIAS

La destilación es un proceso que consiste separar los distintos componentes de una mezcla mediante el calor. Para ello que se calienta esa sustancia, normalmente en estado líquido, para que sus componentes más volátiles pasen a estado gaseoso o de vapor y a continuación volver esos componentes al estado líquido mediante condensación por enfriamiento.

El principal objetivo de la destilación es separar los distintos componentes de una mezcla aprovechando para ello sus distintos grados de volatilidad. Otra función de la destilación es separar los elementos volátiles de los no volátiles de una mezcla.

En otros sistemas similares como la evaporación o el secado, normalmente el objetivo es obtener el componente menos volátil; el componente más volátil, casi siempre agua, se desecha. Sin embargo, la finalidad principal de la destilación es obtener el componente más volátil en forma pura. Por ejemplo, la eliminación del agua de la glicerina evaporando el agua, se llama evaporación, pero la eliminación del agua del alcohol evaporando el alcohol recibe el nombre de destilación, aunque se usan mecanismos similares en ambos casos.

Si la diferencia entre las temperaturas de ebullición o volatilidad de las sustancias es grande, se puede realizar fácilmente la separación completa en una sola destilación. Es el caso de la obtención de agua destilada a partir de agua marina. Esta contiene aproximadamente el 4% de distintas materias sólidas en disolución.

En ocasiones, los puntos de ebullición de todos o algunos de los componentes de una mezcla difieren en poco entre sí por lo que no es posible obtener la separación completa en una sola operación de destilación por lo que se suelen realizar dos o más. Así el ejemplo del alcohol etílico y el agua. El primero tiene un punto de ebullición de 78,5 °C y el agua de 100 °C por lo que al hervir esta mezcla se producen unos vapores con ambas sustancias aunque diferentes concentraciones y más ricos en alcohol. Para conseguir alcohol industrial o vodka es preciso realizar varias destilaciones.

7.7. SISTEMAS DE DESTILACION

SISTEMAS BINARIOS

Son pocos los elementos o compuestos que se presentan en estado puro en la naturaleza. En la mayor parte de los casos, éstos se encuentran mezclados con otras sustancias, formando mezclas homogéneas o heterogéneas. Separar las mezclas en sus sustancias componentes constituye el objetivo de algunas técnicas esenciales de la química experimental. Si una reacción conduce a varios productos y se necesita uno de ellos en estado puro, es preciso conocer cómo se puede separar la mezcla obtenida. Para poder realizar los cálculos pertinentes, se deben conocer las composiciones en equilibrio del sistema binario.

Un líquido es un fluido que reúne átomos o moléculas de energía variable. Cuando una molécula del líquido se acerca a la fase de vapor-líquido, puede pasar de una a otra fase si tiene la energía suficiente que requiere dicho proceso; la molécula ha de superar las fuerzas que la mantienen en fase líquida.

El calentamiento del líquido, ya que supone un aporte de energía, aumenta el proceso de vaporización, mientras que el enfriamiento de la fase de vapor invierte este proceso, dando lugar a la condensación.

SISTEMAS TERNARIOS

Los sistemas ternarios se caracterizan por disponer de tres componentes: portador (B), transferible (C) y disolvente (S) y se pueden estudiar en diagramas triangulares: rectangulares o equiláteros, cuyos datos se representan en los mismos en condiciones de temperatura y presión constantes.

En la representación en diagrama triangular rectangular cada vértice representará:

C: Componente más valioso de la mezcla binaria a separar, en estado puro.

B: Segundo componente de la mezcla binaria a separar, en estado puro.

S: Disolvente que se utilice, en estado puro. y su disposición sería como se

indica en la siguiente figura 8.7.2.1

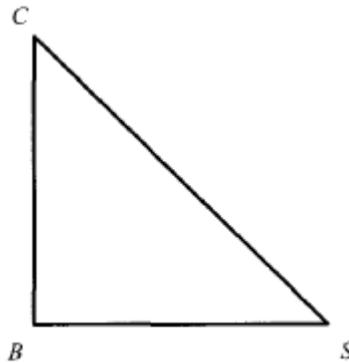


Figura8.7.1 Diagrama Triangular Rectangular

Diagrama triangular rectangular: C, componente transferible puro; B, ídem portador, puro; S, ídem disolvente, puro. Ordenada: Concentraciones (fracciones molares o másicas) de componente C en fase extracto (y), y en fase refinado (x). Abscisa: Concentraciones (fracciones molares o másicas) de componente disolvente (S) en fase extracto (yS) y en fase refinado (xS)

Las concentraciones del componente B que no se representan (yB, xB) se hallarán siempre por diferencia a la unidad, ya que las concentraciones de ambas fases en sus tres componentes expresadas como fracciones molares o másicas, suman la unidad.

Solo las mezclas ternarias resultantes de añadir disolvente S a la mezcla binaria de B y C, que se desdoblén en dos fases, constituirán sistemas líquido-líquido útil en las operaciones de extracción.

En general, el método que se sigue para trabajar una destilación de más de dos componentes consiste en enviar a una columna la mezcla dada, donde uno de los componentes de la misma se separa en estado prácticamente puro; la parte que quedase envía a otra columna, en la que se elimina otro componente y la mezcla residual se envía a una nueva columna, en la que se elimina otro componente y la mezcla residual se envía a una nueva columna. Un ejemplo de un sistema ternario es la de acetato de etilo – benceno – ciclo hexano.

En un sistema ternario, las composiciones del destilado y del residuo no pueden considerarse como variables independientes. Así, se considera un sistema de tres componentes A, B y C, por orden de volatilidad decreciente, la composición del componente C en el destilado y la máxima composición del componente A en el residuo, pueden fijarse de antemano, con lo que sólo queda una variable para ser fijada.

SISTEMAS MULTICOMPONENTES

Muchas de las destilaciones en las industrias emplean más de dos componentes, sin embargo los principios establecidos para soluciones binarias se aplican generalmente a estas destilaciones, aunque también se introducen nuevos problemas de diseño que requieren consideración especial.

Al igual que la destilación de mezclas binarias en etapas de equilibrio, los cálculos de destilación de sistemas multicomponentes utilizan balances de materia y entálpicos, y equilibrios líquido-vapor. Para cada componente se puede escribir un balance materia aplicado a la columna en su conjunto y a cada etapa individual, pero hay solamente un balance entálpico para la columna o para cada etapa. Los equilibrios entre fases son mucho más complejos que para sistemas binarios, debido al número de componentes y a que los equilibrios dependen de la temperatura, que varía de una etapa a otra.

En la práctica se utilizan fundamentalmente sistemas de cálculos digitales. El gran número de cálculos que es preciso realizar para cuantificar las variables de diseño y operación, así como las numerosas iteraciones que se requieren para conseguir la convergencia de las soluciones a las ecuaciones resultan prácticamente irrealizables por cálculos manuales.

7.8. TIPOS DE DESTILACION

La destilación puede llevarse a cabo de muchos modos distintos. Hay dos tipos básicos de operación: destilación sin reflujo o destilación simple y destilación con reflujo, comúnmente llamada Rectificación.

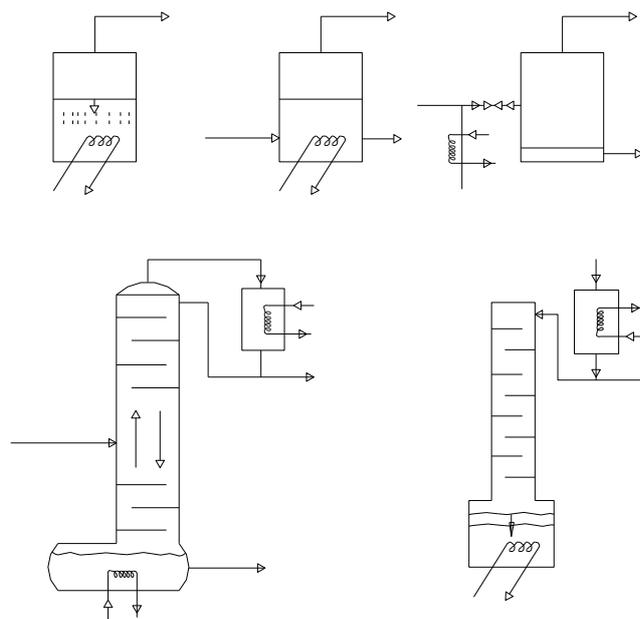


Figura 8.8.1

DESTILACIÓN SIMPLE

La destilación simple es la operación de hervir el líquido de un recipiente -la caldera- condensándose aparte los vapores que constituirán el destilado, quedando en la caldera el residuo. Esta operación puede llevarse a cabo de forma continua - alimentando la caldera y extrayendo residuo continuamente o de

forma discontinua, con lo que las composiciones de vapor y líquido van cambiando con el tiempo.

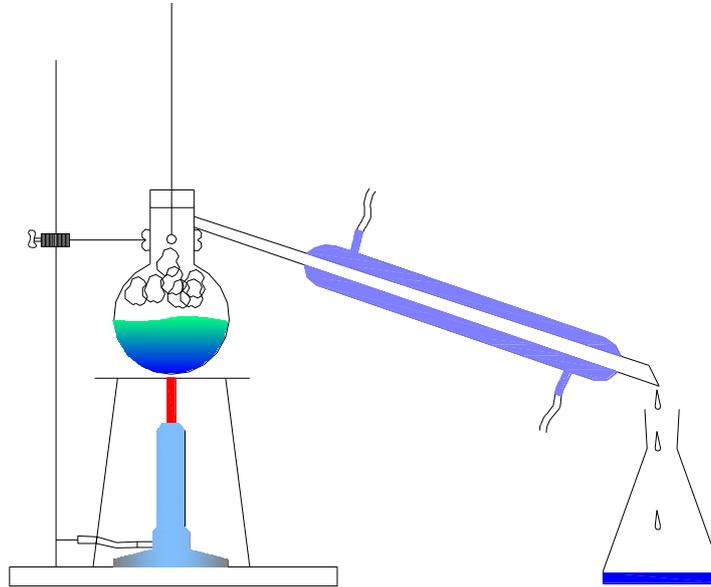


Figura 8.8.2 Destilación Simple

DESTILACIÓN SÚBITA

La Destilación súbita es una forma de destilación simple en la que se calienta el alimento a temperatura elevada, pero manteniendo una elevada presión de manera que no hierva. A continuación se expande el líquido recalentado en una columna hasta una presión menor, con lo que vaporizarán en parte los componentes más volátiles.

DESTILACIÓN CON REFLUJO

La destilación con reflujo o rectificación es uno de los tipos más importantes de destilación. El vapor que abandona la cabeza de la columna se condensa, y una fracción del líquido condensado se devuelve a la columna, lo que constituye el reflujo; el resto se retira como producto destilado. La condensación se suele hacer con un serpentín de agua fría o con otras corrientes de procesos más frías.

DESTILACIÓN AZEOTRÓPICA

La destilación extractiva y la destilación azeotrópica son destilaciones en las que se añade un tercer componente a una mezcla binaria de separación difícil. Este

componente modifica la volatilidad relativa de los componentes. De este modo en la destilación extractiva se separa por la cabeza de la columna un componente y el disolvente añadido. En la destilación azeotrópica el tercer componente se forma un azeótropo con uno de los componentes de la mezcla a separar. Se separan así los dos componentes de la mezcla binaria, el azeótropo puede después romperse con diversos procedimientos.

DESTILACIÓN POR ARRASTRE DE VAPOR

La destilación por arrastre de vapor consiste en la inyección directa de vapor de agua recalentando a la mezcla a destilar. La presencia de este nuevo componente reduce la presión la parcial de los componentes a destilar con lo que la temperatura de vaporización puede ser inferior, lo que útil cuando determinados componentes de la mezcla son sensibles al calor. En las operaciones habituales el vapor de agua no llega a condensar, por lo que abandona la columna con el destilado, separándose posteriormente del mismo. (Costa.J, 1991)

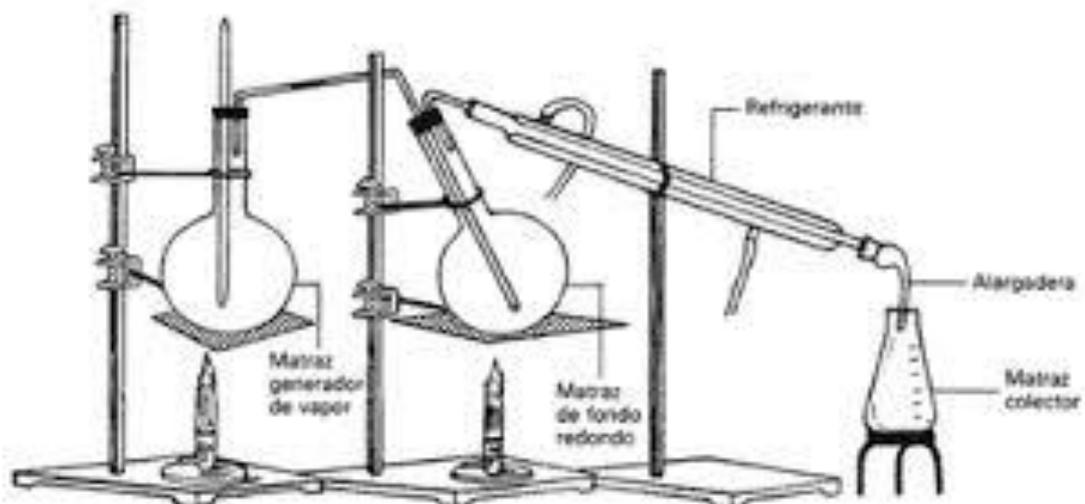


FIGURA 27.1

Figura 8.8.3 Destilación Por Arrastre De Vapor

7.9. COLUMNA DE DESTILACION.

La destilación o rectificación es una operación de separación de uno o varios componentes de una mezcla líquida o gaseosa mediante la acción de un vapor o líquido generado respectivamente por calefacción o enfriamiento de la mezcla original.

En la Figura 8.9.1 se representa una columna de relleno para la destilación con dos alimentos, uno líquido y otro vapor, y en la que existen tres sectores:

- El superior denominado de enriquecimiento que contiene un relleno estructurado sobre un soporte colocado por encima de un colector de líquido. En la parte superior del relleno se encuentra el distribuidor de líquido de reflujo y la salida de vapor al condensador.
- El intermedio, comprendido entre los dos alimentos, con un relleno donde sus elementos se disponen al azar.
- El inferior denominado de agotamiento, que contiene un relleno estructurado sobre un soporte, sobre el que fluye hacia abajo el producto de fondo y hacia arriba el reflujo de vapor. (Cuesta.P, 2004)

La destilación es un proceso que permite separar distintos componentes de una mezcla en función de su temperatura de ebullición, basándose en las distintas volatilidades relativas de los propios componentes. Dada la simplicidad de este proceso y coste relativamente bajo, la destilación es una operación básica en la industria química y petroquímica. La siguiente figura 8.9.2 muestra el esquema simplificado de una columna de destilación binaria con los equipos más importantes que rodean la misma. La parte inferior de la columna se denomina Zona stripper o de agotamiento y la parte superior zona de rectificación o enriquecimiento.

