



Universidad
Politécnica
de Cartagena



industriales
etsii UPCT

DISEÑO DE LA SECCIÓN DE PURIFICACIÓN DE UNA PLANTA DE HIDRODEALQUILACIÓN DE TOLUENO

Titulación: I.T.I. Química Industrial

Alumno/a: Alejandra Quevedo Fernández

Director/a/s: Beatriz Miguel Hernández

Francisco José Hernández
Fernández

Cartagena, 29 de Septiembre de 2011

ÍNDICE

1. MEMORIA DESCRIPTIVA

1.1. Antecedentes.....	7
- Benceno.....	7
- Tolueno.....	8
1.2. Objeto	10
1.3. Titular de la Industria.....	10
1.4. Emplazamiento de la Industria.....	10
1.5. Normativa aplicable.....	10
- Seguridad y medidas de prevención.....	17
- Ventilación.....	17
- Equipo de Protección Personal.....	17
1.6. Descripción de los equipos.....	18
- Destilación flash.....	18
➤ Generalidades.....	18
➤ Diseño.....	19

DISEÑO DE LA SECCIÓN DE PURIFICACIÓN DE UNA PLANTA DE
HIDRODEALQUILACIÓN DE TOLUENO

Alejandra Quevedo Fernández

- Intercambiador de calor.....	24
➤ Generalidades.....	24
➤ Diseño.....	25
- Columna de destilación.....	30
➤ Generalidades.....	30
➤ Diseño.....	32
- Condensador.....	34
➤ Generalidades.....	34
➤ Diseño.....	35
- Rehervidor.....	35
➤ Generalidades.....	35
➤ Diseño.....	36

2. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

2.1. Destilador flash.....	38
- Equipo V-102.....	39
➤ Datos.....	39

DISEÑO DE LA SECCIÓN DE PURIFICACIÓN DE UNA PLANTA DE
HIDRODEALQUILACIÓN DE TOLUENO

Alejandra Quevedo Fernández

➤ Hoja de especificaciones.....	42
- Equipo V-103.....	43
➤ Datos.....	43
➤ Hoja de especificaciones.....	45
2.2. Intercambiador de calor E-103.....	46
- Datos.....	46
- Gráfica de distribución de temperaturas.....	48
- Hojas de especificaciones.....	49
2.3. Columna de destilación T-101.....	51
- Datos.....	51
- Gráfica de distribución de temperaturas.....	53
- Hojas de especificaciones.....	54
2.4. Condensador.....	56
- Gráfica de distribución de temperaturas.....	56
- Hojas de especificaciones.....	57
2.5. Rehervidor.....	59

DISEÑO DE LA SECCIÓN DE PURIFICACIÓN DE UNA PLANTA DE
HIDRODEALQUILACIÓN DE TOLUENO

Alejandra Quevedo Fernández

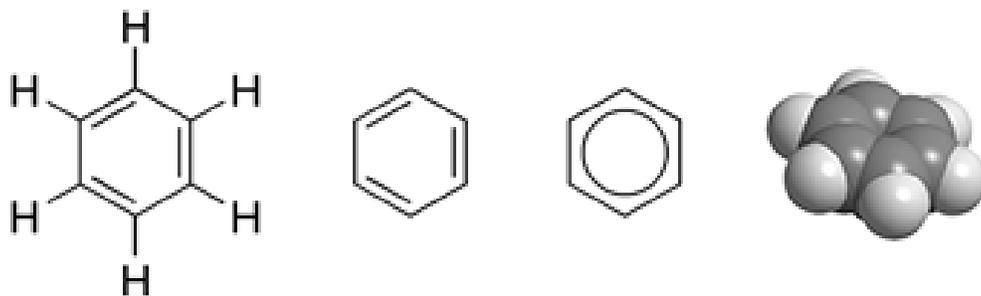
- Gráfica de distribución de temperaturas.....	59
- Hojas de especificaciones.....	60
2.6. Intercambiador de calor E-105.....	62
- Datos.....	62
- Gráfica de distribución de temperaturas.....	64
- Hojas de especificaciones.....	65
3. COSTES	
3.1. Introducción.....	68
3.2. Índices CEPCI.....	71
3.3. Coste unitario de los equipos.....	72
3.4. Coste total de la sección de purificación.....	73
4. ANEXOS	
4.1. Servicios disponibles.....	75
4.2. Balance de materia.....	75
4.3. Diagrama de flujo.....	77

1. MEMORIA DESCRIPTIVA

ANTECEDENTES:

- *BENCENO:*

El benceno es un hidrocarburo aromático poliinsaturado de fórmula molecular C_6H_6 , con forma de anillo. El benceno es un líquido incoloro y muy inflamable de aroma dulce, con un punto de fusión relativamente alto de $5.45^\circ C$ y punto de ebullición de $80.05^\circ C$. Su estructura química es:



Del benceno se derivan otros hidrocarburos de este tipo entre los que se encuentra el tolueno.

- *APLICACIONES:*

En la industria química, el benceno puro es la base más importante para los productos aromáticos intermedios. Normalmente se obtiene del petróleo crudo.

Algunas industrias usan el benceno como punto de partida para manufacturar otros productos químicos usados en la fabricación de plásticos, resinas, nilón y fibras sintéticas como lo es el kevlar y en ciertos polímeros. También se usa

DISEÑO DE LA SECCIÓN DE PURIFICACIÓN DE UNA PLANTA DE HIDRODEALQUILACIÓN DE TOLUENO

Alejandra Quevedo Fernández

benceno para hacer ciertos tipos de gomas, lubricantes, detergentes, medicamentos y pesticidas. En las gasolinas se emplea como antidetonante.

- *SALUD Y MEDIOAMBIENTE:*

Los volcanes e incendios forestales constituyen fuentes naturales de benceno. El benceno es también un componente natural del petróleo crudo, gasolina y humo de cigarrillo.

La exposición de larga duración al benceno se manifiesta en la sangre. El benceno produce efectos nocivos en la médula ósea, también puede producir hemorragias y daños en el sistema inmunitario entre tantas otras afecciones. Respirar niveles de benceno muy altos puede causar la muerte y la ingesta puede producir vómitos, irritaciones del estómago, convulsiones y en último extremo la muerte. Además de estar reconocido como agente cancerígeno.

El benceno penetra en el organismo principalmente por inhalación, aunque la absorción cutánea también es posible.

Después de su absorción, el benceno es eliminado inalterado en la orina y en el aire expirado, el resto es biotransformado.

- *TOLUENO:*

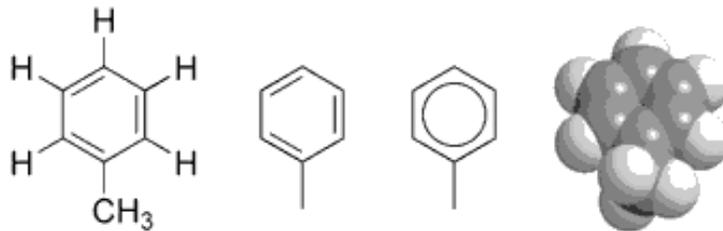
El tolueno es un líquido incoloro con un color característico.

El tolueno o metilbenceno de fórmula química $C_6H_5CH_3$ (con punto de fusión de $6^\circ C$ y punto de ebullición de $110.6^\circ C$), es la materia prima a partir de la cual se obtienen derivados del benceno, el ácido benzoico, el fenol, el TDI (diisocianato de tolueno), materia prima para la elaboración de poliuretano, medicamentos,

DISEÑO DE LA SECCIÓN DE PURIFICACIÓN DE UNA PLANTA DE HIDRODEALQUILACIÓN DE TOLUENO

Alejandra Quevedo Fernández

colorantes, perfumes, TNT y detergentes. Su estructura química es:



- *APLICACIONES:*

El tolueno es la materia prima a partir de la cual se obtienen derivados del benceno, sacarina, medicamentos, colorantes perfumes, TNT y detergentes.

Es la materia prima para la fabricación de fenol, benceno y cresol.

El tolueno se adiciona a combustibles (como antidetonante) y como disolvente para pinturas, revestimientos, caucho, resinas y en adhesivos.

- *SALUD Y MEDIOAMBIENTE:*

Es una sustancia nociva aunque su toxicidad es muy inferior a la del benceno.

La concentración máxima permitida de los vapores de tolueno en los lugares de trabajo es de 50 ppm. Puede afectar al sistema nervioso, produciendo confusión, pérdida de memoria, debilidad etc. Estos síntomas generalmente desaparecen cuando la exposición termina.

El cuerpo elimina el tolueno en forma de ácido benzoico y ácido hipúrico.

Los vapores de tolueno presentan un ligero efecto narcótico e irritan los ojos.

DISEÑO DE LA SECCIÓN DE PURIFICACIÓN DE UNA PLANTA DE HIDRODEALQUILACIÓN DE TOLUENO

Alejandra Quevedo Fernández

Los estudios en los seres humanos y animales generalmente indican que el tolueno no produce cáncer.

Respecto a su afección sobre el medioambiente, el tolueno es biodegradable por ciertos microorganismos, sin embargo en grandes cantidades, presenta una cierta toxicidad sobre la vida acuática y por lo tanto es catalogado como sustancia peligrosa.

OBJETO:

El objeto del presente proyecto es el diseño de la sección de purificación de una planta de hidrodealquilación de tolueno. La obtención de benceno siguiendo el proceso de hidrodealquilación de tolueno, requiere de una sección final de separación/purificación en la que, a partir de la corriente procedente de la etapa de reacción (que contiene hidrógeno, metano, benceno y tolueno), se obtengan tres fracciones: gases ligeros que se recirculan o se decantan como venteo, tolueno que se recircula a la sección de reacción, y benceno del 97.5% w/w de pureza como producto final.

TITULAR DE LA INDUSTRIA:

El Departamento de Ingeniería Química y Ambiental de la Universidad Politécnica de Cartagena con sede en c/ Doctor Fleming S/N 30202 (Cartagena) es el titular de la industria proyectada.

EMPLAZAMIENTO DE LA INDUSTRIA:

El emplazamiento de la instalación tiene lugar en el polígono industrial de

DISEÑO DE LA SECCIÓN DE PURIFICACIÓN DE UNA PLANTA DE HIDRODEALQUILACIÓN DE TOLUENO

Alejandra Quevedo Fernández

Valle de Escombreras (Cartagena). Dicha parcela posee 2800 m² (70x40 m).

NORMATIVA APLICABLE:

En la redacción del presente Proyecto, se ha observado el cumplimiento de la Normativa Vigente que le es de aplicación, y en especial, la siguiente:

- Ley 21/1992, de 16 de julio, de Industria (BOE núm. 176, de 23 de julio de 1992).
- Real Decreto 2135/1980, de 26 de septiembre, sobre liberalización industrial (BOE núm. 247, de 14 de octubre de 1980).
- Orden de 19 de diciembre de 1980 sobre normas de procedimientos y desarrollo del Real Decreto 2135/1980, de 26 de septiembre, de liberalización industrial (BOE núm. 308, de 24 de diciembre de 1980).
- Orden de 9 de septiembre de 2002 de la Consejería de Ciencia, Tecnología, Industria y Comercio por la que se adoptan medidas de normalización en la tramitación de expedientes en materia de Industria, Energía y Minas (BORM núm. 218, de 19 de septiembre de 2002, con corrección de errores en BORM núm. 235, de 9 de octubre de 2002).
- Resolución de 4 de noviembre de 2002, de la Dirección General de Industria, Energía y Minas, por la que se desarrolla la Orden de 9 de septiembre de 2002 de la Consejería de Ciencia, Tecnología, Industria y Comercio por la que se adoptan medidas de normalización en la tramitación de expedientes en materia de Industria, Energía y Minas (BORM núm. 284, de 10 de diciembre de 2002, con corrección de errores en BORM núm. 85, de 12 de abril de 2003).
- Resolución de 3 de julio de 2003, de la Dirección General de Industria, Energía y Minas, por la que se aprueban los contenidos esenciales de determinados proyectos y el modelo de certificado como consecuencia de la aprobación por el

DISEÑO DE LA SECCIÓN DE PURIFICACIÓN DE UNA PLANTA DE HIDRODEALQUILACIÓN DE TOLUENO

Alejandra Quevedo Fernández

Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, del reglamento electrotécnico para baja tensión (BORM núm. 171, de 26 de julio de 2003).

- Decreto 20/2003, de 21 de marzo, sobre criterios de actuación en materia de seguridad industrial y procedimientos para la puesta en servicio de instalaciones en el ámbito territorial de la Región de Murcia (BORM núm. 75, de 1 de abril de 2003, con corrección de errores en BORM núm. 79, de 5 de abril de 2003).

- Real Decreto 697/1995, de 28 de abril por el que se aprueba el Reglamento del Registro de Establecimientos Industriales de ámbito estatal (BOE núm. 128, de 30 de mayo de 1995).

- Real Decreto 2526/1998, de 27 de noviembre, por el que se modifica el Reglamento de Establecimientos Industriales de Ámbito Estatal, aprobado por Real Decreto 697/1995, de 28 de abril, (BOE núm. 304, de 21 de diciembre de 1998).

- Resolución de 28 de mayo de 2003, de la Consejería de Ciencia, Tecnología, Industria y Comercio, por la que se ordena la nueva publicación del texto íntegro del Decreto nº 47/2003, de 16 de mayo, por el que se aprueba el reglamento del Registro de Establecimientos Industriales de la Región de Murcia (BORM núm.

128, de 5 de junio de 2003, con corrección de errores en BORM núm. 181, de 7 de agosto de 2003).

- Resolución de 22 de septiembre de 2003, de la Dirección General de Industria, Energía y Minas, por la que se aprueban los modelos de los impresos del Registro de Establecimientos Industriales de la Región de Murcia, creado por el Decreto 47/2003 de 16 de mayo (BORM núm. 257, de 6 de noviembre de 2003).

- Real Decreto 1560/1992, de 18 de diciembre, por el que se aprueba la Clasificación Nacional de Actividades Económicas (CNAE-93) (BOE núm. 306, de 22 de diciembre de 1992).

- Real Decreto 330/2003, de 14 de marzo por el que se modifica el Real Decreto 1560/1992, de 18 de diciembre, por el que se aprueba la Clasificación

DISEÑO DE LA SECCIÓN DE PURIFICACIÓN DE UNA PLANTA DE HIDRODEALQUILACIÓN DE TOLUENO

Alejandra Quevedo Fernández

Nacional de Actividades Económicas (CNAE-93) (BOE núm. 79, de 2 de abril de 2003).

- Real Decreto 475/2007, de 13 de abril, por el que se aprueba la Clasificación Nacional de Actividades Económicas 2009 (CNAE -2009) (BOE núm. 102, de 28 de abril de 2007).

- Real Decreto 331/2003, de 14 de marzo, por el que se deroga el Real Decreto 81/1996, de 26 de enero, por el que se aprueba la Clasificación Nacional de Productos por Actividades 1996 (CNPA-96), y se establecen las normas aplicables sobre el uso de la clasificación CPA-2002 (BOE núm. 79, de 2 de abril de 2003).

- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización, por los trabajadores, de los equipos de trabajo. (BOE núm. 188, de 7 de agosto de 1997).

- Real Decreto 1435/1992, de 27 de noviembre, por el que dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo 89/392/CEE relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembro sobre maquinaria (BOE núm. 297, de 11 de diciembre de 1992).

- Real Decreto 56/1995, de 20 de enero, por el que se modifica el Real Decreto 1435/1992, de 27 de diciembre por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo 89/392/CEE relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembro sobre maquinaria (BOE núm. 33, de 8 de febrero de 1995).

- Real Decreto 379/2001, de 6 de abril, por el que se aprueba el Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos y sus instrucciones técnicas complementarias MIE APQ-1, MIE APQ-2, MIE APQ-3, MIE APQ-4, MIE APQ-5, MIE APQ-6 y MIE APQ-7 (BOE núm. 112, de 10 de mayo de 2001, con corrección de errores en BOE núm. 251, de 19 de octubre de 2001).

- Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de Seguridad Contra Incendios en los Establecimientos Industriales (BOE núm. 303, de 17 de diciembre de 2004 con corrección de errores en BOE

DISEÑO DE LA SECCIÓN DE PURIFICACIÓN DE UNA PLANTA DE HIDRODEALQUILACIÓN DE TOLUENO

Alejandra Quevedo Fernández

núm. 55, de 5 de marzo de 2005).

- Real Decreto 312/2005, de 18 de marzo, por el que se aprueba la clasificación de los productos de construcción y de los elementos constructivos en función de sus propiedades de reacción y resistencia frente al fuego (BOE núm. 79, de 2 de abril de 2005).

- Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios (BOE núm. 298, de 14 de diciembre de 1993, con corrección de errores en BOE núm. 109, de 7 de mayo de 1994).

- Orden de 16 de abril de 1998, sobre Normas de Procedimiento y Desarrollo del Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre, y se revisa el anexo I y los apéndices del mismo (BOE núm. 101, de 28 de abril de 1998).

- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico de baja tensión (BOE núm. 224, de 18 de septiembre de 2002).

- Decreto 2443/1969, de 16 de agosto, Reglamento de Recipientes a Presión (BOE núm. 258, de 28 de octubre de 1969), modificado por Decreto 516/1972, de 17 de febrero de 1972 (BOE de 15 de marzo de 1972).

- Real Decreto 1244/1979, de 4 de abril, por el que se aprueba el Reglamento de Aparatos a Presión (BOE núm. 128, de 29 de mayo de 1979), y sobre todo sus ITC-MIE-AP1 relativas a “Calderas, Economizadores, Precalentadores, Sobrecalentadores y Recalentadores” (Orden de 17 de marzo de 1982, BOE núm. 84, de 8 de abril de 1981 y Orden de 28 de marzo de 1985, BOE núm. 89, de 13 de abril de 1985) e ITC-MIE-AP2 “Tuberías para fluidos relativos a calderas” (Orden de 6 de octubre de 1980, BOE núm. 265, de 4 de noviembre de 1980), y modificaciones posteriores.

- Real Decreto 769/1999, de 7 de mayo por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo, 97/23/CE, relativas a los equipos de presión y se modifica el Real Decreto 1244/1979, de 4 de

DISEÑO DE LA SECCIÓN DE PURIFICACIÓN DE UNA PLANTA DE HIDRODEALQUILACIÓN DE TOLUENO

Alejandra Quevedo Fernández

abril, que aprobó el Reglamento de Aparatos a Presión (BOE núm. 129, de 31 de mayo de 1999).

- Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico (BOE núm. 285, de 28 de noviembre de 1997).

- Decreto 3275/1982, de 12 de noviembre, sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación (BOE núm. 288, de 1 de diciembre de 1982; con corrección errores en BOE núm. 15, de 18 de enero de 1983).

- Orden de 6 de julio de 1984 por la que se aprueban las Instrucciones Técnicas Complementarias del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación (BOE núm. 183, de 1 de agosto de 1984), y modificaciones posteriores.

- Orden de 10 de marzo de 2000, por la que se modifican las Instrucciones Técnicas Complementarias MIE-RAT 01, MIE-RAT 02, MIE-RAT 06, MIE-RAT 14, MIE-RAT 15, MIE-RAT 16, MIE-RAT 17, MIE-RAT 18 y MIE-RAT 19 del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación (BOE núm. 72, de 24 de marzo de 2000; con corrección de errores en BOE núm. 250, de 18 de octubre de 2000).

- Real Decreto 2819/1998, de 23 de diciembre, por el que se regula las actividades de transporte y distribución de energía eléctrica (BOE núm. 321, de 30 de diciembre de 1998).

- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica (BOE núm. 310, de 27 de diciembre de 2000; con corrección de errores en BOE núm. 62, de 13 de marzo de 2001).

DISEÑO DE LA SECCIÓN DE PURIFICACIÓN DE UNA PLANTA DE HIDRODEALQUILACIÓN DE TOLUENO

Alejandra Quevedo Fernández

- Orden de 25 de abril de 2001, de la Consejería de Tecnología, Industria, Trabajo y Turismo, por la que se establecen procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica de tensión superior a 1 kV (BORM núm. 102, de 4 de mayo de 2001).
- Resolución de 5 de julio de 2001, de la Dirección General de Industria, Energía y Minas, por la que se desarrolla la Orden de 25 de abril de 2001, sobre procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica de tensión superior a 1kV (BORM núm. 173, de 27 de julio de 2001).
- Orden de 8 de marzo de 1996, de la Consejería de Industria, Trabajo y Turismo sobre mantenimiento de instalaciones eléctricas de Alta Tensión (BORM núm. 65, de 18 de marzo de 1996).
- Orden de 19 de junio de 1996, de la Consejería de Industria, Trabajo y Turismo, por la que se modifica la Orden de 8 de marzo de 1996, de la misma Consejería, sobre mantenimiento de instalaciones eléctricas de alta tensión (BORM núm. 153, de 3 de julio de 1996).
- LEY 34/2007 de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera.
- LEY 1/95, de protección del medio ambiente.
- LEY 37/2003 de 17 de noviembre, de control del nivel de Ruido.
- LEY 10/1998 de 21 de abril, de control de Residuos industriales.
- LEY del Suelo de la Comunidad Autónoma de Murcia.
- Plan General de Ordenamiento Urbano.
- REAL DECRETO 919/2006 de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento técnico de distribución y utilización de combustibles gaseosos y sus instrucciones técnicas complementarias ICG 01 a 11.
- Resolución de 14 de febrero de 1980: Diámetros y espesores mínimos de tubos de cobre para instalaciones interiores de suministro de agua.

DISEÑO DE LA SECCIÓN DE PURIFICACIÓN DE UNA PLANTA DE HIDRODEALQUILACIÓN DE TOLUENO

Alejandra Quevedo Fernández

- REAL DECRETO 485/97 de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- REAL DECRETO 47/2007 de 19 de enero, por el que se aprueba el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción.
- LEY 31/95 de 8 de noviembre, de prevención de riesgos laborales (incluye las modificaciones realizadas por la LEY/54/03 de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales).

SEGURIDAD Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN:

- VENTILACIÓN:

El sistema de ventilación del edificio deberá suministrar aire fresco para un funcionamiento normal y debe tener en consideración la posibilidad de fuga. En algunos casos, la ventilación natural puede ser adecuada. De lo contrario, los sistemas de ventilación mecánica deben ser instalados. Los requisitos de ventilación debe ser determinados según una base específica del lugar, pero el objetivo final es garantizar que las concentraciones de benceno en el aire no alcancen o sobrepasen 1ppm en un turno de trabajo de 8 horas y 5ppm en un periodo de 15 minutos. Y en el caso del tolueno los niveles no deben sobrepasar las 50 ppm. El tipo de ventilación dependerá de factores tales como espacios de aire muerto, la temperatura del proceso, las corrientes de convección, y la dirección del viento, y debe considerarse al determinar la ubicación de los equipos, tipo y capacidad.

- EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL:

DISEÑO DE LA SECCIÓN DE PURIFICACIÓN DE UNA PLANTA DE HIDRODEALQUILACIÓN DE TOLUENO

Alejandra Quevedo Fernández

La exposición al benceno y al tolueno puede tener lugar por inhalación, absorción por la piel, el contacto con los ojos, o la ingestión, siempre que los productos sean utilizados o manipulados. Como mínimo se recomiendan gafas de seguridad con protectores laterales y guantes de trabajo adecuados. Dependiendo de la situación, otros equipos de protección deben ser necesarios.

Debe usarse siempre vestimenta de protección. La ropa mojada con benceno debe desecharse inmediatamente. En áreas en las cuales la exposición es constante se debe usar ropa y guantes impermeables para cubrir las zonas expuestas del cuerpo. En áreas donde pueden producirse salpicaduras, debe usarse máscara o anteojos de protección. En las zonas donde hay elevadas concentraciones de vapor se requiere el uso de máscaras con filtro para vapor orgánico o “línea de aire”, o bien, aparatos de respiración.

Donde existe una concentración de tolueno por encima de los valores permitidos, los empleados deben usar respiradores (con aire suplementario) o máscaras antigascon filtro para vapor orgánico, que cubran todo el rostro. En donde la exposición al tolueno es permanente la ropa a usar es impermeable. La ropa mojada con tolueno debe desecharse inmediatamente, a menos que sea impermeable, y es necesario cambiarse por lo menos dos veces por semana la ropa de trabajo. En áreas donde hay salpicaduras se usaran anteojos.

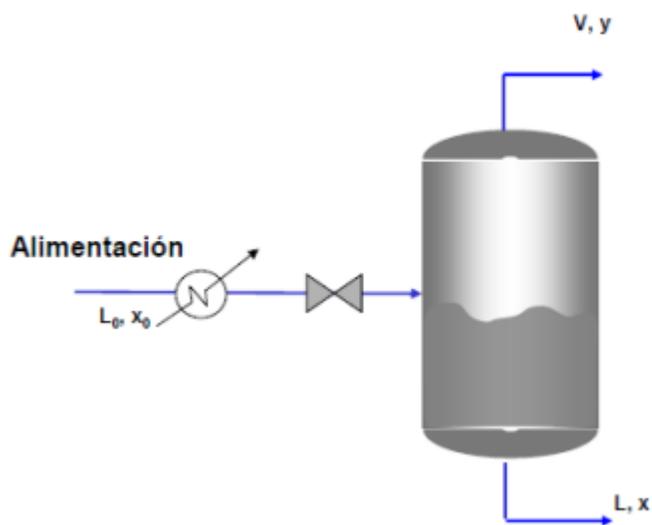
DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS:

Los equipos de los que consta la sección de purificación de la planta son dos intercambiadores de calor, dos equipos de destilación flash, una columna de destilación de platos, un rehervidor y un condensador.

DESTILACIÓN FLASH:

- **GENERALIDADES:**

La destilación flash o destilación en equilibrio es una técnica de separación de una sola etapa. La mezcla se alimenta a un recipiente de volumen suficiente grande (tambor de separación) donde se reduce su presión y se separan una fracción líquida y una fracción gaseosa. Como el vapor y el líquido están en un estrecho contacto, ocurre que las dos fases se aproximan al equilibrio.



Los procesos de separación flash en la industria son muy comunes, particularmente en la refinación del petróleo. Aunque se utilicen otros métodos de separación, no es raro encontrar destilaciones flashes preliminares para reducir la carga de entrada a los otros procesos.

- **DISEÑO DEL DESTILADOR FLASH:**

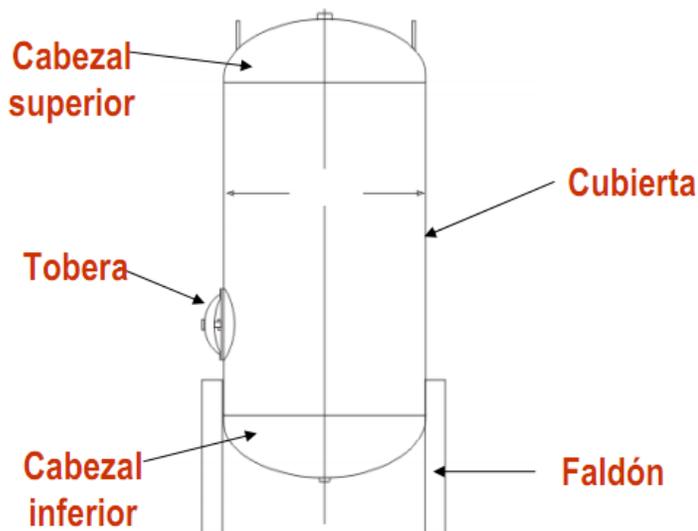
Para la elección del tipo de material nos basamos principalmente en los datos

DISEÑO DE LA SECCIÓN DE PURIFICACIÓN DE UNA PLANTA DE HIDRODEALQUILACIÓN DE TOLUENO

Alejandra Quevedo Fernández

económicos y en los de corrosión y por ello elegimos el acero al carbono.

Partes más destacadas de un destilador tipo flash:



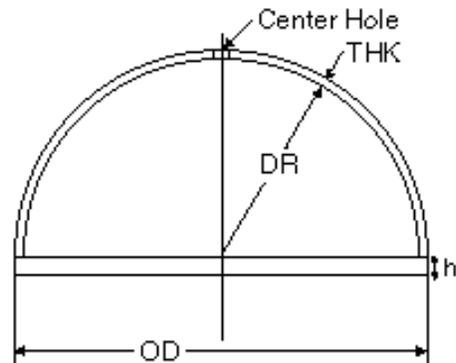
· **Cabezal:**

Los cabezales son los fondos que cierran la carcasa, existiendo una gran variedad:

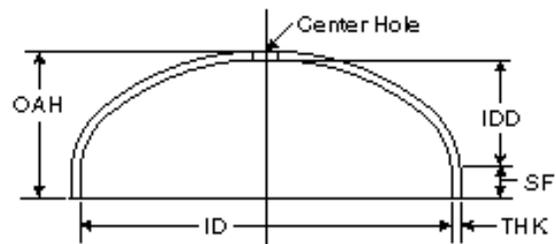
- Semiesféricos: son los formados por media esfera soldada a la cubierta. Su radio es igual al radio medio de la cubierta. El espesor requerido para resistir la presión es inferior al requerido en la cubierta cilíndrica, y como dato aproximado se puede adoptar que el espesor del cabezal es la mitad del espesor de la cubierta. Son los más costosos, por lo que su uso se restringe a casos muy específicos. Aunque para soportar altas presiones son los más económicos.