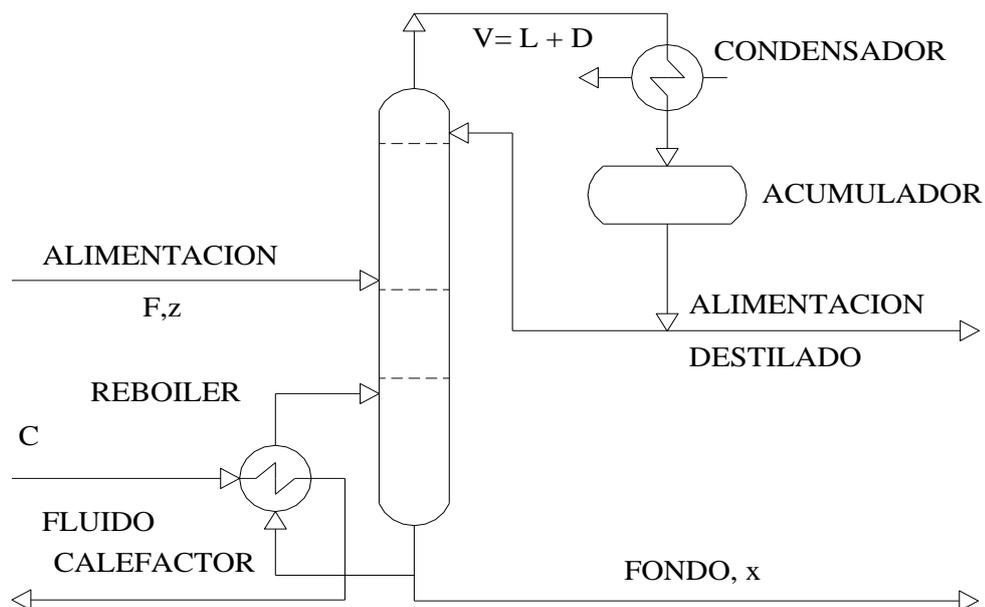


Figura 8.9.2 Columna De Destilación Binaria

La destilación se realiza por el contacto en contracorriente del vapor que asciende, como consecuencia del calentamiento efectuado en el reboiler, y del líquido que desciende como consecuencia del enfriamiento producido en el condensador de cabeza.

De esta manera los componentes más volátiles se acumulan en el vapor y los componentes más pesados en el líquido.

El reparto entre las dos fases se traduce, a lo largo de la columna, en un gradiente de temperatura proporcional a la concentración de los componentes.

El sistema de control debe encargarse de mantener la especificación de los productos de cabeza y fondo, obtenidos a partir de la alimentación, de acuerdo al siguiente balance de materia efectuado con el componente ligero, cuyas composiciones molares aparecen en minúsculas:

$$F \cdot z = D \cdot y + B \cdot x$$

Según este balance se puede decir que la mezcla introducida a la columna como alimentación (F), se separa en dos corrientes:

- Una corriente compuesta por productos de baja temperatura de ebullición denominada destilado (D), cuya composición molar es y.
- Una corriente formada por productos de alta temperatura de ebullición denominada fondo (B), cuya composición molar es x. (Acedo.J, 2003)

7.10. TIPOS DE COLUMNA DE DESTILACIÓN

Hay varios tipos de columnas de destilación, cada una diseñada para un determinado tipo de separación y cada una difiere de la otra en términos de complejidad. Una manera de clasificar las columnas de destilación es observar cómo operan. Por tanto tenemos:

- Columnas batch
- Columnas continuas

La elección de uno u otro tipo de destilación depende a menudo de la clase de industria y de la cantidad a procesar. Cuando se trata de destilar grandes volúmenes, las operaciones continuas son las más convenientes. En cambio, cuando las

cantidades son más pequeñas, como es el caso en la industria alimenticia, alcoholera, farmacéutica, de química fina (aditiva, aromatizante), o de las muy especializadas, se prefiere la destilación batch.

COLUMNAS BATCH

En una operación batch, la alimentación a la columna es introducida por lotes. Esto es, la columna se carga con un lote y es entonces cuando se lleva a cabo el proceso de destilación. Cuando el objetivo deseado es alcanzado, se introduce el siguiente lote de alimentación. En el presente trabajo, solo será utilizado este tipo de columnas.

COLUMNAS CONTINUAS

En contraste con el tipo anterior de columnas, una columna continua recibe un flujo de alimentación continuo. No ocurren interrupciones a menos que se presenten problemas con la columna o en los alrededores de las unidades de proceso. Son capaces de manejar grandes cantidades de material prima y son las más comunes de los dos tipos. (Fundamentos de Procesos de Destilación)

7.11. DESTILACIÓN SIMPLE POR LOTES O DIFERENCIAL

En este tipo de destilación, primero se introduce líquido en un recipiente de calentamiento. La carga líquida se hierve lentamente y los vapores se extraen con la misma rapidez con que se forman, enviándolos a un condensador donde se recolecta el vapor condensado (destilado). La primera porción de vapor condensado es más rica en el componente más volátil A. A medida que se procede con la vaporización, el producto vaporizado es más pobre en A. (Geankoplis.C, 1998)

7.12. DESTILACIÓN SIMPLE CON ARRASTRE DE VAPOR

Los líquidos con alto punto de ebullición no se pueden purificar por destilación a presión atmosférica, puesto que los componentes de la mezcla líquida podrían descomponerse a las temperaturas elevadas que se requieren. Con frecuencia, las sustancias de alto punto de ebullición son casi insolubles en agua; entonces, se logra una separación a temperatura más baja por medio de una destilación simple con arrastre de vapor, método que se usa con bastante frecuencia para separar un componente de alto punto de ebullición de cantidades pequeñas de impurezas no volátiles. (Geankoplis.C, 1998)

7.13. DESTILACIÓN EN EQUILIBRIO O INSTANTÁNEA (FLASH)

En este proceso, que se verifica en una sola etapa, la mezcla líquida se vaporiza parcialmente. Se permite que el vapor establezca un equilibrio con el líquido, y entonces se separan las fases de vapor y de líquido. Esto se puede hacer por lotes o en régimen continuo. (Geankoplis.C, 1998)

Uno de los procesos de separación más simples y comunes es la destilación por evaporación instantánea, destilación instantánea, destilación de equilibrio o destilación flash. En este proceso, parte de una corriente de alimentación se evapora en una cámara de evaporación instantánea para separar vapor y líquido en equilibrio mutuo. El componente más volátil se concentrará más en el vapor. En general, este método no permite alcanzar un alto grado de separación; sin embargo, en algunos casos, como es el de la desalación del agua del mar, se obtiene una separación completa. (Wankat.P, 2008)

7.14. DESTILACIÓN FRACCIONADA

El más común de los procedimientos de destilación es el de la destilación fraccionada. En el caso más favorable para la destilación, el contaminante hierve a una temperatura distinta del punto de ebullición del componente principal. Se debe grabar en la mente que incluso la sustancia de punto más elevado contribuirá a la fase vapor en proporción a su propia presión de vapor y a la fracción molar de componente presente. La única forma de que la fase vapor que cubre el líquido sea un componente puro es cuando el líquido sea una muestra pura. Sin embargo, la situación no es imposible, porque con frecuencia la contribución del vapor del segundo componente con respecto a la del componente principal, es pequeña y para fines prácticos puede despreciarse.

En general, si los puntos de ebullición de dos líquidos difieren en menos de unos 70°C, resultará insuficiente un aparato de destilación simple para separarlos. Por lo general, el empleo de una columna de destilación facilitará la separación. Cuanto mayor sea la longitud de la columna de destilación, mejor será la separación que consiga. Generalmente, el relleno de la columna con un material inerte mejorará

también la separación. No obstante, si los puntos de ebullición de los dos componentes difieren en menos de unos 10°C , solo se podrán separar mediante el empleo de un equipo especial. (Durst.H, 2007)

El vapor ascendente que abandona el calderín pasa por una columna de rectificación (relleno, platos, etc.) en donde se pone en contacto íntimo a contracorriente con el líquido descendente a fin de mejorar el efecto de transferencia de masa en el cual el vapor cede al líquido el componente pesado y el líquido cede al vapor el componente liviano, generando así un enriquecimiento de la fase vapor en el componente liviano y un enriquecimiento de la fase líquida en el componente pesado. El vapor ascendente al salir de la columna rectificadora pasa por el condensador total y de este, el líquido condensado pasa al elemento de distribución de reflujo el cual reparte el líquido en dos corrientes: Lo (líquido que se devuelve a la columna) y D (producto destilado). (Valderrama.J, 1998)

7.15. DISEÑO DE COLUMNA DE DESTILACIÓN

Siendo la destilación el método de separación más usado en la industria química, es conveniente revisar brevemente los enfoques de diseños de columna de destilación. Existen dos niveles generales para el diseño de columnas: el uso de métodos cortos o rápidos y el uso de métodos rigurosos. Los métodos cortos constituyen enfoques que proporcionan de una manera rápida las características físicas de primera importancia, como son el número de platos y diámetro de la columna de destilación. Los métodos rigurosos se basan en escribir modelos completos para cada plato para luego resolverlo mediante alguna estrategia numérica.

Cuando el problema de diseñar una columna de destilación es parte de un problema más grande que implica detectar la mejor secuencia de separación para una mezcla de multicomponentes, el uso de métodos rigurosos implica un esfuerzo que no es recomendable llevar a cabo, ya que se requerirá diseñar muchas columnas que no serán parte de la estructura final: en estos casos el uso de métodos cortos representa una alternativa más eficiente para comparar diferentes secuencias en las mismas base y detectar la que ofrece mejor potencial. La secuencia óptima que se detecta

mediante la aplicación de métodos cortos será posteriormente sujeta a diseños rigurosos para corroborar sus características preliminares.

Dentro de los métodos cortos, uno de los más usados consiste en el uso secuencial de tres relaciones que desembocan en el cálculo del número de etapas ideales que se requieren para llevar a cabo una separación específica. Las relaciones básicas de este método, que engloba las ecuaciones de Fenske, Underwood y Gilliland, se muestran en la siguiente ecuación:

Número mínimo de etapas, Sm (Ecuación de Fenske)

$$\frac{\text{kgmol de } i \text{ en el destilado}}{\text{kgmol de } i \text{ en el fondo}} = (\overline{\alpha_{i-r}})^{Sm} \frac{\text{kgmol de } r \text{ en el destilado}}{\text{kgmol de } r \text{ en el fondo}}$$

Donde $(\overline{\alpha_{i-r}})$ es la media geométrica de la volatilidad relativa entre el fondo y el destilado $(\overline{\alpha_{i-f}}) = (\alpha_{i-f,Tdest} * \alpha_{i-f,Tfondos})^{\frac{1}{2}}$ siendo i el componente ligero clave y r el componente pesado clave.

La ecuación de Fenske se usa para determinar el número mínimo de etapas ideales con datos de balance de materia y de volatilidad relativa promedio entre los componentes clave.

Relación mínima de reflujo, Rm (Ecuación de Underwood)

$$\sum_{I=1}^N \frac{\alpha_i X_{iF}}{\alpha_I - \theta} = 1 - \phi$$

Donde X_{iF} es la composición de la alimentación en fracción mol

α_i es la volatilidad relativa evaluada a las condiciones de la alimentación

ϕ es la fracción de líquido en la alimentación

θ es la constante de Underwood, que se obtiene al resolver esta ecuación

$$R_m = \sum_{i=1}^N \frac{\alpha_i X_{iD}}{\alpha_1 - \theta} - 1$$

Donde X_{iD} es la fracción mol del destilado,

α_1 es el volatilidad relativa evaluada a las condiciones del destilado.

La ecuación de Underwood está compuesta por dos partes, la primera se basa en condiciones de alimentación y se usa para encontrar el valor de una constante mediante algún método numérico.

Número de etapas ideales, S (Ecuación de Gilliland)

Para $\frac{R - R_M}{R + 1} < 0.125$, usar

$$\frac{S - S_m}{S + 1} = 0.5039 - 0.5968 \left(\frac{R - R_m}{R + 1} \right) - 0.0908 \log \left(\frac{R - R_m}{R + 1} \right)$$

Y para $\frac{R - R_m}{R + 1} > 0.125$, usar

$$\begin{aligned} \frac{S - S_m}{S + 1} = & 0.6257 - 0.9868 \left(\frac{R - R_m}{R + 1} \right) + 0.5160 \left(\frac{R - R_m}{R + 1} \right)^2 \\ & - 0.1738 \left(\frac{R - R_m}{R + 1} \right)^3 \end{aligned}$$

A partir del conocimiento del número mínimo de etapas ideales y de la razón de reflujo mínima, y especificando un valor de la razón de reflujo (R) de operación, la ecuación de Gilliland proporciona el número de etapas ideales. (Gutierrez.A, 2003)

7.16. VISTA DE UN CORTE INTERIOR EN AUTOCAD DE UNA COLUMNA DE DESTILACIÓN

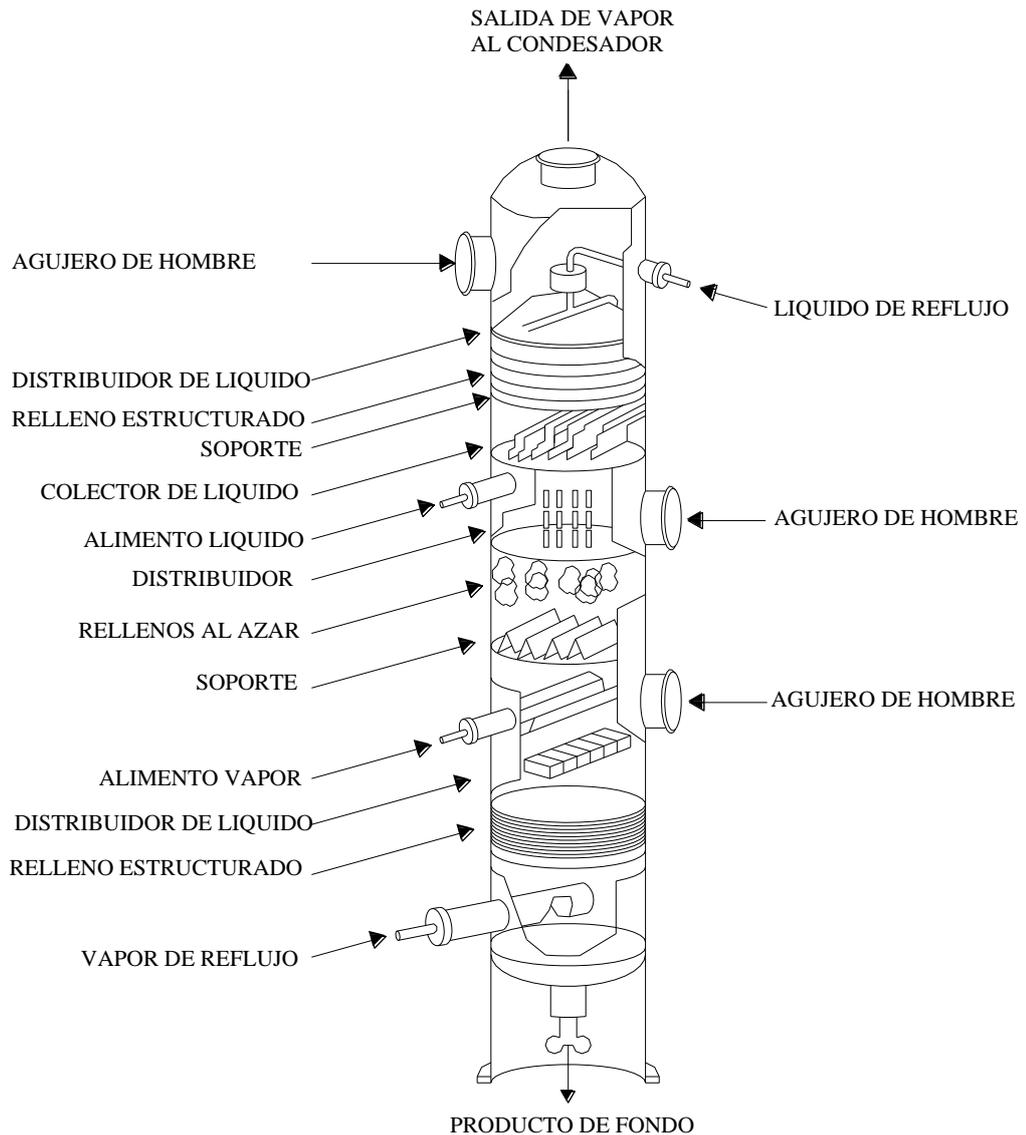


Figura 8.16.1 Esquema del corte interior en AutoCAD de una Columna De Destilación

8. BENEFICIARIOS

8.1. DIRECTOS

- Estudiantes de la carrera de Ingeniería Química de la Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas de la Universidad Técnica de Manabí.
- Estudiantes que realizaran el proyecto.