DISEÑO DE LA SECCIÓN DE PURIFICACIÓN DE UNA PLANTA DE HIDRODEALQUILACIÓN DE TOLUENO

Alejandra Quevedo Fernández



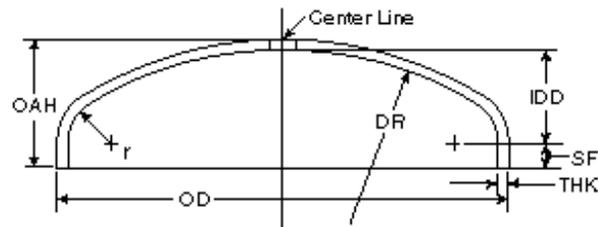
- Elípticos: son los formados por una elipse de revolución. Éste tipo de fondos son, junto con los policéntricos, los más utilizados para bajas y medias presiones.



- Policéntricos: formados por una figura de revolución cuyo perfil (sección del fondo con plano que pasa por el eje del cilindro) interno está obtenido mediante dos radios de curvatura con diversos centros.

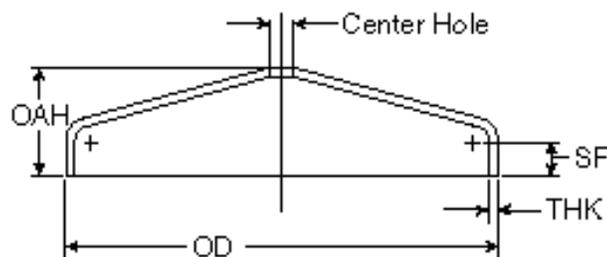
DISEÑO DE LA SECCIÓN DE PURIFICACIÓN DE UNA PLANTA DE HIDRODEALQUILACIÓN DE TOLUENO

Alejandra Quevedo Fernández



- Y los menos usados son los Cónicos y los Planos:

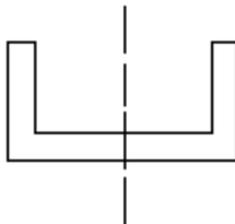
Los fondos cónicos están formados por un cono fabricado con chapa, y por su forma se excluyen de los fondos denominados bombeados. Los fondos cónicos están formados por un cono fabricado con chapa, y por su forma se excluyen de los fondos denominados bombeados.



Los fondos planos son los consistentes en una chapa plana soldada directamente a la cubierta. Su utilización es muy escasa por presentar una sección muy poco resistente a la presión, por lo que requiere grandes espesores, además de existir el punto débil de la soldadura en que se produce una concentración de tensiones. Su uso se restringe a recipientes de muy baja presión y diámetro pequeño.

DISEÑO DE LA SECCIÓN DE PURIFICACIÓN DE UNA PLANTA DE HIDRODEALQUILACIÓN DE TOLUENO

Alejandra Quevedo Fernández



Todos estos fondos se realizan a partir de chapa, a la que mediante estampación se le da la forma deseada, salvo el caso de fondos cónicos y planos.

El cabezal escogido en ambos equipos de destilación flash es el elipsoidal, puesto que dadas nuestras condiciones de operación es el más indicado.

El criterio a seguir en la selección de la orientación de los destiladores, es meramente económico:

Para caudales mayores a $25 \text{ m}^3/\text{h}$ escogeremos un destilador horizontal. Por el contrario, si el caudal es menor a $2.5 \text{ m}^3/\text{h}$ escogeremos uno vertical.

Para caudales intermedios tendríamos que comparar costes.

Y excepcionalmente para presiones muy altas, se utilizaría un destilador esférico.

Como ya se ha mencionado anteriormente, la disposición de los destiladores de esta sección de purificación, son horizontales. Para cualquiera de las dos opciones (vertical u horizontal), debe tenerse en cuenta que el tiempo de residencia no se exceda demasiado de entre los 5 a los 10 minutos. En este caso, se sobrepasa un poco, llegando a los 15 minutos.

INTERCAMBIADORES DE CALOR:

- *GENERALIDADES:*

Un intercambiador de calor permite la transferencia de calor entre dos fluidos. Los dos fluidos que van a realizar el intercambio, no entran en contacto físicamente, sino que van separados por conductos diferentes. Sin embargo, a través de las paredes de esos conductos se transfiere calor de manera que las concentraciones de los diferentes fluidos a la entrada y la salida son los mismos, pero las condiciones energéticas han cambiado.

El intercambio de calor es una operación que está presente en casi la totalidad de los procesos que se desarrollan en la industria química.

Existen muchos tipos de intercambiadores de calor, y el primer paso en el diseño de los mismos es la selección del tipo de intercambiador que nos interesa. Existen los intercambiadores de doble tubo, de carcasa y tubos, torres de enfriamiento, aerorrefrigerantes, cambiadores en espiral, etc. Cada uno de ellos posee sus ventajas e inconvenientes, pero los más empleados son los intercambiadores de carcasa y tubos, con las siguientes características:

- Presión máxima en la carcasa de 300 atm.
- Presión máxima en los tubos de 1400 atm.
- Rango de temperaturas entre -100 a 600 °C
- Eficacia máxima entre 0.7 – 0.9

Debido a que ninguna de sus características es incompatible con el proceso que desarrollamos, será éste el tipo de intercambiador que escojamos.

Los intercambiadores de carcasa y tubo son los más utilizados en la industria

DISEÑO DE LA SECCIÓN DE PURIFICACIÓN DE UNA PLANTA DE HIDRODEALQUILACIÓN DE TOLUENO

Alejandra Quevedo Fernández

química y con las condiciones de diseño mejor definidas. Consisten en una estructura de tubos colocados en el interior de una carcasa de mayor diámetro.

Cuando se producen incrustaciones en los intercambiadores se hace muy notable la caída de presión y la reducción de transferencia de calor. Por este motivo todo intercambiador en que ocurra esto debe ser limpiado periódicamente.

Para la limpieza exterior de los tubos se usan varios métodos:

1. Se pueden taladrar mecánicamente los interiores de los tubos y limpiar el exterior con aire de presión y por lavado.
2. Se puede calentar el haz de tubos en un baño de gasoil caliente de sosa caústica.
3. Haciendo circular por él ácido inhibido.
4. Se puede limpiar el haz de tubos por chorreado de arena seca.

Para la limpieza interior:

5. Quitar las tapas sin la extracción el haz tubular y la suciedad se elimina con la ayuda de un latiguillo que expulsa el agua a una presión 80- 100 kg/ cm.

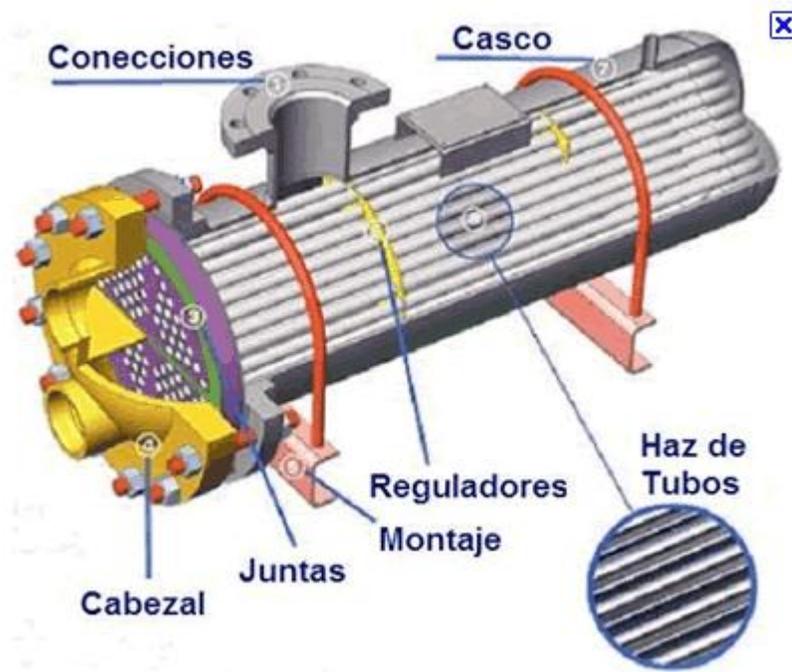
- *DISEÑO DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR:*

1. Debemos asignar el fluido que debe ir por la carcasa y el que debe ir por los tubos y para ello debemos de tener en cuenta algunos factores como son la corrosión, si el fluido es sucio, la temperatura, la presión, la viscosidad y el caudal. Las recomendaciones principales son que siempre que un fluido tenga una característica adversa (corrosión, alta temperatura, etc) es mejor ponerlo en los tubos puesto que es más barato construir tubos resistentes a este material que

DISEÑO DE LA SECCIÓN DE PURIFICACIÓN DE UNA PLANTA DE HIDRODEALQUILACIÓN DE TOLUENO

Alejandra Quevedo Fernández

construir una carcasa que es mucho mayor.



2. Tubos: los tubos son el componente básico de un intercambiador, ya que son los que proporcionan la superficie de intercambio entre los dos fluidos. El material usado en nuestros intercambiadores ha sido acero al carbono por su bajo coste y sus propiedades mecánicas.

3. Carcasa: es el recipiente contenedor del fluido que circula por el exterior de los tubos que dispone además de las toberas de entrada y salida del fluido. Es de sección circular, estando limitado su diámetro por la necesidad de extraer el haz de tubos.

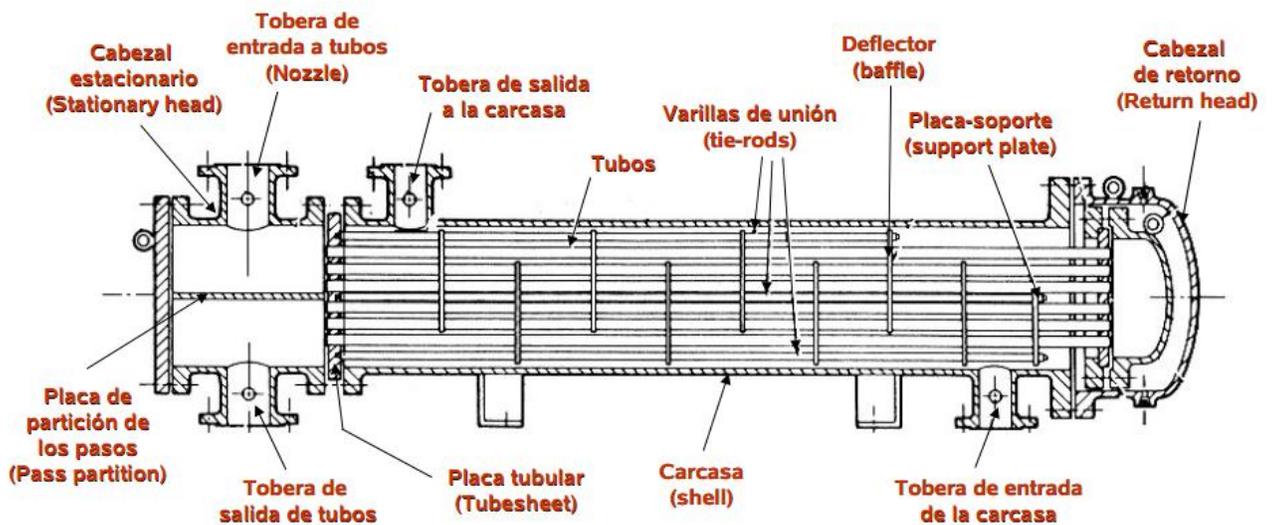
4. Disposición de los tubos: pueden estar dispuestos de diferentes formas, triangular y cuadrada donde cabe la posibilidad que la posición elegida sea rotada. En nuestro caso tenemos una colocación triangular rotada (60°).

DISEÑO DE LA SECCIÓN DE PURIFICACIÓN DE UNA PLANTA DE HIDRODEALQUILACIÓN DE TOLUENO

Alejandra Quevedo Fernández

5. El cálculo del área disponible y del área requerida nos lo facilita CHEMCAD.

6. Elementos del intercambiador:



7. Los intercambiadores de carcasa y tubos se pueden describir con tres letras que establecen los tres principales componentes que son el cabezal delantero, el cabezal trasero y la carcasa. El diseño es el elegido para los dos intercambiadores (E-103 y E-105).

El cabezal delantero escogido ha sido el tipo A que es la configuración estándar para fluidos sucios en el lado de los tubos, pues permite limpieza de éstos con facilidad.

La carcasa elegida es el tipo E, que es la más común. Es una carcasa en un solo paso en donde el fluido entra por un extremo y sale por el otro.

Y el cabezal de retorno es el tipo L que nos permite que el haz de tubos quede

DISEÑO DE LA SECCIÓN DE PURIFICACIÓN DE UNA PLANTA DE HIDRODEALQUILACIÓN DE TOLUENO

Alejandra Quevedo Fernández

fijado por ambos extremos a las placas tubulares. Su principal ventaja es su bajo coste debido a la sencillez de sus cabezales. Otra ventaja es que minimiza las fugas y por tanto es adecuado para fluidos peligrosos.

8. Los deflectores tienen como función principal el guiar al fluido que circula por la carcasa aumentando mediante su correcto diseño el coeficiente de transmisión de calor. En nuestro caso se ha elegido unos deflectores segmentados puesto que favorecen un alto coeficiente de calor.

DISEÑO DE LA SECCIÓN DE PURIFICACIÓN DE UNA PLANTA DE HIDRODEALQUILACIÓN DE TOLUENO

Alejandra Quevedo Fernández

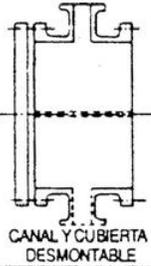
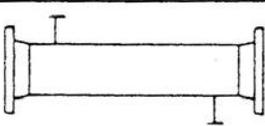
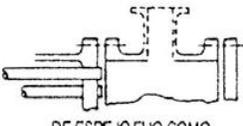
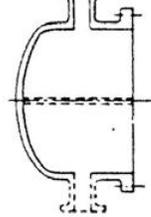
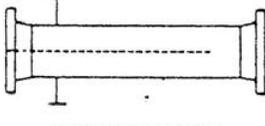
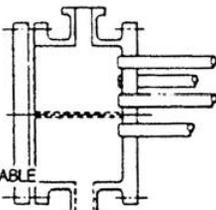
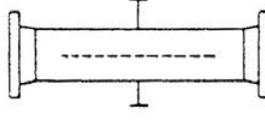
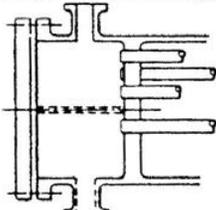
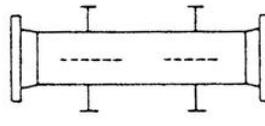
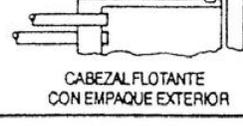
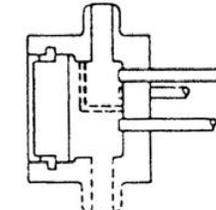
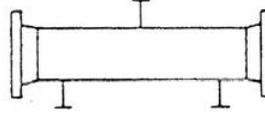
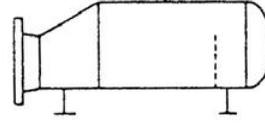
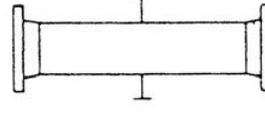
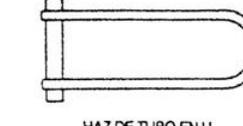
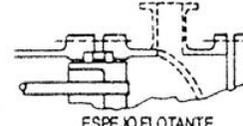
	TIPOS DE CABEZAL ESTACIONARIO, EXTREMO FRONTAL		TIPOS DE CORAZAS		TIPOS DE CABEZALES, EXTREMO POSTERIOR
A	 CANAL Y CUBIERTA DESMONTABLE	E	 CORAZA DE UN PASO	L	 DE ESPEJO FUJO COMO EL CABEZAL ESTACIONARIO "A"
B	 CASQUETE (CUBIERTA INTEGRADA)	F	 CORAZA DE DOS PASOS CON DEFLECTOR LONGITUDINAL	M	 DE ESPEJO FUJO COMO EL CABEZAL ESTACIONARIO "B"
C	 SOLO HAZ DE TUBOS DESMONTABLE CANAL INTEGRADO CON ESPEJO Y CUBIERTA DESMONTABLE	G	 DE FLUJO PARTIDO	N	 DE ESPEJO FUJO COMO EL CABEZAL ESTACIONARIO "N"
N	 CANAL INTEGRADO CON ESPEJO Y CUBIERTA DESMONTABLE	H	 DE FLUJO PARTIDO DOBLE	P	 CABEZAL FLOTANTE CON EMPAQUE EXTERIOR
D	 CIERRE ESPECIAL A ALTA PRESIÓN	J	 DE FLUJO DIVIDIDO	S	 CABEZAL FLOTANTE CON DISPOSITIVO DE APOYO
		K	 REHERVIDOR DE CALDERA	T	 CABEZAL FLOTANTE SIN CONTRABRIDA
		X	 FLUJO CRUZADO	U	 HAZ DE TUBO EN U
				W	 ESPEJO FLOTANTE SELLADO EXTERNAMENTE

Tabla de tipos de cabezales y carcasas.

COLUMNA DE DESTILACIÓN DE PLATOS:

- *GENERALIDADES:*

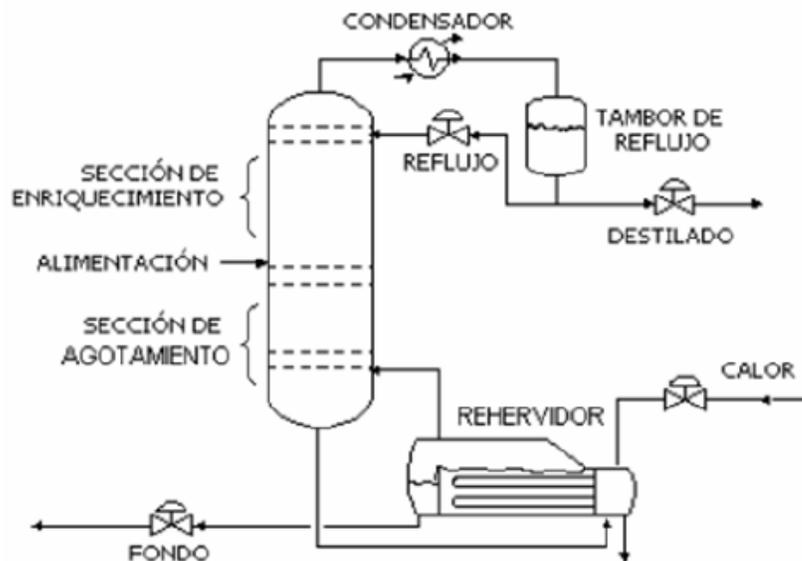
La destilación es una operación básica de transferencia de materia que consiste en la separación de los componentes de una mezcla líquida mediante el contacto de una fase líquida con una fase gaseosa. De éste modo la fase gaseosa se va enriqueciendo en el componente más volátil (más ligero), mientras que la líquida descendiente se va enriqueciendo en el componente menos volátil (más pesado).

La secuencia de operación de una columna de operación comienza con la introducción de una alimentación multicomponente introducida en la columna de destilación. Por la cabeza de la columna se obtiene una mezcla de los componentes más ligeros en fase vapor, la cual se condensa. Parte de éste condensado se retoma de nuevo a la torre en forma de reflujo y el restante es destilado producto de la operación.

En el fondo de la columna se obtiene una mezcla de los productos más pesados en fase líquida, este líquido se introduce en un rehervidor, en donde se evapora parcialmente y este vapor es retornado a la torre de destilación. El líquido sobrante es el residuo producto de la destilación.

DISEÑO DE LA SECCIÓN DE PURIFICACIÓN DE UNA PLANTA DE HIDRODEALQUILACIÓN DE TOLUENO

Alejandra Quevedo Fernández



Debido a la diferencia de densidad entre la fase vapor y la líquida, el líquido desciende hacia abajo de la columna, cayendo en cascada de plato a plato, mientras que el vapor asciende por la columna, para entrar en contacto con el líquido en cada uno de los platos.

Las fases de vapor y líquido en un plato cualquiera se acercan a los equilibrios de temperatura, presión y composición, hasta un punto que depende de la eficiencia del plato de contacto.

La separación general que se logra entre el producto superior y el del fondo depende primordialmente de las volatilidades relativas de los componentes, el número de platos de contacto y de la relación de reflujo de la fase líquida a la de vapor.

Si la corriente de alimentación se introduce en un punto situado a lo largo de la

DISEÑO DE LA SECCIÓN DE PURIFICACIÓN DE UNA PLANTA DE HIDRODEALQUILACIÓN DE TOLUENO

Alejandra Quevedo Fernández

columna, ésta se dividirá en una sección superior que se denomina con frecuencia sección de rectificación, y otra inferior, que suele recibir el nombre de sección de agotamiento.

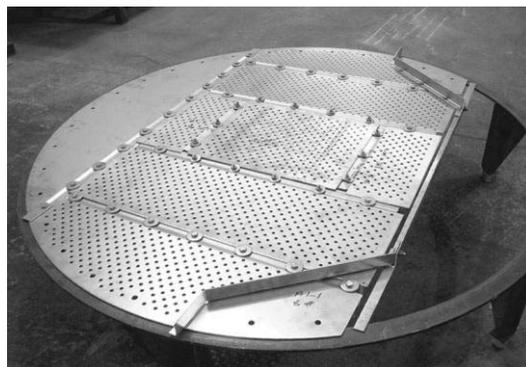
- *DISEÑO DE LA COLUMNA DE DESTILACIÓN:*

1. Tipos de platos:

- *Platos de campana de borboteo:* ha sido el plato más utilizado. Las campanas están colocadas sobre unos conductos de subida.



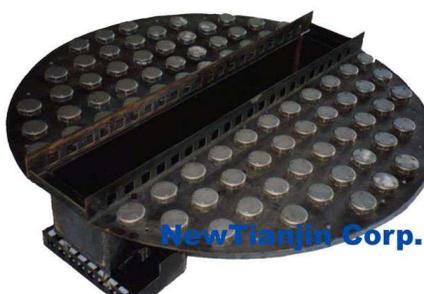
- *Platos perforados:* su construcción es mucho más sencilla, requiriendo la perforación de pequeños agujeros en la bandeja.



DISEÑO DE LA SECCIÓN DE PURIFICACIÓN DE UNA PLANTA DE HIDRODEALQUILACIÓN DE TOLUENO

Alejandra Quevedo Fernández

- *Platos de válvulas*: es un intermedio entre los de campanas de borboteo y los platos perforados. La construcción es similar a los de campanas, cada agujero tiene por encima una válvula que se eleva ante el paso del vapor.



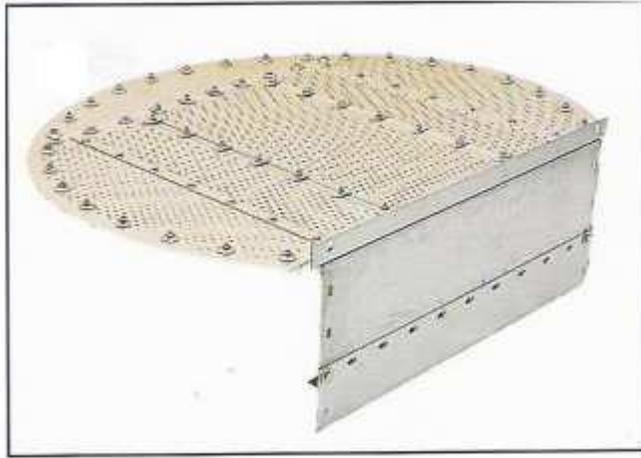
Normalmente el tipo de plato más empleado es el plato perforado, debido principalmente a su economía. Si se requiere una mayor flexibilidad entonces se hará uso de los platos de válvulas; actualmente los platos de borboteo aparecen únicamente en los casos en que es necesario controlar el tiempo de residencia para que se dé una determinada reacción química o si el flujo de vapor es insuficiente y se produce un goteo del líquido.

2. Vertederos:

Son conductos que conducen el líquido desde el plato superior hasta el inferior en la columna de destilación. Existen varios tipos de los cuales el más utilizado es el vertedero tipo cuerda puesto que nos ofrece buen área y es el más económico.

DISEÑO DE LA SECCIÓN DE PURIFICACIÓN DE UNA PLANTA DE HIDRODEALQUILACIÓN DE TOLUENO

Alejandra Quevedo Fernández



CONDENSADOR:

- *GENERALIDADES:*

El condensador es un tipo de intercambiador tubular que condensa el vapor que llega a la parte superior de la columna. El vapor condensado retorna a la columna como reflujo y lo demás se retira como destilado.

El diseño óptimo del condensador va a ser muy importante ya que constituye uno de los costes energéticos más importantes del proceso.

El condensador se diseña de forma similar a cualquier intercambiador de calor, presentando ciertas peculiaridades.

El condensador en la torre de destilación puede ser total, parcial o mixto, ya sea que el destilado se necesite en fase vapor o en fase líquida respectivamente. En un condensador total, todo el vapor a la salida de la torre es condensado, y posteriormente se separa, donde una parte regresa a la torre (reflujo) y la otra es el

DISEÑO DE LA SECCIÓN DE PURIFICACIÓN DE UNA PLANTA DE HIDRODEALQUILACIÓN DE TOLUENO

Alejandra Quevedo Fernández

producto deseado.

- *DISEÑO DEL CONDENSADOR:*

Existe una multiplicidad de diseños, siendo las configuraciones constructivas más comunes. Afortunadamente la literatura de intercambiadores de calor y condensadores es extremadamente extensa. Probablemente la clasificación más relevante de este tipo de intercambiador se refiere al fluido con el que el gas a condensar interactúa.

Los condensadores enfriados por agua, de carcasa y tubos, es el diseño más conocido, en el cual el gas condensa sobre la superficie externa de los tubos por los que se hace circular internamente agua de enfriamiento.

Existen diversos tipos de condensadores y éstos se clasifican dependiendo del arreglo, área de intercambio de calor, y de otras características. Algunos de estos condensadores son de tubo y carcasa, de doble tubo, compactos, entre otros.

En este proyecto de estudiaros los condensadores de tubo y carcasa, los cuales se pueden clasificar según su geometría y lugar donde se condensa el fluido.

REHERVIDOR:

- *GENERALIDADES:*

El rehervidor es un tipo de intercambiador de calor que proporciona la energía a la columna para mantener las corrientes de líquido y vapor en estado de saturación.

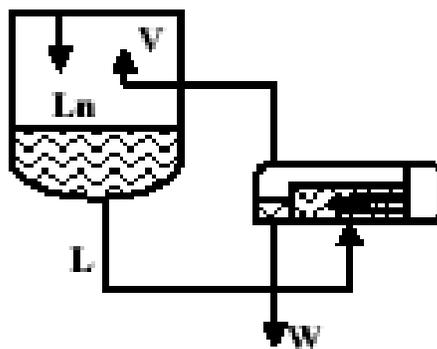
DISEÑO DE LA SECCIÓN DE PURIFICACIÓN DE UNA PLANTA DE HIDRODEALQUILACIÓN DE TOLUENO

Alejandra Quevedo Fernández

El diseño es muy parecido al del condensador, teniendo en cuenta que esta vez el fluido entrante es líquido que sale como vapor, sin que se produzca una disminución de la temperatura, sino solamente un cambio de fase. Es por ello por lo que en esta ocasión únicamente se debe tener en cuenta el calor latente de vaporización y no el calor sensible.

Normalmente se emplea vapor de agua como flujo que cede calor al fluido a calentar. Éste se hace pasar por los tubos y la temperatura de salida de la corriente de líquido al que se ha transferido calor se suele controlar con una sonda. El caudal de vapor se regulará en función de que la temperatura sea inferior o superior a la deseada. En las torres de destilación, los reboilers se sitúan en los fondos para calentar la mezcla líquida que va a ser destilada.

Existen varios tipos de rehervidores, de entre los cuales el seleccionado en este proyecto ha sido el tipo Kettle (tipo paila o marmita), en donde el fluido de calentamiento circula por el interior de los tubos, mientras que la ebullición ocurre por la coraza. Estos equipos poseen un espacio extra en la coraza donde se produce la separación del líquido y del vapor de manera que retorna a la torre vapor puro y el líquido que se encuentra en equilibrio sale del rehervidor como producto de fondo.



2. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

DESTILADOR FLASH

Los parámetros a introducir en el simulador CHEMCAD para un buen diseño del equipo son:

- Kv: que es un factor que se emplea para determinar la velocidad máxima. Éste parámetro no es obligatorio introducirlo, puesto que si no lo hacemos el programa lo calcula con el resto de datos que introducimos.