8.2. INDIRECTOS

- Docentes de la carrera de Ingeniería Química de la Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas de la Universidad Técnica de Manabí.
- Autoridades de la Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas de la Universidad Técnica de Manabí.
- Industrias en general.

9. METODOLOGIA

9.1. MÉTODOS

Los métodos que se usó para el desarrollo de este proyecto de tesis son:

MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN

Con el fin de lograr que se cumplan los objetivos de este proyecto de tesis, se utilizó una modalidad experimental, debido a que se conoce el estado de la Columna de Destilación a repotenciar.

Además se hace presente los siguientes métodos:

Deductivo.- Mediante un profundo análisis de observación se dedujo que la Columna de Destilación del Laboratorio de Operaciones Unitarias necesita una Repotenciación para que pueda brindar un resultado eficiente al momento en que los estudiantes realicen sus prácticas.

Investigación – acción.- Para la ejecución de este proyecto de tesis fue necesario la aplicación de diversas metodologías, en este caso escogimos la investigación - acción, con el fin de aplicar la matriz de involucrados, puesto que con ella se logró realizar el diagnóstico de las mejoras que necesitaba la columna de destilación con la participación y la colaboración de egresados y docentes de la Carrera de Ingeniería Química y las autoridades de la Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas.

Experimental.- Para el desarrollo de este proyecto de tesis de tercer nivel desarrollamos dos prácticas experimentales, las cuales consistieron en rectificar un aguardiente, nos sirvió para demostrar el uso de la columna de destilación con la ayuda del manual existente y de la actualización del mismo.

9.2. TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

Observación.- El diagnóstico realizado a la Columna de Destilación del Laboratorio de Operaciones Unitarias, evidenció que la misma no está en óptimas condiciones para su uso, puesto que necesita una serie de mejoras como:

- ✓ Modificar línea de ingreso de vapor.

- ✓ Aislar líneas de vapor y condensado.
- ✓ Mantenimiento de trampas de vapor.
- ✓ Pruebas hidrostáticas.
- ✓ Revisión de parte eléctrica.
- ✓ Cambio de rodamientos de 3 motores eléctricos.

- ✓ Cambio de válvulas las que no son adecuadas para vapor.
- ✓ Puesta en operación.

9.3. INSTRUMENTOS

- ✓ Guía de Observación
- ✓ Cámara Fotográfica
- ✓ Manual Existente de la columna de destilación.
- ✓ Repuestos para repotenciación de la columna de destilación.
- ✓ Herramientas de trabajo para repotenciación.

El proyecto se fundamenta en la metodología del “Enfoque Lógico”, cuyas herramientas principales son:

- La Matriz de Involucrados
- El Árbol de Problemas
- El Árbol de Objetivos
- El Árbol de Alternativas
- Matriz del Marco Lógico.

10.RECURSOS A UTILIZARSE

10.1. RECURSOS HUMANOS

- Director de Tesis.
- Tribunal de Revisión.
- Docentes de la Carrera de Ingeniería Química de la Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas
- Autores de la tesis
- Técnicos que colaboraron con la Repotenciación de la columna de destilación del Laboratorio de Operaciones Unitarias.

10.2. RECURSOS OPERATIVOS.

- Libros
- Internet
- Copias
- Transporte
- Alimentación
- Consultas de asesoramiento

10.3. RECURSOS FINANCIEROS

- Repotenciación del equipo \$ 3000
- Diésel \$18
- 50 litros de alcohol etílico \$ 65
- Transporte \$25
- Alimentación \$120
- Impresión de tesis \$100

11. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Al culminar el presente proyecto, hemos contribuido con la Repotenciación de la Columna de Destilación del Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Facultad de Ciencias Matemáticas Físicas y Químicas de la Universidad Técnica de Manabí y con ello lograr que los estudiantes continúen fomentando y relacionando sus conocimientos teóricos con la práctica en la asignatura del Laboratorio de Operaciones Unitarias.

Con la repotenciación de la columna de destilación hemos incluido la actualización del manual existente sobre el uso correcto de sus respectivas partes e instrumentos, para que así los estudiantes puedan realizar sus prácticas de la mejor manera y sobre todo para cuidar y mantener en óptimas condiciones el equipo citado anteriormente.

11.1. REPOTENCIACIÓN DE LA COLUMNA DE DESTILACIÓN

Cómo parte de la Repotenciación de la Columna de Destilación, podemos mencionar que hemos reemplazado todos los empaques existentes de caucho negro por empaques grafitado de asbesto con alma de metal para líneas de vapor y por empaques de caucho rojo o conocido comúnmente como empaque tipo corcho, este tipo de empaque sirve para aguantar presión y temperaturas en líneas de agua fría o agua caliente (no en líneas de vapor). Las partes que han sido cambiadas por estos empaques son los 3 condensadores, el Rehervidor, el enfriador de producto de cola y los 6 tramos de la columna de destilación.

También implementamos en nuestra Columna de Destilación, unas tuberías que tienen como función recuperar el condensado (Vapor de agua proveniente de la caldera que en su cambio de estado se hace agua líquida), y conducirlo hasta un recipiente donde se almacena todo el condensado recuperado y enviarlo de vuelta hasta la caldera, con el objetivo de evitar menos consumo energético y por ende menos consumo económico.

En la parte eléctrica de la Columna de Destilación se realizaron los siguientes cambios:

- ✓ Cambio de rodamiento en cada una de las tres bombas existentes en la columna de destilación tipo número 6201RS.
- ✓ Cambio de sello donde va la turbina de la bomba y colocación de terminal a los tres cables de conexión a las tres bombas.
- ✓ Cambio de botonera tri fase de 30 amperio
- ✓ Arreglo de cable de alimentación
- ✓ Colocación de una cinta espiral para amarrar los cables y que estos no estén sueltos.

Al poner a prueba la Columna de Destilación del Laboratorio de Operaciones Unitarias, nos percatamos que en el condensador donde habíamos puesto un empaque grafitado de asbesto con alma de metal salía agua, es decir tenía fuga, por lo que comprobamos que este tipo de empaques no es el adecuado para este equipo, razón por la cual, desarmamos nuevamente el condensador para proceder a reemplazar este empaque por uno de de caucho rojo o conocido comúnmente como empaque tipo corcho, (este tipo de empaque sirve para aguantar presión y temperaturas), que era el tipo de empaque que habíamos colocado en las demás partes de la columna de destilación en repotenciación.

11.2. PARTE PRÁCTICA

Una vez repotenciada la Columna de Destilación se procedió a cumplir con otro de los objetivos específicos de este proyecto de tesis, que consiste en realizar dos prácticas en el mencionado equipo, las cuáles las realizamos de la siguiente manera:

Primera práctica:

Tema.- Rectificación de una mezcla de alcohol etílico – agua 20/80 en la columna de destilación del laboratorio de operaciones unitarias de la escuela de Ingeniería Química
Objetivo General.- Rectificar una mezcla de alcohol etílico – agua en la columna de destilación del laboratorio de operaciones unitarias de la escuela de Ingeniería Química
Objetivos Específicos.- <ul style="list-style-type: none">- Comprobar el estado de la columna de destilación del laboratorio de operaciones unitarias, una vez que esta fue repotenciada.

- Aumentar mínimo 30 grados GL de una mezcla con una concentración alcohólica de 20°GL.

Marco Teórico.- La destilación es una operación mediante la cual separamos dos o más líquidos miscibles de una mezcla mediante procesos de evaporación y condensación.

Todo líquido viene caracterizado, a cada temperatura, por una presión de vapor dada, entendiéndose por presión de vapor de un líquido la presión del vapor que se encuentra en equilibrio con dicho líquido a una temperatura dada.

Rectificación: parte del condensado obtenido se devuelve a la columna (reflujo), donde entra en contacto con el vapor; al no estar en equilibrio estas dos fases, se produce el enriquecimiento del vapor en el componente más volátil, Cuando se hace hervir una mezcla de compuestos, su temperatura de ebullición depende de la composición (**diagrama de equilibrio temperatura-composición**). El vapor que se obtiene se puede condensar (destilado), que está formado, fundamentalmente, por el componente más volátil.

Los dispositivos de destilación son columnas de platos o columnas de relleno, cuyo objetivo es lograr un contacto íntimo entre las dos fases para que se produzca la transferencia de materia.

Materiales y Reactivos.-

- 12 litros de alcohol etílico
- 28 litros de agua
- Probeta graduada
- Vaso de precipitación
- Alcohólímetro
- Columna de destilación
- Baldes
- Cronómetro

Procedimiento.-

- Lavar el tanque de almacenamiento donde se colocará la mezcla.
- Se llenó el tanque de alimentación con la mezcla alcohol etílico – agua.
- Se cerraron las válvulas de vapor, mientras el Rehervidor se llenaba de la mezcla.
- Se encendió el caldero para que nos abastezca de vapor a las distintas partes de la columna de destilación, pudiendo regular su paso con la válvula principal.
- Se abrió hasta la mitad la válvula de la línea de venteo ubicada en la parte superior de la columna de destilación.
- Una vez que se observó que empezó a desprender vapor por la línea de venteo, se la cerró y se encendió la torre de enfriamiento para que nos provea de agua a

los diferentes intercambiadores de calor de la Columna de Destilación.

- Se almacenó el producto destilado en un recipiente situado en la parte lateral superior derecha de la columna de destilación.
- Analizar la concentración del producto obtenido.
- El vapor de agua condensado producto de nuestra rectificación se almacenó en un recipiente y fue enviado de regreso a la caldera para su reutilización, el cual llegó a altas temperatura a la caldera, ahorrando combustible y por ende costos económicos.
- El agua que llegó de la torres de enfriamiento a los intercambiadores de calor de la columna de destilación fue enviado de vuelta al lugar donde provino mediante tuberías impulsadas por una bomba.
- Se apagan las bombas de alimentación y de recirculación a la torre de enfriamiento.
- Se cierran todas las válvulas de ingreso de vapor que se abrieron.
- Cerramos las válvulas de salida del condensado.

Resultados.- Utilizamos un volumen total de 40 litros de mezcla, el cual lo fraccionamos en 30% de alcohol etílico y 70% de agua, lo que consistía en mezclar 12 litros de alcohol etílico, el cual tenía una concentración de 55° GL y 28 litros de agua, una vez que los mezclamos, medimos la concentración de alcohol y obtuvimos 20° GL, la alimentación la ingresamos entre el plato 10 y 11, situados en el 4to tramo de la columna de destilación; y trabajamos con una presión de vapor de 15 PSI, al cabo de 20 minutos, la concentración alcohólica subió a 50°GL, después de 5 minutos tomamos otra muestra, y el concentración disminuyo a 43° GL, y con el paso de los minutos continuo disminuyendo la concentración alcohólica, repetimos la práctica, y llegamos al mismo resultado, el motivo fue que se empezó a condensar el agua.

Recomendaciones.- Al realizar una corrida de estas característica, se debe calcular de 23 a 25 minutos e ir midiendo los °GL del producto destilado hasta que llegue entre 48 y 50°GL, y una vez que pase esto detener la operación para evitar que se condense el agua y disminuyan los °GL de nuestro producto.

Bibliografía.- www.eis.uva.es/~organica/quimica2/practicas/practica9.docx

Para la **primera práctica**, se utilizó un volumen total de 40 litros de mezcla, el cual lo fraccionamos en 30% de alcohol etílico y 70% de agua, lo que consistía en mezclar 12 litros de alcohol etílico, el cual tenía una concentración de 55° GL y 28 litros de agua, una vez que los mezclamos, medimos la concentración de alcohol y obtuvimos 20° GL, la alimentación la ingresamos entre el plato 10 y 11, situados en el 4to tramo de la columna de destilación; y trabajamos con una presión de vapor de 15 PSI, al cabo de 20 minutos, la concentración alcohólica subió a 50°GL, después de 5 minutos tomamos otra muestra, y el concentración disminuyo a 43° GL, y con el paso de los minutos continuo disminuyendo la concentración alcohólica, repetimos la práctica, y llegamos al mismo resultado, el motivo fue que se empezó a condensar el agua, tras esto se obtuvo experiencia y se llegó a la conclusión de que al realizar una corrida de estas característica, se debe calcular de 23 a 25 minutos e ir midiendo los °GL del producto destilado hasta que llegue entre 48 y 50°GL, y una vez que pase esto detener la operación para evitar que se condense el agua y disminuyan los °GL de nuestro producto.

Segunda práctica:

<p>Tema.- Rectificación de una mezcla de alcohol etílico – agua 38/62 en la columna de destilación del laboratorio de operaciones unitarias de la escuela de Ingeniería Química</p>
<p>Objetivo General.- Rectificar una mezcla de alcohol etílico – agua en la columna de destilación del laboratorio de operaciones unitarias de la escuela de Ingeniería Química</p>
<p>Objetivos Específicos.-</p> <ul style="list-style-type: none"> - Comprobar el estado de la columna de destilación del laboratorio de operaciones unitarias, una vez que esta fue repotenciada. - Aumentar mínimo 30 grados GL de una mezcla con una concentración alcohólica de 20°GL.
<p>Marco Teórico.- La destilación es una operación mediante la cual separamos dos o más líquidos miscibles de una mezcla mediante procesos de evaporación y condensación.</p> <p>Todo líquido viene caracterizado, a cada temperatura, por una presión de vapor dada, entendiendo por presión de vapor de un líquido la presión del vapor que se encuentra en equilibrio con dicho líquido a una temperatura dada.</p> <p>Rectificación: parte del condensado obtenido se devuelve a la columna (reflujo), donde entra en contacto con el vapor; al no estar en equilibrio estas dos fases, se</p>

produce el enriquecimiento del vapor en el componente más volátil, Cuando se hace hervir una mezcla de compuestos, su temperatura de ebullición depende de la composición (**diagrama de equilibrio temperatura-composición**). El vapor que se obtiene se puede condensar (destilado), que está formado, fundamentalmente, por el componente más volátil.

Los dispositivos de destilación son columnas de platos o columnas de relleno, cuyo objetivo es lograr un contacto íntimo entre las dos fases para que se produzca la transferencia de materia.