- Presión de diseño: que es la máxima presión de trabajo permitida y que calculamos como el mayor de $P = P_0(1+0.1)$ o $P = P_0 + 2 \text{ atm}$

El valor que hemos introducido en esta ocasión ha sido de $P = 25.94 \text{ atm}$

- S: es el esfuerzo máximo admisible que depende del material de construcción, que como consideramos que el material va a ser de acero al carbono este valor es de $S = 1021.71 \text{ atm}$

- E: es la eficiencia de soldaduras cubierta/cabezal que dependen del tipo de soldadura y de la inspección realizada. Y para el diseño preliminar consideramos junta con soldadura doble radiografía de valor $E = 1$

- Sobre-espesor de corrosión: al espesor necesario para resistir las tensiones, hay que añadir un sobre-espesor por corrosión. Existe un balance entre el coste de la protección por corrosión y el coste del material. A veces es más barato aumentar el espesor de un material común que usar un material más resistente aunque el sobre-espesor sea menor. $(\Delta t)_{\text{corr}} = 1/8''$ para aceros al carbono.

- WPA: es el sobre peso que hay que tener en cuenta de las toberas y demás accesorios, que estimamos en $WPA = 0.20$

- ρ_s : es la densidad del material de construcción, que en esta caso es de

DISEÑO DE LA SECCIÓN DE PURIFICACIÓN DE UNA PLANTA DE HIDRODEALQUILACIÓN DE TOLUENO

Alejandra Quevedo Fernández

$$\rho_s = 7833.41 \text{ Kg/m}^3$$

- SF: es el espesor de la pestaña de unión de cubierta y cabezal, que se estima que es $h = 0.0508 \text{ m}$

- D: es el diámetro mínimo $D_{\min} = 0.1016 \text{ m}$

Además, para recipientes horizontales debemos añadir los siguientes parámetros:

- KVM que es el factor multiplicador de K_v , y que suponemos que es de

$$KVM = 1.25$$

- Relación longitud/diámetro: que la relación óptima es de 3.

- Relación área de vapor/área de sección transversal $A_v/A_T = 0.2$

EQUIPO V-102

Las características de la corriente de alimentación son:

<i>PRESIÓN (atm)</i>	23.5875
<i>TEMPERATURA (°C)</i>	38
<i>FRACCIÓN DE VAPOR</i>	0.894058
<i>FLUJO TOTAL (kmol/h)</i>	1343.008
<i>FRACCIÓN MOLAR DE HIDROGENO</i>	716.16
<i>FRACCIÓN MOLAR DE METANO</i>	475.88
<i>FRACCIÓN MOLAR DE BENCENO</i>	115.54
<i>FRACCIÓN MOLAR DE TOLUENO</i>	35.42

DISEÑO DE LA SECCIÓN DE PURIFICACIÓN DE UNA PLANTA DE
HIDRODEALQUILACIÓN DE TOLUENO

Alejandra Quevedo Fernández

<i>FRACCIÓN MOLAR DE AGUA</i>	0
-------------------------------	----------

En esta operación se obtienen dos corrientes de salida, una denominada venteo, que es la fracción gaseosa y que se obtiene por la parte superior con las siguientes características:

<i>PRESIÓN (atm)</i>	23.58
<i>TEMPERATURA (°C)</i>	38
<i>FRACCIÓN DE VAPOR</i>	1
<i>FLUJO TOTAL (kmol/h)</i>	1200.73
<i>FRACCIÓN MOLAR DE HIDROGENO</i>	715.53
<i>FRACCIÓN MOLAR DE METANO</i>	472.97
<i>FRACCIÓN MOLAR DE BENCENO</i>	11.04
<i>FRACCIÓN MOLAR DE TOLUENO</i>	1.19
<i>FRACCIÓN MOLAR DE AGUA</i>	0

La fracción más pesada, y que por tanto se obtendrá por el fondo del equipo, es la fracción líquida que será la alimentación del siguiente equipo de destilación flash y que tiene las siguientes características:

DISEÑO DE LA SECCIÓN DE PURIFICACIÓN DE UNA PLANTA DE
HIDRODEALQUILACIÓN DE TOLUENO

Alejandra Quevedo Fernández

<i>PRESIÓN (atm)</i>	23.58
<i>TEMPERATURA (°C)</i>	38
<i>FRACCIÓN DE VAPOR</i>	0
<i>FLUJO TOTAL (kmol/h)</i>	142.28
<i>FRACCIÓN MOLAR DE HIDROGENO</i>	0.6343
<i>FRACCIÓN MOLAR DE METANO</i>	2.9067
<i>FRACCIÓN MOLAR DE BENCENO</i>	104.503
<i>FRACCIÓN MOLAR DE TOLUENO</i>	34.2367
<i>FRACCIÓN MOLAR DE AGUA</i>	0

El caudal de entrada al equipo es de 60.02114 m³/h, mucho más que 25 m³/h por lo que por razones económicas se recomienda el uso de un destilador flash horizontal.

DISEÑO DE LA SECCIÓN DE PURIFICACIÓN DE UNA PLANTA DE
HIDRODEALQUILACIÓN DE TOLUENO

Alejandra Quevedo Fernández

 <h2 style="text-align: center;">HOJA DE ESPECIFICACIONES</h2> <h3 style="text-align: center;">DESTILADOR FLASH V-102</h3>			
Cliente: Universidad Politécnica de Cartagena			
Referencia n°: 001/008			
Dirección:			
Localización de planta: Polígono Industrial Valle de Escombreras Fecha:			
PROPIEDADES DE LA CORRIENTE CIRCULANTE			
Vapor		Líquido	
Flujo (Kg/h)		10002.1335	11365.6268
Flujo (m3/h)		1300.0458	13.5288
Densidad (Kg/m3)		7.6937	840.1043
CONDICIONES DE OPERACIÓN			
Tiempo de retención (minutos)	15.1501	Eficacia de las juntas de la carcasa	1
Presión de diseño (atm)	25.94	Constante K (m/s)	0.1617
Máxima presión permisible (atm)	1030.9	Velocidad máxima de flujo (m/s)	16.820
DATOS DE DISEÑO			
Volumen total del recipiente (m3)	4.7445	Peso del cabezal (kg)	646.4319
Longitud (m)	3.6576	Densidad del recipiente (kg/m3)	7833.4128
Diámetro interno (m)	1.2192	Peso total Vacío (kg)	2769.6766
Relación Longitud /Diámetro	3	Peso total lleno (kg)	6755.5774
Espesor de la carcasa (m)	0.0191	Peso máximo permisible (kg)	7309.5126
Peso de la carcasa (kg)	2123.24	Espesor del cabezal (m)	0.0191
Tipo de cabezal	Elipsoidal	Coefficiente de seguridad en el peso (%)	20
Eficacia de las juntas del cabezal	1	Permeabilidad a la corrosión (m)	0.0032
Material: Acero al carbono		Orientación: Horizontal	

DISEÑO DE LA SECCIÓN DE PURIFICACIÓN DE UNA PLANTA DE HIDRODEALQUILACIÓN DE TOLUENO

Alejandra Quevedo Fernández

EQUIPO V-103:

Las características de la corriente de entrada se corresponden con las de la salida de la fracción líquido del equipo anterior.

Las características de la fracción de venteo son:

<i>PRESIÓN (atm)</i>	2.7634
<i>TEMPERATURA (°C)</i>	38
<i>FRACCIÓN DE VAPOR</i>	1
<i>FLUJO TOTAL (kmol/h)</i>	3.0895
<i>FRACCIÓN MOLAR DE HIDROGENO</i>	0.6105
<i>FRACCIÓN MOLAR DE METANO</i>	2.2643
<i>FRACCIÓN MOLAR DE BENCENO</i>	0.1944
<i>FRACCIÓN MOLAR DE TOLUENO</i>	0.02035
<i>FRACCIÓN MOLAR DE AGUA</i>	0

Las características de la corriente que sale por el fondo del equipo, que es la fracción líquida que posteriormente se introducirá en los intercambiadores de calor tienen las siguientes características:

<i>PRESIÓN (atm)</i>	2.7634
<i>TEMPERATURA (°C)</i>	38
<i>FRACCIÓN DE VAPOR</i>	0

DISEÑO DE LA SECCIÓN DE PURIFICACIÓN DE UNA PLANTA DE
HIDRODEALQUILACIÓN DE TOLUENO

Alejandra Quevedo Fernández

<i>FLUJO TOTAL (kmol/h)</i>	139.1908
<i>FRACCIÓN MOLAR DE HIDROGENO</i>	0.023871
<i>FRACCIÓN MOLAR DE METANO</i>	0.642357
<i>FRACCIÓN MOLAR DE BENCENO</i>	104.3082
<i>FRACCIÓN MOLAR DE TOLUENO</i>	34.21634
<i>FRACCIÓN MOLAR DE AGUA</i>	0

El caudal de entrada al equipo es de 13.02 m³/h, mucho menos que 25 m³/h por lo que por razones económicas se recomienda el uso de un destilador flash vertical.

DISEÑO DE LA SECCIÓN DE PURIFICACIÓN DE UNA PLANTA DE
HIDRODEALQUILACIÓN DE TOLUENO

Alejandra Quevedo Fernández

	<h2 style="margin: 0;">HOJA DE ESPECIFICACIONES</h2> <h3 style="margin: 0;">DESTILADOR FLASH V-103</h3>		
Cliente: Universidad Politécnica de Cartagena			
Referencia n°: 002/008			
Dirección:			
Localización de planta: Polígono Industrial Valle de Escombreras		Fecha:	
PROPIEDADES DE LA CORRIENTE CIRCULANTE			
Vapor		Líquido	
Flujo (Kg/h)	54.6161	11311.0168	
Flujo (m3/h)	28.4029	13.2425	
Densidad (Kg/m3)	1.9229	854.1429	
CONDICIONES DE OPERACIÓN			
Tiempo de retención (minutos)	5	Eficacia de las juntas de la carcasa	1
Presión de diseño (atm)	25.94	Constante K (m/s)	0.0072
Máxima presión permisible (atm)	1030.9	Velocidad máxima de flujo (m/s)	0.1524
DATOS DE DISEÑO			
Volumen total del recipiente (m3)	2.7254	Peso del cabezal (kg)	317.4578
Longitud (m)	3.8454	Densidad del recipiente (kg/m3)	7833.4128
Diámetro interno (m)	0.9144	Peso total Vacío (kg)	1714.9903
Relación Longitud /Diámetro	4.2053	Peso total lleno (kg)	4042.8482
Espesor de la carcasa (m)	0.0159	Peso máximo permisible (kg)	4385.8462
Peso de la carcasa (kg)	1397.5325	Espesor del cabezal (m)	0.0159
Tipo de cabezal	Elipsoidal	Coefficiente de seguridad en el peso (%)	20,00
Eficacia de las juntas del cabezal	1	Permeabilidad a la corrosión (m)	0.0032
Material: Acero al carbono		Orientación: Vertical	

DISEÑO DE LA SECCIÓN DE PURIFICACIÓN DE UNA PLANTA DE
HIDRODEALQUILACIÓN DE TOLUENO

Alejandra Quevedo Fernández

INTERCAMBIADOR DE CALOR E-103:

Servicios disponibles:

Vapor de media presión (11.2 atm, saturado) con un coste de 6.5€/1000kg.

1. DATOS DE LAS CORRIENTES:

Condiciones de entrada y salida del intercambiador de calor E-103

	<i>PRESION (atm)</i>	<i>TEMPERATURA (°C)</i>
<i>ENTRADA</i>	2.763386	38
<i>SALIDA</i>	2.566001	90

2. DISTRIBUCIÓN DE FLUIDOS:

El vapor de agua va por la carcasa calentando los tubos y de esta manera cediendo calor al proceso que circula por el interior de éstos, puesto que tiene una mayor presión y es mucho más económico y fácil de construir tubos resistentes a altas presiones que una carcasa que tiene un tamaño mayor.

3. TUBOS:

Número de tubos	22
Diámetro exterior (m)	0.018
Diámetro interior (m)	0.015
Longitud (m)	1.8288
Espesor del tubo (m)	0.001651

DISEÑO DE LA SECCIÓN DE PURIFICACIÓN DE UNA PLANTA DE HIDRODEALQUILACIÓN DE TOLUENO

Alejandra Quevedo Fernández

4. CARCASA:

DIÁMETRO DE LA CARCASA (m)	0.1524
CLARO ENTRE TUBOS (m)	0.015
ESPACIADO ENTRE TUBOS (m)	0.0008

5. SOBREDIMENSIONAMIENTO:

El diseño propuesto está sobredimensionado desde el punto de vista térmico. Para llegar a este diseño se ha ido calculando el área disponible modificando los parámetros geométricos (longitud de los tubos, número de tubos, diámetro de tubos, diámetro de carcasa, etc).

El sobredimensionamiento es aceptable eliminando los cuellos de botella que se producirían si se desea aumentar la capacidad del equipo en futuras mejoras de la instalación. Esto ocurre cuando el sobredimensionamiento 'S' es inferior al 20%.

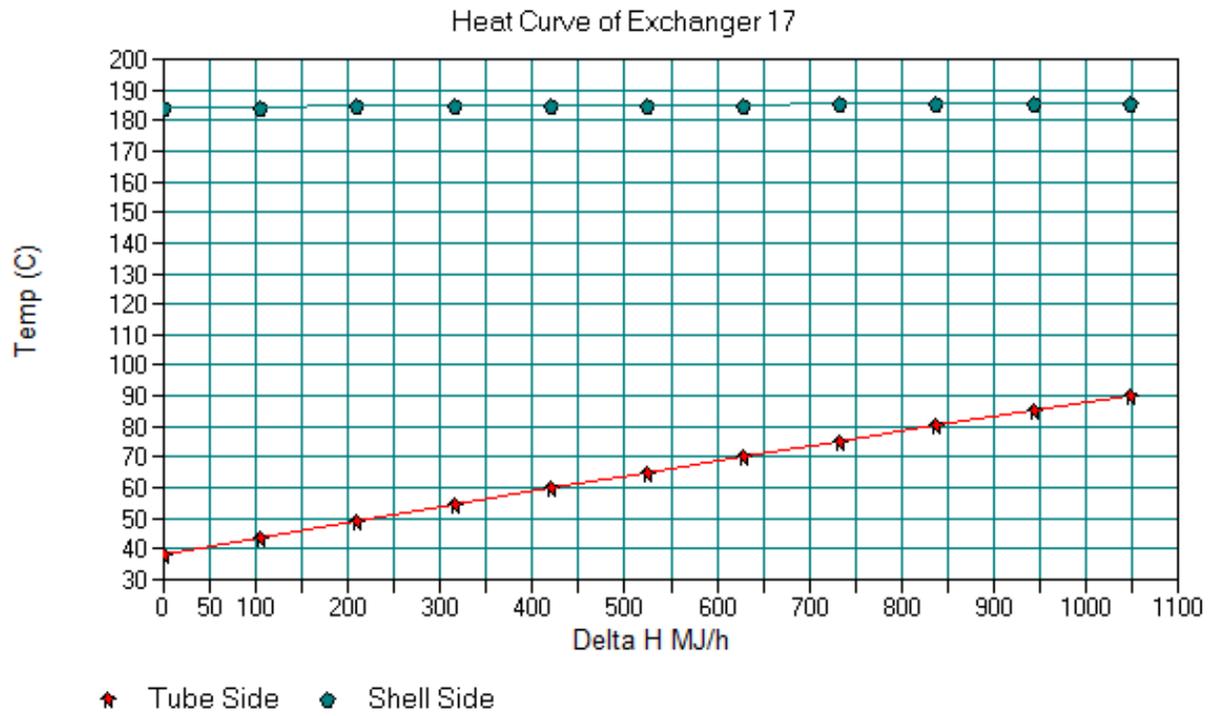
Para éste intercambiador se ha obtenido un sobredimensionamiento de

$$S = 16.5\%$$

6. DISTRIBUCIÓN DE LAS TEMPERATURAS DE LAS CORRIENTES:

DISEÑO DE LA SECCIÓN DE PURIFICACIÓN DE UNA PLANTA DE
HIDRODEALQUILACIÓN DE TOLUENO

Alejandra Quevedo Fernández



DISEÑO DE LA SECCIÓN DE PURIFICACIÓN DE UNA PLANTA DE
HIDRODEALQUILACIÓN DE TOLUENO

Alejandra Quevedo Fernández



HOJA DE ESPECIFICACIONES INTERCAMBIADOR E-103

Cliente: Universidad Politécnica de Cartagena **Referencia n°:** 003/008

Descripción del equipo: Intercambiador de carcasa y tubos

Localización: Polígono Industrial Valle de Escombreras **Fecha:**

CONDICIONES DE OPERACIÓN

	CARCASA	TUBOS
Nombre del fluido circulante	Vapor	Proceso
Flujo (kg/h)	525,7	11311
Líquido (kg/h)	0	11311
Vapor (kg/h)	525,7	0
No condensable	0	0
Vapor de agua	525,7	0
Evap/Cond (kg/h)	525,7	26,1
T^a (Entrada/Salida) (°C)	185.791/185.388	38/90
Presión de operación	11.2	2.76
Velocidad (m/s)	1.78	2.35
Pérdida de presión (atm)	1.12/0.144	0.34/0.171
	PROPIEDADES DE LOS FLUIDOS	
Densidad (kg/m³)	5.67/880.54 / 5.63/882	2.05/854.14 / 3.93/801.76
Conductividad (W/m·K)	0.03/0.67 / 0.03/0.67	0.04/0.14 / 0.03/0.12
Calor específico (kJ/kg·K)	2.71/4.48 / 2.71/4.48	2.09/1.65 / 1.56/1.89
Viscosidad	0	0
Factor de ensuciamiento (m²·K/W)	0.000176	0.000176
Calor latente (kJ/kg)	1990.77	403.76

DISEÑO DE LA SECCIÓN DE PURIFICACIÓN DE UNA PLANTA DE
HIDRODEALQUILACIÓN DE TOLUENO

Alejandra Quevedo Fernández



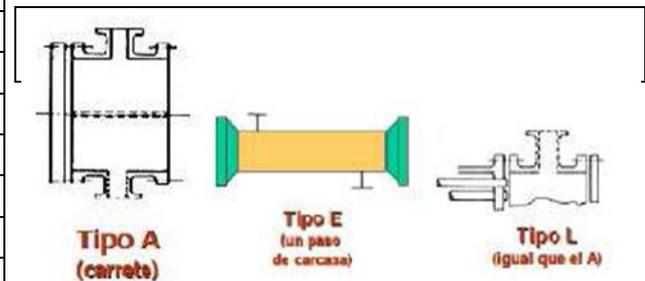
HOJA DE ESPECIFICACIONES INTERCAMBIADOR E-103

Cliente: Universidad Politécnica de Cartagena

Referencia nº: 003/008

DATOS DE DISEÑO

Calor intercambiado (MJ/h)	1.047 E+003
LMTD (corregido)	119.02
Área requerida (m ²)	1.84
TEMA	AEL
Deflectores	8
Corte (%)	21
Disposición	Vertical
Sobredimensionado (%)	16.5
Área disponible (m ²)	2.15



DISEÑO DE TUBOS	
Tipo de tubo	Bare
Material	Acero al carbono
Número de tubos	22
Diámetro exterior (m)	0.018
Diámetro interior (m)	0.015
Nº de pasos	2
Espesor (mm)	1.651
Longitud (m)	1.83
Espaciado (mm)	0.8
Presión de diseño (atm)	0.34
Velocidad (m/s)	2.35

DISEÑO CARCASA	
Tipo de carcasa	A-285-C
Tipo de cabezal	A-285-C
Tipo de cubierta	A-285-C
Disposición	Horizontal
Diámetro exterior (m)	0.18
Diámetro interior (m)	0.15
Nº Pasos	1
Presión de diseño (atm)	1.12
Velocidad (m/s)	1.78
Nº Intercambiadores	1

MATERIALES

Carcasa	Acero al carbono	Tubos	Acero al carbono
Cabezales	Acero al carbono	Deflectores	Acero al carbono

COLUMNA DE DESTILACIÓN:

1. Elección del tipo de columna.

Se ha elegido una columna de platos. Las torres de platos son particularmente muy usadas en comparación a las torres de relleno cuando pueden ocurrir fluctuaciones en la velocidad del líquido o vapor, o cuando se anticipan grandes cambios en la capacidad total de la columna. Además son mejores para grandes caudales y diámetros. El líquido contenido en cada plato también hace a las columnas de platos apropiadas para casos donde se debe dar tiempo para una reacción química. Los problemas de pobre distribución de líquido o gas encontrados a varias capacidades de carga con torres de relleno pueden ser evitados con torres de platos, y las torres de platos son usualmente fáciles de limpiar cuando son involucrados depósitos sólidos.

El efecto global de este tipo de columna es el de contacto discontinuo múltiple en contracorriente.

2. Elección del tipo de plato.

El tipo de plato escogido en este diseño es el perforado, que es el que seleccionamos en CHEMCAD.

A continuación, el programa nos indica unos parámetros que él estima adecuados, como son el diámetro de los platos, el espacio entre platos.

3. Además nos indica la distancia entre el final del vertedero y el inicio del plato, el factor de espuma, el componente ligero (benceno) y el componente pesado (tolueno).

DISEÑO DE LA SECCIÓN DE PURIFICACIÓN DE UNA PLANTA DE HIDRODEALQUILACIÓN DE TOLUENO

Alejandra Quevedo Fernández

El número de etapas son 20. Desde la etapa número 2 hasta la etapa número 19 comprende la columna de destilación en sí, y las etapas 1 y 20 son las correspondientes al condensador y al rehervidor, respectivamente.

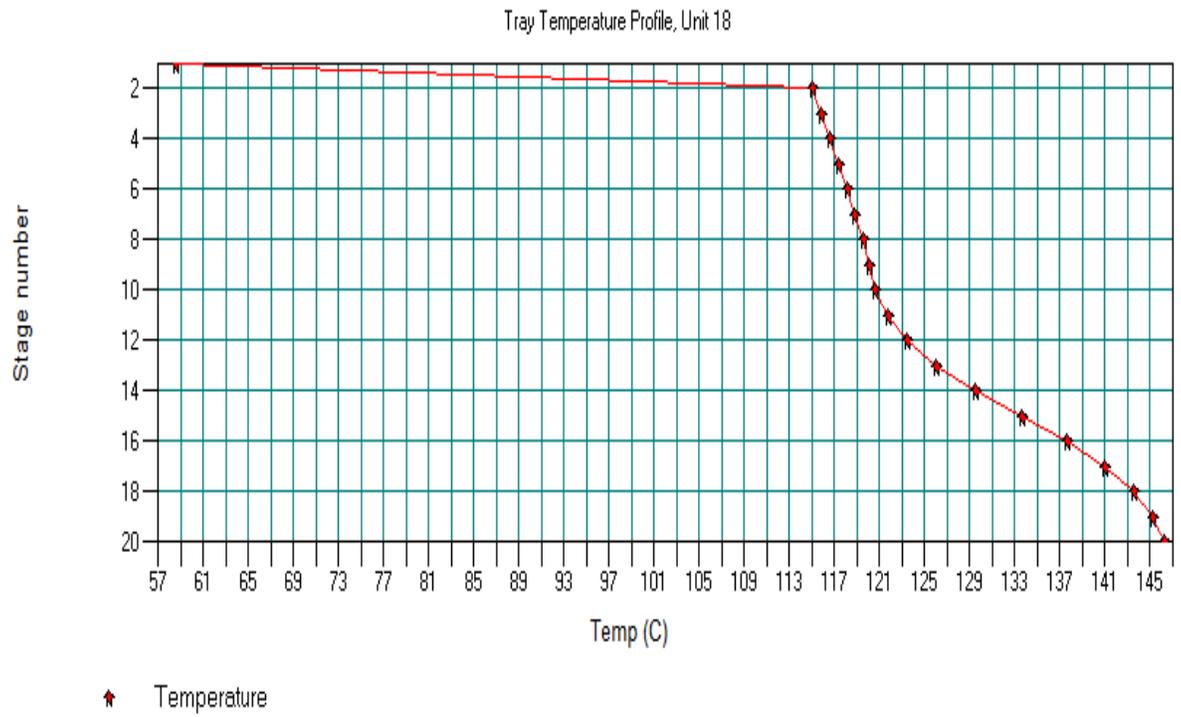
4. Las características de la corriente de entrada a la columna son las siguientes:

TEMPERATURA (°C)	90
PRESIÓN (atm)	2.57
FRACCIÓN VAPOR	0.0042
FLUJO (kmol/h)	139.19
HIDRÓGENO	0.0239
METANO	0.6424
BENCENO	104.3082
TOLUENO	34.2163
AGUA	0

DISEÑO DE LA SECCIÓN DE PURIFICACIÓN DE UNA PLANTA DE HIDRODEALQUILACIÓN DE TOLUENO

Alejandra Quevedo Fernández

5. Curva de temperatura de la columna de platos



DISEÑO DE LA SECCIÓN DE PURIFICACIÓN DE UNA PLANTA DE
HIDRODEALQUILACIÓN DE TOLUENO

Alejandra Quevedo Fernández

	HOJA DE ESPECIFICACIONES COLUMNA DE DESTILACIÓN T-101	Item nº T-101
Cliente: Universidad Politécnica de Cartagena		
Referencia nº: 004/008		
Dirección:		
Localización de planta: Polígono Industrial Valle de Escombreras Fecha:		
CONDICIONES DE OPERACIÓN		
Corriente de proceso		
Caudal de entrada(Kmol/h)		139.1908
Fracción vapor		0.004209
Relación de reflujo		320
Temperatura entrada(°C)		90
Temperatura cabeza(°C)		96.05
Temperatura fondo (°C)		146.25
Presión entrada (atm)		2.57
Presión cabeza (atm)		2.57
Presión fondo (atm)		2.57
Tipo de columna		
DISEÑO DEL PLATO		
Nº de platos		20
Eficiencia (%)		80
Plato de alimentación		10
Tipo de plato		Perforado
Espaciado entre platos (m)		0.61
Longitud del bajante (m)		0.051
Altura del vertedero(m)		1.066
Área de plato (m2)		1.478

DISEÑO DE LA SECCIÓN DE PURIFICACIÓN DE UNA PLANTA DE
HIDRODEALQUILACIÓN DE TOLUENO

Alejandra Quevedo Fernández

	HOJA DE ESPECIFICACIONES PLATOS DE LA COLUMNA T-101	Item nº T-101
Cliente: Universidad Politécnica de Cartagena		
Referencia nº: 004/008		
Dirección:		
Localización de planta: Polígono Industrial Valle de Escombreras Fecha:		
DISEÑO DEL PLATO		
Espesor del plato (m)	0.002	
Diámetro de orificios (m²)	0.0064	
Material	Acero al carbono	
Caída de presión (atm)	0.005	
DIMENSIONES DE LA COLUMNA		
Diámetro del plato (m)	1.372	
Altura total columna (m)	10.97	
Espesor cubierta (m)	0.002	
Cabezales	Elíptico	
Espesor cabezal (m)	0.004	
Apoyo y sujeciones	Faldón	
MATERIALES		
Cubiertas	Acero al carbono	
Cabezales	Acero al carbono	
Toberas	Acero al carbono	

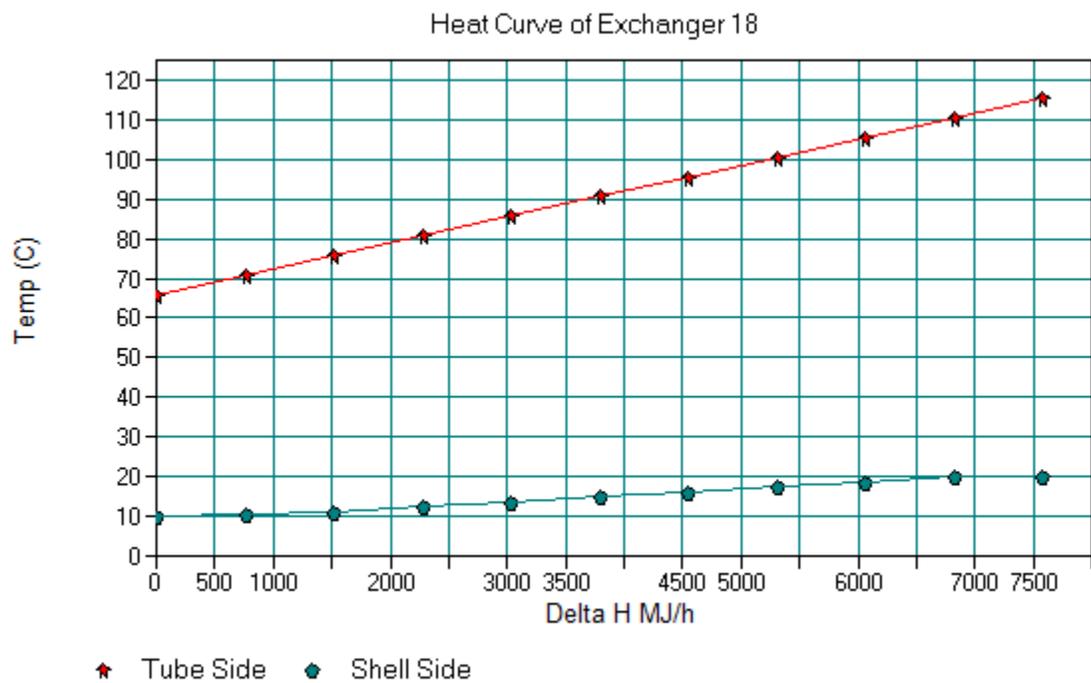
DISEÑO DE LA SECCIÓN DE PURIFICACIÓN DE UNA PLANTA DE HIDRODEALQUILACIÓN DE TOLUENO

Alejandra Quevedo Fernández

CONDENSADOR:

El proceso a seguir para el diseño del condensador es el mismo que un intercambiador, con el servicio de agua de refrigeración (a 10°C /5atm, retorno 20°C).