Materiales y Reactivos.-

- 20 litros de alcohol etílico
- 20 litros de agua
- Probeta graduada
- Vaso de precipitación
- Alcoholímetro
- Columna de destilación
- Baldes
- Cronómetro

Procedimiento.-

- Lavar el tanque de almacenamiento donde se colocará la mezcla.
- Se llenó el tanque de alimentación con la mezcla de 20 litros de alcohol etílico y 20 litros de agua.
- Se prendió la bomba de alimentación de la columna de destilación.
- Se cerraron las válvulas de ingreso de vapor, mientras el Rehervidor se llenaba de la mezcla.
- Se abrieron las válvulas de recuperación del condensado de vapor de agua.
- Una vez que se haya tenido la presión adecuado de 60 PSI en el caldero, procedimos a abrir lentamente la válvula de ingreso de vapor de agua a la columna de destilación.
- Con la válvula reguladora, nos ayudamos para que la presión se mantenga en 10 PSI.
- Se abrió hasta la mitad la válvula de la línea de venteo ubicada en la parte superior de la columna de destilación.
- A los 5 minutos de haber permitido el paso de vapor al rehervidor y al precalentador de la alimentación, se encendió la torre de enfriamiento para que nos provea de agua a los diferentes intercambiadores de calor de la Columna de

Destilación.

- Una vez que se observó que empezó a desprender vapor por la línea de venteo, se la cerró.
- Se almacenó el producto destilado en un recipiente situado en la parte lateral superior derecha de la columna de destilación.
- Analizar la concentración del producto obtenido.
- El vapor de agua condensado producto de nuestra rectificación se almacenó en un recipiente y fue enviado de regreso a la caldera para su reutilización, el cual llegó a altas temperatura a la caldera, ahorrando combustible y por ende costos económicos.
- El agua que llegó de la torres de enfriamiento a los intercambiadores de calor de la columna de destilación fue enviado de vuelta al lugar donde provino mediante tuberías impulsadas por una bomba.
- Se apagan las bombas de alimentación y de recirculación a la torre de enfriamiento.
- Se cierran todas las válvulas de ingreso de vapor que se abrieron.
- Cerramos las válvulas de salida del condensado.

Resultados.- Utilizamos un volumen total de 40 litros de mezcla, el cual lo fraccionamos en 50% de alcohol etílico y 50% de agua, lo que consistía en mezclar 20 litros de alcohol etílico, el cual tenía una concentración de 55° GL y 20 litros de agua, una vez que los mezclamos, medimos la concentración de alcohol y obtuvimos 38° GL, la alimentación la ingresamos entre el plato 10 y 11, situados en el 4to tramo de la columna de destilación; y trabajamos con una presión de vapor de 10 PSI, al cabo de 22 minutos, la concentración alcohólica subió a 71°GL, después de 5 minutos tomamos otra muestra, y el concentración se mantuvo a 70° GL.

Recomendaciones.- Al realizar una corrida de estas características, comprobamos que la presión recomendable a trabajar es 10 psi, y se sugiere estar midiendo el grado alcohólico en periodos de tiempo no muy distantes.

Bibliografía.-

<http://www4.ujaen.es/~ecastro/proyecto/operaciones/materia/destilacion.html#>
Guía de Operaciones, Procesos e Instalaciones Industriales

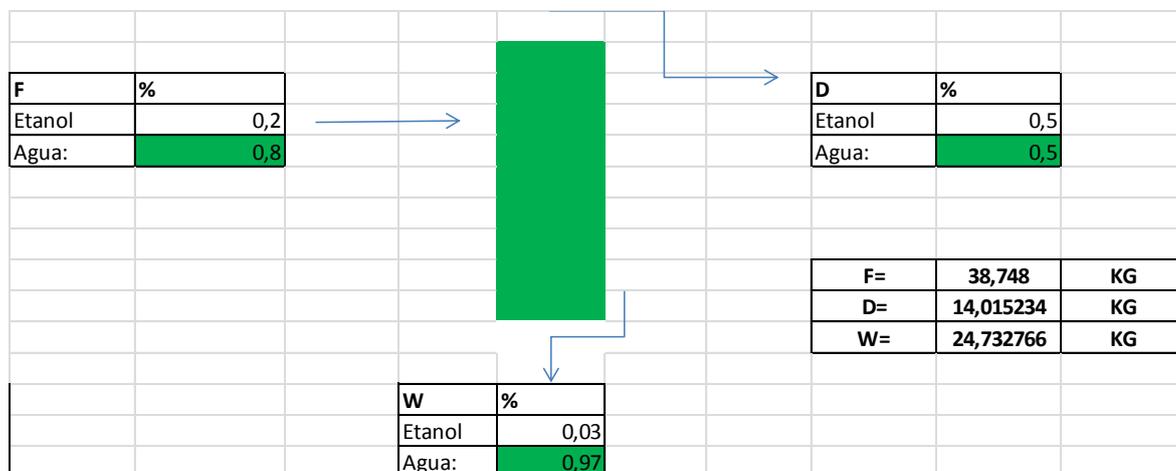
Para la **segunda práctica** utilizamos un volumen total de 40 litros de mezcla, el cual lo fraccionamos en 50% de alcohol etílico y 50% de agua, lo que consistía en mezclar 20 litros de alcohol etílico, el cual tenía una concentración de 55° GL y 20 litros de agua, una vez que los mezclamos, medimos la concentración y obtuvimos 38° GL, la alimentación la ingresamos entre el plato 10 y 11, situados en el 4to tramo de la columna de destilación; y la presión de vapor con la que trabajamos fue de 10 PSI, a los 5 minutos de haber permitido el paso de vapor hacia el Rehervidor y hacia el pre calentador, procedemos a encender la bomba de recirculación de la torre de enfriamiento, luego de 20 minutos de iniciada nuestra práctica, tomamos una muestra del alcohol etílico destilado, y obtuvimos una concentración de 71°GL.

La masa inicial de la mezcla 38°GL fue de 24.88 gramos y la masa final del producto destilado fue de 26.62 gramos, teniendo una eficiencia de 68,8 %.

En esta práctica determinamos que 10 PSI, es la presión adecuada para trabajar en una rectificación, ya que en la primera práctica realizada trabajamos con 15 PSI, y tuvimos el inconveniente de que a los 25 minutos se nos empezó a condensar agua.

11.3. CÁLCULOS

Para la primera práctica tenemos los siguientes cálculos:



Cantidad inicial	40	Litros
Densidad	0,9687	Kg/litros
Concentración	20	°GL
Masa total inicial	38,748	Kg
Masa inicial del agua	32	Kg
Masa inicial del etanol	6,748	Kg
Peso molecular del etanol	46,067	Kg/kgmol
Peso molecular del agua	18,015	Kg/kgmol
Alimentación	38,748	Kg

Compuesto	Masa Inicial (Kg)	Moles iniciales (kgmol)	Fracción kgmol
Etanol	6,748	0,146482298	0,076182564
Agua	32	1,77629753	0,923817436
Total	38,748	1,922779827	1

Balance General de Materia para un proceso batch

BALANCE GENERAL				
F	=	D	+	W
38,748	=	D	+	W
D	=	38,748	-	W
D	=	38,748	-	24,732766
D	=	14,01523404	Kg	

Balance para el compuesto más volátil

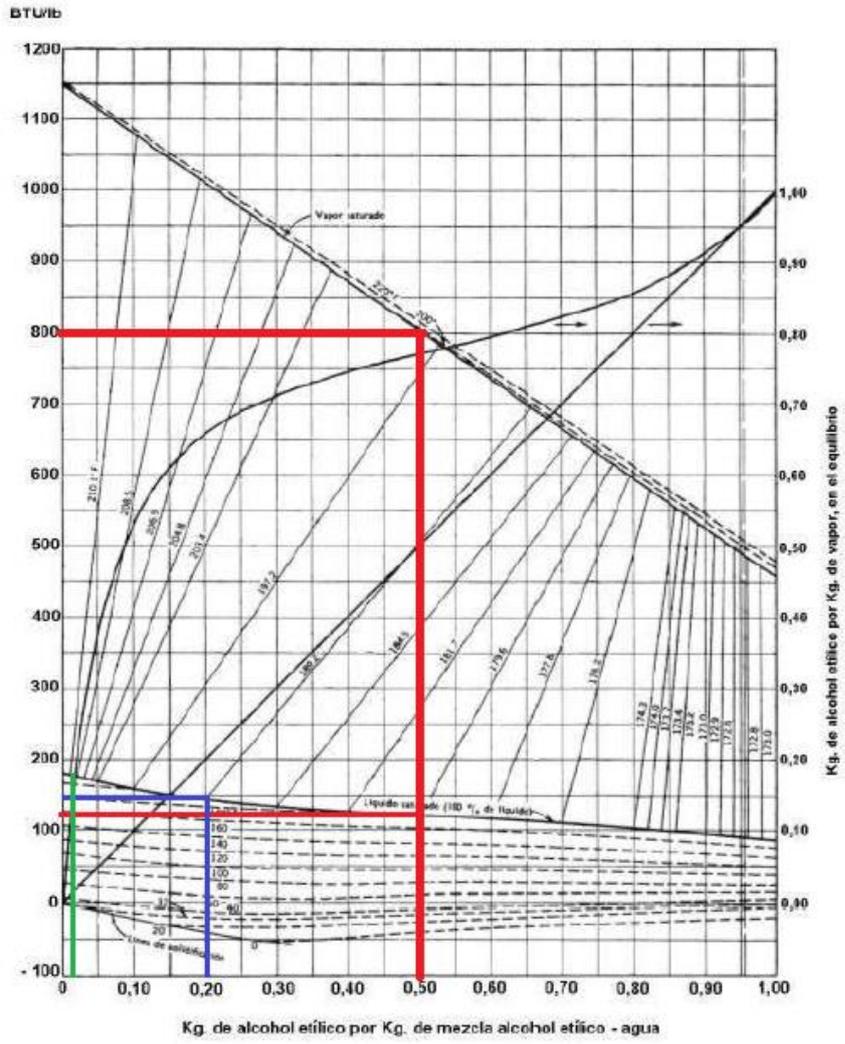
BALANCE PARA EL COMPONENTE MÁS VOLATIL (ETANOL)										
38,748										
	0,2	=	D			*	0,5	+	W	0,03
7,7496	Kg	=	38,748	-	W	*	0,5	+	W	0,03
7,7496	Kg	=	19,374	-	W		-0,5	+	W	0,03
-11,6244	Kg	=	-0,47							
	W	=	24,73276596	Kg						

Balance de Energía

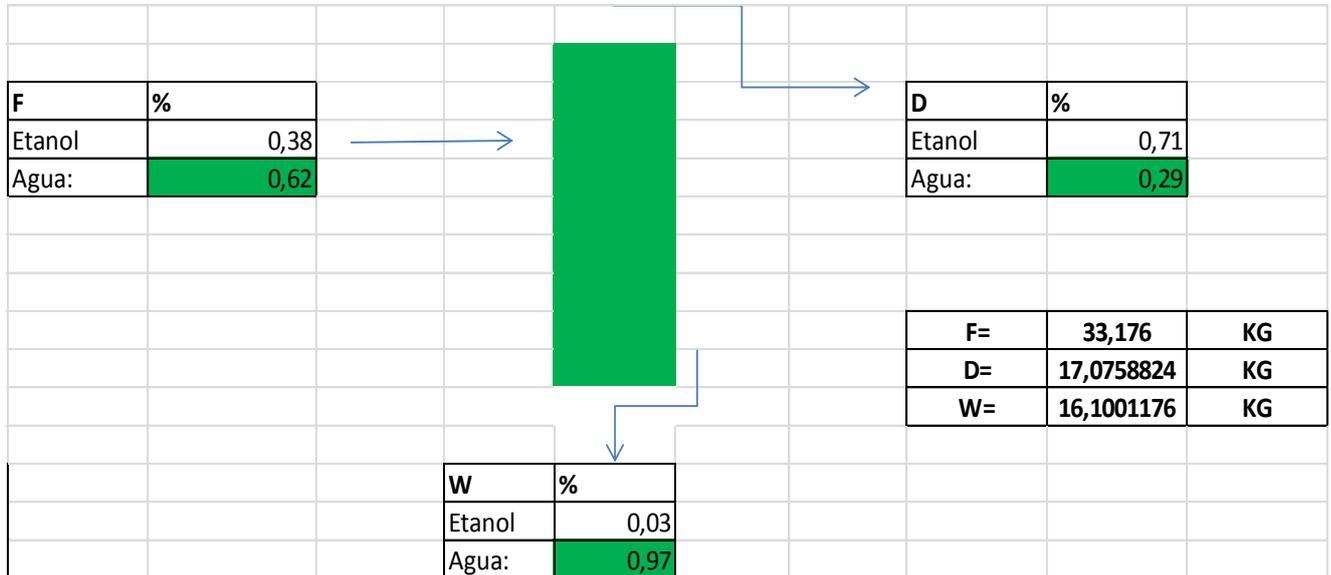
BALANCE DE ENERGÍA								
F ^h f	+	qr	=	Qc	+	D ^h d	+	W ^h w
Qr	=	qc	+	D ^h d	+	W ^h w	-	F ^h f
Qr	=	84576,33135	+	4879,40373	+	10045,831	-	11241,764
Qr	=	88259,8028	Kj					

qc	=	LO/D	+	1	*	^h f	-	^h d	*	D
qc	=	3	+	1	*	1856,8	-	348,15	*	14,01523
qc	=	3	+	1	*	1508,65			*	14,01523
qc	=	4			*	21144,083				
qc	=	84576,33135	Kj							

^h f	=	800	BTU/Lb	=	1856,8	KJ/Kg
^h f	=	125	BTU/Lb	=	290,125	KJ/Kg
^h d	=	150	BTU/Lb	=	348,15	KJ/Kg
^h w	=	175	BTU/Lb	=	406,175	KJ/Kg



Para la segunda práctica tenemos los siguientes cálculos:



Cantidad inicial	40	Litros
Densidad	0,9378	Kg/litros
Concentración	38	°GL
Masa total inicial	37,512	Kg
Masa inicial del agua	24,8	Kg
Masa inicial del etanol	12,712	Kg
Peso molecular del etanol	46,067	kg/kgmol
Peso molecular del agua	18,015	kg/kgmol
Alimentación	37,512	Kg

Compuesto	Masa Inicial (Kg)	Moles iniciales (kgmol)	Fracción kgmol
Etanol	12,712	0,275945905	0,166979203
Agua	24,8	1,376630586	0,833020797
Total	37,512	1,652576491	1

Balance General de Materia para un proceso batch

BALANCE GENERAL				
F	=	D	+	W
37,512	=	D	+	W
D	=	37,512	-	W
D	=	37,512	-	18,2043529
D	=	19,30764706	Kg	

Balance para el compuesto más volátil

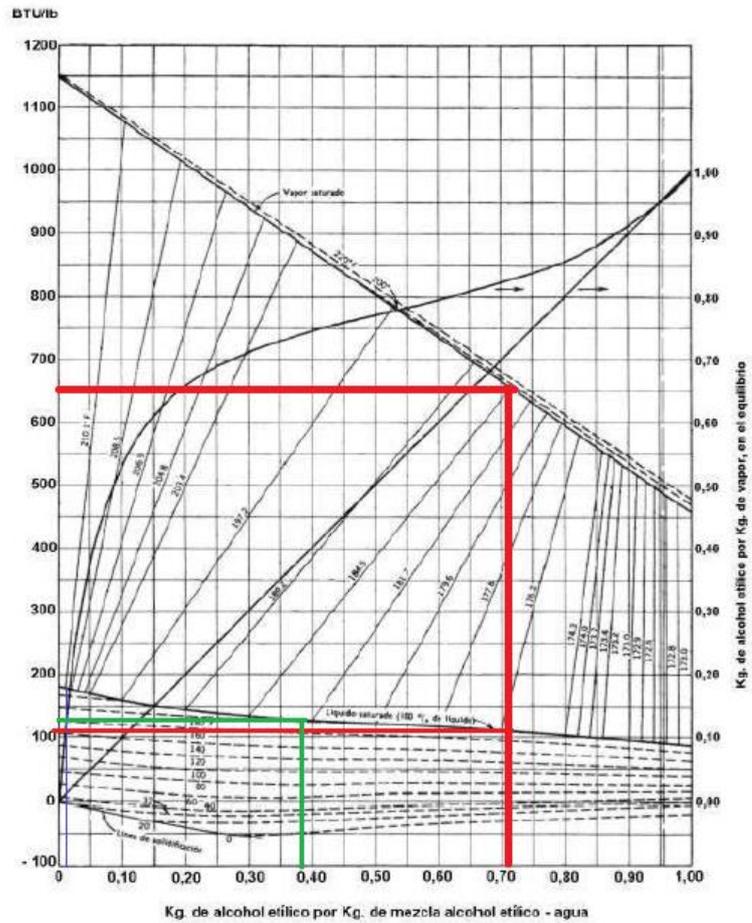
BALANCE PARA EL COMPONENTE MÁS VOLATIL (ETANOL)										
37,512	0,38	=	D			*	0,71	+	W	0,03
14,25456	Kg	=	37,512	-	W	*	0,71	+	W	0,03
14,25456	Kg	=	26,63352		-	W	-0,71	+	W	0,03
-12,37896	Kg	=	-0,68							
	W	=	18,20435294	Kg						