La curva de distribución de temperaturas de las corrientes es:



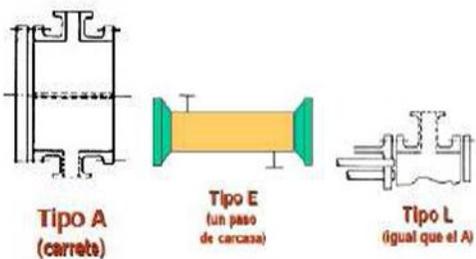
DISEÑO DE LA SECCIÓN DE PURIFICACIÓN DE UNA PLANTA DE
HIDRODEALQUILACIÓN DE TOLUENO

Alejandra Quevedo Fernández

	HOJA DE ESPECIFICACIONES CONDENSADOR	Item n°
Cliente: Universidad Politécnica de Cartagena		
Referencia n°: 005/008		
Dirección:		
Localización de planta: Polígono Industrial Valle de Escombreras Fecha:		
CONDICIONES DE OPERACIÓN		
	Carcasa	Tubos
Nombre del fluido	Condensación	Corriente de proceso
Flujo (Kg/h)	181079.4	16337.0
Líquido (Kg/h)	181079.4	0
Vapor (Kg/h)	0	16337.0
No condensable (Kg/h)	0	0.07701
Evap./Cond.	0	16337.0
Temperatura (Entr/Sal)(°C)	oct-20	115.41/65.959
Presión de Operación (atm)	5	2.57
Velocidad (m/s)	0.50	0.51
Pérdida de Presión (atm)	0.26/0.204	0.5/0.009
PROPIEDADES DE LOS FLUÍDOS		
Densidad (Kg/m³)	0/999.37 / 0/997.84	6.70/774.84 / 6.70/830.39
Conductividad (W/m.K)	0/0.58 / 0/0.60	0.02/0.12 / 0.02/0.13
Calor Específico (J/Kg.K)	0/4.19 / 0/4.19	1.44/2 / 1.44/1.76
Viscosidad (Pa.s)	0.00/0.00 / 0.00/0.00	0.00/0.00 / 0.00/0.00
Calor Latente (kJ/kg)	0	185.39
Factor de ensuciamiento(m².K/W)	0.000176	0.000176

DISEÑO DE LA SECCIÓN DE PURIFICACIÓN DE UNA PLANTA DE
HIDRODEALQUILACIÓN DE TOLUENO

Alejandra Quevedo Fernández

 <h2 style="text-align: center;">HOJA DE ESPECIFICACIONES CONDENSADOR</h2>			
Cliente: Universidad Politécnica de Cartagena		Referencia n°: 005/008	
DATOS DE DISEÑO			
Calor intercambiado (MJ/h)	7.581 E+003		
LMTD (corregido)	74		
Área requerida (m ²)	86.03		
TEMA	AEL		
Deflectores	6		
Corte (%)	21		
Disposición	Horizontal		
Sobredimensionado (%)	22.74		
Área disponible (m ²)	109.89		
DISEÑO DE TUBOS			
Tipo de tubo	Bare	Tipo de carcasa	A-285-C
Material	Acero al carbono	Tipo de cabezal	A-285-C
Número de tubos	755	Tipo de cubierta	A-285-C
Diámetro exterior (m)	0.019	Disposición	Horizontal
Diámetro interior (m)	0.016	Diámetro exterior (m)	0.76
N° de pasos	1	Diámetro interior (m)	0.74
Espesor (mm)	1.7	N° Pasos	1
Longitud (m)	2.44	Presión de diseño (atm)	5
Espaciado (mm)	0.8	Velocidad (m/s)	0.50
Presión de diseño (atm)	2.57	N° Intercambiadores	1
Velocidad (m/s)	0.51		
MATERIALES			
Carcasa	Acero al carbono	Tubos	Acero al carbono
Cabezales	Acero al carbono	Deflectores	Acero al carbono

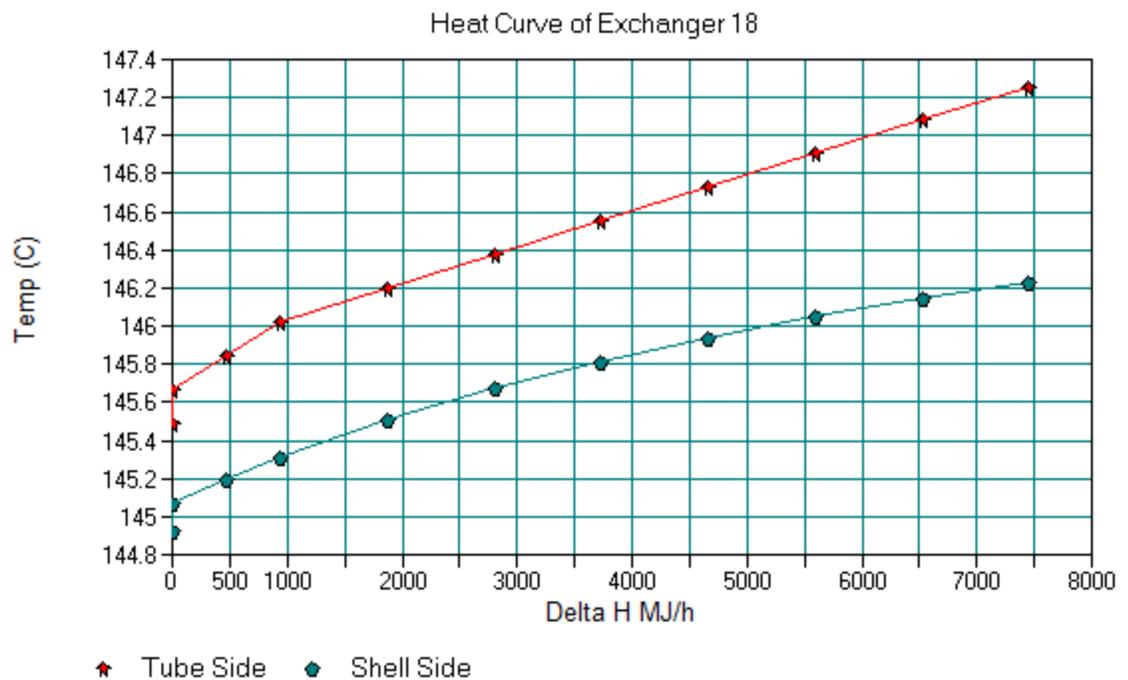
DISEÑO DE LA SECCIÓN DE PURIFICACIÓN DE UNA PLANTA DE HIDRODEALQUILACIÓN DE TOLUENO

Alejandra Quevedo Fernández

REHERVIDOR:

El diseño de un rehervidor es el mismo que se ha seguido para los intercambiadores, con el detalle de que hay que indicar que es un intercambiador del tipo Kettle.

La curva de distribución de las temperaturas de las corrientes es:



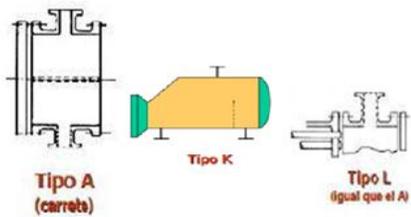
DISEÑO DE LA SECCIÓN DE PURIFICACIÓN DE UNA PLANTA DE
HIDRODEALQUILACIÓN DE TOLUENO

Alejandra Quevedo Fernández

	HOJA ESPECIFICACIONES REHERVIDOR	Item n°
Cliente: Universidad Politécnica de Cartagena		
Referencia n°: 006/008		
Dirección:		
Localización de planta: Polígono Industrial Valle de escombreras		Fecha:
CONDICIONES DE OPERACIÓN		
	Carcasa	Tubos
Nombre del fluido	Proceso	Vapor
Flujo (Kg/h)	22967.3	3501.3
Líquido (Kg/h)	22967.3	0
Vapor (Kg/h)	0	3501.3
No condensable (Kg/h)	0	0
Evap./Cond.	21451.5	3501.3
Temperatura (Entr/Sal)(°C)	144.926/146.233	147.257/145.487
Presión de Operación (atm)	2.57	4.34
Velocidad (m/s)	0.03	0.01
Pérdida de Presión (atm)	0.257/0.145	0.434/0.008
PROPIEDADES DE LOS FLUÍDOS		
Densidad (Kg/m3)	7.25/742.43 / 7.28/741.05	2.33/919.21 / 2.24/920.66
Conductividad (W/m.K)	0.02/0.10 / 0.02/0.10	2.35/4.33 / 2.34/4.32
Calor Específico (J/Kg.K)	1.62/2.16 / 1.63/2.17	2.35/4.33 / 2.34/4.32
Viscosidad (Pa.s)	0.00/0.00 / 0.00/0.00	0.00/0.00 / 0.00/0.00
Calor Latente (kJ/kg)	344.82	2121.24
Factor de ensuciamiento(m²·K/W)	0.000176	0.000176

DISEÑO DE LA SECCIÓN DE PURIFICACIÓN DE UNA PLANTA DE
HIDRODEALQUILACIÓN DE TOLUENO

Alejandra Quevedo Fernández

 <h2 style="text-align: center;">HOJA DE ESPECIFICACIONES REHERVIDOR</h2>			
Cliente: Universidad Politécnica de Cartagena		Referencia n°:006/008	
DATOS DE DISEÑO			
Calor intercambiado (MJ/h)	7.45 E+003		
LMTD (corregido)	0.78		
Área requerida (m ²)	2288.14		
TEMA	AKL		
Deflectores	13		
Corte (%)	15		
Disposición	Vertical		
Sobredimensionado (%)	18.36		
Área disponible (m ²)	2708.14		
DISEÑO DE TUBOS			
Tipo de tubo	Bare	Tipo de carcasa	A-285-C
Material	Acero al carbono	Tipo de cabezal	A-285-C
Número de tubos	7517	Tipoi de cubierta	A-285-C
Diámetro exterior (m)	0.019	Disposición	Horizontal
Diámetro interior (m)	0.016	Diámetro exterior (m)	3.84
Nº de pasos	2	Diámetro interior (m)	3.81
Espesor (mm)	1.7	Nº Pasos	1
Longitud (m)	6.10	Presión de diseño (atm)	4.34
Espaciado (mm)	0.8	Velocidad (m/s)	0.03
Presión de diseño (atm)	2.57	Nº Intercambiadores	1
Velocidad (m/s)	0.01		
MATERIALES			
Carcasa	Acero al carbono	Tubos	Acero al carbono
Cabezales	Acero al carbono	Deflectores	Acero al carbono

DISEÑO DE LA SECCIÓN DE PURIFICACIÓN DE UNA PLANTA DE
HIDRODEALQUILACIÓN DE TOLUENO

Alejandra Quevedo Fernández

INTERCAMBIADOR DE CALOR E-105:

Servicios disponibles:

Agua de refrigeración (a 10°C/5atm, retorno a 20°C) con un coste de 0.2€/m³.

1. DATOS DE LAS CORRIENTES:

Condiciones de entrada y salida del intercambiador de calor E-105

	PRESION (atm)	TEMPERATURA (°C)
ENTRADA	2.566001	58.55861
SALIDA	2.269924	38

2. DISTRIBUCIÓN DE FLUIDOS:

El vapor de agua va por la carcasa calentando los tubos y de esta manera cediendo calor al proceso que circula por el interior de éstos, puesto que tiene una mayor presión y es mucho más económico y fácil de construir tubos resistentes a altas presiones que una carcasa que tiene un tamaño mayor.

DISEÑO DE LA SECCIÓN DE PURIFICACIÓN DE UNA PLANTA DE HIDRODEALQUILACIÓN DE TOLUENO

Alejandra Quevedo Fernández

3. TUBOS:

Número de tubos	47
Diámetro exterior (m)	0.019
Diámetro interior (m)	0.016
Longitud (m)	3.048
Espesor del tubo (m)	0.001651

4. CARCASA:

Diámetro de la carcasa (m)	0.2032
Claro entre tubos (m)	0.015
Espacio entre tubos (m)	0.0008

5. SOBREDIMENSIONAMIENTO:

El diseño propuesto está sobredimensionado desde el punto de vista térmico. Para llegar a este diseño se ha ido calculando el área disponible modificando los parámetros geométricos (longitud de los tubos, número de tubos, diámetro de tubos, diámetro de carcasa, etc).

El sobredimensionamiento es aceptable eliminando los cuellos de botella que se producirían si se desea aumentar la capacidad del equipo en futuras mejoras de la instalación. Esto ocurre cuando el sobredimensionamiento 'S' es inferior al 20%.