Balance de Energía

BALANCE DE ENERGÍA								
F \hat{h} f	+	q _r	=	q _c	+	D \hat{h} d	+	W \hat{h} w
Q _r	=	q _c	+	D \hat{h} d	+	W \hat{h} w	-	F \hat{h} f
Q _r	=	92314,88058	+	6049,76159	+	7394,1531	-	9577,1887
Q _r	=	96181,6065	Kj					

Q _c	=	LO/D	+	1	*	\hat{h} f	-	\hat{h} d	*	D
Q _c	=	3	+	1	*	1508,65	-	313,335	*	19,30765
Q _c	=	3	+	1	*	1195,315			*	19,30765
Q _c	=	4			*	23078,72				
Q _c	=	92314,88058	Kj							

\hat{h} f	=	650	BTU/Lb	=	1508,65	KJ/Kg
\hat{h} f	=	110	BTU/Lb	=	255,31	KJ/Kg
\hat{h} d	=	135	BTU/Lb	=	313,335	KJ/Kg
\hat{h} w	=	175	BTU/Lb	=	406,175	KJ/Kg



La eficiencia de esta segunda práctica se obtuvo de la siguiente manera:

$$Eficiencia = \frac{etanol\ destilado}{etanol\ alimentado} \times 100$$

$$Eficiencia = \frac{0.8752 \frac{Kg}{L} \times 10L}{12.712\ kg} \times 100 = 68.8\%$$

11.4. ÍNDICE DE COSTOS

Con el afán de cumplir uno de los objetivos de este proyecto de tesis, hemos realizado un índice de costos en una de las prácticas ejecutadas, el mismo que servirá como base de cálculos para futuras prácticas a realizar por parte de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Química.

Costos de Diésel.- El caldero de nuestro laboratorio de operaciones unitarias tiene una capacidad en volumen de 225 galones, el mismo posee un altura de 180 cm, si dividimos podemos deducir que por cada centímetro que disminuye el nivel diésel, estaríamos ocupando 1.25 galones. Por lo tanto en nuestra corrida debemos medir el nivel inicial de diésel en la caldera, y hacemos lo mismo una vez finalizada la misma, observando que el nivel del diésel disminuyo 1,5 centímetros con respecto al nivel inicial, lo que quiere decir que en nuestra corrida hemos utilizado 1,875 galones, conociendo que el costo del galón de diésel es de \$1, hemos gastando \$1,87.

Costos de Agua.- La cisterna que abastece de agua al laboratorio de operaciones unitarias tiene un volumen de 1946,552 galones, el cual lo determinamos midiendo el largo (310 cm), el ancho (167 cm) y la altura del mismo (141 cm). Si dividimos el volumen total para la altura de la cisterna podemos deducir que por cada centímetro que disminuye el nivel agua, estaríamos ocupando 13.80 galones (0,05m³). Medimos el nivel inicial de agua existente en la cisterna, realizamos lo mismo una vez haya culminado la corrida. La medida de diferencia entre estos niveles será la cantidad de vapor de agua utilizada en nuestra práctica.

El costo del m³ de agua en el país es de \$0,45, si durante nuestra práctica el nivel del agua de la cisterna descendió 24 cm, habremos consumido 1,2 m³, lo que equivaldría a \$0,54.

Costos de la muestra.- Para nuestra práctica, utilizamos 20 Litros de alcohol etílico en el cantón Junín, el cual tenía un precio de \$1,625 el litro, lo cual nos indica que la inversión fue de un precio total de \$32.5.

Costos Eléctricos.- El consumo eléctrico de nuestra práctica lo determinamos de la siguiente manera: multiplicamos la potencia eléctrica de la bomba, por el tiempo de operación de la corrida, por el costo de kilowatt – hora en Ecuador, este cálculo lo

realizamos o realizaremos en las tres bombas que están incorporadas a la columna de destilación del laboratorio.

Costo de la corrida en la bomba de alimentación

$$= 0.37 \text{ Kw} \times 0.75 \text{ horas de operación} \times \frac{0.11\$}{\text{Kw} - h} = 0.03\$$$

Costo de la corrida en la bomba de retorno de agua a la torre de enfriamiento

$$= 0.37 \text{ Kw} \times 1 \text{ hora de operación} \times \frac{0.11\$}{\text{Kw} - h} = 0.04\$$$

El gasto económico de las dos bombas utilizadas equivale a 7 centavos de dólar.

El índice de costos total de una de las corridas equivale a \$34.985

Gasto	Total (\$)
Diésel	1.875
Agua	0.54
Alcohol etílico	32.5
Costos eléctrico	0.07
TOTAL	34.985

12.CONCLUSIONES

- ✓ Se puso a punto la Columna de Destilación del Laboratorio de Operaciones Unitarias mediante una repotenciación de parte de los egresados de Ingeniería Química en conjunto con un equipo de técnicos especializados en el tema, llegando a mejorar su eficiencia gracias a todos los cambios implementados.

- ✓ Realizamos dos prácticas una vez que la Columna de Destilación fue probada con vapor y con agua de la torre de enfriamiento, para comprobar que no tuviese fugas y que esté totalmente repotenciada y apta para su funcionamiento, con el afán de garantizar que su uso y eficiencia sea el adecuado para la comunidad universitaria.

- ✓ Mediante las prácticas realizadas pudimos demostrar que los cambios de accesorios garantizan un correcto funcionamiento de la Columna de Destilación, además durante el desarrollo de la Repotenciación del equipo nos fue posible indicar la utilidad de cada uno de sus instrumentos y componentes mediante la actualización del manual existente.

- ✓ Una vez concluida una de las prácticas pudimos determinar un índice de costo para una de las corridas realizadas en la Columna de Destilación, el cual servirá como presupuesto aproximado y como base de cálculos para las futuras prácticas a realizar por parte de los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Química de la Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas, de la Universidad Técnica de Manabí.

13.RECOMENDACIONES

- ✓ Se hace imperativo que exista personal técnico y docente profesionales en la rama de Ingeniería Química, debido a que dichos profesionales poseen la formación y capacitación acorde sobre el manejo de equipos de Operaciones Unitarias, para que se brinde un uso y mantenimiento adecuado a dichos equipos.
- ✓ Se considera necesario revisar el manual de procedimientos antes de realizar una práctica en el equipo de destilación, verificar el estado de las válvulas y equipos auxiliares de la columna de destilación del laboratorio.
- ✓ Es importante que las prácticas se realicen bajo la supervisión de un docente capacitado, y en ningún caso se permitirá que los estudiantes se encuentren sin la presencia del respectivo docente.
- ✓ Se recomienda planificar la adquisición de los insumos para la práctica con la debida anterioridad, considerando el índice de costos establecidos en este proyecto de investigación.
- ✓ Es de vital importancia que se establezca por parte del personal encargado un cronograma de los mantenimientos preventivos y predictivos, así mismo dicho personal solicite a las autoridades competentes la realización de los mantenimientos correctivos.

14.BIBLIOGRAFÍA

- Acedo.J. (2003). *Control Avanzado de Procesos Teoría y Práctica*. España: Díaz de Santos, S.A. Pág 459-460.
- Acedo.J. (2006). *Instrumentación y Control Avanzado de Procesos*. España: Edigrafos S.A. Pág 559.
- Betancourt.R. (2003). *Transferencia Molecular de Calor, Masa y/o Cantidad de Movimiento*. Manizales: Centro de Publicaiones Universidad Nacional de Colombia Pág 13.
- Bohorquez.P. (s.f.). *Historia de la Destilación*. www.alambiques.com Pérez Bohorquez S.A.
- Cengel.Y. (2004). *Transferencia de Calor 2da Edición*. México: McGraw-Hill Interamericana Pág 667.
- Climent.M. (2005). *Experimento en Químico: Química Orgánica*. Valencia: UPV Pág 97.
- Cortés, E. V. (s.f.). *Laboratorio de Operaciones Unitarias de Ingeniería Química*. México: Universidad Politécnica de Tlaxcala.
- Costa.J. (1991). *Curso de Ingeniería Química*. Barcelona: Reverté Pág 37.
- Costa.J. (1991). *Curso de Ingeniería Química. Introducción a los procesos, las operaciones unitarias y los fenómenos de transporte*. Barcelona: Reverté Pág 43.
- Cuesta.P, P. J. (2004). *Operaciones de Separación en Ingeniería Química*. MADRID: PEARSON.
- Durst.H. (2007). *Química Orgánica Experimental*. Barcelona: Reverté Pág 38-39.
- Franco.J. (2006). *Manual de Refrigeración*. Barcelona: Reverté Pág 103.
- Geankoplis.C. (1998). *Procesos de transporte y operaciones unitarias*. México: CECSA Pág. 718-719-720-721-722
- Groover.M. (1997). *Fundamentos de Manufactura Moderna*. México: Pearson Pág 422.

- Gutierrez.A. (2003). *Diseños en Procesos de Ingeniería Química III*. Barcelona: Reverté Pág 149-150.
- Happel.J. (1981). *Economía de los Procesos Químicos*. Barcelona: Reverte Pág 390.
- Hernández.E. (2009). *Fundamento de Aire Acondicionado y Refrigeración*. México: Limusa S.A. Pág 115.
- Himmelblau.D. (1997). *Principios Básicos y Cálculos en Ingeniería Química Sexta Edición*. New Jersey: Pearson Pág 1.
- <http://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r104319.PDF>. (s.f).
Fundamentos de Procesos de Destilación. Capítulo I.
- Ibarz.A. (2005). *Operaciones Unitarias en la Ingeniería de Alimentos*. Madrid: Mundi-Prensa Pág 31.
- Maupoey.P. (2001). *Introducción al Secado de Alimentos por Aire Caliente*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia Pág 24-25.
- Molina.P. (1989). *Prácticas de Química Orgánica*. Murcia: Campobell, S.A. Murcia Pág 9.
- Muñoz.V. (2013). *Operaciones Unitarias y Reactores Químicos*. Madrid: Edición Digital Pág 15-16.
- Notas para la Historia de la Destilación*. (2006). Madrid.
- Orrego.C. (2003). *Procesamiento de Alimentos*. Manizales: Centro de Publicaiones Universidad Nacional de Colombia Pág 278.
- Otero.J. (2006). *Notas para la Historia de la Destilación*. Madrid: TÉBAR, S.L. Pág 20.
- Rapín.P. (1997). *Instalaciones Frigoríficas Tomo Física Aplicada*. Barcelona: BoixareuPág 496-497-498.
- Valderrama.J. (1998). *Información tecnológica*. La Serena, Chile: Rosales Pág 370.
- Wankat.P. (2008). *Ingeniería de Procesos de Separación*. México: PEARSON.

FUENTES

- ✓ [http://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r104319.PDF.](http://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r104319.PDF)
(s.f.). Fundamentos de Procesos de Destilación. Capítulo I.
- ✓ <http://operacionesunitariaspcga.blogspot.com/2010/08/destilacion.html>
- ✓ <http://repositorio.utm.edu.ec/bitstream/123456789/5112/1/IQ2009-0002-0002.pdf>
- ✓ <http://www.uaeh.edu.mx/docencia/Tesis/icbi/licenciatura/documentos/Temas%20selectos%20de%20operaciones%20unitarias.pdf>
- ✓ [www.tec.url.edu.gt/boletin/URL/ 13 QUI03.pdf](http://www.tec.url.edu.gt/boletin/URL/13_QUI03.pdf)
- ✓ [file:///C:/Users/cliente/Downloads/GPL 4 Spanish 07 08.pdf](file:///C:/Users/cliente/Downloads/GPL_4_Spanish_07_08.pdf)

15. ANEXOS

SUSTENTABILIDAD Y SOSTENIBILIDAD

SUSTENTABILIDAD

La ejecución de este trabajo ha sido sustentable, pues mediante una profunda evaluación de la Columna de Destilación del Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas, de la Universidad Técnica de Manabí, nos hemos percatado que estas falencias en dichos equipos son la causa de que los estudiantes no puedan realizar sus prácticas de la manera más eficaz y confiable.

Por lo tanto, todo lo propuesto fue posible, aceptable y necesario, en consecuencia es sustentable, porque en el desarrollo de esta tesis de grado se muestra la repotenciación del equipo especificado anteriormente.

SOSTENIBILIDAD

Una vez repotenciada la Columna de Destilación y su puesta en marcha podemos decir que el presente trabajo es sostenible ya que los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad Técnica de Manabí podrán realizar sus prácticas implementando lo teóricamente aprendido sintiéndose de esta manera beneficiados.

PRESUPUESTO

“REPOTENCIACIÓN DE LA COLUMNA DE DESTILACIÓN DEL LABORATORIO DE OPERACIONES UNITARIAS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS, FÍSICAS Y QUÍMICAS, DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ”

ENTIDAD: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ

POSTULANTES: Burgos Briones Gabriel Alfonso, Torres Santana Adriana Jacqueline.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	PRECIO
1	Repotenciación del equipo	3000,00
2	3 canecas de Diésel	18,00
3	50 litros de alcohol etílico	65,00
3	Transporte	70,00
4	Alimentación	120,00
5	Impresión de tesis	100
TOTAL		3373,00

Son: Tres mil trescientos setenta y tres 00/100 dólares

Burgos Briones Gabriel Alfonso

Torres Santana Adriana Jacqueline

CRONOGRAMA VALORADO

CRONOGRAMA VALORADO DE ACTIVIDADES REALIZADAS												
“REPOTENCIACIÓN DE LA COLUMNA DE DESTILACIÓN DEL LABORATORIO DE OPERACIONES UNITARIAS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS, FÍSICAS Y QUÍMICAS, DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ”												
ENTIDAD: Universidad Técnica de Manabí												
AUTORES: Burgos Briones Gabriel Alfonso, Torres Santana Adriana Jacqueline.												
ITEM	ACTIVIDADES	PLAZO EN MESES										
		Julio-Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero - Febrero					
1	Elaboración de las técnicas de investigación	■										
2	Aprobación de las técnicas de investigación	■										
3	Presentación de primer avance			■								
4	Repotenciar y poner a punto la Columna de Destilación del Laboratorio de Operaciones Unitarias			■	■	■	■	■				
5	Demostrar en una práctica el uso de la columna de destilación.						■	■				
6	Actualizar el manual de operación de la Columna de Destilación				■	■	■	■				
7	Presentación del segundo avance						■					
8	Entrega de trabajo final										■	
9	Corrección de trabajo final de tesis										■	
10	Sustentación de tesis ante el tribunal de evaluación y revisión											■

MATRICES
MATRIZ DE LOS INVOLUCRADOS

GRUPOS E INSTITUCIONES	INTERESES	PROBLEMAS PERCIBIDOS	RECURSOS Y MANDATOS	INTERESES DEL PROYECTO	CONFLICTOS PARCIALES
Autoridades de la Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas de la Universidad Técnica de Manabí.	*Que los profesores a través de la utilización de laboratorios mejoren el proceso teórico práctico.	*El Destilador del laboratorio de operaciones unitarias carece de un mantenimiento adecuado para prácticas. *La Universidad Técnica de Manabí, no cuenta con recursos suficientes para repotenciar e implementar sus equipos con tecnología actualizada.	Apoyo a la gestión de los egresados de la Carrera de Ingeniería Química.	Beneficiar a toda la carrera de Ingeniería Química de la Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas.	Falta de interés por parte de los beneficiarios para el desarrollo del proyecto.
Docentes.	*Mejora los conocimientos teóricos-prácticos en los estudiantes.	*La carrera de Ingeniería Química carece de laboratorios actualizados en equipos para el óptimo desarrollo de prácticas.	*Se cuenta con recursos humanos y económicos. *Participación activa de los alumnos.	*Brindar nuevas técnicas de aprendizaje teórico-práctico.	Resistencia a los cambios.
Personal que labora en el Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Carrera de Ingeniería Química.	*Tener conocimientos del manejo de equipos para brindar una correcta enseñanza de los mismos.	*Escasos conocimientos en la rama de las Operaciones Unitarias	*Conocimiento. *Predisposición.	Mejorar el interés del personal que trabajara en el laboratorio de Operaciones Unitarias de la Carrera de Ingeniería Química.	Poca capacitación.
Estudiantes.	*Adquirir conocimientos científicos acorde a la ciencia.	Poca iniciativa en repotenciar el laboratorio con tecnología actualizada.	Apoyo estudiantil.	*Que permita aplicar el conocimiento en el mejoramiento en sus enseñanzas para generar buenas prácticas de estudio.	Que no se ejecute el proyecto.

ÁRBOL DE PROBLEMAS

EFECTOS

Mínima realización de prácticas de parte de los estudiantes en el laboratorio de Operaciones Unitarias.

Poca utilidad del equipo lo que ha generado que poco a poco se valla volviendo obsoleto.

Déficit de conocimientos teóricos –prácticos en los estudiantes.

PROBLEMA

No existe una repotenciación adecuada en el Destilador del Laboratorio de Operaciones Unitarias.

C A U S A S

Limitado apoyo económico necesario para el mantenimiento respectivo del equipo.

Poca cultura en el ámbito investigativo acerca de la rama de la Destilación dentro de la Carrera de Ingeniería Química.

Reducido número de docentes expertos en la rama de la Destilación las Operaciones Unitarias.

ÁRBOL DE OBJETIVOS

FINES

Alta realización de prácticas de parte de los estudiantes en el laboratorio de Operaciones Unitarias.

Alta utilidad del equipo para evitar que poco a poco se valla volviendo obsoleto.

Conocimientos teóricos –prácticos adecuados en los estudiantes.

OBJETIVOS

Implementar un repotenciación adecuada en el Destilador del Laboratorio de Operaciones Unitarias.

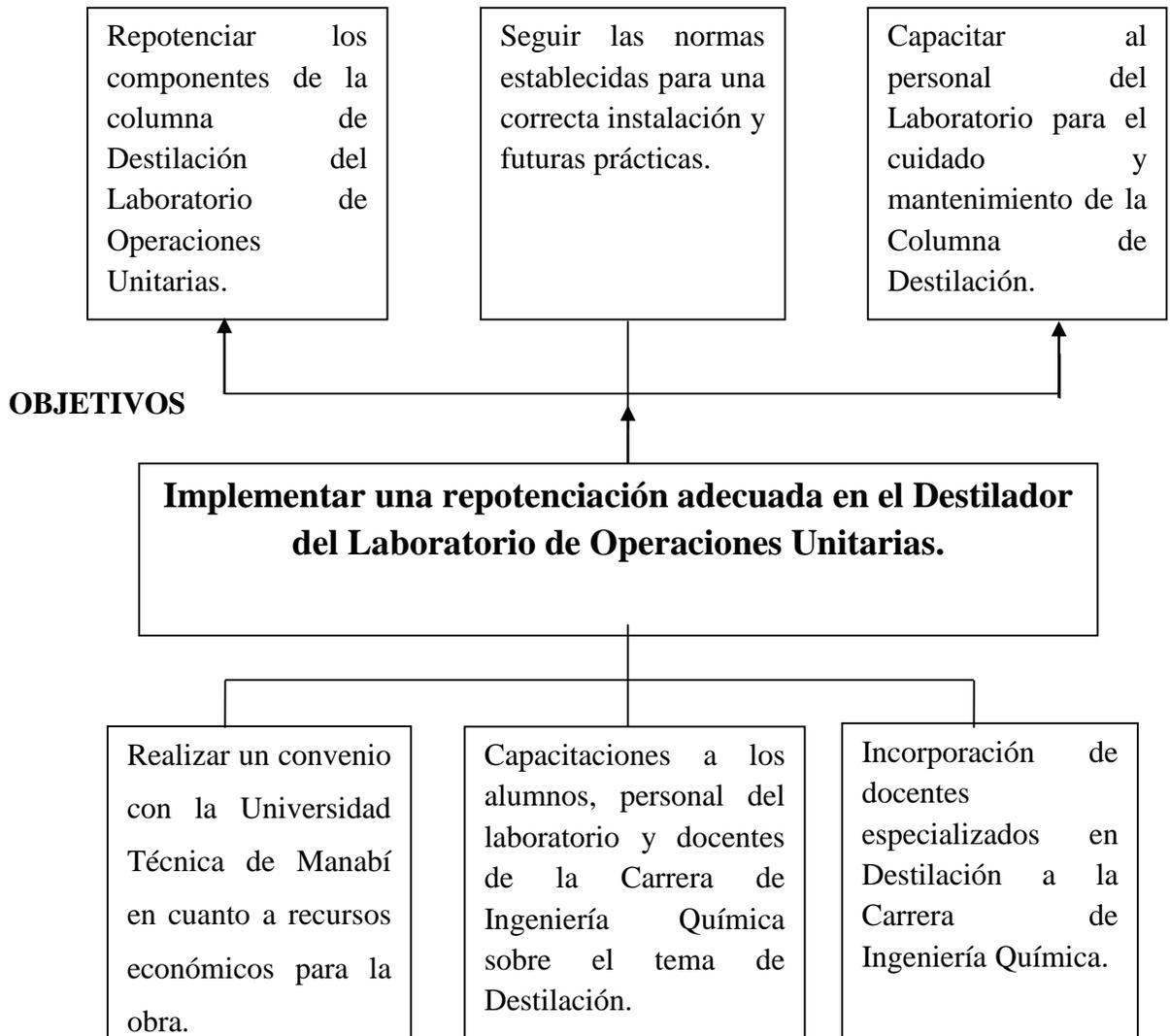
MEDIOS

Contar con apoyo económicos necesarios para la el mantenimiento respectivo del equipo.

Cultura en el ámbito investigativo acerca de la rama de la Destilación dentro de la Carrera de Ingeniería Química.

Gran número de docentes expertos en la rama de la Destilación de las Operaciones Unitarias.

ÁRBOL DE ALTERNATIVAS



MATRIZ DE MARCO LÓGICO

OBJETIVOS	INDICADORES OBJETIVAMENTE VERIFICABLES	MEDIOS DE VERIFICACIÓN.	SUPUESTOS.
<p><u>FIN:</u></p> <p>Contar con una Columna de Destilación en óptimas condiciones para que el alumnado pueda realizar sus prácticas constantemente, contribuyendo así con el desarrollo de la carrera de Ingeniería Química.</p>	<p>A partir de Diciembre del 2014 la carrera de Ingeniería Química de la Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas prestará servicios óptimos en el Destilador del laboratorio de Operaciones Unitarias con características modernas y adecuadas para de esta manera satisfacer las necesidades didácticas de los estudiantes.</p>	<p>*Inspecciones diarias. *Observación. *fotografías.</p>	<p>Disponer de una Columna de Destilación adecuada y actualizada en condiciones aptas para su uso.</p>
<p><u>PROPÓSITO:</u></p> <p>Contribuir a un mejor ambiente pedagógico a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Química beneficiando así investigaciones futuras.</p>	<p>Repotenciar la columna de destilación del laboratorio de Operaciones Unitarias.</p>	<p>*Observaciones diarias. *Fotografías. *Sondeo de opiniones.</p>	<p>Implementación de la Columna de Destilación laboratorio de Operaciones Unitarias fundamentados en normas generales y necesidades a utilizar en prácticas.</p>
<p><u>PRODUCTO:</u></p> <p>Profundizar la calidad de aprendizaje añadiéndole a la teoría la parte práctica con la ayuda de la repotenciación de la columna de destilación del Laboratorio de Operaciones Unitarias.</p>	<p>Se incluirán al menos dos prácticas, un diagrama y un manual para la Columna de destilación del Laboratorio de Operaciones Unitarias de la carrera de Ingeniería Química, garantizando su calidad.</p>	<p>*Observación. *Fotografías. *Informes presentados.</p>	<p>Predisposición de autoridades, docentes y egresados en apoyar la repotenciación y la implementación de la columna de destilación del laboratorio de Operaciones Unitarias de la Carrera de Ingeniería Química de la Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas.</p>
<p><u>ACTIVIDADES:</u></p> <p>Poner a punto la columna de destilación del laboratorio de operaciones unitarias.</p>	<p>Los costos generados en la ejecución de proyecto serán generados por los autores del proyecto.</p>	<p>*Facturas *Notas de ventas. *Fotos *Acta de entrega-recepción de materiales. *Documentos</p>	<p>Existencias de recursos económicos disponibles para la repotenciación e implementación de la columna de destilación del laboratorio.</p>

REPOTENCIACIÓN DEL EQUIPO

Columna de Destilación, Vista Frontal al Inicio del Proyecto



Vista Superior al Inicio del Proyecto



Vista Posterior al Inicio del Proyecto



Se extrajeron las bombas para su mantenimiento



Extracción de condensadores para limpieza y cambio de empaques



a

|1Cambio de empaques y limpieza del intercambiador del calor del Rehervidor



Cambio de empaques y limpieza del Enfriador del Producto de Cola



Mantenimiento y cambio de una de las botoneras del Tablero de la Columna



Cambio de 3 Válvulas de 1/2" para vapor, Nibco - presión de diseño 150psi



Nueva línea de entrada de vapor de agua procedente de la caldera



Recuperación del condensado para reenviarlo a un recipiente de almacenamiento



Fuga en el condensador al momento de probar la columna de destilación



Prácticas con Alcohol - Etílico



Prácticas con Alcohol - Etílico



ACTUALIZACIÓN DEL MANUAL EXISTENTE DE LA COLUMNA DE DESTILACIÓN



Una operación unitaria es cada una de las acciones necesarias de transporte, adecuación y/o transformación de las materias implicadas en un proceso químico.



MANUAL COLUMNA DE DESTILACIÓN LABORATORIO DE OPERACIONES UNITARIAS

LABORATORIO DE OPERACIONES

UNITARIAS

ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA DE LA

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS,

FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LA UNIVERSIDAD

TÉCNICA DE MANABÍ

LA PRIMERA IMPRESIÓN DE ESTE MANUAL FUE

REALIZADA POR:

Bardis Vélez Magdalena

Macías Saltos Alexis Bolívar

Muñoz Rivas Byron Javier

Sánchez Mendoza Virginia Annabelt

Bajo la Dirección del Ing. Francisco Sánchez Plaza

Portoviejo, Noviembre 2009

LA REEIMPRESIÓN DE ESTE MANUAL FUE

REALIZADA POR:

Burgos Briones Gabriel Alfonso

Torres Santana Adriana Jacqueline

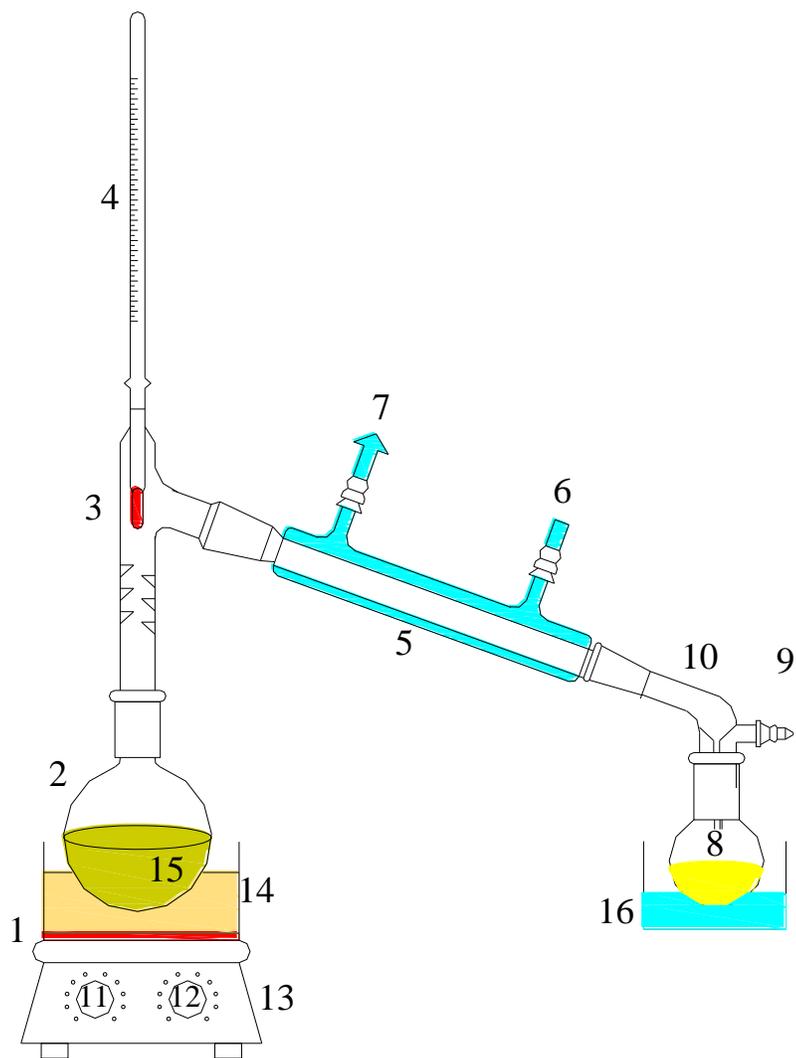
Portoviejo, Enero 2015

Bajo la Dirección de la Ing. Virginia Sánchez

Mendoza

ACTUALIZACIÓN DEL MANUAL EXISTENTE
DE LA COLUMNA DE DESTILACIÓN





OPERACIONES UNITARIAS

UNA OPERACIÓN UNITARIA ES CADA UNA DE LAS ACCIONES NECESARIAS DE TRANSPORTE, ADECUACIÓN Y/O TRANSFORMACIÓN DE LAS MATERIAS IMPLICADAS EN UN PROCESO QUÍMICA.

LA INSTALACIÓN DONDE SE LLEVE A CABO UNA OPERACIÓN UNITARIA DETERMINADA CONSTITUYE UNA UNIDAD DE PROCESO, CUYO DISEÑO ES ESPECÍFICO Y SIMILAR, CUALESQUIERA QUE SEAN EL PROCESO Y EL TIPO Y CONDICIONES DE LAS MATERIAS TRATADAS.

LA FINALIDAD DE LAS OPERACIONES UNITARIAS ES LA SEPARACIÓN DE DOS O MÁS SUSTANCIAS PRESENTES EN UNA MEZCLA, O BIEN EL INTERCAMBIO DE UNA PROPIEDAD DEBIDO A UN GRADIENTE. LA SEPARACIÓN SE LOGRA MEDIANTE UN AGENTE SEPARADOR, QUE ES DISTINTO DEPENDIENDO DE LA PROPIEDAD QUE SE TRANSFIERA.

OBJETIVO DE LA ACTUALIZACIÓN ESTE MANUAL
EXISTENTE DE LA COLUMNA DE DESTILACIÓN

DETALLES ESPECÍFICOS DE LA COLUMNA DE DESTILACIÓN DEL LABORATORIO DE OPERACIONES UNITARIAS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS, FÍSICAS Y QUÍMICAS, DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ PARA QUE LOS ESTUDIANTES PUEDAN INSTRUIRSE SOBRE EL USO CORRECTO DE LA MISMA Y CON LA VIGILANCIA DE UN DOCENTE ESPECIALIZADO EN EL TEMA PUEDAN REALIZAR SUS PRÁCTICAS CON LA MAYOR EFICIENCIA POSIBLE.

INTRODUCCIÓN

LA DESTILACIÓN ES LA OPERACIÓN DE SEPARACIÓN MÁS ANTIGUA Y LA OPERACIÓN UNITARIA MÁS AMPLIAMENTE UTILIZADA EN LA INDUSTRIA.

LA DESTILACIÓN UTILIZA UN PRINCIPIO DE SEPARACIÓN MUY SIMPLE: UN CONTACTO ÍNTIMO SE DA ENTRE LA MEZCLA INICIAL Y UNA SEGUNDA FASE PARA MEJORAR UNA TRANSFERENCIA DE MASA EFECTIVA ENTRE ESAS DOS FASES.

LAS CONDICIONES TERMODINÁMICAS SON ESCOGIDAS DE TAL MANERA QUE, EL CONSTITUYENTE A SER SEPARADO DE LA MEZCLA INICIAL PASA A LA SEGUNDA FASE. LAS FASES SON SUBSECUENTEMENTE SEPARADAS EN DOS FASES SIMPLES CON DIFERENTES COMPOSICIONES.

“ESTE LABORATORIO CUENTA CON EQUIPO DISEÑADO PARA SU USO EN LAS PRÁCTICAS DE LAS ASIGNATURAS RELACIONADAS CON LAS OPERACIONES UNITARIAS”.

IMPORTANTES MEDIDAS DE SEGURIDAD E

HIGIENE

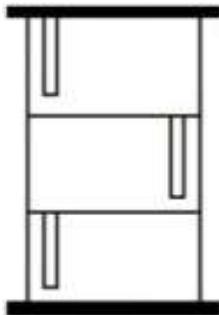
CUANDO SE ENCUENTRE OPERANDO CUALQUIER EQUIPO DE OPERACIONES UNITARIAS EN ESTE CASO EN LA MANIPULACIÓN DE LA COLUMNA DE DESTILACIÓN ES RECOMENDABLE SEGUIR CIERTAS PRECAUCIONES DE SEGURIDAD E HIGIENE BÁSICAS.

- MANTENER EL ÁREA DE TRABAJO LIMPIO Y DESPEJADO.
- UTILIZAR EL UNIFORME ADECUADO A LA PRÁCTICA (MANDIL, ZAPATOS CERRADOS, CASCO, GAFAS, GUANTES). SEGÚN LA PRÁCTICA QUE SE VAYA A REALIZAR
- OBSERVAR QUE TODAS LAS VÁLVULAS DE DICHO EQUIPO ESTÉN CERRADAS
- NO PONGAS EN FUNCIONAMIENTO UN CIRCUITO ELÉCTRICO SIN QUE EL PROFESOR HAYA REVISADO LA INSTALACIÓN.
- NO MANIPULE EL EQUIPO SIN CONOCER PERFECTAMENTE SU FUNCIONAMIENTO Y SIN LA SUPERVISIÓN QUE PARA CADA CASO SE DETERMINE.
- AL CONCLUIR UNA PRÁCTICA, VERIFICAR QUE TODAS LAS TOMAS DE AGUA, AIRE, VAPOR, ELÉCTRICAS U OTRAS EN EL LUGAR DE TRABAJO ESTÉN BIEN CERRADAS Y/O DESCONECTADAS.

COMPONENTES DE LA COLUMNA DE DESTILACIÓN

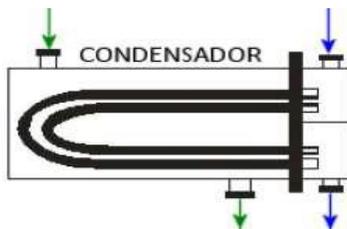
CUERPO DE LA COLUMNA

- Material de construcción: Acero inoxidable
- Número de cuerpos: Seis (6)
- Número total de platos: Diecisiete (17)
- Tipo de platos: Perforado
- Dimensiones del plato: 8 pulgadas
- Número de perforaciones del plato: 68 perforaciones
- Diámetro de las perforaciones del plato: 3 mm
- Altura entre plato y plato: 12.5 cm
- Diámetro del tubo de bajada: ½ pulgada
- Altura del tubo de bajada: 11.5 cm



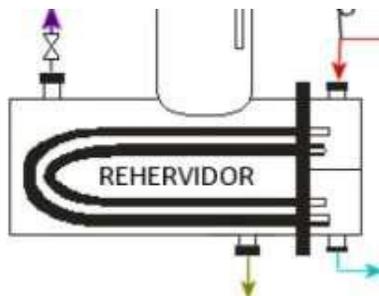
CONDENSADOR

- Tipo: Horizontal parcial
- Material de construcción de los tubos: Cobre
- Material de construcción de la carcasa: Acero inoxidable
- Número de tubos: Siete (7)
- Diámetro de los tubos: 5/8 pulgadas x 1/2 pulgada
- Flujo de fluidos interior de los tubos: Agua de enfriamiento
- Flujo de fluidos exterior de los tubos: Destilado



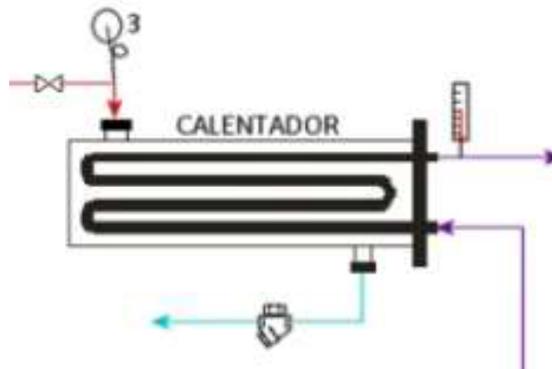
REHERVIDOR

- Tipo: Horizontal
- Material de construcción de los tubos: Acero inoxidable en U
- Material de construcción de la carcasa: Acero inoxidable
- Número de tubos: Siete (9)
- Diámetro de los tubos: 5/8 pulgadas x 1/2 pulgada
- Flujo de fluidos interior de los tubos: Vapor de agua
- Flujo de fluidos exterior de los tubos: Mezcla



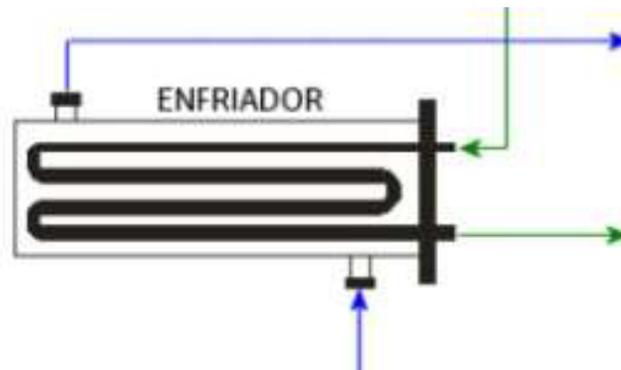
PRECALENTADOR DE ALIMENTO

- Tipo: Horizontal
- Tipo de serpentín: En U
- Material del serpentín: Cobre
- Material de la carcasa: Acero inoxidable
- Flujo de fluidos interior de serpentín: Mezcla
- Flujo de fluidos exterior del serpentín: Vapor de agua



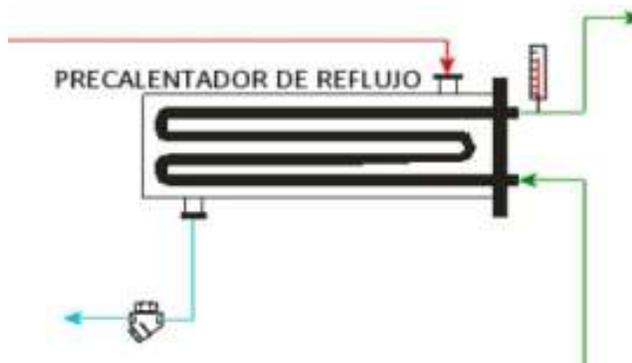
ENFRIADOR DE CONDENSADO ALCOHÓLICO

- Tipo: Horizontal
- Diámetro del serpentín: 5/8 pulgadas
- Material del serpentín: Cobre
- Material de la carcasa: Acero inoxidable
- Flujo de fluidos interior de serpentín: Agua de enfriamiento
- Flujo de fluidos exterior del serpentín: Vapor alcohólico



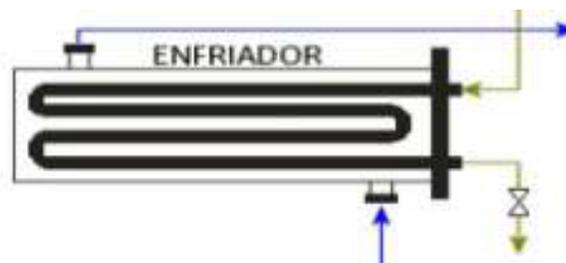
PRECALENTADOR DE REFLUJO

- Tipo: Horizontal
- Diámetro del serpentín: 5/8 pulgadas
- Material del serpentín: Cobre
- Material de la carcasa: Acero inoxidable
- Flujo de fluidos interior de serpentín: Condensado alcohólico
- Flujo de fluidos exterior del serpentín: Vapor de agua



ENFRIADOR DE PRODUCTO DE COLA

- Tipo: Horizontal
- Diámetro del serpentín: 5/8 pulgadas
- Material del serpentín: Cobre
- Material de la carcasa: Acero inoxidable
- Flujo de fluidos interior de serpentín: Producto de cola
- Flujo de fluidos exterior del serpentín: Agua de enfriamiento



BOMBAS

BOMBA DE ALIMENTO

- Tipo de bomba: Centrífuga
- Diámetro de succión: ½ pulgada
- Diámetro de descarga: ½ pulgada
- Voltaje: 115/230
- HP: 0.5
- Otras especificaciones: Marca PAOLO, 3400 RPM, 0.37 kW, color amarillo.



BOMBA DE REFLUJO

- Tipo de bomba: Centrífuga
- Diámetro de succión: ½ pulgada
- Diámetro de descarga: ½ pulgada
- Voltaje: 115/230
- HP: 0.5
- Otras especificaciones: Marca PAOLO, 3400 RPM, 0.37 kW, color blanco.



ROTÁMETRO

ROTÁMETRO DE ALIMENTACIÓN

- Rango de flujo de agua: 0 – 100 gal/h
- Rango de presión: 200 psiG (máximo)
- Rango de temperatura máxima: 250 °F (121 °C)



ROTÁMETRO DE REFLUJO

- Rango de flujo de agua: 0 – 100 gal/h
- Rango de presión: 200 psiG (máximo)
- Rango de temperatura máxima: 250 °F (121 °C)



TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE MEZCLA

- Material: PVC
- Diámetro: 38.5 cm
- Altura: 78 cm
- Volumen aproximado: 90.8 L



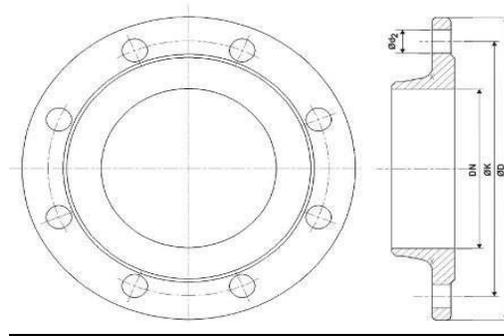
TANQUE DE ALMACENAMIENTO DEL DESTILADO

- Material: PVC
- Diámetro: 25 cm
- Altura: 50 cm
- Volumen aproximado: 23 L



Accesorios de la columna de destilación

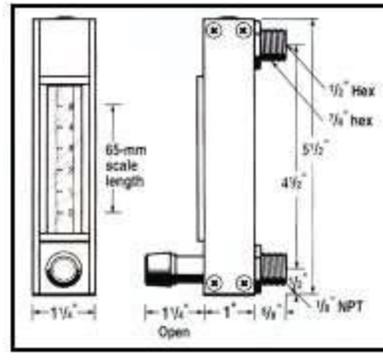
BRIDAS



Especificaciones:

- Material: acero inoxidable
- Diámetro externo ($\varnothing D$): 10"
- Diámetro interno (DN): 8"
- Diámetro perforación ($\varnothing d_2$): $\frac{3}{8}$ "
- Diámetro entre perforaciones opuestas ($\varnothing K$): 9"
- Número de perforaciones: 8

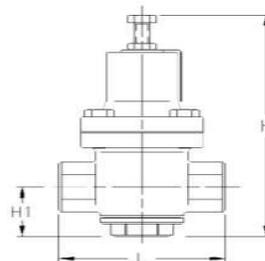
ROTÁMETROS DE ALIMENTACIÓN Y REFLUJO



Especificaciones:

- Marca Gilmont Accucal
- Exactitud: $\pm 5\%$ de la escala total
- Repetición: 0.5% de la escala
- Rango de flujo de agua: 0 – 100 gal/h
- Rango de presión: 200 psiG (máximo)
- Rango de temperatura máxima: 250 °F (121 °C)
- Escala calibrada (en mm) o lectura directa (métrica)
- Bloques finales humedecidos, accesorios y partes internas: Aluminio
- anodizado, latón, acero inoxidable 316.
- Material del sello: Buna N o Vitón.
- Placas laterales: Aluminio
- Tubo de medición: de vidrio borosilicato encerrado en el contenedor de la puesta en unidades
- Conexiones de tuberías: aluminio, latón o tungsteno Carbite o 316 SS, 1/8
- FNPT horizontal en la entrada y salida.
- Materiales de flotación: vidrio negro, 316 SS
- Escala: de cerámica fundido sobre el tubo de vidrio, longitud - 65mm.

REGULADOR DE PRESIÓN DE ACCIÓN DIRECTA



Las válvulas manorreductoras proporcionan una presión constante en un sistema que funcione a una presión más baja que el sistema de suministro. Una válvula de reducción puede normalmente ser ajustada para cualquier presión reducida deseada dentro de los límites del diseño de la válvula. Una vez que se ajusta la válvula, la presión reducida será mantenida sin importar los cambios en el suministro de presión (en tanto la presión de la fuente sea por lo menos tan alta como la presión reducida deseada) y sin importar la carga de sistema, previendo que la carga no exceda la capacidad de diseño del reductor.

Dimensiones:

- Tamaño: ½" (15 mm)
- Longitud (L): 4 ⅜" (111 mm)
- Altura (H): 8 ½" (216 mm)
- Peso: 7 lb (3.2 kg)

Especificaciones:

- Marca: Armstrong – Yoshitake
- Aplicación: Vapor, aire, gases no corrosivos
- Presión de entrada: 15 – 300 psig (1 – 21 bar)
- Presión reducida: Vapor, 3 – 15 psig (0.2 – 1 bar)
Aire, 7 – 80 psig (0.5 – 5.5 bar)
Gases no corrosivos, 50 – 140 psig (3 – 10 bar)
- Temperatura máxima: 450 °C (232 °F)
- Diferencial mínimo: 7 psig (0.5 bar)

FILTRO DE VAPOR



Los filtros son elementos que a través de una superficie filtrante, o tamiz, atrapan las impurezas que trae el fluido, permitiendo que este continúe limpio por las cañerías.

Especificaciones:

- Presión máxima admisible: 41 bar r a 38 °C
- Temperatura máxima admisible: 450 °C a 21 bar r
- Temperatura mínima admisible: - 29 °C
- Presión máxima de trabajo: 38 bar r
- Temperatura mínima de trabajo: - 29 °C
- Prueba hidráulica: 76 bar r

MANÓMETRO GENERAL



Especificaciones:

- Marca: Winters Antivibratorio
- Rango de presión: 0 – 60 psi; 0 – 4 Bar
- Sobre límite de presión: 25% del valor de la escala total
- Presión de trabajo: máximo 75% del valor de la escala total
- Temperatura de proceso: -40 °F hasta 150 °F (-40 °C hasta 65 °C)
- Envoltura: acero
- Puntero: aluminio, negro

MANÓMETRO DEL REHERVIDOR



Especificaciones:

- Marca: SKON
- Rango de presión: 0 – 30 psi; 0 – 2 kg/cm²
- Sobre límite de presión: 25% del valor de la escala total
- Presión de trabajo: máximo 75% del valor de la escala total
- Temperatura de proceso: 25 °C hasta 60 °C
- Llenado: glicerina (99.5%)
- Envoltura: acero
- Puntero: aluminio, negro
- Ventana: vidrio de seguridad laminado o acrílico

MANÓMETRO DEL CALENTADOR



Especificaciones:

- Marca: Winters
- Rango de presión: 0 – 100 psi; 0 – 7 Bar
- Sobre límite de presión: 25% del valor de la escala total
- Presión de trabajo: máximo 75% del valor de la escala total
- Temperatura de proceso: -40 °F hasta 150 °F (-40 °C hasta 65 °C)
- Envoltura: acero
- Puntero: aluminio, negro

MANÓMETRO DEL PRECALENTADOR DE REFLUJO



Especificaciones:

- Marca: WEISS Instruments
- Rango de presión: 0 – 100 psi; 0 – 7 Bar
- Sobre límite de presión: 25% del valor de la escala total
- Presión de trabajo: máximo 75% del valor de la escala total
- Temperatura de proceso: -40 °F hasta 150 °F (-40 °C hasta 65 °C)
- Envoltura: fibra de vidrio negro – termoplástico reforzado
- Puntero: aluminio, negro
- Ventana: acrílico
- Aro: polipropileno reforzado
- Llenado: glicerina (99.5%)

CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE

COLUMNA

Construida con material de acero inoxidable, de seis cuerpos, cada cuerpo conteniendo 3 platos perforados de acero inoxidable. Cada plato tiene 68 perforaciones distribuidas en 7 filas, de 9 perforaciones en las dos filas externas y 10 perforaciones en las filas internas.

Las perforaciones fueron taladradas mediante una broca de alta velocidad en un torno.

Cada plato tiene un tubo de bajada de acero inoxidable de media pulgada de diámetro y con una longitud de 11.5 cm. Los platos están distribuidos entre cada cuerpo de tal manera que los tubos de bajada están ubicados de forma intermitente, es decir si un plato tiene el tubo de bajada del lado derecho, el siguiente lo tendrá del lado izquierdo, y así sucesivamente.

La altura de cada cuerpo es de 38 cm, separados por una brida de 1.25 cm entre cuerpo y cuerpo, unidos por medio de aislantes de empaque rojo la cual aguanta la presión y temperaturas en líneas de agua fría y caliente a cada cuerpo. Estos están asegurados con pernos de $\frac{3}{8}$ " con anillos de presión.

REHERVIDOR

Construido también de acero inoxidable; en su interior contiene siete tubos de cobre doblados en U en un disco con perforaciones del diámetro externo de los tubos, conocido como *espejo*. Por los tubos pasará vapor

de agua (*steam*) y los tubos estarán rodeados por fuera de la mezcla a destilarse. El rehervidor está unido al primer cuerpo de la columna.

CONDENSADOR

Construido con acero inoxidable; en su interior contiene tubos de cobre doblados en

U en un disco con perforaciones del diámetro externo de los tubos, conocido como *espejo*. Por los tubos pasará agua de enfriamiento y los tubos estarán rodeados por fuera del vapor alcohólico.

PROCEDIMIENTO

PUESTA EN MARCHA

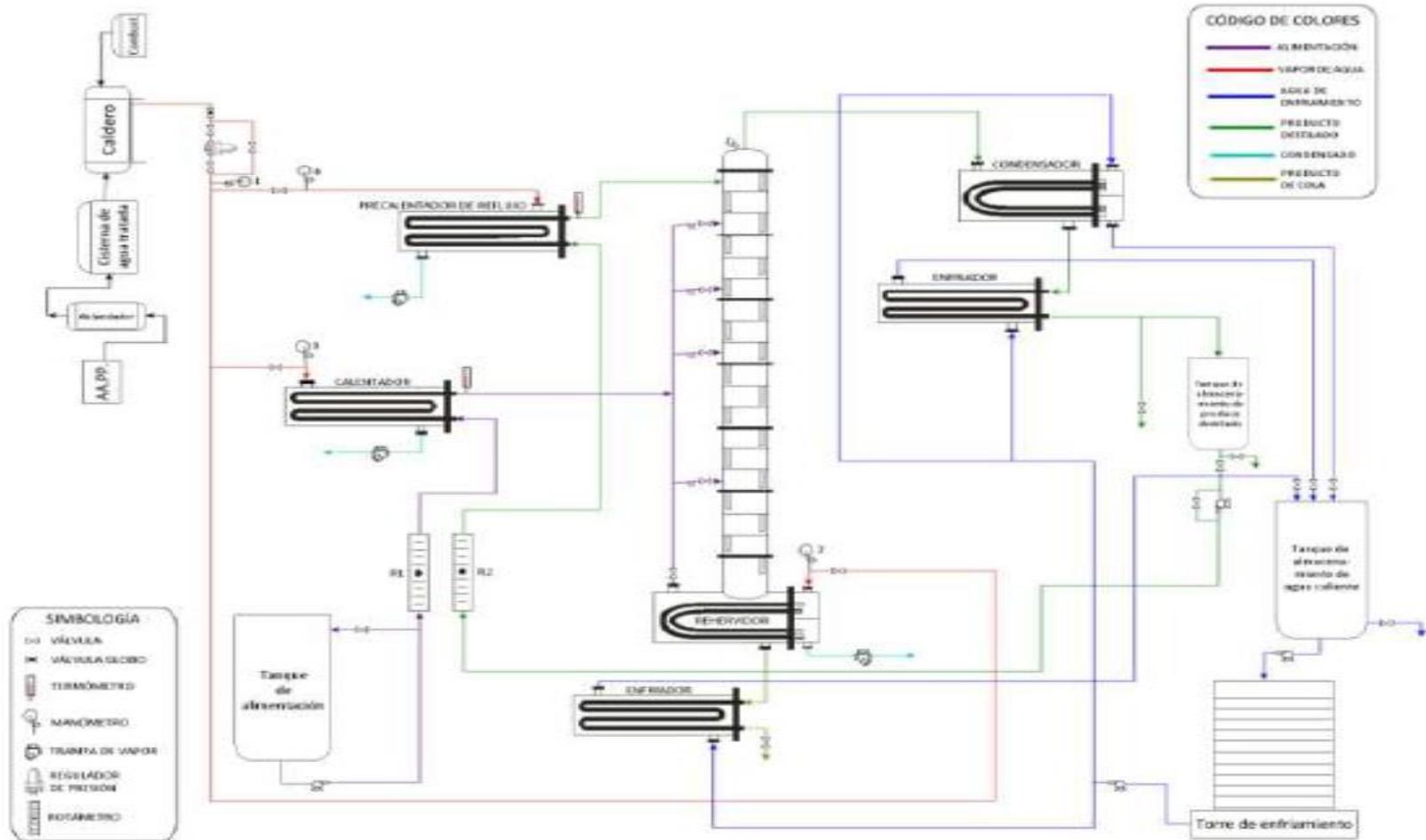
UNA VEZ QUE ESTÉ INSTALADO TODO EL EQUIPO SE PROCEDE A PONER EN MARCHA EL EQUIPO DE LA SIGUIENTE MANERA:

- Se llena el tanque de alimentación con la mezcla a destilar.
- Se prende la bomba de alimentación de la columna de destilación.
- Se cierran las válvulas de ingreso de vapor, mientras el rehervidor se llena de la mezcla.
- Se abren las válvulas de recuperación del condensado de vapor de agua.
- Una vez que se haya tenido la presión adecuado de 60 PSI en el caldero, procedimos a abrir lentamente la válvula de ingreso de vapor de agua a la columna de destilación.
- Con la válvula reguladora, nos ayudamos para que la presión se mantenga en 10 PSI.
- Se abre hasta la mitad la válvula de la línea de venteo ubicada en la parte superior de la columna de destilación.
- A los 5 minutos de haber permitido el paso de vapor al rehervidor y al pre-calentador de la alimentación, se procede a encender la bomba de la torre de enfriamiento y la bomba de recirculación, para que nos provea de agua a los diferentes intercambiadores de calor de la Columna de Destilación.

- Una vez que se observa que empieza a desprender vapor por la línea de venteo, se la cierra.
- A los 20 minutos de haber permitido el paso de vapor, se empieza a almacenar el producto destilado en un recipiente ubicado en la parte lateral superior de la columna y se procede a tomar muestras y se las mide puede ir midiendo con el alcoholímetro.
- Las muestras se las toma cada 5 minutos, según la necesidad de la práctica.
- El vapor de agua condensado producto de nuestra rectificación se almacenó en un recipiente y fue enviado de regreso a la caldera para su reutilización, el cual llegó a altas temperatura a la caldera, ahorrando combustible y por ende costos económicos.
- El agua que llegó de la torres de enfriamiento a los intercambiadores de calor de la columna de destilación, fue almacenado en un tanque de aproximadamente 90 litros, para luego ser enviado de vuelta al lugar donde provino mediante una tuberías impulsadas por una bomba.
- Se apagan las bombas de alimentación y de recirculación a la torre de enfriamiento.
- Se cierran todas las válvulas de ingreso de vapor que se abrieron.
- Cerramos las válvulas de salida del condensado.

Tema.-
Objetivo General.-
Objetivos Específicos.-
Marco Teórico.-
Materiales y Reactivos.- - - - - - - - -
Procedimiento.-
Conclusiones y Datos.-
Recomendaciones.-
Bibliografía.-

DIAGRAMA DE FLUJO DE LA COLUMNA DE DESTILACIÓN DEL LABORATORIO DE OPERACIONES UNITARIAS DE LA U.T.M.



ESQUEMA DE LA VISTA INTERNA DE UNA COLUMNA DE DESTIACIÓN EN AUTOCAD

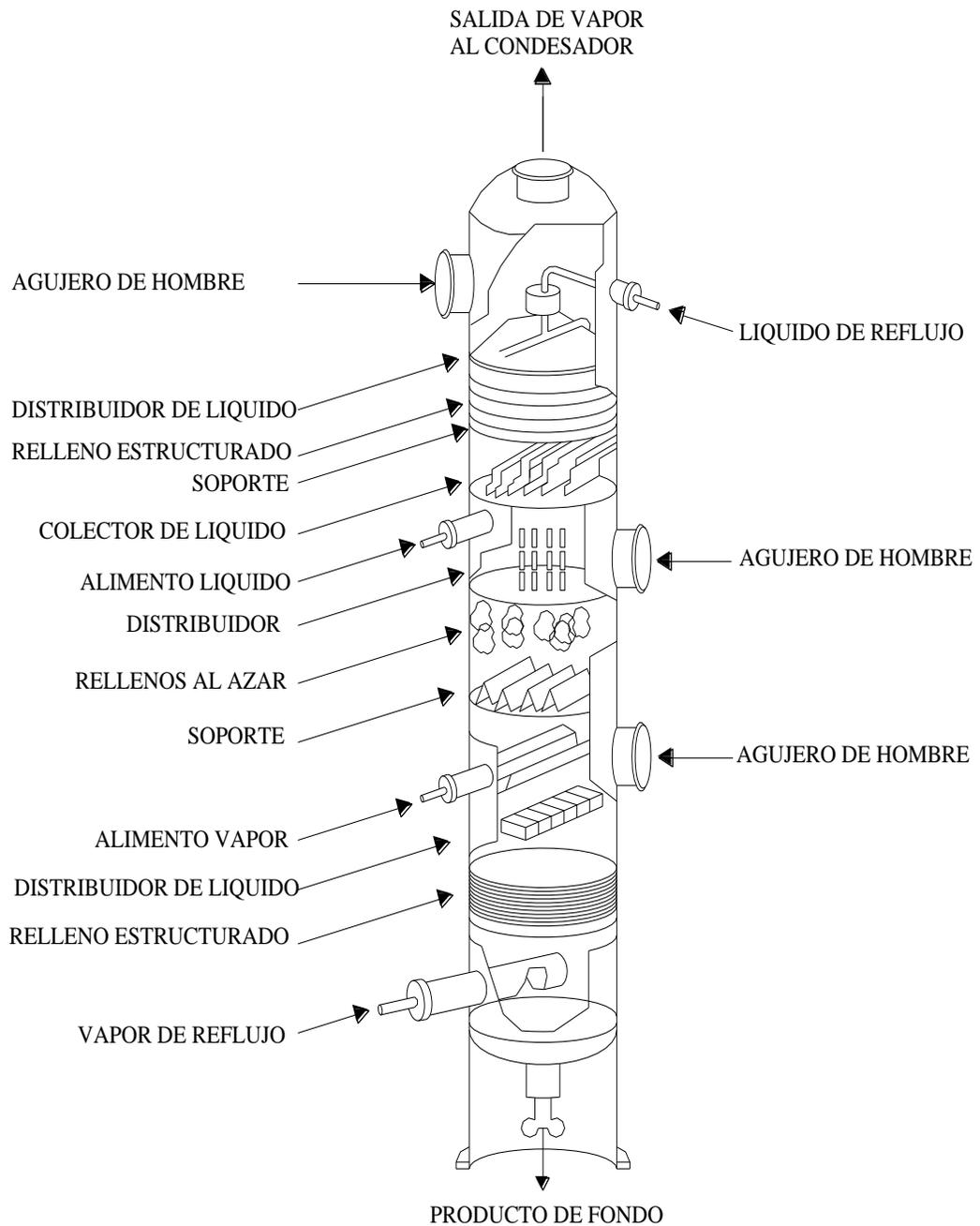


Diagrama de la Columna de Destilación del Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad Técnica de Manabí

Línea roja= Vapor de agua
Línea azul= Agua fría
Línea verde= Mezcla binaria
Línea amarilla= corriente de reflujo