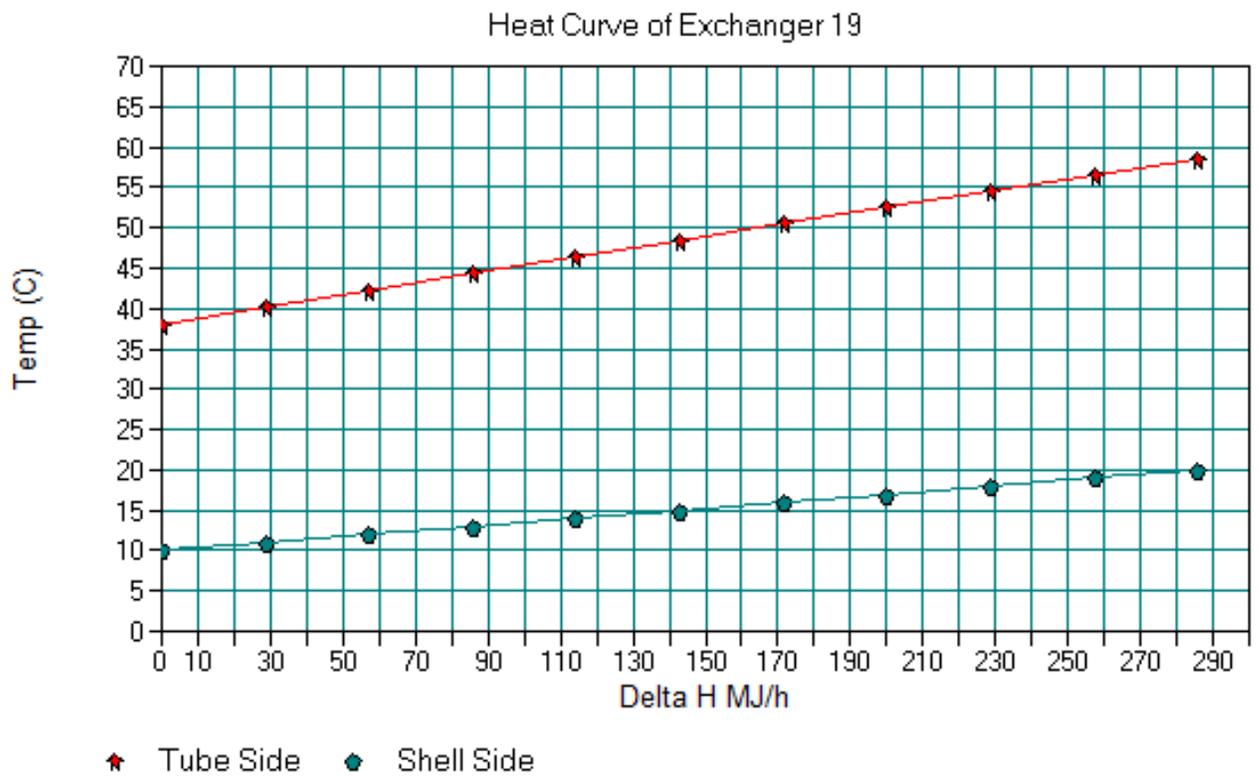
DISEÑO DE LA SECCIÓN DE PURIFICACIÓN DE UNA PLANTA DE HIDRODEALQUILACIÓN DE TOLUENO

Alejandra Quevedo Fernández

Para éste intercambiador se ha obtenido un sobredimensionamiento de

$$S = 12.98\%$$

6. DISTRIBUCIÓN DE LAS TEMPERATURAS DE LAS CORRIENTES:



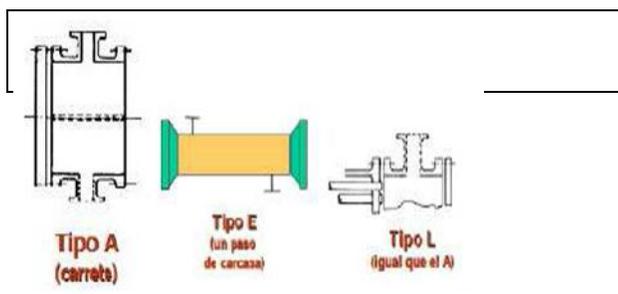
DISEÑO DE LA SECCIÓN DE PURIFICACIÓN DE UNA PLANTA DE
HIDRODEALQUILACIÓN DE TOLUENO

Alejandra Quevedo Fernández

	HOJA DE ESPECIFICACIONES INTERCAMBIADOR DE CALOR E-105	
Cliente: Universidad Politécnica de Cartagena Referencia nº: 007/008		
Descripción del equipo: Intercambiador de carcasa y tubos		
Localización: Polígono Industrial Valle de Escombreras		Fecha:
CONDICIONES DE OPERACIÓN		
	CARCASA	TUBOS
Nombre del fluido circulante	Agua refrigeración	Proceso
Flujo (kg/h)	6824.4	8266.7
Líquido (kg/h)	6824.4	8266.7
Vapor (kg/h)	0	0
No condensable	0	0
Vapor de agua	0	0
Evap/Cond (kg/h)	0	0
Tª (Entrada/Salida) (°C)	oct-20	58.55/38
Presión de operación	5	2.57
Velocidad (m/s)	0.27	0.3
	PROPIEDADES DE LOS FLUIDOS	
Densidad (kg/m³)	0/999.37 / 0/997.84	0/835.43 / 0/856.62
Conductividad (W/m·K)	0/0.58 / 0/0.60	0/0.13 / 0/0.14
Calor específico (kJ/kg·K)	0/4.19 / 0/4.19	0/1.73 / 0/1.63
Viscosidad	0	0
Factor de ensuciamiento (m²·K/W)	0.000176	0.000176
Calor latente (kJ/kg)	0	0

DISEÑO DE LA SECCIÓN DE PURIFICACIÓN DE UNA PLANTA DE
HIDRODEALQUILACIÓN DE TOLUENO

Alejandra Quevedo Fernández

 HOJA DE ESPECIFICACIONES INTERCAMBIADOR DE CALOR E-105			
Cliente: Universidad Politécnica de Cartagena		Referencia nº: 007/008	
DATOS DE DISEÑO			
Calor intercambiado (MJ/h)	2.857E+002		
LMTD (corregido)	33		
Área requerida (m ²)	6.98		
TEMA	AEL		
Deflectores	48		
Corte (%)	15		
Disposición	Horizontal		
Sobredimensionado (%)			
Área disponible (m ²)	7.88		
DISEÑO DE TUBOS			
Tipo de tubo	Bare	Tipo de carcasa	A-285-C
Material	Acero al carbono	Tipo de cabezal	A-285-C
Número de tubos	47	Tipoi de cubierta	A-285-C
Diámetro exterior (m)	0.019	Disposición	Horizontal
Diámetro interior (m)	0.016	Diámetro exterior (m)	0.23
Nº de pasos	1	Diámetro interior (m)	0.20
Espesor (mm)	0.001651	Nº Pasos	1
Longitud (m)	3.048	Presión de diseño (atm)	
Espaciado (mm)	0.8	Velocidad (m/s)	0.27
Presión de diseño (atm)		Nº Intercambiadores	1
Velocidad (m/s)	0.3		
MATERIALES			
Carcasa	Acero al carbono	Tubos	Acero al carbono
Cabezales	Acero al carbono	Deflectores	Acero al carbono

3. *COSTES*

INTRODUCCIÓN:

El cálculo del coste de un equipo comprende el cálculo de un coste básico al que luego se le aplican unos factores de corrección (por material y por presión) y un factor de actualización al año de compra.

- 1.-Calcular el coste base del equipo
- 2.-Calcular el factor de corrección por material
- 3.-Calcular el factor de corrección por presión
- 4.-Calcular el coste de referencia
- 5.-Calcular el factor de actualización al 2006
- 6.-Calcular el coste definitivo del equipo

1.-Cálculo del coste base del equipo (C_p):

El cálculo del coste de un equipo comprende el cálculo de un coste básico, al que luego se le aplican unos factores de corrección (por material y por presión) y un factor de actualización al año de compra, factor de corrección CEPCI.

Cabe señalar, que el valor de todas las constantes precisas para el cálculo del coste de cada equipo, así como el valor del factor de corrección CEPCI, se han obtenido del documento, (“Analysis, Synthesis and Design of Chemical Processes”, autor R. Turton).

Para calcular el coste básico se utiliza la siguiente expresión:

$$\log C_p = K_1 + K_2 \log A + K_3 (\log A)^2$$

- K_1, K_2, K_3 = Son constantes que dependen del equipo. Consultar el libro de R. Turton “Analysis, Synthesis and Design of Chemical Processes (Anexo 1)

- A = parámetro clave del equipo. En un reactor es el volumen, en un cambiador el área, en una columna el diámetro o el número de platos, etc...

El valor obtenido corresponde al coste del equipo construido en acero al carbono y para una presión de trabajo de 1 atm.

2.-Cálculo de la corrección por material (FM):

Si el equipo no está construido en acero al carbono es necesario obtener el valor de FM recogido en las tablas correspondientes.

3.- Cálculo de la corrección por presión (Fp):

La corrección del coste base por efecto de la diferente presión de trabajo (F_p) se obtiene mediante:

$$\log F_p = C_1 + C_2 \log P + C_3 (\log P)^2$$

donde “ C_1 ”, “ C_2 ” y “ C_3 ” son constantes que dependen del equipo y “ P ” es la presión de operación real del equipo en bar.

4.- Cálculo del coste de referencia (FBM):

DISEÑO DE LA SECCIÓN DE PURIFICACIÓN DE UNA PLANTA DE HIDRODEALQUILACIÓN DE TOLUENO

Alejandra Quevedo Fernández

Para el cálculo de este factor utilizamos la fórmula que se muestra a continuación:

$$C_{eq}^0 = C_p (B_1 + B_2 F_M F_P)$$

donde “B1” y “B2” son constantes que dependen del equipo.

5.-Cálculo del factor de actualización:

Teniendo en cuenta la inflación, se debe actualizar el coste calculado al año presente.

Existen varios índices de costes para los equipos en la industria química:

- 1.- Índice de Costes de Equipos de Marshall & Swift.
- 2- Índice de Costes de plantas de Ingeniería Química (CEPCI).

La expresión para el cálculo es la siguiente:

$$\frac{C_{eq}}{C_{eq}^0} = \frac{I_2}{I_1}$$

Donde C_{eq} es el coste del equipo acualizado; C_{eq}^0 es el coste del equipo según las tablas; I_2 es el índice CEPCI actual; I_1 es el índice CEPCI del año 1996-

6.-Cálculo del coste definitivo del equipo:

DISEÑO DE LA SECCIÓN DE PURIFICACIÓN DE UNA PLANTA DE HIDRODEALQUILACIÓN DE TOLUENO

Alejandra Quevedo Fernández

Consistente en la suma individual de cada equipo.

- Si se trata de una ampliación de planta ya existente:

$$C_{Planta} = 1.18 \sum_{i=1}^n C_{eq,i}$$

INDICES CEPCI:

Todo lo explicado anteriormente se realiza cuando el coste de los equipos lo deseamos obtener “a mano”, pero en éste proyecto disponemos del programa CHEMCAD que ya nos proporciona los costes de los equipos simplemente con introducir los índices CEPCI actualizados que son los siguientes, a fecha de enero de 2011:

CHEMICAL ENGINEERING PLANT COST INDEX (CEPCI)			
(1957-59 = 100)	Jan. '11 Prelim.	Dec. '10 Final	Jan. '10 Final
CE Index	564.8	560.3	552.9
Equipment	681.7	674.6	661.8
Heat exchangers & tanks	633.8	627.1	619.9
Process machinery	642.3	627.6	601.9
Pipe, valves & fittings	859.2	834.3	794.3
Process instruments	431.0	426.2	419.8
Pumps & compressors	876.5	903.6	903.0
Electrical equipment	493.2	488.4	469.2
Structural supports & misc	707.4	696.3	640.2
Construction labor	326.7	328.1	331.0
Buildings	503.6	503.3	494.8
Engineering & supervision	334.8	335.6	342.4

DISEÑO DE LA SECCIÓN DE PURIFICACIÓN DE UNA PLANTA DE
HIDRODEALQUILACIÓN DE TOLUENO

Alejandra Quevedo Fernández

COSTE UNITARIO DE LOS EQUIPOS:

Teniendo en cuenta la equivalencia dólar-euro:

$$1\$ = 0.731757\text{€}$$

EQUIPOS/COSTES	EQUIPO EN \$	EQUIPO EN €	TOTAL \$	TOTAL €
V-102	40104.2	29346.53	68177.2	49889.14
V-103	42812.3	31328.2	72780.9	53257.9
E-103	3785.29	2769.9	7570.58	5539.8
T-101	86367	63199.7	259101	189598.97
E-105	6121.56	4479.5	12243.1	8958.97

COSTE TOTAL DE LA SECCIÓN DE PURIFICACIÓN:

	EQUIPO EN \$	EQUIPO EN €	TOTAL \$	TOTAL €
SUMA	179190.35	131123.83	419872.78	307244.78

4. ANEXO

DISEÑO DE LA SECCIÓN DE PURIFICACIÓN DE UNA PLANTA DE HIDRODEALQUILACIÓN DE TOLUENO

Alejandra Quevedo Fernández

SERVICIOS DISPONIBLES:

- Vapor de baja presión (4.4 atm, saturado)
- Vapor de media presión (11.2 atm, saturado)
- Vapor de alta presión (41.8 atm, saturado)
- Agua de caldera (5 atm, 90°C)
- Agua de refrigeración 1 (a 30°C/5atm, retorno a 45°C)
- Agua de refrigeración 2 (a 10°C/5atm, retorno a 20°C)

BALANCE DE MATERIA.

Stream No.	1	2	3	4
Stream Name				
Temp C	25.0000*	56.8969	25.0000*	225.0000
Pres atm	1.8752*	25.4626	25.1665*	24.8705
Enth MJ/h	1310.6	2480.7	-1121.8	-6992.6
Vapor mole fraction	0.00000	0.00000	1.0000	1.0000
Total kmol/h	108.7000	141.7999	301.0000	1297.9972
Total kg/h	10015.7262	13051.6553	817.1638	20992.7918
Total std L m3/h	11.4886	14.9697	9.0381	57.4822
Total std V m3/h	2436.36	3178.25	6746.51	29092.85
Flowrates in kg/h				
Hydrogen	0.0000	0.0000	576.5188	1603.7970
Methane	0.0000	0.0000	240.6450	5645.1187
Benzene	0.0000	77.5670	0.0000	691.8495
Toluene	10015.7262	12974.0884	0.0000	13052.0274
Water	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Stream No.	5	6	7	8
Stream Name				
Temp C	44.9842	600.0000	44.9842*	38.0000
Pres atm	25.1665	24.6731	25.1665*	23.5875
Enth MJ/h	-24059.	21310.	-1266.2	-34038.
Vapor mole fraction	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Total kmol/h	855.5181	1297.9971	45.0273	1200.7271
Total kg/h	7126.5195	20992.7918	375.0800	10002.1335

DISEÑO DE LA SECCIÓN DE PURIFICACIÓN DE UNA PLANTA DE
HIDRODEALQUILACIÓN DE TOLUENO

Alejandra Quevedo Fernández

Total std L m3/h	33.4867	57.4822	1.7625	46.9988
Total std V m3/h	19175.28	29092.85	1009.23	26912.67
Flowrates in kg/h				
Hydrogen	1027.6817	1603.7970	54.0885	1442.3604
Methane	5406.3568	5645.1187	284.5451	7587.8695
Benzene	614.5128	691.8495	32.3428	862.4742
Toluene	77.9685	13052.0274	4.1036	109.4294
Water	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Stream No.	9	10	11	12
Stream Name				
Temp C	649.7030	90.0000	146.2470*	58.5586
Pres atm	24.6731	2.5660	2.5660*	2.5660
Enth MJ/h	20044.	6812.5	1132.9	5561.2
Vapor mole fraction	1.0000	0.0042091	8.6895E-005	0.00000
Total kmol/h	1343.0075	139.1907	33.0999	105.7850
Total kg/h	21367.7603	11311.0106	3035.9296	8266.7112
Total std L m3/h	60.0212	12.8643	3.4811	9.3652
Total std V m3/h	30101.70	3119.77	741.89	2371.03
Flowrates in kg/h				
Hydrogen	1443.6392	0.0481	0.0000	0.0109
Methane	7634.5018	10.3052	0.0000	6.6539
Benzene	9025.5863	8147.9294	77.5668	8065.7202
Toluene	3264.0323	3152.7279	2958.3629	194.3264
Water	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

DISEÑO DE LA SECCIÓN DE PURIFICACIÓN DE UNA PLANTA DE
HIDRODEALQUILACIÓN DE TOLUENO

Alejandra Quevedo Fernández

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO

