



Producción mezcla de xilenos a partir de tolueno y metanol

Trabajo de Fin de Grado

Identificador: TFGEQ_2214



Miembros: Elena Lázaro Hernández
Ana Sánchez Fernández

Tutor: Ernesto Luis Agorreta Fando

Grado: Ingeniería Química

Tarragona, 12 de junio de 2022

CONSENTIMIENTO TUTOR

Departament d'Enginyeria Química. Universitat Rovira i Virgili. Vist i plau pel lliurament i defensa del TFG del grau d'Enginyeria Química.	
TÍTOL DEL TFGEQ: <u>PRODUCCIÓN DE MEZCLA DE</u> <u>XILENOS A PARTIR DE TOLUENO Y METANOL</u>	
SUBTÍTOL <u>TFGEQ - 2214</u>	
AUTOR: <u>ELENA LAZARO</u>	
CURS ACADÈMIC: <u>2021-2022</u>	
VIST I PLAU DEL TUTOR ACADÈMIC	
En/ N X <u>Ernesto Luis Agorreta Fando</u> en la seva capacitat de tutor acadèmic fa constar que considera que el TFGEQ	
<input checked="" type="checkbox"/> és adequat i en conseqüència recomana la seva defensa	
<input type="checkbox"/> no en recomana la defensa per presentar les mancances exposades en el document annex	
Signatura: 	Data: 10 de junio de 2022
DECLARACIÓ D'ABSÈNCIA DE CONFLICTES DE CONFIDENCIALITAT	
En/ N X <u>Ernesto Luis Agorreta Fando</u> , en la seva capacitat de supervisor extern ^(*) del treball fa constar que ha revisat el contingut del TFGEQ i que no conté cap informació que pugui ser considerada com confidencial per part de l'empresa <u>REPSOL</u>	
(*) Cas que el TFGEQ no sigui extern serà el professor tutor qui emplenarà aquesta secció	
Signatura: 	Data: 10 de Junio de 2022

Departament d'Enginyeria Química. Universitat Rovira i Virgili. Vist i plau pel lliurament i defensa del TFG del grau d'Enginyeria Química.	
TÍTOL DEL TFGEQ: <u>PRODUCCIÓN DE MEZCLA DE</u> <u>XILENOS A PARTIR DE TOLUENO Y METANOL</u>	
SUBTÍTOL <u>TFGEQ - 2214</u>	
AUTOR: <u>ANA SÁNCHEZ</u>	
CURS ACADÈMIC: <u>2021-2022</u>	
VIST I PLAU DEL TUTOR ACADÈMIC	
En/ Nx <u>Ernesto Luis Agorreta Fando</u> en la seva capacitat de tutor acadèmic fa constar que considera que el TFGEQ	
<input checked="" type="checkbox"/> és adequat i en conseqüència recomana la seva defensa	
<input type="checkbox"/> no en recomana la defensa per presentar les mancances exposades en el document annex	
Signatura: 	Data: 10 de junio de 2022
DECLARACIÓ D'ABSÈNCIA DE CONFLICTES DE CONFIDENCIALITAT	
En/ Nx <u>Ernesto Luis Agorreta Fando</u> , en la seva capacitat de supervisor extern ^(*) del treball fa constar que ha revisat el contingut del TFGEQ i que no conté cap informació que pugui ser considerada com confidencial per part de l'empresa <u>REPSOL</u>	
^(*) Cas que el TFGEQ no sigui extern serà el professor tutor qui emplenarà aquesta secció	
Signatura: 	Data: 10 de Junio de 2022

AGRADECIMIENTOS

Nos gustaría dar las gracias a todas las personas que nos han acompañado durante el proceso de realización del proyecto y que nos han dado apoyo y ánimo a lo largo de estos cuatro años.

En especial, a nuestro tutor Ernesto Agorreta, por ofrecernos la posibilidad de realizar este trabajo, guiarnos y ayudarnos a lo largo de estos meses.

También a nuestras familias por ser siempre nuestro mayor apoyo y por su dedicación para que esto sea posible.

Por último, agradecer al profesorado de la universidad y a los centros que nos han dado la posibilidad de realizar prácticas, por enseñarnos todo lo que sabemos y hacer posible llegar hasta aquí.

RESUMEN EJECUTIVO

We are currently living in a time of change that is altering our perception of energy and its use. This document includes the study of the modification in the chemical complex of Repsol located in la Pobla de Mafument, Spain, to obtain a mixture of xylenes with a high content of p-xylene. The process employs the alkylation of toluene with methanol with a Mg-modified zeolite (ZSM-5) catalyst to obtain higher p-xylene selectivities. To carry out this process, sensitivity studies have been carried out to determinate the reaction operating conditions (400°C and 15 bar). Subsequently, a selectivity to p-xylene of 97.7% was obtained with an overall efficiency of use of toluene and methanol of 96.4% and 79.7%, respectively. The process has been designed using the *Aspen Hysys*® V.11 program system that includes the *Energy Analyzer*® and *Exchange Design and Rating*®. Finally, to study the viability of the project and its possible implementation, an economic study has been carried out where the necessary investment for the installation has been estimated at 160.1 M\$.

TABLA DE NOMENCLATURA

Símbolo	Descripción	Unidades	Símbolo	Descripción	Unidades
<i>FC</i>	<i>Controlador Caudal</i>	—	<i>TC</i>	<i>Controlador Temperatura</i>	—
<i>FT</i>	<i>Transmisor Caudal</i>	—	<i>TT</i>	<i>Transmisor Temperatura</i>	—
<i>PC</i>	<i>Controlador Presión</i>	—	<i>SC</i>	<i>Controlador Revoluciones</i>	—
<i>PT</i>	<i>Transmisor Presión</i>	—	<i>ST</i>	<i>Transmisor Revoluciones</i>	—
<i>LC</i>	<i>Controlador Nivel</i>	—	<i>sp</i>	<i>Set point</i>	—
<i>LT</i>	<i>Transmisor Nivel</i>	—	<i>A</i>	<i>Enlace Principal</i>	—
<i>U</i>	<i>División Rango Partido</i>	—	<i>B</i>	<i>Enlace secundario</i>	—
<i>CS-1</i>	<i>Parte purificación columna</i>	—	<i>CS-2</i>	<i>Parte agotamiento columna</i>	—
<i>CP</i>	<i>Capacidad calorífica</i>	<i>MW/K</i>	<i>T_i</i>	<i>Temperatura</i>	<i>°C</i>
<i>Q_i</i>	<i>Calor</i>	<i>MW</i>	<i>ΔH</i>	<i>Incremento de entalpia</i>	<i>MW</i>
<i>A</i>	<i>Área del intercambiador</i>	<i>m²</i>	<i>N_{tubos}</i>	<i>Números de tubos del intercambiador</i>	—
<i>V_T</i>	<i>Velocidad por tubos del intercambiador</i>	<i>m/s</i>	<i>ΔP_{T, tubos}</i>	<i>Pérdida de carga por tubos al intercambiador</i>	<i>bar</i>
<i>DI</i>	<i>Diámetro interno de la carcasa del intercambiador</i>	<i>m</i>	<i>V_C</i>	<i>Velocidad por carcasa del intercambiador</i>	<i>m/s</i>
<i>ΔP_C</i>	<i>Perdida de carga por carcasa al intercambiador</i>	<i>bar</i>	<i>U_i</i>	<i>Coefficientes de convención globales del intercambiador</i>	<i>W/m²K</i>
<i>P_{op}</i>	<i>Presión de operación del condensador</i>	<i>bar</i>	<i>V</i>	<i>Velocidad de los fluidos al condensador</i>	<i>m/s</i>

TABLA DE CONTENIDOS

CONSENTIMIENTO TUTOR	2
AGRADECIMIENTOS	4
RESUMEN EJECUTIVO	5
TABLA DE NOMENCLATURA	6
TABLA DE CONTENIDOS	7
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Identificación del proyecto.....	2
2. ETAPA CONCEPTUAL	3
2.1. Descripción del proyecto.....	3
2.2. Alcance del proyecto.....	3
2.3. Ubicación de la planta.....	3
2.4. Estudio tecnologías.....	4
2.4.1. Tecnología Exxon.....	4
2.4.2. Proceso UOP.....	4
2.4.3. Proceso GT-TolAlk.....	4
2.4.4. Sinopec.....	5
2.4.5. Ventajas y desventajas de las tecnologías.....	5
2.4.6. Selección de tecnología.....	6
2.5. Planificación del proyecto.....	6
3. BASES DEL DISEÑO	7
3.1. Especificaciones alimentación.....	7
3.1.1. Corriente de alimentación de tolueno.....	7
3.1.2. Corriente alimentación metanol.....	7
3.2. Especificaciones productos.....	8
3.3. Condiciones en el límite de batería de los productos.....	8
3.4. Capacidad operativa y factor de servicio.....	8
3.5. Criterios de diseño.....	8
3.6. Especificaciones de servicios auxiliares.....	9
3.7. Estudio del mercado.....	9
4. INGENIERIA BÁSICA	10
4.1. Diseño reactor R-101.....	10
4.1.1. Modelo cinético.....	10
4.2. Estrategia de separación.....	15
4.2.1. Separación trifásica en el depósito V-104.....	15
4.2.2. Columna de recuperación de metanol DC-201.....	16
4.3. Depósitos.....	21
4.4. Análisis de las necesidades energéticas del proceso.....	21
4.4.1. Identificación y tratamiento de las necesidades de calor.....	22
4.4.2. Equipos que intervienen en la integración energética.....	23
4.4.3. Dimensionamiento de intercambiadores de calor y aéreos.....	26
4.5. Condiciones de diseño de depósitos a presión.....	26
4.5.1. Presión y temperatura de diseño.....	26
4.5.2. Espesores de equipos a presión.....	27
4.5.3. Aislamiento.....	27
4.6. Materiales.....	27
4.7. PFD.....	29
4.7.1. Balance de materia y energía.....	30
4.7.2. Listado de equipos.....	31
4.8. Control del proceso industrial.....	32
4.9. P&ID.....	34
4.10. Tuberías.....	38
4.11. Bombas.....	39
4.12. Válvulas de control.....	40

4.13. Análisis comparativo	40
4.14. Operación y puesta en marcha.....	41
4.14.1. Puesta en marcha	41
4.14.2. Parada de planta.....	42
4.15. Planta de tratamiento de aguas	43
4.15.1. Tratamiento de la corriente del fondo de la DC-201	43
5. SEGURIDAD DEL PROCESO INDUSTRIAL.....	44
5.1. Zonas ATEX.....	44
5.1.1. Clasificación de las sustancias de la planta	44
5.2. Estudio <i>HazOp</i>	45
6. EVALUACIÓN ECONOMICA DE LOS EQUIPOS.....	46
6.1. Evaluación de costes – Modelo Turton	46
6.2. Determinación del VAN y la TIR.....	48
7. CONCLUSIONES	49
8. REFERENCIAS.....	50
A.1. HOJAS DE ESPECIFICACIONES.....	54
A.1.1. Benceno	54
A.1.2. Etileno.....	56
A.1.3. Metanol.....	58
A.1.4. M-Xileno	60
A.1.5. O-xileno	62
A.1.6. P-xileno.....	63
A.1.7. Nonano.....	65
A.1.8. Tolueno.....	66
A.2. SERVICIOS AUXILIARES	68
A.2.1. Servicios auxiliares vapor.....	68
A.2.2. Servicios auxiliares de los servicios eléctricos	68
A.2.3. Servicio de agua de refrigeración	68
A.2.4. Otras aguas	69
A.2.5. Sistema fuel gas	70
A.2.6. Sistema de aire.....	70
A.2.7. Sistema de nitrógeno	70
A.2.8. Información adicional.....	71
A.3. ANALISIS DE SENSIBILIDAD DE LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN Y SELECCIÓN DE CONFIGURACION DEL R-101.....	71
A.3.1. Configuraciones analizadas del reactor R-101	71
A.3.2. Utilización efectiva por paso	72
A.3.3. Sensibilidad a la temperatura.....	74
A.3.4. Sensibilidad a la presión	76
A.3.5. Relación tolueno/metanol	76
A.4. ESTUDIO DE SENSIBILIDAD DE PARAMETROS DE DISEÑO DE COLUMNAS.....	77
A.4.1. Columna de metanol DC-201	77
A.4.2. Columna desgasificadora DC-202.....	78
A.4.3. Columna de tolueno DC-203	80
A.5. ESTUDIO DE LA INTEGRACION ENERGETICA Y DATOS OBTENIDOS DEL ENERGY ANALYZER®	83
A.6. DIMENSIONAMIENTO EQUIPOS	85
A.6.1. Reactor.....	85
A.6.2. Columnas	86
A.6.3. Depósitos	95
A.6.4. Intercambiadores	99
A.6.5. Horno H-101.....	110
A.6.6. Diseño de líneas.....	111
A.6.7. Diseño de bombas.....	121
A.6.8. Dimensionamiento válvulas.....	126

A.7. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	129
A.7.1. Caracterización de las corrientes residuales	129
A.7.2. Cálculo de la DQO	129
A.8. HAZOP DE LA INSTALACIÓN	130
A.9. EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA PLANTA	141
A.9.1. Coste de los equipos.....	141
A.9.1.1 Factor de presión (F_p)	141
A.9.1.2 Factor de material (F_M).....	142
A.9.1.3 Estimación del coste de las columnas del proceso	142
A.9.1.4 Estimación del coste de la torre	142
A.9.1.5 Estimación de los costes internos de las columnas DC-201 y DC-202	143
A.9.1.6 Estimación del coste de los platos de la DC-203	144
A.9.1.7 Estimación de costes de reactor	145
A.9.2. Coste <i>utilities</i> (C_{UT}).....	145
A.9.3. Análisis de rentabilidad.....	146

1. INTRODUCCIÓN

Debido al crecimiento exponencial de la población se espera que el consumo energético se incremente de media un 1.7 %/año desde 2020 hasta 2030 (ref. 1) y se aleje del cumplimiento de las bases establecidas en el acuerdo de París, es por ello, que la disponibilidad de los combustibles de procedencia fósil se está reduciendo drásticamente. Sin embargo, las presiones sobre el mercado de los carburantes están limitando su uso debido a las restricciones de emisiones de CO₂ a la atmosfera (ref. 2). Por ello la presión sobre los recursos energéticos es mayor cada día y la previsión es que se incremente en los próximos años. Esta problemática está llevando a desarrollar tecnologías basadas en la obtención de energía de procedencia renovable o adaptar los procesos ya existentes. Una de las opciones que tienen las refinerías es adaptar la producción a la demanda, estos procesos son denominados *Crude to Chemicals*. En el caso de la gasolina una opción es usar el tolueno que actualmente se usa en la formulación de gasolinas para obtener xilenos, que son materias primas en fase de expansión.

La planta diseñada en el proyecto tiene como objetivo producir el máximo p-xileno con la materia prima disponible con un factor de trabajo de 8,000 h/año. Este producto se emplea en la fabricación de plásticos tipo PET. El mercado estima que la perspectiva del consumo de plásticos tipo PET se incrementa un 4%/año (ref. 3).

Actualmente, los xilenos se producen principalmente de gasolina de pirolisis procedente de planta de olefinas, reformado procedente de una unidad de *reforming*, aceite ligero procedente de una unidad de coquización, por desproporcionación del tolueno y nuevas tecnologías como la alquilación de tolueno con metanol. Este proyecto se centra en la última tecnología mencionada. Debido a la implementación de una nueva planta de producción de metanol a partir de residuos plásticos subvencionada por fondos europeos, permitirá utilizar dicho producto en un proceso de economía circular. Adicionalmente, la posible reducción del consumo de tolueno como combustible fósil permitirá su utilización como materia prima en la obtención de p-xileno. Debido a que los procesos de separación de la mezcla de xilenos (cristalización y adsorción) son costosos por sus puntos de ebullición similares interesa que el contenido de p-xileno en la corriente de xilenos sea la más alta posible.

Esta modificación daría lugar a la contribución de la industria contra el cambio climático y a la adaptación a las necesidades de los clientes con las materias primas disponibles.

A partir de esta tecnología innovadora y con gran perspectiva en el futuro, el equipo ha diseñado la planta de operación mediante la optimización de un reactor PBR monotubular. Adicionalmente, se han optimizado las estrategias de separación para conseguir obtener el máximo p-xileno y aprovechar la máxima cantidad de reactantes no reaccionados. Por otra parte, se ha efectuado una integración energética empleando la metodología *Pinch* para poder minimizar las necesidades caloríficas de la planta. Mediante la simulación con el programa *Aspen Hysys*® V. 11 se ha conseguido reducir el consumo específico a 3.56 GJ/t de tolueno frente a una demanda recogida en la bibliografía (ref. 4) que va desde 11.51 hasta 5.67 G/t de tolueno. Además, se ha realizado un análisis de viabilidad económica en el cual se obtuvo un VAN de 306.1 M\$ y un TIR del 19%.

Para la realización del proyecto, se ha realizado un *Project Charter* que precisa los objetivos y alcance de este:

Título del proyecto	Producción de una mezcla de xilenos a partir de tolueno y metanol.
Objetivo	Diseño de una unidad de obtención de xilenos a partir de tolueno y metanol.

Alcance de proyecto	<ul style="list-style-type: none"> - Contactar con las empresas de ingeniería que disponen de tecnología del proceso a diseñar para pedirles información y referencias. - Obtener información de la unidad existente de reformado catalítico para confirmar la disponibilidad y características de materia prima, de los servicios auxiliares disponibles (vapor, electricidad, agua, gas combustible) y del espacio donde situar los nuevos equipos. - Elaborar los Diagramas de Flujo del Proceso (PFD), numerar las corrientes principales, indicar los lazos principales de control. Realizar los balances de materia y energía detallados. - Dibujar una revisión “cero” de los diagramas de proceso e instrumentación (P&ID) para cada sector de la nueva unidad de proceso. - Elaborar las hojas de datos de proceso de los equipos e instrumentos principales, de forma que se pudiera pedir ofertas a los suministradores de los equipos: bombas, compresores, depósitos, tanques de almacenamiento, columnas de destilación, intercambiadores de calor, tuberías principales, instrumentos de presión, temperatura, caudal, válvulas de control, válvulas de seguridad, etc. - Definir las necesidades de servicios auxiliares: vapor, electricidad, agua, tratamiento de residuos. Definir el esquema de seguridad a aplicar <i>safety concept</i> en la planta. Definir la planimetría de implantación de los equipos. - Estimación de la inversión y costes variables. - Estudio de rentabilidad.
Entregas	<ul style="list-style-type: none"> - Entrega informe final – 12/06/2022 - Defensa – 20/06/2022
Tiempo	Durante el segundo cuatrimestre del curso académico 2021/2022

1.1. Identificación del proyecto

Tabla 1.1 Identificación del proyecto.

Titulo	Producción de mezcla de xilenos a partir de tolueno y metanol
Identificador	TFGEQ_2214
Tutor	Ernesto Luis Agorreta Fando
Autores	Elena Lázaro Hernández Ana Sánchez Fernández
Localización y fecha	Tarragona, 12 de junio de 2022

En la siguiente tabla se establece la identificación de la parte del trabajo efectuada por cada autor mediante un código de color.

Tabla 1.2 Distribución de colores por autor

Todos los autores	Sin color
Elena Lázaro Hernández	Verde
Ana Sánchez Fernández	Azul

2. ETAPA CONCEPTUAL

2.1. Descripción del proyecto

El proceso se basa en la fabricación de una mezcla de xilenos rica en p-xileno para su uso en la fabricación de plásticos, a partir de corrientes de tolueno y metanol provenientes de la instalación de Repsol en la Pobl de Mafument.

Para realizar una optimización adecuada del proceso teniendo en cuenta el precio de los productos y materias primas, así como el de los consumos energéticos, se ha decidido emplear la metodología *Douglas* (ref. 5). La cual, establece unos potenciales económicos del 1 al 5, que se describe a lo largo del proyecto.

2.2. Alcance del proyecto

Este proyecto se ha centrado en la parte conceptual y en el diseño básico del proceso. Se parte de corrientes de alimentación provenientes de tanques de almacenamiento exteriores ya instalados acondicionados para la nueva planta. El alcance del proyecto termina en el límite de batería de la unidad de salida de la corriente rica en p-xileno, de la corriente mezcla de benceno/tolueno y la de gases. Los tanques de almacenamiento dichas corrientes no entran dentro del alcance.

No obstante, la instalación dispone de tanques preparados para almacenar producto fuera de especificación y evitar la contaminación del producto de suministro a clientes.

2.3. Ubicación de la planta

La planta de producción de xilenos se ubica dentro de las instalaciones del complejo industrial de Repsol de Tarragona, en la Pobl de Mafumet.



Figura 2.1 Plano del complejo industrial.

Para la determinación de la ubicación de la planta, el factor más importante que se ha tenido en cuenta ha sido la cercanía y disponibilidad de las materias primas y de los servicios generales. Repsol cuenta con un complejo industrial de primer nivel en Tarragona, dónde se produce tanto metanol como tolueno, materias primas del proceso de producción de xilenos, lo que permitirá establecer sinergias entre las diferentes instalaciones. Por la cual cosa, se posibilita que la materia prima llegue a través de tuberías a la planta de producción de xilenos, lo que permite disminuir el gasto económico en transporte. A continuación, se muestra un plano del complejo industrial de Repsol y la ubicación de la planta de xilenos dentro del complejo.



Figura 2.2 Localización de la planta dentro del complejo.

2.4. Estudio tecnologías

Para la realización del proyecto se ha llevado a cabo un estudio de diversas tecnologías para seleccionar la más adecuada para la producción de xilenos en función de las ventajas y desventajas que presentan cada una de ellas (ref. 3). A continuación, se muestran las tecnologías estudiadas y las características de cada una de ellas.

2.4.1. Tecnología Exxon

El proceso EMTAM es altamente selectivo para p-xilenos (80%) y utiliza un catalizador de zeolita selectivamente patentado que se regenera continuamente para garantizar rendimientos de producto estables y consistentes durante todo el ciclo. El proceso de lecho fluidizado también presenta una alta conversión de tolueno por paso, condiciones de proceso optimizadas y un sistema patentado de inyección de metanol por etapas destinado a maximizar la utilización de metanol para la reacción de metilación y minimizar formación de subproductos. Este proceso ofrece un 30 % menos de consumo de alimentación para la misma capacidad de p-xileno. El proceso EMTAM (ref. 6) reduce los costos de alimentación y energía que representan un 75% del costo operativo en un complejo de última generación de nafta a PX.

2.4.2. Proceso UOP

El proceso comercial de metilación de tolueno UOP (ref. 7) utiliza un reactor vertical de lecho fluidizado con tiempos de contacto bajos y alta selectividad de p-xileno (93 %), el producto se envía luego a una unidad Parex para obtener p-xileno de alta pureza. El proceso ofrece una disminución significativa en el costo del p-xileno, debido a un ahorro de CAPEX del 15 % al 25 %, un 20 % a un 35 % menos de energías auxiliares y un 20 % a un 40 % menos de consumo de nafta para la misma capacidad de p-xileno. Una unidad renovada del proceso ofrece un aumento del 10 % en el beneficio del rendimiento de p-xileno con el proceso de metilación del tolueno.

2.4.3. Proceso GT-TolAlk

El proceso GT-TolAlk (ref. 8) utiliza un reactor de lecho fijo con catalizador ZSM-5 modificado que opera en rangos de temperatura de 450-550 °C con conversiones de tolueno en el rango del 20% al 35% y una utilización del metanol del 86%. La corriente de xilenos tiene un alto contenido en paraxileno lo cual permite su purificación en una etapa simple de cristalización.

2.4.4. Sinopec

La tecnología Sinopec dispone de una planta de demostración de una capacidad de 200 kt/año que utiliza un lecho fijo con un catalizador HZSM-5 modificado con La-Ca-Mg. La conversión del metanol es completa y la selectividad del xileno en el producto final es de hasta el 80%.

2.4.5. Ventajas y desventajas de las tecnologías

Tanto el proceso EMTAM como el proceso UOP utilizan un reactor de lecho fluidizado, la siguiente tabla resume las ventajas y desventajas generales de esta configuración de reactor para el proceso de metilación del tolueno.

Tabla 2.1 Ventajas y desventajas del reactor de lecho fluidizado.

Ventajas	Desventajas
Eliminación del carbón en el catalizador y regeneración constante de su actividad.	Alto coste operativo
Buena transferencia de energía y materia. Lo cual permite una calidad uniforme del producto.	Las partículas de catalizador están sujetas a fuerzas de desgaste rápido y choques térmicos.
Potencial para mejorar el contacto entre el reactivo y el catalizador, alta tasa de reacción.	El concepto de lecho fluido de múltiples etapas para diferentes catalizadores es complejo.
Menor caída de presión y mejor control térmico del proceso.	Arrastre de finos de catalizador a través de ciclones.
Bajas limitaciones de difusión debido a tamaños de partículas de catalizador más pequeños.	Se produce una retro-mezcla completa del gas, lo que produce subproductos no deseados.
Perfil de temperatura uniforme.	Se requiere de catalizadores con alta resistencia mecánica y estables en el tiempo.

A continuación, se muestran las ventajas y desventajas generales del reactor de lecho fijo, reactor utilizado en el caso de los procesos GT-TolAlk y Sinopec.

Tabla 2.2 Ventajas y desventajas del reactor de lecho fijo.

Ventajas	Desventajas
Baja presión de operación	Perdida de utilización efectiva en el tiempo debido a la acumulación de carbón en el catalizador.
Permite la combinación de varios tipos de catalizadores E inyecciones por etapas de los reactivos.	Alta pérdida de carga con catalizadores de partículas pequeñas lo que origina caminos preferenciales en el lecho catalítico y baja eficiencia.
Baja inversión	
Alta capacidad de producción	Limitaciones de difusión con catalizadores de partículas grandes.

Reducida formación de benceno

Riesgo de puntos calientes con transferencia de calor no uniforme a lo largo del lecho catalítico.

2.4.6. Selección de tecnología

Una vez estudiadas cada una de las tecnologías y las ventajas y desventajas de cada tipo de reactor utilizado en cada una de ellas, se procede a realizar la selección de la tecnología más adecuada.

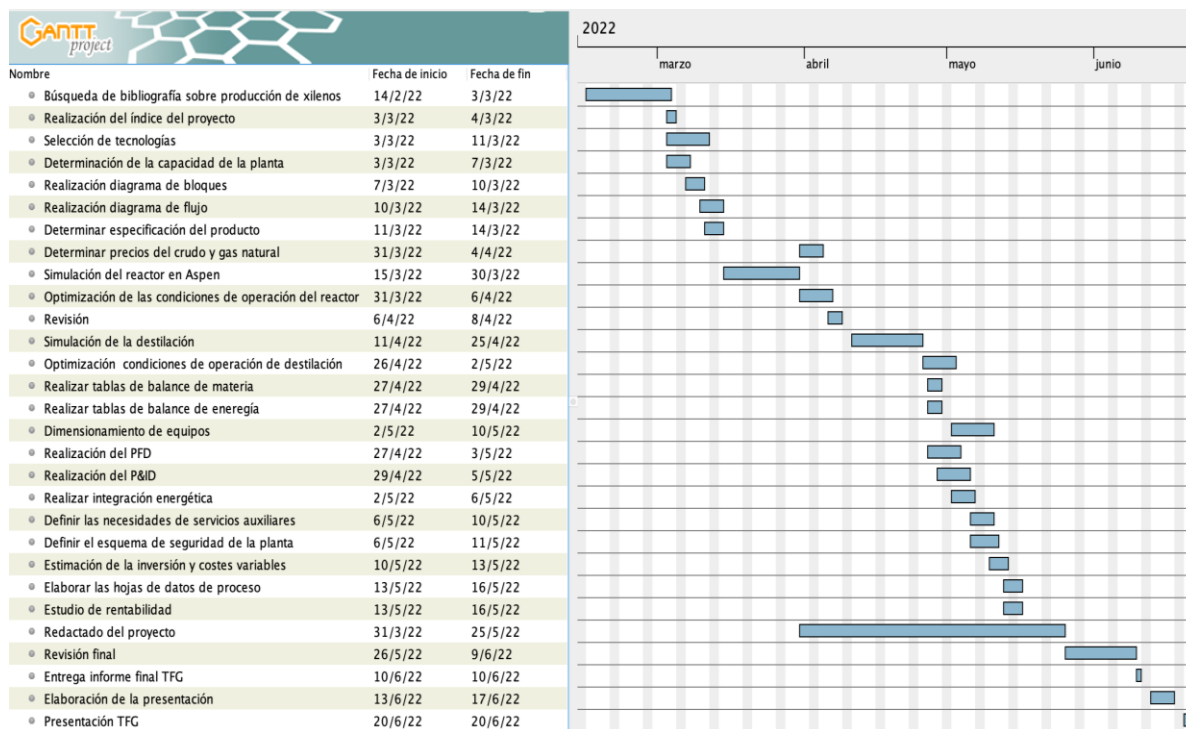
Se ha seleccionado el proceso GT-TolAlk que utiliza un reactor de lecho fijo. Se ha tenido en cuenta este tipo de reactor, ya que su uso está muy extendido dentro de la industria de procesos. Además, la elección de una selección de reactor depende principalmente de los requisitos del proceso. El proceso de metilación del tolueno se puede realizar en lecho fijo y lecho fluidizado. Sin embargo, la mayor parte del trabajo realizado hasta la fecha para la selección de catalizadores y los estudios de desarrollo de procesos ha informado sobre el uso de reactores de lecho fijo. Los reactores de lecho fijo se prefieren comercialmente para los procesos de metilación de tolueno, debido a la menor inversión de capital.

A pesar de que el proceso Sinopec también utiliza un reactor de lecho fijo, esta es una tecnología de la cual se puede encontrar menos información, por lo tanto, se considera más adecuado seleccionar el proceso GT-TolAlk.

2.5. Planificación del proyecto

Para asegurar del proyecto la planificación juega un papel clave, es por ello, que se ha realizado un diagrama de planificación tipo *Gantt Chart* con el programa *Gantt Project* para poder asegurar su realización a tiempo mediante estableciendo unas fechas de entrega.

Tabla 2.3. Diagrama de Gantt



3. BASES DEL DISEÑO

3.1. Especificaciones alimentación

Tal como se ha comentado anteriormente, Repsol cuenta con un complejo industrial dónde se produce tanto metanol como tolueno, materias primas del proceso de producción de xilenos, por lo tanto, los caudales de entrada vienen dados en función de la disponibilidad de estos. Las condiciones de entrada de ambas corrientes de alimentación son de 15 °C y 1.31 bar.

3.1.1. Corriente de alimentación de tolueno

En cuanto a la corriente de tolueno que entra al reactor, hay una disponibilidad de caudal de 25 t/h de tolueno con una pureza del 95% de peso en tolueno proveniente de la refinería. Esta corriente llega al límite de batería de la unidad procedente de un tanque de almacenamiento.

A continuación, se muestran el resto de los componentes de la corriente de alimentación de tolueno en % en peso:

Tabla. 3.1 Especificación corriente de alimentación de tolueno.

Componente	% en peso
Etilbenceno	2.6
m-Xileno	0.7
o-Xileno	0.1
p-Xileno	0.3
Nonano	0.2
Aromáticos, C ₉ H ₁₂	1.1

3.1.2. Corriente alimentación metanol

Se dispone de una corriente de alimentación de metanol de 10 t/h proveniente de una planta productora de metanol a partir de la pirólisis de plásticos. Este metanol corresponde a una especificación “Grade A”, en la siguiente tabla se muestran las cantidades de cada uno de los componentes. En cuanto a el componente “residuo” se trata de un hidrocarburo de alto punto de ebullición.

Tabla. 3.2 Especificación corriente de alimentación de metanol.

Componente	Grado A
Metanol, % peso	> 99.85
Agua, % peso	0.15
Acetona + aldehídos, ppm	< 30
Acetona, ppm	< 30
Residuo, mg/L	< 10
Ácido acético, mg/kg	< 30
Permanganato, @ 15 min	> 30

3.2. Especificaciones productos

La corriente de xilenos obtenida se empleará como materia prima para la purificación del p-xileno. De la búsqueda bibliográfica (ref. 9) se ha obtenido especificaciones comerciales de la mezcla de xilenos y no se dispone de normativa que fije dichas especificaciones. Adicionalmente, para que la mezcla de xilenos se utilice para obtener una corriente de p-xileno grado polímero, el contenido de tolueno debe limitarse. Para ello, se ha tenido en cuenta los valores empleados en la bibliografía en estudios anteriores (ref. 4) (ref. 10) (ref. 11).

Por ello, el producto obtenido se ajustará a las especificaciones comerciales siguientes:

Tabla. 3.3. Especificaciones de la mezcla de xilenos.

Componente	Método	Especificación Venta
No aromáticos, % mol	ASTM D-2360	Max 2.0
C9+Aromatics, % mol	ASTM D-2267	Max 1.0
Recuperación, %	ASTM D-850	Min 98.0
Tolueno, % mol	ASTM D-3798	Max 0.05
p-Xileno, % mol	UOP-394	A reportar
m-Xileno, % mol	UOP-394	A reportar
o-Xileno, % mol	UOP-394	A reportar
Etil-Benceno, % mol	UOP-394	A reportar

3.3. Condiciones en el límite de batería de los productos

Las condiciones requeridas para los productos obtenidos se recogen en la tabla adjunta.

Tabla. 3.4 Condiciones en el límite de batería de los productos

Componentes	Presión, bar	Temperatura, °C
Agua	1.6	< 50
Ligeros	2.5	< 60
Benceno/Tolueno	2.5	< 60
Xilenos	6.0	< 38

La corriente de agua se envía al colector de recogida de aguas residuales de la zona. Las corrientes de ligeros se envían a las plantas petroquímicas del complejo para su valorización. La producción de xilenos se envía a almacenamiento para su comercialización.

3.4. Capacidad operativa y factor de servicio

Para la planta diseñada se considera un factor de servicio de 8,000 h/año. Teniendo en cuenta este factor y la disponibilidad de caudal de las corrientes de materia prima, a partir de las cuales se obtiene una corriente de salida de xilenos con un caudal de 27,980 kg/h, se determina que la capacidad operativa de la planta es de 223,840 t/año.

3.5. Criterios de diseño

Para el diseño de la planta, es importante tener en cuenta diferentes criterios de diseño que se han considerado:

- En cabeza de columna de destilación se utilizan aerorefrigerantes con aire, debido a la actual escasez de agua que tiene la planta.
- La presión de columna será siempre la más baja posible.
- El producto de cabeza de columna se debe condensar con el fluido presente.
- La condensación del producto de cabeza se realiza mediante aire para una temperatura igual a 43°C a la salida del intercambiador aéreo, si no es posible, se utiliza agua de refrigeración a 38°C. En caso de que fuese una temperatura muy alta, se considerará aumentar la presión de trabajo de la columna.
- Se deben poner bombas de reserva en toda la planta, salvo en los servicios de succión.
- Uso de un horno eléctrico.

3.6. Especificaciones de servicios auxiliares

Se han empleado los siguientes servicios auxiliares establecidos por la disponibilidad del complejo:

- Sistema de vapor (vapor de alta, media y baja).
- Energía eléctrica
- Agua de refrigeración
- Otras aguas
- Sistema de fuel gas
- Sistema de aire
- Sistema de nitrógeno
- Otra información (elevación unidades, temperaturas máximas, ...)

Sus especificaciones se encuentran en el anexo A.2.

3.7. Estudio del mercado

El mercado de xilenos está segmentado por tipo, industria del consumidor final y geografía.

Se espera que el mercado mundial de xileno registre una tasa de crecimiento anual de un 4% durante el período de pronóstico.

En los últimos años ha aumentado la demanda de derivados del xileno (ácido de tereftalato purificado, tereftalato de dimetilo, tereftalato de polietileno,...) usados para producción de plásticos tipo PET (envases de alimentos y bebidas), fibras de poliéster, protectores faciales, máscaras transparentes y embalaje de comercio electrónico.

Por otra parte, la mezcla de xilenos se utiliza como solventes en pinturas y recubrimientos, Sin embargo, este uso está disminuyendo debido a la legislación para reducir las emisiones de hidrocarburos aromáticos.

El principal factor que impulsa el mercado estudiado es la creciente demanda de plásticos y polímeros.

Por otro lado, se deben considerar los costes y relaciones económicas actuales. Se recogen en el apartado 4.1.4.1.

4. INGENIERIA BÁSICA

4.1. Diseño reactor R-101

La producción de xilenos mediante la metilación de tolueno con metanol utiliza catalizadores de base zeolita tipo ZSM-5. El mecanismo de la metilación de tolueno es una reacción típica Friedel-Crafts (ref. 3) en las que la selectividad observada se atribuye a una combinación de diferencias en difusividad, comportamiento de la adsorción y velocidades de reacción intrínsecas de los isómeros del xileno.

La reacción de tolueno y metanol con catalizadores del tipo ZSM-5 produce una mezcla de xilenos con una proporción alta en m-xileno (24% p-xileno, 52% m-xileno y 24% o-xileno a 400°C (ref.12)). Dicha reacción es una opción viable si se puede producir p-xileno con una alta utilización efectiva. Por ello, diferentes grupos de investigación han estudiado las modificaciones de los catalizadores de zeolita para maximizar la selectividad de p-xileno.

La modificación de catalizadores tipos ZSM-5 con aditivos tales como magnesio o boro permite mejorar la selectividad en la producción de p-xileno. Aunque la modificación con boro da selectividades mayores que el 99.9% no se puede asegurar su estabilidad debido a la pérdida de boro durante la reacción (ref. 13). Por otra parte, la modificación con magnesio ha dado resultados con una selectividad cercana al 100% cuando el tiempo espacial tiende a cero (ref. 14). Con selectividades altas de p-xileno la producción de isómeros de xilenos no deseados es insignificante lo cual redundará en una reducción de los costes de separación del p-xileno.

4.1.1. Modelo cinético

El modelo cinético más completo encontrado en la bibliografía utiliza un catalizador ZSM-5 que contiene 1.09% en peso de Mg y tiene un 35% montmorillonita de sodio como aglutinante (ref.15). El modelo contempla las reacciones siguientes:

Metilación del tolueno



Deshidratación del metanol



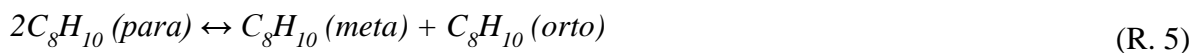
Desproporciónación del p-xileno



Dealquilación del p-xileno



Isomerización del p-xileno



En el anexo A.3.1 se recoge el modelo cinético completo con el factor pre-exponencial y la energía de activación. Según la bibliografía (ref. 10), el rango de validez de la cinética propuesta es:

- Temperatura: 400-540 °C
- Presión: 1-15 bar

4.1.2. Validación modelo cinético con datos experimentales

El modelo cinético anterior ha sido comprobado con los datos experimentales recogidos por el mismo grupo de trabajo en una publicación posterior (ref. 14). En las gráficas siguientes se recogen las comparaciones de los datos experimentales incluidas en las figuras 6 y 7 de dicha publicación con los calculados empleando el modelo propuesto:

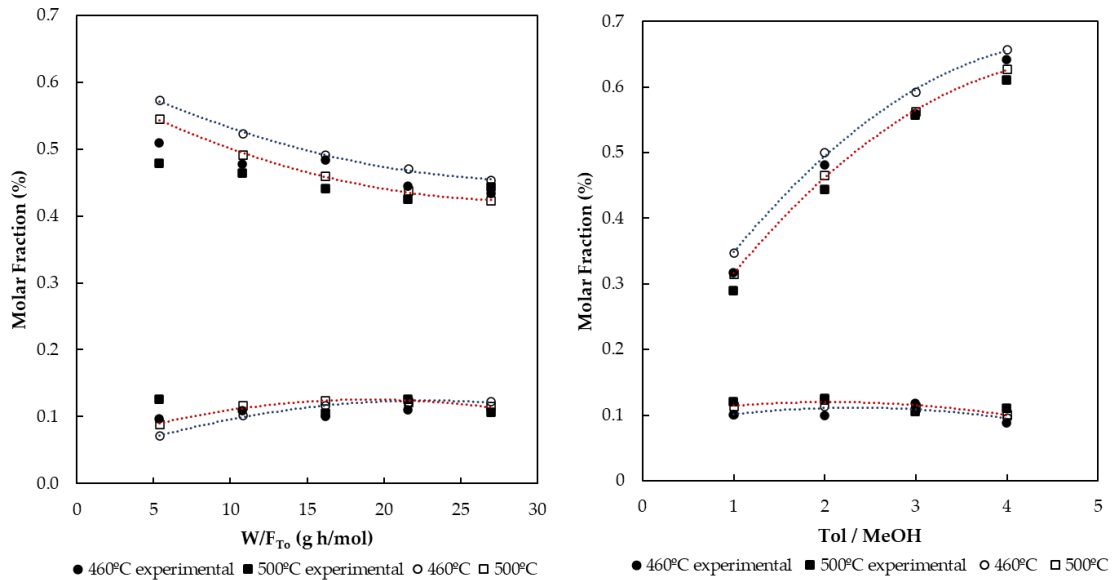


Figura 4.1. y Figura 4.2. Comprobación de los datos experimentales de la cinética.

En las figuras 4.1 y 4.2 se indican los valores reportados por la bibliografía con puntos sólidos y los valores calculados utilizando la cinética propuesta con puntos huecos unidos con líneas discontinuas azules para 460°C y líneas discontinuas rojas para 500°C.

La Figura 4.1 representa la comparación de la fracción molar de tolueno y p-xileno para diferentes tiempos espaciales (W/F_{T0}, desde 5.4-27 gh/mol) y para temperaturas de reacción de 460 y 500 °C. Para una relación molar tolueno/metanol igual a 2.

La Figura 4.2 muestra la comparación de la fracción molar de tolueno y p-xileno para diferentes relaciones molares tolueno/metanol y temperaturas de reacción de 460 y 500 °C para un tiempo espacial W/F_{T0} de 15 gh/mol.

Finalmente, en función de los resultados obtenidos, se ha comprobado que la cinética propuesta reproduce sensiblemente los resultados experimentales.

4.1.3. Modelo para la selección de condiciones de operación y tipo de reactor

Dado que las selectividades altas en p-xileno se dan en tiempos espaciales bajos, la conversión por paso en el reactor es reducida (del 20-30 %). Por ello, el tolueno y el metanol no convertido se deben recircular al reactor. Lo cual obliga a tener en consideración dichas recirculaciones para seleccionar las condiciones de operación. De acuerdo con el procedimiento para el diseño conceptual planteado por Douglas (ref. 5) para la fase de decisión de la estructura de los reciclos (nivel 2). En la figura adjunta se muestra el diagrama de bloques de la planta:

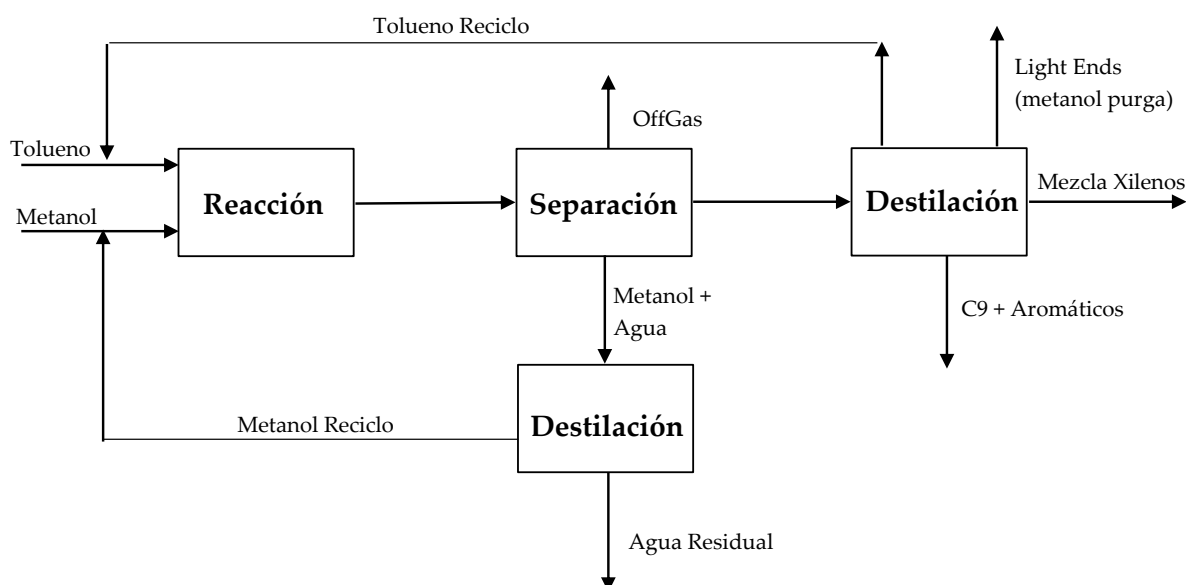


Figura 4.3. Diagrama de bloques del proceso.

El sistema de reacción y los reciclos de tolueno y metanol se han simulado usando el programa *Aspen Hysys*®. Para la simulación de los equilibrios líquido-vapor y líquido-líquido se ha seleccionado el modelo *Peng Robinson-SV* (PRSV) puesto que permite la aplicación del modelo *Peng-Robinson* a sistemas moderadamente no ideales. Además, la ecuación de estado PRSV reproduce rigurosamente cálculos de separación de tres fases para sistemas acuosos que contengan metanol o glicoles además de hidrocarburos en la segunda fase líquida (ref. 16) (ref.17).

Para las columnas de destilación se han supuesto los parámetros siguientes:

- Recuperación del 99% de tolueno. Para que el dimensionamiento de los equipos sea económicamente viable.
- Contenido de metanol en la purga de agua de 1,000 ppm. Debido a que se ha contrastado que con 1,000 mg de metanol/L se asegura un correcto tratamiento biológico de aguas (ref. 18).

4.1.4. Condiciones de operación y configuración del reactor

En el diseño de la planta se han tenido en consideración los caudales máximos disponibles de tolueno y metanol indicados en el apartado 3.1. Además, tal y como se indica en 2.1 el objetivo es maximizar la producción de p-xileno y reducir el contenido de los otros isómeros (m-xileno y o-xileno) en el producto final.

Los parámetros de operación más importantes que inciden en el diseño son:

- Condiciones de operación del reactor (presión y temperatura).
- Tipología del reactor.
- Caudales de recirculación y relación tolueno/metanol a la entrada del reactor.

Para seleccionar los parámetros más convenientes, se ha planteado el potencial económico del nivel 2 (ref.5) de la instalación definido como la diferencia entre el beneficio posible de vender los productos (o quemarlos en el caso de subproductos en que dicha alternativa fuera más conveniente) y los costes de las materias primas:

$$PE-2 = (Valor\ de\ Productos + Subproductos) - (Costes\ de\ materias\ primas) \quad (4.1.1)$$

Por lo que, es necesario fijar unos precios para todas las materias primas y producto o subproductos.

4.1.4.1. Precios de materias primas y productos

La mayoría de los hidrocarburos están relacionados con el precio del crudo. En la bibliografía (ref.19) consultada se ha obtenido dicha relación para los componentes siguientes: tolueno, benceno y xilenos. Además de la relación entre el precio del p-xileno y los xilenos.

En el caso del metanol, se ha correlacionado los precios de una serie histórica desde el año 2000 al 2016 (ref. 20).

Las correlaciones obtenidas entre el precio de los componentes (\$/t) y el coste del crudo (\$/bbl) son:

$$Benceno = 166 + 9.96 \cdot Crudo \quad (4.1.2)$$

$$Tolueno = 130 + 8.83 \cdot Crudo \quad (4.1.3)$$

$$Xilenos = 141 + 9.61 \cdot Crudo \quad (4.1.4)$$

$$p\text{-Xileno} = 45.7 + 1.16 \cdot Xilenos \quad (4.1.5)$$

$$Metanol = 108.11 + 2.93 \cdot Crudo \quad (4.1.6)$$

Adicionalmente, los subproductos que se queman han sido valorados a precio energético, el cual está basado en el precio del gas natural. Así mismo el precio del gas natural está ligado con el precio del crudo.

En función de la evolución de los precios del crudo durante los últimos años, se propone un precio de 68.53 \$/bbl (ref. 21) para el crudo y de 25.02 €/MWh (ref. 22). Adicionalmente el tipo de cambio escogido es de 1.15 \$/€ (ref.23).

Tabla. 4.1. Valores económicos de las sustancias.

Componente	Precio	Unidades
Crudo	59.59	€/bbl
Gas Natural	25.02	€/MWh PCS
Benceno	737.9	€/t
Tolueno	639.2	€/t
Metanol	268.4	€/t
Xilenos	695.3	€/t
p-Xileno	846.3	€/t

4.1.4.2. Determinación de las condiciones de operación del reactor R-101

Las condiciones de operación del reactor se han seleccionado teniendo en consideración el potencial económico (PE-2) definido en el apartado 4.1.4, y dentro del rango de validez de la cinética propuesta recogida en el apartado 4.1.1.

Para la comparación se han definido los ratios siguientes:

$$\text{Utilización efectiva por paso: } s = \frac{(F_{p-X\ out} - F_{p-X\ in})}{(F_{To\ in} - F_{To\ out})} \cdot 100 \quad (4.1.7)$$

$$\text{Conversión por paso: } x = \frac{(F_{To\ in} - F_{To\ out})}{F_{To\ in}} \cdot 100 \quad (4.1.8)$$

$$\text{Selectividad global a p-xileno: } S_p = \frac{(F_{p-x})}{(F_{p-x} + F_{m-x} + F_{o-x})} \cdot 100 \quad (4.1.9)$$

En el anexo A.3. se recoge el análisis de sensibilidad realizado para la determinación de las condiciones de operación más convenientes, en función del PE-2. En función de dicho análisis se ha seleccionado la configuración adiabática y las condiciones de operación siguientes:

Tabla. 4.2. Condiciones de operación del reactor.

Condición	Valor
Temperatura entrada reactor. °C	400
Presión entrada al reactor, bar	15
Relación molar Tol/MeOH	3.31

Con las condiciones anteriores, se obtiene una utilización efectiva y conversión por paso de 97% y de 22.6% respectivamente. La selectividad p-xileno es del 97.5% y el PE-2 es de 19.58 M€/año para el factor de servicio fijado.

Dado que en el proceso no se requiere compresión de gases y la inversión requerida para el reactor es de varios ordenes de magnitud inferiores, se prescinde del cálculo del potencial económico 3 de la metodología de *Douglas* (ref. 5). Adicionalmente, en el análisis del potencial económico 4, se ha considerado los costes energéticos de la sección de separación según la expresión siguiente:

$$PE-4 = PE-2 - (\text{Costes energéticos de la sección de separación}) \quad (4.1.10)$$

Se ha comprobado que empleando el PE-4 la utilización efectiva por paso con mayor potencial económico es el 97%. Sin embargo, los caudales de reciclaje de tolueno y de metanol son ligeramente diferentes a los calculados con el potencial económico 2. Los valores obtenidos son:

Tabla. 4.3. Condiciones de operación del reactor.

Condición	Valor
Temperatura entrada reactor, °C	400
Presión entrada al reactor, bar	15.0
Relación molar Tol/MeOH	3.923
Conversión por paso, %	19.57
Selectividad a p-xileno, %	97.7

La variación de los datos obtenidos con el PE-4 respecto a los del PE-2, están relacionados con la optimización de las columnas de fraccionamiento efectuadas en el último análisis.

4.1.5. Dimensionamiento del reactor

En función de las condiciones de operación determinadas en el apartado 4.1.4 para alcanzar las necesidades del proceso, el volumen del reactor necesario es de 0.45 m³. Sin embargo, debido a la desactivación del catalizador (ref. 14) (ref. 15) para asegurar ciclos operativos del reactor superiores a varios meses, se propone aumentar la carga del catalizador hasta 1.15 m³. No obstante, los diversos trabajos publicados utilizando la cinética seleccionada no han tenido en consideración dicha desactivación (ref. 4)

Para el dimensionamiento del reactor se ha considerado una pérdida de carga de diseño de 100 kPa. En función de ello, las dimensiones del lecho catalítico del reactor son:

Tabla. 4.4. Dimensiones del reactor.

Condición	Valor	Unidades
Diámetro	1.0	m
Altura	1.91	m
Altura total	3.59	m

Para asegurar ciclos operativos de la planta durante 12 meses, se propone la instalación de un reactor de reserva adicional.

4.2. Estrategia de separación

Para recuperar la materia prima no reaccionada y purificar el producto (mezcla de xilenos), se necesita separar la corriente de salida del reactor en diferentes corrientes.

La estrategia de separación se ha determinado teniendo en consideración las reglas heurísticas (ref. 5) (ref. 24) siguientes:

- Separación de componentes líquidos inmiscibles mediante decantación.
- Separación de las mezclas líquidas empleando destilación y *stripping*.
- Condensación de mezcla de vapores empleando aerorefrigerantes.
- Potenciar el aumento de la presión de las corrientes en fase líquida frente a fase vapor.
- Comenzar por separar los componentes ligeros.
- Destilación del componente mayoritario (tolueno) lo antes posible.
- Finalizar con la purificación más complicada (separación de la mezcla de xilenos del tolueno).

Por ello se proponen las etapas de purificación que se describen en los subapartados siguientes.

4.2.1. Separación trifásica en el depósito V-104

El efluente del reactor después de condensarlo se trasiega al depósito V-104 donde se separan dos fases líquidas en equilibrio con una fase gas.

La fase pesada se compone mayoritariamente del agua generada en las reacciones de metilación del tolueno y de deshidratación del metanol. La mayor parte del metanol que no ha reaccionado se disuelve en el agua producida. Dado que la disponibilidad de metanol está limitada se ha comprobado que su recuperación es económicamente atractiva, para ello la mezcla se envía a la columna de purificación DC-201.

Tabla. 4.5. Impacto recuperación de metanol en el estudio de nivel 4.

	Sin recuperación	Con recuperación
Metanol recuperado, t/h	0.0	0.413
Reciclo de tolueno, t/h	116.5	100.8
p-Xileno producido, t/h	26.219	26.362
p-Xileno selectividad, %	97.2	97.7
Utilización efectiva Tolueno, %	96.5	96.4

Utilización efectiva Metanol, %	79.8	79.5
Consumo energético, GJ/h	111.2	93.9
PE4, M€/año	14.07	14.81

La fase ligera, está compuesta por el tolueno no reaccionado, mezcla de xileno, etileno, componentes pesados y parte del metanol solubilizado. Para la separación de los componentes, la mezcla ligera se envía a la columna de destilación DC-202.

La presión de operación en el depósito V-104 está determinada por la presión a la entrada al reactor y la pérdida de carga de los intercambiadores de enfriamiento. Dado que dicha presión es superior a 10 bar, se ha comprobado que para temperaturas inferiores a 70 °C el caudal de la fase vapor es nulo.

Para reducir los consumos energéticos (enfriamiento-calentamiento), la temperatura en el separador es conveniente que sea lo más alta posible. Pero, la solubilidad de agua con los hidrocarburos ligeros se incrementa. Se ha determinado que para temperaturas superiores a 75 °C, la cantidad de agua que lleva la fase ligera origina dos fases líquidas en la columna de destilación posterior (DC-202).

Por todo ello, se propone enfriar el efluente del reactor hasta una temperatura de 70°C.

Por otra parte, para reducir los consumos energéticos, las presiones de operación en las columnas de destilación deben ser lo más bajas posibles. Dado que la presión en el separador V-104 es superior a dichas presiones, se evita la instalación de bombas para el trasiego de las corrientes líquidas separadas.

4.2.2. Columna de recuperación de metanol DC-201

El principal objetivo de la columna es maximizar la recuperación de metanol para así poder aprovechar la mayor cantidad de materia prima no convertida.

4.2.2.1. Especificaciones de las corrientes de salida de la columna

En la corriente de fondo de la columna, el contenido de metanol está condicionado por aspectos medioambientales y económicos. Para asegurar el correcto funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales, es necesario asegurar que el contenido de metanol en agua sea inferior al límite admisible en el tratamiento biológico. En la bibliografía (ref. 18) se muestra que un contenido superior a 5,000 mg/L sería tóxico. Adicionalmente, se indica que un contenido de 1,000 mg/L asegura el correcto funcionamiento del tratamiento biológico.

Por otra parte, el contenido de agua con el metanol recuperado (caudal de metanol de 400-500 kg/h) no es una especificación crítica debido a que en el reactor se produce una cantidad significativa de agua (5,590 kg/h de agua). Por ello, se propone relajar desde la especificación del metanol materia prima (0.27% molar; 0.15% en peso), hasta valores del 5% molar (2.8% en peso) para reducir los consumos energéticos en la columna.

4.2.2.2. Determinación de parámetros de diseño

Dado que la mezcla metanol-agua es altamente no ideal, para los cálculos de equilibrio líquido-vapor en la columna se propone utilizar el sistema termodinámico de ecuaciones NRTL debido a que el sistema PRSV no reproduce adecuadamente dichos equilibrios.

Para optimizar el diseño de la columna se ha tenido en consideración la presión de la columna, la temperatura y número de plato de entrada de la alimentación y el número de etapas

teóricas. Además, se ha analizado el impacto del contenido de agua en el metanol recuperado en los consumos energéticos tal y como se desarrolla en el anexo A.4.1

La presión seleccionada de trabajo en la columna es la mínima posible (1.3 bar en el depósito acumulador) para asegurar el posible envío de gases desde el depósito acumulador hasta la red de antorcha.

La temperatura de alimentación a la columna se ha fijado en un intervalo de 70-95°C.

Para la determinación de la relación de reflujo mínima y del número de platos de cada sección, como primera aproximación se ha realizado una simulación basada en la metodología *Short-Cut* empleando el programa *Aspen Hysys*®. Mediante análisis de sensibilidad se ha obtenido el número de platos de cada sección de la columna y el consumo energético para diversas relaciones de reflujo. Esta simulación se efectuó usando el sistema de propiedad PRSV.

A continuación, se ha reproducido rigurosamente la columna DC-201 con el sistema de propiedades PRSV, se constató que los consumos energéticos diferían substancialmente de los calculados en la metodología *Short-Cut* y eran anormalmente elevados. Por ello, se substituyo el sistema de propiedades termodinámicas por el NRTL y se comprobó que los resultados con dicho sistema se ajustaban mejor a la simulación *Short-Cut*.

El número de platos teóricos obtenidas son 7 para la sección de agotamiento y 7 para la de purificación.

4.2.2.3. Dimensionamiento de la columna DC-201

El programa *Aspen Hysys*® incluye el dimensionamiento riguroso de los internos de la columna. En el caso de seleccionar platos perforados, el diámetro en ambas secciones es inferior a 0.7 m. Por lo que, se opta por instalar relleno desordenado tipo *Pall* de 1 in , alternativamente, los platos se deberían diseñarse de tipo cartucho (ref. 25) (para columnas entre 300 y 800 mm),. El inconveniente para la opción de los platos de cartucho es que se pueden originar problemas de caminos preferenciales.

La HETP (altura teórica de plato equivalente) para el relleno *Pall* de 1 in reportada en la bibliografía (ref. 27) es de 0.65-0.8 ft. Sin embargo, en dicha bibliografía, para equipos de proceso industriales, se recomienda usar una HETP de 1.5-2.0 ft. Por ello, para el dimensionamiento de la columna DC-201 se ha seleccionado el caso más desfavorable (HETP de 2.0 ft).

El dimensionamiento de la columna se ha efectuado con el programa *Aspen Hysys*® V.11 utilizando un sobredimensionamiento de 1.15 y se ha comprobado utilizando el programa *KG-Tower*® de *Koch Glitsch* según se recoge en el anexo A.6.2.2. Los resultados obtenidos con ambos programas son:

Tabla 4.1. Dimensiones y pérdida de carga de la columna DC-201.

Parámetros	<i>Aspen Hysys</i> ®	<i>KG-Tower</i> ®
Diámetro, m	0.6743	0.675
Altura relleno agotamiento, m	4.267	4.267
Altura relleno purificación, m	4.267	4.267
dP agotamiento, mbar	21.5	19.5
dP purificación, mbar	10.1	8.6
dP relleno total, mbar	31,6	28.1

4.2.3. Columna de separación de ligeros DC-202

El objetivo de la columna DC-202 es la separación de los componentes ligeros (etileno y benceno) que se han obtenido en el reactor y están presentes en la fase ligera separada en el V-104. Adicionalmente, dicha fase ligera contiene porcentajes minoritarios de agua y metanol.

4.2.3.1. Especificaciones de las corrientes de salida de la columna

El objetivo principal es obtener una corriente gaseosa que contenga todo el etileno y benceno producido en la reacción. Pero que la cantidad de tolueno en dicha corriente sea la mínima económicamente atractiva.

Durante la simulación rigurosa de la columna se ha realizado el análisis de sensibilidad (anexo A.4.2) para las concentraciones de benceno en la corriente de fondo y el contenido de tolueno en la corriente de cabeza. Con ello, se ha comprobado que los consumos energéticos se reducen significativamente si el contenido de benceno en la corriente de fondo se incrementa. Dado que, todo el benceno producido sale con la corriente de cabeza, para incrementar el contenido de benceno en el fondo se requiere generar un reciclo de benceno al reactor; lo cual, incrementan los costes energéticos, pero estos son inferiores a los ahorros obtenidos.

Los resultados obtenidos con el análisis de sensibilidad anterior indican que los menores consumos se obtienen con un contenido de benceno en la corriente de fondo de 2.24% molar, lo cual representa que el 10% del benceno que entra a la columna sale con la corriente de gases y el resto se recircula al reactor a través de la columna DC-203.

Por otra parte, un contenido de tolueno en los gases de 5.00% reduce la cantidad de tolueno con un consumo energético económicamente conveniente.

4.2.3.2. Determinación de parámetros de diseño

La presión de trabajo seleccionada es la mínima para que el trasiego de la corriente de fondo que se envía a la columna DC-203 pueda efectuarse sin la necesidad de instalar bombas de trasiego. Para ello, la presión necesaria es de 4.2 bar.

Para reducir los consumos energéticos en la columna, la temperatura de alimentación se ha fijado en 165°C, en coherencia con la temperatura en el plato de alimentación de la columna.

La determinación de la relación de reflujo mínima y del número de platos de cada sección ha seguido el mismo procedimiento (*Short-Cut* y simulación rigurosa con *Aspen Hysys®*) que en el apartado 4.2.2 para la columna anterior. En el anexo A.4.2 se refleja el análisis de sensibilidad para la determinación del número de platos y los consumos energéticos para diferentes relaciones de reflujo. Igualmente se recoge el análisis de sensibilidad para la determinación de las especificaciones más convenientes.

El número de platos teóricos necesarios es de 7 en la sección de purificación y 4 en la sección de agotamiento.

4.2.3.3. Dimensionamiento de la columna DC-202

En el caso de instalación de platos perforados, el diámetro de la sección de purificación es de 0.9 m y el de la sección de agotamiento de 1.5 m. dado que el diámetro en la sección de purificación es reducido, se opta por instalar relleno desordenado tipo *Pall* de 1 in en ambas secciones.

En el apartado 4.2.2.3 se ha indicado la recomendación de utilizar una HETP de 2 ft para aplicaciones industriales de proceso.

El dimensionamiento de la columna se ha efectuado con el programa *Aspen Hysys*® V.11 utilizando un sobredimensionamiento de 1.15 y se ha comprobado utilizando el programa *KG-Tower*® de *Koch Glitsch* según se recoge en el anexo A.6.2.4. Los resultados obtenidos con ambos programas son:

Tabla. 4.6. Dimensiones y pérdida de carga de la columna DC-202.

Parámetros	<i>Aspen Hysys</i> ®	<i>KG-Tower</i> ®
Diámetro agotamiento, m	1.573	1.625
Diámetro purificación, m	1.076	1.104
Altura relleno agotamiento, m	2.438	2.438
Altura relleno purificación, m	4.267	4.267
dP agotamiento, mbar	8.6	2.8
dP purificación, mbar	22.7	9.8
dP relleno total, mbar	41.3	12.6

4.2.4. Columna de separación de purificación de xilenos DC-203

La corriente de fondo de la DC-202 contiene fundamentalmente el tolueno no convertido, el benceno de recirculación, la mezcla de xilenos producidos y los componentes pesados. El objetivo fundamental de la columna DC-203 es separar el tolueno y el benceno de recirculación de la mezcla de xilenos y los componentes pesados.

4.2.4.1. Especificaciones de las corrientes de salida de la columna

Para cumplir con la especificación comercial de la mezcla de xilenos según el apartado 3.2, el contenido de tolueno ha de ser inferior a 0.05% mol. En dichas condiciones, el contenido de C9 + aromáticos de la corriente del fondo de la columna DC-203 (0.87% mol) es inferior a la especificación (1.0% mol) y el contenido de no aromáticos (0.15% mol) cumple con la especificación de la mezcla de xilenos (2.0% mol). Por todo ello, la corriente de fondo de la columna DC-203 cumple con la especificación de la mezcla de xilenos si se consigue reducir el contenido de tolueno a valores de la especificación.

En la corriente de cabeza de la columna, se reciclan al reactor el tolueno no reaccionado y el benceno. Dicha corriente lleva un contenido en p-xileno que también se recicla al reactor donde parte del mismo se pierde en las reacciones de dealquilación e isomerización del p-xileno. Por ello, el contenido de p-xileno en la corriente de cabeza tiene un condicionante económico. Es decir, interesa reducir su contenido para evitar la pérdida económica del producto, pero con un coste energético asumible.

4.2.4.2. Determinación de parámetros de diseño

La presión de trabajo seleccionada es la mínima para reducir los costes energéticos de la columna. Para ello, la presión obtenida es de 1.3 bar en el depósito separador de cabeza V-203.

La corriente de alimentación a la columna DC-203 proviene directamente del fondo de la DC-202, en fase mixta a una temperatura de 140 °C. Entra en el plato teórico 26 (correspondiente al plato real 34) donde su temperatura es de 131.8 °C. Se ha efectuado un

análisis de sensibilidad del plato de alimentación y se ha comprobado que requiere el menor calor de calentamiento.

Dado que el contenido de tolueno en la corriente de xilenos debe ser inferior a 0.05% molar tal y como se ha indicado anteriormente, el consumo energético en la columna depende fundamentalmente de la especificación de xilenos en la cabeza. Con lo que, después de la realización de un análisis de sensibilidad, se ha seleccionado que el contenido de p-xileno más atractivo es del 1.39 %.

Para la determinación del número de platos necesarios en la columna se ha tenido en cuenta el consumo energético, debido a que al bajar el número de platos aumenta significativamente dicho consumo. Por ello, se ha buscado un equilibrio entre un consumo energético bajo y un número de platos económicamente aceptable. En el anexo A.4.2 se recogen estudios realizados.

4.2.4.3. Dimensionamiento de la columna DC-203

En el caso de la columna DC-203 el diámetro es lo suficientemente grande en ambas partes de la columna, debido a los caudales procesados, como para que se puedan instalar platos, a diferencia de las columnas anteriores. El tipo de platos seleccionados es el perforado, con agujeros de 5 mm de diámetro, debido a que el producto procesado es limpio y a que requieren menor mantenimiento.

Por otra parte, la columna debe disponer de 4 pasos debido a su diámetro.

El dimensionamiento de la columna se ha efectuado con el programa *Aspen Hysys*® V.11 utilizando un sobredimensionamiento de 1.15 y se ha comprobado utilizando el programa *KG-Tower*® de *Koch Glitsch* según se recoge en el anexo A.6.2.6.. Los resultados obtenidos con ambos programas son:

Tabla. 4.7. Dimensiones y pérdida de carga de la columna DC-203.

Parámetros	<i>Aspen Hysys</i> ®	<i>KG-Tower</i> ®
Diámetro, m	4.300	4.304
Altura agotamiento, m	18.3	18.3
Altura purificación, m	20.7	20.7
dP agotamiento	187.9	136.0
dP purificación	252.3	133.7
dP total, mbar	440.2	269.7
Nº Platos reales	64	64

Finalmente, se ha calculado la eficiencia de los platos, que es del 70% siguiendo el método *McFarland* (ref. 30). Además, se ha corroborado que el valor obtenido se encuentra dentro del rango recogido en la bibliografía (ref. 28), que son de 60-75%.

4.2.4.4. Dimensionamiento del recuperador de metanol V-206

Los gases procedentes de la columna DC-202 pueden llevar un contenido significativo de metanol en función de la utilización efectiva por paso del tolueno, para el caso de diseño los gases llevan 195.6 kg/h. En caso de recuperar dicho metanol el margen de la planta se incrementa en 0.47 M€/año debido al aumento de producción de la conversión por paso para la misma utilización efectiva del tolueno; lo cual provoca que el caudal de reciclaje del tolueno se reduzca en 5.65 t/h y se disminuya el consumo energético en 5.73 GJ/h.

Por ello, se ha diseñado un depósito de lavado con agua de los gases de salida de la columna DC-202 previamente enfriados desde 78.9 a 46.0°C, con lo cual se produce una condensación parcial. Los líquidos se separan en el decantador V-207. La fase gas, se lava con una corriente de agua con metanol procedente del separador V-104 que está a 70°C.

El depósito V-206 dispone de un relleno no ordenado tipo *Pall* 1" de A304 para facilitar la absorción del metanol de 0.609 m de altura, equivalente a una etapa teórica.

Para el dimensionamiento del diámetro del depósito se ha utilizado el programa *KG Tower*®. El diámetro calculado es de 330 m.

4.3. Depósitos

El volumen de los depósitos se ha determinado siguiendo criterios recogidos en la bibliografía (ref. 29).

Los depósitos de la instalación según su tipo son:

- Acumuladores de alimentación: V-101 y V-102
- Separadores de fases: V-103, V-104, V-207
- Acumuladores de líquido cabeza de columnas: V-201, V-202, V-203

Adicionalmente, las columnas de destilación (DC-201, DC-202, DC-203) disponen en su fondo de un volumen de acumulación para la operación de la misma y asegurar la continuidad de la producción. Entre el volumen de acumulación y el plato de fondo o del soporte inferior del relleno se dispone de una separación de 1.5 m. Para la columna DC-203, dicha separación es de 3.0 m.

Tabla. 4.8. Determinación del volumen de los depósitos.

Equipo	Caudal, m ³ /h	τ residencia, min	Factor llenado	Diámetro, m	L/H total, m
V-101	28.61	30	0.75	2.01	7.02
V-102	13.15	30	0.75	1.55	5.42
V-103	117.4	15	0.50	2.92	10.22
V-104	96.16	15	0.75	2.39	8.35
V-201	3.02	30	0.50	0.95	3.32
V-202	11.23	30	0.50	1.68	5.89
V-203	274.6	15	0.75	3.39	11.85
Fondo 201	6,00	20	1.00	0.675	2.79
Fondo202	183.7	10	1.00	3.00	5.08
Fondo203	38.4	30	1.00	4.32	2.39

4.4. Análisis de las necesidades energéticas del proceso

Para el análisis del consumo energético de la planta y evaluar el potencial económico 5 (PE-5), el cual se define como el PE-4 una vez integrado energéticamente. Se ha realizado el estudio de todas las corrientes calientes y frías que intervienen en el proceso y su configuración en cambiadores de calor energéticamente integrados.

Las necesidades energéticas principales son:

- Calentamiento de los reactivos (tolueno y metanol) hasta la temperatura de reacción seleccionada (400 °C)
- Calentamiento de las columnas de fraccionamiento: DC-201, DC-202 y DC-203
- Las fuentes de calor fundamentales son:
- Horno de precalentamiento al reactor H-101
- Efluente del reactor a 454 °C
- Vapores de vapor suministrados por el emplazamiento industrial.

Por motivos operativos se ha decidido desligar el calentamiento de las dos columnas principales (DC-202 la DC-203) de la integración energética para evitar posibles impactos de disturbios desde la zona de reacción a la de destilación. La integración con la columna DC-201 exigirá disponer de cambiadores diseñados para asegurar la recuperación del metanol durante la puesta en marcha de la instalación y evitar la emisión de aguas con alto contenido en metanol.

Por otra parte, para evitar problemas de flujo en el trasiego de corrientes parcialmente condensadas, se reducirán los tramos con flujo mixto. Lo cual exige la instalación de un depósito de decantación intermedio en los corrientes efluentes del reactor y que la vaporización de las alimentaciones se efectúe en cambiadores únicos.

4.4.1. Identificación y tratamiento de las necesidades de calor

Para analizar la integración energética y reducir consumo energético, se ha utilizado la aplicación *Energy Analyzer® de Aspen Hysys® V.11* en base a la simulación del balance de materia y energía de dicho programa. Los resultados más relevantes obtenidos han sido:

Tabla. 4.9. Demanda energética mínima determinada por *Energy Analyzer®*

	Objetivo, GJ/h	Ahorro costes energía, %	ΔT_{min} , °C
Vapor SM	76.09	164.5	10
Vapor SL	0	100.00	10
Horno	2.19	102.47	25
Total energías calientes	78.28	117.92	-
Aire	8.65	173.32	10
Agua refrigeración	0	100.00	5
Generación vapor SL	7.425	106.29	10
Total energías frías	93.91	107.04	-

En el anexo A.5 se reflejan los resultados de la propuesta de integración energética efectuada por la aplicación siguientes:

- Curvas compuestas caliente y fría de la planta para una separación de 15°C
- Gran curva compuesta
- Distribución de cambiadores de la integración energética

En función de la limitación de integración energética planteada en el apartado anterior, se ha planteado la opción de aprovechar el calor del efluente del reactor principalmente para el calentamiento de los reactivos.

La reacción se efectúa en fase gas; por lo que los reactivos se vaporizan en cambiadores tipo *Kettle* (E-103 y E-105). Cuando el efluente del reactor ha condensado parcialmente (50%),

se separan las fases en el decantador V-103. La fase líquida se utiliza para el calentamiento inicial de los reactivos y de la columna de metanol (DC-201). La fase gas se seguirá condensado en el vaporizador de metanol (E-105) y en el precalentamiento de la alimentación a la columna DC-202 (cambiador E-205).

En la figura adjunta se refleja la curva de corrientes calientes compuesta por el efluente del reactor hasta el separador V-103 y la fase gas obtenida en dicho separador hasta su enfriamiento a 70 °C. La curva de corrientes frías está compuesta por diversos servicios que se indican en el apartado siguiente.

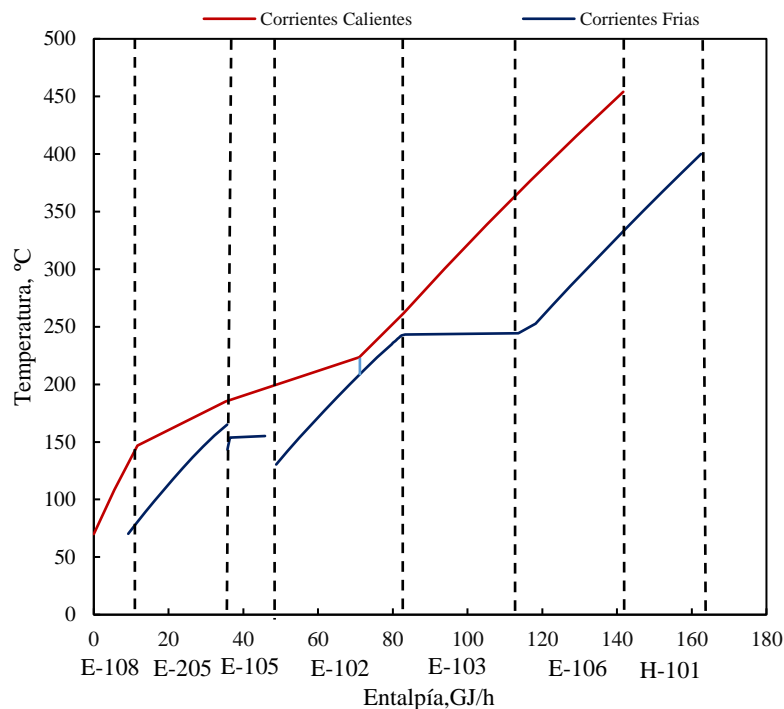


Figura. 4.1. Curvas compuestas de las corrientes calientes y frías del sistema carga efluente del reactor.

Como consecuencia de la integración energética propuesta, el consumo del horno es de 20.8 GJ/h, frente al consumo previsto por la aplicación de 2.9 GJ/h. El ahorro energético es de 100.1 GJ/h frente a los 118.0 GJ/h previstos.

4.4.2. Equipos que intervienen en la integración energética

En este apartado se analizan los cambiadores de calor que aportan la energía necesaria a la Planta y su integración.

Todas las hojas de especificación de los equipos se recogen en el anexo A.5.

4.4.2.1. Intercambiador E-101

El tolueno de entrada a la Planta se precalienta desde 15°C hasta 116.5°C aprovechando el calor restante del líquido condensado y separado en el V-103 que entra a una temperatura de 145°C.

4.4.2.2. Intercambiador E-102

El tolueno de alimentación a la planta y el de recirculación procedente de la cabeza de la columna DC-203 con una temperatura de la mezcla de 118°C se calienta en el cambiador hasta 235°C al enfriar el gas efluente desde 250.8 °C hasta 206°C y condensar el 50% de dicho efluente. A la salida del cambiador, el efluente del reactor parcialmente condensado se separa en el decantador V-103.

4.4.2.3. Vaporizador de tolueno E-103

La mezcla de tolueno se vaporiza a 15.7 bar enfriando el gas efluente desde 366.5°C hasta 250.8°C. La temperatura de salida del tolueno es de 244.1°C.

4.4.2.4. Calentador de metanol E-104

El metanol de entrada a la Planta y el recuperado en la columna de metanol DC-201 se precalienta desde 19.2°C hasta 150°C con la corriente líquida de hidrocarburos separada en el V-103. Dicha corriente se enfría desde 184.9 hasta 145.1°C.

4.4.2.5. Vaporizador de metanol E-105

El metanol que se envía al reactor se vaporiza en un cambiador tipo *Kettle* a una presión de 15.7 bar, la temperatura de salida de dicho vaporizador es de 155.1°C. Para ello, se utiliza la corriente gaseosa separada en V-103 que se enfría hasta una temperatura de 182.4°C, lo cual condensa el 69.3% molar de dicha corriente.

4.4.2.6. Cambiador de placas E-106

Cuando las dos corrientes de alimentación se encuentran vaporizadas, se mezclan antes de ser enviadas al reactor. La temperatura de mezcla es 236.2°C; por lo que debe calentarse en fase gas hasta 400°C. Para ello, se propone la instalación de un cambiador de placas que enfríe el gas efluente del reactor procedente a 454.1°C. Los cambiadores de placas tipo *Packinox* o similar tienen la ventaja de compensar los bajos coeficientes de transferencia de calor con la disponibilidad de una alta área de transferencia. Lo cual, les permite una alta transferencia de calor con una inversión adecuada.

La temperatura de salida de los gases de alimentación al reactor es de 333°C y la de los gases efluentes de 366.5°C.

4.4.2.7. Horno eléctrico H-101

Los gases de alimentación al reactor se terminan de calentar en un horno hasta la temperatura de 400°C. Se propone la instalación de un horno eléctrico que evite el consumo de combustibles fósiles y permita el suministro a la planta de energías renovables.

Los calentadores eléctricos pueden calentar líquidos hasta 625°C y gases hasta 750°C en procesos con presiones desde pocos milibares hasta cientos de bares. Las temperaturas de proceso para aire y gases están limitadas por la máxima temperatura a la que el material del tubo calefactor puede operar. Para aleaciones de altas prestaciones, está en el rango de 900°C.

Dependiendo del diseño, los intercambiadores/hornos convencionales tienen una eficiencia que está comprendida entre el 70 y el 90%. Sin embargo, los intercambiadores/hornos eléctricos tienen una eficiencia cercana al 100%.

En los hornos eléctricos, la temperatura de la superficie de los tubos calefactores está limitada por el correcto diseño del flujo térmico (W/cm^2) (ref. 31).

Para suministrar el consumo requerido por el proceso (20.82 GJ/h), se propone la instalación de 8 módulos en serie basados en el modelo 802/Ex de Shniewindt (ref. 32). Las características de dicho equipo para el servicio propuesto se han calculado en base a los datos suministrados por la compañía para un servicio similar de calentamiento de nitrógeno a 400°C y están recogidos en tabla adjunta. Los cálculos para definir la propuesta de diseño se recogen en el anexo A.6.5 .

Tabla. 4.10. Características del H-101.

Concepto	Valor
Potencia por módulo, kW	723.0
Diámetro exterior tubo calefactor, mm	16
Longitud total, m	4.01
Flujo térmico, W/cm^2	8.3
Número de calentadores	48
Caudal de gas por módulo, t/h	17.025
Temperatura de entrada, °C	333
Temperatura de salida, °C	400
U transferencia, $W/m^2°C$	177.4
Lmtd, °C	354.0
Temperatura pared de calentador, °C	721.6

4.4.2.8. Termosifón E-202

La corriente líquida separada en el decantador V-103 está compuesta de tolueno, p-xileno, benceno y humedad soluble en el hidrocarburo. Sin embargo, debido a la alta temperatura (205.8°C), en dicho equipo no se separa una fase rica en agua/metanol.

La corriente líquida se enfría en el termosifón E-202 de la columna de metanol (DC-201) hasta 184.9°C.

Durante la puesta en marcha y mientras no se disponga de una cantidad de líquido condensado de la suficiente temperatura, se dispondrá de un termosifón calentado con vapor de baja presión. De esta forma, se asegurará la recuperación del metanol y se evitará su emisión en el efluente acuoso producido.

4.4.2.9. Precalentador alimentación columna DC-202 (E-205)

La corriente gaseosa del efluente del reactor se enfría en el precalentador de alimentación a la columna desgasificadora (E-205) para aprovechar su energía desde 184.9 °C hasta 127.1°C. El producto que se calienta está compuesto por las dos corrientes procedentes del separador V-103 enfriadas hasta 70°C de forma separada y recogidas en el separador V-201.

4.4.2.10. Enfriamiento corrientes efluentes (E-107 y E-108)

Las dos corrientes procedentes del efluente del reactor y separadas en el V-103 se enfrían en aéreos. La corriente líquida se enfría desde 120°C hasta 70°C en el aéreo E-107 y la corriente gaseosa se condensa desde 127.1°C hasta 70°C en el aéreo E-108. Ambas corrientes se recogen en el depósito V-104 dónde se decantan dos fases líquidas:

- Hidrocarburos: Compuesta de etileno, metanol, benceno, tolueno, xilenos y pesados
- Acuosa: con un contenido de 2.77% molar en metanol y la mayor parte del agua formada en las reacciones de metilación del tolueno y deshidratación del metanol.

La temperatura de 70°C seleccionada para la separación en el depósito V-104 es un compromiso entre altas temperaturas (menor inversión en aéreos y cambiadores de calentamiento, posible salida de productos en fase gas separados en el depósito) y bajas temperaturas que eviten la llegada de una alta cantidad de agua disuelta con los hidrocarburos a la columna, lo cual pueda provocar la segregación de dos fases líquidas en la columna desgasificadora DC-202.

4.4.2.11. Termosifones de las columnas DC-202 y DC-201

Debido al condicionante adoptado de reducir el impacto de la reacción en las columnas de fraccionamiento, el calentamiento de las columnas desgasificadora (DC-202) y de tolueno se efectuará con vapor de media presión. La demanda energética de vapor de media ha sido estimada en 71.66 GJ/h frente a la demanda objetivo estimada por la aplicación de 76.01 GJ/h.

4.4.3. Dimensionamiento de intercambiadores de calor y aéreos

Para el dimensionamiento de los cambiadores de calor, se ha utilizado el programa *Aspen Exchanger Design and Rating*® que emplea los estándares TEMA (*Tubular Exchanger Manufacturers Association*) para los cambiadores carcasa-tubo (ref. 33) y el estándar API661 para cambiadores aereorefrigerantes (ref. 34).

Los factores de ensuciamiento utilizados para el dimensionamiento de los cambiadores (ref. 40) han sido:

- Hidrocarburos, metanol, agua: 0.00020 m² K/W
- Vapores (SL, SM) libres de aceite: 0.00025 m² K/W
- Agua de refrigeración: 0.00033 m² K/W

4.5. Condiciones de diseño de depósitos a presión

4.5.1. Presión y temperatura de diseño

De acuerdo con lo reflejado en la normativa ASME (ref. 35) y la bibliografía (ref. 36) (ref. 37), para la determinación de la presión de diseño de los depósitos a presión (columnas, depósitos de separación y cambiadores de calor) se ha adoptado el criterio siguiente:

- Presión máxima de servicio (Pms): Presión más alta, en las condiciones de funcionamiento, que puede alcanzar un equipo o instalación
- Temperatura máxima de servicio (Tms): Temperatura más alta que se estima puede producirse en el interior del equipo en condiciones extremas de funcionamiento
- Presión máxima de servicio (Pms) se estima aumentando en 25 psi (1.72 bar) la presión de operación normal
- Presión de diseño se estima como el mayor de los valores siguientes:
 - 1.1 x Pms
 - Pms + (10 a 25 psi)

- Para el caso de cambiadores de calor, para prevenir el efecto de posibles roturas de tubos, se dimensionará el lado de menor presión al menos a 11/13 de la presión de diseño del lado de mayor presión (ref. 29)
- Temperatura de diseño: Temperatura normal de operación + 28 °C o la Tms

4.5.1.1. Presión de pruebas hidrostáticas a la puesta en servicio

Según el RD809/2021(ref. 38), previa a la puesta en servicio de equipos a presión de categorías I a IV (definidos en el RD709/2015) (ref. 39), será necesario efectuar la prueba hidrostática de resistencia al mayor de los valores siguientes:

- 1.43 x P_{diseño}
- 1.25 x P_{diseño} x factor que tenga en cuenta la mayor resistencia de los materiales a la temperatura de prueba respecto a la temperatura Tms

4.5.2. Espesores de equipos a presión

Para la estimación del espesor de los equipos a presión se ha seguido la normativa ASME VIII Div 1. Para la tensión de diseño y su variación con la temperatura de diseño se han empleado los valores reportados en la bibliografía (ref. 40).

Se ha considerado un sobreespesor de corrosión de 1/8" (3.18 mm).

Adicionalmente se ha comprobado que los espesores calculados eran superiores a un espesor mínimo recogido en la bibliografía (ref. 2). Dado que dichos valores tienen en consideración un sobreespesor de corrosión de 2 mm, a los valores reportados se le ha añadido 1 mm para cumplir con el objetivo de disponer de sobreespesor fijado.

4.5.3. Aislamiento

La mayoría de los equipos de la planta tienen una temperatura de operación superior a 60°C; por lo que deben aislarse por protección personal y para reducir las pérdidas energéticas al exterior.

Dado que todos los elementos de la planta tienen una buena base estructural, los materiales aislantes empleados están basados en fibras minerales: Fibra de Vidrio (hasta 232 °C) y Lana de roca (hasta 1035°C).

El material aislante se recubre con una chapa de acero galvanizado para su protección frente a los elementos atmosféricos (viento, agua).

Para la determinación de los espesores de aislamiento requeridos se han utilizado los criterios reportados en la bibliografía (ref. 41).

4.6. Materiales

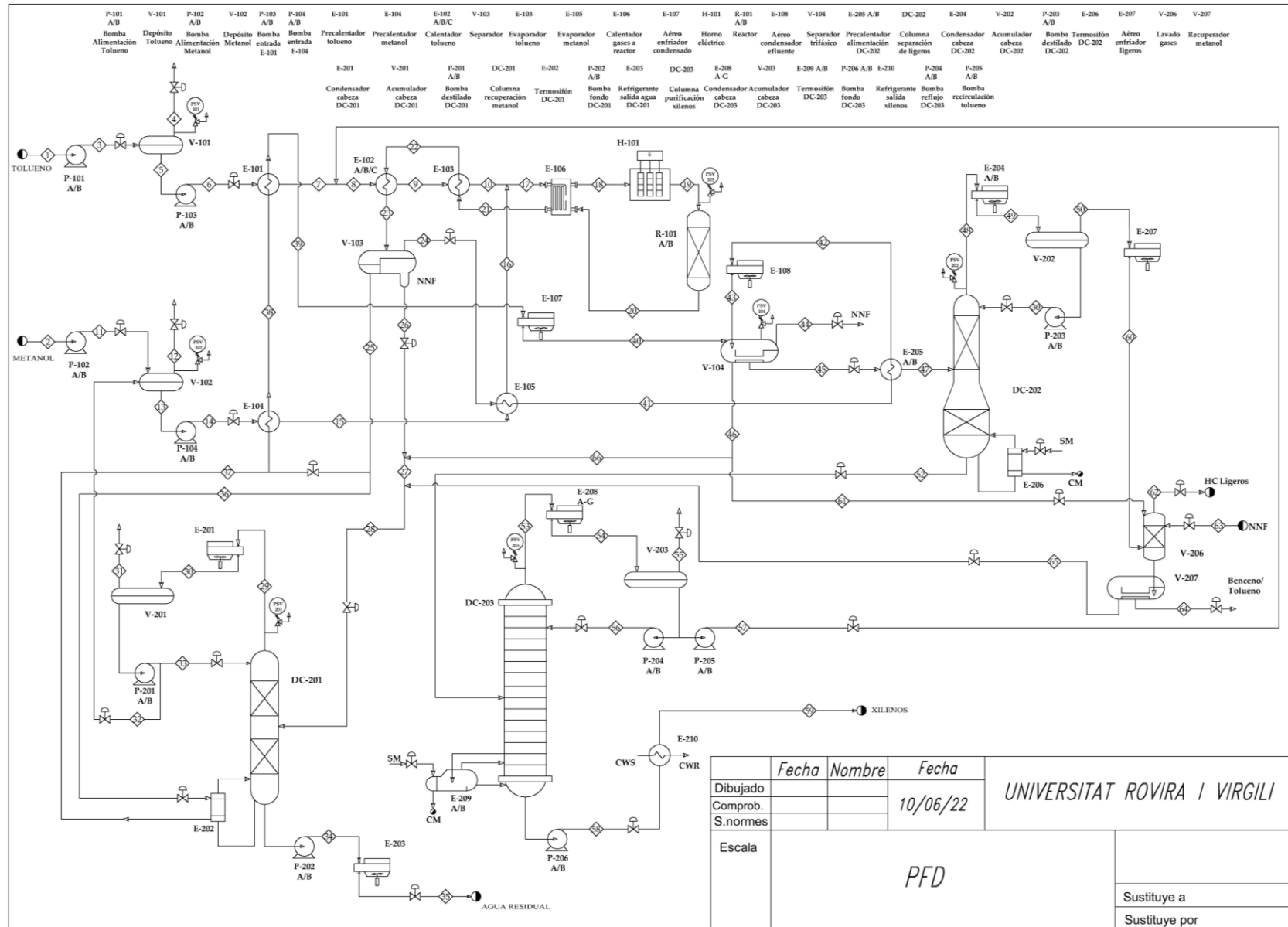
La bibliografía consultada establece la compatibilidad de la mayoría de los hidrocarburos presentes en la Planta con el acero al carbono a altas temperaturas (ref. 40) (ref. 42).

En el caso del metanol, el *Methanol Institute* publicó un boletín técnico con la compatibilidad entre diferentes metales y su utilización para el manejo del metanol (ref. 43). Dichas compatibilidades han sido publicadas por diversos autores y el Instituto se ha limitado a recopilarlas. En esencia, las más significativas son:

- Tuberías: Acero sin soldadura tipo A53/A106 o similar, usados hasta altas temperaturas altas

- Válvulas: A216-Gr. WCB, A105, A352
- Recipientes a presión: Aceros de baja aleación Cr/Mo tipo A387 en sus diferentes grados

4.7. PFD



4.7.1. Balance de materia y energía

	1	2	3	5	6	7	8	9	10	11	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	28	
Fracción vaporizada	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.507	1.000	0.000	0.000	0.000	
Temperatura	C	15.0	15.0	15.1	15.2	16.2	116.5	118.0	235.0	244.1	15.0	17.6	17.9	150.0	155.1	236.2	333.0	400.0	454.1	366.4	250.6	204.8	204.6	204.6	204.6	67.7
Presión	bar	1.31	1.31	2.30	1.30	17.20	16.00	16.00	15.80	15.60	2.40	1.30	17.00	15.80	15.60	15.60	15.40	15.00	14.01	13.81	13.61	13.11	13.01	13.06	13.06	1.60
Flujo molar	kmol/h	268.9	312.5	268.9	268.9	268.9	268.9	1370.2	1370.2	1370.2	312.5	326.0	326.0	326.0	1696.2	1696.2	1696.2	1696.2	1727.7	1727.7	1727.7	1727.7	877.9	849.9	0.0	324.1
Flujo másico	kg/h	24978	10000	24978	24978	24978	24978	125784	125784	125784	10000	10425	10425	10425	136209	136209	136209	136209	136208	136208	136208	136208	57313	79078	0	6022
Caudal estándar líquido	m3/h	28.72	12.56	28.72	28.72	28.72	28.72	144.59	144.59	144.59	12.56	13.09	13.09	13.09	157.68	157.68	157.68	157.68	157.27	157.27	157.27	157.27	66.19	91.09	0.00	6.14
Flujo de calor	GJ/h	2.310	-77.854	2.317	2.317	2.393	6.905	36.063	70.246	104.062	-77.850	-81.127	-81.090	-73.797	-64.247	39.814	67.892	88.710	88.713	60.634	26.819	-7.365	-33.961	26.596	0.000	-91.154
Composición molar	%																									
Agua		0.00	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27	0.46	0.46	0.46	0.09	0.09	0.09	18.09	18.09	18.09	18.09	33.63	2.04	97.59	95.97	
Etileno		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.82	1.82	1.82	1.82	3.36	0.24	0.00	0.00	
Acetona		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Metanol		0.00	99.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.57	0.57	0.57	99.73	99.54	99.54	99.54	19.59	19.59	19.59	1.23	1.23	1.23	1.23	1.74	0.71	2.41	4.03	
Benceno		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.23	2.23	2.23	0.00	0.00	0.00	0.00	1.80	1.80	1.80	1.98	1.98	1.98	1.98	2.10	1.84	0.00	0.00	
Tolueno		95.77	0.00	95.77	95.77	95.77	95.16	95.16	95.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	76.87	76.87	76.87	60.70	60.70	60.70	60.70	49.51	72.25	0.00	0.00	
Etil-Benceno		2.27	0.00	2.27	2.27	2.27	0.52	0.52	0.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42	0.42	0.42	0.41	0.41	0.41	0.41	0.25	0.57	0.00	0.00	
p-Xileno		0.26	0.00	0.26	0.26	0.26	1.17	1.17	1.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.94	0.94	0.94	15.26	15.26	15.26	15.26	9.12	21.60	0.00	0.00	
m-Xileno		0.61	0.00	0.61	0.61	0.61	0.13	0.13	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.11	0.11	0.22	0.22	0.22	0.22	0.13	0.32	0.00	0.00	
o-Xileno		0.09	0.00	0.09	0.09	0.09	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.13	0.13	0.13	0.13	0.07	0.19	0.00	0.00	
n-Nonano		0.14	0.00	0.14	0.14	0.14	0.03	0.03	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.03	0.00	0.00	
135 Trimetil Benceno		0.85	0.00	0.85	0.85	0.85	0.17	0.17	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.06	0.21	0.00	0.00	
n-C16		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	29	30	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	
Fracción vaporizada	0.993	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0.000	0.000	0.000	0.698	0.008	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.035	1.000	0.270	1.000	0.000	0.000	1.000	0.000	
Temperatura	C	80.2	75.1	75.1	75.1	113.1	50.0	203.9	183.3	142.6	116.9	70.0	181.8	129.6	70.0	69.9	69.9	165.0	135.5	78.9	78.9	78.9	172.1	122.1	117.4	
Presión	bar	1.40	1.30	4.09	4.09	3.57	1.40	12.26	12.06	11.86	11.66	11.46	11.66	11.46	11.46	11.46	6.00	4.05	3.95	3.95	4.20	1.40	1.40	1.30	1.30	
Flujo molar	kmol/h	71.1	71.1	13.6	57.5	310.5	310.5	849.9	849.9	849.9	849.9	877.9	877.9	877.9	0.0	1409.6	318.1	1409.6	167.4	167.4	45.2	122.2	1364.4	2320.7	2320.7	
Flujo másico	kg/h	2227	2227	425	1802	5597	5597	79078	79078	79078	79078	57313	57313	57313	0	130353	5855	130353	10617	10617	1577	9039	128776	212419	212419	
Caudal estándar líquido	m3/h	2.78	2.78	0.53	2.25	5.61	5.61	91.09	91.09	91.09	91.09	66.19	66.19	66.19	0.00	151.33	5.94	151.33	13.64	13.64	3.11	10.54	148.23	244.15	244.15	
Flujo de calor	GJ/h	-14.305	-17.166	-3.277	-13.889	-86.670	-88.112	26.596	21.526	15.233	10.721	3.321	-43.510	-69.824	-77.707	0.000	15.162	-89.549	41.476	2.743	-2.148	0.453	-2.600	42.254	139.223	60.834
Composición molar	%																									
Agua		5.00	5.00	5.00	5.00	99.94	99.94	2.04	2.04	2.04	2.04	2.04	33.63	33.63	33.63	9.92	0.23	97.23	0.23	2.22	7.14	0.40	0.00	0.00	0.00	
Etileno		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	3.36	3.36	3.36	78.92	2.23	0.00	2.23	20.39	69.66	2.17	0.00	0.00	0.00	
Acetona		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Metanol		95.00	95.00	95.00	95.00	0.06	0.06	0.71	0.71	0.71	0.71	1.74	1.74	1.74	0.52	0.89	2.77	0.89	17.72	17.72	10.32	20.45	0.57	0.71	0.71	
Benceno		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84	2.10	2.10	2.10	0.74	2.42	0.00	2.42	24.05	24.05	7.88	30.03	2.24	2.78	2.78	
Tolueno		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	72.25	72.25	72.25	72.25	72.25	49.51	49.51	49.51	8.95	74.40	0.00	74.40	35.56	35.56	5.00	46.86	76.70	95.01	95.01	
Etil-Benceno		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.25	0.25	0.25	0.93	0.50	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.52	0.09	0.09		
p-Xileno		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.60	21.60	21.60	21.60	21.60	9.12	9.12	9.12	0.01	18.70	0.00	18.70	0.06	0.06	0.00	0.07	19.32	1.39	1.39	
m-Xileno		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.13	0.13	0.13	0.01	0.27	0.00	0.27	0.00	0.00	0.00	0.28	0.02	0.02		
o-Xileno		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.07	0.07	0.07	0.01	0.16	0.00	0.16	0.00	0.00	0.00	0.17	0.00	0.00		
n-Nonano		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.01	0.01	0.01	0.00	0.03	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00		
135 Trimetil Benceno		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.06	0.06	0.06	0.06	0.16	0.00	0.16	0.00	0.00	0.00	0.17	0.00	0.00		
n-C16		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	80	81	85	86	87	88	89	E206_SJ	E206_CH	E209_SJ	E209_CH	E230_CWS	E230_CWS		
Fracción vaporizada	0.000	0.000	0.000	0.000	0.764	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.246	0.000	0.090	0.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000		
Temperatura	C	117.4	1																							

4.7.2. Listado de equipos

Tabla. 4.11. Lista de equipos

Equipo	Servicio
DC-201	Columna recuperación de metanol
DC-202	Columna de desgasificación efluente del reactor
DC-203	Columna purificación de xilenos
E-101	Precalentador de tolueno líquido a reactor
E-102 A/B/C	Calentador de tolueno líquido a reactor hasta la temperatura ebullición
E-103	Vaporizador de tolueno
E-104	Precalentador de metanol líquido a reactor
E-105	Vaporizador de metanol
E-106	Recalentador de alimentación vaporizada a reactor con efluente de reacción
E-107	Enfriador de corriente líquida segregada del efluente del reactor
E-108	Enfriador de corriente gaseosa segregada del efluente del reactor
E-109	Calentador de metanol de puesta en marcha
E-110	Vaporizador de metanol de puesta en marcha
E-201	Condensador de columna DC-201
E-202	Termosifón de columna DC-201
E-202SL	Termosifón de columna DC-201 de puesta en marcha con SL
E-203	Enfriador de agua residual a planta de efluentes
E-204 A/B	Condensador de columna DC-202
E-205 A/B	Precalentador de alimentación a columna DC-202
E-206	Termosifón de columna DC-202 con SM
E-207	Enfriador de gas procedentes de cabeza DC-202
E-208 A/B/C/D/E/F/G	Condensador columna DC-203
E-209 A/B	Termosifones columna DC-203
E-210	Enfriamiento de xilenos a almacenamiento externo
H-101	Horno eléctrico calentamiento de la alimentación al reactor
P-101 A/B	Suministro de tolueno desde almacenamiento externo
P-102 A/B	Suministro de metanol desde almacenamiento externo
P-103 A/B	Envío de tolueno a reacción
P-104 A/B	Envío de metanol a reacción
P-201 A/B	Reflujo a columna DC-201 y metanol recuperado a V-102
P-202 A/B	Salida de agua residual a efluentes
P-203 A/B	Reflujo a columna DC-202
P-204 A/B	Reflujo a columna DC-203
P-205 A/B	Recirculación de tolueno
P-206 A/B	Envío de xilenos a almacenamiento externo

R-101 A/B	Reactor PBR monotubular
V-101	Almacenamiento de tolueno interno de alimentación a la planta
V-102	Almacenamiento de tolueno interno de alimentación a la planta
V-103	Segregación de fases líquida y gaseosa del efluente del reactor parcialmente enfriado
V-104	Segregación de dos fases líquidas del efluente del reactor enfriado
V-201	Acumulador de condensado de cabeza columna DC-201
V-202	Acumulador de condensado de cabeza columna DC-202
V-203	Acumulador de condensado de cabeza columna DC-203
V-206	Lavado de gases enfriados en cabeza DC-202
V-207	Segregación de dos fases líquidas de los gases enfriados en cabeza DC-202

4.8. Control del proceso industrial

El sistema de control de la planta es un aspecto muy importante a tener en cuenta para un correcto funcionamiento de esta. Por ello, se ha diseñado la propuesta de control del proceso estudiado a partir del P&ID dónde se han identificado las variables controlables y manipuladas de cada lazo.

En la siguiente tabla se puede observar los diferentes controles aplicados a cada equipo juntamente con las variables controladas y manipuladas.

Tabla. 4.12. Tabla de controles

Equipo / Corriente	Variable controlada	Variable manipulada	Tipo de control	Nomenclatura
V-101	Nivel	Flujo de entrada	Lazo simple	LT-101 / LC-101
	Presión	Flujo salida a antorcha	Lazo simple	PT-101 / PC-101
Corriente 6	Caudal	Flujo salida P-103	Lazo simple	FT-101 / FC-101
V-102	Nivel	Flujo de entrada	Lazo simple	LT-102 / LC-102
	Presión	Flujo salida a antorcha	Lazo simple	PT-102 / PC-102
Corriente 14	Caudal	Flujo salida P-104	Lazo simple	FT-102 / FC-102
H-101	Temperatura salida	Temperatura horno	Lazo simple	TT-101 / TC-101
R-101	Presión	Flujo corriente 24	En cascada	PT-103 / PI-103 FT-103 / FC-103
	Temperatura	Temperatura H-101	Lazo simple	TT-102 / TC-102
V-103	Nivel	Flujo corriente 25	En cascada	LT-103 / LC-103 FT-106 / FC-106
	Nivel	Flujo corriente 26	Lazo simple	LT-105 / LC-105
Corriente 40	Temperatura	Potencia E-107	Lazo simple	TT-103 / TC-103 SC-101

V-104	Nivel	Flujo corriente 45	En cascada	LT-104 / LC-104 FT-104 / FC-104
	Nivel	Caudal corriente 66	En cascada	LT-106 / LC-106 FT-105 / FC-105
	Presión	Flujo salida a antorcha	Lazo simple	PT-104 / PC-104
E-108	Temperatura entrada	Potencia E-108	En cascada	TT-104 / TC-104 SC-102
DC-201	Temperatura cabeza	Caudal reflujo columna	En cascada	TT-201 / TC-201 FT-201 / FC-201
	Temperatura	Flujo entrada a E-202	En cascada	TT-204 / TC-204 FT-204 / FC-204
	Nivel	Flujo salida fondo	Lazo simple	LT-201 / LC-201
	Presión	Presión columna	Indicador	PT-211 / PI-211
E-202 SL	Caudal	Flujo entrada E-202SL	Lazo simple	FT-213 / FC-213
Corriente 34	Temperatura	Temperatura corriente	Indicador	TT-211 / TI-211
Corriente 35	Caudal	Flujo corriente 35	Indicador	FT-214 / FI-214
V-201	Nivel	Flujo corriente 32	En cascada	LC-205 / LT-205 FT-205 / FC-205
	Presión	Potencia E-201	Selector	PT-204 / PC-204
	Presión	Flujo salida a antorcha	Lazo simple	PT-205 / PC-205
Corriente 61	Caudal	Flujo entrada V-206	Lazo simple	FT-210 / FC-210
V-206	Caudal entrada	Flujo entrada NNF	Lazo simple	FT-211 / FC-211
	Presión	Flujo salida a antorcha	Lazo simple	PT-210 / PC-210
V-207	Nivel	Flujo salida corriente 65	En cascada	LT-211 / LC-211 FT-216 / FC-216
	Nivel	Flujo salida corriente 64	En cascada	LT-210 / LC-210 FC-212 / LT-212
DC-202	Temperatura cabeza	Caudal de reflujo columna	Selector	TT-202 / TC-202 FT-202 / FC-202
	Temperatura	Flujo entrada a E-206	En cascada	TT-206 / TC-206 FT-206 / FC-206
	Nivel	Flujo salida fondo	Lazo simple	LT-202 / LC-202
	Presión	Presión columna	Indicador	PT-212 / PI-212

V-202	Presión	Flujo salida a antorcha	Rango partido	PT-202 / PC-202
	Nivel	Flujo corriente 50	En cascada	LT-207 / PC-207 FT-207 / FC-207
DC-203	Temperatura cabeza	Caudal de reflujo de la columna	En cascada	TT-203 / TC-203 FT-203 / FC-203
	Temperatura	Caudal SM a E-209 A/B	En cascada	TT-208 / TC-208 FT-208 / FC-208
	Nivel	Flujo salida fondo	Lazo simple	LT-203 / LC-203
	Presión	Potencia E-208	Rango partido	PT-203 / PC-203
	Presión	Presión columna	Indicador	PT-213 / PI-213
V-203	Nivel	Flujo corriente 57	En cascada	LT-209 / LC-209 FT-209 / FC-209
	Presión	Flujo salida a antorcha	Lazo simple	PT-209 / PC-209
Corriente 58	Temperatura	Temperatura corriente	Indicador	TT-214 / TI-214
Corriente 59	Temperatura	Temperatura corriente	Indicador	TT-215 / TI-215
	Caudal	Caudal corriente	Indicador	FT-2107/ FI-217

También se han instalado alarmas tanto de bajo como de alto, como medida para reducir los posibles accidentes que puedan ocurrir, para la instalación de las diferentes alarmas se ha tenido en cuenta el estudio de posibles fallos en el sistema detectados durante el *HazOp* realizado en el apartado A.8.

En los equipos con acumulación de líquido se han instalado válvulas motorizadas en todas las líneas de salida de líquido para permitir su bloqueo rápido en caso de fuga en dichas líneas.

Finalmente, se muestra a continuación el diagrama P&ID de la planta con las estrategias de control de los equipos.

4.9. **P&ID**

En los P&ID adjuntos se reflejan los equipos, tuberías e instrumentación de la instalación. Sin embargo, debido a la limitación del formato se han dejado de representar instrumentación que deben incluirse en los mismos.

Las válvulas de control dispondrán de válvulas de bloqueo de compuerta aguas arriba y aguas abajo. Además, para asegurar el mantenimiento de cada válvula de control dispondrá de una válvula de *by-pass* para el desvío del caudal en caso de bloqueo de las dos válvulas de compuertas. La válvula de *by-pass* será de globo para poder regular el flujo manualmente mientras se efectúan las tareas de mantenimiento de la válvula de control. El tamaño de la línea y de la válvula de *by-pass* está determinado por la Cv de la válvula de control.

La regulación de control de presión en recipientes, se componen de una válvula de despresurización con envío a la red de antorcha (FL) y una válvula de presurización con gas procedente de la red de fuel-gas (FG) en rango partido. De tal forma que cuando la presión baja del valor de *set-point* fijado, la válvula de presurización introduce gas al depósito. Cuando la

presión aumenta por encima del valor, la válvula de control de despresurización envía el gas sobrante a la antorcha.

Los indicadores de nivel con acción de control dispondrán de una medición redundante para comprobación con señal a panel. Los depósitos y columna se han especificado con las tubuladuras necesarias para disponer de una medición redundante del nivel en cada uno de ellos.

Los intercambiadores de calor dispondrán de termopares de indicación de temperatura antes y después del intercambiador en las corrientes frías y calientes.

Las bombas dispondrán de válvula de purga conectada a un sistema cerrado de recogida de productos. Igualmente dispondrán de válvulas de venteo para asegurar su vaciado y captura de componentes tóxicos mediante productos químicos durante los procesos de parada de planta o de equipo.

Todos los equipos disponen de válvulas de bloqueo en todas las corrientes de entrada y salida para su aislamiento en caso de mantenimiento.

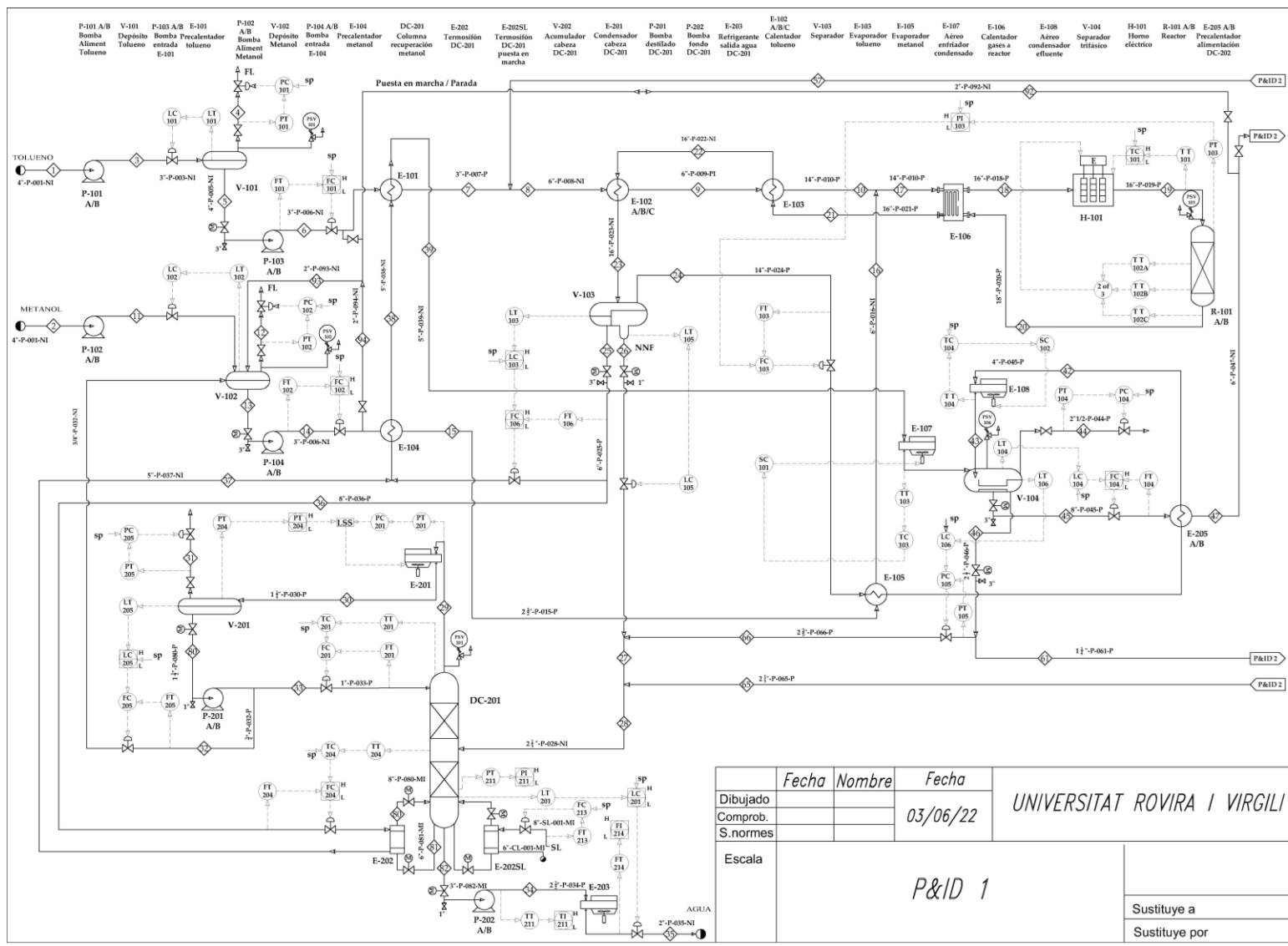


Figura 4.4. P&ID

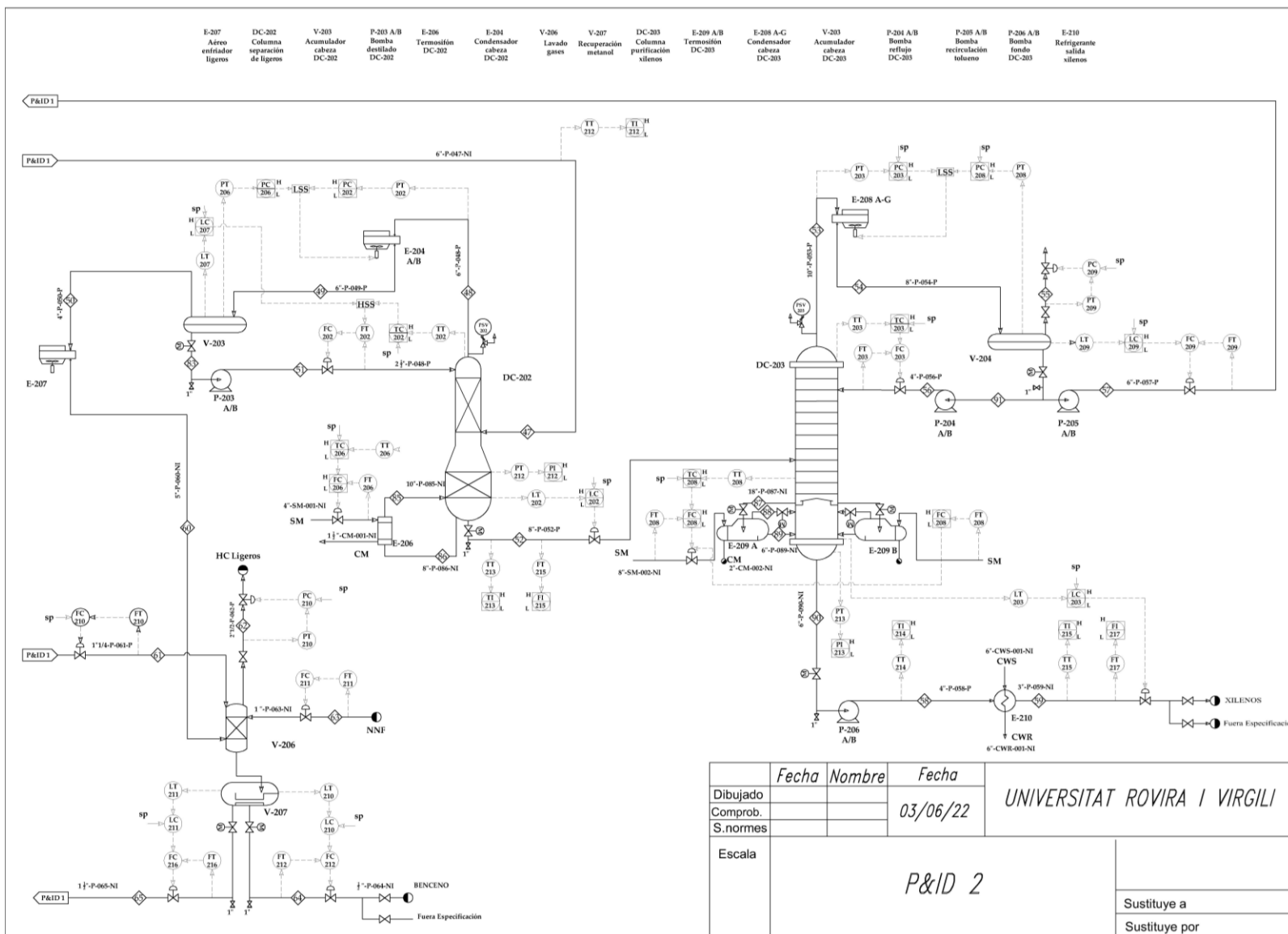


Figura 4.5 P&ID continuación.

4.10. Tuberías

Para la realización del diseño de tuberías y la elección del diámetro adecuado para cada línea de proceso, se ha seguido el procedimiento mostrado en el anexo A.6.6, a partir de un proceso iterativo basado en la pérdida de carga y la velocidad.

La normativa ASME B31.3 (ref. 44) establece la responsabilidad del propietario de la instalación para determinar y designar si los productos manejados están incluidos dentro de la Categoría M. En tal caso, establece diversas salvaguardas para el diseño de las tuberías. El *Methanol Institute* (ref. 45) da diversos argumentos para que el propietario adopte dichas salvaguardas. Por ello, debido a la presencia de metanol y benceno en la instalación, las tuberías se diseñarán teniendo en cuenta el cumplimiento de las recomendaciones para la Categoría M.

A continuación, se muestran las líneas del proceso con el diámetro calculado y su pérdida de carga y velocidad.

Tabla. 4.13. Datos líneas con fluido en estado líquido.

Línea	Diámetro, in	Pérdida de carga, kg/cm ² /km	Velocidad, m/s
1	4.0	0.70	1.00
3	2.0	2.90	1.70
5	4.0	0.70	1.00
6	3.0	2.90	1.70
7	3.0	2.90	1.90
8	6.0	1.90	2.50
9	6.0	2.30	3.00
2	3.0	0.60	0.76
11	2.5	1.40	1.10
13	2.5	0.30	0.59
14	2.5	1.60	1.20
15	2.5	1.60	1.50
25	6.0	0.87	1.80
28	2.5	0.45	0.55
30	1.5	1.50	0.76
32	0.5	1.70	0.60
33	1.0	5.00	1.30
35	2.0	1.70	0.60
37	5.0	2.10	2.50
38	5.0	2.10	2.30
39	5.0	2.00	2.20
40	6.0	0.80	1.50
45	8.0	0.50	1.40
46	2.5	0.40	1.00
51	2.5	1.10	0.98
54	8.0	1.30	2.40

61	2.5	0.50	0.50
66	2.5	0.30	0.40
64	0.5	3.70	0.60
65	1.5	0.30	0.30
52	8.0	0.50	1.50
58	3.5	1.70	1.70
59	3.0	3.00	20
57	6.0	1.30	1.90

Tabla. 4.14. Datos líneas con fluido en estado vapor.

Línea	Diámetro, in	Pérdida de carga, kg/cm ² /km	Velocidad, m/s
10	14	0.50	7.8
17	14	0.70	9.0
18	16	0.40	10.5
19	16	0.50	12.5
20	16	0.30	11.1
21	16	0.50	13.0
22	16	0.40	10.0
24	14	0.40	8.9
16	3.5	0.60	12.0
50	3.0	1.0	20.0
55	2.0	0.60	37.1
62	3.5	0.60	11.9

En el caso de las líneas que contienen fluido tanto en estado líquido como vapor, se realiza el cálculo suponiendo el estado vapor, ya que el volumen que ocupa el gas es mayor.

Tabla. 4.15. Datos líneas con fluido en estado líquido y vapor

Línea	Diámetro, in	Pérdida de carga, kg/cm ² /km	Velocidad, m/s
23	16	0.4	11.8
34	2.5	0.3	12.5
47	6	3.1	3.3
60	2.5	1.0	20

4.11. Bombas

En función de las características de los productos trasegados (metanol, benceno, tolueno, xileno) y teniendo en consideración la Categoría M según normativa ASME indicada en el apartado anterior, las bombas se especifican del tipo de accionamiento magnético sin sello (ref. 46)

Para reducir el número de bombas necesarias en la instalación, la columna DC-202 se ha diseñado a una presión ($3.1 \text{ kg/cm}^2 \text{ g}$) que permite el trasiego de producto hacia la columna DC-203 y desde el separador V-207 a la DC-201 por presión.

Para la especificación de las bombas utilizadas en la planta se han tenido en consideración la documentación siguiente:

Características del fluido, presión, temperatura, caudal

Planimetría de la instalación. Para la estimación de la longitud equivalente de las tuberías, se ha considerado las distancias horizontales y verticales del trazado de la tubería a través del rack central o entre equipos y se ha supuesto un incremento del 20% debido a los accesorios.

Pérdida de carga en válvulas de control de caudal: 1 bar. Salvo en el caso de la válvula FCV-104 donde la pérdida de carga disponible es superior

Placas de orificio de medición de caudal: Se ha supuesto una pérdida de carga no recuperable de 0.15 bar

Dimensionamiento de las tuberías y pérdida de carga específica recogida en el apartado anterior.

El caudal de diseño de las bombas se ha especificado para el 120% del caudal de operación y la pérdida de carga correspondiente al caudal de operación.

Para estimar la eficiencia de las bombas y de los motores se ha utilizado información recogida en la bibliografía (ref. 47) (ref. 48).

Las hojas de especificaciones básicas de las bombas se encuentran en el anexo A.6.7.

4.12. Válvulas de control

Para el dimensionamiento de las válvulas de control se ha seguido la nomenclatura y ecuaciones de diseño de los códigos ANSI/ISA Standard S75.01.01 and IEC Standard 60534-2-1 (ref. 49).

El tamaño de las válvulas de control se especifica a través del coeficiente de caudal C_v . Para su cálculo se utiliza la información siguiente:

- Tipo de flujo: Líquido, Líquido que vaporiza dentro de la válvula (cavitación), gas/vapor
- Caudal
- Condiciones: densidad, presión, temperatura, presión de burbuja
- Pérdida de carga disponible
- Factores de geometría de la tubería y de presión crítica

En el anexo A.6.8 se recogen las Hojas de especificación de las válvulas de control.

4.13. Análisis comparativo

Después de haber efectuado la definición básica de la Planta, se han comparado los datos básicos y consumos energéticos con los reportados en la bibliografía para diversos estudios con la misma tecnología e igual o similar catalizador.

En base a los estudios cinéticos desarrollados en la UCM (ref. 14) (ref. 15) para un catalizador ZSM-5 modificado con Mg, se han publicado diversos trabajos de diseño. Los más relevantes son los de Ashraf en 2013 (ref. 14), Liu en 2018 (ref. 11) y Wang en 2021 (ref. 4).

En el estudio de Wang se compara el funcionamiento de dos tipos de catalizadores y cinéticas. La A es la propuesta por la UCM y la B por Tan (ref. 50) dónde el catalizador está modificado con Si-Mg-P-La.

En la tabla adjunta se recoge la comparativa de los parámetros más significativos de la planta diseñada respecto a la recogida en la bibliografía.

Tabla. 4.16. Análisis comparativo de los parámetros de funcionamiento obtenidos respecto a bibliográficos.

	Ashraf	Liu	Wang-A	Wang-B	Trabajo
p-X Selectividad, %	97.70	92.00	99.26	99.71	97.67
E _{To} , %	82.97	82.87	86.25	96.27	96.42
E _{MeOH} , %	45.36	45.36	69.47	95.50	79.75
GJ/t p-xileno	8.43	5.67	11.51	6.67	3.56

4.14. Operación y puesta en marcha

4.14.1. Puesta en marcha

Durante la operación normal de la planta, una parte importante de la energía al proceso se suministra a partir del efluente del reactor y del horno H-101. El calentamiento en el horno H-101 es en fase gaseosa; por lo que, para conseguir un correcto funcionamiento de dicho equipo es necesario asegurar que la entrada al equipo está en fase gas.

Para asegurar la llegada de fase gas al horno H-101, es necesario previamente vaporizar uno o dos reactivos. Para vaporizar el tolueno a 15 bar es necesario alcanzar temperaturas de 240 °C, valores que no se pueden alcanzar durante la puesta en marcha con ninguno de los vapores disponibles. Sin embargo, el metanol se puede vaporizar a 155 °C empleando vapor de media.

Por todo ello, para la puesta en marcha se propone disponer de un vaporizador de metano dedicado que emplee vapor de media presión (E-110) y previo a él un precalentador de metanol con vapor de baja presión (E-109).

El proceso de puesta en marcha comenzará con la vaporización de una corriente de metanol a través de los cambiadores E-109 y E-110. Una vez vaporizado en metanol, se enviará al cambiador E-106 y al horno H-101 dónde se recalentará. La corriente pasará por el reactor dónde tendrá lugar parcialmente la reacción de deshidratación del metanol con formación de etileno y agua (reacción fuertemente exotérmica, -136 kJ/mol a 400°C); lo cual ayudará a calentar la fase gas.

Una vez la fase gas de salida del reactor se vaya calentando, se deberá incorporar tolueno para enfriarla y ayudar a conseguir las condiciones de operación habituales. Pero hasta que la temperatura del gas no se incremente hasta valores adecuados, este se condensará en el aéreo E-108. El metanol con algo de agua formada se enviará desde el separador V-201 hasta el acumulador V-101 a través de una línea dedicada de puesta en marcha.

Cuando la cantidad de agua formada sea significativa, la fase acuosa se deberá enviar a la columna de metanol (DC-201) para su separación y evitar su envío a efluentes. Para ello, dicha columna dispone de un termosifón de puesta en marcha calentado con vapor de baja presión (E-202SL).

Paulatinamente, se debe incrementar la cantidad de tolueno para enfriar el efluente del reactor y conseguir las condiciones de operación habituales. Se empezará a cerrar la línea de

puesta en marcha y se obtendrá una fase líquida en el separador V-103 que permitirá poner en servicio el termosifón E-202.

Cuando se obtenga una fase hidrocarburo definida exenta de humedad libre en el separador V-201, se podrá empezar a enviar el producto a la sección de fraccionamiento. En caso de que se acumule hidrocarburo con humedad libre, se deberá enviar al almacenamiento fuera de especificación externo a la planta.

Una vez se han conseguido las condiciones próximas a las habituales, se deberán poner en servicio los cambiadores E-104 y E-105. Cuando dichos cambiadores estén totalmente alineados, se procederá a vaciar y bloquear los cambiadores E-109 y E-110. Igualmente, se procederá a poner en servicio el termosifón E-202 y bloquear el E-202SL.

4.14.2. Parada de planta

Cuando se deba parar la planta para mantenimiento u otros motivos y se requiera vaciar los equipos, la mayor cantidad del líquido almacenado se vaciará por diferencia de presión desde el depósito V-103 al V-104, del V-104 a la columna DC-202 y de ésta a la columna DC-203.

El líquido acumulado en V-202 se enviará por bomba P-203 a la columna DC-202 y el acumulado en V-203 a la columna DC-203 mediante la bomba P-204.

El líquido recogido en el fondo de la columna DC-203 se enviarán mediante la bomba P-206 al almacenamiento de producto fuera de especificación.

El agua con metanol recogida en los depósitos V-104, V-207 se enviarán por presión hacia la columna DC-201.

Desde el depósito acumulador V-201, el metanol acumulado se enviará mediante la bomba P-201 hacia el depósito V-102.

El líquido almacenado en los depósitos V-101 y V-102 se vaciarán mediante las bombas P-103 y P-104 hacia la columna DC-202 a través de la línea de puesta en marcha.

El resto de los líquidos acumulados en los diferentes depósitos se vaciarán mediante bombas portátiles tipo *Sand-Piper*® o similares (ref. 51). Para ello, cada depósito dispone de válvula de bloqueo para vaciado en cada una de las líneas de salida de líquidos y se dispondrá de una línea conexiones cercanas a la línea de fuera de especificación para su envío a almacenamiento para recirculación.

Una vez que se han vaciado los líquidos de los recipientes se ha de comprobar que no se sobrepasan los valores VLA-ED u otros más restrictivos establecidos por la administración o la empresa de los diferentes componentes. A modo de referencia, los valores publicados por la administración para los diferentes componentes son:

- Benceno: 1 ppm
- Tolueno, Xilenos: 50 ppm
- Metanol: 200 ppm

En caso de que se sobrepasen los valores anteriores, se deberá contactar con empresas especializadas para secuestrar los componentes mediante aditivos adecuados. Para ello, la instalación dispone de conexiones que permitan establecer circuitos cerrados para el manejo de los agentes secuestrantes.

4.15. Planta de tratamiento de aguas

El tratamiento de aguas viene condicionado por aspectos ambientales y económicos, por lo tanto, uno de los objetivos de cualquier proyecto es la eliminación y/o reducción de la contaminación o de las características no deseables de las aguas.

4.15.1. Tratamiento de la corriente del fondo de la DC-201

A la salida de la columna DC-201, encontramos una corriente de salida de agua por fondo con un porcentaje de metanol. Según la bibliografía (ref. 18) un contenido superior a 5,000 mg de metanol/L sería tóxico para el tratamiento biológico y que con 1,000 mg de metanol/L se asegura un correcto funcionamiento para el tratamiento biológico de aguas.

Tabla 4.2 Especificación de metanol por fondo de la columna DC-301.

Parámetro	Valor
Composición de metanol en la corriente de salida de DC-201 (% peso)	0.001

En primer lugar, lo que se realiza es una neutralización debido a que el pH de la mezcla entre metanol y agua es ácido. A continuación, se realiza el cálculo de la DQO (ver en A.A.7.2) teniendo en cuenta la reacción de oxidación del metanol.



Se obtiene un valor de DQO de 1.6 mg O₂/L H₂O, teniendo en cuenta que el valor máximo según el decreto 130/2003 es de 1,500 mg/L, por lo tanto, los encontramos con un valor aceptable de DQO.

Debido a que nuestro valor de % en peso es de 0.001 (valor dentro de lo aceptado) y que el valor de la DQO es menor al máximo, no sería necesario realizar ningún tratamiento de aguas residuales para el caso de la corriente 35.

En el caso de que se tuviera que realizar algún tratamiento de la corriente por un aumento del metanol en agua o realizar un tratamiento en cualquiera del resto de corrientes de la planta, debido a que nos encontramos dentro de un complejo industrial con otras plantas, este tratamiento se realizaría con el resto de los tratamientos del complejo.

5. SEGURIDAD DEL PROCESO INDUSTRIAL

5.1. Zonas ATEX

5.1.1. Clasificación de las sustancias de la planta

Las áreas peligrosas en términos de riesgo de explosión son áreas en las que las concentraciones inflamables de pueden producirse gases/vapores/líquidos inflamables o polvo combustible. Deben ser detectados y clasificados para decidir sobre las medidas de protección correspondientes. En este apartado se determinan las zonas ATEX de la planta, es decir, aquellas zonas de trabajo dónde existe una atmósfera explosiva.

Para ello, anteriormente ya se ha descrito la zona de trabajo, el sector de actividad y los diferentes procesos y actividades. A continuación, se determinan las diferentes sustancias que hay en la planta y de qué tipo son para realizar una clasificación de ellas según la norma UNE-202007-2006, dónde se encuentran las sustancias inflamables o combustibles.

Seguidamente, se muestran las sustancias de la planta que deben clasificarse según la norma, clasificadas en grupo y clase de temperatura correspondiente. Se debe tener en cuenta que el grupo II hace referencia a polvo combustible y que el subgrupo indica la energía mínima de ignición (IIA: EMI > 250 microJ / IIB: EMI > 96 microJ), siendo los del grupo IIA menos peligrosos que IIB. Por otro lado, también debe considerarse que la clase de temperatura indica la temperatura superficial máxima del equipo que contiene dicha sustancia (T1: < 450 °C / T2: < 300 °C / T3: < 200°C).

Tabla 5.1 Clasificación de las sustancias de la planta.

Sustancia	Clase y grupo de temperatura
Metanol	IIAT1
Tolueno	IIAT1
Etileno	IIBT2
Benceno	IIAT1
M-xileno	(IIA)T1
O-xileno	IIAT1
P-xileno	(IIA)T1
N-Nonano	IIAT3

5.1.1.1. Clasificación de las áreas

A continuación, se observa el *plot plant* para clasificar las diferentes zonas y equipos teniendo en cuenta la normativa Europea. Para ello se debe tener en cuenta las sustancias clasificadas en el apartado interior que se encuentran en cada zona.

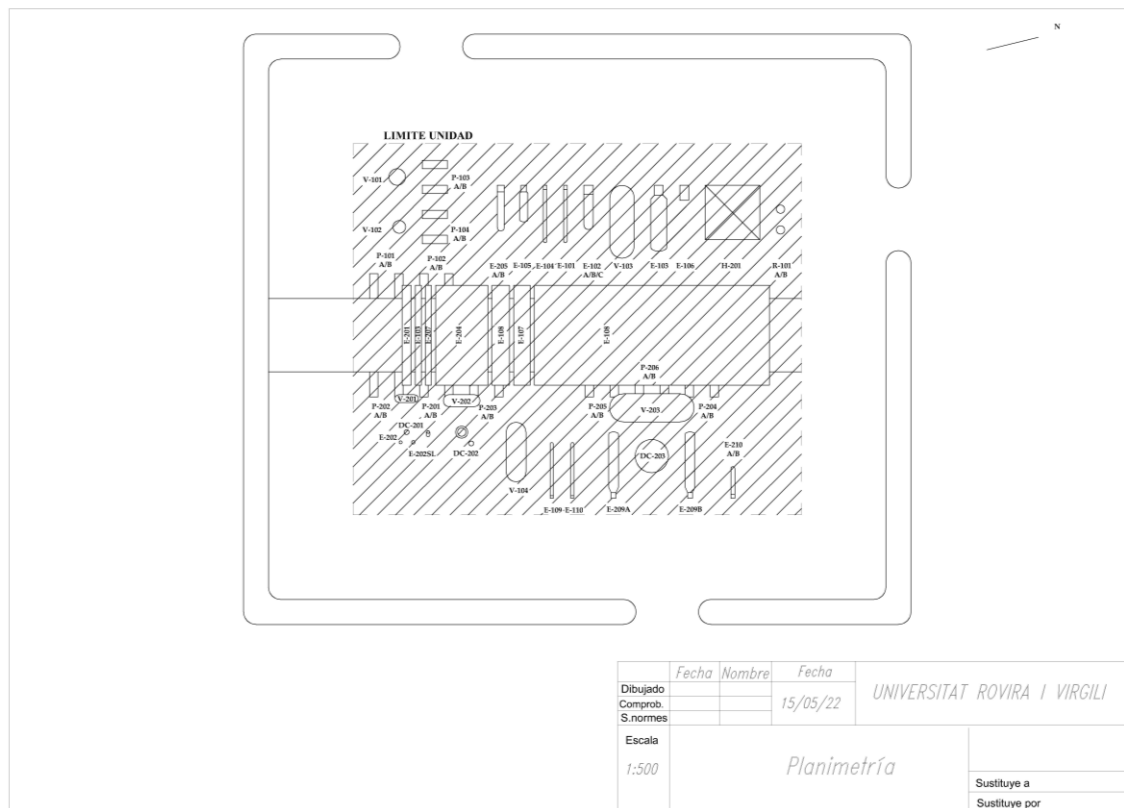


Figura 5.1. Planimetría con clasificación de áreas de atmósferas explosivas.

Las áreas peligrosas en términos de explosión de polvo se clasifican en zonas según la frecuencia de la aparición y duración de una atmósfera explosiva, tal como se muestra a continuación:

- ZONA 20: Área en la que una atmósfera explosiva, en forma de nube de polvo combustible en el aire, está presente de manera continua, o por largos períodos o frecuentemente por períodos cortos (< 1,000 horas/año).
- ZONA 21: Un área en la cual una atmósfera explosiva, en forma de una nube de polvo combustible en el aire, es probable que ocurra ocasionalmente en operación normal (10 – 1,000 horas/año).
- ZONA 22: Zona en la que no es probable una atmósfera explosiva en forma de nube de polvo combustible en el aire (0.1 – 10 horas/año).

Teniendo en cuenta estas consideraciones, se clasifican las diferentes zonas de la planta de la siguiente forma:

- ZONA 20: -
- ZONA 21: Zona de ventilación/aireación.
- ZONA 22: Zona de producción (menos zona ventilación).

5.2. Estudio HazOp

Para identificar los iniciadores específicos de la planta, se ha realizado un estudio de posibles fallos en el sistema, *HazOp*. Se ha realizado de dos nodos, el reactor y la columna DC-202, ya que esta tiene una mayor sensibilidad debido a la temperatura. El *HazOp* se ha realizado a partir del correspondiente P&ID de la planta tal y como se muestra en el anexo A.8.

6. EVALUACIÓN ECONOMICA DE LOS EQUIPOS

Con el objetivo de valorar si nos encontramos ante un proceso viable y con potencial a nivel económico, se ha realizado un estudio de viabilidad económica de la planta, considerando cada uno de los costes y beneficios del proceso.

El estudio de rentabilidad se realiza teniendo en cuenta el rendimiento económico a partir del valor actual neto (VAN), la tasa interna de retorno (TIR) y el plazo de recuperación (*Payback*).

6.1. Evaluación de costes – Modelo Turton

Para realizar el estudio de rentabilidad, primeramente, se evalúan los costes económicos de la planta diseñada, para ello se han tenido en cuenta los costes de cada uno de los equipos de la planta con el programa de coste del equipamiento CAPCOST (ref. 52), considerando sus diferentes utilidades.

El procedimiento de cálculo de los costes se explica detalladamente en Anexo A.9. A continuación, se muestran los resultados obtenidos:

Tabla 6.1. Equipos con sus respectivas capacidades y costes.

Equipo	Capacidad	CBM 2020, \$
DC-201	4.34 m ³	124,812
DC-202	4.8 m ³	687,292
DC-203	708.1	9,136,713
R-101	2.51 m ³	45,886
V-101	19.1 m ³	121,501
V-102	8.8 m ³	70,623
E-101	75.7 m ²	519,968
E-102	100.5 m ²	691,671
E-103	474.2 m ²	5,154,396
E-104	75.7 m ²	519,523
E-105	99.8 m ²	657,479
E-106	1162 m ²	1,895,574
E-107	2758 m ²	1,166,631
E-108	2925 m ²	1,206,964
E-109	46.3 m ²	328,893
E-110	41.9 m ²	303,428
E-201	1243 m ²	653,721
E-202	18.4 m ²	158,423

E-202 SL	27.3 m ²	197,058
E-203	795.3 m ²	520,516
E-204	5214 m ²	1,500,435
E-205	419.9 m ²	3,746,686
E-206	55.9 m ²	391,364
E-207	795.3 m ²	553,359
E-208	29510 m ²	4,514,135
E-209	339 m ²	3,087,138
V-103	58.7 m ³	692,814
V-104	32.1 m ³	396,157
V-201	2.0 m ³	29,770
V-202	11.2 m ³	92,116
V-203	91.5 m ³	441,098
P-101	2.6 kW	10,924
P-102	1 kW	10,069
P-103	25.2 kW	23,300
P-104	11.7 kW	17,316
P-201	0.5 kW	11,967
P-202	0.6 kW	12,315
P-203	2.5 kW	15,342
P-204	10.8 kW	32,094
P-205	108 kW	67,558
P-206	9.8	20,091
H-101	4 m ²	183,626

Se obtiene un coste total de los equipos de 38.5 M\$.

A continuación, se determina el coste económico de las *utilities*. Para ello, se sigue el procedimiento determinado en el anexo A.9.2.

En la siguiente tabla se muestran los datos necesarios para el cálculo y el coste eléctrico total, teniendo en cuenta el requerimiento de las bombas y del horno eléctrico:

Tabla 6.2 Datos coste energético total.

Potencia, kW	Horas de operación, h	Precio, \$/KW·h	Coste energético, \$/año
5,975.3	8,000	0.2132	10.2

Por otro lado, se determina el coste anual en *utilities* referente a los intercambiadores de calor.

Tabla 6.3 Datos *utilities* intercambiadores de calor (ref. 53).

Utilities	Potencia, kg/h	Horas de op, h	Precio, \$/t	Coste, M\$/año
SM	7,746	8,000	6.5	0.4
SL	133,012	8,000	7.9	8.4
CW	128,200	8,000	14.8 \$/L	0.03

Se obtiene un valor de coste de *utilities* (C_{UT}) de 19 M\$.

6.2. Determinación del VAN y la TIR

Una vez determinado el coste de los equipos, se aplica el proceso explicado en el Anexo A.9.3.3, dónde a partir del método de los porcentajes y el cálculo de costes y ventas, se determina un valor del VAN de 306.2 M\$ y una TIR del 19%.

Con estos resultados, se puede observar un VAN positivo y una TIR superior al valor de la tasa de descuento, por lo tanto, a partir de aquí se puede determinar que nos encontramos ante un proyecto viable económicamente hablando.

7. CONCLUSIONES

Se ha elaborado un proyecto para la producción de xilenos con alto contenido en p-xileno a partir de la materia prima disponible en el complejo industrial de Tarragona, 25 t/h de tolueno y 10 t/h de metanol. El tolueno disponible proviene de una planta de olefinas y de una planta de reformado instaladas en el polígono norte. Se encuentra en proyecto la instalación de una planta productora de metanol mediante pirolisis de plásticos procedentes de residuos urbanos.

El p-xileno es el material necesario para la fabricación de plásticos tipo PET, dado que parte de la materia prima proviene de los plásticos, la nueva instalación se enmarca en un proceso de economía circular.

Durante el estudio, se ha analizado las diferentes condiciones de operación en el reactor, secuencia de separación más adecuada y la integración energética que reduzca los costes variables, pero sin afectar a la operatividad de la planta. Dada la limitación de materia prima disponible, el proceso se ha adaptado para recuperar el máximo de ellas. La producción de p-xileno obtenida es de 26.362 t/h, con una selectividad a p-xileno del 97.7%, una utilización efectiva de tolueno y metanol 96.4 y 79.7% respectivamente. Dichos valores, se encuentran por encima de los reportados en la bibliografía para el mismo catalizador. Debido a que los xilenos tienen puntos de ebullición muy cercanos su separación resulta compleja, por ello, se potencia la selectividad a p-xileno mediante el empleo de catalizador tipo ZSM5-Mg. Adicionalmente, el consumo energético de la instalación propuesta es de 3.56 GJ/h respecto a los bibliográficos comprendidos entre 5.67-11.51 GJ/h.

Para el estudio se ha simulado el proceso mediante el programa *Aspen Hysys® V.11* que se complementa con las aplicaciones de cálculo de *Exchanger Desing and Rating®* para el dimensionamiento de intercambiadores de calor y *Energy Analyzer®* para la integración energética.

Los planos que definen la planta (PFD y P&ID) se han realizado mediante el programa *AutoCAD*. Una vez definido el PFD se ha diseñado la propuesta de control del proceso estudiado a partir del P&ID dónde se han identificado las variables controladas y manipuladas de cada lazo.

En el análisis de seguridad, se ha realizado el estudio *HazOp*, en el cual se ha considerado el uso de diferentes alarmas y acciones de mejora de la seguridad de la planta, como son el uso de materiales adecuados y el correcto mantenimiento de los equipos. Adicionalmente, se ha realizado el estudio de atmósferas explosivas (ATEX) en el que se han determinado las posibles zonas críticas dónde existen dichas atmosferas. Se ha concluido que la zona de ventilación/aireación es la zona más crítica dónde pueden aparecer.

Finalmente, se ha evaluado la inversión necesaria, para ello, se han determinado los costes de los equipos de la planta y los costes de las *utilities*, obteniendo un coste de quipos de 38.5 M\$ y de 19M\$ para las *utilities*. Lo cual, ha permitido realizar el estudio de viabilidad económica de la planta, donde se han obtenido un valor del VAN positivo (306.2 M\$) y una TIR (19%) superior al valor de la tasa de descuento, por lo tanto, a partir de estos resultados se puede determinar que nos encontramos ante un proyecto viable económicamente hablando.

8. REFERENCIAS

- (1) Agencia internacional de la Energía, World Energy Outlook 2021, [En línea, 02/05/2022], Apartado de “Energía” <https://bit.ly/3tl8KVP>
- (2) Diario Oficial de la UE, Reglamento 517/2014 del parlamento europeo y del consejo sobre los gases fluorados de efecto invernadero, [En línea, 10/05/2022], Apartado “Emisiones CO₂”, <https://bit.ly/3tj1ud2>
- (3) Chakinala, N.; Chakinala, A. G. “Process Design Strategies to Produce p-Xylene via Toluene Methylation: A Review”, *I&EC Research*, vol. 60, pp. 5331-5351, Apr. 2021. <https://doi.org/10.1021/acs.iecr.1c00625>
- (4) Wang, D.; Zhang, J.; Dong, P.; Li, G.; Fan, X.; Yang, Y. “Novel Short Process for p-Xylene Production Based on the Selectivity Intensification of Toluene Methylation with Methanol”, *ACS Omega*, vol.7, n. 1, pp.1211-1222, 2022, <http://pubs.acs.org/journal/acsodf>
- (5) Douglas, J. M. “Conceptual Design of Chemical Processes”, *McGraw-Hill*, Nueva York, 1988.
- (6) Exxon-Mobil, Producción de xilenos-proceso EMTAM- resumen tecnología, [En línea, 26/02/2022], Apartado de “Library” <https://exxonmobil.co/3xglmit>
- (7) O’Neil, K.; Wantanachaisaeng, P. “Capturing Opportunities for Para-Xylene Production”, [En línea, 27/02/2022], <https://bit.ly/3Q5rZfZ>
- (8) GTC, Rethinking Aromatics Recovery, [En línea, 26/02/2022], <http://www.gtctech.com>
- (9) S-Oil, Para-Xylene, [En línea, 05/03/2022], Apartado de “Product” <https://bit.ly/3tmP17b>
- (10) Ashraf, M. T.; Chebbi, R.; Darwish, N. A. “Process of p-Xylene Production by Highly Selective Methylation of Toluene.” *Ind. Eng. Chem. Res.*, 2013, 52, 13730–13737. [dx.doi.org/10.1021/ie401156x](https://doi.org/10.1021/ie401156x)
- (11) Liu, J.; Yang, R.; Wei, Sa.; Shen, W.; Rakovitis, N.; Li, J. “Intensified p-Xylene production process through toluene and methanol alkylation.” *Ind. Eng. Chem. Res.*, 2018, 57, 12829–12841. <http://pubs.acs.org>
- (12) Aboul-Gheit, A. K.; Hanafy, S. A.; Aboul-Eneim, A. A.; Ghoneim, S. A. “Para-xylene Maximization Part IX-Activation of Toluene Methylation Catalyst with Palladium”, *J. Taiwan Inst. Chem. Eng.*, vol. 42, pp. 860-867, 2011.
- (13) Breen, J. P.; Burch, R.; Kulkarni, M.; McLaughlin, D.; Collier, P. J.; Golunski, S. E. “Improved Selectivity in the Toluene Alkylation Reaction Through Understanding and Optimising the Process Variables,” *Applied Catalysis A: General*, vol. 316, no. 150, pp. 53–60, Jan. 2007.
- (14) Sotelo, J. L.; Uguina, M. A.; Valverde, J. L.; Serrano, D. P. “Kinetics of Toluene Alkylation with Methanol over Mg-Modified ZSM-5”, *Ind. Eng. Chem. Res.*, vol. 32, pp. 2548-2554, 1993.
- (15) Valverde, J. L. “Alquilación de tolueno con metanol mediante catalizadores de zeolita ZSM-5 modificados”, *Tesis Doctoral*, UCM, 1991.
- (16) Aspen Hysys® Manual, “Property Package Description”, [En línea, 22/03/2022], <https://bit.ly/3NZubDR>
- (17) Carlson, E. C., “Don’t Gamble with Physical Properties for Simulations”, *Chem. Eng. Prog.*, pg 35- 45, Oct. 1996.
- (18) Novak, J.T.; Goldsmith, C. D.; Benoit, R. E.; O’Brien, J. H. “Biodegradation of methanol and tertiary butyl alcohol in subsurface systems”. *Water Sci. Technol.* 17: 71-85, 1985.
- (19) Datos Macro, “Precio petróleo Brent”, [En línea, 01/03/2022], <https://bit.ly/3MKLoA2>

- (20) Duncan Sedon & Associates, “The price of Methanol”, Apartado “C7”, [En línea, 01/03/2022], <https://bit.ly/3aX5nye>
- (21)Duncan Sedon & Associates, “The Price of Para and Ortho Xylene”, Apartado “C6”, [En línea 02/03/2022], <https://bit.ly/3HdKpaq>
- (22) ICE Endex ,“Dutch TTF Gas Futures”, Apartado “Natural Gas”, [En línea, 28/02/2022], <https://bit.ly/3QfOqiA>
- (23) Convertidor de divisas XE, “Cambio dólares a euros”, [En línea, 02/03/2022] <https://bit.ly/3O0Hc02>
- (24) ETSEQ, “Procesos y productos químicos”, URV, 2019.
- (25) Sulzer, Cartridge trays, [En línea, 15/05/2022], <https://bit.ly/3xGrwKc>
- (26) Verschueren, K., “Handbook of environmental data on organic chemicals”. Van Nostrand Reinhold Company, Nueva York, 1983.
- (27) A. K. Coker, “Ludwig’s Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants”, Vol. 2, Ed. 4th, Elsevier, Burlington, 2010.
- (28) Green , D. W.; Perry, R. H. “Perry’s Chemical Engineers’ Handbook”, McGraw Hill, 8th ed., Nueva York, 2008.
- (29) Gas Processors Suppliers Association “Engineering Data Book. Vol I”, 20^a ed, Gas Processors Suppliers Association, 2003, Tulsa
- (30) Bonillo, F. L.; Nolla, M.; Catells, F., “Predicción de eficacias en platos de destilación”, Ingeniería Química , pag. 219-224, 1989.
- (31) Thiele, U., “Electric Heaters Compared to Heat Exchanger Competitors or Supplements”, *Heat Exchanger World*, [En línea, 27/05/2022], <https://bit.ly/3mBQrIq>
- (32) Schniewindt, “Electrical Heaters for Process Engineering”, [En línea, 29/05/2022], <https://bit.ly/39h7CvX>
- (33) TEMA estándares, [En línea, 15/04/22], <https://tema.org/standards/>
- (34) API “**API 661**, *Petroleum, Petrochemical, and Natural Gas Industries - Air-Cooled Heat Exchangers*”.
- (35) ASME “VIII Rules for Construction and Pressure Vessels Division 1”. ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Ed. 2013, Nueva York
- (36) URV “Apuntes de Oficina Técnica. Rules of Thumb”. 2021
- (37) Hall, S.M. “Rules of Thumb for Chemical Engineers” IChemE., Ed. Elsevier, 6^a ed, Amsterdam
- (38) BOE “Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones complementarias”, RD 809/2021 de 21 de septiembre
- (39) BOE “Requisitos esenciales de seguridad para la comercialización de los equipos a presión”. RD 709/2015 de 2 de septiembre
- (40) Sinnott, R.K. “Chemical Engineering Design” Coulson&Richardson’s Chemical Engineering Series Vol. 6, 4^a ed. Ed. Elsevier, 2005, Amsterdam
- (41) URV “Apuntes de Oficina Técnica. Aïllament tèrmic”. 2021
- (42) NIBCO INC. World Headquarter, Nibco Chemical Resistance Guide for Valves and Fittings, <https://bit.ly/39ioQJ3>
- (43) Methanol Institute, “Compatibility of Metals Alloys in Neat Methanol Service” <https://bit.ly/397tjOZ>

- (44) ASME. “Tuberías de proceso. Código ASME para tubería a presión, B-31”, 2010, Nueva York
- (45) Methanol Institute. “Materials Selection for Meat Methanol Service”. <https://bit.ly/390KQYR>
- (46) Sundyne, HMD kontro CS- Chemical Service Sealles Magnetic Drive Pumps, [En línea, 25/05/2022], Apartado de “Products”, <https://bit.ly/3zmHom8>
- (47) Branan, C. “Rules of Thumb for Chemical Engineers”, 3^a ed., 2002, Gulf Profesional Publishing, Amsterdam
- (48) Ferreira,D.; Marino, F.A.; Sauer, I.L.; Tatizawa, H; Traça de Almeida, A; Gakiya, A. A Performance Evaluation of Three-Phase Induction Electric Motors between 1945 and 2020. *Energies*. 2022, 15, 2002, pp 1-31
- (49) Baker Hughes “Masoneilan Control Valve Sizing Handbook”, Rev. C-02/2022
- (50) Tan, Y; Zhu, R.; Zhang, X.; Tang, Y; Zeng, Z.; Kinetic Modelo f Toluene Alkylaton with Methanol to p-Xylene. *Chem. React. Eng. Techol.* 2016, 32, 120-128
- (51) INSST “Límite de exposición profesional para agentes químicos en España”, 2019, Ministerio de Trabajo, Migración y Seguridad Social.
- (52) Turton, R., “Analysis, Synthesis and Design of Chemical Processes”, 5^a edición, Pearson, Boston, 2016.
- (53) “Proyectos de ingeniería. Bases y Criterios de Diseño”, Universidad Rey Juan Carlos, 2021-2022.
- (54) Breen, J. P.; Burch, R.; Kulkarni, M.; Collier, P.; and Golunski, S., “Enhanced p-Xylene Selectivity in the Toluene Alkylaton Reaction at Ultralow Contact Time”, *J. Am. Chem. Soc.*, vol. 127, pp. 5020-5021, 2005.
- (55) Guerra, M.J. “Aspen Hysys® Property Packages. Overview and Best Practices for Optimum Simulations”. Aspen Process Engineering Webinar, 2006, <https://bit.ly/3NtWD0M>
- (56) Cisca Maxon, Hornos Industriales. [En línea 10/04/22], <https://bit.ly/3NvhnFD>
- (57) Tubacero, S.A. Catálogo general. [En línea 01/04/22], <https://bit.ly/3tlw4Dc>
- (58) Financial analysis. Cost Indices [En línea 20/03/22], <https://bit.ly/3Mvcuer>
- (59) Dejanovic, I.; Matijasevic, L.; Jansen, H.; Olujic,Z, “Designing a Packed Dividing Wall Column for an Processing Plant”, *Ind. And Eng. Chem. Res.*, 2011, 50, pp 5680-5692
- (60) Kern, D.Q. “*Procesos de transferencia de calor*” 1971, 1 ed. 4 impresión, ed. CECSA Méjico


ANNEXOS

A.1. HOJAS DE ESPECIFICACIONES**A.1.1. Benceno****Fichas Internacionales de Seguridad Química****BENCENO**

ICSC: 0015

 <p>Ciclohexatrieno Benzol C₆H₆ Masa molecular: 78.1</p>	
<p>Nº ICSC 0015 Nº CAS 71-43-2 Nº RTECS CY1400000 Nº NU 1114 Nº CE 601-020-00-8</p>	

TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	Altamente inflamable.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar.	Polvo, AFFF, espuma, dióxido de carbono.
EXPLOSION	Las mezclas vapor/aire son explosivas. Riesgo de incendio y explosión: véanse Peligros Químicos.	Sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosión. NO utilizar aire comprimido para llenar, vaciar o manipular. Utilícense herramientas manuales no generadoras de chispas. Evitar la generación de cargas electrostáticas (por ejemplo, mediante conexión a tierra).	En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.
EXPOSICION		¡EVITAR TODO CONTACTO!	
• INHALACION	Vértigo. Somnolencia. Dolor de cabeza. Náuseas. Jadeo. Convulsiones. Pérdida del conocimiento.	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Proporcionar asistencia médica.
• PIEL	¡PUEDE ABSORBERSE! Piel seca. Enrojecimiento. Dolor. Para mayor información, véase Inhalación.	Guantes protectores. Traje de protección.	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar la piel con agua abundante o ducharse. Proporcionar asistencia médica.
• OJOS	Enrojecimiento. Dolor.	Pantalla facial, o protección ocular combinada con la protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
• INGESTION	Dolor abdominal. Dolor de garganta. Vómitos. (Para mayor información, véase Inhalación).	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca. NO provocar el vómito. Proporcionar asistencia médica.
DERRAMES Y FUGAS		ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO

<p>Eliminar toda fuente de ignición. Recoger, en la medida de lo posible, el líquido que se derrama y el ya derramado en recipientes herméticos. Absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte y trasladarlo a un lugar seguro. NO verterlo al alcantarillado. NO permitir que este producto químico se incorpore al ambiente. (Protección personal adicional: traje de protección completa incluyendo equipo autónomo de respiración).</p>	<p>A prueba de incendio. Separado de alimentos y piensos, oxidantes y halógenos.</p>	<p>NU (transporte): Ver pictograma en cabecera. No transportar con alimentos y piensos. Clasificación de Peligros NU: 3 Grupo de Envasado NU: II</p> <p>CE: Nota: E símbolo F símbolo T R: 45-11-48/23/24/25 S: 53-45</p>
		
VEASE AL DORSO INFORMACION IMPORTANTE		
<p>ICSC: 0015 Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea © CE, IPCS, 2003</p>		

Fichas Internacionales de Seguridad Química

BENCENO

ICSC: 0015

D A T O S I M P O R T A N T E S	<p>ESTADO FISICO: ASPECTO: Líquido incoloro, de olor característico.</p> <p>PELIGROS FISICOS: El vapor es más denso que el aire y puede extenderse a ras del suelo; posible ignición en punto distante. Como resultado del flujo, agitación, etc., se pueden generar cargas electrostáticas.</p> <p>PELIGROS QUIMICOS: Reacciona violentamente con oxidantes, ácido nítrico, ácido sulfúrico y halógenos, originando peligro de incendio y explosión. Ataca plásticos y caucho.</p> <p>LIMITES DE EXPOSICION: TLV: 0.5 ppm como TWA; 2.5 ppm como STEL; (piel); A1; BEI disponible; (ACGIH 2003). MAK: H (absorción dérmica); Cancerígeno categoría: 1; Mutágeno categoría: 3A; (DFG 2003).</p>	<p>VIAS DE EXPOSICION: La sustancia se puede absorber por inhalación, a través de la piel y por ingestión.</p> <p>RIESGO DE INHALACION: Por evaporación de esta sustancia a 20°C se puede alcanzar muy rápidamente una concentración nociva en el aire.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION: La sustancia irrita los ojos, la piel y el tracto respiratorio. La ingestión del líquido puede dar lugar a la aspiración del mismo por los pulmones y la consiguiente neumonitis química. La sustancia puede causar efectos en sistema nervioso central, dando lugar a disminución del estado de alerta. La exposición muy por encima del valor límite de exposición profesional puede producir pérdida del conocimiento y muerte.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICION PROLONGADA O REPETIDA: El líquido desengrasa la piel. La sustancia puede afectar a la médula ósea y al sistema inmune, dando lugar a una disminución de células sanguíneas. Esta sustancia es carcinógena para los seres humanos.</p>
PROPIEDADES FISICAS	<p>Punto de ebullición: 80°C Punto de fusión: 6°C Densidad relativa (agua = 1): 0.88 Solubilidad en agua, g/100 ml a 25°C: 0.18 Presión de vapor, kPa a 20°C: 10 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 2.7</p>	<p>Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1): 1.2 Punto de inflamación: -11°C c.c. Temperatura de autoignición: 498°C Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 1.2-8.0 Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: 2.13 Energía mínima de ignición: 0.2 mJ (no en la ficha)</p>
DATOS AMBIENTALES	La sustancia es muy tóxica para los organismos acuáticos.	
NOTAS		

El consumo de bebidas alcohólicas aumenta el efecto nocivo. Está indicado examen médico periódico dependiendo del grado de exposición. La alerta por el olor es insuficiente.

Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-30S1114/30GF1-II
Código NFPA: H 2; F 3; R 0;

INFORMACION ADICIONAL

Los valores LEP pueden consultarse en línea en la siguiente dirección: <http://www.mtas.es/insht/practice/vias.htm>

Última revisión IPCS: 2003
Traducción al español y actualización de valores límite y etiquetado: 2003
FISQ: 3-029

ICSC: 0015

BENCENO

© CE, IPCS, 2003

NOTA LEGAL IMPORTANTE:

Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. Su posible uso no es responsabilidad de la CE, el IPCS, sus representantes o el INSHT, autor de la versión española.

A.1.2. Etileno

Fichas Internacionales de Seguridad Química

ETILENO, PURO

ICSC: 0475

TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	Extremadamente inflamable.	Evitar llama abierta, NO producir chispas y NO fumar. NO poner en contacto con superficies calientes.	Polvos, dióxido de carbono. Cortar el suministro; si no es posible y no existe riesgo para el entorno próximo, deje que el incendio se extinga por sí mismo; en otros casos se apaga con pulverización con agua.
EXPLOSION	Las mezclas gas/aire son explosivas.	Sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosiones. Evitar la generación de cargas electrostáticas (por ejemplo, mediante conexión a tierra). Utilicéense herramientas manuales no generadoras de chispa.	En caso de incendio: mantener fría la botella por pulverización con agua. Combatir el incendio desde un lugar protegido.
EXPOSICION			
• INHALACION	Vértigo, somnolencia, dolor de cabeza, pérdida de conocimiento.	Ventilación.	Aire limpio, reposo, respiración artificial si estuviera indicado y someter a atención médica.
• PIEL			
• OJOS		Gafas ajustadas de seguridad.	
• INGESTION			
DERRAMAS Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO	
Evacuar la zona de peligro. Ventilación. Eliminar las fuentes de ignición y cortar si es posible el aporte de gas en el foco. (Protección personal adicional: equipo autónomo de respiración).	A prueba de incendio. Separado de oxidantes fuertes.	símbolo F+ R: 12 S: (2-)9-16-33 Clasificación de Peligros NU: 2 Riesgos Subsidiarios NU: 3 CE:	
VEASE AL DORSO INFORMACION IMPORTANTE			
ICSC: 0475			
Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión de las Comunidades Europeas © CCE, IPCS, 1994			

Fichas Internacionales de Seguridad Química

ETILENO, PURO

ICSC: 0475

D A T O S I M P O R T A N T E S	ESTADO FISICO; ASPECTO Gas comprimido incoloro, de olor característico.	VIAS DE EXPOSICION La sustancia se puede absorber por inhalación.
	PELIGROS FISICOS El gas es más ligero que el aire.	RIESGO DE INHALACION Al producirse pérdidas en zonas confinadas este gas puede originar asfixia por disminución del contenido de oxígeno del aire.
	PELIGROS QUIMICOS La sustancia puede polimerizarse para formar compuestos aromáticos debido al calentamiento intenso por encima de 600°C. Reacciona violentamente con cloro en presencia de luz, originando riesgo de incendio y explosión. Reacciona con oxidantes originando riesgo de explosión.	EFFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION La exposición podría causar disminución de la consciencia.
	LIMITES DE EXPOSICION TLV no establecido.	EFFECTOS DE EXPOSICION PROLONGADA O REPETIDA
PROPIEDADES FISICAS	Punto de ebullición a 101.3 kPa: -104°C Punto de fusión: -169.2°C Solubilidad en agua, ml/100 ml a 15°C: 14 Presión de vapor, kPa a 15°C: 8100	Densidad relativa de vapor (aire = 1): 0.98 Punto de inflamación: gas inflamable Temperatura de autoignición: 520°C Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 2.7-36.0
DATOS AMBIENTALES		
NOTAS		
Altas concentraciones en el aire producen una deficiencia de oxígeno con riesgo de pérdida de conocimiento o muerte. Comprobar el contenido de oxígeno antes de entrar en la zona.		
INFORMACION ADICIONAL		
FISQ: 2-091 ETILENO, PURO		
ICSC: 0475		ETILENO, PURO
© CCE, IPCS, 1994		
NOTA LEGAL IMPORTANTE:	Ni la CCE ni la IPCS ni sus representantes son responsables del posible uso de esta información. Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. La versión española incluye el etiquetado asignado por la clasificación europea, actualizado a la vigésima adaptación de la Directiva 67/548/CEE traspuesta a la legislación española por el Real Decreto 363/95 (BOE 5.6.95).	

© INSHT

A.1.3. Metanol

Fichas Internacionales de Seguridad Química

METANOL

ICSC: 0057







MINISTERIO DE TRABAJO Y ASUNTOS SOCIALES ESPAÑA





METANOL
 Alcohol metílico
 Carbinol
 Monohidroximetano
CH3OH
 Masa molecular: 32.0

Nº CAS 67-56-1
 Nº RTECS PC1400000
 Nº ICSC 0057
 Nº NU 1230
 Nº CE 603-001-00-X




TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	Altamente inflamable. Arde con una llama invisible. Explosivo.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar. NO poner en contacto con oxidantes.	Polvo, espuma resistente al alcohol, agua en grandes cantidades, dióxido de carbono.
EXPLOSION	Las mezclas vapor/aire son explosivas.	Sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosiones (véanse Notas).	En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.
EXPOSICION		¡EVITAR LA EXPOSICION DE ADOLESCENTES Y NIÑOS!	
• INHALACION	Tos, vértigo, dolor de cabeza, náuseas.	Ventilación. Extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo y proporcionar asistencia médica.
• PIEL	¡PUEDE ABSORBERSE! Piel seca, enrojecimiento.	Guantes protectores y traje de protección.	Quitar las ropas contaminadas, aclarar la piel con agua abundante o ducharse y proporcionar asistencia médica.
• OJOS	Enrojecimiento, dolor.	Gafas ajustadas de seguridad o protección ocular combinada con la protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad) y proporcionar asistencia médica.
• INGESTION	Dolor abdominal, jadeo, pérdida del conocimiento, vómitos (para mayor información véase Inhalación).	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Provocar el vómito (¡UNICAMENTE EN PERSONAS CONSCIENTES!) y proporcionar asistencia médica.

DERRAMAS Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO
Evacuar la zona de peligro. Recoger el líquido procedente de la fuga en recipientes herméticos, eliminar el líquido derramado con agua abundante y el vapor con agua pulverizada. (Protección personal adicional: traje de protección completa incluyendo equipo autónomo de respiración).	A prueba de incendio. Separado de oxidantes fuertes. Mantener en lugar fresco.	No transportar con alimentos y piensos. símbolo F símbolo T R: 11-23/24/25-39-23/24/25 S: (1/2-)-7-16-36/37-45 Clasificación de Peligros NU: 3 Riesgos Subsidiarios NU: 6.1 Grupo de Envasado NU: II CE: <div style="display: flex; justify-content: center; gap: 10px; margin-top: 5px;">   </div>

VEASE AL DORSO INFORMACION IMPORTANTE


ICSC: 0057

Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión de las Comunidades Europeas © CCE, IPCS, 1994

Fichas Internacionales de Seguridad Química

METANOL

ICSC: 0057

D A T O S I M P O R T A N T E S	ESTADO FISICO; ASPECTO Líquido incoloro, de olor característico.	VIAS DE EXPOSICION La sustancia se puede absorber por inhalación, a través de la piel y por ingestión.
	PELIGROS FISICOS El vapor se mezcla bien con el aire, formándose fácilmente mezclas explosivas.	RIESGO DE INHALACION Por evaporación de esta sustancia a 20°C se puede alcanzar bastante rápidamente una concentración nociva en el aire.
	PELIGROS QUIMICOS La sustancia se descompone al calentarla intensamente, produciendo monóxido de carbono y formaldehído. Reacciona violentamente con oxidantes, originando peligro de incendio y explosión. Ataca al plomo y al aluminio.	EFFECTOS DE EXPOSICION CORTA La sustancia irrita los ojos, la piel y el tracto respiratorio. La sustancia puede causar efectos en el sistema nervioso central, dando lugar a una pérdida del conocimiento. La exposición por ingestión puede producir ceguera y sordera. Los efectos pueden aparecer de forma no inmediata. Se recomienda vigilancia médica.
	LIMITES DE EXPOSICION TLV (como TWA): 200 ppm; 262 mg/m ³ (piel) (ACGIH 1993-1994). TLV (como STEL): 250 ppm; 328 mg/m ³ (piel) (ACGIH 1993-1994).	EFFECTOS DE EXPOSICION PROLONGADA El contacto prolongado o repetido con la piel puede producir dermatitis. La sustancia puede afectar al sistema nervioso central, dando lugar a dolores de cabeza persistentes y alteraciones de la visión.
PROPIEDADES FISICAS	Punto de ebullición: 65°C Punto de fusión: -94°C Densidad relativa (agua = 1): 0.79 Solubilidad en agua: Miscible Presión de vapor, kPa a 20°C: 12.3 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 1.1	Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1): 1.01 Punto de inflamación: (c.c.) 12°C Temperatura de autoignición: 385°C Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 6-35.6 Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: -0.82/-0.66
DATOS AMBIENTALES	La sustancia presenta una baja toxicidad para los organismos acuáticos y terrestres.	
NOTAS		
EXPLOSION/PREVENCIÓN: Utilícese herramientas manuales no generadoras de chispas. Está indicado un examen médico periódico dependiendo del grado de exposición.		
Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-36 Código NFPA: H 1; F 3; R 0;		
INFORMACION ADICIONAL		
FISQ: 3-138 METANOL		
ICSC: 0057	© CCE, IPCS, 1994	METANOL
NOTA LEGAL IMPORTANTE:	Ni la CCE ni la IPCS ni sus representantes son responsables del posible uso de esta información. Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. La versión española incluye el etiquetado asignado por la clasificación europea, actualizado a la vigésima adaptación de la Directiva 67/548/CEE traspuesta a la legislación española por el Real Decreto 363/95 (BOE 5.6.95).	

A.1.4. **M-Xileno**

[- back to the search result list\(es\)](#)

Spanish - ES

ICSC: 0085 (Agosto 2002)

m-XILENO
meta-Xileno
1,3-Dimetilbenzeno
m-Xilol
CAS: 108-38-3
N° ONU: 1307
CE: 203-576-3

	PELIGROS	PREVENCIÓN	LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO Y EXPLOSIÓN	Inflamable. Por encima de 27°C pueden formarse mezclas explosivas vapor/aire.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar. Por encima de 27°C, sistema cerrado, ventilación y equipo eléctrico a prueba de explosión. Evitar la generación de cargas electrostáticas (p. ej., mediante conexión a tierra).	Usar agua pulverizada, polvo, espuma, dióxido de carbono. En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.

¡HIGIENE ESTRICTA!			
	SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS
Inhalación	Vértigo. Somnolencia. Dolor de cabeza. Náuseas.	Usar ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Proporcionar asistencia médica.
Piel	Piel seca. Enrojecimiento.	Guantes de protección.	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar y lavar la piel con agua y jabón.
Ojos	Enrojecimiento. Dolor.	Utilizar gafas de protección.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
Ingestión	Sensación de quemazón. Dolor abdominal. Además ver Inhalación.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca. NO provocar el vómito. Proporcionar asistencia médica.

DERRAMES Y FUGAS	CLASIFICACIÓN Y ETIQUETADO
Protección personal: respirador con filtro para gases y vapores orgánicos adaptado a la concentración de la sustancia en el aire. Ventilación. Eliminar toda fuente de ignición. NO permitir que este producto químico se incorpore al ambiente. Recoger, en la medida de lo posible, el líquido que se derrama y el ya derramado en recipientes precintables. Absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte. A continuación, almacenar y eliminar el residuo conforme a la normativa local.	Conforme a los criterios del GHS de la ONU
ALMACENAMIENTO	Transporte
A prueba de incendio. Separado de oxidantes fuertes y ácidos fuertes.	Clasificación ONU
ENVASADO	Clase de Peligro ONU: 3; Grupo de Embalaje/Envase ONU: III



La información original ha sido preparada en inglés por un grupo internacional de expertos en nombre de la OIT y la OMS, con la asistencia financiera de la Comisión Europea.
© OIT y OMS 2018



European Commission

m-XILENO

ICSC: 0085

INFORMACIÓN FÍSICO-QUÍMICA	
Estado físico; aspecto LÍQUIDO INCOLORO DE OLOR CARACTERÍSTICO.	Fórmula: C ₈ H ₁₀ (CH ₃) ₂ / C ₈ H ₁₀
Peligros físicos Como resultado del flujo, agitación, etc., se pueden generar cargas electrostáticas.	Masa molecular: 106.2 Punto de ebullición: 139°C Punto de fusión: -48°C Densidad relativa (agua = 1): 0.86 Solubilidad en agua: ninguna Presión de vapor: kPa a 20°C: 0.8 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 3.7 Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1): 1.02 Punto de inflamación: 27°C c.c. Temperatura de autoignición: 527°C Límites de explosividad: % en volumen en el aire: 1.1-7.0 Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: 3.20
Peligros químicos Reacciona con ácidos fuertes y oxidantes fuertes.	

EXPOSICIÓN Y EFECTOS SOBRE LA SALUD	
Vías de exposición La sustancia se puede absorber por inhalación, a través de la piel y por ingestión.	Riesgo de inhalación La evaporación de esta sustancia a 20°C producirá bastante lentamente una concentración nociva de la misma en aire.
Efectos de exposición de corta duración La sustancia irrita los ojos y la piel. La sustancia puede afectar al sistema nervioso central. La ingestión del líquido puede dar lugar a la aspiración del mismo por los pulmones y a la consiguiente neumonitis química.	Efectos de exposición prolongada o repetida La sustancia desengrasa la piel, lo que puede producir sequedad y agrietamiento. La sustancia puede afectar al sistema nervioso central. La exposición a esta sustancia puede potenciar el daño auditivo causado por la exposición a ruido. La experimentación animal muestra que esta sustancia posiblemente cause efectos tóxicos en el desarrollo o la reproducción humana.

LÍMITES DE EXPOSICIÓN LABORAL
TLV: 100 ppm como TWA; A4 (no clasificado como cancerígeno humano); BEI establecido.
EU-OEL: 150 ppm como STEL; 221 mg/m ³ , 50 ppm como TWA; 442 mg/m ³ , 100 ppm como STEL; (piel).
MAK: 220 mg/m ³ , 50 ppm, categoría de limitación de pico: I(2); absorción dérmica (H); riesgo para el embarazo: grupo D

MEDIO AMBIENTE
La sustancia es tóxica para los organismos acuáticos.

NOTAS
Está indicado un examen médico periódico dependiendo del grado de exposición. Aplicar también las recomendaciones de esta ficha a xileno de grado técnico. Ver FISQ 0084 y 0086.

INFORMACIÓN ADICIONAL
- Límites de exposición profesional (INSHT 2014): VLA-ED: 50 ppm; 221 mg/m ³ VLA-EC: 100 ppm; 442 mg/m ³ Notas: vía dérmica. VLB: 1 g/g creatinina en orina de ácidos metilhipúricos. - N° de índice (clasificación y etiquetado armonizados conforme al Reglamento CLP de la UE): 601-022-00-9 - Clasificación UE Pictograma: Xn; R: 10-20/21-38; S: (2)-25; Nota: C



La calidad y exactitud de la traducción o el posible uso que se haga de esta información no es responsabilidad de la OIT, la OMS ni la Comisión Europea.
© Versión en español, INSSST, 2018

[- back to the search result list\(es\)](#)

Spanish - ES

ICSC: 0084 (Agosto 2002)

o-XILENO
 orto-Xileno
 1,2-Dimetilbenceno
 o-Xilol
 CAS: 95-47-6
 N° ONU: 1307
 CE: 202-422-2

	PELIGROS	PREVENCIÓN	LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO Y EXPLOSIÓN	Inflamable. Por encima de 32°C pueden formarse mezclas explosivas vapor/aire.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar. Por encima de 32°C, sistema cerrado, ventilación y equipo eléctrico a prueba de explosión. Evitar la generación de cargas electrostáticas (p. ej., mediante conexión a tierra).	Usar agua pulverizada, polvo, espuma, dióxido de carbono. En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.

¡HIGIENE ESTRICTA! ¡EVITAR LA EXPOSICIÓN DE MUJERES (EMBARAZADAS)! ¡			
	SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS
Inhalación	Vértigo. Somnolencia. Dolor de cabeza. Náuseas.	Usar ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Proporcionar asistencia médica.
Piel	Piel seca. Enrojecimiento.	Guantes de protección.	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar y lavar la piel con agua y jabón.
Ojos	Enrojecimiento. Dolor.	Utilizar gafas de protección.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
Ingestión	Sensación de quemazón. Dolor abdominal. Además ver Inhalación.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca. NO provocar el vómito. Proporcionar asistencia médica.

DERRAMES Y FUGAS	CLASIFICACIÓN Y ETIQUETADO
Protección personal: respirador con filtro para gases y vapores orgánicos adaptado a la concentración de la sustancia en el aire. Ventilador. Eliminar toda fuente de ignición. NO permitir que este producto químico se incorpore al ambiente. Recoger, en la medida de lo posible, el líquido que se derrama y el ya derramado en recipientes precintados. Absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte. A continuación, almacenar y eliminar el residuo conforme a la normativa local.	Conforme a los criterios del GHS de la ONU
ALMACENAMIENTO A prueba de incendio. Separado de oxidantes fuertes y ácidos fuertes.	Transporte Clasificación ONU Clase de Peligro ONU: 3; Grupo de Embalaje/Envase ONU: III
ENVASADO	



La información original ha sido preparada en inglés por un grupo internacional de expertos en nombre de la OIT y la OMS, con la asistencia financiera de la Comisión Europea.
 © OIT y OMS 2018



o-XILENO ICSC: 0084

INFORMACIÓN FÍSICO-QUÍMICA	
Estado físico; aspecto LÍQUIDO INCOLORO DE OLOR CARACTERÍSTICO.	Fórmula: C ₈ H ₁₀ (CH ₃) ₂ / C ₈ H ₁₀
Peligros físicos Como resultado del flujo, agitación, etc., se pueden generar cargas electrostáticas.	Masa molecular: 106.2 Punto de ebullición: 144°C Punto de fusión: -25°C Densidad relativa (agua = 1): 0.88 Solubilidad en agua: ninguna Presión de vapor: kPa a 20°C: 0.7 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 3.7 Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1): 1.02 Punto de inflamación: 32°C c.c. Temperatura de autoignición: 453°C Límites de exposición: % en volumen en el aire: 0.9-6.7 Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: 3.12
Peligros químicos Reacciona con ácidos fuertes y oxidantes fuertes.	

EXPOSICIÓN Y EFECTOS SOBRE LA SALUD	
Vías de exposición La sustancia se puede absorber por inhalación, a través de la piel y por ingestión.	Riesgo de inhalación La evaporación de esta sustancia a 20°C producirá bastante lentamente una concentración nociva de la misma en aire.
Efectos de exposición de corta duración La sustancia irrita los ojos y la piel. La sustancia puede afectar al sistema nervioso central. La ingestión del líquido puede dar lugar a la aspiración del mismo por los pulmones y a la consiguiente neumonitis química.	Efectos de exposición prolongada o repetida La sustancia desengrasa la piel, lo que puede producir sequedad y agrietamiento. La sustancia puede afectar al sistema nervioso central. La exposición a esta sustancia puede potenciar el daño auditivo causado por la exposición a ruido. La experimentación animal muestra que esta sustancia posiblemente cause efectos tóxicos en el desarrollo o la reproducción humana.

LÍMITES DE EXPOSICIÓN LABORAL
TLV: 100 ppm como TWA; 150 ppm como STEL; A4 (no clasificado como cancerígeno humano); BEI establecido. MAK: 220 mg/m ³ , 50 ppm; categoría de limitación de pico: I(2); absorción dérmica (H); riesgo para el embarazo: grupo D. EU-OEL: 221 mg/m ³ , 50 ppm como TWA; 442 mg/m ³ , 100 ppm como STEL; (piel)

MEDIO AMBIENTE
La sustancia es tóxica para los organismos acuáticos.

NOTAS
Está indicado un examen médico periódico dependiendo del grado de exposición. Aplicar también las recomendaciones de esta ficha a xileno de grado técnico. Ver FISO 0085 y 0086.

INFORMACIÓN ADICIONAL
- Límites de exposición profesional (INSHT 2014): VLA-ED: 50 ppm; 221 mg/m ³ VLA-EC: 100 ppm; 442 mg/m ³ Notas: vía dérmica. VLB: 1 g/g creatinina en orina de ácidos metilhipúricos. - N° de índice (clasificación y etiquetado armonizados conforme al Reglamento CLP de la UE): 601-022-00-9 - Clasificación UE Pictograma: Xn; R: 10-20/21-38; S: (2)-25; Nota: C



La calidad y exactitud de la traducción o el posible uso que se haga de esta información no es responsabilidad de la OIT, la OMS ni la Comisión Europea.
 © Versión en español, INSST, 2018

A.1.5. O-xileno

[← back to the search result list\(es\)](#)

Spanish - ES

o-XILENO o-Xileno 1,2-Dimetilbenceno o-Xilol CAS: 95-47-8 N° ONU: 1387 CE: 202-422-2	ICSG: 0084 (Agosto 2002)
---	--------------------------

	PELIGROS	PREVENCIÓN	LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO Y EXPLOSIÓN	Inflamable. Por encima de 32°C pueden formarse mezclas explosivas vapor/aire.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar. Por encima de 32°C, sistema cerrado, ventilación y equipo eléctrico a prueba de explosión. Evitar la generación de cargas electrostáticas (p. ej., mediante conexión a tierra).	Usar agua pulverizada, polvo, espuma, dióxido de carbono. En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.

¡HIGIENE ESTRICTA! ¡EVITAR LA EXPOSICIÓN DE MUJERES (EMBARAZADAS)! ¡			
	SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS
Inhalación	Vértigo, Somnolencia, Dolor de cabeza, Náuseas.	Usar ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Proporcionar asistencia médica.
Piel	Piel seca, Enrojecimiento.	Guantes de protección.	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar y lavar la piel con agua y jabón.
Ojos	Enrojecimiento, Dolor.	Utilizar gafas de protección.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
Ingestión	Sensación de quemazón, Dolor abdominal. Además ver Inhalación.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca. NO provocar el vómito. Proporcionar asistencia médica.

DERRAMES Y FUGAS	CLASIFICACIÓN Y ETIQUETADO
Protección personal: respirador con filtro para gases y vapores orgánicos adaptado a la concentración de la sustancia en el aire. Ventilar. Eliminar toda fuente de ignición. NO permitir que este producto químico se incorpore al ambiente. Recoger, en la medida de lo posible, el líquido que se derrama y el ya derramado en recipientes precintados. Absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte. A continuación, almacenar y eliminar el residuo conforme a la normativa local.	Conforme a los criterios del GHS de la ONU Transporte Clasificación ONU Clase de Peligro ONU: 3; Grupo de Embalaje/Envase ONU: III
ALMACENAMIENTO	
A prueba de incendio. Separado de oxidantes fuertes y ácidos fuertes.	
ENVASADO	

 Organización Mundial de la Salud	 European Commission
--------------------------------------	-------------------------

La información original ha sido preparada en inglés por un grupo internacional de expertos en nombre de la OIT y la OMS, con la asistencia financiera de la Comisión Europea.
 © OIT y OMS 2018

o-XILENO		ICSG: 0084
INFORMACIÓN FÍSICO-QUÍMICA		
Estado físico, aspecto LÍQUIDO INCOLORO DE OLOR CARACTERÍSTICO.	Fórmula: $C_8H_{10}(CH_3)_2$ / C_8H_{10} Masa molecular: 106.2 Punto de ebullición: 144°C Punto de fusión: -25°C Densidad relativa (agua = 1): 0.88 Solubilidad en agua: ninguna Presión de vapor, kPa a 20°C: 0.7 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 3.7 Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1): 1.02 Punto de inflamación: 32°C c.c. Temperatura de autoignición: 463°C Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 0.9-6.7 Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: 3.12	
Peligros físicos Como resultado del flujo, agitación, etc., se pueden generar cargas electrostáticas.		
Peligros químicos Reacciona con ácidos fuertes y oxidantes fuertes.		

EXPOSICIÓN Y EFECTOS SOBRE LA SALUD	
Vías de exposición La sustancia se puede absorber por inhalación, a través de la piel y por ingestión.	Riesgo de inhalación La evaporación de esta sustancia a 20°C producirá bastante lentamente una concentración nociva de la misma en aire.
Efectos de exposición de corta duración La sustancia irrita los ojos y la piel. La sustancia puede afectar al sistema nervioso central. La ingestión del líquido puede dar lugar a la aspiración del mismo por los pulmones y a la consiguiente neumonitis química.	Efectos de exposición prolongada o repetida La sustancia desengrasa la piel, lo que puede producir sequedad y agrietamiento. La sustancia puede afectar al sistema nervioso central. La exposición a esta sustancia puede potenciar el daño auditivo causado por la exposición a ruido. La experimentación animal muestra que esta sustancia posiblemente cause efectos tóxicos en el desarrollo o la reproducción humana.

LÍMITES DE EXPOSICIÓN LABORAL
TLV: 100 ppm como TWA; 150 ppm como STEL; A4 (no clasificado como cancerígeno humano); BEI establecido. MAK: 220 mg/m ³ ; 50 ppm; categoría de limitación de pico: I(2); absorción dérmica (H); riesgo para el embarazo: grupo D. EU-OEL: 221 mg/m ³ ; 50 ppm como TWA; 442 mg/m ³ ; 100 ppm como STEL; (piel)

MEDIO AMBIENTE
La sustancia es tóxica para los organismos acuáticos.

NOTAS
Está indicado un examen médico periódico dependiendo del grado de exposición. Aplicar también las recomendaciones de esta ficha a xileno de grado técnico. Ver FISO 0085 y 0086.

INFORMACIÓN ADICIONAL
- Límites de exposición profesional (INSH 2014): VLA-ED: 50 ppm; 221 mg/m ³ VLA-EC: 100 ppm; 442 mg/m ³ Notas: vía dérmica. VLB: 1 g/g creatinina en orina de ácidos metilhipúricos. - N° de índice (clasificación y etiquetado armonizados conforme al Reglamento CLP de la UE): 601-022-00-9 - Clasificación UE Pictograma: Xn, R: 10-20/21-36, S: (2)-25, Nota: C

 GOBIERNO DE ESPAÑA MINISTERIO DE TRABAJO Y ECONOMÍA SOCIAL	 insst Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo	La calidad y exactitud de la traducción o el posible uso que se haga de esta información no es responsabilidad de la OIT, la OMS ni la Comisión Europea. © Versión en español, INSST, 2018
---	--	---

A.1.6. P-xileno

<p>p-XILENO para-Xileno 1,4-Dimetilbenceno p-Xilol</p> <p>CAS: 106-42-3 N° ONU: 1307 CE: 203-396-5</p>	ICSC: 0086 (Agosto 2002)
--	---------------------------------

	PELIGROS	PREVENCIÓN	LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO Y EXPLOSIÓN	Inflamable. Por encima de 27°C pueden formarse mezclas explosivas vapor/aire.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar. Por encima de 27°C, sistema cerrado, ventilación y equipo eléctrico a prueba de explosión. Evitar la generación de cargas electrostáticas (p. ej., mediante conexión a tierra).	Usar agua pulverizada, polvo, espuma, dióxido de carbono. En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.

¡HIGIENE ESTRICTA! ¡EVITAR LA EXPOSICIÓN DE MUJERES (EMBARAZADAS)!			
	SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS
Inhalación	Vértigo. Somnolencia. Dolor de cabeza. Náuseas.	Usar ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Proporcionar asistencia médica.
Piel	Piel seca. Enrojecimiento.	Guantes de protección.	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar y lavar la piel con agua y jabón.
Ojos	Enrojecimiento. Dolor.	Utilizar gafas de protección.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
Ingestión	Sensación de quemazón. Dolor abdominal. Además ver Inhalación.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca. NO provocar el vómito. Proporcionar asistencia médica.

DERRAMES Y FUGAS	CLASIFICACIÓN Y ETIQUETADO
<p>Protección personal: respirador con filtro para gases y vapores orgánicos adaptado a la concentración de la sustancia en el aire. Ventilar. Eliminar toda fuente de ignición. NO permitir que este producto químico se incorpore al ambiente. Recoger, en la medida de lo posible, el líquido que se derrama y el ya derramado en recipientes precintables. Absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte. A continuación, almacenar y eliminar el residuo conforme a la normativa local.</p>	<p>Conforme a los criterios del GHS de la ONU</p> <p>Transporte Clasificación ONU Clase de Peligro ONU: 3; Grupo de Embalaje/Envase ONU: III</p>
ALMACENAMIENTO	
A prueba de incendio. Separado de oxidantes fuertes y ácidos fuertes.	
ENVASADO	



Organización
Internacional
del Trabajo



Organización
Mundial de la Salud

La información original ha sido preparada en inglés por un grupo internacional de expertos en nombre de la OIT y la OMS, con la asistencia financiera de la Comisión Europea.
© OIT y OMS 2018



European
Commission

p-XILENO		ICSC: 0086
INFORMACIÓN FÍSICO-QUÍMICA		
<p>Estado físico; aspecto LÍQUIDO INCOLORO DE OLOR CARACTERÍSTICO.</p> <p>Peligros físicos Como resultado del flujo, agitación, etc., se pueden generar cargas electrostáticas.</p> <p>Peligros químicos Reacciona con ácidos fuertes y oxidantes fuertes.</p>	<p>Fórmula: $C_6H_4(CH_3)_2 / C_8H_{10}$ Masa molecular: 106.2 Punto de ebullición: 138°C Punto de fusión: 13°C Densidad relativa (agua = 1): 0.86 Solubilidad en agua: ninguna Presión de vapor, kPa a 20°C: 0.9 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 3.7 Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1): 1.02 Punto de inflamación: 27°C c.c. Temperatura de autoignición: 528°C Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 1.1-7.0 Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: 3.15</p>	
EXPOSICIÓN Y EFECTOS SOBRE LA SALUD		
<p>Vías de exposición La sustancia se puede absorber por inhalación, a través de la piel y por ingestión.</p> <p>Efectos de exposición de corta duración La sustancia irrita los ojos y la piel. La sustancia puede afectar al sistema nervioso central. La ingestión del líquido puede dar lugar a la aspiración del mismo por los pulmones y a la consiguiente neumonitis química.</p>	<p>Riesgo de inhalación La evaporación de esta sustancia a 20°C producirá bastante lentamente una concentración nociva de la misma en aire.</p> <p>Efectos de exposición prolongada o repetida La sustancia desengrasa la piel, lo que puede producir sequedad y agrietamiento. La sustancia puede afectar al sistema nervioso central. La exposición a esta sustancia puede potenciar el daño auditivo causado por la exposición a ruido. La experimentación animal muestra que esta sustancia posiblemente cause efectos tóxicos en el desarrollo o la reproducción humana.</p>	
LÍMITES DE EXPOSICIÓN LABORAL		
<p>TLV: 100 ppm como TWA; 150 ppm como STEL; A4 (no clasificado como cancerígeno humano); BEI establecido. MAK: 220 mg/m³, 50 ppm; categoría de limitación de pico: II(2); absorción dérmica (H); riesgo para el embarazo: grupo D. EU-OEL: 221 mg/m³, 50 ppm como TWA; 442 mg/m³, 100 ppm como STEL; (piel)</p>		
MEDIO AMBIENTE		
La sustancia es tóxica para los organismos acuáticos.		
NOTAS		
<p>Está indicado un examen médico periódico dependiendo del grado de exposición. Aplicar también las recomendaciones de esta ficha a xileno de grado técnico. Ver FISQ 0084 y 0085.</p>		
INFORMACIÓN ADICIONAL		
<p>- Límites de exposición profesional (INSHT 2014): VLA-ED: 50 ppm; 221 mg/m³ VLA-EC: 100 ppm; 442 mg/m³ Notas: vía dérmica. VLB: 1 g/g creatinina en orina de ácidos metilhipúricos. - N° de índice (clasificación y etiquetado armonizados conforme al Reglamento CLP de la UE): 601-022-00-9 - Clasificación UE Pictograma: Xn; R: 10-20/21-38; S: (2)-25; Nota: C</p>		
La calidad y exactitud de la traducción o el posible uso que se haga de esta información no es		

A.1.7. Nonano[← back to the search result list\(es\)](#)


Spanish - ES

NONANO n-Nonano 2,2,5-Trimetilhexano	ICSC: 1245 (Junio 2011)
CAS: 111-84-2 N° ONU: 1920 CE: 203-913-4	

	PELIGROS	PREVENCIÓN	LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO Y EXPLOSIÓN	Inflamable. Por encima de 31°C pueden formarse mezclas explosivas vapor/aire.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar. Por encima de 31°C, sistema cerrado, ventilación y equipo eléctrico a prueba de explosión. Evitar la generación de cargas electrostáticas (p. ej., mediante conexión a tierra).	Usar espuma, polvo, dióxido de carbono. En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.

¡EVITAR LA FORMACIÓN DE NIEBLAS DEL PRODUCTO!

	SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS
Inhalación	Tos. Dolor de garganta. Somnolencia. Vértigo. Ataxia. Convulsiones. Pérdida del conocimiento.	Usar ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Proporcionar asistencia médica.
Piel	Piel seca. Enrojecimiento.	Guantes de protección.	Aclarar y lavar la piel con agua y jabón. Proporcionar asistencia médica si manifiesta irritación dérmica.
Ojos	Enrojecimiento.	Utilizar gafas de protección de montura integral.	Enjuagar con agua abundante (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad).
Ingestión	Náuseas. Vómitos. ¡Peligro de aspiración! Además ver Inhalación.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca. NO provocar el vómito. Proporcionar asistencia médica.

DERRAMES Y FUGAS	CLASIFICACIÓN Y ETIQUETADO
Protección personal: respirador con filtro para gases y vapores orgánicos adaptado a la concentración de la sustancia en el aire. Ventilar. Absorber el líquido residual en arena seca o absorbente inerte. A continuación, almacenar y eliminar el residuo conforme a la normativa local.	<p>Conforme a los criterios del GHS de la ONU</p>  <p>PELIGRO</p> <p>Líquido y vapores inflamables Nocivo si se inhala Puede provocar somnolencia o vértigo Puede ser mortal en caso de ingestión y de penetración en las vías respiratorias Puede ser nocivo para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos</p> <p>Transporte Clasificación ONU Clase de Peligro ONU: 3; Grupo de Embalaje/Envase ONU: III</p>
ALMACENAMIENTO	
A prueba de incendio. Separado de oxidantes fuertes. Almacenar en un área sin acceso a desagües o alcantarillas.	
ENVASADO	

Organización
Internacional
del TrabajoOrganización
Mundial de la SaludLa información original ha sido preparada en inglés por un grupo internacional de expertos en nombre de la OIT y la OMS, con la asistencia financiera de la Comisión Europea.
© OIT y OMS 2018European
Commission

NONANO	ICSC: 1245
---------------	-------------------

INFORMACIÓN FÍSICO-QUÍMICA

Estado físico; aspecto LÍQUIDO INCOLORO DE OLOR CARACTERÍSTICO.	Fórmula: $H_2C-(CH_2)_7-CH_3 / C_9H_{20}$
Peligros físicos Como resultado del flujo, agitación, etc., se pueden generar cargas electrostáticas.	Masa molecular: 128.2 Punto de ebullición: 150.8°C Punto de fusión: -51°C Densidad relativa (agua = 1): 0.7 Solubilidad en agua, g/100ml a 25°C: 0.00002 (muy escasa)
Peligros químicos Reacciona con oxidantes fuertes. Esto genera peligro de incendio y explosión.	Presión de vapor, kPa a 25°C: 0.59 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 4.4 Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1): 1.02 Punto de inflamación: 31°C c.c. Temperatura de autoignición: 205°C Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 0.7-5.6 Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: 5.65 Viscosidad: <7 mm ² /s a 40°C

EXPOSICIÓN Y EFECTOS SOBRE LA SALUD

Vías de exposición La sustancia se puede absorber por inhalación del vapor y por ingestión.	Riesgo de inhalación Por evaporación de esta sustancia a 20°C no se alcanza, o se alcanza sólo muy lentamente, una concentración nociva en el aire; sin embargo, puede alcanzarse más rápidamente por pulverización o cuando se dispersa.
Efectos de exposición de corta duración La sustancia irrita los ojos, la piel y el tracto respiratorio. La sustancia puede afectar al sistema nervioso central. La exposición al vapor podría causar disminución del estado de alerta. En caso de ingestión la sustancia penetra fácilmente en las vías respiratorias y puede provocar neumonía por aspiración.	Efectos de exposición prolongada o repetida La sustancia desengrasa la piel, lo que puede producir sequedad y agrietamiento.

LÍMITES DE EXPOSICIÓN LABORAL

TLV: 200 ppm como TWA

MEDIO AMBIENTE

Puede producirse una bioacumulación de esta sustancia en el suelo.
--

NOTAS

Proporcionar asistencia médica si se desarrolla fiebre y/o dificultad respiratoria.

INFORMACIÓN ADICIONAL

- Límites de exposición profesional (INSHT 2012): VLA-ED: 200 ppm; 1065 mg/m ³ - Clasificación UE

GOBIERNO
DE ESPAÑAMINISTERIO
DE TRABAJO
Y ECONOMÍA SOCIALLa calidad y exactitud de la traducción o el posible uso que se haga de esta información no es responsabilidad de la OIT, la OMS ni la Comisión Europea.
© Versión en español, INSST, 2018

A.1.8. Tolueno**Fichas Internacionales de Seguridad Química****TOLUENO**

ICSC: 0078





TOLUENO
Metilbenceno
Fenilmetanol
Toluol
 $C_6H_5CH_3/C_7H_8$
Masa molecular: 92.1

Nº CAS 108-88-3
Nº RTECS XS5250000
Nº ICSC 0078
Nº NU 1294
Nº CE 601-021-00-3



TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	Altamente inflamable.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar.	Polvo, AFFF, espuma, dióxido de carbono.
EXPLOSION	Las mezclas vapor/aire son explosivas.	Sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosión. Evitar la generación de cargas electrostáticas (por ejemplo, mediante conexión a tierra). NO utilizar aire comprimido para llenar, vaciar o manipular.	En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.
EXPOSICION		¡HIGIENE ESTRICTA! ¡EVITAR LA EXPOSICION DE MUJERES (EMBARAZADAS)!	
• INHALACION	Vértigo, somnolencia, dolor de cabeza, náuseas, pérdida del conocimiento.	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo, respiración artificial si estuviera indicada y proporcionar asistencia médica.
• PIEL	Piel seca, enrojecimiento.	Guantes protectores.	Quitar las ropas contaminadas, aclarar y lavar la piel con agua y jabón y proporcionar asistencia médica.
• OJOS	Enrojecimiento, dolor.	Gafas ajustadas de seguridad o pantalla facial.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad) y proporcionar asistencia médica.
• INGESTION	Dolor abdominal, sensación de quemazón (para mayor información, véase Inhalación).	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca, dar a beber una papilla de carbón activado y agua, NO provocar el vómito y proporcionar asistencia médica.
DERRAMAS Y FUGAS		ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO

Recoger el líquido procedente de la fuga en recipientes precintables, absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte y trasladarlo a un lugar seguro. NO verterlo al alcantarillado, (Protección personal adicional: equipo autónomo de respiración).	A prueba de incendio. Separado de oxidantes fuertes.	símbolo F símbolo Xn R: 11-20 S: (2-)16-25-29-33 Clasificación de Peligros NU: 3 Grupo de Envasado NU: II CE:
 		
VEASE AL DORSO INFORMACION IMPORTANTE		
ICSC: 0078	Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión de las Comunidades Europeas © CCE, IPCS, 1994	

Fichas Internacionales de Seguridad Química

TOLUENO

ICSC: 0078

D A T O S I M P O R T A N T E S	ESTADO FISICO; ASPECTO Líquido incoloro, de olor característico.	VIAS DE EXPOSICION La sustancia se puede absorber por inhalación, a través de la piel y por ingestión.
	PELIGROS FISICOS El vapor es más denso que el aire y puede extenderse a ras del suelo; posible ignición en punto distante. Como resultado del flujo, agitación, etc., se pueden generar cargas electrostáticas.	RIESGO DE INHALACION Por evaporación de esta sustancia a 20°C se puede alcanzar bastante rápidamente una concentración nociva en el aire.
	PELIGROS QUIMICOS Reacciona violentamente con oxidantes fuertes, originando peligro de incendio y explosión.	EFFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION La sustancia irrita los ojos y el tracto respiratorio. La exposición podría causar depresión del sistema nervioso central. La exposición a altas concentraciones puede producir arritmia cardíaca, pérdida del conocimiento y muerte.
	LIMITES DE EXPOSICION TLV (como TWA): 50 ppm; 188 mg/m ³ (piel) (ACGIH 1995-1996). MAK: 50 ppm; 190 mg/m ³ (1996).	EFFECTOS DE EXPOSICION PROLONGADA O REPETIDA El contacto prolongado o repetido con la piel puede producir dermatitis. La sustancia puede afectar al sistema nervioso central, dando lugar a desórdenes psicológicos y dificultad en el aprendizaje. La experimentación animal muestra que esta sustancia posiblemente cause efectos tóxicos en la reproducción humana.
PROPIEDADES FISICAS	Punto de ebullición: 111°C Punto de fusión: -95°C Densidad relativa (agua = 1): 0.87 Solubilidad en agua: Ninguna Presión de vapor, kPa a 20°C: 2.9 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 3.2	Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1): 1.06 Punto de inflamación: 4°C (c.c.) Temperatura de autoignición: 480°C Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 1.1-7.1 Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: 2.69
DATOS AMBIENTALES		
NOTAS		
Está indicado examen médico periódico dependiendo del grado de exposición. Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-31 Código NFPA: H 2; F 3; R 0;		
INFORMACION ADICIONAL		
FISQ: 4-185 TOLUENO		
ICSC: 0078	TOLUENO	
© CCE, IPCS, 1994		
NOTA LEGAL IMPORTANTE:	Ni la CCE ni la IPCS ni sus representantes son responsables del posible uso de esta información. Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. La versión española incluye el etiquetado asignado por la clasificación europea, actualizado a la vigésima adaptación de la Directiva 67/548/CEE traspuesta a la legislación española por el Real Decreto 363/95 (BOE 5.6.95).	

A.2. SERVICIOS AUXILIARES

A.2.1. Servicios auxiliares vapor

Tabla. A. 1. Servicio auxiliar de vapor de alta, media y baja presión.

Servicio	Presión (kg/cm ² g)				Temperatura (°C)			
	Normal	Max	Min	Diseño	Normal	Max	Min	Diseño
SH Refinería	40,0	44.5	38	44.5	390	400	360	415
SM Refinería	16.7	18	16.5	20	260	280	205	315
SL Refinería	4.2	6.4	3.8	7.0	155	250	153	280

Notas:

- El valor normal para balances
- El valor máximo para la generación
- El valor mínimo para el consumo
- El valor de diseño para el diseño mecánico

A.2.2. Servicios auxiliares de los servicios eléctricos

Tabla. A. 2. Servicio auxiliar de los servicios eléctricos

Servicio	Rango de Potencia (CV)		Voltage	Fase	Frecuencia (hz)
	desde	hasta			
Motores	0	10	380	3	50
	10	200	500	3	50
		200 o más	6000	3	50
Instrumentos	-	-	115	1	50
Iluminación	-	-	220	1	50

- Todas las luces eléctricas deben tener 220 V, abiertas hacia un lado.
- Aislamiento especial es requerido para condiciones climáticas. Las condiciones son sal, polvo y humedad.
- La distribución de la potencia tiene que estar por debajo del valor del suelo.
- Solenoide: 110 V (CC); transmisores 24 V; válvulas motorizadas 220 V/440 V (trifásico); Analizadores de oxígeno y viscosidad: 220 V (monofásicos); Analizadores de pH y densidad: 24 V.

Observación: Se indicarán los motores a volver a arrancar en grupos y sus prioridades para la protección contra caídas de tensión.

A.2.3. Servicio de agua de refrigeración

Tabla. A. 3. Especificaciones del servicio de agua de refrigeración

Variable	Unidades	Valor Refinería
Presión de suministro (a nivel)	kg/cm ² g	3.7
Presión de retorno (a nivel)	kg/cm ² g	2.7

Máx. ΔP admisible en el intercambiador de calor	kg/cm ²	1.0
Presión de diseño del sistema	kg/cm ² g	8.5
Temperatura de diseño del sistema	°C	120
Max suministro T a intercambiadores de calor	°C	31
T de retorno máx. de los intercambiadores de calor	°C	46
Factor Fouling	h·m ² ·°C / kcal	0.0006
Alcalinidad total (TA) como CaCO ₃	ppm wt	-
Sólidos disueltos (TDS) como CaCO ₃	ppm wt	-
Cloruros	ppm wt	
Dureza total como CaCO ₃	ppm wt	1250 max
pH		7 - 7.5

A.2.4. Otras aguas

Tabla. A. 4. Otras aguas

Variable	Unidades	Demi agua	Planta agua	raw water
Presión de suministro (a nivel)	kg/cm ² g	10	5	7
Presión de diseño del sistema	kg/cm ² g	19	7	7
Temperatura de diseño del sistema	°C	80	25	25
pH		7.0 – 9,5		7.4 – 7.8
Conductividad	S/cm	< 0.2		
Dureza total como CaCO ₃	wt ppm	1		300 - 450
Alcalinidad total (TA) como CaCO ₃	wt ppm			155 - 210
Cloruros	wt ppm			141 - 293
Sulfatos	wt ppm			156 - 260
Bicarbonatos	wt ppm			156 - 211
NO ₃ ⁻ como CaCO ₃	wt ppm			6 - 16
Ca ²⁺ como CaCO ₃	wt ppm			250 - 363
Mg ²⁺ como CaCO ₃	wt ppm			66 - 136
Sílice	wt ppm	< 5000		
Material orgánico como O ₂	mg O ₂ /l			2 - 5

A.2.5. Sistema fuel gas

Tabla. A. 5. Sistema de fuel gas

Variable	Unidades	FUEL Refinería	GAS
Min/Nor/Max Presión de suministro	kg/cm ² g	/ 4.6 / 6	
Temperatura de suministro	°C	/ 28 /	
Presión de diseño del sistema	kg/m ² g	6	
Temperatura de diseño del sistema	°C	80	
¿Traza requerida?	YES/NO	NO	

A.2.6. Sistema de aire

Tabla. A. 6. Sistema de aire

Variable	Unidades	Aire Planta	Instrumentación aire
Presión del sistema	kg/cm ² g	7.4	7.0
Presión mínima	kg/cm ² g	5.1	6.3
Presión de diseño	kg/cm ² g	8.8	8.8
Temperatura del sistema	°C	40	40
Temperatura de diseño	°C	80	80
¿Sistema libre de aceite?	SI/NO	SI	SI
Punto de rocío en 1.033 kg/cm ²	°C	5	-35

A.2.7. Sistema de nitrógeno

Tabla. A. 7. Sistema de nitrógeno

Variable	Unidades	Mínimo	Normal	Diseño
Presión	kg/cm ² g	6	6	10
Temperatura	°C		Ambiental	80

Tabla. A. 8. Calidad del nitrógeno

Variable	Unidades	Valor
Pureza	% vol.	99.99
O ₂	ppm vol.	< 10
H ₂ O	ppm vol.	-40°C

A.2.8. Información adicional

Tabla. A. 9. Información del clima

Variable	Unidades	
Temperatura máxima	°C	40
Temperatura mínima	°C	20
preparación para el invierno	°C	0
Humedad relativa mínima	%	40
Promedio de humedad relativa	%	70
Humedad relativa máx.	%	100
Temperatura de diseño (bulbo seco)	°C	32
Temperatura de diseño (bulbo húmedo)	°C	25
Viento predominante	-	NE (22%)

Tabla. A. 10. Elevaciones de unidades

Variable	Unides	Valor
Altura sobre el nivel del mar	m	64.6

A.3. ANALISIS DE SENSIBILIDAD DE LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN Y SELECCIÓN DE CONFIGURACION DEL R-101

De acuerdo con lo indicado en el apartado 4.1.4, se ha efectuado el análisis de sensibilidad del potencial económico 2 a la variación de las condiciones de operación del reactor R-101; así como, a la configuración del reactor (adiabática vs isotérmica) para un tipo PFR tal y como se muestra en el apartado 4.1.3.

A.3.1. Configuraciones analizadas del reactor R-101

Para el estudio se ha considerado las configuraciones adiabáticas e isotérmicas.

En el caso de la configuración adiabática, se ha supuesto que el reactor se encuentra perfectamente aislado y las pérdidas energéticas al exterior son despreciables. Para una temperatura de 400°C, las entalpías de reacción se reflejan en la Tabla A. 11.

Tabla A. 11. Entalpías de reacción a una temperatura de 400°C.

Reacción	Entalpia de reacción, kJ/mol
(R. 1)	-68.68
(R. 2)	-136.07
(R. 3)	0.58
(R. 4)	-67.38
(R. 5)	1.81

Por otra parte, la configuración isotérmica se ha tenido en consideración que el reactor se enfría externamente por el mismo medio refrigerante. Dado que, las reacciones no son uniformes a lo largo del reactor, se produce un perfil de temperaturas dentro del mismo.

A.3.2. Utilización efectiva por paso

En primer lugar, se ha efectuado un análisis de sensibilidad del PE-2 a la utilización efectiva por paso. Para el reactor adiabático se ha efectuado el análisis para dos temperaturas: 400 °C y de 480 °C. En el caso del reactor isotérmico se ha efectuado para 400 °C. Fijando una presión de 15 bar (límite superior de validez de la presión según la cinética empleada) debido a que la reacción de metilación (R.1) se ve relativamente favorecida a presiones altas frente a las reacciones de dealquilación (R.3), isomerización (R.4) y desproporción (R.5) del p-xileno.

Para conseguir utilizaciones efectivas altas se requiere de tiempos espaciales bajos y, por tanto, de conversiones reducidas (ref. 14) (ref. 54). En la figura adjunta se indica la variación de la conversión en función de la utilización efectiva por paso:

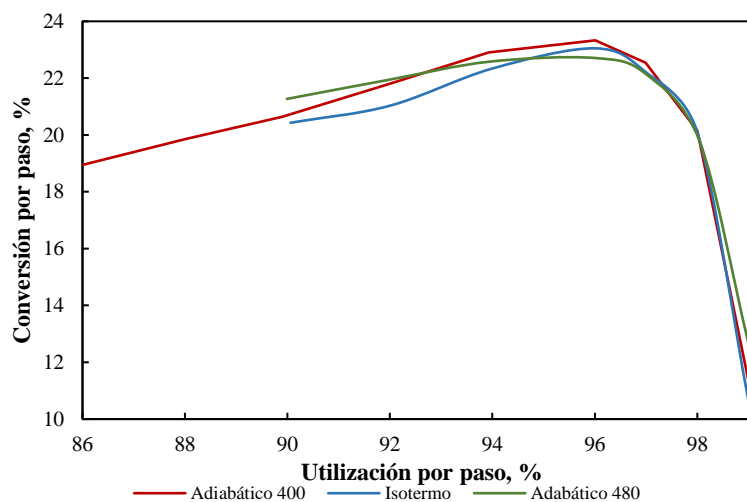


Figura A. 12. Variación de la conversión en función de la utilización efectiva por paso.

Por lo que, para conseguir la máxima conversión del tolueno en p-xileno se debe recircular el tolueno y el metanol no convertidos. Se ha estudiado la variación de los caudales de reciclo de tolueno y metanol en el rango de utilizaciones efectivas analizado.

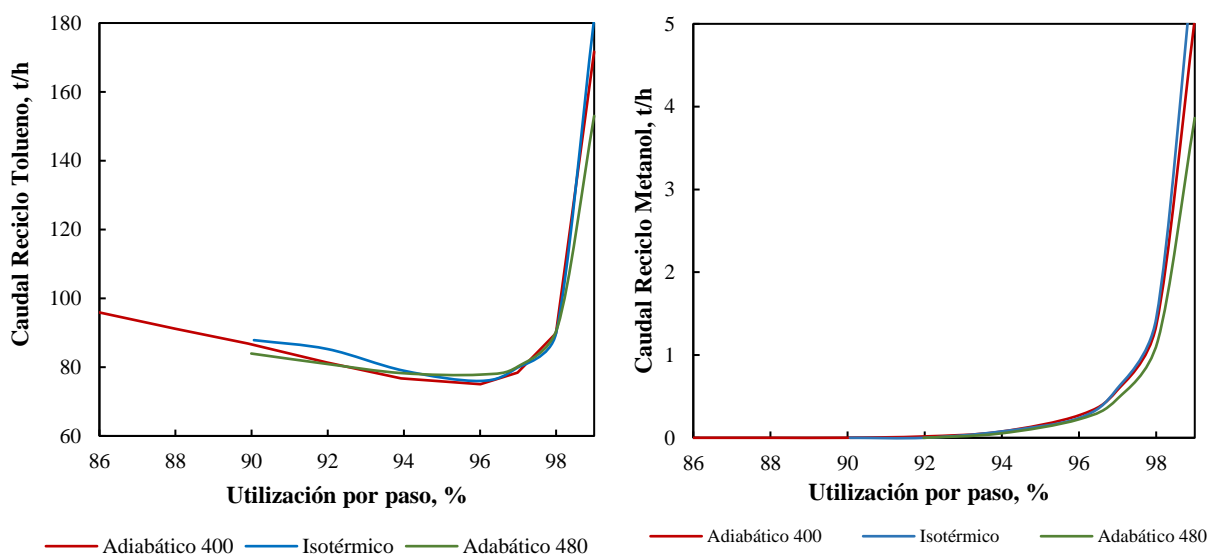


Figura A. 13. Evolución de la utilización por paso respecto al reciclo de tolueno no reaccionado.

Figura A. 14. Evolución de la utilización efectiva respecto al reciclo de metano no reaccionado.

La tendencia para las configuraciones estudiadas es similar, donde el mínimo reciclo de tolueno se da para una utilización efectiva de 96% y por encima del 97% el caudal se incrementa sustancialmente. Los costes variables de la sección de purificación son proporcionales al caudal global, por ello, se ha propuesto diseñar para una utilización efectiva del 97%.

En la figura adjunta se refleja la variación de PE-2 en función de la utilización efectiva por paso.

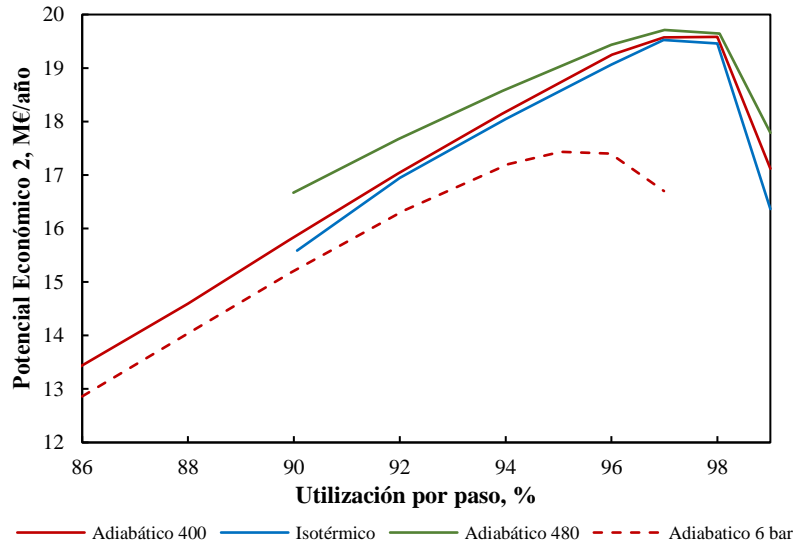


Figura A. 15. Variación de PE-2 en función de la utilización efectiva por paso.

Los valores de PE-2 y caudal de p-xileno máximos se alcanzan para una utilización efectiva del 98%. Sin embargo, el caudal de recirculación de tolueno se incrementa sustancialmente respecto al correspondiente para una utilización efectiva del 97%. A partir de una utilización efectiva del 98%, se incrementa la producción de gases + benceno a costa de reducir la producción de p-xileno. Por otra parte, la utilización efectiva por paso está directamente relacionada con la selectividad a p-xileno, tal y como se indica en la gráfica Figura A. 17.

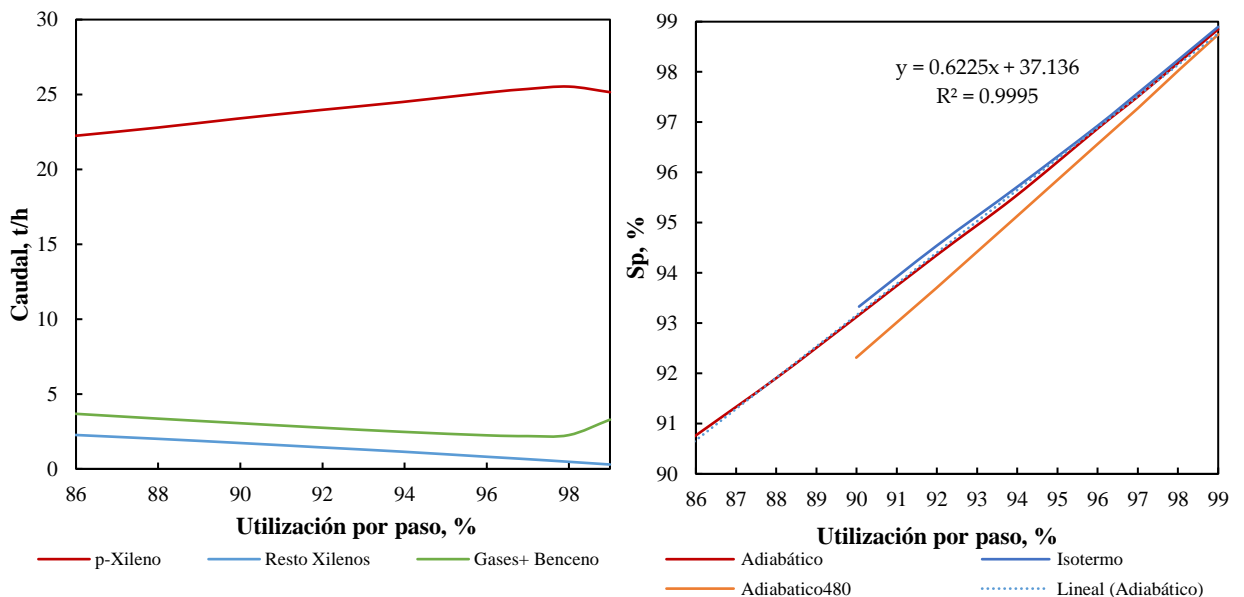


Figura A. 16. Producción p-xileno, otros xilenos y gases en función de la utilización por paso

Figura A. 17 Relación entre selectividad a p-xileno y utilización por paso

Debido a que los puntos de ebullición de los isómeros del xileno y del etilbenceno son muy similares, la purificación de p-xileno mediante destilación no es atractivo. Industrialmente se lleva a cabo mediante cristalización o adsorción, pero para ello, la pureza en p-xileno en xilenos debe de ser superior al 97.5% (ref. 10). Para la utilización efectiva por paso seleccionada (97%), la selectividad a p-xileno es del 97.5%, para una temperatura de entrada al reactor de 400 °C y de 97.3% para 480 °C.

La cantidad de catalizador necesaria se reduce para la utilización efectiva y temperaturas altas.

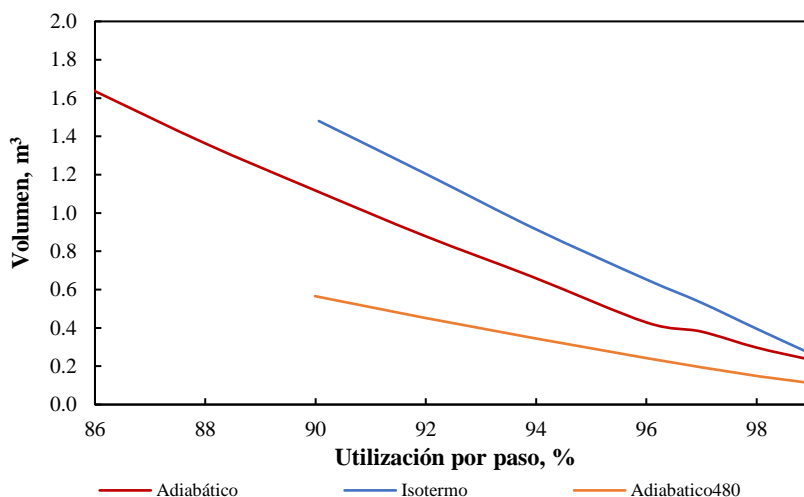


Figura A. 18. Volumen del catalizador en función de la utilización por paso

A.3.3. Sensibilidad a la temperatura

En la tabla adjunta se recogen las temperaturas de salida del reactor adiabático para el rango de utilidades efectivas de 96-98 % y para las temperaturas de entrada de 400 y 480°C.

Tabla A. 19.

T_{IN}	Utilización efectiva	T_{out}
400	96	466.1
	97	462.6
	98	456.6
480	96	539.6
	97	538.5
	98	532.9

Dado que el rango de validez de la cinética llega hasta 540 °C, se ha tomado 480 °C como máxima temperatura de entrada al reactor adiabático.

El perfil de temperaturas para las configuraciones adiabática e isotérmica para una utilización efectiva por paso del 97% se recoge en la figura adjunta.

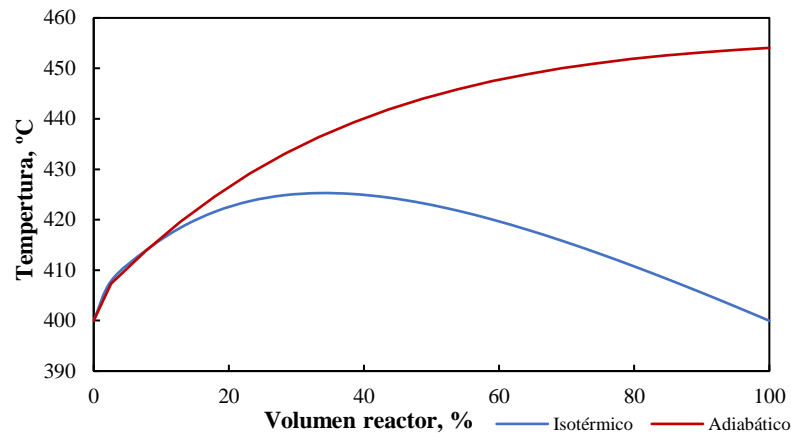


Figura A. 20. Comparativa entre el reactor (adiabático o isotermo) respecto a la temperatura a lo largo del volumen.

Para la configuración isotérmica, el máximo incremento de temperatura dentro del reactor es de 25 °C. Para que el reactor este dentro del rango de validez de la cinética, la máxima temperatura de entrada al reactor isotérmico es de 515 °C.

El impacto de la temperatura de entrada al reactor en función de su configuración y de la temperatura se muestra en la figura adjunta.

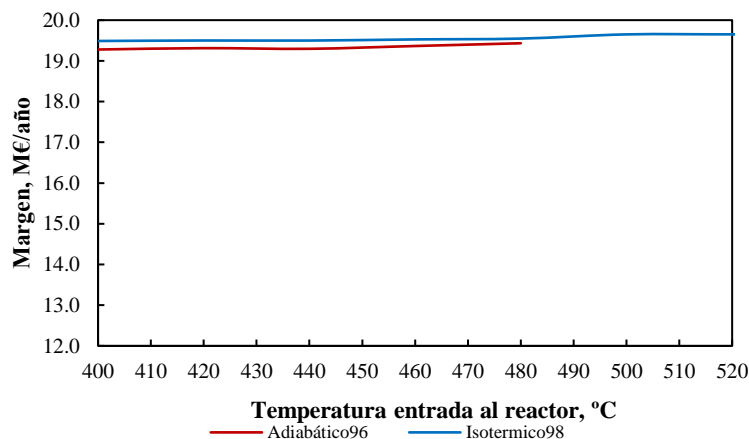


Figura A. 21. Estudio del impacto de la temperatura de entrada al reactor en el margen (PE-2) según el tipo de reactor

Para una misma utilización efectiva, el PE-2 es similar para diferentes temperaturas. Por ello, se propone trabajar a la menor temperatura para reducir los costes variables de calentamiento.

Según se deduce de la figura el PE-2 para el reactor isotérmico 400 °C es superior al obtenido con el adiabático. Dicho potencial se mantiene estable dentro del rango de validez de la cinética con respecto a la temperatura según se refleja en la Figura A. 21.

Sin embargo, la configuración adiabática tiene las ventajas siguientes:

- Menor inversión y menores costes de operación.
- Menor riesgo de obstrucción y de caminos preferenciales.
- Mejora en el control del reactor.
- Temperatura de salida del reactor es mayor por lo que, permite un mejor aprovechamiento energético a niveles térmicos altos.

Por ello, la configuración seleccionada es la adiabática.

A.3.4. Sensibilidad a la presión

Para el rango de utilizaciones efectivas seleccionadas se ha comprobado que el PE-2 se incrementa conforme aumenta la presión. El impacto de la presión en el margen (PE-2) se representa en la figura adjunta.

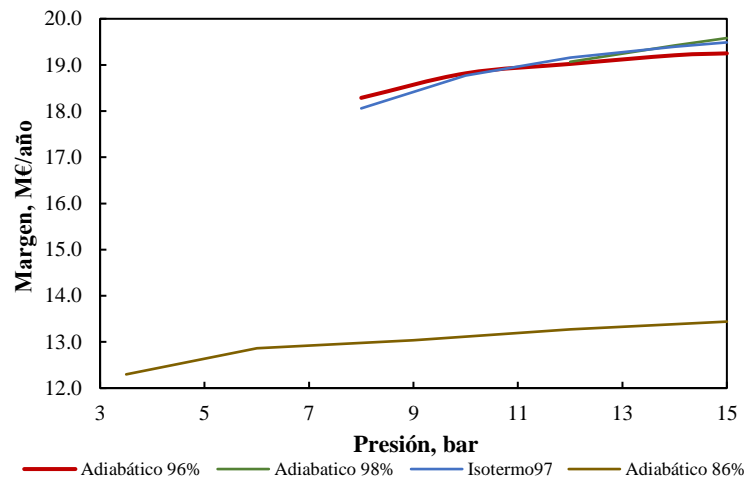


Figura A. 22. Estudio del impacto de la presión.

Las utilizaciones efectivas altas, solo se pueden conseguir a presiones altas. Si la presión se reduce, la conversión por paso disminuye y se requieren caudales de reciclo excesivamente altos. De tal forma que, para la configuración adiabática, las eficiencias del 96 y del 98% solo se consiguen para presiones superiores a 8 y 12 bar respectivamente.

A.3.5. Relación tolueno/metanol

En la configuración adiabática, a una temperatura de entrada al reactor de 400 °C y una presión de 15 bar se ha comprobado que PE-2 es mayor cuando se utiliza la totalidad de los caudales de reactivos disponibles (25 t/h tolueno y 10 t/h metanol) para una utilización efectiva por paso del 97%. Tal y como se recoge en la figura siguiente, cuando la relación tolueno/metanol se reduce o aumenta respecto a la obtenida para la utilización efectiva seleccionada (Tol/MeOH = 3.31).

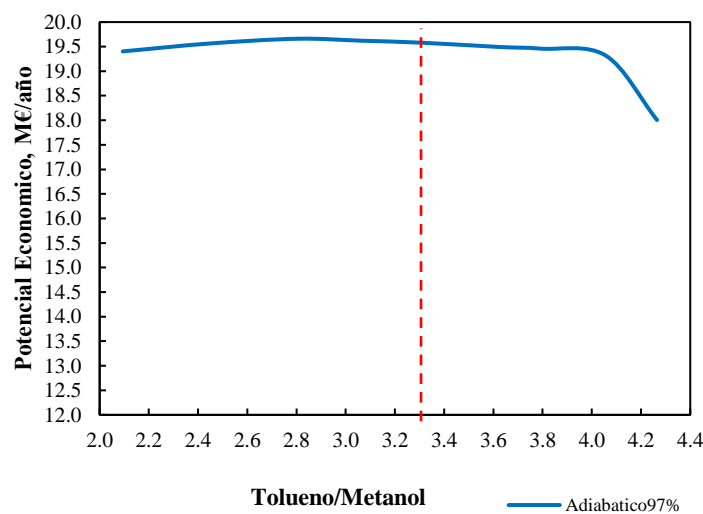


Figura A. 23. Evolución del PE-2 respecto a la relación Tolueno/Metanol a la entrada del R-101.

A.4. ESTUDIO DE SENSIBILIDAD DE PARAMETROS DE DISEÑO DE COLUMNAS

A.4.1. Columna de metanol DC-201

Para definir los parámetros básicos de diseño de la columna, en primer lugar, se ha efectuado una simulación *Short-cut* con el programa *Aspen Hysys®* V.11. El modelo de cálculo termodinámico seleccionado es el NRTL que está basado en modelos de actividad y son más adecuados para sistemas no ideales como el metanol-agua (ref. 16) (ref. 17).

La presión de trabajo seleccionada es de 1.3 bar en el acumulador de cabeza de la columna para disponer de suficiente presión para enviar los incondensables que pudiese haber hacia la red de antorcha, pero lo suficientemente baja para facilitar la destilación y reducir los requerimientos energéticos.

La relación de reflujo mínimo calculado para un contenido de metanol en el fondo de 1,000 ppm en peso (0.06 % mol) y de 1,500 ppm en peso (0.27 % mol) de agua en metanol es de 3.589. El análisis de sensibilidad del número de platos con la relación de reflujo se refleja en la tabla adjunta.

Tabla. A. 24. Análisis de sensibilidad para determinar el número de platos respecto la relación de reflujo.

Relación reflujo	Número etapas	Número etapa alim	Q_{condensador} GJ/h	Q_{reboiler}, GJ/h	RR/RRm in
4	31.7	21.5	2.22	4.26	1.11
4.5	26.5	18	2.44	4.48	1.25
5.5	21.8	14.8	2.88	4.92	1.53

Por otra parte, debido a requerimientos en el resto de la planta, para la simulación rigurosa de la planta y de las columnas de destilación, el modelo de cálculo termodinámico se cambió de toda la planta se cambió a PRSV (*Peng Robison* modificado por *Stryjek-Vera*). Los resultados estaban muy alejados de los previstos por el *Short-cut*; por lo que para la columna DC-201 se decidió mantener el modelo NRTL. En la tabla adjunta se reflejan los diferentes cálculos efectuados con la simulación rigurosa de la columna para diferentes especificaciones, platos de alimentación, número de platos y temperatura de la alimentación.

Tabla. A. 25. Datos obtenidos con el programa *Aspen Hysys®* modificando las diferentes variables.

Agua, %	Metanol, %	Modelo	T alim, °C	Rel. Reflujo	Núm. etapas	Núm. etapa alim.	Q_{conde} nsa GJ/h	Q_{reboiler}, GJ/h
0.27	0.06	PRSV	38	68.3	22	15	30.79	32.75
0.27	0.06	PRSV	38	49.4	30	20	22.37	24.33
0.27	0.06	PRSV	38	37.9	35	20	17.28	19.24
0.27	0.06	PRSV	38	34.7	35	17	15.85	17.81
0.27	0.06	PRSV	38	32.6	35	14	14.93	16.89
0.27	0.06	PRSV	38	31.5	35	11	14.42	16.38
0.27	0.06	PRSV	38	32.2	35	8	14.72	16.72
0.27	0.06	PRSV	38	31.4	35	10	14.40	16.35

1.00	0.06	PRSV	38	30.8	35	10	14.25	16.21
1.00	0.60	PRSV	38	24.7	35	10	9.70	11.65
0.27	0.06	NRTL	38	4.6	35	10	2.15	3.99
0.27	0.06	NRTL	38	22.1	22	6	4.49	4.67
0.27	0.06	NRTL	38	4.7	22	10	2.21	4.04
0.27	0.06	NRTL	38	4.6	22	15	2.18	4.01
0.27	0.06	NRTL	70	6.0	22	15	2.70	3.73
2.5	0.06	NRTL	95	4.4	22	15	3.23	4.16
2.5	0.06	NRTL	95	4.4	18	11	3.23	4.16
2.5	0.06	NRTL	95	5.5	14	7	3.86	4.79
5.0	0.06	NRTL	95	4.5	18	11	3.23	4.16
5.0	0.06	NRTL	95	4.3	14	7	3.27	4.20

En función del análisis de sensibilidad anterior, se selecciona la opción de relajar la especificación del contenido de agua en metanol al 5% molar y mantener la especificación de contenido de metanol en el agua efluente a 1,000 ppm en peso.

A.4.2. Columna desgasificadora DC-202

De acuerdo con lo indicado en el apartado 4.2.3, la presión de operación en la columna DC-202 permite el trasiego del producto de fondo hacia la columna DC-203 por gravedad. Para ello, la presión de operación en el acumulador de condensación es de 3.95 bar.

El benceno producido en la reacción debe salir por cabeza de la columna DC-202 pero el contenido en el fondo de la columna se puede relajar para reducir el consumo energético en la columna, pero a costa de un aumento de consumo en el resto de la planta debido al reciclaje de benceno que introduce. Se han efectuado cálculos de balances de materia y energía para las concentraciones de benceno en la corriente de fondo de la columna DC-202 siguientes: 2.24, 0.80, 0.63, 0.50, 0.30 y 0.10 % molar.

En primer lugar, se ha efectuado el cálculo de diseño preliminar de la columna mediante *Short-cut*. Durante dichas simulaciones, la especificación de contenido de tolueno en cabeza se ha mantenido en el 18.0 % molar.

Para el contenido de 2.24 % de benceno en fondo, la relación de reflujo mínimo era de 0.793. En la tabla adjunta se reflejan los resultados más representativos del análisis de sensibilidad en el diseño preliminar.

Tabla. A. 26. Análisis de sensibilidad, diseño DC-202 en *Short-cut*

Relación reflujo	Número etapas	Número etapa alim	$Q_{\text{condensador}}$ GJ/h	Q_{termosi} GJ/h	RR/RRm
0.800	25.2	16.2	1.180	6.450	1.009
0.830	13.1	8.5	1.230	6.490	1.047
0.850	12.2	7.8	1.260	6.520	1.072
0.900	11.0	7.1	1.330	6.600	1.135
0.950	10.2	6.6	1.410	6.670	1.198
1.000	9.7	6.2	1.480	6.740	1.261

Posteriormente, se ha efectuado un análisis de sensibilidad para las concentraciones de benceno anteriormente indicadas y para una concentración de tolueno en cabeza del 18.0 y 5.0 %. Los resultados más relevantes se encuentran en la tabla adjunta.

Tabla. A. 27. Análisis sensibilidad, parámetros de diseño DC-202

Tolueno gas cab	Benceno fondo	Rel Reflujo	Número etapas	Número etapa alim	Q_{condensa dor} GJ/h	Q_{termosi, GJ/h}
18.0	2.24	1.895	11	9	4.07	5.16
18.0	2.24	1.853	11	8	3.97	5.09
18.0	2.24	1.926	11	7	4.15	5.30
18.0	0.80	4.478	11	8	10.11	11.71
18.0	0.80	4.488	11	9	10.08	11.66
18.0	0.63	5.374	11	9	12.14	13.77
18.0	0.63	5.343	11	8	12.12	13.76
18.0	0.50	6.300	11	8	14.33	16.00
18.0	0.30	8.904	11	8	20.32	22.03
18.0	0.10	18.060	11	8	41.30	43.05
5.0	2.24	2.551	11	10	4.58	5.50
5.0	2.24	2.594	11	9	4.68	5.84
5.0	2.24	2.705	11	8	4.89	6.12
5.0	2.24	2.936	11	7	5.35	6.62
5.0	2.24	3.474	11	6	6.45	7.81
5.0	2.24	2.551	12	10	4.58	5.72
5.0	2.24	2.705	12	8	4.89	6.13
5.0	0.80	6.437	12	8	12.59	14.50
5.0	0.80	6.531	11	8	12.72	14.61
5.0	0.80	6.027	11	9	11.48	13.25
5.0	0.63	7.937	11	8	15.58	17.54
5.0	0.63	7.373	11	9	14.34	16.25
5.0	0.63	7.313	11	10	14.07	15.93
5.0	0.50	9.590	11	8	18.90	20.91
5.0	0.30	14.420	11	8	28.51	30.58
5.0	0.10	37.380	11	10	73.73	75.83
5.0	0.10	36.400	11	8	72.01	74.11

A continuación, se muestra el consumo energético en el termosifón:

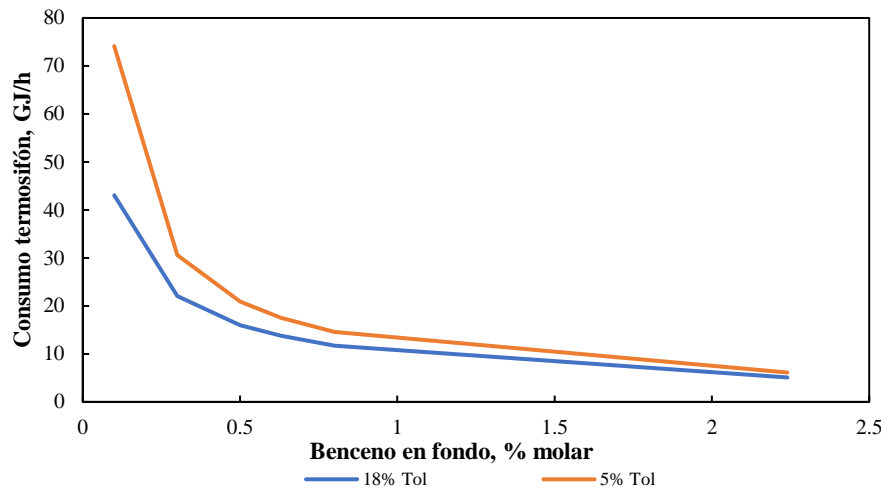


Figura A. 28. Estudio del impacto en la separación de la cantidad de benceno en el fondo con respecto al consumo energético del termosifón.

En función de los resultados obtenidos, se ha diseñado la instalación para un contenido en tolueno del 5% en la corriente de gas de cabeza de la columna y un contenido de benceno del 2.24% de benceno en el fondo de la columna. Dicho contenido representa el 90% del benceno que entra. Por lo que por cada molécula de benceno formada en el reactor y que sale con los gases, se recirculan 9.

Se ha comprobado el impacto del reciclo de benceno en el consumo global de la planta para un contenido de benceno en fondo de 2.24 y 0.63% molar. La operación con mayor reciclo de benceno representa una reducción del consumo energético de 6.96 GJ/h y un aumento del margen a variables de 0.60 M€/año.

A.4.3. Columna de tolueno DC-203

El contenido de tolueno en la corriente de xilenos viene limitado por la especificación y en todos los trabajos previos se ha fijado en 0.05% molar. El contenido de p-xileno en el tolueno de recirculación al reactor está limitado por su impacto económico, para analizarlo se ha efectuado un estudio de sensibilidad para las concentraciones siguientes: 0.1, 0.5, 1.0, 1.37, 2.0, 3.0 y 4.0%.

Para el estudio preliminar, se ha fijado una concentración de p-xileno de 0.1 % en la corriente de tolueno de recirculación. Los resultados más relevantes se muestran en la tabla adjunta.

Tabla. A. 29 Análisis de sensibilidad, diseño DC-203 en *Short-cut*

Relación reflujo	Número etapas	Número etapa alim	$Q_{\text{condensador}}$ GJ/h	Q_{termosi} GJ/h	RR/RR m
1.700	39.4	11.6	64.0	95.4	1.43
1.600	41.6	12.3	60.2	91.6	1.35
1.500	44.5	13.1	56.4	87.9	1.26
1.400	48.3	14.2	52.7	84.1	1.18
1.300	53.9	15.9	48.9	80.3	1.10
1.200	87.3	25.7	45.2	76.6	1.01

Posteriormente, se ha efectuado un análisis de sensibilidad para las concentraciones de p-xileno anteriormente indicadas. Los resultados más relevantes se encuentran en la tabla adjunta.

Tabla. A. 30 Análisis sensibilidad, parámetros de diseño DC-203

Tolueno gas cab	Benceno fondo	Rel Reflujo	Número etapas	Número etapa alim	Q_{condensado} r GJ/h	Q_{termosi}, GJ/h
0.05	0.10	1.282	43	26	87.0	80.6
0.05	0.10	1.279	43	25	86.9	80.5
0.05	0.10	1.286	43	26	87.2	80.8
0.05	0.10	1.311	43	27	88.1	81.8
0.05	0.10	1.684	45	14	102.3	95.8
0.05	0.10	1.259	45	25	86.1	79.7
0.05	0.10	1.252	45	26	85.9	79.5
0.05	0.10	1.252	45	27	85.9	79.5
0.05	0.10	1.263	45	28	86.3	79.9
0.05	0.10	1.292	45	29	87.4	81.0
0.05	0.10	1.425	48	18	92.4	85.6
0.05	0.10	1.386	48	19	91.0	84.6
0.05	0.10	1.353	48	20	89.7	83.4
0.05	0.10	1.325	48	21	88.7	82.2
0.05	0.10	1.302	48	22	87.8	81.3
0.05	0.10	1.282	48	23	87.0	80.6
0.05	0.10	1.265	48	24	86.3	79.9
0.05	0.10	1.250	48	25	85.8	79.3
0.05	0.10	1.238	48	26	85.3	78.9
0.05	0.10	1.222	48	28	84.7	78.3
0.05	0.10	1.224	48	30	84.8	78.4
0.05	0.10	1.272	48	32	86.6	80.3
0.05	1.00	1.045	45	23	78.9	72.5
0.05	1.00	1.044	45	22	78.8	72.3
0.05	1.00	1.047	45	21	79.0	72.1
0.05	1.00	1.053	45	19	79.2	72.7
0.05	1.37	0.998	45	20	77.4	70.9
0.05	1.37	0.996	45	21	77.4	70.8
0.05	1.37	0.998	45	22	77.4	70.6
0.05	1.37	0.997	45	24	77.5	70.5
0.05	1.37	0.996	45	26	77.5	70.4

0.05	1.37	1.002	45	28	-77.7	70.8
0.05	2.00	1.001	45	24	-77.5	70.8
0.05	2.00	0.998	45	26	-77.3	70.2
0.05	3.00	1.001	45	24	-77.5	70.8
0.05	3.00	0.990	45	26	-77.1	70.0

Del análisis del estudio anterior, se selecciona un contenido en p-xileno de 1.37 % y 45 platos teóricos con alimentación en el plato 26 teórico.

Posteriormente al análisis de sensibilidad anterior, la mejora en la recuperación de metanol permitió reducir el reciclo de tolueno y, por tanto, disminuir el consumo energético en el termosifón. En la tabla adjunta se refleja la variación del consumo energético en función del contenido de p-xileno en el tolueno de reciclo.

Tabla. A. 31. Impacto del contenido de p-xileno en el reciclo de tolueno.

p-Xileno en reciclo	Q_{termosi} , GJ/h	Producción p-Xileno, t/h	Reciclo Tolueno, t/h	Consumo Fracciona GJ/h
0.1	73.88	26.474	98.6	110.0
0.5	68.24	26.446	99.3	104.5
1.0	66.54	26.424	100.3	102.8
1.37	64.66	26.362	100.6	101.1
2.0	62.92	26.305	104.7	99.6
3.0	61.31	26.251	106.2	99.1
4.0	60.44	26.202	111.2	99.8

En las figuras adjuntas se refleja la variación de consumo en el termosifón y la producción de p-xileno en función del contenido de dicho componente en el reciclo de tolueno.

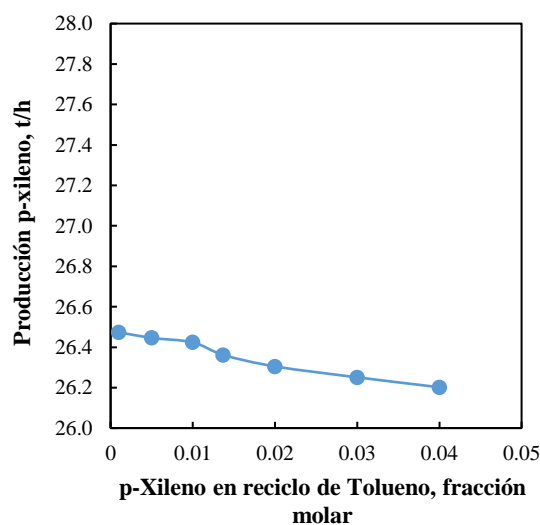
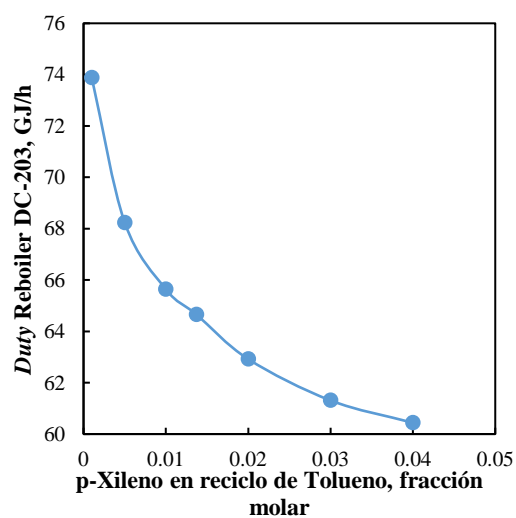


Figura. A. 32. P-xileno en el reciclo de tolueno respecto al consumo energético DC-203.

Figura. A. 33. P-xileno en el reciclo de tolueno respecto a la producción de p-xileno.

En función de la información anterior, se comprueba que el impacto en la planta de modificar la especificación de p-xileno de 1.37 a 2.0 % es una reducción de margen de 0.04 M€/año y en el consumo energético de un incremento de 0.31 GJ/h, dado que el menor consumo en el termosifón E-209 se compensa con un mayor reciclo al reactor y pérdida de producción de p-xileno. Por lo que se mantiene la especificación de p-xileno en 1.37 %.

A.5. ESTUDIO DE LA INTEGRACION ENERGETICA Y DATOS OBTENIDOS DEL ENERGY ANALYZER®

La propuesta de integración energética del programa *Energy Analyzer*® se refleja en la documentación y gráficas adjuntas.

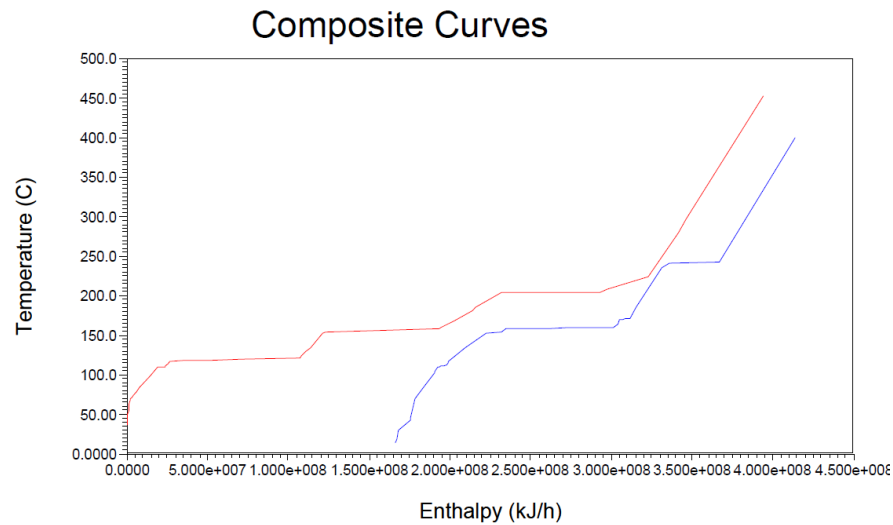


Figura. A. 34. Curvas compuestas de las corrientes frías y calientes del proceso por *Aspen Hysys*®.

Curvas compuestas de corrientes calientes y frías para un acercamiento de 15°C

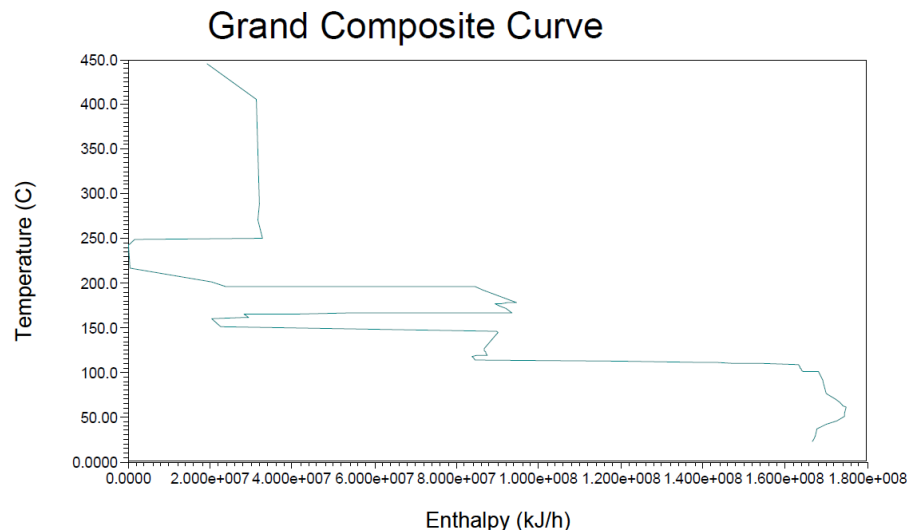


Figura. A. 35. Gran curva compuesta del sistema por *Aspen Hysys*®.

Gran curva compuesta donde se aprecian las demandas de calentamiento y enfriamiento para un punto *Pinch* de 242°C. En la figura contigua se indica la propuesta de cambiadores para llevar a cabo la integración energética.

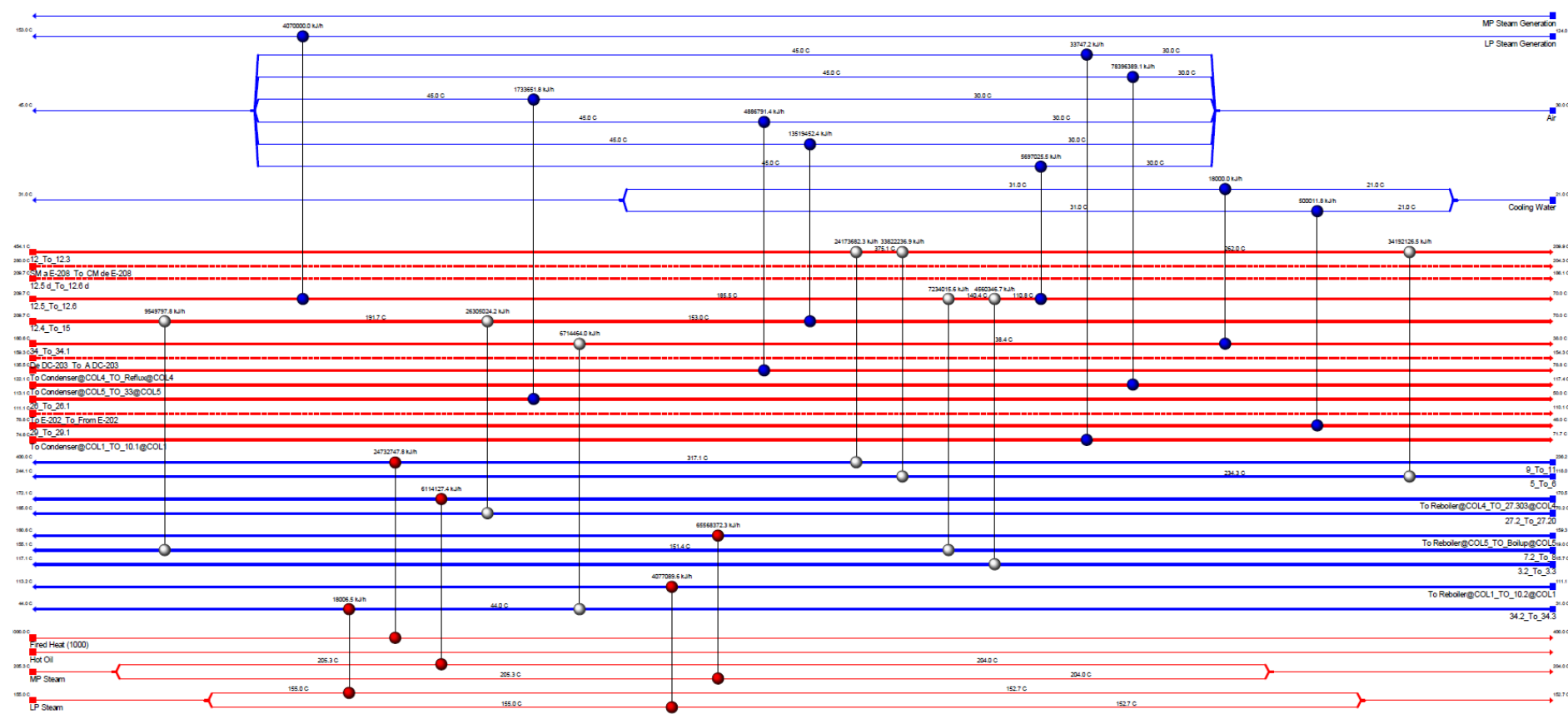
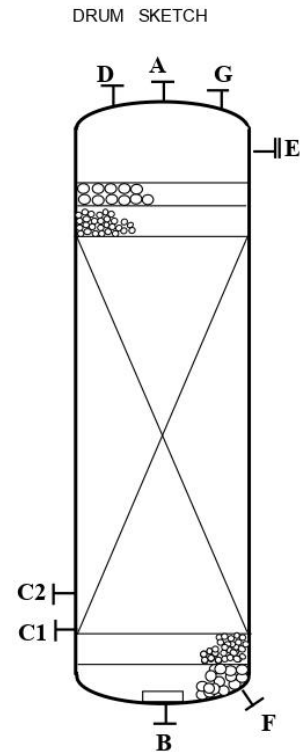


Figura. A. 36. Propuesta de intercambiadores para la integración energética.

A.6. DIMENSIONAMIENTO EQUIPOS

A.6.1. Reactor

1	GENERAL	Manufacturer:							
2		Item:	R-101 A/B						
3		Description:	Reactor de alquilación de tolueno		Position:	Horiz.	X	Vertical	
4		Product:							
5		Operating Pressure (eff.)			14.3	kg/cm ² g			
6		Operating Temperature			455	°C			
7		Liquid Density				kg/m ³			
8		Design Pressure (eff.)			17.8	kg/cm ² g			
9		Design Temperature			483	°C			
10		Hydrostatic Test (eff.)			28.3	kg/cm ² g			
11	DESIGN DATA	Corr. Allow.	Shell / Heads						
12		Joint Eff.	Shell / Heads		3.2				
13		Code:	ASME VIII Div 1						
14		Radiograph:			100%				
15		Stress Relieve:			X	Yes	No		
16		Seismic:	0.04 g < ab < 0.08 g						
17		Wind Load:			1280		N/m ²		
18		Hydrostatic Test (eff.)			28.3		kg/cm ² g		
19	MATERIALS	Thickness		Mat'l Class					
20		Shell			mm		ASTM A387 GR. 11 CL. 1/2		
21		Heads			mm		ASTM A387 GR. 11 CL. 1/2		
22		Lining			mm				
23		Nozzle Necks							
24		Flanges							
25	CONSTRUCTION	Dia.		L / H		Material			
26		Shell	1 m		3.59 m		ASTM A387 GR. 11		
27		Heads	1 m		0.25		ASTM A387 GR. 11		
28		Insulation:			X	Yes	No		
29		Fireproofing:			X	Yes	No		
30		Sandblast:				Yes	No		
31		Paint:			X	Yes	No		
32		Wt. Empty:			710		kg		
33		Wt. Full Water:			3220		kg		
34	N	Service	Mark	Nº	Size	Rating			
35	O	Entrada de gas	A	1	16 in	300 #			
36	Z	Salida de gas	B	1	16 in	300 #			
37	Z	Medidor de Temperatura TI 102 A/B	C	2	3/4 in	300 #			
38	L	Medidor de Presión PI 101	D	1	1 in	300 #			
39	E	Boca de hombre	E	1	24 in	300 #			
40		Descarga de catalizador	F	1	4 in	300 #			
41	S	Venteo	G						
42	C		H						
43	H		I						
44	E		J						
45	D								
46	U								
47	L								
48	E								
49									
0									
REV.	DATE	PREP.		APPR.					



NOTES:
El reactor contiene 1808 kg de catalizador y 860 kg de bolas cerámicas de alúmina



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química

A.6.2. Columnas

A.6.2.1 DC-201

TOWER DATA SHEET

1	GENERAL	Manufacturer:													
2		Item:	DC-201												
3		Service:	Columna de metanol												
4		Type:	Columna relleno												
5	OPER. CONDIT.	Product	Metanol		<p>TOWER SKETCH</p>										
6		Temper.	71.78/113.2 °C												
7		Pressure	0.29/0.60 kg/cm ² g												
8		Liquid Density	740,6/936,3 kg/m ³												
9		Liquid Viscosity	0.3076/0.2447 cP												
10		Tray Number (Bottom Tray=No.1)	14												
11		Tower Inside Diameter	650/1000 mm.												
12		Tray Spacing	609,6 mm.												
13		Max. ΔP per Tray	2,866 mbar												
14		Minimum Area/Downcomer	----- m ²												
15	Valves, Bubble Caps / Tray	-----													
16	Perforations / Tray	-----													
17															
18	DESIGN DATA	Des.Pr.(eff.)	3.560 kg/cm ² g												
19		Des.Temp.	141.2 °C												
20		Liquid Density	936.3 kg/m ³												
21		Design Range	75-115 %												
22		Hydr. Test	3.56 kg/cm ² g												
23		Code:	ASME VIII Div 1												
24		Corr.Allow.mm: Shell / Heads	3.18 / mm.												
25		Joint Efficiency:	0.9 %												
26		Stress.Rel.:	X	Yes	No										
27		Radiograph:	X	Yes	No										
28		Sandblast:	X	Yes	No										
29		Paint:	X	Yes	No										
30		Insulation: Lana Mineral 4 in	X	Yes	No										
31		Fireproofing:	X	Yes	No										
32		Wind Load:	1280 N/m ²												
33	Seismic:	X	Yes	No											
34	Wt.Empty:	3293 kg													
35	Wt.Full Water:	10893 kg													
36	T R A Y S	Tray No.	Diam.	Spacing	Material										
37		Thru 1 to 7	650	610	Pall 1 in SS 304										
38		Thru 8 to 14	650	610	Pall 1 in SS 304										
39		Thru to													
40		Thru to													
41	S N A & L S	Contact Device:	Bubble Caps												
42			Valves												
43			Perfor.												
44		Packing: Pall 1 in													
45	M A T E R I A L	Demister:													
47			Thick. (mm.)	Mat'l Class											
48		Shell-Top	5	ASTM A387 GR. 11 CL											
49		Intermed	5	ASTM A387 GR. 11 CL											
50		Bottom	5	ASTM A387 GR. 11 CL											
51															
52		Head-Top	5	ASTM A387 GR. 11 CL											
53		Intermed	5	ASTM A387 GR. 11 CL											
54	Bottom	5	ASTM A387 GR. 11 CL												
55															
56															
57															
58															
59	N O Z Z L E	Service	Mark	No.	Size	Rating	Service	Mark	No.	Size	Rating				
60		Alimentación	N	1	2 1/2 in	150 #		N							
61		Salida de gases de cabeza	P	1	6 in	150 #		P							
62		Reflujo	Q	1	1 in	150 #		Q							
63		Salida de líquido fondo	R	1	2 1/2 in	150 #		R							
64		Boca de hombre	S	3	20 in	150 #		S							
65		Líquido a termostifón E-206	T	2	1 1/2 in	150 #		T							
66		Salida del termostifón E-206	U	2	6 in	150 #		U							
67		Venteo	V	1	1 in	150 #		V							
68		Nivel L-201	W	4	1 in	150 #		W							
69		Indicador de presión PI-211	X	1	1 in	150 #		X							
70			Y					Y							
71		Z					Z								
72	NOTES:														
73															
74															
75															
76															
77															
78															
79	o														
80	REV.	DATE	PREP.	APPR.											
81					UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química Departament d'Enginyeria Química										

A.6.2.2 DC-201 con KG-Tower®
Sección de Purificación de la DC-201

KOCH-GLITSCH® Customer's copy.
 KG-TOWER® Software v 5.4 Strictly confidential. Property of Koch-Glitsch.
 Registered To: Elena Lázaro, Student-URV **PACKED TOWER RATING DATA**

Project Name	Producción de Xilenos a partir Tolueno y Metanol			Date :	30-May-2022	Page :	1/ 4
Tower Name	DC-201			File :	DC201-3.kgt		
Case Name	Caso 3			By :		Revision :	
ZONE DESCRIPTION		Purificación Cabeza	Purificación Cabeza	Purificación Cabeza			
BED NUMBER		1	MIN	MAX			
% OF LOADING		100	75	115			
LOADINGS							
Vapor Rate	kg/hr	2227	1670	2561			
Vapor Density	kg/m3	1,518	1,518	1,518			
Vapor Volume	m3/s	0,41	0,31	0,47			
Vapor Viscosity	cP	0,0069	0,0069	0,0069			
Liquid Rate	kg/hr	1742	1307	2003			
Liquid Density	kg/m3	744,70	744,70	744,70			
Liquid Volume	m3/hr	2,34	1,75	2,69			
Surface Tension	mN/m	26,43	26,43	26,43			
Liquid Viscosity	cP	0,303	0,303	0,303			
System Factor		1,00	1,00	1,00			
Packing Type		FLEXIRING® 1" random packing METAL	FLEXIRING® 1" random packing METAL	FLEXIRING® 1" random packing METAL			
Tower Diameter	mm	650	650	650			
Tower Area	m2	0,33	0,33	0,33			
Fs	m/s*(kg/m3)^0.5	1,51	1,13	1,74			
Cv	m/s	0,06	0,04	0,06			
Liquid Loading	m3/hr/m2	7,05	5,29	8,11			
Calculated Capacity Constant Liquid	%	58	42	68			
Pressure Drop	mbar/m	2,63	1,39	3,60			

KOCH-GLITSCH® Customer's copy.
 KG-TOWER® Software v 5.4 Strictly confidential. Property of Koch-Glitsch.
 Registered To: Elena Lázaro, Student-URV **PACKED TOWER RATING DATA**

Project Name	Producción de Xilenos a partir Tolueno y Metanol			Date :	30-May-2022	Page :	2/ 4
Tower Name	DC-201			File :	DC201-3.kgt		
Case Name	Caso 3			By :		Revision :	
ZONE DESCRIPTION		Purificación Fondo	Purificación Fondo	Purificación Fondo			
BED NUMBER		6	MIN	MAX			
% OF LOADING		100	75	115			
LOADINGS							
Vapor Rate	kg/hr	1396	1047	1605			
Vapor Density	kg/m3	1,011	1,011	1,011			
Vapor Volume	m3/s	0,38	0,29	0,44			
Vapor Viscosity	cP	0,0089	0,0089	0,0089			
Liquid Rate	kg/hr	940	705	1081			
Liquid Density	kg/m3	920,40	920,40	920,40			
Liquid Volume	m3/hr	1,02	0,77	1,17			
Surface Tension	mN/m	55,94	55,94	55,94			
Liquid Viscosity	cP	0,266	0,266	0,266			
System Factor		1,00	1,00	1,00			
Packing Type		FLEXIRING® 1" random packing METAL	FLEXIRING® 1" random packing METAL	FLEXIRING® 1" random packing METAL			
Tower Diameter	mm	650	650	650			
Tower Area	m2	0,33	0,33	0,33			
Fs	m/s*(kg/m3)^0.5	1,16	0,87	1,34			
Cv	m/s	0,04	0,03	0,04			
Liquid Loading	m3/hr/m2	3,08	2,31	3,54			
Calculated Capacity Constant Liquid	%	35	25	40			
Pressure Drop	mbar/m	1,39	<0.5	1,86			

Sección de Agotamiento DC-201



KG-TOWER® Software v 5.4

Registered To: Elena Lázaro, Student-URV

Customer's copy.
Strictly confidential. Property of Koch-Glitsch.

PACKED TOWER RATING DATA

Project Name	Producción de Xilenos a partir Tolueno y Metanol			Date : 30-May-2022	Page : 3/ 4
Tower Name	DC-201			File : DC201-3.kgt	
Case Name	Caso 3			By :	Revision :
ZONE DESCRIPTION	Agotamiento	Agotamiento	Agotamiento		
BED NUMBER	Cabeza	Cabeza	Cabeza		
	8	MIN	MAX		
% OF LOADING	100	75	115		
LOADINGS					
Vapor Rate	kg/hr	2041	1531	2347	
Vapor Density	kg/m3	0,957	0,957	0,957	
Vapor Volume	m3/s	0,59	0,44	0,68	
Vapor Viscosity	cP	0,0091	0,0091	0,0091	
Liquid Rate	kg/hr	7569	5677	8704	
Liquid Density	kg/m3	927,40	927,40	927,40	
Liquid Volume	m3/hr	8,16	6,12	9,39	
Surface Tension	mN/m	56,25	56,25	56,25	
Liquid Viscosity	cP	0,255	0,255	0,255	
System Factor		1,00	1,00	1,00	
Packing Type		FLEXIRING®	FLEXIRING®	FLEXIRING®	
		1"	1"	1"	
		random	random	random	
		packing	packing	packing	
		METAL	METAL	METAL	
Tower Diameter	mm	650	650	650	
Tower Area	m2	0,33	0,33	0,33	
Fs	m/s*(kg/m3)^0.5	1,75	1,31	2,01	
Cv	m/s	0,06	0,04	0,07	
Liquid Loading	m3/hr/m2	24,60	18,45	28,28	
Calculated Capacity	%	72	50	86	
Constant Liquid					
Pressure Drop	mbar/m	4,88	2,38	7,37	



KG-TOWER® Software v 5.4

Registered To: Elena Lázaro, Student-URV


Customer's copy.
Strictly confidential. Property of Koch-Glitsch.

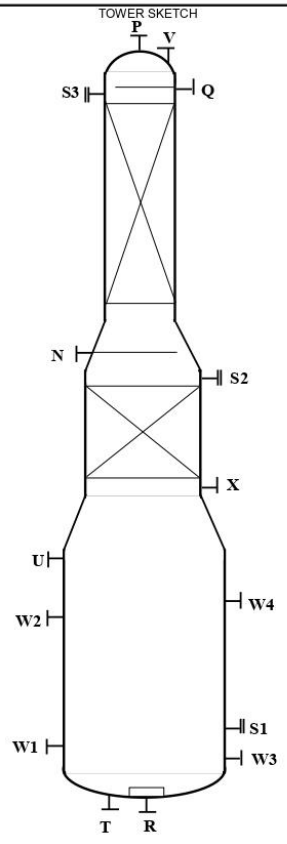
PACKED TOWER RATING DATA

Project Name	Producción de Xilenos a partir Tolueno y Metanol			Date : 30-May-2022	Page : 4/ 4
Tower Name	DC-201			File : DC201-3.kgt	
Case Name	Caso 3			By :	Revision :
ZONE DESCRIPTION	Agotamiento	Agotamiento	Agotamiento		
BED NUMBER	Fondo	Fondo	Fondo		
	14	MIN	MAX		
% OF LOADING	100	75	115		
LOADINGS					
Vapor Rate	kg/hr	1820	1365	2093	
Vapor Density	kg/m3	0,852	0,852	0,852	
Vapor Volume	m3/s	0,59	0,44	0,68	
Vapor Viscosity	cP	0,0095	0,0095	0,0095	
Liquid Rate	kg/hr	7410	5558	8522	
Liquid Density	kg/m3	937,70	937,70	937,70	
Liquid Volume	m3/hr	7,90	5,93	9,09	
Surface Tension	mN/m	56,42	56,42	56,42	
Liquid Viscosity	cP	0,234	0,234	0,234	
System Factor		1,00	1,00	1,00	
Packing Type		FLEXIRING®	FLEXIRING®	FLEXIRING®	
		1"	1"	1"	
		random	random	random	
		packing	packing	packing	
		METAL	METAL	METAL	
Tower Diameter	mm	650	650	650	
Tower Area	m2	0,33	0,33	0,33	
Fs	m/s*(kg/m3)^0.5	1,85	1,24	1,90	
Cv	m/s	0,05	0,04	0,06	
Liquid Loading	m3/hr/m2	23,81	17,86	27,39	
Calculated Capacity	%	67	47	80	
Constant Liquid					
Pressure Drop	mbar/m	4,25	2,10	6,24	

A.6.2.3 DC-202

TOWER DATA SHEET

TOWER DATA SHEET																						
1	GENERAL		Manufacturer:																			
2			Item:		DC-202																	
3			Service:		Separación de gases																	
4			Type:		Columna relleno																	
5	OPER. CONDIT.		Product:		Etileno/Metanol/Agua/Benceno/Tolueno/																	
6			Temper.		78.85/172.1 °C °C																	
7			Pressure		3.1/3.2 kg/cm2g																	
8			Liquid Density		750.4/714.9 kgkg/cm ³																	
9			Liquid Viscosity		0.1932/0.1561 cP																	
10			Tray Number (Bottom Tray=No.1)		11																	
11			Tower Inside Diamenter		1104/1625/3000 mm																	
12			Tray Spacing		630.9 mm.																	
13			Max. ΔP per Tray		2.174 mbar																	
14			Minimum Area/Downcomer		m ²																	
15	Valves, Bubble Caps / Tray																					
16	Perforations / Tray																					
17																						
18	DESIGN DATA		Des.Pr.(eff.)		4.99 kg/cm ² g																	
19			Des.Temp.		200.1 °C																	
20			Liquid Density		750.4 kg/m ³																	
21			Design Range		75-115 %																	
22			Hydr. Test		4.99 kg/cm ² g																	
23			Code:		ASME VIII Div. 1																	
24			Corr.Allow.mm: Shell / Heads		3.18/ 3.18 / mm.																	
25			Joint Efficiency:		0.9 %																	
26			Stress Rel.:		X		Yes		No													
27			Radiograph:		X		Yes		No													
28			Sandblast:		X		Yes		No													
29			Paint:		X		Yes		No													
30			Insulation: Lana Mineral 6 in		X		Yes		No													
31			Fireproofing:		X		Yes		No													
32			Wind Load:		1280 N/m ²																	
33	Seismic:		X		Yes		No															
34	Wt.Empty:		16320 kg																			
35	Wt.Full Water:		76820 kg																			
36	INSTALLATION & MATERIALS		Tray No.		Diam.		Spacing		Material													
37			Thru 1 to 7		1104		609.6		609.6		Pall 1in ASTM304											
38			Thru 8 to 11		1625		609.6		609.6		Pall 1in ASTM304											
39			Thru to																			
40			Thru to																			
41			Contact Device:																			
42							Bubble Caps															
43							Valves															
44							Perfor.															
45			Packing:																			
46	Demister:																					
47	MATERIAL SPECIFICATION				Thick. (mm.)		Mat'l Class															
48			Shell-Top		5		ASTM A387 GR. 11 CL.															
49			Intermed		5		ASTM A387 GR. 11 CL.															
50			Bottom		5		ASTM A387 GR. 11 CL.															
51																						
52			Head-Top		7		ASTM A387 GR. 11 CL.															
53			Intermed		7		ASTM A387 GR. 11 CL.															
54	Bottom		7		ASTM A387 GR. 11 CL.																	
55																						
56	Cone Section				10		ASTM A387 GR. 11 CL.															
57	Cladding, Lining																					
58																						
59	NOZZLES		Service		Mark		No.		Size		Rating		Service		Mark		No.		Size		Rating	
60			Alimentación		N		1		6 in		150 #		N									
61			Salida de gases de cabeza		P		1		6 in		150 #		P									
62			Reflujo		Q		1		2 1/2 in		150 #		Q									
63			Salida de líquido fondo		R		1		8 in		150 #		R									
64			Boca de hombre		S		3		20 in		150 #		S									
65			Líquido a termosifón E-206		T		1		8 in		150 #		T									
66			Salida del termosifón E-206		U		1		10 in		150 #		U									
67			Venteo		V		1		1 in		150 #		V									
68			Nivel L-202 A/B		W		2		1 in		150 #		W									
69			Indicador de presión PI-212		X		4		1 in		150 #		X									
70					Y								Y									
71					Z								Z									
72	NOTES:																					
73																						
74																						
75																						
76																						
77																						
78																						
79	o																					
80	REV.		DATE				PREP.				APPR.				 UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química Departament d'Enginyeria Química							
81																						



A.6.2.4 DC-202 con KG-Tower®

Sección de Purificación de la DC-202



KG-TOWER® Software v 5.4

Registered To: Elena Lázaro, Student-URV

Customer's copy.
Strictly confidential. Property of Koch-Glitsch.

PACKED TOWER RATING DATA

Project Name	Producción de Xilenos a partir Tolueno y Metanol	Date : 30-May-2022	Page : 1/ 4
Tower Name	DC-202	File : DC202.kgt	
Case Name	Caso 2	By :	Revision :
ZONE DESCRIPTION	Purificación Cabeza	Purificación Cabeza	Purificación Cabeza
BED NUMBER	1	MIN	MAX
% OF LOADING	100	75	115
LOADINGS			
Vapor Rate	kg/hr	10617	7963
Vapor Density	kg/m3	8,620	8,620
Vapor Volume	m3/s	0,34	0,26
Vapor Viscosity	cP	0,0100	0,0100
Liquid Rate	kg/hr	12400	9300
Liquid Density	kg/m3	750,10	750,10
Liquid Volume	m3/hr	16,53	12,40
Surface Tension	mN/m	15,07	15,07
Liquid Viscosity	cP	0,193	0,193
System Factor	1,00	1,00	1,00
Packing Type	FLEXIRING® 1" random packing METAL	FLEXIRING® 1" random packing METAL	FLEXIRING® 1" random packing METAL
Tower Diameter	mm	1104	1104
Tower Area	m2	0,96	0,96
Fs	m/s*(kg/m3) ^{0.5}	1,05	0,79
Cv	m/s	0,04	0,03
Liquid Loading	m3/hr/m2	17,27	12,95
Calculated Capacity	%	56	42
Constant L/V			65
Pressure Drop	mbar/m	1,50	<0.5
			2,09



KG-TOWER® Software v 5.4

Registered To: Elena Lázaro, Student-URV

Customer's copy.
Strictly confidential. Property of Koch-Glitsch.

PACKED TOWER RATING DATA

Project Name	Producción de Xilenos a partir Tolueno y Metanol	Date : 30-May-2022	Page : 2/ 4
Tower Name	DC-202	File : DC202.kgt	
Case Name	Caso 2	By :	Revision :
ZONE DESCRIPTION	Purificación Fondo	Purificación Fondo	Purificación Fondo
BED NUMBER	7	MIN	MAX
% OF LOADING	100	75	115
LOADINGS			
Vapor Rate	kg/hr	15512	11634
Vapor Density	kg/m3	9,765	9,765
Vapor Volume	m3/s	0,44	0,33
Vapor Viscosity	cP	0,0104	0,0104
Liquid Rate	kg/hr	13927	10445
Liquid Density	kg/m3	727,80	727,80
Liquid Volume	m3/hr	19,14	14,35
Surface Tension	mN/m	13,37	13,37
Liquid Viscosity	cP	0,169	0,169
System Factor	1,00	1,00	1,00
Packing Type	FLEXIRING® 1" random packing METAL	FLEXIRING® 1" random packing METAL	FLEXIRING® 1" random packing METAL
Tower Diameter	mm	1104	1104
Tower Area	m2	0,96	0,96
Fs	m/s*(kg/m3) ^{0.5}	1,44	1,08
Cv	m/s	0,05	0,04
Liquid Loading	m3/hr/m2	19,99	14,99
Calculated Capacity	%	76	57
Constant L/V			87
Pressure Drop	mbar/m	3,08	1,53
			4,50

Sección de Agotamiento de la DC-202



KG-TOWER® Software v 5.4

Registered To: Elena Lázaro, Student-URV

Customer's copy.
Strictly confidential. Property of Koch-Glitsch.

PACKED TOWER RATING DATA

Project Name	Producción de Xilenos a partir Tolueno y Metanol			Date : 30-May-2022	Page : 3/ 4
Tower Name	DC-202			File : DC202.kgt	
Case Name	Caso 2			By :	Revision :
ZONE	Agotamiento	Agotamiento	Agotamiento		
DESCRIPTION	Cabeza	Cabeza	Cabeza		
BED NUMBER	9	MIN	MAX		
% OF LOADING	100	75	115		
LOADINGS					
Vapor Rate	kg/hr	7858	5894	9037	
Vapor Density	kg/m3	10,660	10,660	10,660	
Vapor Volume	m3/s	0,20	0,15	0,24	
Vapor Viscosity	cP	0,0100	0,0100	0,0100	
Liquid Rate	kg/hr	142164	106623	163489	
Liquid Density	kg/m3	719,00	719,00	719,00	
Liquid Volume	m3/hr	197,72	148,29	227,38	
Surface Tension	mN/m	12,64	12,64	12,64	
Liquid Viscosity	cP	0,160	0,160	0,160	
System Factor		1,00	1,00	1,00	
Packing Type		FLEXIRING® 1" random packing METAL	FLEXIRING® 1" random packing METAL	FLEXIRING® 1" random packing METAL	
Tower Diameter	mm	1625	1625	1625	
Tower Area	m2	2,07	2,07	2,07	
Fs	m/s*(kg/m3)^0.5	0,32	0,24	0,37	
Cv	m/s	0,01	0,01	0,01	
Liquid Loading	m3/hr/m2	95,34	71,50	109,64	
Calculated Capacity Constant L/V	%	53	40	61	
Pressure Drop	mbar/m	<0.5	<0.5	<0.5	



KG-TOWER® Software v 5.4

Registered To: Elena Lázaro, Student-URV


Customer's copy.
Strictly confidential. Property of Koch-Glitsch.

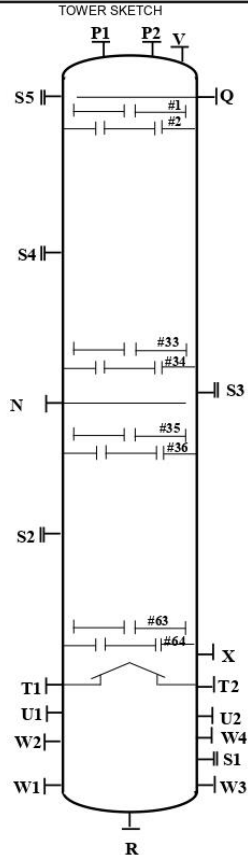
PACKED TOWER RATING DATA

Project Name	Producción de Xilenos a partir Tolueno y Metanol			Date : 30-May-2022	Page : 4/ 4
Tower Name	DC-202			File : DC202.kgt	
Case Name	Caso 2			By :	Revision :
ZONE	Agotamiento	Agotamiento	Agotamiento		
DESCRIPTION	Fondo	Fondo	Fondo		
BED NUMBER	11	MIN	MAX		
% OF LOADING	100	75	115		
LOADINGS					
Vapor Rate	kg/hr	16149	12112	18571	
Vapor Density	kg/m3	11,260	11,260	11,260	
Vapor Volume	m3/s	0,40	0,30	0,46	
Vapor Viscosity	cP	0,0098	0,0098	0,0098	
Liquid Rate	kg/hr	145946	109460	167838	
Liquid Density	kg/m3	714,70	714,70	714,70	
Liquid Volume	m3/hr	204,21	153,15	234,84	
Surface Tension	mN/m	12,26	12,26	12,26	
Liquid Viscosity	cP	0,156	0,156	0,156	
System Factor		1,00	1,00	1,00	
Packing Type		FLEXIRING® 1" random packing METAL	FLEXIRING® 1" random packing METAL	FLEXIRING® 1" random packing METAL	
Tower Diameter	mm	1625	1625	1625	
Tower Area	m2	2,07	2,07	2,07	
Fs	m/s*(kg/m3)^0.5	0,64	0,48	0,74	
Cv	m/s	0,02	0,02	0,03	
Liquid Loading	m3/hr/m2	98,46	73,85	113,23	
Calculated Capacity Constant L/V	%	76	57	87	
Pressure Drop	mbar/m	1,82	<0.5	3,27	

A.6.2.5 DC-203

TOWER DATA SHEET

1	GENERAL	Manufacturer:									
2		Item:	DC-203								
3		Service:	Columna de tolueno								
4		Type:	Platos perforados								
5	OPER. CONDI.	Product	Tolueno/Xilenos								
6		Temper.	117.4/160.6 °C								
7		Pressure	0.39/0.7 kg/cm ² g								
8		Liquid Density	773.6/729.5 kg/m ³								
9		Liquid Viscosity	0.2289/0.1822 cP								
10		Tray Number (Bottom Tray=No.1)	64								
11		Tower Inside Diamenter	4350 mm.								
12		Tray Spacing	609.6 mm.								
13		Max. ΔP per Tray	4.53 mbar								
14		Minimum Area/Downcomer	0.37x2+0.88 m ²								
15		Valves, Bubble Caps / Tray									
16		Perforations / Tray	Platos perforados 5 mm								
17			4 pasos								
18		DESIGN DATA	Des.Pr.(eff.)	3.56 kg/cm ² g							
19	Des.Temp.		189 °C								
20	Liquid Density		769 kg/m ³								
21	Design Range		75-115 %								
22	Hydr. Test		3.56 kg/cm ² g								
23	Code:		ASME VIII Div 1								
24	Corr.Allow mm: Shell / Heads		3.18/3.18 / mm.								
25	Joint Efficiency:		0.9 %								
26	Stress.Rel.:		X	Yes		No					
27	Radlograph:		X	Yes	x	No					
28	Sandblast:			Yes		No					
29	Paint:		X	Yes	x	No					
30	Insulation: Lana Mineral 5 in		X	Yes	x	No					
31	Fireproofing:		X	Yes	x	No					
32	Wind Load:		1280 N/m ²								
33	Seismic:		X	Yes	x	No					
34	WT.Empty:		80941 kg								
35	WT.Full Water:		789041 kg								
36	I N T E R N A T I O N A L & L S	Tray No.	Diam.	Spacing	Material						
37		Thru 1 to 34	4323 mm	609.6 mm	ASTM A516						
38		Thru 35 to 64	4323 mm	609.6 mm	ASTM A516						
39		Thru to									
40		Thru to									
41		Contact Device:	Bubble Caps								
42		Valves									
43		Perfor. 5 mm									
44		Packing:									
45		Demister:									
46	M A T E R I A L	Shell-top	Thick. (mm.)	Matl Class							
47		Shell-top	12	ASIM A516							
48		Intermed	12	ASIM A516							
49		Bottom	12	ASIM A516							
50		Head-top	12	ASIM A516							
51		Intermed	12	ASIM A516							
52		Bottom	12	ASIM A516							
53		Cone Section	12	ASIM A516							
54	Cladding, Lining										
55	N O O Z Z L E	Service	Mark	No.	Size	Rating	Service	Mark	No.	Size	Rating
56		Alimentación	N	1	14 in	150 #		N			
57		Salida de gases de cabeza	P	2	24 in	150 #		P			
58		Refujo	Q	1	4 in	150 #		Q			
59		Salida de liquido fondo	R	1	6 in	150 #		R			
60		Boca de hombre	S	5	24 in	150 #		S			
61		Liquido a termosifón E-209 A/B	T	2	18 in	150 #		T			
62		Gas procedente del termosifón E-209 A/B	U	2	30 in	150 #		U			
63		Ventoe	V	1	1 in	150 #		V			
64		Nivel L-203	W	4	1 in	150 #		W			
65	Indicador de presión PI-213	X	1	1 in	150 #		X				
66	Liquido procedente del termosifón	Y	2	6 in	150 #		Y				
67		Z					Z				
68	NOTES:										
69											
70											
71											
72											
73											
74											
75											
76											
77											
78											
79	0										
80	REV.	DATE	PREP.	APPR.	 UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química Departament d'Enginyeria Química						



A.6.2.6 DC-203 con KG-Tower®

Sección de Purificación de la DC-203



KG-TOWER® Software v 5.4

Registered To: Elena Lázaro, Student-URV

Customer's copy.
Strictly confidential. Property of Koch-Glitsch.

SIEVE TRAY RATING DATA

Project Name Producción de Xilenos a partir Tolueno y Metanol Date : 30-May-2022 Page : 1/ 4
Tower Name DC-203 File : DC20.kgt
Case Name Caso 3 By : Revision :

ZONE DESCRIPTION TRAY NUMBER	Purificación Cabeza 1	Purificación Cabeza MIN	Purificación Cabeza MAX
% OF LOADING	100	75	115

LOADINGS			
Vapor Rate	kg/hr	212419	159314
Vapor Density	kg/m3	4,073	4,073
Vapor Volume	m3/s	14,49	10,87
Vapor Viscosity	cP	0,0085	0,0085
Liquid Rate	kg/hr	114286	85715
Liquid Density	kg/m3	768,60	768,60
Liquid Volume	m3/hr	148,69	111,52
Surface Tension	mN/m	17,09	17,09
Liquid Viscosity	cP	0,221	0,221

Tray Spacing	mm	610,00	610,00	610,00
System Factor		1,00	1,00	1,00
Jet Flood	%	74	56	85
Downcomer Flood	%	14	10	16
Downcomer Backup	mm liq	78,9	70,0	88,4
Downcomer Exit Velocity	m/s	0,110	0,082	0,126
Dry Tray Pressure Drop	mm liq	31,0	17,4	41,0
Total Tray Pressure Drop	mm liq	53,9	45,2	63,3
Total Tray Pressure Drop	mm Hg	3,0	2,6	3,6
Cf Active Area	m/s	0,09	0,07	0,11
Weir Load	m3/h/m	15,1	11,3	17,3
Weir Crest	mm liq	17,3	14,3	19,0

Tower Diameter	mm	4323	Number of Passes	4
Tower Area	m2	14,68	Flow Path Length	mm 774
Sieve Hole Diameter	mm	5,000	Weir Length	mm 9865
Percent Hole Area	%	13,48	Active Area	m2 11,15

		Side		Off-Center		Center	
		TOP	BOTTOM	TOP	BOTTOM	TOP	BOTTOM
Downcomer Width	mm	264,46	264,46	230,49	230,49	236,43	236,43
Downcomer Area	m2	0,37	0,37	0,88	0,88	1,02	1,02
Weir Height	mm	76,20		76,20		76,20	
Downcomer Clearance	mm	38,10		38,10		38,10	

Active Area	m2	Panel A 2,34	Panel B 3,23	2,34	Panel D 3,23
Flow Path Length	mm	774,16	774,16	774,16	774,16



KG-TOWER® Software v 5.4

Registered To: Elena Lázaro, Student-URV

Customer's copy.
Strictly confidential. Property of Koch-Glitsch.

SIEVE TRAY RATING DATA

Project Name Producción de Xilenos a partir Tolueno y Metanol Date : 30-May-2022 Page : 2/ 4
Tower Name DC-203 File : DC20.kgt
Case Name Caso 3 By : Revision :

ZONE DESCRIPTION TRAY NUMBER	Purificación Fondo 25	Purificación Fondo MIN	Purificación Fondo MAX
% OF LOADING	100	75	115

LOADINGS			
Vapor Rate	kg/hr	214339	160754
Vapor Density	kg/m3	4,561	4,561
Vapor Volume	m3/s	13,05	9,79
Vapor Viscosity	cP	0,0086	0,0086
Liquid Rate	kg/hr	113461	85096
Liquid Density	kg/m3	758,70	758,70
Liquid Volume	m3/hr	149,55	112,16
Surface Tension	mN/m	16,33	16,33
Liquid Viscosity	cP	0,210	0,210

Tray Spacing	mm	610,00	610,00	610,00
System Factor		1,00	1,00	1,00
Jet Flood	%	71	54	81
Downcomer Flood	%	14	10	16
Downcomer Backup	mm liq	77,7	70,1	86,4
Downcomer Exit Velocity	m/s	0,111	0,083	0,127
Dry Tray Pressure Drop	mm liq	28,5	16,1	37,8
Total Tray Pressure Drop	mm liq	52,1	45,2	60,7
Total Tray Pressure Drop	mm Hg	2,9	2,5	3,4
Cf Active Area	m/s	0,09	0,07	0,10
Weir Load	m3/h/m	15,2	11,4	17,4
Weir Crest	mm liq	17,3	14,3	19,0

Tower Diameter	mm	4323	Number of Passes	4
Tower Area	m2	14,68	Flow Path Length	mm 774
Sieve Hole Diameter	mm	5,000	Weir Length	mm 9865
Percent Hole Area	%	13,48	Active Area	m2 11,15

		Side		Off-Center		Center	
		TOP	BOTTOM	TOP	BOTTOM	TOP	BOTTOM
Downcomer Width	mm	264,46	264,46	230,49	230,49	236,43	236,43
Downcomer Area	m2	0,37	0,37	0,88	0,88	1,02	1,02
Weir Height	mm	76,20		76,20		76,20	
Downcomer Clearance	mm	38,10		38,10		38,10	

Active Area	m2	Panel A 2,34	Panel B 3,23	2,34	Panel D 3,23
Flow Path Length	mm	774,16	774,16	774,16	774,16

Sección de Agotamiento de la DC-203



KG-TOWER® Software v 5.4

Registered To: Elena Lázaro, Student-URV

Customer's copy.
Strictly confidential. Property of Koch-Glitsch.

SIEVE TRAY RATING DATA

Project Name Producción de Xilenos a partir Tolueno y Metanol Date : 30-May-2022 Page : 3/ 4
Tower Name DC-203 File : DC20.kgt
Case Name Caso 3 By : Revision :

ZONE DESCRIPTION TRAY NUMBER	Agotamiento Cabeza	Agotamiento Cabeza MIN	Agotamiento Cabeza MAX
% OF LOADING	100	75	115

LOADINGS				
Vapor Rate	kg/hr	181569	136177	208804
Vapor Density	kg/m3	4,615	4,615	4,615
Vapor Volume	m3/s	10,93	8,20	12,57
Vapor Viscosity	cP	0,0086	0,0086	0,0086
Liquid Rate	kg/hr	210063	157547	241572
Liquid Density	kg/m3	757,70	757,70	757,70
Liquid Volume	m3/hr	277,24	207,93	318,82
Surface Tension	mN/m	16,25	16,25	16,25
Liquid Viscosity	cP	0,209	0,209	0,209

Tray Spacing	mm	610,00	610,00	610,00
System Factor		1,00	1,00	1,00
Jet Flood	%	61	47	69
Downcomer Flood	%	26	19	29
Downcomer Backup	mm liq	99,1	87,4	106,1
Downcomer Exit Velocity	m/s	0,205	0,154	0,236
Dry Tray Pressure Drop	mm liq	20,3	11,4	26,8
Total Tray Pressure Drop	mm liq	60,3	54,7	63,4
Total Tray Pressure Drop	mm Hg	3,4	3,0	3,5
Cf Active Area	m/s	0,08	0,06	0,09
Weir Load	m3/h/m	28,1	21,1	32,3
Weir Crest	mm liq	26,2	21,6	28,7

Tower Diameter	mm	4323	Number of Passes	4
Tower Area	m2	14,68	Flow Path Length	mm 774
Sieve Hole Diameter	mm	5,000	Weir Length	mm 9865
Percent Hole Area	%	13,48	Active Area	m2 11,15

		Side		Off-Center		Center	
		TOP	BOTTOM	TOP	BOTTOM	TOP	BOTTOM
Downcomer Width	mm	264,46	264,46	230,49	230,49	236,43	236,43
Downcomer Area	m2	0,37	0,37	0,88	0,88	1,02	1,02
Weir Height	mm	76,20		76,20		76,20	
Downcomer Clearance	mm	38,10		38,10		38,10	

		Panel A	Panel B	2,34	Panel D
Active Area	m2	2,34	3,23		3,23
Flow Path Length	mm	774,16	774,16	774,16	774,16



KG-TOWER® Software v 5.4

Registered To: Elena Lázaro, Student-URV

Customer's copy.
Strictly confidential. Property of Koch-Glitsch.

SIEVE TRAY RATING DATA

Project Name Producción de Xilenos a partir Tolueno y Metanol Date : 30-May-2022 Page : 4/ 4
Tower Name DC-203 File : DC20.kgt
Case Name Caso 3 By : Revision :

ZONE DESCRIPTION TRAY NUMBER	Agotamiento Fondo	Agotamiento Fondo MIN	Agotamiento Fondo MAX
% OF LOADING	100	75	115

LOADINGS				
Vapor Rate	kg/hr	197031	147773	226586
Vapor Density	kg/m3	5,315	5,315	5,315
Vapor Volume	m3/s	10,30	7,72	11,84
Vapor Viscosity	cP	0,0083*	0,0083*	0,0083*
Liquid Rate	kg/hr	224204	168153	257835
Liquid Density	kg/m3	730,90	730,90	730,90
Liquid Volume	m3/hr	306,75	230,06	352,76
Surface Tension	mN/m	14,44	14,44	14,44
Liquid Viscosity	cP	0,180	0,180	0,180

* Calculated from other physical properties.


Tray Spacing	mm	610,00	610,00	610,00
System Factor		1,00	1,00	1,00
Jet Flood	%	63	48	71
Downcomer Flood	%	29	22	33
Downcomer Backup	mm liq	104,1	91,2	111,8
Downcomer Exit Velocity	m/s	0,227	0,170	0,261
Dry Tray Pressure Drop	mm liq	21,5	12,1	28,4
Total Tray Pressure Drop	mm liq	62,5	56,5	65,8
Total Tray Pressure Drop	mm Hg	3,4	3,0	3,5
Cf Active Area	m/s	0,08	0,06	0,09
Weir Load	m3/h/m	31,1	23,3	35,8
Weir Crest	mm liq	28,0	23,1	30,7

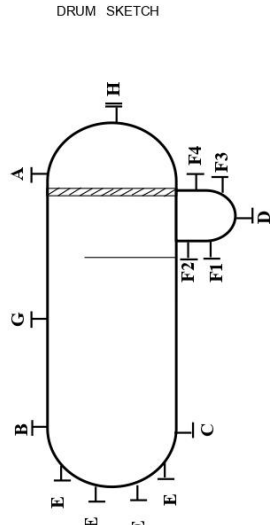
Tower Diameter	mm	4323	Number of Passes	4
Tower Area	m2	14,68	Flow Path Length	mm 774
Sieve Hole Diameter	mm	5,000	Weir Length	mm 9865
Percent Hole Area	%	13,48	Active Area	m2 11,15

		Side		Off-Center		Center	
		TOP	BOTTOM	TOP	BOTTOM	TOP	BOTTOM
Downcomer Width	mm	264,46	264,46	230,49	230,49	236,43	236,43
Downcomer Area	m2	0,37	0,37	0,88	0,88	1,02	1,02
Weir Height	mm	76,20		76,20		76,20	
Downcomer Clearance	mm	38,10		38,10		38,10	


		Panel A	Panel B	2,34	Panel D
Active Area	m2	2,34	3,23		3,23
Flow Path Length	mm	774,16	774,16	774,16	774,16

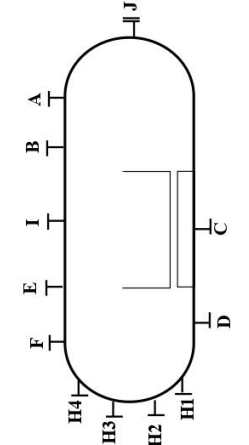
A.6.3.3 V-103

1	GENERAL				Manufacturer:				
2	Item:				V-103				
3	Description:				Separador intermedio líquidos	Position:	<input checked="" type="checkbox"/> Horiz.	<input type="checkbox"/> Vertical	
4	Product:				Agua/Metanol/Tolueno/Benceno/Xilenos				
5	Operating Pressure (eff.)				12.76	kg/cm ² g			
6	Operating Temperature				206	°C			
7	Liquid Density				673.7	kg/m ³			
8	Design Pressure (eff.)				16.22	kg/cm ² g			
9	Design Temperature				234	°C			
10	Hydrostatic Test (eff.)				23.3	kg/cm ² g			
11	Corr. Allow. Shell / Heads				3.18	mm			
12	Joint Eff. Shell / Heads				3.18	mm			
13	Code:				ASME VIII Div 1				
14	Radiograph:				100%				
15	Stress Relieve:				<input checked="" type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> No			
16	Seismic:				0.04 g < ab < 0.08 g				
17	Wind Load:				1280	N/m ²			
18	Hydrostatic Test (eff.)				23.3	kg/cm ² g			
19	MATERIALS				Thickness	Mat'l Class			
20	Shell				13.7	mm	ASTM A387 GR. 11 CL.		
21	Heads				13.7	mm	ASTM A387 GR. 11 CL.		
22	Lining					mm			
23	Nozzle Necks				13.7		ASTM A387 GR. 11 CL.		
24	Flanges				13.7		ASTM A387 GR. 11 CL.		
25	CONSTRUCTION				Dia.	L/H	Material		
26	Shell				2.92	8.76	ASTM A387 GR.		
27	Heads				2.92	0.73	ASTM A387 GR. 22 CL. 1/2		
28	Insulation:				<input checked="" type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> No	Lanamineral, 6 in		
29	Fireproofing:				<input checked="" type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> No			
30	Sandblast:				<input checked="" type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> No			
31	Paint:				<input checked="" type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> No			
32	Wt. Empty:				4343	kg			
33	Wt. Full Water:				63043	kg			
34	NOZZLES				Service	Mark	Nº	Size	Rating
35	Entrada efluente reactor				A	1	16	in	300#
36	Salida gaseosa				B	1	14	in	300#
37	Salida hidrocarburo liquido				C	1	6	in	300#
38	Salida acuosa				D	1	1	in	300#
39	Nivel LI103A/B				E	4	1	in	300#
40	Nivel LI105A/B				F	4	1	in	300#
41	Venteo				G	1	1	in	300#
42	Boca de Hombre				H	1	24	in	300#
43	SCHEMATIC				I				
44	SCHEMATIC				J				
45	SCHEMATIC								
46	SCHEMATIC								
47	SCHEMATIC								
48	SCHEMATIC								
49	SCHEMATIC								
0	REV.	DATE	PREP.	APPR.	 UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química				




A.6.3.4 V-104

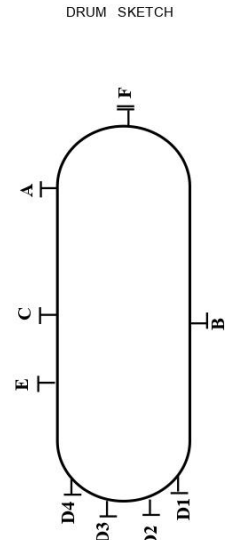
1	GENERAL				Manufacturer:				
2	Item:				V-104				
3	Description:				Separador de líquidos	Position:	<input checked="" type="checkbox"/> Horiz.	<input type="checkbox"/> Vertical	
4	Product:				Agua/Metanol/Tolueno/Benceno/Xilenos				
5	Operating Pressure (eff.)				11.1	kg/cm ² g			
6	Operating Temperature				98	°C			
7	Liquid Density				817.7/960.2	kg/m ³			
8	Design Pressure (eff.)				14.59	kg/cm ² g			
9	Design Temperature				126	°C			
10	Hydrostatic Test (eff.)				20.8	kg/cm ² g			
11	Corr. Allow. Shell / Heads				3.18	mm			
12	Joint Eff. Shell / Heads				0.9	mm			
13	Code:				ASME VIII Div 1				
14	Radiograph:				100%				
15	Stress Relieve:				<input checked="" type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> No			
16	Seismic:				0.04 g < ab < 0.08 g				
17	Wind Load:				1280	N/m ²			
18	Hydrostatic Test (eff.)				20.8	kg/cm ² g			
19	MATERIALS				Thickness	Mat'l Class			
20	Shell				11.8	mm	ASTM A387 GR. 11 CL. 1/2		
21	Heads				11.8	mm	ASTM A387 GR. 11 CL. 1/2		
22	Lining					mm			
23	Nozzle Necks								
24	Flanges								
25	CONSTRUCTION				Dia.	L/H	Material		
26	Shell				2.39	7.16	ASTM A387 GR. 11 CL.		
27	Heads				2.39	0.6	ASTM A387 GR. 11 CL.		
28	Insulation:				<input checked="" type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> No	Lanamineral, 3in		
29	Fireproofing:				<input checked="" type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> No			
30	Sandblast:				<input checked="" type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> No			
31	Paint:				<input checked="" type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> No			
32	Wt. Empty:				3052	kg			
33	Wt. Full Water:				35152	kg			
34	NOZZLES				Service	Mark	Nº	Size	Rating
35	Entrada liquido de E-108				A	1	4	in	300#
36	Entrada liquido de E-107				B	1	6	in	300#
37	Salida hidrocarburo liquido				C	1	8	in	300#
38	Salida acuosa				D	1	2 1/2	in	300#
39	Salida gases				E	1	2 1/2	in	300#
40	Válvula de seguridad				F	1	6	in	300#
41	Nivel LI104A/B				G	4	1	in	300#
42	Nivel LI106A/B				H	4	1	in	300#
43	Venteo				I	1	1	in	300#
44	Boca de Hombre				J	1	24	in	300#
45	SCHEMATIC								
46	SCHEMATIC								
47	SCHEMATIC								
48	SCHEMATIC								
49	SCHEMATIC								
0	REV.	DATE	PREP.	APPR.	 UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química				




A.6.3.5 V-201

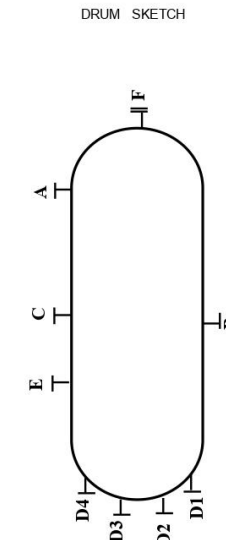
A.6.3.6 V-202

1	GENERAL		Manufacturer:							
2	GENERAL		Item:		V-201					
3	GENERAL		Description:		Acumulador de cabeza columna metanol	Position:	X	Horiz.		Vertical
4	OPERATING		Product:							
5	OPERATING		Operating Pressure (eff.)		0.29	kg/cm ² g				
6	OPERATING		Operating Temperature		78	°C				
7	OPERATING		Liquid Density		736.6	kg/m ³				
8	DESIGN DATA		Design Pressure (eff.)		3.56	kg/cm ² g				
9	DESIGN DATA		Design Temperature		106	°C				
10	DESIGN DATA		Hydrostatic Test (eff.)		3.56	kg/cm ² g				
11	DESIGN DATA		Corr. Allow. Shell / Heads		3.18	mm				
12	DESIGN DATA		Joint Eff. Shell / Heads		0.9					
13	DESIGN DATA		Code:		ASME VIII Div 1					
14	DESIGN DATA		Radiograph:		100%					
15	DESIGN DATA		Stress Relieve:		Yes	No				
16	DESIGN DATA		Seismic:		0.04 g	< ab < 0.08 g				
17	DESIGN DATA		Wind Load:		1280	N/m ²				
18	DESIGN DATA		Hydrostatic Test (eff.)		3.56	kg/cm ² g				
19	MATERIALS		Thickness		Mat'l Class					
20	MATERIALS		Shell		6 mm	ASTM A387 GR. 11 CL. 1/2				
21	MATERIALS		Heads		6 mm	ASTM A387 GR. 11 CL. 1/2				
22	MATERIALS		Lining		mm					
23	MATERIALS		Nozzle Necks							
24	MATERIALS		Flanges							
25	CONSTRUCTION		Dia.		L / H	Material				
26	CONSTRUCTION		Shell		0.95 m	2.85 m	ASTM A387 GR. 11 CL. 1/2			
27	CONSTRUCTION		Heads		0.95 m	0.49 m	ASTM A387 GR. 11 CL. 1/2			
28	CONSTRUCTION		Insulation:		X	Yes	LanaMineral, 3in	No		
29	CONSTRUCTION		Fireproofing:		X	Yes	No			
30	CONSTRUCTION		Sandblast:			Yes	No			
31	CONSTRUCTION		Paint:		X	Yes	No			
32	CONSTRUCTION		Wt. Empty:		618		kg			
33	CONSTRUCTION		Wt. Full Water:		2618		kg			
34	SCHEMATIC		Service		Mark	Nº	Size	Rating		
35	SCHEMATIC		Condensado de E-201		A	1	1 1/2 in	150 #		
36	SCHEMATIC		Condensado a DC-201		B	1	1 1/2 in	150 #		
37	SCHEMATIC		Presurización/veteo		C	1	1 in	150 #		
38	SCHEMATIC		Nivel LI-203A/B		D	4	1 in	150 #		
39	SCHEMATIC		Venteo		E	1	1 in	150 #		
40	SCHEMATIC		Boca de hombre		F	1	24 in	150 #		
41	SCHEMATIC				G					
42	SCHEMATIC				H					
43	SCHEMATIC				I					
44	SCHEMATIC				J					
45	SCHEMATIC									
46	SCHEMATIC									
47	SCHEMATIC									
48	SCHEMATIC									
49	SCHEMATIC									
0	REV.	DATE	PREP.	APPR.	 UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química					



NOTES:


1	GENERAL		Manufacturer:							
2	GENERAL		Item:		V-202					
3	GENERAL		Description:		Acumulador columna desgasificadora	Position:	X	Horiz.		Vertical
4	OPERATING		Product:		Etileno/Agua/Metano/Benceno/Tolueno/Xilenos					
5	OPERATING		Operating Pressure (eff.)		3.00	kg/cm ² g				
6	OPERATING		Operating Temperature		78.85	°C				
7	OPERATING		Liquid Density		804.8	kg/m ³				
8	DESIGN DATA		Design Pressure (eff.)		6.02	kg/cm ² g				
9	DESIGN DATA		Design Temperature		107	°C				
10	DESIGN DATA		Hydrostatic Test (eff.)		6.84	kg/cm ² g				
11	DESIGN DATA		Corr. Allow. Shell / Heads		3.18	mm				
12	DESIGN DATA		Joint Eff. Shell / Heads		0.9					
13	DESIGN DATA		Code:		ASME VIII Div 1					
14	DESIGN DATA		Radiograph:		100%					
15	DESIGN DATA		Stress Relieve:		X	Yes	No			
16	DESIGN DATA		Seismic:		0.04 g	< ab < 0.08 g				
17	DESIGN DATA		Wind Load:		1280	N/m ²				
18	DESIGN DATA		Hydrostatic Test (eff.)		6.8	kg/cm ² g				
19	MATERIALS		Thickness		Mat'l Class					
20	MATERIALS		Shell		8 mm	ASTM A387 GR. 11 CL. 1/2				
21	MATERIALS		Heads		8 mm	ASTM A387 GR. 11 CL. 1/2				
22	MATERIALS		Lining		mm					
23	MATERIALS		Nozzle Necks							
24	MATERIALS		Flanges							
25	CONSTRUCTION		Dia.		L / H	Material				
26	CONSTRUCTION		Shell		1.68 m	5.05 m	ASTM A387 GR. 11 CL. 1/2			
27	CONSTRUCTION		Heads		1.68 m	0.42 m	ASTM A387 GR. 11 CL. 1/2			
28	CONSTRUCTION		Insulation:		X	Yes	LanaMineral, 3in	No		
29	CONSTRUCTION		Fireproofing:		X	Yes	No			
30	CONSTRUCTION		Sandblast:			Yes	No			
31	CONSTRUCTION		Paint:		X	Yes	No			
32	CONSTRUCTION		Wt. Empty:		1462		kg			
33	CONSTRUCTION		Wt. Full Water:		12662		kg			
34	SCHEMATIC		Service		Mark	Nº	Size	Rating		
35	SCHEMATIC		Condensado de E-204		A	1	4 in	150 #		
36	SCHEMATIC		Condensado a DC-202		B	1	2 1/2 in	150 #		
37	SCHEMATIC		Gases no condensados		C	1	4 in	150 #		
38	SCHEMATIC		Nivel LI-207A/B		D	4	1 in	150 #		
39	SCHEMATIC		Venteo		E	1	1 in	150 #		
40	SCHEMATIC		Boca de hombre		F	1	24 in	150 #		
41	SCHEMATIC				G					
42	SCHEMATIC				H					
43	SCHEMATIC				I					
44	SCHEMATIC				J					
45	SCHEMATIC									
46	SCHEMATIC									
47	SCHEMATIC									
48	SCHEMATIC									
49	SCHEMATIC									
0	REV.	DATE	PREP.	APPR.	 UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química					

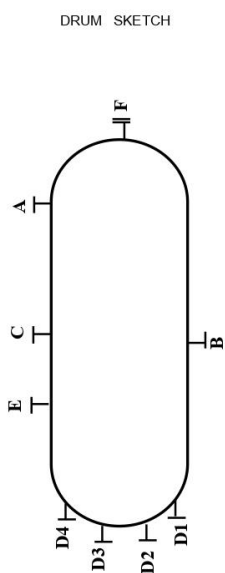



NOTES:

A.6.3.7 V-203


A.6.3.8 V-206

1	GENERAL	Manufacturer:				
2	GENERAL	Item: V-203				
3	GENERAL	Description: Acumulador columna de tolueno		Position: <input checked="" type="checkbox"/> Horiz. <input type="checkbox"/> Vertical		
4	OPERATING	Product:				
5	OPERATING	Operating Pressure (eff.)		0.29 kg/cm ² g		
6	OPERATING	Operating Temperature		117 °C		
7	OPERATING	Liquid Density		773 kg/m ³		
8	OPERATING	Design Pressure (eff.)		3.56 kg/cm2g		
9	OPERATING	Design Temperature		145 °C		
10	OPERATING	Hydrostatic Test (eff.)		5.20 kg/cm2g		
11	OPERATING	Corr. Allow.	Shell / Heads	3.18 mm		
12	OPERATING	Joint Eff.	Shell / Heads	0.9		
13	DESIGN DATA	Code: ASME VIII Div 1				
14	DESIGN DATA	Radiograph: 100%				
15	DESIGN DATA	Stress Relieve:		<input checked="" type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No		
16	DESIGN DATA	Seismic:		0.04 g < ab < 0.08 g		
17	DESIGN DATA	Wind Load:		1280 N/m ²		
18	DESIGN DATA	Hydrostatic Test (eff.)		5.20 kg/cm2g		
19	MATERIALS		Thickness	Mat'l Class		
20	MATERIALS	Shell	13 mm	ASTM A516		
21	MATERIALS	Heads	13 mm	ASTM A516		
22	MATERIALS	Lining	mm			
23	MATERIALS	Nozzle Necks				
24	MATERIALS	Flanges				
25	CONSTRUCTION		Dia.	L / H	Material	
26	CONSTRUCTION	Shell	3.39 m	10.16 m	ASTM A516	
27	CONSTRUCTION	Heads	3.4 m	0.85 m	ASTM A516	
28	CONSTRUCTION	Insulation:		<input checked="" type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No		
29	CONSTRUCTION	Fireproofing:		<input checked="" type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No		
30	CONSTRUCTION	Sandblast:		<input checked="" type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No		
31	CONSTRUCTION	Paint:		<input checked="" type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No		
32	CONSTRUCTION	Wt. Empty:	4748		kg	
33	CONSTRUCTION	Wt. Full Water:	96248		kg	
34	N	Service	Mark	Nº	Size	Rating
35	O	Condensado de E-208	A	1	8 in	150 #
36	Z	Condensado a DC-203	B	1	8 in	150 #
37	Z	Presurización/veteo	C	1	1 in	150 #
38	L	Nivel LI-209A/B	D	4	1 in	150 #
39	E	Venteo	E	1	1 in	150 #
40	E	Boca de hombre	F	1	24 in	150 #
41	S		G			
42	S		H			
43	S		I			
44	S		J			
45	E	NOTES:				
46	D					
47	U					
48	L					
49	E					
0	REV.	DATE	PREP.	APPR.	 UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química	



1	GENERAL	Manufacturer:				
2	GENERAL	Item: V-206				
3	GENERAL	Description: Recuperación de metanol de gases		Position: <input type="checkbox"/> Horiz. <input type="checkbox"/> Vertical		
4	OPERATING	Product: Etileno/Metanol/Agua/Benceno/Tolueno				
5	OPERATING	Operating Pressure (eff.)		2.8 kg/cm ² g		
6	OPERATING	Operating Temperature		56.8 °C		
7	OPERATING	Liquid Density		921 kg/m ³		
8	OPERATING	Design Pressure (eff.)		6.0 kg/cm2g		
9	OPERATING	Design Temperature		85 °C		
10	OPERATING	Hydrostatic Test (eff.)		6.8 kg/cm2g		
11	OPERATING	Corr. Allow.	Shell / Heads	3.18 mm		
12	OPERATING	Joint Eff.	Shell / Heads	0.9		
13	DESIGN DATA	Code: ASME VIII Div. 1				
14	DESIGN DATA	Radiograph: 100%				
15	DESIGN DATA	Stress Relieve:		<input checked="" type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No		
16	DESIGN DATA	Seismic:		0.04 g < ab < 0.08 g		
17	DESIGN DATA	Wind Load:		1280 N/m ²		
18	DESIGN DATA	Hydrostatic Test (eff.)		6.84 kg/cm2g		
19	MATERIALS		Thickness	Mat'l Class		
20	MATERIALS	Shell	6 mm	ASTM A387 GR. 11 CL. 1/2		
21	MATERIALS	Heads	6 mm	ASTM A387 GR. 11 CL. 1/2		
22	MATERIALS	Lining	mm			
23	MATERIALS	Nozzle Necks				
24	MATERIALS	Flanges				
25	CONSTRUCTION		Dia.	L / H	Material	
26	CONSTRUCTION	Shell	0.35 m	1.5 m	A387 GR. 11 C	
27	CONSTRUCTION	Heads	0.35 m	0.09 m	ASTM A387 GR.	
28	CONSTRUCTION	Insulation:		<input checked="" type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> X	
29	CONSTRUCTION	Fireproofing:		<input checked="" type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No		
30	CONSTRUCTION	Sandblast:		<input checked="" type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No		
31	CONSTRUCTION	Paint:		<input checked="" type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No		
32	CONSTRUCTION	Wt. Empty:	128		kg	
33	CONSTRUCTION	Wt. Full Water:	1778		kg	
34	N	Service	Mark	Nº	Size	Rating
35	O	Gases de DC-203	A	1	4 in	150 #
36	Z	Salida de gases	B	1	4 in	150 #
37	Z	Agua lavado recirculador	C	1	1 1/4 in	150 #
38	L	Agua lavado exterior	D	1	1 in	150 #
39	E	Salida líquidos	E	1	1 1/2 in	150 #
40	S		F			
41	S		G			
42	S		H			
43	S		I			
44	S		J			
45	E	NOTES:				
46	D	El equipo lleva un relleno de 0.609 m de altura de Flexiring 1" ASTM304. El peso de dicho relleno está incluido en la estimación				
47	U					
48	L					
49	E					
0	REV.	DATE	PREP.	APPR.	 UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química	

A.6.3.9 V-207

1	GENERAL	Manufacturer:						
2		Item: V-207						
3		Description: Acumulador recuperación metanol			Position:	<input checked="" type="checkbox"/> Horiz. <input type="checkbox"/> Vertical		
4	OPERATING	Product: Etileno/Metanol/Agua/Benceno/Tolueno			DRUM SKETCH			
5		Operating Pressure (eff.)		2.69			kg/cm ² g	
6		Operating Temperature		56.8			°C	
7		Liquid Density		921			kg/m ³	
8	DESIGN DATA	Design Pressure (eff.)		6.0			kg/cm ² g	
9		Design Temperature		85			°C	
10		Hidrostatic Test (eff.)		6.84			kg/cm ² g	
11		Corr. Allow.	Shell / Heads	3.18			mm	
12		Joint Eff.	Shell / Heads	3.18			mm	
13		Code:		ASME VIII Div 1				
14		Radiograph:		100%				
15		Stress Relieve:		<input checked="" type="checkbox"/> Yes			<input type="checkbox"/> No	
16	Seismic:		0.04 g < ab < 0.08 g					
17	Wind Load:		1280	N/m ²				
18	Hidrostatic Test (eff.)		6.84	kg/cm ² g				
19	MATERIALS	Thickness		Mat'l Class				
20		Shell	6 mm	ASTM A387 GR. 11 CL. 1/2				
21		Heads	6 mm	ASTM A387 GR. 11 CL. 1/2				
22		Lining	mm					
23	Nozzle Necks							
24	Flanges							
25	CONSTRUCTION	Dia.		L / H	Material			
26		Shell	0.864 m	2.59 m	ASTM A387 GR.			
27		Heads	0.864 m	0.216 m	ASTM A387 GR.			
28		Insulation:	LanaMineral, 3ir	<input checked="" type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> No			
29		Fireproofing:		<input checked="" type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> No			
30		Sandblast:		<input type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> No			
31		Paint:		<input checked="" type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> No			
32		Wt. Empty:		456	kg			
33	Wt. Full Water:		1977	kg				
34	N	Service	Mark	Nº	Size	Rating		
35	O		A					
36	Z		B					
37	Z		C					
38	L		D					
39	E		E					
40			F					
41	S		G					
42	C		H					
43	H		I					
44	E		J					
45								
46								
47								
48								
49								
						NOTES:		
0								
REV.	DATE	PREP.	APPR.	 UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química				

A.6.4. Intercambiadores

A.6.4.1 E-101

A.6.4.2 E-102

Heat Exchanger Specification Sheet

1	Company:	URV						
2	Location:	Tarragona						
3	Service of Unit:	Xylenes						
4	Item No.:	E-101						
5	Date:	Rev No.:	Job No.:					
6	Size:	432 - 6096	mm	Type:	AES Horizontal	Connected in:	1 parallel	1 series
7	Surf/unit (eff.)	75.6	m ²	Shells/unit	1	Surf/shell (eff.)	75.6	m ²
PERFORMANCE OF ONE UNIT								
9	Fluid allocation	Shell Side			Tube Side			
10	Fluid name	6->7			38->39			
11	Fluid quantity, Total	6.9383			22.255			
12	Vapor (In/Out)	0			0			
13	Liquid	6.9383			22.255			
14	Noncondensable	0			0			
15								
16	Temperature (In/Out)	15.81			116.54			
17	Bubble / Dew point	/			/			
18	Density Vapor/Liquid	/ 873.44			/ 776.85			
19	Viscosity	/ 0.6144			/ 0.2326			
20	Molecular wt, Vap							
21	Molecular wt, NC							
22	Specific heat	/ 1.584			/ 2.017			
23	Thermal conductivity	/ 0.1386			/ 0.1131			
24	Latent heat	kJ/kg						
25	Pressure (abs)	16.2			16.17034			
26	Velocity (Mean/Max)	0.09 / 0.21			1.57 / 1.6			
27	Pressure drop, allow/calc.	0.2			0.02966			
28	Fouling resistance (min)	0.0002			0.0002			
29	Heat exchanged	1258.1			47.76			
30	Transfer rate, Service	348.3			549.6			
CONSTRUCTION OF ONE SHELL								
Sketch								
32	Design/Vacuum/test pressure	19.6 / / / 24.2			15.8 / / / 20.5			
33	Design temperature / MDMT	145 / / 183			173 / / 211			
34	Number passes per shell	1			2			
35	Corrosion allowance	3.18			3.18			
36	Connections	In mm 1 88.9 / - 1 152.4 / -			Out mm 1 152.4 / - 1 88.9 / -			
37	Size/Rating	1 76.2 / - 1 152.4 / -			1 152.4 / - 1 76.2 / -			
38	Nominal	Intermediate			Intermediate			
40	Tube #:	216			1284			
41	Tube type:	Plain			Plain			
42	Shell	Carbon Steel			Carbon Steel			
43	Channel or bonnet	Carbon Steel			Carbon Steel			
44	Tubesheet-stationary	Carbon Steel			Carbon Steel			
45	Floating head cover	Carbon Steel			Carbon Steel			
46	Baffle-cross	Carbon Steel			Carbon Steel			
47	Baffle-long	Carbon Steel			Carbon Steel			
48	Supports-tube	U-bend			U-bend			
49	Bypass seal	None			None			
50	Expansion joint	None			None			
51	RhoV2-Inlet nozzle	1355			609			
52	Gaskets - Shell side	Flat Metal Jacket Fibe			Flat Metal Jacket Fibe			
53	Code requirements	ASME Code Sec VIII Div 1			ASME Code Sec VIII Div 1			
54	Weight/Shell	2550.7			8782.4			
55	Remarks							

Heat Exchanger Specification Sheet

1	Company:	URV						
2	Location:	Tarragona						
3	Service of Unit:	Xylenes						
4	Item No.:	E-102						
5	Date:	Rev No.:	Job No.:					
6	Size:	991 - 4267.2	mm	Type:	AES Horizontal	Connected in:	1 parallel	3 series
7	Surf/unit (eff.)	907.2	m ²	Shells/unit	3	Surf/shell (eff.)	302.4	m ²
PERFORMANCE OF ONE UNIT								
9	Fluid allocation	Shell Side			Tube Side			
10	Fluid name	8->9			22->23			
11	Fluid quantity, Total	34.9399			37.8357			
12	Vapor (In/Out)	0			0			
13	Liquid	34.9399			34.9399			
14	Noncondensable	0			0			
15								
16	Temperature (In/Out)	118			235.01			
17	Bubble / Dew point	/			/			
18	Density Vapor/Liquid	/ 775.11			/ 626.18			
19	Viscosity	/ 0.2285			/ 0.0939			
20	Molecular wt, Vap				78.84			
21	Molecular wt, NC				65.16			
22	Specific heat	/ 2.025			/ 2.712			
23	Thermal conductivity	/ 0.1126			/ 0.0769			
24	Latent heat	kJ/kg			263.4			
25	Pressure (abs)	16			15.89368			
26	Velocity (Mean/Max)	0.3 / 0.34			6.43 / 9.47			
27	Pressure drop, allow/calc.	0.2			0.10632			
28	Fouling resistance (min)	0.0002			0.0002			
29	Heat exchanged	9495.4			20.33			
30	Transfer rate, Service	514.8			727.8			
CONSTRUCTION OF ONE SHELL								
Sketch								
32	Design/Vacuum/test pressure	18.4 / / / 23.9			16.1 / / / 20.6			
33	Design temperature / MDMT	263 / / 263			279 / / 279			
34	Number passes per shell	1			2			
35	Corrosion allowance	3.18			3.18			
36	Connections	In mm 1 254 / - 1 457.2 / -			Out mm 1 457.2 / - 1 254 / -			
37	Size/Rating	1 304.8 / - 1 406.4 / -			1 406.4 / - 1 304.8 / -			
38	Nominal	Intermediate			Intermediate			
40	Tube #:	1284			4267.2			
41	Tube type:	Plain			Plain			
42	Shell	Carbon Steel			Carbon Steel			
43	Channel or bonnet	Carbon Steel			Carbon Steel			
44	Tubesheet-stationary	Carbon Steel			Carbon Steel			
45	Floating head cover	Carbon Steel			Carbon Steel			
46	Baffle-cross	Carbon Steel			Carbon Steel			
47	Baffle-long	Carbon Steel			Carbon Steel			
48	Supports-tube	U-bend			U-bend			
49	Bypass seal	None			None			
50	Expansion joint	None			None			
51	RhoV2-Inlet nozzle	1355			609			
52	Gaskets - Shell side	Flat Metal Jacket Fibe			Flat Metal Jacket Fibe			
53	Code requirements	ASME Code Sec VIII Div 1			ASME Code Sec VIII Div 1			
54	Weight/Shell	2550.7			8782.4			
55	Remarks							

A.6.4.3

A.6.4.4 E-104

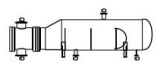
Heat Exchanger Specification Sheet																							
1	Company: URV																						
2	Location: Tarragona																						
3	Service of Unit: Planta de ilenes				Our Reference:																		
4	Item No.:	E-103	Your Reference:																				
5	Date:	Rev No.:	Job No.:																				
6	Size:	965	1833	5486.4	mm	Type:	AJU Horizontal	Connected in:	1 parallel 1 series														
7	Surf/unit(ef.)	452.1	m²		Shells/unit	1	Surf/shell(ef.)		452.1 m²														
8	PERFORMANCE OF ONE UNIT																						
9	Fluid allocation			Shell Side			Tube Side																
10	Fluid name			9->10			21->22																
11	Fluid quantity, Total			kg/s			34.9399																
12	Vapor (In/Out)			kg/s			0 34.6985 37.8357																
13	Liquid			kg/s			34.9399 0.2414 0 0																
14	Noncondensable			kg/s			0 0 0 0																
15																							
16	Temperature (In/Out)			°C			235 244.61 366.41 250.65																
17	Bubble / Dew point			°C			244.45 / / /																
18	Density Vapor/Liquid			kg/m³			/ 626.13 45.48 / 610.02 22.11 / 28.94 /																
19	Viscosity			mPa-s			/ 0.0939 0.0127 / 0.0868 0.016 / 0.0131 /																
20	Molecular wt, Vap						91.79 78.84																
21	Molecular wt, NC																						
22	Specific heat			kJ/(kg-K)			/ 2.712 2.107 / 2.814 2.267 / 2.028 /																
23	Thermal conductivity			W/(m-K)			/ 0.0769 0.0315 / 0.0733 0.0453 / 0.0327 /																
24	Latent heat			kJ/kg			243.6																
25	Pressure (abs)			bar			15.8 15.71489 13.80992 13.63452																
26	Velocity (Mean/Max)			m/s			1 / 1.54 10.41 / 12.02																
27	Pressure drop, allow/calc.			bar			0.2 0.08511 0.2 0.17541																
28	Fouling resistance (min)			m²-K/W			0.0002 0.0002 0.00023 Ao based																
29	Heat exchanged			kW			9393.8 MTD (corrected) 40.5 °C																
30	Transfer rate, Service			kW			513 Dirty 525.8 Clean 679.4 W/(m²-K)																
31	CONSTRUCTION OF ONE SHELL																						
32	Design/Vacuum/test pressure			bar			18.2 / / 20.4 16.3 / / 20.9																
33	Design temperature / MDMT			°C			272 / 272 395 / 395																
34	Number passes per shell						1 2																
35	Corrosion allowance			mm			3.18 3.18																
36	Connections			In mm			1 355.6 / - 1 406.4 / -																
37	Size/Rating			Out mm			1 12.7 / - 1 406.4 / -																
38	Nominal			Out - Vapor			1 355.6 / - / -																
39	Sketch																						
40	Tube #:									661 U's	OD:	19.05	Tks. Average	1.24	mm	Length:	5486.4	mm	Pitch:	23.81	mm	Tube pattern:	30
41	Tube type:									Plain	Insert:	None	Fin#:		#/m	Material:	1-1/4Cr1/2Mo						
42	Shell:									Carbon Steel	ID	965.2	OD	987.42	mm	Shell cover	Carbon Steel						
43	Channel or bonnet:									1-1/4Cr1/2Mo	Channel cover			1-1/4Cr1/2Mo									
44	Tubesheet-stationary:									1-1/4Cr1/2Mo	Tubesheet-floating			1-1/4Cr1/2Mo									
45	Floating head cover:									-	Impingement protection			None									
46	Baffle-cross 1-1/4Cr1/2Mo:									Type	Unbaffled	Cut(%d)		Spacing:	c/c	mm							
47	Baffle-long -:									Seal Type		Inlet		mm									
48	Supports-tube:									U-bend	0	Type		mm									
49	Bypass seal:									Tube-tubesheet joint	Expanded only (2 grooves)(App A Y)												
50	Expansion joint:									Type	None												
51	RhoV2-Inlet nozzle:									246	Bundle entrance	104	Bundle exit	445	kg/(m-s²)								
52	Gaskets - Shell side:									Flat Metal Jacket Fibe	Tube side	Flat Metal Jacket Fibe											
53	Gaskets - Floating head:									-	Flat Metal Jacket Fibe												
54	Code requirements:									ASME Code Sec VIII Div 1	TEMA class	R - refinery service											
55	Weight/Shell:									13779.1	Filled with water	31974.4	Bundle	4790.1	kg								
56	Remarks:																						
57																							
58																							

Heat Exchanger Specification Sheet																							
1	Company: URV																						
2	Location: Tarragona																						
3	Service of Unit: Xylenes				Our Reference:																		
4	Item No.:	E-104	Your Reference:																				
5	Date:	Rev No.:	Job No.:																				
6	Size:	432	6096	mm	Type:	AES Horizontal	Connected in:	1 parallel 1 series															
7	Surf/unit(ef.)	75.7	m²		Shells/unit	1	Surf/shell(ef.)		75.7 m²														
8	PERFORMANCE OF ONE UNIT																						
9	Fluid allocation			Shell Side			Tube Side																
10	Fluid name			37->38			14.1->15																
11	Fluid quantity, Total			kg/s			2.8957																
12	Vapor (In/Out)			kg/s			0 0 0 0																
13	Liquid			kg/s			2.8957 2.8957 19.5589 19.5589																
14	Noncondensable			kg/s			0 0 0 0																
15																							
16	Temperature (In/Out)			°C			19.04 150 186.02 140.51																
17	Bubble / Dew point			°C			/ / / /																
18	Density Vapor/Liquid			kg/m³			/ 793.43 / 632.83 / 698.25 / 751.24																
19	Viscosity			mPa-s			/ 0.595 / 0.1331 / 0.1408 / 0.197																
20	Molecular wt, Vap																						
21	Molecular wt, NC																						
22	Specific heat			kJ/(kg-K)			/ 5.079 / 5.743 / 2.367 / 2.139																
23	Thermal conductivity			W/(m-K)			/ 0.1835 / 0.1229 / 0.1 / 0.1129																
24	Latent heat			kJ/kg																			
25	Pressure (abs)			bar			16 15.96653 13.25988 13.16895																
26	Velocity (Mean/Max)			m/s			0.11 / 0.15 1.16 / 1.2																
27	Pressure drop, allow/calc.			bar			0.2 0.03347 0.2 0.09093																
28	Fouling resistance (min)			m²-K/W			0.0002 0.0002 0.00023 Ao based																
29	Heat exchanged			kW			2009.3 MTD (corrected) 49.42 °C																
30	Transfer rate, Service			kW			537.2 Dirty 540.3 Clean 703.9 W/(m²-K)																
31	CONSTRUCTION OF ONE SHELL																						
32	Design/Vacuum/test pressure			bar			17.92638/ / 20.4 15.16847/ / 20.4																
33	Design temperature / MDMT			°C			187.78 / 188 221.11 / 222																
34	Number passes per shell						1 2																
35	Corrosion allowance			mm			3.18 3.18																
36	Connections			In mm			1 50.8 / - 1 152.4 / -																
37	Size/Rating			Out mm			1 50.8 / - 1 152.4 / -																
38	Nominal			Intermediate			/ - / -																
39	Sketch																						
40	Tube #:									216	OD:	19.05	Tks. Average	1.24	mm	Length:	6096	mm	Pitch:	23.81	mm	Tube pattern:	30
41	Tube type:									Plain	Insert:	None	Fin#:		#/m	Material:	1-1/4Cr1/2Mo						
42	Shell:									1-1/4Cr1/2Mo	ID	438.15	OD	457.2	mm	Shell cover	1-1/4Cr1/2Mo						
43	Channel or bonnet:									1-1/4Cr1/2Mo	Channel cover			1-1/4Cr1/2Mo									
44	Tubesheet-stationary:									1-1/4Cr1/2Mo	Tubesheet-floating			1-1/4Cr1/2Mo									
45	Floating head cover:									1-1/4Cr1/2Mo	Impingement protection			None									
46	Baffle-cross 1-1/4Cr1/2Mo:									Type	Single segmental	Cut(%d)	36.6	Horiz. Spacing:	c/c	196.85	mm						
47	Baffle-long -:									Seal Type		Inlet		269.88	mm								
48	Supports-tube:									U-bend	0	Type		mm									
49	Bypass seal:									Tube-tubesheet joint	Expanded only (2 grooves)(App A Y)												
50	Expansion joint:									Type	None												
51	RhoV2-Inlet nozzle:									2255	Bundle entrance	28	Bundle exit	35	kg/(m-s²)								
52	Gaskets - Shell side:									Flat Metal Jacket Fibe	Tube side	Flat Metal Jacket Fibe											
53	Gaskets - Floating head:									Flat Metal Jacket Fibe													
54	Code requirements:									ASME Code Sec VIII Div 1	TEMA class	R - refinery service											
55	Weight/Shell:									2113	Filled with water	3083.4	Bundle	912.1	kg								
56	Remarks:																						
57																							
58																							

A.6.4.5 E-105

Heat Exchanger Specification Sheet

1	Company:	URV	
2	Location:	Tarragona	
3	Service of Unit:	Xylenes	Our Reference:
4	Item No.:	E-105	Your Reference:
5	Date:	Rev No.:	Job No.:
6	Size:	686 /974 2438.4 mm	Type: AKU Horizontal Connected in: 1 parallel 1 series
7	Surf/unit(eff.)	99.8 m²	Shells/unit 1 Surf/shell(eff.) 99.8 m²
8	PERFORMANCE OF ONE UNIT		
9	Fluid allocation	Shell Side	Tube Side
10	Fluid name	15->16	24.1->41
11	Fluid quantity, Total	kg/s 2.8959	15.8697
12	Vapor (In/Out)	kg/s 0 2.8954	15.8697 9.1054
13	Liquid	kg/s 2.8959 0.0004	0 6.7643
14	Noncondensable	kg/s 0 0	0 0
15	Temperature (In/Out)	°C 150 155.42	203.34 181.83
17	Bubble / Dew point	°C 155.59 / /	/ 199.48 /
18	Density Vapor/Liquid	kg/m³ / 632.8 16.91 / 624.96	22.12 / 18.32 / 702.47
19	Viscosity	mPa-s / 0.1331 0.0094 / 0.126	0.0124 / 0.0123 / 0.1443
20	Molecular wt, Vap		31.98 65.08 53.54
21	Molecular wt, NC		
22	Specific heat	kJ/(kg-K) / 5.744 2.09 / 5.823	1.886 / 1.834 / 2.358
23	Thermal conductivity	W/(m-K) / 0.1229 0.0258 / 0.1221	0.0289 / 0.028 / 0.1027
24	Latent heat	kJ/kg 889.8	287.7 301.3
25	Pressure (abs)	bar 15.8 15.72731	11.85992 11.67715
26	Velocity (Mean/Max)	m/s 0.81 / 1.2	10.71 / 12.94
27	Pressure drop, allow./calc.	bar 0.2 0.07269	0.2 0.18277
28	Fouling resistance (min)	m²-K/W 0.0002	0.0002 0.00026 Ao based
29	Heat exchanged	2652.7 kW	MTD (corrected) 35.57 °C
30	Transfer rate, Service	747.3 Dirty 883.3 Clean 1480.8	W/(m²-K)
31	CONSTRUCTION OF ONE SHELL		
32		Shell Side	Tube Side
33	Design/Vacuum/test pressure	bar 17.92638/ / 20.4	13.10004/ / 20.4
34	Design temperature / MDMT	°C 193.33 / 194	243.33 / 249
35	Number passes per shell	1	2
36	Corrosion allowance	mm 3.18	3.18
37	Connections	In mm 1 76.2 / -	1 254 / -
38	Size/Rating	Out mm 1 12.7 / -	1 254 / -
39	Nominal	Out - Vapor mm 1 101.6 / -	/ -
40	Tube #:	321 U's OD: 19.05 Tks. Average 2.11 mm	Length: 2438.4 mm Pitch: 23.81 mm Tube pattern:30
41	Tube type:	Plain Insert:None Fin#: #/m Material:Carbon Steel	
42	Shell	Carbon Steel ID 685.8 OD 704.85	Shell cover Carbon Steel
43	Channel or bonnet	Carbon Steel	Channel cover Carbon Steel
44	Tube-sheet-stationary	Carbon Steel	Tube-sheet-floating -
45	Floating head cover	-	Impingement protection None
46	Baffle-cross	Carbon Steel Type Unbaffled Cut(%d)	Spacing: c/c mm
47	Baffle-long	- Seal Type	Inlet mm
48	Supports-tube	U-bend 0	Type mm
49	Bypass seal	Tube-tube-sheet joint	Expanded only (2 grooves)(App.A 'f')
50	Expansion joint	- Type None	
51	RhoV2-Inlet nozzle	583 Bundle entrance 82	Bundle exit 314 kg/(m-s²)
52	Gaskets - Shell side	Flat Metal Jacket Fibe	Tube side Flat Metal Jacket Fibe
53	Floating head	-	
54	Code requirements	ASME Code Sec VIII Div 1	TEMA class R - refinery service
55	Weight/Shell	3726.2 Filled with water 6399.2	Bundle 1726.7 kg



A.6.4.6 E-106

Plate Heat Exchanger Specification Sheet

1	Company:	URV		
2	Location:	Tarragona		
3	Service of Unit:	Xylenes	Our Reference:	
4	Item No.:	E-104	Your Reference:	
5	Date:	Rev No.:	Job No.:	
6	CASE			
7	Fluid	20->21	17->18	
8	Total flow	kg/s 37.8357	37.8358	
9	Flow per PHE	kg/s 37.8357	37.8358	
10	Pressure drop (allow./calc.)	bar 0.2 / 0.19929	0.2 / 0.12263	
11	Velocity between plates	m/s 2.52	1.74	
12	Wall shear stress	N/m² 17.97	10.98	
13	Fouling margin	%		
14	OPERATING DATA			
15	Liquid flow	kg/s 0	0	
16	Vapor flow	kg/s 37.8357	37.8357	
17	Operating temperature	°C 454.06	366.41	
18	Operating pressure	bar 14.00992	13.81063	
19	LIQUID PROPERTIES			
20	Density	kg/m³		
21	Specific heat	kJ/(kg-K)		
22	Viscosity	mPa-s		
23	Thermal conductivity	W/(m-K)		
24	Surface tension	N/m		
25	VAPOR PROPERTIES			
26	Density	kg/m³ 19.16	22.11 38.15 27.92	
27	Specific heat	kJ/(kg-K) 2.438	2.267 2.063 2.208	
28	Viscosity	mPa-s 0.0184	0.016 0.0123 0.0145	
29	Thermal conductivity	W/(m-K) 0.0552	0.0453 0.0308 0.0409	
30	Relative molecular mass			
31	Dew point / bubble point	°C / /	/ /	
32	Latent heat	kJ/kg		
33	Critical pressure	bar		
34	Critical temperature	°C		
35	Total heat exchanged	kW 7799.6		
36	Overall coefficient (UA)	W/(m²-K) Clean condition: 563.8	Service: 460	
37	LMTD / Effective MTD	°C 125.6	/ 125.6	
38	Heat transfer area	m² 1161.7		
39	Stream heat transfer coeff.	W/(m²-K) 1275.5	1054	
40	CONFIGURATION FOR EXCHANGER AND PLATE DETAILS			
41	Number of PHE in parallel	1	Heat transfer area/PHE m² 1161.7	
42	Number of passes, hot side	1	Heat transfer area/plate m² 2.786	
43	Number of passes, cold side	1	Plate chevron angles(s) Degrees 45	
44	Number of plates per PHE	419	Nominal plate thickness mm 0.8	
45			Nominal plate gap mm 3.51	
46	Mass empty / full of water	kg 7419.9	/ 12624.7	

A.6.4.7 E-107

Air-Cooled Heat Exchanger Specification Sheet

1	Company:	URV										
2	Location:	Tarragona										
3	Service of Unit:	E-107	Our Reference:									
4	Item No.:	Your Reference:										
5	Date:	Rev No.:	Job No.:									
6	Size & Type	9.744	/	2.1624	m	Type	Forced	Number of Bays	1			
7	Surf/Unit-Finned Tube	2757.5	m ²	Bare area/bundle	117.4	m ²	Ratio (Total/Bare)	23.49				
8	Heat exchanged	2070.7	kW	MTD, Eff	47.43	°C						
9	Transfer Rate-Finned	17.4	Bare, Service	371.9	Clean	552	W/(m ² ·K)					
PERFORMANCE DATA - TUBE SIDE												
11	Fluid Circulated	39->40			In	/	Out					
12	Total Fluid Entering	kg/s	21.9659	Density, Liq	kg/m ³	775.55	/	822.37				
13		In	/	Out	Density, Vap	kg/m ³						
14	Temperature	°C	117.24	/	69.99	Specific Heat, Liq	kJ/(kg-K)	2.036	/	1.835		
15	Liquid	kg/s	21.9659	/	21.9659	Specific Heat, Vap	kJ/(kg-K)					
16	Vapor	kg/s	0	/	0	Therm. Cond, Liq	W/(m-K)	0.1473	/	0.1576		
17	Noncondensable	kg/s	0	/	0	Therm. Cond, Vap	W/(m-K)					
18	Steam	kg/s	/	/	Freeze Point	°C						
19	Water	/	/	/	Bubble / Dew point	°C						
20	Molecular wt, Vap	/	/	/	Latent heat	kJ/kg						
21	Molecular wt, NC	/	/	/	Inlet pressure (abs)	bar	11.65992					
22	Viscosity, Liq	mPa-s	0.3884	/	0.5873	Pres Drop, Allow/Calc	Pa	20000	/	12029.9		
23	Viscosity, Vap	mPa-s	/	/	Fouling resistance	m ² ·K/W	0.0002					
PERFORMANCE DATA - AIR SIDE												
24	Air Quantity, Total	79.0054	kg/s	Altitude	64.6	m						
26	Air Quantity/Fan	17.202	m ³ /s	Temperature In	32	°C						
27	Static Pressure	196	Pa	Temperature Out	58	°C						
28	Face Velocity	3.83	m/s	Mass velocity	4.4	kg/s/m ²	Design Ambient	0	°C			
DESIGN-MATERIALS-CONSTRUCTION												
29	Design/Vac./Test Pres	20.4	/	/	bar	Design temperature	233	°C				
TUBE BUNDLE												
32	Size	m	9.744	Type	Box	Material	Carbon Steel					
33	Number/bay	1	Material	Carbon Steel	Specifications							
34	Tube Rows	5	Passes	2	OD	25.4	Min Thk.	1.65	mm			
35	Arrangement	Plug Mat.		No./Bun	165	Lng	9.144	m				
36	Bundles	1	par	Gasket Mat.	Pitch	60	/	51.96	30	Degrees		
37	Bays	1	par	Corr. Allow.	3.18	mm						
38	Bundle frame	Inlet nozzle (1) 146.33 mm		Type	G-finned							
39	MISCELLANEOUS	Outlet nozzle (1) 122.25 mm		Material	Aluminum 1060							
40	Struct. Mount.	Special Nozzles		OD	57.15	Tks	0.28	mm				
41	Surf.Prepare	Rating	Program	No.	433	#/m	Design Temp	°C				
42	Louvers	TI	PI	Code	ASME Code Sec VIII Div							
43	Vibration Switches	Chem Cleaning		Stamp	Yes	Specs						
MECHANICAL EQUIPMENT												
44	Fan,Mfr., Model	Driver, Type	Program	Speed Reducer, Type								
46	No./Bay	4	RPM	Mfr.	Mfr.&Model							
47	Dia.	1.524m	Blade(s)	No./Bay								
48	Pitch	Angle	RPM	Rating	hp							
49	Blade(s)	Hub	Enclosure	Ratio								
50	hp/Fan	6.103 kW	MinAmb	V/Phase/Hz	/	/	Support					
51	Control Action on Air Failure-	Louvers										
52	Degree Control of Outlet Process Temperature											
53	Recirculation				Steam Coil	No						
54	Plot Area	m ²	Drawing No.	Wt.Bundle	5504.2	Wt. Unit	5504.2	kg				
55	Notes:											

A.6.4.8 E-108

Air-Cooled Heat Exchanger Specification Sheet

1	Company:	URV										
2	Location:	Tarragona										
3	Service of Unit:	Xylenes	Our Reference:									
4	Item No.:	E-108	Your Reference:									
5	Date:	Rev No.:	Job No.:									
6	Size & Type	9.744	/	2.2824	m	Type	Forced	Number of Bays	1			
7	Surf/Unit-Finned Tube	2924.7	m ²	Bare area/bundle	124.5	m ²	Ratio (Total/Bare)	23.49				
8	Heat exchanged	2189.7	kW	MTD, Eff	53.12	°C						
9	Transfer Rate-Finned	15.8	Bare, Service	331.1	Clean	484	W/(m ² ·K)					
PERFORMANCE DATA - TUBE SIDE												
11	Fluid Circulated	42->43			In	/	Out					
12	Total Fluid Entering	kg/s	15.8697	Density, Liq	kg/m ³	762.84	/	823.32				
13		In	/	Out	Density, Vap	kg/m ³	13.25					
14	Temperature	°C	129.6	/	70	Specific Heat, Liq	kJ/(kg-K)	2.325	/	2.076		
15	Liquid	kg/s	15.8007	/	15.8697	Specific Heat, Vap	kJ/(kg-K)	1.803				
16	Vapor	kg/s	0.069	/	0	Therm. Cond, Liq	W/(m-K)	0.1443	/	0.1556		
17	Noncondensable	kg/s	0	/	0	Therm. Cond, Vap	W/(m-K)	0.0293				
18	Steam	kg/s	/	/	Freeze Point	°C						
19	Water	/	/	/	Bubble / Dew point	°C	120.13	/ 746.18				
20	Molecular wt, Vap	35.91822		/	35.91822	Latent heat	kJ/kg					
21	Molecular wt, NC	/	/	/	Inlet pressure (abs)	bar	11.65792					
22	Viscosity, Liq	mPa-s	0.3394	/	0.5604	Pres Drop, Allow/Calc	Pa	20000	/	8666		
23	Viscosity, Vap	mPa-s	0.0128	/	/	Fouling resistance	m ² ·K/W	0.0002				
PERFORMANCE DATA - AIR SIDE												
24	Air Quantity, Total	83.5748	kg/s	Altitude	64.6	m						
26	Air Quantity/Fan	18.197	m ³ /s	Temperature In	32	°C						
27	Static Pressure	194	Pa	Temperature Out	58	°C						
28	Face Velocity	3.83	m/s	Mass velocity	4.39	kg/s/m ²	Design Ambient	0	°C			
DESIGN-MATERIALS-CONSTRUCTION												
29	Design/Vac./Test Pres	20.4	/	/	bar	Design temperature	233	°C				
TUBE BUNDLE												
32	Size	m	9.744	Type	Box	Material	1-1/4Cr1/2Mo	Specifications	1-1/4Cr1/2Mo			
33	Number/bay	1	Material	1-1/4Cr1/2Mo	Specifications							
34	Tube Rows	5	Passes	2	OD	25.4	Min Thk.	1.65	mm			
35	Arrangement	Plug Mat.		No./Bun	175	Lng	9.144	m				
36	Bundles	1	par	Gasket Mat.	Pitch	60	/	51.96	30	Degrees		
37	Bays	1	par	Corr. Allow.	mm							
38	Bundle frame	Inlet nozzle (1) 146.33 mm		Type	G-finned							
39	MISCELLANEOUS	Outlet nozzle (1) 97.18 mm		Material	Aluminum 1060							
40	Struct. Mount.	Special Nozzles		OD	57.15	Tks	0.28	mm				
41	Surf.Prepare	Rating	Program	No.	433	#/m	Design Temp	°C				
42	Louvers	TI	PI	Code	ASME Code Sec VIII Div							
43	Vibration Switches	Chem Cleaning		Stamp	Yes	Specs						
MECHANICAL EQUIPMENT												
44	Fan,Mfr., Model	Driver, Type	Program	Speed Reducer, Type								
46	No./Bay	4	RPM	Mfr.	Mfr.&Model							
47	Dia.	1.524m	Blade(s)	No./Bay								
48	Pitch	Angle	RPM	Rating	hp							
49	Blade(s)	Hub	Enclosure	Ratio								
50	hp/Fan	6.401 kW	MinAmb	V/Phase/Hz	/	/	Support					
51	Control Action on Air Failure-	Louvers										
52	Degree Control of Outlet Process Temperature											
53	Recirculation				Steam Coil	No						
54	Plot Area	m ²	Drawing No.	Wt.Bundle	5146.9	Wt. Unit	5146.9	kg				
55	Notes:											

A.6.4.9 E-109 (Puesta en marcha)

A.6.4.10 E-110 (Puesta en marcha)

Heat Exchanger Specification Sheet					
1	Company:	URV			
2	Location:	Tarragona			
3	Service of Unit:	Xylenes	Our Reference:		
4	Item No.:	E-109	Your Reference:		
5	Date:	Rev No.:	Job No.:		
6	Size:	381 - 6096	mm	Type:	AES Horizontal
7	Surf/unit(eff.)	42.5	m ²	Shells/unit	1
7	Surf/shell(eff.)	42.5	m ²	Surf/shell(eff.)	42.5
8	PERFORMANCE OF ONE UNIT				
9	Fluid allocation	Shell Side		Tube Side	
10	Fluid name	SL E-109->CL E-109		70->71	
11	Fluid quantity, Total	0.8135		2.7778	
12	Vapor (In/Out)	0.8135	0.0003	0	0
13	Liquid	0	0.8132	2.7778	2.7778
14	Noncondensable	0	0	0	0
15					
16	Temperature (In/Out)	°C 155 149.5		°C 15.16 135	
17	Bubble / Dew point	°C 149.77 / 149.77		°C / /	
18	Density Vapor/Liquid	kg/m ³ 2.47 / 2.49 / 904.18		kg/m ³ / 797.19 / 655.48	
19	Viscosity	mPa-s 0.0141 / 0.0139 / 0.1817		mPa-s / 0.6296 / 0.1555	
20	Molecular wt, Vap	18.02		18.02	
21	Molecular wt, NC				
22	Specific heat	kJ/(kg-K) 1.973 / 1.971 / 4.293		kJ/(kg-K) / 5.071 / 5.563	
23	Thermal conductivity	W/(m-K) 0.0303 / 0.0285 / 0.6867		W/(m-K) / 0.1845 / 0.1305	
24	Latent heat	kJ/kg 2137.3		2137.3	
25	Pressure (abs)	bar 4.73978		bar 4.71304	
26	Velocity (Mean/Max)	m/s 1.63 / 9.38		m/s 0.89 / 1.04	
27	Pressure drop, allow./calc.	bar 0.2		bar 0.2	
28	Fouling resistance (min)	m ² -KW 0.00025		m ² -KW 0.0002 0.00023 Ao based	
29	Heat exchanged	1747.1	kW	MTD (corrected)	53.3 °C
30	Transfer rate, Service	771.9	Dirty	973.7	Clean
30	Transfer rate, Service	771.9	Dirty	973.7	Clean
31	CONSTRUCTION OF ONE SHELL				
32		Shell Side		Tube Side	
33	Design/Vacuum/test pressure	bar 5.51581 / / 20.4		bar 17.92638 / / 20.4	
34	Design temperature / MDMT	°C 193.33 / 280		°C 171.11 / 172	
35	Number passes per shell	1		6	
36	Corrosion allowance	mm 3.18		mm 3.18	
37	Connections	In	mm 1 152.4 / -	In	mm 1 38.1 / -
38	Size/Rating	Out	mm 1 25.4 / -	Out	mm 1 50.8 / -
39	Nominal	Intermediate	/ -	Intermediate	/ -
40	Tube #:	121	OD: 19.05	Tks. Average 1.24	mm
40	Tube #:	121	OD: 19.05	Tks. Average 1.24	mm
41	Tube type:	Plain	Insert:None	Fin#:	#/m
41	Tube type:	Plain	Insert:None	Fin#:	#/m
42	Shell Carbon Steel	ID 387.35	OD 406.4	mm	Shell cover Carbon Steel
42	Shell Carbon Steel	ID 387.35	OD 406.4	mm	Shell cover Carbon Steel
43	Channel or bonnet	1-1/4Cr1/2Mo		Channel cover 1-1/4Cr1/2Mo	
43	Channel or bonnet	1-1/4Cr1/2Mo		Channel cover 1-1/4Cr1/2Mo	
44	Tube-sheet-stationary	1-1/4Cr1/2Mo		Tube-sheet-floating 1-1/4Cr1/2Mo	
44	Tube-sheet-stationary	1-1/4Cr1/2Mo		Tube-sheet-floating 1-1/4Cr1/2Mo	
45	Floating head cover	1-1/4Cr1/2Mo		Impingement protection None	
45	Floating head cover	1-1/4Cr1/2Mo		Impingement protection None	
46	Baffle-cross	1-1/4Cr1/2Mo	Type	Single segmental	Cut(%): 40.17
46	Baffle-cross	1-1/4Cr1/2Mo	Type	Unbaffled	Cut(%):
47	Baffle-long	-	Seal Type	Inlet	mm 665.17
47	Baffle-long	-	Seal Type	Inlet	mm 665.17
48	Supports-tube	U-bend	0	Type	
48	Supports-tube	U-bend	0	Type	
49	Bypass seal	Tube-tubesheet joint		Expanded only (2 grooves)(App.A 't)	
49	Bypass seal	Tube-tubesheet joint		Expanded only (2 grooves)(App.A 't)	
50	Expansion joint	-	Type	None	
50	Expansion joint	-	Type	None	
51	RhoV2-Inlet nozzle	772	Bundle entrance	66	Bundle exit
51	RhoV2-Inlet nozzle	772	Bundle entrance	66	Bundle exit
52	Gaskets - Shell side	Flat Metal Jacket Fibe		Tube side Flat Metal Jacket Fibe	
52	Gaskets - Shell side	Flat Metal Jacket Fibe		Tube side Flat Metal Jacket Fibe	
53	Floating head	Flat Metal Jacket Fibe			
53	Floating head	Flat Metal Jacket Fibe			
54	Code requirements	ASME Code Sec VIII Div 1		TEMA class R - refinery service	
54	Code requirements	ASME Code Sec VIII Div 1		TEMA class R - refinery service	
55	Weight/Shell	1546.2	Filled with water	2287.2	Bundle
55	Weight/Shell	1546.2	Filled with water	2287.2	Bundle
56	Remarks				
56	Remarks				

Heat Exchanger Specification Sheet					
1	Company:	URV			
2	Location:	Tarragona			
3	Service of Unit:	Xylenes	Our Reference:		
4	Item No.:	E-110	Your Reference:		
5	Date:	Rev No.:	Job No.:		
6	Size:	337 /571 -5486.4	mm	Type:	AKU Horizontal
7	Surf/unit(eff.)	41.9	m ²	Shells/unit	1
7	Surf/shell(eff.)	41.9	m ²	Surf/shell(eff.)	41.9
8	PERFORMANCE OF ONE UNIT				
9	Fluid allocation	Shell Side		Tube Side	
10	Fluid name	71->72		SM E-110->CM E-110	
11	Fluid quantity, Total	0.8135		2.7778	
11	Fluid quantity, Total	0.8135		2.7778	
12	Vapor (In/Out)	0	0.0003	0	0
12	Vapor (In/Out)	0	0.0003	0	0
13	Liquid	0	0.8132	2.7778	2.7778
13	Liquid	0	0.8132	2.7778	2.7778
14	Noncondensable	0	0	0	0
14	Noncondensable	0	0	0	0
15					
16	Temperature (In/Out)	°C 135 155.51		°C 260 204.33	
16	Temperature (In/Out)	°C 135 155.51		°C 260 204.33	
17	Bubble / Dew point	°C 155.62 /		°C 204.65 / 204.79	
17	Bubble / Dew point	°C 155.62 /		°C 204.65 / 204.79	
18	Density Vapor/Liquid	kg/m ³ / 655.48 16.95 /		kg/m ³ / 7.4 / 849.2	
18	Density Vapor/Liquid	kg/m ³ / 655.48 16.95 /		kg/m ³ / 7.4 / 849.2	
19	Viscosity	mPa-s / 0.1555 0.0094 /		mPa-s / 0.0184 / 0.1309	
19	Viscosity	mPa-s / 0.1555 0.0094 /		mPa-s / 0.0184 / 0.1309	
20	Molecular wt, Vap	32		18.02	
20	Molecular wt, Vap	32		18.02	
21	Molecular wt, NC				
21	Molecular wt, NC				
22	Specific heat	kJ/(kg-K) / 5.563 2.091 /		kJ/(kg-K) / 2.11 / 4.704	
22	Specific heat	kJ/(kg-K) / 5.563 2.091 /		kJ/(kg-K) / 2.11 / 4.704	
23	Thermal conductivity	W/(m-K) / 0.1305 0.0258 /		W/(m-K) / 0.0415 / 0.6614	
23	Thermal conductivity	W/(m-K) / 0.1305 0.0258 /		W/(m-K) / 0.0415 / 0.6614	
24	Latent heat	kJ/kg 886.1		1962.4	
24	Latent heat	kJ/kg 886.1		1962.4	
25	Pressure (abs)	bar 15.8		bar 15.75236	
25	Pressure (abs)	bar 15.8		bar 15.75236	
26	Velocity (Mean/Max)	m/s 0.74 / 1.03		m/s 6.69 / 13.27	
26	Velocity (Mean/Max)	m/s 0.74 / 1.03		m/s 6.69 / 13.27	
27	Pressure drop, allow./calc.	bar 0.2		bar 0.2	
27	Pressure drop, allow./calc.	bar 0.2		bar 0.2	
28	Fouling resistance (min)	m ² -KW 0.0002		m ² -KW 0.00025 0.00029 Ao based	
28	Fouling resistance (min)	m ² -KW 0.0002		m ² -KW 0.00025 0.00029 Ao based	
29	Heat exchanged	2776.1	kW	MTD (corrected)	49.92 °C
29	Heat exchanged	2776.1	kW	MTD (corrected)	49.92 °C
30	Transfer rate, Service	1328.2	Dirty	1485.1	Clean
30	Transfer rate, Service	1328.2	Dirty	1485.1	Clean
31	CONSTRUCTION OF ONE SHELL				
32		Shell Side		Tube Side	
33	Design/Vacuum/test pressure	bar 17.92638 / / 20.4		bar 19.30533 / / 20.4	
33	Design/Vacuum/test pressure	bar 17.92638 / / 20.4		bar 19.30533 / / 20.4	
34	Design temperature / MDMT	°C 193.33 / 194		°C 298.89 / 340	
34	Design temperature / MDMT	°C 193.33 / 194		°C 298.89 / 340	
35	Number passes per shell	1		2	
35	Number passes per shell	1		2	
36	Corrosion allowance	mm 3.18		mm 3.18	
36	Corrosion allowance	mm 3.18		mm 3.18	
37	Connections	In	mm 1 76.2 / -	In	mm 1 88.9 / -
37	Connections	In	mm 1 76.2 / -	In	mm 1 88.9 / -
38	Size/Rating	Out	mm 1 12.7 / -	Out	mm 1 31.75 / -
38	Size/Rating	Out	mm 1 12.7 / -	Out	mm 1 31.75 / -
39	Nominal	Out - Vapor	mm 1 101.6 / -	Intermediate	/ -
39	Nominal	Out - Vapor	mm 1 101.6 / -	Intermediate	/ -
40	Tube #:	63 U's	OD: 19.05	Tks. Average 1.24	mm
40	Tube #:	63 U's	OD: 19.05	Tks. Average 1.24	mm
41	Tube type:	Plain	Insert:None	Fin#:	#/m
41	Tube type:	Plain	Insert:None	Fin#:	#/m
42	Shell Carbon Steel	ID 336.55	OD 355.6	mm	Shell cover Carbon Steel
42	Shell Carbon Steel	ID 336.55	OD 355.6	mm	Shell cover Carbon Steel
43	Channel or bonnet	1-1/4Cr1/2Mo		Channel cover 1-1/4Cr1/2Mo	
43	Channel or bonnet	1-1/4Cr1/2Mo		Channel cover 1-1/4Cr1/2Mo	
44	Tube-sheet-stationary	1-1/4Cr1/2Mo		Tube-sheet-floating -	
44	Tube-sheet-stationary	1-1/4Cr1/2Mo		Tube-sheet-floating -	
45	Floating head cover	-		Impingement protection None	
45	Floating head cover	-		Impingement protection None	
46	Baffle-cross	1-1/4Cr1/2Mo	Type	Unbaffled	Cut(%):
46	Baffle-cross	1-1/4Cr1/2Mo	Type	Unbaffled	Cut(%):
47	Baffle-long	-	Seal Type	Inlet	mm
47	Baffle-long	-	Seal Type	Inlet	mm
48	Supports-tube	U-bend	0	Type	
48	Supports-tube	U-bend	0	Type	
49	Bypass seal	Tube-tubesheet joint		Expanded only (2 grooves)(App.A 't)	
49	Bypass seal	Tube-tubesheet joint		Expanded only (2 grooves)(App.A 't)	
50	Expansion joint	-	Type	None	
50	Expansion joint	-	Type	None	
51	RhoV2-Inlet nozzle	517	Bundle entrance	104	Bundle exit
51	RhoV2-Inlet nozzle	517	Bundle entrance	104	Bundle exit
52	Gaskets - Shell side	Flat Metal Jacket Fibe		Tube side Flat Metal Jacket Fibe	
52	Gaskets - Shell side	Flat Metal Jacket Fibe		Tube side Flat Metal Jacket Fibe	
53	Floating head	-			
53	Floating head	-			
54	Code requirements	ASME Code Sec VIII Div 1		TEMA class R - refinery service	
54	Code requirements	ASME Code Sec VIII Div 1		TEMA class R - refinery service	
55	Weight/Shell	1640.6	Filled with water	3474.7	Bundle
55	Weight/Shell	1640.6	Filled with water	3474.7	Bundle
56	Remarks				
56	Remarks				

A.6.4.11 E-201

Air-Cooled Heat Exchanger Specification Sheet

1	Company:	URV									
2	Location:	Tarragona									
3	Service of Unit:	Xylenes		Our Reference:							
4	Item No.:	E-201		Your Reference:							
5	Date:	Rev No.:	Job No.:								
6	Size & Type	9.744 / 1.0824	m	Type	Forced	Number of Bays	1				
7	Surf/Unit-Finned Tube	1242.7	m ²	Bare area/bundle	52.9	Ratio (Total/Bare)	23.49				
8	Heat exchanged	794.8	kW	MTD, Eff	32.9	°C					
9	Transfer Rate-Finned	22.7	Bare, Service	456.7	Clean	801.1	W/(m ² ·K)				
10	PERFORMANCE DATA - TUBE SIDE										
11	Fluid Circulated	29->30		In / Out							
12	Total Fluid Entering	kg/s	0.6187	Density, Liq	kg/m ³	748.83	/ 736.47				
13		In / Out		Density, Vap	kg/m ³	1.53	/				
14	Temperature	°C	80.21 / 75.05	Specific Heat, Liq	kJ/(kg·K)	5.251	/ 5.233				
15	Liquid	kg/s	0.0039 / 0.6187	Specific Heat, Vap	kJ/(kg·K)	1.553	/				
16	Vapor	kg/s	0.6148 / 0	Therm. Cond, Liq	W/(m·K)	0.218	/ 0.1727				
17	Noncondensable	kg/s	0 / 0	Therm. Cond, Vap	W/(m·K)	0.0174	/				
18	Steam	kg/s	/	Freeze Point	°C						
19	Water	/	/	Bubble / Dew point	°C	75.14	/ 80.28				
20	Molecular wt, Vap	31.35369 / 31.35369		Latent heat	kJ/kg						
21	Molecular wt, NC			Inlet pressure (abs)	bar	1.4					
22	Viscosity, Liq	mPa-s	0.2907 / 0.2959	Pres Drop, Allow/Calc	Pa	10000	/ 7918.3				
23	Viscosity, Vap	mPa-s	0.0071 /	Fouling resistance	m ² ·KW	0.0002					
24	PERFORMANCE DATA - AIR SIDE										
25	Air Quantity, Total	34.2805	kg/s	Altitude	64.6	m					
26	Air Quantity/Fan	3.317	m ³ /s	Temperature In	32	°C					
27	Static Pressure	181	Pa	Temperature Out	55.02	°C					
28	Face Velocity	3.63	m/s	Mass velocity	4.16	kg/s/m ²	Design Ambient	0	°C		
29	DESIGN-MATERIALS-CONSTRUCTION										
30	Design/Vac./Test Pres	4.5	/	bar	Design temperature	204.44 °C					
31	TUBE BUNDLE		Header		Tube						
32	Size	m	9.744	Type	Box	Material	1-1/4Cr1/2Mo				
33	Number/bay	1		Material	1-1/4Cr1/2Mo	Specifications					
34	Tube Rows	5		Passes	2	OD	25.4	Min Thk.	1.65	mm	
35	Arrangement			Plug Mat							
36	Bundles	1	par	Gasket Mat							
37	Bays	1	par	Corr. Allow.	mm	Pitch	60	/ 51.96	30	Degrees	
38	Bundle frame			Inlet nozzle (1)	146.33	mm	Type	G-finned			
39	MISCELLANEOUS		Outlet nozzle (1)		33.99	mm	Material	Aluminum 1060			
40	Struct. Mount.			Special Nozzles							
41	Surf Prep	Rating	Program	No.	433	#/m	Design Temp	°C			
42	Louvers	TI	PI	Code	ASME Code Sec VIII Div						
43	Vibration Switches	Chem Cleaning		Stamp	Yes	Specs					
44	MECHANICAL EQUIPMENT										
45	Fan,Mfr., Model	Driver, Type	Program	Speed Reducer, Type							
46	No./Bay	9	RPM	Mfr. & Model							
47	Dia.	0.6090m	Blade(s)	No./Bay							
48	Pitch	Angle	RPM	Rating	hp						
49	Blade(s)	Hub	Enclosure	Ratio							
50	hp/Fan	1.088	kW	MinAmb	VI/Phase/Hz	/ /	Support				
51	Control Action on Air Failure-						Louvers				
52	Degree Control of Outlet Process Temperature						Steam Coil	No			
53	Recirculation						Wt. Bundle	2684.3	Wt. Unit	2684.3	kg
54	Plot Area	m ²	Drawing No.								
55	Notes:										

A.6.4.12 E-202 A/B/C

Heat Exchanger Specification Sheet

1	Company:	URV									
2	Location:	Tarragona									
3	Service of Unit:	Xylenes		Our Reference:							
4	Item No.:	E-202		Your Reference:							
5	Date:	Rev No.:	Job No.:								
6	Size:	381 - 1828.8	mm	Type:	BEM Vertical	Connected in:	1 parallel	1 series			
7	Surf/unit(eff.)	18.4	m ²	Shells/unit	1	Surf/shell(eff.)	18.4	m ²			
8	PERFORMANCE OF ONE UNIT										
9	Fluid allocation			Shell Side		Tube Side					
10	Fluid name			36->37		To E-202->From E-202					
11	Fluid quantity, Total	kg/s		19.5589		2.0582					
12	Vapor (In/Out)	kg/s		0.0269	0	0	0.5264				
13	Liquid	kg/s		19.532	19.5589	2.0582	1.5319				
14	Noncondensable	kg/s		0	0	0	0				
15											
16	Temperature (In/Out)	°C		209.58	185.99	112.13	113.21				
17	Bubble / Dew point	°C		208.62 / 751.49	208.37 / 756.4	114.72 / 114.78	113.2	/ 113.25			
18	Density Vapor/Liquid	kg/m ³		26.23 / 667.1	/ 698.28	/ 949.72	0.83	/ 950.12			
19	Viscosity	mPa-s		0.0125 / 0.1182	/ 0.1408	/ 0.2291	0.0094	/ 0.2289			
20	Molecular wt, Vap			67.66							
21	Molecular wt, NC										
22	Specific heat	kJ/(kg·K)		1.92 / 2.513	/ 2.367	/ 4.016	1.972	/ 4.012			
23	Thermal conductivity	W/(m·K)		0.0294 / 0.0923	/ 0.1	/ 0.7086	0.0257	/ 0.7094			
24	Latent heat	kJ/kg		265.9	260.1	2233.2	2233.2				
25	Pressure (abs)	bar		13.29706	13.25988	1.69077	1.6068				
26	Velocity (Mean/Max)	m/s		0.57 / 0.92	8.45 / 16.84						
27	Pressure drop, allow./calc.	bar		0.2	0.03718	0.36917	0.08397				
28	Fouling resistance (min)	m ² ·K/W		0.0002	0.0002 0.00023 Ao based						
29	Heat exchanged	1156.7	kW	MTD (corrected)	83.69	°C					
30	Transfer rate, Service	751.6	Dirty	937.3	Clean	1570.4	W/(m ² ·K)				
31	CONSTRUCTION OF ONE SHELL							Sketch			
32			Shell Side		Tube Side						
33	Design/Vacuum/test pressure	bar	15.16847 / 20.4	3.44738 / 20.4							
34	Design temperature / MDMT	°C	248.89 / 249	148.89 / 149							
35	Number passes per shell	1		1							
36	Corrosion allowance	mm		3.18	3.18						
37	Connections	In	mm	1 203.2 / -	1 31.75 / -						
38	Size/Rating	Out	mm	1 152.4 / -	1 152.4 / -						
39	Nominal	Intermediate	/ - / -								
40	Tube #:	175	OD: 19.05	Tks. Average	1.24	mm	Length: 1828.8	mm	Pitch: 23.81	mm	Tube pattern: 30
41	Tube type:	Plain	Insert:	None	Fin#:	#/m		Material:	1-1/4Cr1/2Mo		
42	Shell	1-1/4Cr1/2Mo	ID	387.35	OD	406.4	mm	Shell cover	-		
43	Channel or bonnet	1-1/4Cr1/2Mo					Channel cover	-			
44	Tube-sheet-stationary	1-1/4Cr1/2Mo					Tube-sheet-floating	-			
45	Floating head cover							Impingement protection	None		
46	Baffle-cross	1-1/4Cr1/2Mo	Type	Single segmental	Cut(%d)	39.35	Hot/Spacing: c/c	596.9	mm		
47	Baffle-long			Seal Type			Inlet	579.44	mm		
48	Supports-tube	U-bend		0			Type				
49	Bypass seal			Tube-tubesheet joint			Expanded only (2 grooves)(App.A T)				
50	Expansion joint			Type	None						
51	RhoV2-Inlet nozzle	569	Bundle entrance	324	Bundle exit	354	kg/(m ² ·s)				
52	Gaskets - Shell side			Tube side			Flat Metal Jacket Fibe				
53	Floating head										
54	Code requirements	ASME Code Sec VIII Div 1		TEMA class	R - refinery service						
55	Weight/Shell	655.7	Filled with water	888.4	Bundle	260.9	kg				
56	Remarks										

A.6.4.13 E-202SL (Puesta en marcha)

Heat Exchanger Specification Sheet

1	Company:	URV
2	Location:	Tarragona
3	Service of Unit:	Xylenes Our Reference:
4	Item No.:	E-202 SL Your Reference:
5	Date:	Rev No.: Job No.:
6	Size:	432 - 1829 mm Type: BEM Vertical Connected in: 1 parallel 1 series
7	Surf/unit(eff.)	27.3 m² Shells/unit 1 Surf/shell(eff.) 27.3 m²
8	PERFORMANCE OF ONE UNIT	
9	Fluid allocation	Shell Side Tube Side
10	Fluid name	36->37 To E-202->From E-202
11	Fluid quantity, Total	kg/s 0.5229 2.0582
12	Vapor (In/Out)	kg/s 0.5229 0 0 0.5008
13	Liquid	kg/s 0 0.5229 2.0582 1.5574
14	Noncondensable	kg/s 0 0 0 0
15		
16	Temperature (In/Out)	°C 154.7 148.17 111.83 113.22
17	Bubble / Dew point	°C 148.35 / 148.35 148.17 / 148.17 115.05 / 115.09 113.21 / 113.24
18	Density Vapor/Liquid	kg/m³ 2.38 / / 905.42 / 948.56 0.91 / 970.01
19	Viscosity	mPa-s 0.0141 / / 0.1835 / 2.1706 0.0095 / 177.9961
20	Molecular wt, Vap	18.02
21	Molecular wt, NC	
22	Specific heat	kJ/(kg-K) 1.97 / / 4.286 / 4.021 1.918 / 3.771
23	Thermal conductivity	W/(m-K) 0.0301 / / 0.6869 / 0.6379 0.0253 / 0.5427
24	Latent heat	kJ/kg 2141.2 2141.7 2234.4 2234.4
25	Pressure (abs)	bar 4.56199 4.53978 1.70884 1.60701
26	Velocity (Mean/Max)	m/s 2.07 / 4.66 4.93 / 9.82
27	Pressure drop, allow/calc.	bar 0.2 0.02221 0.37059 0.10183
28	Fouling resistance (min)	m²-KW 0.0002 0.0002 0.0002 Ao based
29	Heat exchanged	1126.7 kW MTD (corrected) 34.33 °C
30	Transfer rate, Service	1201 Dirty 1286.3 Clean 2879 W/(m²-K)
31	CONSTRUCTION OF ONE SHELL	
32		Sketch
33	Design/Vacuum/test pressure	bar 5.51581 / / 7.9 3.44738 / / 7.9
34	Design temperature / MDMT	°C 193.33 / 280 148.89 / 149
35	Number passes per shell	1 1
36	Corrosion allowance	mm 3.18 3.18
37	Connections	In mm 1 101.6 / - 1 31.75 / -
38	Size/Rating	Out 1 25.4 / - 1 152.4 / -
39	Nominal	Intermediate / - / -
40	Tube #: 260	OD: 19.05 Tks Average 1.24 mm Length: 1829 mm Pitch: 23.81 mm Tube pattern: 30
41	Tube type: Plain	Insert: None Fin# #/m Material: 1-1/4Cr1/2Mo
42	Shell 1-1/4Cr1/2Mo	ID 438.15 OD 457.2 mm Shell cover -
43	Channel or bonnet	1-1/4Cr1/2Mo Channel cover -
44	Tubesheet-stationary	1-1/4Cr1/2Mo Tubesheet-floating -
45	Floating head cover	- Impingement protection None
46	Baffle-cross 1-1/4Cr1/2Mo	Type Single segmental Cut(%): 40.59 Vert/Spacing: c/c 361.95 mm
47	Baffle-long -	Seal Type Inlet 516.04 mm
48	Supports-tube	U-bend 0 Type
49	Bypass seal	Tube-tubesheet joint Expanded only (2 grooves)(App.A 7)
50	Expansion joint	- Type None
51	RhoV2-Inlet nozzle	1707 Bundle entrance 216 Bundle exit 1 kg/(m-s²)
52	Gaskets - Shell side	- Tube side Flat Metal Jacket Fibe
53	Floating head	-
54	Code requirements	ASME Code Sec VIII Div 1 TEMA class R - refinery service
55	Weight/Shell	753.9 Filled with water 1048.7 Bundle 356.9 kg
56	Remarks	

A.6.4.14 E-203

Air-Cooled Heat Exchanger Specification Sheet

1	Company:	URV
2	Location:	Tarragona
3	Service of Unit:	E-203 Our Reference:
4	Item No.:	Your Reference:
5	Date:	Rev No.: Job No.:
6	Size & Type	9.744 / 0.9024 m Type Forced Number of Bays 1
7	Surf/Unit-Finned Tube	795.3 m² Bare area/bundle 33.9 m² Ratio (Total/Bare) 23.49
8	Heat exchanged	482.8 kW MTD, Eff 35.99 °C
9	Transfer Rate-Finned	17.3 Bare, Service 396.3 Clean 546.6 W/(m²-K)
10	PERFORMANCE DATA - TUBE SIDE	
11	Fluid Circulated	34.1 In / Out
12	Total Fluid Entering	kg/s 1.5546 Density, Liq kg/m³ 936.2 / 987.98
13		In / Out Density, Vap kg/m³ 0.91 /
14	Temperature	°C 113.39 / 50.01 Specific Heat, Liq kJ/(kg-K) 4.15 / 4.044
15	Liquid	kg/s 1.5184 / 1.5546 Specific Heat, Vap kJ/(kg-K) 1.919 /
16	Vapor	kg/s 0.0361 / 0 Therm. Cond, Liq W/(m-K) 0.6852 / 0.6432
17	Noncondensable	kg/s 0 / 0 Therm. Cond, Vap W/(m-K) 0.0253 /
18	Steam	kg/s / Freeze Point °C
19	Water	/ Bubble / Dew point °C 110.95 / 216.08
20	Molecular wt, Vap	18.03113 / 18.03113 Latent heat kJ/kg
21	Molecular wt, NC	Inlet pressure (abs) bar 1.6
22	Viscosity, Liq	mPa-s 0.2443 / 0.5441 Pres Drop, Allow/Calc bar 0.2 / 0.03517
23	Viscosity, Vap	mPa-s 0.0095 / Fouling resistance m²-KW 0.0002
24	PERFORMANCE DATA - AIR SIDE	
25	Air Quantity, Total	18.4333 kg/s Altitude 64.6 m
26	Air Quantity/Fan	1.459 m³/s Temperature In 32 °C
27	Static Pressure	74 Pa Temperature Out 57.98 °C
28	Face Velocity	2.42 m/s Mass velocity 2.78 kg/s/m² Design Ambient 0 °C
29	DESIGN-MATERIALS-CONSTRUCTION	
30	Design/Vac./Test Pres	4.5 / bar Design temperature 175 °C
31	TUBE BUNDLE	
32	Size	m 9.744 Type Box Material Carbon Steel
33	Number/bay	1 Material Carbon Steel Specifications
34	Tube Rows	4 Passes 2 OD 25.4 Min Thk. 1.65 mm
35	Arrangement	Plug Mat. No./Bun 48 Lng 9.144 m
36	Bundles	1 par Gasket Mat. Pitch 60 / 51.96 30 Degrees
37	Bays	1 par Corr. Allow. 3.18 mm FIN
38	Bundle frame	Inlet nozzle (1) 85.45 mm Type G-finned
39	MISCELLANEOUS	
40	Struct. Mount.	Outlet nozzle (1) 33.99 mm Material Aluminum 1060
41	Surf. Prep	Special Nozzles OD 57.15 Tks 0.28 mm
42	Louvers	Rating Program No. 433 #/m Design Temp °C
43	Vibration Switches	TI PI Code ASME Code Sec VIII Div 1 Stamp Yes Specs
44	MECHANICAL EQUIPMENT	
45	Fan, Mfr., Model	Driver, Type Program Speed Reducer, Type
46	No./Bay 11	RPM Mfr. Mfr.&Model
47	Di. 0.4572m	Blade(s) No./Bay
48	Pitch	Angle RPM Rating hp
49	Blade(s)	Hub Enclosure Ratio
50	hp/Fan 0.195 kW	MinAmb V/Phase/Hz / / Support
51	Control Action on Air Failure-	Louvers
52	Degree Control of Outlet Process Temperature	
53	Recirculation	Steam Coil No
54	Plot Area	m² Drawing No. Wt Bundle 1985 Wt. Unit 1985 kg
55	Notes:	

A.6.4.15 E-204 A/B

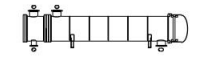
Air-Cooled Heat Exchanger Specification Sheet

1	Company: URV							
2	Location: Tarragona							
3	Service of Unit: Xylenes	Our Reference:						
4	Item No.:	Your Reference:						
5	Date:	Rev No.:	Job No.:					
6	Size & Type	8.5248 / 3.0048 m	Type	Forced	Number of Bays	1		
7	Surf/Unit-Finned Tube	1891.8 m ²	Bare area/bundle	40.3 m ²	Ratio (Total/Bare)	23.49		
8	Heat exchanged	483.3 kW	MTD, Eff	44.97 °C				
9	Transfer Rate-Finned	16.3	Bare, Service	133.4	Clean	486.2 W/(m ² -K)		
PERFORMANCE DATA - TUBE SIDE								
11	Fluid Circulated	26->26.1	In	/	Out			
12	Total Fluid Entering	kg/s	1.5556	Density, Liq	kg/m ³	936.18 / 987.97		
13		In	/	Out	Density, Vap	kg/m ³	0.91 /	
14	Temperature	°C	113.42 / 50.02	Specific Heat, Liq	kJ/(kg-K)	4.15 / 4.044		
15	Liquid	kg/s	1.5194 / 1.5556	Specific Heat, Vap	kJ/(kg-K)	1.919 /		
16	Vapor	kg/s	0.0362 / 0	Therm. Cond, Liq	W/(m-K)	0.6852 / 0.6433		
17	Noncondensable	kg/s	0 / 0	Therm. Cond, Vap	W/(m-K)	0.0253 /		
18	Steam	kg/s	/	Freeze Point	°C			
19	Water	/		Bubble / Dew point	°C	110.88 / 220.18		
20	Molecular wt, Vap	18.03111 / 18.03111	Latent heat	kJ/kg				
21	Molecular wt, NC		Inlet pressure (abs)	bar	1.6			
22	Viscosity, Liq	mPa-s	0.2442 / 0.544	Pres Drop, Allow/Calc	bar	0.2 / 0.03492		
23	Viscosity, Vap	mPa-s	0.0095 /	Fouling resistance	m ² -KW	0.0002		
PERFORMANCE DATA - AIR SIDE								
24	Air Quantity, Total	119.9722	kg/s	Altitude	64.6	m		
25	Air Quantity/Fan	34.829	m ³ /s	Temperature In	32	°C		
26	Static Pressure	192	Pa	Temperature Out	36.02	°C		
27	Face Velocity	5.05	m/s	Mass velocity	5.8	kg/s/m ²		
28				Design Ambient	40	°C		
DESIGN-MATERIALS-CONSTRUCTION								
29	Design/Vac./Test Pres	3.44738 /	/	bar	Design temperature	232.22 °C		
TUBE BUNDLE								
31	Size	m	8.5248	Type	Box	Material	Carbon Steel	
32	Number/bay	2	Material	Carbon Steel	Specifications			
33	Tube Rows	3	Passes	3	OD	25.4	Min Thk. 1.65 mm	
34	Arrangement		Plug Mat.		No./Bun	66	Lng 7.9248 m	
35	Bundles	2	par	Gasket Mat.	Pitch	60	/ 51.96 30 Degrees	
36	Bays	1	par	Corr. Allow.	mm	FIN		
37	Bundle frame		Inlet nozzle (1)	66.65	mm	Type	G-finned	
38	MISCELLANEOUS			Outlet nozzle (1)	22.28	mm	Material	Aluminum 1060
39	Struct. Mount.		Special Nozzles	OD	57.15	Tks	0.28 mm	
40	Surf. Prep	Rating	Program	Code	433	#/m	Design Temp °C	
41	Louvers	TI	PI	Code	ASME Code Sec VIII Div 1			
42	Vibration Switches	Chem Cleaning		Stamp	Yes	Specs		
MECHANICAL EQUIPMENT								
44	Fan,Mfr., Model	Driver, Type	Program	Speed Reducer, Type				
45	No./Bay	3	RPM	Mfr.	Mfr.&Model			
46	Dia	1.8288m	Blade(s)	No./Bay	No./Bay			
47	Pitch		Angle	RPM	Rating	hp		
48	Blade(s)		Hub	Enclosure	Ratio			
49	hp/Fan	10.534 kW	MinAmb	V/Phase/Hz	/ /	Support		
50	Control Action on Air Failure-						Louvers	
51	Degree Control of Outlet Process Temperature						Steam Coil	No
52	Recirculation						Wt. Bundle	2208
53	Plot Area	m ²	Drawing No.	Wt. Unit	4416.1	kg		
54	Notes:							

A.6.4.16 E-205 A/B

Heat Exchanger Specification Sheet

1	Company: URV					
2	Location: Tarragona					
3	Service of Unit: Xylenes	Our Reference:				
4	Item No.:	Your Reference:				
5	Date:	Rev No.:	Job No.:			
6	Size:	838 - 4267.2 mm	Type: AES Horizontal	Connected in:	1 parallel	2 series
7	Surf/unit(eff.)	419.9 m ²	Shells/unit	2	Surf/shell(eff.)	210 m ²
PERFORMANCE OF ONE UNIT						
9	Fluid allocation		Shell Side		Tube Side	
10	Fluid name		27.2->27.20		12.8->12.9	
11	Fluid quantity, Total		36.2048		17.74	
12	Vapor (In/Out)	kg/s	0	1.0307	10.1189	0.2048
13	Liquid	kg/s	36.2048	35.1741	7.6211	17.5352
14	Noncondensable	kg/s	0	0	0	0
15						
16	Temperature (In/Out)	°C	70.24	165.33	191.41	147.03
17	Bubble / Dew point	°C	134.49 / 725	133.23 / 724.16	137.73 / 217.57	137.03 / 216.33
18	Density Vapor/Liquid	kg/m ³	/ 816.79	11.96 / 717.9	21.5 / 690.71	15.36 / 744.75
19	Viscosity	mPa-s	/ 0.3417	0.0116 / 0.1602	0.0125 / 0.1346	0.0129 / 0.228
20	Molecular wt, Vap			67.84	55.83	38.62
21	Molecular wt, NC					
22	Specific heat	kJ/(kg-K)	/ 1.836	1.747 / 2.263	1.869 / 2.412	1.829 / 2.379
23	Thermal conductivity	W/(m-K)	/ 0.125	0.0262 / 0.1007	0.0289 / 0.1001	0.0297 / 0.1233
24	Latent heat	kJ/kg	303.4	315.4	294.6	753.7
25	Pressure (abs)	bar	6	5.91685	13.21006	13.01382
26	Velocity (Mean/Max)	m/s	0.51 / 0.94		0.9 / 6.25	
27	Pressure drop, allow./calc.	bar	0.2	0.08315	0.2	0.19624
28	Fouling resistance (min)	m ² -KW		0.0002	0.0002	0.00026 Ao based
29	Heat exchanged	7304	KW	MTD (corrected)	35.82	°C
30	Transfer rate, Service	485.6	Dirty	524.1	Clean	689.1 W/(m ² -K)
CONSTRUCTION OF ONE SHELL						
31			Shell Side		Tube Side	
32	Design/Vacuum/test pressure	bar	6.89476 /	/	15.16847/	/
33	Design temperature / MDMT	°C	204.44 /	/	226.67 /	/
34	Number passes per shell		1		2	
35	Corrosion allowance	mm	3.18		3.18	
36	Connections	In	mm	1 254 / -	1 254 / -	
37	Size/Rating	Out	mm	1 254 / -	1 152.4 / -	
38	Nominal	Intermediate	mm	1 254 / -	1 254 / -	
39	Tube #:	884	OD:	19.05	Tks:	Average 2.11
40	Tube type:	Plain	Insert:	None	Fin#:	#/m
41	Shell	Carbon Steel	ID	838.2	OD	860.42
42	Channel or bonnet	Carbon Steel			Shell cover	Carbon Steel
43	Tubesheet-stationary	Carbon Steel			Channel cover	Carbon Steel
44	Floating head cover	Carbon Steel			Tubesheet-floating	Carbon Steel
45	Baffle-cross	Carbon Steel	Type	Single segmental	Cut(%d)	40.16
46	Baffle-long	-	Seal Type		Vert/Spacing: c/c	641.35
47	Supports-tube	U-bend	0		Inlet	701.68
48	Bypass seal				Type	
49	Expansion joint	-			Tube-tubesheet joint	Expanded only (2 grooves)(App A T)
50	RhoV2-Inlet nozzle	620	Bundle entrance	143	Bundle exit	571
51	Gaskets - Shell side	Flat Metal Jacket Fibe	Tube side			kg/(m-s ²)
52	Gaskets - Tube side	Flat Metal Jacket Fibe				
53	Floating head	Flat Metal Jacket Fibe				
54	Code requirements	ASME Code Sec VIII Div 1			TEMA class	R - refinery service
55	Weight/Shell	7007.5	Filled with water	9843.5	Bundle	3912.6
56	Remarks					



A.6.4.17 E-206

Heat Exchanger Specification Sheet

1	Company:	URV								
2	Location:	Tarragona								
3	Service of Unit:	Xylenes	Our Reference:							
4	Item No.:	E-206	Your Reference:							
5	Date:	Rev No.:	Job No.:							
6	Size:	610 - 1829	mm	Type:	BEM Vertical	Connected in: 1 parallel 1 series				
7	Surf/unit(eff.)	55.9	m ²	Shells/unit	1	Surf/shell(eff.) 55.9 m ²				
PERFORMANCE OF ONE UNIT										
9	Fluid allocation	Shell Side		Tube Side						
10	Fluid name	E-206_SM->E-206_CM		De DC202->A DC-202						
11	Fluid quantity, Total	0.8182		40.5406						
12	Vapor (In/Out)	kg/s	0.8182	0	0	3.8074				
13	Liquid	kg/s	0	0.8182	40.5406	36.7332				
14	Noncondensable	kg/s	0	0	0	0				
15										
16	Temperature (In/Out)	°C	259.79	204.32	165.87	171.57				
17	Bubble / Dew point	°C	204.39 / 204.4	204.32 / 204.33	171.67 / 176.71	170.8 / 176.03				
18	Density Vapor/Liquid	kg/m ³	7.33 /	/ 849.21	/ 719.41	11.51 / 713.5				
19	Viscosity	mPa-s	0.0184 /	/ 0.1309	/ 0.1603	0.0098 / 0.1549				
20	Molecular wt, Vap		18.02			91.43				
21	Molecular wt, NC									
22	Specific heat	kJ/(kg-K)	2.109 /	/ 4.703	/ 2.27	1.717 / 2.284				
23	Thermal conductivity	W/(m-K)	0.0415 /	/ 0.6614	/ 0.1003	0.0226 / 0.0989				
24	Latent heat	kJ/kg	1964.3	1964.5	326.9	329.2				
25	Pressure (abs)	bar	17.01621	16.99	4.32119	4.19274				
26	Velocity (Mean/Max)	m/s	0.76 / 1.71		1.06 / 4.13					
27	Pressure drop, allow./calc.	bar	0.2	0.02621	0.27781	0.12845				
28	Fouling resistance (min)	m ² -KW		0.00025	0.0002	0.00026 Ao based				
29	Heat exchanged	1704.2	kW	MTD (corrected)	34.36	°C				
30	Transfer rate, Service	887.1	Dirty	924.5	Clean	1739.8 W/(m ² -K)				
CONSTRUCTION OF ONE SHELL										
31		Shell Side		Tube Side						
32		19.30533 / 20.6		4.82633 / 20.6						
33	Design/Vacuum/test pressure	bar	19.30533 / 20.6	4.82633 / 20.6						
34	Design temperature / MDMT	°C	298.89 / 360	210 / 210						
35	Number passes per shell		1	1						
36	Corrosion allowance	mm	3.18	3.18						
37	Connections	In	mm 1 88.9 / -	1	203.2 / -	-				
38	Size/Rating	Out	1 31.75 / -	1	254 / -	-				
39	Nominal	Intermediate	/ -	/ -	/ -	-				
40	Tube #:	535	OD: 19.05	Tks. Average 2.11	mm	Length: 1829	mm	Pitch: 23.81	mm	Tube pattern: 30
41	Tube type:	Plain	Insert: None	Fin#: -	#/m	Material: Carbon Steel				
42	Shell	Carbon Steel	ID 609.6	OD 628.65	mm	Shell cover	-			
43	Channel or bonnet	Carbon Steel	-	-	-	Channel cover	-			
44	Tube-sheet-stationary	Carbon Steel	-	-	-	Tube-sheet-floating	-			
45	Floating head cover	-	-	-	-	Impingement protection	None			
46	Baffle-cross	Carbon Steel	Type	Single segmental	Cut(%): 39.85	Ver/Spacing: c/c	361.95	mm		
47	Baffle-long	-	Seal Type	-	-	Inlet	511.28	mm		
48	Supports-tube	U-bend	0	Type	-	-	-			
49	Bypass seal	-	Tube-tube-sheet joint	Expanded only (2 grooves)(App A ')						
50	Expansion joint	-	Type	None						
51	RhoV2-Inlet nozzle	2246	Bundle entrance	102	Bundle exit	1	kg/(m-s ²)			
52	Gaskets - Shell side	-	Tube side	-	-	Flat Metal Jacket Fibe				
53	Floating head	-	-	-	-	-	-			
54	Code requirements	ASME Code Sec VIII Div 1	TEMA class	R - refinery service						
55	Weight/Shell	1777.6	Filled with water	2465.7	Bundle	1043.5	kg			
56	Remarks									

A.6.4.18 E-207

Air-Cooled Heat Exchanger Specification Sheet

1	Company:	URV					
2	Location:	Tarragona					
3	Service of Unit:	Xylenes	Our Reference:				
4	Item No.:	E-207	Your Reference:				
5	Date:	Rev No.:	Job No.:				
6	Size & Type	9.744 / 0.9024	m	Type	Forced	Number of Bays 1	
7	Surf/Unit-Finned Tube	795.3	m ²	Bare area/bundle	33.9	m ² Ratio (Total/Bare) 23.49	
8	Heat exchanged	138.1	kW	MTD, Eff	18.68	°C	
9	Transfer Rate-Finned	9.5	Bare, Service	218.3	Clean	258.2 W/(m ² -K)	
PERFORMANCE DATA - TUBE SIDE							
11	Fluid Circulated	50->60		In	/	Out	
12	Total Fluid Entering	kg/s	0.4381	Density, Liq	kg/m ³	837.84	
13				Density, Vap	kg/m ³	4.85 / 4.48	
14	Temperature	°C	78.85 / 46.19	Specific Heat, Liq	kJ/(kg-K)	2.678	
15	Liquid	kg/s	0 / 0.1463	Specific Heat, Vap	kJ/(kg-K)	1.608 / 1.594	
16	Vapor	kg/s	0.4381 / 0.2919	Therm. Cond, Liq	W/(m-K)	0.1981	
17	Noncondensable	kg/s	0 / 0	Therm. Cond, Vap	W/(m-K)	0.0237 / 0.0227	
18	Steam	kg/s	/	Freeze Point	°C	-51.85 / 78.85	
19	Water	kg/s	/	Bubble / Dew point	°C	-51.85 / 78.85	
20	Molecular wt, Vap	34.90105 / 34.90105		Latent heat	kJ/kg		
21	Molecular wt, NC			Inlet pressure (abs)	bar	3.95	
22	Viscosity, Liq	mPa-s	/ 1.4946	Pres Drop, Allow/Calc	Pa	20000 / 14891.9	
23	Viscosity, Vap	mPa-s	0.0109 / 0.0106	Fouling resistance	m ² -KW	0.0002	
PERFORMANCE DATA - AIR SIDE							
25	Air Quantity, Total	5.2686	kg/s	Altitude	64.6	m	
26	Air Quantity/Fan	0.417	m ³ /s	Temperature In	32	°C	
27	Static Pressure	9	Pa	Temperature Out	58.01	°C	
28	Face Velocity	0.69	m/s	Mass velocity	0.79	kg/s/m ²	
29				Design Ambient	0	°C	
DESIGN-MATERIALS-CONSTRUCTION							
30	Design/Vac./Test Pres	6 /	/	bar	Design temperature	205 °C	
TUBE BUNDLE							
32	Size	m	9.744	Type	Box	Material 1-1/4Cr1/2Mo	
33	Number/bay	1		Material	1-1/4Cr1/2Mo	Specifications	
34	Tube Rows	4		Passes	2	OD 25.4 Min Thk. 1.65 mm	
35	Arrangement			Plug Mat.		No./Bun 48 Lng 9.144 m	
36	Bundles	1	par	Gasket Mat.		Pitch 60 / 51.96 30 Degrees	
37	Bays	1	par	Corr. Allow	3.18	mm	
38	Bundle frame			Inlet nozzle (1)	85.45	mm	
39				Outlet nozzle (1)	53.98	mm	
MISCELLANEOUS							
40	Struct. Mount.			Special Nozzles	OD	57.15 Tks 0.28 mm	
41	Surf. Prep			Rating	Program	No. 433 #/m Design Temp °C	
42	Louvers			TI	PI	Code ASME Code Sec VIII Div	
43	Vibration Switches			Chem Cleaning		Stamp Yes Specs	
MECHANICAL EQUIPMENT							
44	Fan_Mfr., Model			Driver, Type	Program	Speed Reducer, Type	
46	No./Bay	11	RPM	Mfr.		Mfr.&Model	
47	Dia.	0.4572m	Blade(s)	No./Bay		No./Bay	
48	Pitch		Angle	RPM		Rating hp	
49	Blade(s)		Hub	Enclosure		Ratio	
50	hp/Fan	0.007 kW	MInAmb	V/Phase/Hz	/ /	Support	
51	Control Action on Air Failure-					Louvers	
52	Degree Control of Outlet Process Temperature						
53	Recirculation					Steam Coil No	
54	Plot Area	m ²	Drawing No.	Wt.Bundle	2014.3	Wt. Unit 2014.3 kg	
55	Notes:						

A.6.4.19 E-208 A/B/C/D/E/F/G

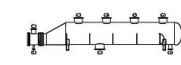
Air-Cooled Heat Exchanger Specification Sheet

1	Company:	URV						
2	Location:	Tarragona						
3	Service of Unit:	Xylenes	Our Reference:					
4	Item No.:	Cond DC-203	Your Reference:					
5	Date:	Rev No.:	Job No.:					
6	Size & Type	6.8818 / 34.4735	m	Type	Forced	Number of Bays	7	
7	Surf/Unit-Finned Tube	29509.9	m ²	Bare area/bundle	89.7	m ²	Ratio (Total/Bare)	23.49
8	Heat exchanged	21721.4	kW	MTD, Eff	73.63	°C		
9	Transfer Rate-Finned	21.2	Bare, Service	234.8	Clean	726.5	W/(m ² .K)	
10	PERFORMANCE DATA - TUBE SIDE							
11	Fluid Circulated	53 - 54			In / Out			
12	Total Fluid Entering	kg/s	59.0052	Density, Liq	kg/m ³	768.61	/ 773.73	
13			In / Out	Density, Vap	kg/m ³	4.07	/	
14	Temperature	°C	122.08 / 117.25	Specific Heat, Liq	kJ/(kg.K)	2.047	/ 2.03	
15	Liquid	kg/s	0.1851 / 59.0052	Specific Heat, Vap	kJ/(kg.K)	1.514	/	
16	Vapor	kg/s	58.8201 / 0	Therm. Cond, Liq	W/(m.K)	0.1116	/ 0.1128	
17	Noncondensable	kg/s	0 / 0	Therm. Cond, Vap	W/(m.K)	0.0177	/	
18	Steam	kg/s	/	Freeze Point	°C			
19	Water	/	/	Bubble / Dew point	°C	117.36	/ 122.08	
20	Molecular wt, Vap	91.53044	/ 91.53044	Latent heat	kJ/kg			
21	Molecular wt, NC			Inlet pressure (abs)	bar	1.4		
22	Viscosity, Liq	mPa-s	0.2211 / 0.2291	Pres Drop, Allow/Calc	bar	0.1	/ 0.09988	
23	Viscosity, Vap	mPa-s	0.0085 /	Fouling resistance	m ² .K/W	0.0002		
24	PERFORMANCE DATA - AIR SIDE							
25	Air Quantity, Total	769.2855	kg/s	Altitude	64	m		
26	Air Quantity/Fan	95.706	m ³ /s	Temperature In	32	°C		
27	Static Pressure	168	Pa	Temperature Out	60.02	°C		
28	Face Velocity	3.49	m/s	Mass velocity	4.01	kg/s/m ²		
29				Design Ambient	40	°C		
30	DESIGN-MATERIALS-CONSTRUCTION							
31	Design/Vac./Test Pres	4.5	/	bar	Design temperature	232	°C	
32	TUBE BUNDLE		Header		Tube			
33	Size	m	6.8818	Type	Box	Material	Carbon Steel	
34	Number/bay	2		Material	Carbon Steel	Specifications		
35	Tube Rows	5		Passes	2	OD	25.4 Min Thk. 1.65 mm	
36	Arrangement			Plug Mat.		No./Bun	190 Lng 6.096 m	
37	Bundles	2	par	Gasket Mat.		Pitch	60 / 51.96 30 Degrees	
38	Bays	7	par	Corr. Allow.	3.18	mm	FIN	
39	Bundle frame			Inlet nozzle (1)	288.9	mm	Type G-finned	
40	MISCELLANEOUS							
41	Struct. Mount.			Outlet nozzle (1)	66.65	mm	Material Aluminum 1060	
42	Surf Prep			Special Nozzles		OD	57.15 Tks 0.28 mm	
43	Louvers			Rating	Program	No. 433 #/m	Design Temp °C	
44	Vibration Switches			TI	PI	Code	ASME Code Sec VIII Div	
45				Chem Cleaning		Stamp	Yes Specs	
46	MECHANICAL EQUIPMENT							
47	Fan, Mfr., Model			Driver, Type	Program	Speed Reducer, Type		
48	No./Bay	1	RPM	Mfr.		Mfr. & Model		
49	Dia.	3.6570m	Blade(s)	No./Bay		No./Bay		
50	Pitch		Angle	RPM		Rating	hp	
51	Blade(s)		Hub	Enclosure		Ratio		
52	hp/Fan	25.403 kW	MinAmb	V/Phase/Hz	/ /	Support		
53	Control Action on Air Failure-			Louvers				
54	Degree Control of Outlet Process Temperature							
55	Recirculation			Steam Coil		No		
56	Plot Area	m ²	Drawing No.	Wt.Bundle	4041.1	Wt. Unit	56575.3 kg	
57	Notes:							
58								

A.6.4.20 E-209 A/B

Heat Exchanger Specification Sheet

1	Company:	URV					
2	Location:	Tarragona					
3	Service of Unit:	Xylenes	Our Reference:				
4	Item No.:	E-208 Kettle	Your Reference:				
5	Date:	Rev No.:	Job No.:				
6	Size:	591 /1180 -6096	mm	Type:	AKU Horizontal	Connected in:	2 parallel 1 series
7	Surf/unit(eff.)	338.5	m ²	Shells/unit	2	Surf/shell(eff.)	169.3 m ²
8	PERFORMANCE OF ONE UNIT						
9	Fluid allocation				Shell Side	Tube Side	
10	Fluid name				De DC-203->A DC-203	SM ->CM	
11	Fluid quantity, Total				kg/s	62.2792	8.75
12	Vapor (In/Out)				kg/s	0	55.3044
13	Liquid				kg/s	62.2792	6.9748
14	Noncondensable				kg/s	0	0
15	Temperature (In/Out)				°C	159.28 / 158.23	260
16	Bubble / Dew point				°C	159.28 /	204.58 / 204.82
17	Density Vapor/Liquid				kg/m ³	5.31 / 730.86	5.15 / 732.58
18	Viscosity				mPa-s	0.0084 / 0.1837	0.0084 / 0.1873
19	Molecular wt, Vap					106.21	106.25
20	Molecular wt, NC						18.02
21	Specific heat				kJ/(kg.K)	1.7 / 2.211	1.694 / 2.204
22	Thermal conductivity				W/(m.K)	0.0201 / 0.1068	0.0201 / 0.1073
23	Latent heat				kJ/kg	331.5	332.2
24	Pressure (abs)				bar	1.7	1.65162
25	Velocity (Mean/Max)				m/s	5.57 / 10.95	7.6 / 15.06
26	Pressure drop, allow/calc.				bar	0.05	0.04838
27	Fouling resistance (min)				m ² .K/W	0.0002	0.00025
28	Heat exchanged	18214.3	kW	MTD (corrected)	46.55	°C	
29	Transfer rate, Service	1155.7	Dirty	1157.5	Clean	2916.5	W/(m ² .K)
30	CONSTRUCTION OF ONE SHELL						
31				Shell Side	Tube Side		
32	Design/Vacuum/test pressure	bar	3.44738 / / 4.5	19.30533/ / 20.6			
33	Design temperature / MDMT	°C	193.33 / 194	298.89 / 360			
34	Number passes per shell		1	2			
35	Corrosion allowance	mm	3.18	3.18			
36	Connections	In	mm	1 457.2 / -	1 203.2 / -		
37	Size/Rating	Out		1 152.4 / -	1 50.8 / -		
38	Nominal	Out - Vapor		4 406.4 / -	/ -		
39	Tube #	227 U's	OD: 19.05	Tks. Average 2.11	mm	Length: 6096	mm
40	Tube type:	Plain	Insert:None	Fin#: #/m	Pitch: 23.81	mm	Tube pattern:30
41	Shell	Carbon Steel	ID 590.55	OD 609.6	mm	Shell cover	Carbon Steel
42	Channel or bonnet	Carbon Steel				Channel cover	Carbon Steel
43	Tube-sheet-stationary	Carbon Steel				Tube-sheet-floating	-
44	Floating head cover	-				Impingement protection	None
45	Baffle-cross	Carbon Steel	Type	Unbaffled	Out(%d)	Spacing: c/c	mm
46	Baffle-long	-	Seal Type			Inlet	mm
47	Supports-tube	U-bend	0	Type			
48	Bypass seal			Tube-tubesheet joint		Expanded only (2 grooves)(App A 't)	
49	Expansion joint	-		Type	None		
50	RhoV2-Inlet nozzle	58	Bundle entrance	23	Bundle exit	1564	kg/(m-s ²)
51	Gaskets - Shell side	Flat Metal Jacket Fibe	Tube side		Flat Metal Jacket Fibe		
52	Floating head	-					
53	Code requirements	ASME Code Sec VIII Div 1		TEMA class	R - refinery service		
54	Weight/Shell	6357.1	Filled with water	13947.6	Bundle	2712	kg
55	Remarks						
56							
57							
58							



A.6.5. Horno H-101

Para diseñar las características del equipo, se ha tomado como base la referencia de funcionamiento de un módulo modelo 802/Ex suministrado por *Schniewindt* disponible en la bibliografía (ref. 32). La información disponible se basa en una aplicación para calentamiento de nitrógeno a 5 bar. Para poder estimar el funcionamiento del equipo con la mezcla de proceso y a las condiciones de la planta, se ha utilizado el procedimiento propuesto por Kern para el cálculo de la transferencia de calor y la pérdida de carga (ref. 40) (ref. 60).

En primer lugar, se ha calculado con la disposición geométrica del elemento, la potencia de transferencia y las características del producto el coeficiente de transferencia de calor, la temperatura de pared de los calentadores tubulares y la pérdida de carga a través del elemento para la aplicación de referencia.

Posteriormente, para las condiciones de la planta diseñada, se ha efectuado una estimación del funcionamiento. Las dimensiones del equipo, las propiedades del producto, los cálculos efectuados según la metodología Kern y los resultados obtenidos se recogen en la tabla adjunta.

Tabla. A. 37. Características de cada módulo, transferencia de energía y pérdida de carga para los casos de Referencia y diseño de la planta

Concepto	Referencia	Planta
Potencia por módulo, kW	380	723
Diámetro exterior de calentadores, mm	16	16
Número calentadores	48	48
Diámetro interior de la carcasa, D_s , mm	381	381
Longitud total, m	4.01	4.01
Longitud del calentador, L, m	3.9	3.9
Flujo térmico, W/cm^2	3.3	3.3
<u>Producto</u>	Nitrógeno	Tolueno/Metanol
Presión, bar	5.0	15.4
Temperatura entrada, °C	20	333
Temperatura salida, °C	400	400
Temperatura promedio, °C	210.0	366.5
Densidad, ρ , kg/m^3	3.482	23.25
Viscosidad, μ , mNs/m^2	0.0259	0.0153
Capacidad calorífica, C_p , $kJ/kg^\circ C$	1.075	2.205
Conductividad térmica, k_f , $W/m^\circ C$	0.0378	0.0444
Distancia entre calentadores, p_t , mm	45	45
Disposición calentadores	Rectangular	Rectangular
Espaciado de baffles, l_B , mm	190.5	190.5
Sección transversal, m^2	0.0493	0.0493
Velocidad másica G_s , $kg/s\ m^2$	14.07	95.82
Diámetro equivalente, d_e , mm	144.8	144.8
<u>Transferencia de energía</u>		
Número de Reynolds, Re	78,500	907,000

Número de Prandtl, Pr	0.74	0.76
Baffle, %	25	25
Factor de transferencia de calor, j_h	0.0023	0.00073
Coefficiente convección carcasa, h_s , W/m ² s	42.26	178.6
Factor ensuciamiento lado carcasa, W/m ² s	5,000	5,000
Resistencia transferencia metal, m ² s/W	0.000041	0.000041
Coefficiente global transferencia, U, W/m ² s	42.19	177.3
Temperatura pared calentadores, °C	1,008	721
<u>Pérdida de carga</u>		
Velocidad lineal, u_s , m/s	4.04	4.12
Factor de fricción, j_f	0.036	0.023
Pérdida de carga, N/m ²	441	1,957
<u>Conexiones de proceso</u>		
Velocidad diseño, m/s	20	20
Diámetro, in	4	6

Para el cálculo del coeficiente de transferencia de calor lado carcasa h_s , se emplea la expresión:

$$Nu = j_h Re Pr^{1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.14} = h_s d_e / k_f \quad (\text{A.6.1})$$

Donde Nu es el número de Nusselt.

Para el cálculo de la pérdida de carga, se emplea la expresión:

$$\Delta P_C = 8 j_f \frac{D_s L \rho u_s^2}{d_e l_B 2 \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.14}} \quad (\text{A.6.2})$$

A.6.6. Diseño de líneas

Para la realización del diseño de tuberías y la elección del diámetro adecuado para cada línea de proceso, primero es necesario determinar cuáles son los diámetros nominales de tubería siguiendo la norma ISO 6708. En este caso se ha tenido en cuenta que la tubería es de acero al carbono con una especificación estándar (STD) (ref. 57).

Una vez determinados los diferentes diámetros nominales se debe tener en cuenta el estado (líquido o vapor) del fluido que pasa por la tubería, ya que en función de ello se determina el diámetro de una manera u otra. Los valores tanto de caudal como de viscosidad y densidad se han extraído de los balances de materia.

Es importante tener en cuenta el cálculo de los siguientes parámetros:

- Velocidad de fluido: influye en la obstrucción de tuberías y en la erosión de estas.
- Pérdida de carga (ΔP): está relacionado con los costes de impulsión y con problemas de cavitación.

Debido a la importancia de estos parámetros, se utiliza una tabla estandarizada para seleccionar cual es la tubería adecuada para cada línea de proceso. En la tabla se puede observar

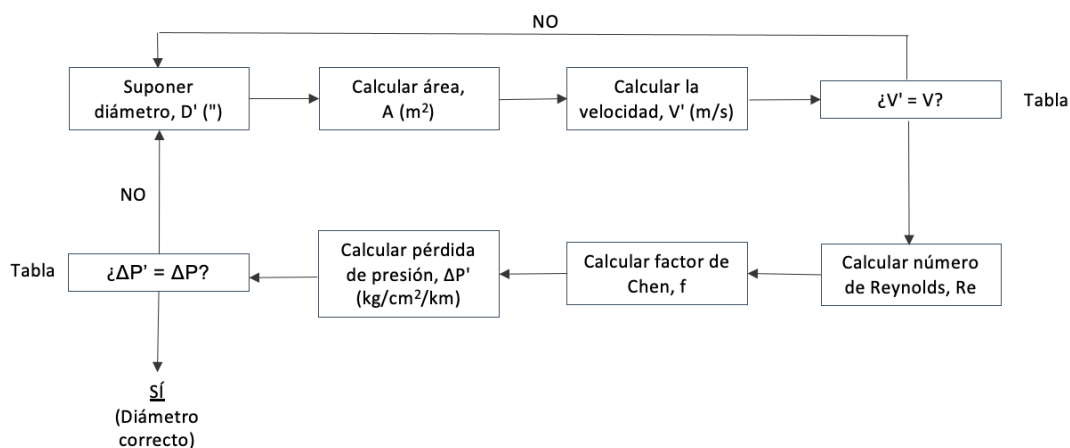
cuales son los intervalos de velocidad y de pérdida de carga para cada tipo de línea en función de su estado y de diferentes situaciones, como impulsión de la bomba o aspiración.

Tipo de línea	Pérdida de carga (kg/cm ² /km de tubería)	Velocidad (m/s)
Líquidos: aspiración de bombas y circulación por gravedad	0,3-0,5	0,3-1,8
Líquidos: impulsión de bombas (tuberías de acero al carbono)	2-3	1-3
Líquidos: impulsión de bombas (tuberías de aleación o materiales caros)	3,5-7	1-3
Líquidos: agua de refrigeración en cambiadores	2-3,5	≥1
Vapores: circuito de cabeza de columnas de destilación	0,2-0,5	
Vapores: aspiración de compresores	0,2-0,3	
Vapores: impulsión de compresores	0,4-0,5	
Vapores: vapor de agua a presión	1-2	15-50

Figura A. 38. Intervalos de velocidad y pérdida de carga en función de la línea.

A.6.6.1 Líneas en estado líquido

Para la determinación del diámetro nominal de las tuberías en las cuales el fluido está en estado líquido, se realiza el siguiente proceso iterativo:



Para realizar el cálculo de la velocidad es necesario determinar el área, es decir, la sección transversal, tal y como se muestra a continuación.

Para el cálculo del área, se utiliza el diámetro inicial supuesto en metros, teniendo en cuenta que 1 in son 0,0254 metros.

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot D'^2 \tag{A.6.3}$$

Para el cálculo de la velocidad (m/s), se divide el caudal volumétrico (m³/s) entre el área (m²):

$$V' = \frac{Q}{A} \tag{A.6.4}$$

Una vez calculada la velocidad, se comprueba si esta cumple las especificaciones de la tabla estandarizada (Poner número de figura). Si la especificación se cumple, se puede seguir con el resto de los cálculos de la iteración, si no es así se vuelve al inicio y se supone un nuevo diámetro.

Una vez comprobado que la velocidad se encuentra dentro del intervalo, se realiza el cálculo de la pérdida de presión. Para ello, primero se calcula el número de Reynolds, para determinar si se trata de un flujo laminar o turbulento. Para ello se tienen en cuenta la densidad y la viscosidad del fluido:

$$Re = \frac{V' \cdot D' \cdot \rho}{\mu} \quad (\text{A.6.5})$$

En este caso, el número de Reynolds es mayor de 4,000, por lo que siempre se da un régimen turbulento. Por lo tanto, se calcula el factor de rozamiento, f , a partir de la ecuación de *Chen*:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log \left\{ \frac{1}{3,7065} \cdot \left(\frac{\varepsilon}{D} \right) - \frac{5,0452}{Re} \cdot \log \left[\frac{1}{2,8257} \cdot \left(\frac{\varepsilon}{D} \right)^{1.1098} + \frac{5,8506}{Re^{0,8981}} \right] \right\} \quad (\text{A.6.6})$$

El valor de la rugosidad del acero al carbono tiene un valor de 0.000046 m.

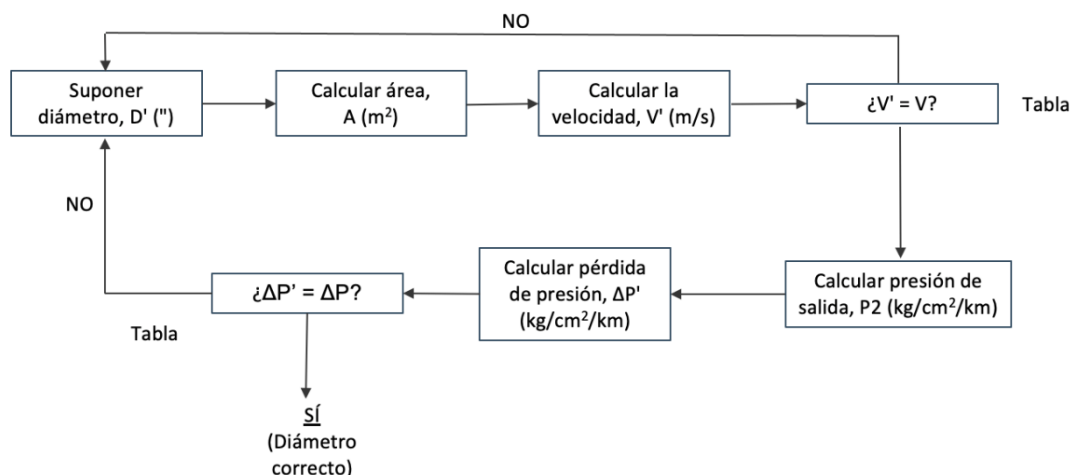
Una vez determinado el factor de rozamiento, ya se puede realizar el cálculo de la pérdida de carga:

$$\Delta P = 2 \cdot f \cdot \frac{L}{D'} \cdot \rho \cdot V^2 \quad (\text{A.6.7})$$

Una vez determinada la pérdida de presión, se comprueba si esta cumple las especificaciones de la tabla estandarizada (Figura A. 38). Si no se cumple, se deberá volver a comenzar el proceso iterativo.

A.6.6.2 Líneas en estado vapor

Para la determinación del diámetro nominal de las tuberías en las cuales el fluido está en estado gas, se vuelve a realizar el proceso iterativo, pero en este caso, se calcula la presión final a partir de la ecuación de *Weymouth*:



Para el cálculo de la presión de salida, tal y como se ha comentado, se utiliza la ecuación de *Weymouth*, teniendo en cuenta la presión de entrada a la línea:

$$P1^2 - P2^2 = \frac{4 \cdot R \cdot T}{PM} \cdot f \cdot (\rho \cdot V)^2 \cdot \frac{L}{D'} \quad (\text{A.6.8})$$

Por último, se calcula la pérdida de presión restando la presión inicial de la presión final obtenida.

$$\Delta P = P_2 - P_1 \quad (\text{A.6.9})$$

De igual manera que en el caso de los fluidos líquidos, una vez determinada la pérdida de presión, se comprueba si esta cumple las especificaciones de la tabla estandarizada figura A.38. Si no se cumple, se deberá volver a comenzar el proceso iterativo.

A.6.6.3 Hojas de especificación

PROYECTO : Diseño de una planta de xilenos a partir de tolueno y metanol											Líneas de Proceso									
UNIDAD :											Pág. 1 de 6									
R e v	LÍNEAS DE PROCESO																			
	1	LÍNEA Nº	1	3	5	6	7	8	9	10	17									
	2	P&I d nº																		
	3	DE	Entrada	P-101	VLV-111	P-103	E-101	RECIRC 57	E-102	E-103	RECIRC 16									
	4	A	P-101	VLV-111	P-103	E-101	RECIRC 57	E-102	E-103	RECIRC 16	E-106									
	5	NATURALEZA, FASE Y CAUDAL																		
	6	NATURALEZA DEL FLUIDO																		
	7	COMPUESTOS CORROSIVOS / TÓXICOS (% peso / ppm)																		
	8	FASE (1) / VAPORIZADO (% peso)																		
	9	CAUDAL VOLUMÉTRICO VAPOR @P, T																		
10	CAUDAL VOLUMÉTRICO LÍQUIDO @P, T																			
PROPIEDADES																				
PESO MOLECULAR GAS																				
DENSIDAD GAS / LÍQUIDO @P, T																				
VISCOSIDAD GAS / LÍQUIDO @P, T																				
PUNTO DE FLUIDEZ (POUR POINT)																				
CONDICIONES DE OPERACIÓN / DISEÑO																				
TEMPERATURA OPERACIÓN / DISEÑO																				
PRESIÓN OPERACIÓN / DISEÑO																				
DATOS TUBERÍA																				
DIÁMETRO NOMINAL																				
ΔP CALCULADA / PERMITIDA (2)																				
VELOCIDAD CALCULADA / PERMITIDA (2)																				
AISLAMIENTO, TRACEADO (3)																				
NOTAS:																				
(1) Especificar si es vapor (V), líquido (L), o fase mixta (M).																				
(2) Indicar Δp y velocidad máxima permitida sólo si es un requerimiento de proceso, corrosión, sólidos, fluidos especiales, etc.																				
(3) Si se requiere especificar, P : Protección Personal, H : Conservación de Calor, C : Conservación frío, ST : Traceado con vapor, ET : Traceado eléctrico, SJ : Encamisado con vapor																				
Para materiales véase la hoja de selección de materiales.																				
Rev.	Por																			
Fecha	Aprobado																			

PROYECTO : Diseño de una planta de xilenos a partir de tolueno y metanol											Líneas de Proceso												
UNIDAD :											Pág. 2 de 6												
R e v	LÍNEAS DE PROCESO																						
	1	2	11	13	14	15	16	38	18	19													
2	P&I d n°																						
3	DE		ENTRADA	P-102	V-102	P-104	E-104	E-105	E-104	E-106	H-101												
4	A		P-102	V-102	P-104	E.104	E-105	RECIRC 16	E-101	H-101	R-101												
5	NATURALEZA, FASE Y CAUDAL																						
6	NATURALEZA DEL FLUIDO																						
7	L		L	L	L	L	V	L	V	V													
8	COMPUESTOS CORROSIVOS / TÓXICOS (% peso / ppm)																						
9	FASE (1) / VAPORIZADO (% peso)		1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1			
#	CAUDAL VOLUMÉTRICO VAPOR @P, T		m³/h		-	-	-	-	-	-	12.56	-	157.7	157.7									
#	CAUDAL VOLUMÉTRICO LÍQUIDO @P, T		m³/h		12.56	12.56	12.56	12.56	12.56	-	91.09	-	-	-									
#	PROPIEDADES																						
#	PESO MOLECULAR GAS		-	-	-	-	-	-	31.98	-	80.3	80.3											
#	DENSIDAD GAS / LÍQUIDO @P, T		kg/m³		-	796.6	-	796.7	-	794.2	-	794.7	-	632.8	16.77	-	-	748.8	27.76	-	23.32	-	
#	VISCOSIDAD GAS / LÍQUIDO @P, T		cP (G) / cSt (L)		-	0.792	-	0.792	-	0.766	-	0.762	-	0.21	0.009	-	-	0.259	0.015	-	0.026	-	
#	PUNTO DE FLUIDEZ (POUR POINT)		°C																				
#	CONDICIONES DE OPERACIÓN / DISEÑO																						
#	TEMPERATURA OPERACIÓN / DISEÑO		°C		15	20	15	20	17.5	22.5	17.9	22.9	150	155	155.1	160.1	142.5	147.5	333	338	400	405	
#	PRESIÓN OPERACIÓN / DISEÑO		kg/cm² g		1.3	1.6	2.6	2.9	1.3	1.6	17.5	17.8	16.1	16.4	15.9	16.2	12.1	12.4	15.7	16	15.3	15.6	
#	DATOS TUBERÍA																						
#	DIÁMETRO NOMINAL		Pulgadas		3	2.5	3.5	2.5	2.5	1.5	5	16	16										
#	ΔP CALCULADA / PERMITIDA (2)		kg/cm²/ km		1.2	-	1.4	-	0.3	-	1.6	-	1.6	-	0.6	-	2	-	0.4	-	0.5	-	
#	VELOCIDAD CALCULADA / PERMITIDA (2)		m/s		0.78	-	1.1	-	0.59	-	1.2	-	1.5	-	12	-	2.3	-	10.5	-	12.5	-	
#	AISLAMIENTO, TRACEADO (3)		NA		NA	NA	NA	NA	P	P	P	P	P										
#	NOTAS:																						
#	(1) Especificar si es vapor (V), líquido (L), o fase mixta (M).																						
#	(2) Indicar Δp y velocidad máxima permitida sólo si es un requerimiento de proceso, corrosión, sólidos, fluidos especiales, etc.																						
#	(3) Si se requiere especificar, P : Protección Personal, H : Conservación de Calor, C : Conservación frío, ST : Traceado con vapor, ET : Traceado eléctrico, SJ : Encamisado con vapor																						
#																							
#																							
#																							
#																							
#	Para materiales véase la hoja de selección de materiales.																						
Rev.	Por																						
Fecha	Aprobado																						

PROYECTO : Diseño de una planta de xilenos a partir de tolueno y metanol														Líneas de Proceso					
UNIDAD :														Pág. 3 de 6					
LÍNEAS DE PROCESO																			
LÍNEA N°	20		21		22		23		24		25		37		38		39		
P&I d n°																			
DE	R-201		E-106		E-103		E-102		V-103		V-103		E-202		E-104		E-101		
A	E-106		E-103		E-102		V-103		E-105		E-202		E-104		E-101		E-107		
NATURALEZA, FASE Y CAUDAL																			
NATURALEZA DEL FLUIDO		V		V		V		L+V		V		L		L		L		L	
COMPUESTOS CORROSIVOS / TÓXICOS (% peso / ppr)																			
FASE (1) / VAPORIZADO (% peso)		0	1	0	1	0	1	0.5	0.5	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0
CAUDAL VOLUMÉTRICO VAPOR @P, T		m³/h		157.3		157.3		157.3		66.03		66.19		-		-		-	
CAUDAL VOLUMÉTRICO LÍQUIDO @P, T		m³/h		-		-		-		91.25		-		91.09		91.09		91.07	
PROPIEDADES																			
PESO MOLECULAR GAS		78.84		78.84		78.84		65.04		65.08									
DENSIDAD GAS / LÍQUIDO @P, T		kg/m³		19.16	-	22.11	-	28.88	-	24.7	673.5	24.51	-	-	673.7	-	747.7	-	775.7
VISCOSIDAD GAS / LÍQUIDO @P, T		cP (G) / cSt (L)		0.018	-	0.016	-	0.013	-	0.013	0.182	0.013	-	-	0.182	-	0.259	-	0.304
PUNTO DE FLUIDEZ (POUR POINT)		°C																	
CONDICIONES DE OPERACIÓN / DISEÑO																			
TEMPERATURA OPERACIÓN / DISEÑO		°C		454.1	459.1	366.4	371.4	250.6	255.6	204.8	209.8	204.6	109.6	204.6	205.6	183.3	188.3	142.5	147.5
PRESIÓN OPERACIÓN / DISEÑO		kg/cm² g		14.2	14.5	14.1	14.4	13.9	14.2	13.3	13.6	13.2	13.5	13.3	13.6	12.3	12.6	12	12.3
DATOS TUBERÍA																			
DIÁMETRO NOMINAL		Pulgadas		18		16		16		16		14		6		5		5	
ΔP CALCULADA / PERMITIDA (2)		kg/cm²/ km		0.27	-	0.5	-	0.4	-	0.38	-	0.39	-	0.87	-	2.1	-	2.04	-
VELOCIDAD CALCULADA / PERMITIDA (2)		m/s		11.1	-	13	-	10	-	11.8	-	8.9	-	1.8	-	2.5	-	2.3	-
AISLAMIENTO, TRACEADO (3)		P		P		P		P		P		P		P		P		P	
NOTAS:																			
(1) Especificar si es vapor (V), líquido (L), o fase mixta (M).																			
(2) Indicar Δp y velocidad máxima permitida sólo si es un requerimiento de proceso, corrosión, sólidos, fluidos especiales, etc.																			
(3) Si se requiere especificar, P : Protección Personal, H : Conservación de Calor, C : Conservación frío, ST : Traceado con vapor, ET : Traceado eléctrico, SJ : Encamisado con vapor																			
Para materiales véase la hoja de selección de materiales.																			
Rev.	Por																		
Fecha	Aprobado																		

PROYECTO : Diseño de una planta de xilenos a partir de tolueno y metanol															Líneas de Proceso																
UNIDAD :															Pág. 4 de 6																
LÍNEAS DE PROCESO																															
LÍNEA Nº	43			45			47			50			52			55			58			59			60						
P&I d nº																															
DE	E-108			V-201			E-205			D-202			DC-202			DC-203			DC-203			E-210			E-207						
A	V-201			E-205			DC-202			E-207			DC-203			P-205			E-210			Salida xilenos			V-206						
NATURALEZA, FASE Y CAUDAL																															
NATURALEZA DEL FLUIDO		L			L			L+V			V			L			L			L			L			V+L					
COMPUESTOS CORROSIVOS / TÓXICOS (% peso / ppm)																															
FASE (1) / VAPORIZADO (% peso)		1	0	1	0	0.97	0.03	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0.13	0.77								
CAUDAL VOLUMÉTRICO VAPOR @P, T		m³/h			-			4.5			3.1			-			-			-			-			2.5					
CAUDAL VOLUMÉTRICO LÍQUIDO @P, T		m³/h			60.5			151.3			146.8			-			148.2			115.9			32.37			32.37			0.48		
PROPIEDADES																															
PESO MOLECULAR GAS								67.68																							
DENSIDAD GAS / LÍQUIDO @P, T		kg/m³			-	810.9	-	717.7	12.07	718.3	4.85	-	-	713	-	776.3	-	729.5	-	846.9											
VISCOSIDAD GAS / LÍQUIDO @P, T		cP (G) / cSt (L)			-	0.44	-	0.419	0.012	0.224	0.011	-	-	0.217	-	0.296	-	0.243	-	0.618											
PUNTO DE FLUIDEZ (POUR POINT)		°C																													
CONDICIONES DE OPERACIÓN / DISEÑO																															
TEMPERATURA OPERACIÓN / DISEÑO		°C			70	75	69.9	64.9	165	170	78.8	83.8	172.1	177.1	117.4	121.4	160.6	165.6	38	43	46	51									
PRESIÓN OPERACIÓN / DISEÑO		kg/cm² g			11.6	11.9	11.7	12	6.2	6.5	4.1	4.4	4.4	4.7	1.5	1.8	1.9	2.2	1.9	2.2	3.9	4.2									
DATOS TUBERÍA																															
DIÁMETRO NOMINAL		Pulgadas			4			8			6			4			8			12			3.5			3			5		
ΔP CALCULADA / PERMITIDA (2)		kg/cm²/ km			3	-	0.5	-	3.1	-	0.5	-	0.5	-	0.6	-	1.7	-	0.5		0.3	-									
VELOCIDAD CALCULADA / PERMITIDA (2)		m/s			2.4	-	1.4	-	3.3	-	11.1	-	1.5	-	2.7	-	1.7	-	1.7		10.2	-									
AISLAMIENTO, TRACEADO (3)		P			P			P			P			P			P			P			NA			NA					
NOTAS:																															
(1) Especificar si es vapor (V), líquido (L), o fase mixta (M).																															
(2) Indicar Δp y velocidad máxima permitida sólo si es un requerimiento de proceso, corrosión, sólidos, fluidos especiales, etc.																															
(3) Si se requiere especificar, P : Protección Personal, H : Conservación de Calor, C : Conservación frío, ST : Traceado con vapor, ET : Traceado eléctrico, SJ : Encamisado con vapor																															
Para materiales véase la hoja de selección de materiales.																															
Rev.	Por																														
Fecha	Aprobado																														

PROYECTO : Diseño de una planta de xilenos a partir de tolueno y metanol															Líneas de Proceso																
UNIDAD :															Pág. 5 de 6																
LÍNEAS DE PROCESO																															
LÍNEA N°	62			64			65			46			61			66			28			30			32						
P&I d n°																															
DE	V-206			V-207			V-207			V-201			Cruce corriente 66			Corriente 66			Corriente 28			E-201			Cruce corriente 32						
A	Salida			Salida			DC-201			Cruce corriente 66			V-206			Cruce corriente 28			DC-201			Corriente 32			Cruce corriente 13						
NATURALEZA, FASE Y CAUDAL																															
NATURALEZA DEL FLUIDO		V			L			L			L			L			L			L			L			L					
COMPUESTOS CORROSIVOS / TÓXICOS (% peso / ppn)																															
FASE (1) / VAPORIZADO (% peso)		0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0						
CAUDAL VOLUMÉTRICO VAPOR @P, T		m³/h			2.6			-			-			-			-			-			-			-					
CAUDAL VOLUMÉTRICO LÍQUIDO @P, T		m³/h			-			0.27			1.2			5.9			1			4.9			6.1			2.7			0.54		
PROPIEDADES																															
PESO MOLECULAR GAS		32.32																													
DENSIDAD GAS / LÍQUIDO @P, T		kg/m³			4.4	-	-	829.4	-	492	-	817	-	817	-	817	-	956	-	736.6	-	736.6	-	736.6							
VISCOSIDAD GAS / LÍQUIDO @P, T		cP (G) / cSt (L)			0.011	-	-	0.458	-	0.534	-	0.419	-	0.419	-	0.419	-	0.455	-	0.531	-	0.531	-	0.531							
PUNTO DE FLUIDEZ (POUR POINT)		°C			-																										
CONDICIONES DE OPERACIÓN / DISEÑO																															
TEMPERATURA OPERACIÓN / DISEÑO		°C			56.8	61.8	56.8	61.8	56.8	61.8	69.9	74.9	69.9	74.9	69.94	74.9	67.6	72.6	75.1	80.1	75.1	80.1									
PRESIÓN OPERACIÓN / DISEÑO		kg/cm² g			3.8	4.3	3.8	4.3	3.8	4.3	11.5	11.8	11.5	11.8	11.5	11.8	1.8	2.1	1.4	1.7	1.4	1.7									
DATOS TUBERÍA																															
DIÁMETRO NOMINAL		Pulgadas			3.5			0.5			1.5			2.5			1.25			2.5			4			1.25			0.75		
ΔP CALCULADA / PERMITIDA (2)		kg/cm²/ km			0.6	-	3.7	-	0.3	-	0.4	-	0.5	-	0.3	-	0.45	-	2.7	-	1.7	-									
VELOCIDAD CALCULADA / PERMITIDA (2)		m/s			11.9	-	0.6	-	0.3	-	1	-	0.5	-	0.4	-	0.55	-	1.06	-	0.6	-									
AISLAMIENTO, TRACEADO (3)		NA			NA			NA			P			P			P			P			P			P					
NOTAS:																															
(1) Especificar si es vapor (V), líquido (L), o fase mixta (M).																															
(2) Indicar Δp y velocidad máxima permitida sólo si es un requerimiento de proceso, corrosión, sólidos, fluidos especiales, etc.																															
(3) Si se requiere especificar, P : Protección Personal, H : Conservación de Calor, C : Conservación frío, ST : Traceado con vapor, ET : Traceado eléctrico, SJ : Encamisado con vapor																															
Para materiales véase la hoja de selección de materiales.																															
Rev.	Por																														
Fecha	Aprobado																														

PROYECTO : Diseño de una planta de xilenos a partir de tolueno y metanol										Líneas de Proceso	
UNIDAD :										Pág. 6 de 6	
LÍNEAS DE PROCESO											
LÍNEA Nº	33		34		35						
P&I d nº											
DE	DC-201		DC-201		E-203						
A	Salida		E-203		Salida agua						
NATURALEZA, FASE Y CAUDAL											
NATURALEZA DEL FLUIDO		L		L+V		L					
COMPUESTOS CORROSIVOS / TÓXICOS (% peso / ppr)											
FASE (1) / VAPORIZADO (% peso)		1 0		0.98 0.02		1 0					
CAUDAL VOLUMÉTRICO VAPOR @P, T		m³/h		-		0.13		-			
CAUDAL VOLUMÉTRICO LÍQUIDO @P, T		m³/h		2.27		5.5		5.6			
PROPIEDADES											
PESO MOLECULAR GAS											
DENSIDAD GAS / LÍQUIDO @P, T		kg/m³		-		736.6		0.91 936.4		-	
VISCOSIDAD GAS / LÍQUIDO @P, T		cP (G) / cSt (L)		-		0.402		0.01 0.262		-	
PUNTO DE FLUIDEZ (POUR POINT)		°C									
CONDICIONES DE OPERACIÓN / DISEÑO											
TEMPERATURA OPERACIÓN / DISEÑO		°C		75.1 80.1		113.1 118.1		50 55			
PRESIÓN OPERACIÓN / DISEÑO		kg/cm² g		1.4 1.7		1.8 2.1		1.5 1.8			
DATOS TUBERÍA											
DIÁMETRO NOMINAL		Pulgadas		1		2.5		2			
ΔP CALCULADA / PERMITIDA (2)		kg/cm²/ km		5 -		0.24 -		1.2 -			
VELOCIDAD CALCULADA / PERMITIDA (2)		m/s		1.3 -		12.5 -		0.78 -			
AISLAMIENTO, TRACEADO (3)				P		P		NA			
NOTAS:											
(1) Especificar si es vapor (V), líquido (L), o fase mixta (M).											
(2) Indicar Δp y velocidad máxima permitida sólo si es un requerimiento de proceso, corrosión, sólidos, fluidos especiales, etc.											
(3) Si se requiere especificar, P : Protección Personal, H : Conservación de Calor, C : Conservación frío, ST : Traceado con vapor, ET : Traceado eléctrico, SJ : Encamisado con v											
Para materiales véase la hoja de selección de materiales.											
Rev.	Por										
Fecha	Aprobado										

A.6.7. Diseño de bombas

A.6.7.1 P-101

PUMP CALCULATION SUMMARY SHEET

1	Nº OF PUMPS	RUN: 1 SPARE: 1	Pump Curve		
2	SERVICE	Alimentación de tolueno			
3		P-101			
4					
5	FLUID PUMPED	Tolueno			
6	OPER.TEMP	15 °C			
7	DENSITY	873 kg/m ³			
8	VISCOSITY	0.620 cP			
9	VAPOR PRESS.	0.018 bar			
10	NORM.CAPACITY	33.2 m ³ /h			
11	MAX.CAPACITY	39.84 m ³ /h			
12					
13	SUCTION CONDITIONS				
14	TOTAL SUCT.PR.	0.3 kg/cm ² g			
15	NPSH (m.w.c.) disp	>5 m			
16					
17	DISCHARGE CONDITIONS				
18	LIQUID HEAD	kg/cm ² g			
19	TOTAL DISCH.PR.	1.74 kg/cm ² g			
20	DIFF.PRESSURE	1.44 kg/cm ²			
21	DIFF.HEAD (m)	16.5 m			
22	PUMP REQUIREMENTS				
23	TYPE PUMP	Magnetic Drive Sealless	Gen.Arr.Drawin		
24	ESTIMATED EFF.	61 %			
25	ESTIMATED Rot.freq	1500 rpm			
26	ESTIMATED Power	2.6 kW			
27	TYPE DRIVER	Motor Eléctrico			
28	STEAM (abs.)	kg/cm ² g °C			
29	ELECTRICITY	V: 380 PH: 50 Hz			
30					
31					
32	PUMP MATERIALS				
33	CASE				
34	IMPELLER				
35	SHAFT				
36	SHAFT SLEEVE				
37	SEAL/PACKING				
38	PISTON				
39					
40	Nozzles	Mark	Nº	Dia.	Rating
41	Suction		1	4 in	150 lb
42	Discharge		1	3 in	150 lb
43					
44					
45	0				
46	REV.	DATE	PREP.	APPR.	
47					

 UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química
Departament d'Enginyeria Química

A.6.7.2 P-102


PUMP CALCULATION SUMMARY SHEET

1	Nº OF PUMPS	RUN: 1 SPARE: 1	Pump Curve		
2	SERVICE	Alimentación de metanol			
3		P-102			
4					
5	FLUID PUMPED	Metanol			
6	OPER.TEMP	15 °C			
7	DENSITY	797 kg/m ³			
8	VISCOSITY	0.631 cP			
9	VAPOR PRESS.	0.055 bar			
10	NORM.CAPACITY	12.55 m ³ /h			
11	MAX.CAPACITY	15.06 m ³ /h			
12					
13	SUCTION CONDITIONS				
14	TOTAL SUCT.PR.	0.3 kg/cm ² g			
15	NPSH (m.w.c.) disp	>5 m			
16					
17	DISCHARGE CONDITIONS				
18	LIQUID HEAD	kg/cm ² g			
19	TOTAL DISCH.PR.	1.71 kg/cm ² g			
20	DIFF.PRESSURE	1.41 kg/cm ²			
21	DIFF.HEAD (m)	17.7 m			
22	PUMP REQUIREMENTS				
23	TYPE PUMP	Magnetic Drive Sealless	Gen.Arr.Drawin		
24	ESTIMATED EFF.	60 %			
25	ESTIMATED Rot.freq	1500 rpm			
26	ESTIMATED Power	1.0 kW			
27	TYPE DRIVER	Motor Eléctrico			
28	STEAM (abs.)	kg/cm ² g °C			
29	ELECTRICITY	V: 380 PH: 50 Hz			
30					
31					
32	PUMP MATERIALS				
33	CASE				
34	IMPELLER				
35	SHAFT				
36	SHAFT SLEEVE				
37	SEAL/PACKING				
38	PISTON				
39					
40	Nozzles	Mark	Nº	Dia.	Rating
41	Suction		1	3 in	150 lb
42	Discharge		1	2 in	150 lb
43					
44					
45	0				
46	REV.	DATE	PREP.	APPR.	
47					

 UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química
Departament d'Enginyeria Química


A.6.7.3 P-103

PUMP CALCULATION SUMMARY SHEET

1	Nº OF PUMPS	RUN: 1	SPARE: 1	1	Pump Curve				
2	SERVICE	Alimentació de tolueno al reactor							
3		P-103							
4									
5	FLUID PUMPED	Tolueno							
6	OPER. TEMP	15.1	°C						
7	DENSITY	873	kg/m ³						
8	VISCOSITY	0.619	cP						
9	VAPOR PRESS.	0.019	bar						
10	NORM. CAPACITY	28.62	m ³ /h						
11	MAX. CAPACITY	34.35	m ³ /h						
12									
13	SUCTION CONDITIONS								
14	TOTAL SUCT. PR.	0.3	kg/cm ² g						
15	NPSH (m.w.c.) disp	>5	m						
16									
17	DISCHARGE CONDITIONS								
18	LIQUID HEAD		kg/cm ² g						
19	TOTAL DISCH. PR.	16.91	kg/cm ² g						
20	DIFF. PRESSURE	16.61	kg/cm ²						
21	DIFF. HEAD (m)	190.3	m						
22	PUMP REQUIREMENTS								
23	TYPE PUMP	Magnetic Drive Sealless							
24	ESTIMATED EFF.	62	%						
25	ESTIMATED Rot. freq.	1500	rpm						
26	ESTIMATED Power	25.2	kW						
27	TYPE DRIVER	Motor Eléctrico							
28	STEAM (abs.)	----	kg/cm ² g	°C					
29	ELECTRICITY	V: 500	PH: 50	Hz					
30									
31									
32	PUMP MATERIALS								
33	CASE								
34	IMPELLER								
35	SHAFT								
36	SHAFT SLEEVE								
37	SEAL/PACKING								
38	PISTON								
39									
40	Nozzles	Mark	Nº	Dia.	Rating				
41	Suction		1	3 in	150 lb				
42	Discharge		1	2 in	150 lb				
43									
44									
45	0								
46	REV.	DATE	PREP.	APPR.	 UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química Departament d'Enginyeria Química				
47									


A.6.7.4 P-104

PUMP CALCULATION SUMMARY SHEET

1	Nº OF PUMPS	RUN: 1	SPARE: 1	1	Pump Curve				
2	SERVICE	Alimentació de metanol							
3		P-104							
4									
5	FLUID PUMPED	Metanol							
6	OPER. TEMP	17.9	°C						
7	DENSITY	795	kg/m ³						
8	VISCOSITY	0.605	cP						
9	VAPOR PRESS.	0.066	bar						
10	NORM. CAPACITY	13.12	m ³ /h						
11	MAX. CAPACITY	15.74	m ³ /h						
12									
13	SUCTION CONDITIONS								
14	TOTAL SUCT. PR.	0.3	kg/cm ² g						
15	NPSH (m.w.c.) disp	>5	m						
16									
17	DISCHARGE CONDITIONS								
18	LIQUID HEAD		kg/cm ² g						
19	TOTAL DISCH. PR.	16.29	kg/cm ² g						
20	DIFF. PRESSURE	15.99	kg/cm ²						
21	DIFF. HEAD (m)	201.1	m						
22	PUMP REQUIREMENTS								
23	TYPE PUMP	Magnetic Drive Sealless							
24	ESTIMATED EFF.	58	%						
25	ESTIMATED Rot. freq.	1500	rpm						
26	ESTIMATED Power	11.7	kW						
27	TYPE DRIVER	Motor Eléctrico							
28	STEAM (abs.)	----	kg/cm ² g	°C					
29	ELECTRICITY	V: 380	PH: 50	Hz					
30									
31									
32	PUMP MATERIALS								
33	CASE								
34	IMPELLER								
35	SHAFT								
36	SHAFT SLEEVE								
37	SEAL/PACKING								
38	PISTON								
39									
40	Nozzles	Mark	Nº	Dia.	Rating				
41	Suction		1	3 in	150 lb				
42	Discharge		1	2 1/2 in	150 lb				
43									
44									
45	0								
46	REV.	DATE	PREP.	APPR.	 UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química Departament d'Enginyeria Química				
47									


A.6.7.5 P-201

PUMP CALCULATION SUMMARY SHEET

1	Nº OF PUMPS	RUN:	1	SPARE:	1	Pump Curve					
2	SERVICE	Reflujo columna DC-201									
3		P-201									
4											
5	FLUID PUMPED	Metanol									
6	OPER.TEMP		75.1		°C						
7	DENSITY		737		kg/m ³						
8	VISCOSITY		0.293		cP						
9	VAPOR PRESS.		1.132		bar						
10	NORM.CAPACITY		3.022		m ³ /h						
11	MAX.CAPACITY		3.626		m ³ /h						
12											
13	SUCTION CONDITIONS										
14	TOTAL SUCT.PR.		0.29		kg/cm ² g						
15	NPSH (m.w.c.) disp		>5		m						
16											
17	DISCHARGE CONDITIONS										
18	LIQUID HEAD				kg/cm ² g						
19	TOTAL DISCH.PR.		3.1		kg/cm ² g						
20	DIFF.PRESSURE		2.81		kg/cm ²						
21	DIFF.HEAD (m)		38.1		m						
22	PUMP REQUIREMENTS					Gen. Arr. Drawn					
23	TYPE PUMP	Magnetic Drive Sealless									
24	ESTIMATED EFF.		57		%						
25	ESTIMATED Rot.freq.		1500		rpm						
26	ESTIMATED Power		0.5		kW						
27	TYPE DRIVER	Motor Eléctrico									
28	STEAM (abs.)		----		kg/cm ² g °C						
29	ELECTRICITY	V:	380	PH:	50 Hz						
30											
31											
32	PUMP MATERIALS										
33	CASE										
34	IMPELLER										
35	SHAFT										
36	SHAFT SLEEVE										
37	SEAL/PACKING										
38	PISTON										
39											
40	Nozzles	Mark	Nº	Dia.	Rating						
41	Suction		1	1 1/2 in	150 lb						
42	Discharge		1	1 in	150 lb						
43											
44											
45	0										
46	REV.	DATE	PREP.	APPR.							
47							 UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química Departament d'Enginyeria Química				

A.6.7.6 P-202

PUMP CALCULATION SUMMARY SHEET

1	Nº OF PUMPS	RUN:	1	SPARE:	1	Pump Curve					
2	SERVICE	Envío de agua residual									
3		P-202									
4											
5	FLUID PUMPED	Metanol									
6	OPER.TEMP		113.2		°C						
7	DENSITY		936		kg/m ³						
8	VISCOSITY		0.245		cP						
9	VAPOR PRESS.		1.600		bar						
10	NORM.CAPACITY		5.98		m ³ /h						
11	MAX.CAPACITY		7.176		m ³ /h						
12											
13	SUCTION CONDITIONS										
14	TOTAL SUCT.PR.		0.96		kg/cm ² g						
15	NPSH (m.w.c.) disp		3		m						
16											
17	DISCHARGE CONDITIONS										
18	LIQUID HEAD				kg/cm ² g						
19	TOTAL DISCH.PR.		2.65		kg/cm ² g						
20	DIFF.PRESSURE		1.69		kg/cm ²						
21	DIFF.HEAD (m)		18.1		m						
22	PUMP REQUIREMENTS					Gen. Arr. Drawn					
23	TYPE PUMP	Magnetic Drive Sealless									
24	ESTIMATED EFF.		58		%						
25	ESTIMATED Rot.freq.		1500		rpm						
26	ESTIMATED Power		0.6		kW						
27	TYPE DRIVER	Motor Eléctrico									
28	STEAM (abs.)		----		kg/cm ² g °C						
29	ELECTRICITY	V:	380	PH:	50 Hz						
30											
31											
32	PUMP MATERIALS										
33	CASE										
34	IMPELLER										
35	SHAFT										
36	SHAFT SLEEVE										
37	SEAL/PACKING										
38	PISTON										
39											
40	Nozzles	Mark	Nº	Dia.	Rating						
41	Suction		1	2 in	150 lb						
42	Discharge		1	2 in	150 lb						
43											
44											
45	0										
46	REV.	DATE	PREP.	APPR.							
47							 UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química Departament d'Enginyeria Química				

A.6.7.7 P-203

PUMP CALCULATION SUMMARY SHEET

1	Nº OF PUMPS	RUN:	1	SPARE:	1	Pump Curve			
2	SERVICE	Reflujo columna DC-202							
3		P-203							
4									
5	FLUID PUMPED	Metanol							
6	OPER.TEMP		78.9	°C					
7	DENSITY		805	kg/m ³					
8	VISCOSITY		0.307	cP					
9	VAPOR PRESS.		3.950	bar					
10	NORM.CAPACITY		11.23	m ³ /h					
11	MAX.CAPACITY		13.47	m ³ /h					
12									
13	SUCTION CONDITIONS								
14	TOTAL SUCT.PR.		3.65	kg/cm ² g					
15	NPSH (m.w.c.) disp		>5	m					
16									
17	DISCHARGE CONDITIONS								
18	LIQUID HEAD			kg/cm ² g					
19	TOTAL DISCH.PR.		7.89	kg/cm ² g					
20	DIFF.PRESSURE		4.24	kg/cm ² g					
21	DIFF.HEAD (m)		52.7	m					
22	PUMP REQUIREMENTS					Gen.Arr.Drawin			
23	TYPE PUMP	Magnetic Drive Sealless							
24	ESTIMATED EFF.		62	%					
25	ESTIMATED Rot.freq.		1500	rpm					
26	ESTIMATED Power		2.5	kW					
27	TYPE DRIVER	Motor Eléctrico							
28	STEAM (abs.)			kg/cm ² g °C					
29	ELECTRICITY	V:	380	PH:	50	Hz			
30									
31									
32	PUMP MATERIALS								
33	CASE								
34	IMPELLER								
35	SHAFT								
36	SHAFT SLEEVE								
37	SEAL/PACKING								
38	PISTON								
39									
40	Nozzles	Mark	Nº	Dia.	Rating				
41	Suction		1	3 in	150 lb				
42	Discharge		1	2 1/2 in	150 lb				
43									
44									
45	0								
46	REV.	DATE	PREP.	APPR.					
47									

 UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGLI
Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química
Departament d'Enginyeria Química

A.6.7.8 P-204

PUMP CALCULATION SUMMARY SHEET

1	Nº OF PUMPS	RUN:	1	SPARE:	1	Pump Curve			
2	SERVICE	Reflujo columna DC-203							
3		P-204							
4									
5	FLUID PUMPED	Tolueno							
6	OPER.TEMP		117.4	°C					
7	DENSITY		774	kg/m ³					
8	VISCOSITY		0.229	cP					
9	VAPOR PRESS.		1.300	bar					
10	NORM.CAPACITY		144.2	m ³ /h					
11	MAX.CAPACITY		173.0	m ³ /h					
12									
13	SUCTION CONDITIONS								
14	TOTAL SUCT.PR.		0.9	kg/cm ² g					
15	NPSH (m.w.c.) disp		>5	m					
16									
17	DISCHARGE CONDITIONS								
18	LIQUID HEAD			kg/cm ² g					
19	TOTAL DISCH.PR.		5.6	kg/cm ² g					
20	DIFF.PRESSURE		4.7	kg/cm ² g					
21	DIFF.HEAD (m)		60.7	m					
22	PUMP REQUIREMENTS					Gen.Arr.Drawin			
23	TYPE PUMP	Magnetic Drive Sealless							
24	ESTIMATED EFF.		72	%					
25	ESTIMATED Rot.freq.		1500	rpm					
26	ESTIMATED Power		30.8	kW					
27	TYPE DRIVER	Motor Eléctrico							
28	STEAM (abs.)			kg/cm ² g °C					
29	ELECTRICITY	V:	500	PH:	50	Hz			
30									
31									
32	PUMP MATERIALS								
33	CASE								
34	IMPELLER								
35	SHAFT								
36	SHAFT SLEEVE								
37	SEAL/PACKING								
38	PISTON								
39									
40	Nozzles	Mark	Nº	Dia.	Rating				
41	Suction		1	10 in	150 lb				
42	Discharge		1	8 in	150 lb				
43									
44									
45	0								
46	REV.	DATE	PREP.	APPR.					
47									

 UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGLI
Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química
Departament d'Enginyeria Química

A.6.7.9 P-205

PUMP CALCULATION SUMMARY SHEET

1	Nº OF PUMPS	RUN:	1	SPARE:	1	Pump Curve									
2	SERVICE	Reciclo de Tolueno					Gen.Arr.Drawin								
3		P-205													
4															
5	FLUID PUMPED	Tolueno													
6	OPER.TEMP	117.4 °C													
7	DENSITY	774 kg/m3													
8	VISCOSITY	0.229 cP													
9	VAPOR.PRESS.	1.300 bar													
10	NORM.CAPACITY	143.2 m3/h													
11	MAX.CAPACITY	171.8 m3/h													
12															
13	SUCTION CONDITIONS														
14	TOTAL SUCT.PR.	0.9 kg/cm ² g													
15	NPSH (m.w.c.) disp	>5 m													
16															
17	DISCHARGE CONDITIONS														
18	LIQUID HEAD	kg/cm ² g													
19	TOTAL DISCH.PR.	16.67 kg/cm ² g													
20	DIFF.PRESSURE	15.77 kg/cm ²													
21	DIFF.HEAD (m)	203.7 m													
22	PUMP REQUIREMENTS														
23	TYPE PUMP	Magnetic Drive Sealless													
24	ESTIMATED EFF.	69 %													
25	ESTIMATED Rot.freq.	1500 rpm													
26	ESTIMATED Power	107.6 kW													
27	TYPE DRIVER	Motor Eléctrico													
28	STEAM (abs.)	---- kg/cm ² g °C													
29	ELECTRICITY	V:	500	PH:	50	Hz									
30															
31															
32	PUMP MATERIALS														
33	CASE														
34	IMPELLER														
35	SHAFT														
36	SHAFT SLEEVE														
37	SEAL/PACKING														
38	PISTON														
39															
40	Nozzles	Mark	Nº	Dia.	Rating										
41	Suction		1	8 in	150 lb										
42	Discharge		1	6 in	150 lb										
43															
44															
45	0														
46	REV.	DATE	PREP.	APPR.											
47															

 UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Químic
Departament d'Enginyeria Químic

A.6.7.10 P-206

PUMP CALCULATION SUMMARY SHEET

1	Nº OF PUMPS	RUN:	1	SPARE:	1	Pump Curve									
2	SERVICE	Producció de xilenos					Gen.Arr.Drawin								
3		P-206													
4															
5	FLUID PUMPED	Tolueno													
6	OPER.TEMP	160.6 °C													
7	DENSITY	730 kg/m3													
8	VISCOSITY	0.182 cP													
9	VAPOR.PRESS.	1.750 bar													
10	NORM.CAPACITY	38.3 m3/h													
11	MAX.CAPACITY	46.0 m3/h													
12															
13	SUCTION CONDITIONS														
14	TOTAL SUCT.PR.	1.03 kg/cm ² g													
15	NPSH (m.w.c.) disp	3 m													
16															
17	DISCHARGE CONDITIONS														
18	LIQUID HEAD	kg/cm ² g													
19	TOTAL DISCH.PR.	6.24 kg/cm ² g													
20	DIFF.PRESSURE	5.21 kg/cm ²													
21	DIFF.HEAD (m)	71.4 m													
22	PUMP REQUIREMENTS														
23	TYPE PUMP	Magnetic Drive Sealless													
24	ESTIMATED EFF.	67 %													
25	ESTIMATED Rot.freq.	1500 rpm													
26	ESTIMATED Power	9.8 kW													
27	TYPE DRIVER	Motor Eléctrico													
28	STEAM (abs.)	---- kg/cm ² g °C													
29	ELECTRICITY	V:	380	PH:	50	Hz									
30															
31															
32	PUMP MATERIALS														
33	CASE														
34	IMPELLER														
35	SHAFT														
36	SHAFT SLEEVE														
37	SEAL/PACKING														
38	PISTON														
39															
40	Nozzles	Mark	Nº	Dia.	Rating										
41	Suction		1	6 in	150 lb										
42	Discharge		1	4 in	150 lb										
43															
44															
45	0														
46	REV.	DATE	PREP.	APPR.											
47															

 UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Químic
Departament d'Enginyeria Químic

A.6.8. Dimensionamiento válvulas

A.6.8.1 FCV-101

1 GENERAL DATA									
2 TAG		FCV-101		INSTALLATION LINE AND APPLICABLE LAW					
3 SERVICE		Alimentación Tolueno		DN & RATING			80	150 #	
4 LINE/EQUIPMENT		3"-P-000		MTL & SCHEDULE			SA 106 40		
5 DIAGRAM		PI&D 1		INSULATION AND THICKNESS			- -		
6 AREA CLASSIFICATION		EEx REGULATION			EEx IIC T5 / T6				
7 PROCESS DATA									
8 FLOW	PHASE	Tolueno		Liquid	Data	U.I	Min.	Normal	Max.
9 Cp/Cv	Z	0.873		7.70E-02	Inlet Flow cu m/h		25.76	28.62	35.78
10 D or SG	Viscosity Pa·s	0.873		$6.1 \cdot 10^{-4}$	Inlet Pressure bar		17.59	17.59	17.59
11 P crit. bar	T crit. K	40.75		593.1	Pressure Drop bar		1	1	1
12 TIGHTNESS					T operation K		288.2	288.2	288.2
13 FIRE SECURITY DIST.					Vapor Pres. bar		0.019	0.019	0.019
14 OTHERS: Density, kg/m3					Cv calculated		27.8	30.9	38.6
15					Cv required			77	
16					Opening			40%	
17 BODY, INTERNAL AND ACTUATOR									
18 BODY, BIRETTA AND PACKING			INTERNAL						
19 Body Type		Sphere		Types (1)	STD	Escape Types		-	
20 Vapor Mantle		-		Row	-	Noise (dB)		-	
21 DN & Rating		80 & 150 #		Guidance	-	MTL Guidance		SA 216 WCB	
22 Line Conection		Flange		Holder	-	MTL Holder		AISI 316	
23 MTL Body & Casing		SA 216 WCB		Nominal Cv	-	MTL Actuator		AISI 316	
24 MTL Body Line		AISI 316		Character	-	MTL Nozzle		AISI 316	
25 MTL Outlet Line		SA 106		PNEUMATIC ACTUATOR					
26 Flow tends to		-		Service	-	Feed/Rang		-	
27 Biretta Type		AISI 316		Type	Diaphragm	Wheel		-	
28 Packing		SA 216 WCB		Air	-	Travel Limit mm		51.0	
29 Shutting Bellow		-		Max. ΔP (2) bar	-	XLOCK System		-	
30 ACCESSORIES AND PURCHASE DATA									
31 POSITIONATOR AND FILTER			SOLENOID VALVE (3)			TRAVEL ENDS (3)			
32 Positioner Type		Digital		Valve Type	Equal Percentage	Sensors Type			
33 SMART Capacity				Feed		Service			
34 PST/Regulation				Reset Type		Assembly & Connec.			
35 Electrical Connection				Electrical Connec.		EEx Protection			
36 Pneumatic Connection				Pneumatic Connec.		NOTES AND ACCESSORIES			
37 EEx Protection		EEx IIC T6		EEx Protection	EEx IIC T5				
38 Filter		-		SIL (s/IEC 61508)	IP 65				
39 PRODUCT DATA (3)					PURCHASE DATA				
40 Valve		PF51.1ES	Actuator	Serie 657	Requisition				
41 Positionator		Digital			Manufacturer		Fisher-Rosemount		
42 Solenoid		Equal Percentatge			Supplier				
43 Travel End									
44 GENERAL NOTES									
45 (1) Indicate the model/type (AC=anti-cavitation, AN=anti-noise, STD= standard, MS= multi-step, CR= rapid change)									
46 (2) Maximal difference pressure through the valve, which can be supported by the actuator maintaining the nominal shutting class									
47 (3) Environmental protection grade of electrical parts: IP 65 min.									
48 (4) For the elements, which are supplied by third parties (for example solenoids, final lines, etc.) it is necessary to indicate the respective									
49 manufacturer too.									
JOB NO.			CHARGE NO.						
M/S NO.			P.O.NO.						
NO.UNITS									
DR.BY			DATE:						
CK.BY			DATE:						
REV	BY	OK	DATE			3"-FCV-101			
					SHEET No. 2				

A.6.8.2 FCV-106

GENERAL DATA									
1	TAG FCV-106 INSTALLATION LINE AND APPLICABLE LAW								
2	SERVICE		Enfriamiento líquidos V-103		DN & RATING		150		150 #
3	LINE/EQUIPMENT		6"-P-025		MTL & SCHEDULE		SA 106		40
4	DIAGRAM		PI&D 1		INSULATION AND THICKNESS		Lana Mineral		6"
5	AREA CLASSIFICATION				EEx REGULATION		EEx IIC T5 / T6		
6	PROCESS DATA								
7	FLOW	PHASE	Tolueno/Xilenos	Liquid	Data	UI	Min.	Normal	Max.
8	Cp/Cv	Z	1.308	4.54E-02	Inlet Flow cu m/h		0.00	0.00	117.40
9	D or SG	Viscosity Pa·s	0.674	1.23 · 10 ⁻⁴	Inlet Pressure bar		13.55	13.55	13.55
10	P crit. bar	T crit. K	42.3	595.9	Pressure Drop bar		0.8	0.80	0.8
11	TIGHTNESS				T operation K		477.7	477.7	477.7
12	FIRE SECURITY DIST.				Vapor Pres. bar		13.06	13.06	13.06
13	OTHERS: Density, kg/m ³				Cv calculated		0.0	0.0	130.8
14					Cv required			327	
15					Opening			40%	
16	BODY, INTERNAL AND ACTUATOR								
17	BODY, BIRETTA AND PACKING		INTERNAL						
18	Body Type	Sphere	Types (1)	STD	Escape Types				-
19	Vapor Mantle	-	Row	-	Noise (dB)				-
20	DN & Rating	200 & 150 #	Guidance	-	MTL Guidance			SA 216 WCB	
21	Line Connection	Flange	Holder	-	MTL Holder			AISI 316	
22	MTL Body & Casing	SA 216 WCB	Nominal Cv	-	MTL Actuator			AISI 316	
23	MTL Body Line	AISI 316	Character	-	MTL Nozzle			AISI 316	
24	MTL Outlet Line	SA 106	PNEUMATIC ACTUATOR						
25	Flow tends to	-	Service	-	Feed/Rang				-
26	Biretta Type	AISI 316	Type	Diaphragm	Wheel				-
27	Packing	SA 216 WCB	Air	-	Travel Limit mm			51.0	
28	Shutting Bellow	-	Max. ΔP (2) bar	-	XLOCK System				-
29	ACCESSORIES AND PURCHASE DATA								
30	POSITIONATOR AND FILTER		SOLENOID VALVE (3)			TRAVEL ENDS (3)			
31	Positioner Type	Digital	Valve Type	Equal Percentage	Sensors Type				
32	SMART Capacity		Feed		Service				
33	PST/Regulation		Reset Type		Assembly & Connec.				
34	Electrical Connection		Electrical Connec.		EEx Protection				
35	Pneumatic Connection		Pneumatic Connec.		NOTES AND ACCESSORIES				
36	EEx Protection	EEx IIC T6	EEx Protection	EEx IIC T5					
37	Filter	-	SIL (s/IEC 61508)	IP 65					
38	PRODUCT DATA (3)								
39	Valve	PF51.1 ES	Actuator	Serie 657	Requisition				
40	Positionator	Digital			Manufacturer			Fisher-Rosemount	
41	Solenoid	Equal Percentage			Supplier				
42	Travel End								
43	GENERAL NOTES								
44	(1) Indicate the model /type (AC =anti-cavitation, AN=anti-noise, STD= standard, MS= multi-step, CR= rapid change)								
45	(2) Maximal difference pressure through the valve, which can be supported by the actuator maintaining the nominal shutting class								
46	(3) Environmental protection grade of electrical parts: IP 65 min.								
47	(4) For the elements, which are supplied by third parties (for example solenoids, final lines, etc.) it is necessary to indicate the respective manufacturer too.								
48	JOB NO.	CHARGE NO.							
49	M/S NO.	P.O. NO.							
	NO UNITS								
	DR BY	DATE:							
	CK BY	DATE:							
	REV	BY	OK	DATE					
					6"-FCV-106				
					SHEET No. 2				

A.6.8.3 LCV-203

GENERAL DATA									
1	TAG LCV-203 INSTALLATION LINE AND APPLICABLE LAW								
2	SERVICE		Producción de xilenos		DN & RATING		100		150 #
3	LINE/EQUIPMENT		4"-P-0003		MTL & SCHEDULE		SA 106		40
4	DIAGRAM		PI&D 2		INSULATION AND THICKNESS				-
5	AREA CLASSIFICATION				EEx REGULATION		EEx IIC T5 / T6		
6	PROCESS DATA								
7	FLOW	PHASE	Xilenos	Liquid	Data	UI	Min.	Normal	Max.
8	Cp/Cv	Z	1.31	8.48E-03	Inlet Flow cu m/h		34.47	38.30	47.88
9	D or SG	Viscosity Pa·s	0.847	5.23 · 10 ⁻⁴	Inlet Pressure bar		2.35	2.35	2.35
10	P crit. bar	T crit. K	35.1	616.5	Pressure Drop bar		1	1	1
11	TIGHTNESS				T operation K		288.1	288.1	288.1
12	FIRE SECURITY DIST.				Vapor Pres. bar		0.028	0.028	0.028
13	OTHERS: Density, kg/m ³				Cv calculated		36.7	40.7	50.9
14					Cv required			102	
15					Opening			40%	
16	BODY, INTERNAL AND ACTUATOR								
17	BODY, BIRETTA AND PACKING		INTERNAL						
18	Body Type	Sphere	Types (1)	STD	Escape Types				-
19	Vapor Mantle	-	Row	-	Noise (dB)				-
20	DN & Rating	100 & 150 #	Guidance	-	MTL Guidance			SA 216 WCB	
21	Line Connection	Flange	Holder	-	MTL Holder			AISI 316	
22	MTL Body & Casing	SA 216 WCB	Nominal Cv	-	MTL Actuator			AISI 316	
23	MTL Body Line	AISI 316	Character	-	MTL Nozzle			AISI 316	
24	MTL Outlet Line	SA 106	PNEUMATIC ACTUATOR						
25	Flow tends to	-	Service	-	Feed/Rang				-
26	Biretta Type	AISI 316	Type	Diaphragm	Wheel				-
27	Packing	SA 216 WCB	Air	-	Travel Limit mm			51.0	
28	Shutting Bellow	-	Max. ΔP (2) bar	-	XLOCK System				-
29	ACCESSORIES AND PURCHASE DATA								
30	POSITIONATOR AND FILTER		SOLENOID VALVE (3)			TRAVEL ENDS (3)			
31	Positioner Type	Digital	Valve Type	Equal Percentage	Sensors Type				
32	SMART Capacity		Feed		Service				
33	PST/Regulation		Reset Type		Assembly & Connec.				
34	Electrical Connection		Electrical Connec.		EEx Protection				
35	Pneumatic Connection		Pneumatic Connec.		NOTES AND ACCESSORIES				
36	EEx Protection	EEx IIC T6	EEx Protection	EEx IIC T5					
37	Filter	-	SIL (s/IEC 61508)	IP 65					
38	PRODUCT DATA (3)								
39	Valve	PF51.1 ES	Actuator	Serie 657	Requisition				
40	Positionator	Digital			Manufacturer			Fisher-Rosemount	
41	Solenoid	Equal Percentage			Supplier				
42	Travel End								
43	GENERAL NOTES								
44	(1) Indicate the model /type (AC =anti-cavitation, AN=anti-noise, STD= standard, MS= multi-step, CR= rapid change)								
45	(2) Maximal difference pressure through the valve, which can be supported by the actuator maintaining the nominal shutting class								
46	(3) Environmental protection grade of electrical parts: IP 65 min.								
47	(4) For the elements, which are supplied by third parties (for example solenoids, final lines, etc.) it is necessary to indicate the respective manufacturer too.								
48	JOB NO.	CHARGE NO.							
49	M/S NO.	P.O. NO.							
	NO UNITS								
	DR BY	DATE:							
	CK BY	DATE:							
	REV	BY	OK	DATE					
					4"-LCV-203				
					SHEET No. 2				

A.6.8.4

GENERAL DATA									
1	TAG		FCV-204		INSTALLATION LINE AND APPLICABLE LAW				
2	SERVICE		Enfriamiento líquidos V-103		DN & RATING		150		150 #
3	LINE/EQUIPMENT		6"-P-036		MTL & SCHEDULE		SA 106		40
4	DIAGRAM		PI&D 1		INSULATION AND THICKNESS		Lana Mineral		6"
5	AREA CLASSIFICATION				EEx REGULATION		EEx IIC T5 / T6		
6	PROCESS DATA								
7	FLOW	PHASE	Tolueno/Xilenos	Liquid	Data	UI	Min.	Normal	Max.
8	Cp/Cv	Z	1.308	4.54E-02	Inlet Flow cu m/h		105.66	117.40	117.40
9	D or SG	Viscosity Pa·s	0.674	1.23 · 10 ⁻⁴	Inlet Pressure bar		13.55	13.55	13.55
10	P crit. bar	T crit. K	42.3	595.9	Pressure Drop bar		0.8	0.80	0.8
11	TIGHTNESS				T operation K		477.7	477.7	477.7
12	FIRE SECURITY DIST.				Vapor Pres. bar		13.06	13.06	13.06
13	OTHERS: Density, kg/m3				Cv calculated		117.7	130.8	130.8
14					Cv required			327	
15					Opening			40%	
16	BODY, INTERNAL AND ACTUATOR								
17	BODY, BIRETTA AND PACKING		INTERNAL						
18	Body Type	Sphere	Types (1)	STD	Escape Types				
19	Vapor Mantle	-	Row	-	Noise (dB)				
20	DN & Rating	200 & 150 #	Guidance	-	MTL Guidance	SA 216 WCB			
21	Line Connection	Flange	Holder	-	MTL Holder	AISI 316			
22	MTL Body & Casing	SA 216 WCB	Nominal Cv	-	MTL Actuator	AISI 316			
23	MTL Body Line	AISI 316	Character	-	MTL Nozzle	AISI 316			
24	MTL Outlet Line	SA 106	PNEUMATIC ACTUATOR						
25	Flow tends to	-	Service	-	Feed/Rang				
26	Biretta Type	AISI 316	Type	Diaphragm	Wheel				
27	Packing	SA 216 WCB	Air	-	Travel Limit mm	51.0			
28	Shutting Bellow	-	Max. ΔP (2) bar	-	XLOCK System				
29	ACCESSORIES AND PURCHASE DATA								
30	POSITIONATOR AND FILTER		SOLENOID VALVE (3)			TRAVEL ENDS (3)			
31	Positioner Type	Digital	Valve Type	Equal Percentage	Sensors Type				
32	SMART Capacity		Feed		Service				
33	PST/Regulation		Reset Type		Assembly & Connec.				
34	Electrical Connection		Electrical Connec.		EEx Protection				
35	Pneumatic Connection		Pneumatic Connec.		NOTES AND ACCESSORIES				
36	EEx Protection	EEx IIC T6	EEx Protection	EEx IIC T5					
37	Filter	-	SIL (s/IEC 61508)	IP 65					
38	PRODUCT DATA (3)								
39	Valve	PF51.1 ES	Actuator	Serie 657	Requisition				
40	Positionator	Digital			Manufacturer	Fisher-Rosemount			
41	Solenoid	Equal Percentage			Supplier				
42	Travel End								
43	GENERAL NOTES								
44	(1) Indicate the model /type (AC =anti-cavitation, AN=anti-noise, STD= standard, MS= multi-step, CR= rapid change)								
45	(2) Maximal difference pressure through the valve, which can be supported by the actuator maintaining the nominal shutting class								
46	(3) Environmental protection grade of electrical parts: IP 65 min.								
47	(4) For the elements, which are supplied by third parties (for example solenoids, final lines, etc.) it is necessary to indicate the respective manufacturer too.								
48	JOB NO.		CHARGE NO.						
49	M/S NO.		P.O.NO.						
	NO UNITS								
	DR.BY		DATE:						
	CK.BY		DATE:						
	REV	BY	OK	DATE					
					6"-FCV-204				
					SHEET No. 2				

A.6.8.5 PCV-101

GENERAL DATA									
1	TAG		PCV-101		INSTALLATION LINE AND APPLICABLE LAW				
2	SERVICE		Presión reactor R-101		DN & RATING		350		150 #
3	LINE/EQUIPMENT		14"-P-0024		MTL & SCHEDULE		SA 106		40
4	DIAGRAM		PI&D 1		INSULATION AND THICKNESS		Lana Mineral		6 in
5	AREA CLASSIFICATION				EEx REGULATION		EEx IIC T5 / T6		
6	PROCESS DATA								
7	FLOW	PHASE	Tolueno/xilenos	Gas	Data	UI	Min.	Normal	Max.
8	Cp/Cv	Z	1.076	0.869	Inlet Flow cu m/h		2097	2330	2913
9	Density, kg/m3	Viscosity Pa·s	24.51	1.25E-05	Inlet Pressure bar		13.01	13.01	13.01
10	P crit. bar	T crit. K	85.1	560.1	Pressure Drop bar		1	1	1
11	TIGHTNESS				T operation K		288.1	288.1	288.1
12	FIRE SECURITY DIST.				Vapor Pres. bar		0.028	0.028	0.028
13	OTHERS: Molecular weight		65.08 g/mol		Cv calculated		42.5	47	59.0
14			477.7 K		Cv required			118	
15					Opening			40%	
16	BODY, INTERNAL AND ACTUATOR								
17	BODY, BIRETTA AND PACKING		INTERNAL						
18	Body Type	Sphere	Types (1)	STD	Escape Types				
19	Vapor Mantle	-	Row	-	Noise (dB)				
20	DN & Rating	350 & 150 #	Guidance	-	MTL Guidance	SA 216 WCB			
21	Line Connection	Flange	Holder	-	MTL Holder	AISI 316			
22	MTL Body & Casing	SA 216 WCB	Nominal Cv	-	MTL Actuator	AISI 316			
23	MTL Body Line	AISI 316	Character	-	MTL Nozzle	AISI 316			
24	MTL Outlet Line	SA 106	PNEUMATIC ACTUATOR						
25	Flow tends to	-	Service	-	Feed/Rang				
26	Biretta Type	AISI 316	Type	Diaphragm	Wheel				
27	Packing	SA 216 WCB	Air	-	Travel Limit mm	51.0			
28	Shutting Bellow	-	Max. ΔP (2) bar	-	XLOCK System				
29	ACCESSORIES AND PURCHASE DATA								
30	POSITIONATOR AND FILTER		SOLENOID VALVE (3)			TRAVEL ENDS (3)			
31	Positioner Type	Digital	Valve Type	Equal Percentage	Sensors Type				
32	SMART Capacity		Feed		Service				
33	PST/Regulation		Reset Type		Assembly & Connec.				
34	Electrical Connection		Electrical Connec.		EEx Protection				
35	Pneumatic Connection		Pneumatic Connec.		NOTES AND ACCESSORIES				
36	EEx Protection	EEx IIC T6	EEx Protection	EEx IIC T5					
37	Filter	-	SIL (s/IEC 61508)	IP 65					
38	PRODUCT DATA (3)								
39	Valve	PF51.1 ES	Actuator	Serie 657	Requisition				
40	Positionator	Digital			Manufacturer	Fisher-Rosemount			
41	Solenoid	Equal Percentage			Supplier				
42	Travel End								
43	GENERAL NOTES								
44	(1) Indicate the model /type (AC =anti-cavitation, AN=anti-noise, STD= standard, MS= multi-step, CR= rapid change)								
45	(2) Maximal difference pressure through the valve, which can be supported by the actuator maintaining the nominal shutting class								
46	(3) Environmental protection grade of electrical parts: IP 65 min.								
47	(4) For the elements, which are supplied by third parties (for example solenoids, final lines, etc.) it is necessary to indicate the respective manufacturer too.								
48	JOB NO.		CHARGE NO.						
49	M/S NO.		P.O.NO.						
	NO UNITS								
	DR.BY		DATE:						
	CK.BY		DATE:						
	REV	BY	OK	DATE					
					4"-LCV-203				
					SHEET No. 2				

A.7. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**A.7.1. Caracterización de las corrientes residuales**

A continuación, se muestra una tabla con las fracciones molares en la corriente residual a tratar:

Tabla A. 39. Fracciones molares de la corriente.

Corriente	X_{H_2O}	X_{CH_3OH}
35	0.9994	0.0006

A.7.2. Cálculo de la DQO

Para realizar el cálculo de la DQO, se tiene en cuenta la reacción de oxidación del metanol.



A partir de la relación estequiométrica, se siguen los siguientes pasos:

$$n_{CH_3OH} = x_{CH_3OH} \cdot Q = 0.0006 \cdot 310.5 \text{ kmol/h} = 0.1863 \text{ kmol/h} \quad (A.7.1)$$

$$n_{O_2} = n_{CH_3OH} \cdot \text{coef. esteq} = 0.1863 \text{ kmol/h} \cdot \frac{3}{2} = 0.2795 \text{ kmol/h} \quad (A.7.2)$$

$$MO_2 = n_{O_2} \cdot MMO_2 = 0.2795 \text{ kmol/h} \cdot 32 = 8.942 \text{ kg} \quad (A.7.3)$$

$$n_{H_2O} = x_{H_2O} \cdot Q = 0.9994 \cdot 310.5 \text{ kmol/h} = 310.3 \text{ kmol/h} \quad (A.7.4)$$

$$MH_2O = n_{H_2O} \cdot MMH_2O = 310.3 \text{ kmol/h} \cdot 18 = 5585.6 \text{ m}^3 \quad (A.7.5)$$

$$DQO = \frac{8.942 \text{ kg } O_2}{5585.6 \text{ m}^3} = 0.0016 \text{ kg/m}^3 = 1.6 \text{ mg/L} \quad (A.7.6)$$

A.8. HAZOP DE LA INSTALACIÓN

Tabla. A. 40. HazOp R-101

PALABRA GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	C	F	R	SALVAGUARDAS	C	F	R	ACCIONES
Más	Más nivel en R-101	No Aplica (Gas)									
Menos	Menos nivel a R-101	No Aplica (Gas)									
No	No flujo en R-101	Fallo controlador FC-101(Cierra totalmente)	Sin entrada de reactivo. No reacción. No consecuencia de seguridad.								Poner alarma de bajo caudal en FC-101.
		Fallo controlador FC-102(Cierra totalmente)	Sin entrada de reactivo. No reacción. No consecuencia de seguridad.								Poner alarma de bajo caudal en FC-102.
Menos	Menos flujo en R-101	Fallo controlador FC-101(Cierra parcialmente)	Ídem No flujo								Poner alarma de bajo caudal en FC-101.
		Fallo controlador FC-102(Cierra parcialmente)	Ídem No flujo								Poner alarma de bajo caudal en FC-102.
Más	Más flujo en R-101	Fallo controlador FC-101(Abre totalmente)	Sobrepresión en R-101. Riesgo de presión por encima de la de diseño.	4	-1	A	- PI-201 -Válvula de seguridad PSV-201 (4IPL)	4	-5	C	Diseñar PSV para este caso. Poner alarma de alto caudal en FC-101.

		Fallo controlador FC-102(Abre totalmente)	Sobrepresión en R-101. Riesgo de presión por encima de la de diseño.	4	-1	A	- PI-103 -Válvula de seguridad PSV-103 (4IPL)	4	-5	C	Diseñar PSV para este caso. Poner alarma alto caudal en FC-102
Más	Más presión en R-101	Fallo indicador PI-103 (Indica menos del real)	Aumento de la presión del reactor por encima de la de diseño y ruptura. Posible explosión del reactor.	4	-1	A	-Válvula de seguridad PSV-201 (4IPL)	4	-5	C	Poner alarma de alta presión en PI-203.
		Fallo controlador FC-101(Abre totalmente)	Ídem Más flujo								Diseñar PSV para este caso. Poner alarma de alto caudal en FC-101.
		Fallo controlador FC-102(Abre totalmente)	Ídem Más flujo								Diseñar PSV para este caso. Poner alarma de alto caudal en FC-102.
		Fallo controlador FC-106 (Cierra parcialmente)	Aumento de temperatura y posible sobrepresión. Riesgo de presión por encima de la de diseño.	4	-1	A	- PI-103 -Válvula de seguridad PSV-103 (4IPL)	4	-5	C	Poner alarma de bajo caudal en FC-106.
Menos	Menos presión en R-101	Fallo controlador PI-103 (Indica más del real)	Dificultad en la reacción. Sin consecuencias de seguridad.							Poner alarma de baja presión en PI-103.	

		Fallo controlador FC-101(Cierra parcialmente)	Ídem Menos flujo									Poner alarma de bajo caudal en FC-101.
Más	Más temperatura en R-101	Fallo indicador PI-201	Sobrepresión en R-101. Riesgo de presión por encima de la de diseño.	4	-1	A	-Válvula de seguridad PSV-103 (4IPL)	4	-5	C	Diseñar PSV para este caso. Poner alarma de alto presión en PI-103.	
		Fallo controlador LC-103 (Cierra parcialmente)	Sobrepresión en R-101. Riesgo de presión por encima de la de diseño.	4	-1	A	- PI-103 - Válvula de seguridad PSV-103 (4IPL)	4	-5	C	Diseñar PSV para este caso. Poner alarma de bajo nivel en LC-103.	
		Fallado controlador TC-101(Abre parcialmente)	Temperatura de entrada al reactor más alta. Sin consecuencias de seguridad.								Poner alarma de alta temperatura en TC-101	
Menos	Menos temperatura en R-101	Fallo indicador PI-103	Sin consecuencias de seguridad.								Poner alarma de baja presión en PI-103.	
		Fallo controlador LC-103 (Abre parcialmente)	Sin consecuencias de seguridad.								Poner alarma de bajo nivel en LC-103.	
		Fallo controlador TC-102(Cierra parcialmente)	Sin consecuencias de seguridad.								Poner alarma de baja temperatura en TC-102.	
		Fallo controlador TC-101(Cierra parcialmente)	Sin consecuencias de seguridad.								Poner alarma de baja temperatura en TC-101.	

Otra	Otra composición en R-101	- Especificación de tolueno diferente. - Fallo en la destilación en DC-201 - Fallo en la destilación en DC-203.	Contaminación de la reacción. Sin consecuencias de seguridad.								Mantenimiento del equipo.
Otra fase en R-101	No aplica										
As well as corrosión	Metanol en los equipos.	Corrosión de los equipos (posibilidad de fracturas y fugas).									Uso de metalurgia adecuada o acero inoxidable en equipos y realización de inspecciones periódicas.
As well as erosión	No se identifican causas.										
No utilities	Fallo local de aire en los instrumentos.	Pérdida de control del proceso. -FC-101 cierra -FC-102 cierra -PI-103 abre									
	Fallada de suministro eléctrico.	Pérdida de control del proceso.									Valorar la necesidad de generadores auxiliares discontinuos.
		Parada de bombas.									

No contención	Fuga de producto por corrosión, rotura, etc.	Derrame de producto inflamable. Riesgo de atmósfera explosiva.								Instalación de detectores de atmosfera explosiva.
---------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---

Tabla.A. 41. HazOP DC-202

PALABRA GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	C	F	R	SALVAGUARDAS	C	F	R	ACCIONES
Más	Más nivel de fondo en DC-202	Fallo controlador LC-202 (lee menos nivel del real)	Inundación de la columna. Sin consecuencias de Seguridad.								Poner alarma alto nivel en LC-202.
	Más nivel en V-203	Fallo controlador LC-207 (lee menos nivel del real) Fallo bomba P-203	Posibilidad de inundación de DC-202. Aumento de la presión por encima de la de diseño y ruptura catastrófica de la columna. Posibilidad de explosión.	3	-1	B	La válvula de seguridad PSV-202 abre.	3	-5	D	Poner alarma alto nivel en LC-207 Diseñar PSV para este caso.
Menos	Menos nivel de fondo en DC-202	Fallo controlador LC-202 (lee más nivel del real)	La tasa de recirculación del <i>reboiler</i> E-206 disminuye, por lo tanto, habrá más ligeros en el fondo.	2	-1	C	-La temperatura de fondo disminuirá, con lo cual FC-206 abrirá. -Doble cerradura mecánica o bomba encapsulada.	1	-1	D	Poner alarma bajo nivel en LC-202.
	Menos nivel en V-203	Fallo controlador LC-207 (lee más nivel del real)	Posible cavitación de P-203 provocando deterioración del cierre mecánico y fuga del producto. Posibilidad explosión.	2	-1	C	-Doble cierre mecánico o bomba encapsulada.	1	-1	D	Poner alarma bajo nivel en LC-207

No	No flujo alimentación en DC-202	Fallado FC-202 (cierre)	Inestabilidad de la columna. No consecuencias de seguridad.							
	No flujo en el reflujo de DC-202	-Falta de alimentación. -Fallo TC-202 (cierre)	Mayor temperatura en cabeza de columna. No consecuencias de seguridad.							
	No flujo salida cabeza	Fallo controlador LC-207 (Cierra totalmente)	Ídem Más nivel en V-203							
	No flujo salida fondo	Fallo controlador LC-202 (Cierra totalmente)	Ídem más nivel en DC-202							
Menos	Menos flujo en DC-202	Fallo FC-202 (Cierra parcialmente)	Ídem No flujo alimentación en DC-202. Tema operacional.							Poner alarma de bajo caudal en FC-202
		Fallo TC-202	Ídem no flujo en reflujo de DC-302. Tema operacional							
	Menos flujo salida cabeza	Fallo LC-207	Ídem no flujo salida cabeza							

	Menos flujo salida fondo	Fallo LC-202	Ídem no flujo salida fondo.								
Más	Más flujo a DC-202	Fallo controlador FC-202 (Abre totalmente)	Disminución de la capacidad de separación cabeza-fondo. Inundación. Sin consecuencias de seguridad.								Poner alarma alto caudal FC-202.
	Más flujo en reflujo de DC-202	Fallo controlador TC-202 (Abre totalmente)	Disminución de la temperatura en cabeza, con posibilidad de inundación. Sin consecuencias de seguridad.								
	Más flujo en salida cabeza	Fallo controlador LC-207 (Abre totalmente)	Posibilidad de vacío de V-203. Ídem menos nivel V-203.								Poner alarma alto nivel LC-207.
	Más flujo en salida fondo	Fallo controlador LC-202 (Abre totalmente)	Vacío de fondo de DC-202 con posibilidad de fuga de gas. Productos fuera de especificación. Sin consecuencias de seguridad.								Poner alarma alto nivel LC-202.
	Más flujo de vapor de agua a E-206.	Fallo controlador FC-206 (Abre totalmente)	Aumento de la tasa de recirculación con posibilidad de inundación de la columna.								Poner alarma alto caudal FC-206.

Inverso	Flujo inverso a DC-302	No aplica									
Más	Más presión a DC-202	Fuego externo	Vaporización de la fase líquida de la columna. Ruptura catastrófica y V-203 con posibilidad de explosión.	4	-2	B	Válvula de seguridad PSV-202	4	-6	D	Diseñar PSV para este caso. Poner alarma de alta presión.
		Fallo agua de refrigeración PC-202 (Cierra)	Aumento de la presión por la no condensación en E-204 con posible ruptura catastrófica i explosión.	4	-1	A	Válvula de seguridad PSV-202	4	-5	C	Diseñar PSV para este caso. Poner alarma de alta presión en PC-202.
		Fallo bomba P-203	Ídem más nivel en V-203.								
		Fallo en E-206	Posibilidad aumento de la presión en función de la capacidad de vaporización. Posible ruptura catastrófica.	4	-4	C	Válvula de seguridad PSV-202	4	-8	D	Diseñar PSV para este caso. Poner alarma de alta presión.
		Fallo en E-204	Entrada de agua de refrigeración al sistema. Posibilidad de aumento de presión y ruptura catastrófica de la columna.	4	-4	C	Válvula de seguridad PSV-202	4	-8	D	Diseñar PSV para este caso. Poner alarma de alta presión.

Menos	Menos presión en DC-202	Fallo del bucle FC-206	Disminución de producción de vapor en el hervidor E-206. Sin consecuencias de seguridad.							Poner alarma de bajo caudal en FC-206.
Más	Más temperatura en DC-202 y V-302	Fallo en E-206	Ídem Más presión en DC-202.							
		Fallo en bucle FC-206 (Abre completamente)	Ídem Más flujo de vapor de agua en E-206.							
Menos	Menos temperatura en DC-202	Fallo E-204	Sin consecuencias de seguridad.							Poner alarma de baja temperatura.
Otra	Otra composición en DC-202	Fallo en E-205	Sin consecuencias de seguridad.							
		Fallo en V-202								
	Otra fase en DC-202	Ruptura en E-206	Ídem más presión en DC-202							
<i>As well as</i>	<i>As well as</i> corrosión	Corrosión bajo aislamiento	Fuga de producto inflamable al exterior con posibilidad de explosión.	2	-1	C				Uso de metalurgia adecuada o acero inoxidable en equipos y realización de inspecciones periódicas.
No	No utilities	Fallo local de aire en los instrumentos.	FC-202 cierra LC-207 abre							

			FC-206 cierra TC-302 abre PC-202 abre LC-202 abre							
		Fallada de suministro eléctrico	Parada de la bomba P-203. Ídem Más nivel en V-203.							
No	No contención	Fuga de producto por corrosión, rotura, etc.	Derrame de producto inflamable. Riesgo de atmósfera explosiva.							Instalación de detectores de atmósfera explosiva.

A.9. EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA PLANTA

A.9.1. Coste de los equipos

Para realizar el cálculo de cada uno de los equipos de la planta, se ha tenido en cuenta el programa de coste del equipamiento CAPCOST. Este programa se utiliza teniendo en cuenta el proceso de cálculo para costes de equipos descrito en *Analysis, Synthesis, and Design of Chemical Processes* (ref. 52).

Los equipos que forman parte de la planta se encuentran listados en el apartado 4.7.2.

El coste de los equipos se estima teniendo en cuenta su capacidad a partir de la expresión mostrada a continuación:

$$\log_{10} C_p^o = K_1 + K_2 \cdot \log_{10}(A) + K_3 \cdot [\log_{10}(A)]^2 \quad (\text{A.9.1})$$

Dónde, el parámetro A hace referencia a la capacidad o tamaño de los equipos (permite aproximar el coste del equipo según su volumen, potencia eléctrica, etc...) y K_i son las constantes características que se extraen del libro *Turton et al. (Analysis, Synthesis, and Design of Chemical Processes)*.

Para esta expresión, C_p^o hace referencia al coste de un equipo a presión atmosférica, temperatura ambiente y construido con acero al carbono. En el caso de que la presión de operación sea diferente a la atmosférica o que el material de construcción sea otro, es necesario aplicar un factor de corrección por presión o por material.

El coste de cada equipo se calcula con el valor de C_p^o y los valores de F_p , F_{BM} y F_M que se explicarán posteriormente.

$$C_{BM} = C_p^o \cdot F_{BM} = C_p^o \cdot (B_1 + B_2 \cdot F_p \cdot F_M) \quad (\text{A.9.2})$$

Este coste corresponde al año 2001, ya que en el libro de *Turton et al.* se utiliza la correlación con datos de este año. Por ello, es necesario actualizar el valor al momento actual a partir de una conversión basada en un índice de evolución del precio en el sector. En el caso de la industria química se utiliza el índice CEPCI (*Chemical Plant Cost Indexes*):

$$C_{BM}(2022) = C_{BM}(2001) \cdot \frac{CEPCI\ 2022}{CEPCI\ 2001} \quad (\text{A.9.3})$$

En la tabla adjunta, se muestran los valores del índice para el año 2001 y el más reciente, 2022.

Tabla. A. 42. Comparación índice CEPCI entre 2001 y 2022

Año	Índice CEPCI
2001	394.3
2022	785.9

A.9.1.1 Factor de presión (F_p)

Debido a que C_p^o hace referencia al coste de un equipo a presión atmosférica, es necesario aplicar un factor de corrección por presión para aquellos equipos que trabajan a una presión diferente. Para ello, se utiliza la expresión mostrada a continuación:

$$\log_{10} F_p = C_1 + C_2 \cdot \log_{10}(P) + C_3 \cdot [\log_{10}(P)]^2 \quad (\text{A.9.4})$$

Dónde P hace referencia a la presión del equipo en bares y las constantes C_1 , C_2 y C_3 se obtienen del libro *Turton et al.* (ref. 52).

En el caso de los separadores verticales, el factor de presión se calcula a partir de la siguiente expresión:

$$F_{p,vessel} = \frac{(P + 1) \cdot D}{2 \cdot [1050 - 0.6 \cdot (P + 1)]} + 0.00315 \quad (\text{A.9.5})$$

Dónde P es la presión en bares y D es el diámetro en metros.

A.9.1.2 Factor de material (F_M)

Los costes de los equipos varían en función del material de construcción, por ello, es necesario aplicar el factor de material.

Este factor de material se obtiene de las tablas de *Turton et al.* (ref. 52) en función de dos aspectos. Se diferencian aquellos equipos que además del factor de material también tienen factor de presión, dónde el factor de material corresponde F_M y, por otro lado, aquellos equipos que solo tienen factor de material, F_{BM} .

Para los equipos que no tienen F_{BM} se utilizan los valores B_1 y B_2 extraídos del *Turton et al.*

A.9.1.3 Estimación del coste de las columnas del proceso

A continuación, se ha procedido a realizar una estimación del coste de las diferentes columnas, a partir de la metodología de factores modulares de *Turton* (ref. 52).

Para ello, es necesario tener en cuenta si la columna es de platos o de relleno, en este caso la columna DC-203 es una columna de carcasa y platos y las columnas DC-201 y DC-202 son dos columnas de relleno.

En la tabla mostrada a continuación, se muestran los parámetros de diseño necesarios para realizar la estimación de los costes:

Tabla. A. 43. Parámetros de diseño de las columnas.

	DC-201	DC-202	DC-203
Presión de diseño, bar abs	4.5	5.9	4.5
Diámetro, m	0.7 / 1	1.1 / 1.6 / 3.0	4.3
Volumen, m ³	4.3 / 3.3	4.8 / 14 / 41	708

Debido a que el coste obtenido corresponde al año 2001, ya que en la correlación utilizada de *Turton et al.* se utilizaron los datos de este año, es necesario actualizar los costes al año actual. Para ello se utiliza el valor de *Chemical Engineering Plant Cost Index* (ref. 58) para el año 2022.

A.9.1.4 Estimación del coste de la torre

En primer lugar, se hace una estimación de los costes de la torre para las tres columnas. Para ello se utiliza la correlación A.10.1, en la cual se calcula el coste de la columna para acero al carbono y presión atmosférica.

El parámetro A hace referencia al volumen de la columna y para los parámetros K_i se utilizan los correspondientes a un depósito vertical.

Tabla A. 44. Parámetros K_i de depósitos verticales.

K_1	K_2	K_3
3.4974	0.4485	0.1074

Una vez obtenido el valor del coste de la torre, se debe tener en cuenta que este corresponde al año 2001 y, por lo tanto, se traslada al año actual, tal y como se muestra en la ecuación A.9.1

A continuación, se procede a calcular el coste del *bare module* que hace referencia a la suma de los costes directos e indirectos. Para ello, se utiliza el valor del coste de la torre actualizado y el factor *bare modul*.

$$C_{BM}(2021) = C_p^0(2021) \cdot F_{BM} \quad (\text{A.9.6})$$

Dónde, el factor *bare module* viene definido como:

$$F_{BM} = B_1 + B_2 \cdot F_M \cdot F_P \quad (\text{A.9.7})$$

En esta expresión, B_1 y B_2 son parámetros que dependen del material y F_P es el factor de presión, ya que el valor del coste de la torre correspondía a presión atmosférica y, por ello, se aplica este factor de corrección.

$$F_P = \frac{\frac{P_{abs} \cdot D}{(2 \cdot 944 \cdot 0.9) - 1.2 \cdot P_{abs}} + CA}{t_{min}} \quad (\text{A.9.8})$$

Tabla A. 45. Parámetros *factor bare module*.

B_1	B_2	F_M
2.25	1.82	3.11

Dónde, CA corresponde a la corrosión y se asume que tiene un valor de 0.00315 m y t_{min} hace referencia al grosor mínimo de la pared del recipiente, y se asume un valor de 0.0063 m.

Una vez definido cada uno de los parámetros, se obtienen los siguientes valores de coste de *bare module* (C_{BM}), valor que corresponde al coste final de la torre de cada una de las columnas.

Tabla A. 46. Costes de las torres de las columnas.

Coste DC-201	Coste DC-202	Coste DC-203
99,626 \$	628,357 \$	1,759,576 \$

A.9.1.5 Estimación de los costes internos de las columnas DC-201 y DC-202

Para las columnas de relleno DC-201 y DC-202, se debe tener en cuenta los parámetros que más afectan al coste interno, estos parámetros son el relleno, los distribuidores, los soportes y los recogedores. Para ello, se tiene en cuenta que el coste del relleno es proporcional a su volumen y los costes del resto de parámetros son proporcionales a su área.

Tabla A. 47. Volumen de los parámetros de la columna DC-201.

Relleno, m ³	Distribuidores, m ²	Soportes, m ²	Recogedores, m ²
9.14	3.97	3.97	2.25

Tabla A. 48. Volumen de los parámetros de la columna DC-202.

Relleno, m ³	Distribuidores, m ²	Soportes, m ²	Recogedores, m ²
3.05	1.99	1.99	0.93

Para realizar el cálculo, se tiene en cuenta los valores de coste de referencia encontrados bibliográficamente (ref. 59). A continuación, se muestran los costes de cada uno de los parámetros.

Tabla A. 49. Costes de los parámetros de la columna.

Relleno, \$/m ³	Distribuidores, \$/m ²	Soportes, \$/m ²	Recogedores, \$/m ²
2,000	4,000	2,000	800

Una vez realizados los cálculos, se obtiene que el coste total del relleno interno es de 58,935 \$ para la columna DC-201 y 25286 para la columna DC-202, para el año 2011. Finalmente, se muestra el coste total de las columnas actualizando el valor al año actual.

Tabla A. 50. Coste total de las columnas DC-201 y DC-202.

Coste DC-201, \$	Coste DC-202, \$
124,812	687,292

A.9.1.6 Estimación del coste de los platos de la DC-203

Para el cálculo de costes de la columna de platos DC-203, es necesario realizar la estimación del coste de los platos. Para ello se debe tener en cuenta el número total de platos de la columna y el área de cada uno de ellos.

Tabla A. 51. Número y área de platos de las columnas DC-203.

	DC -203
Número de platos	64
Área de plato, m ²	10.9

Para el cálculo del coste, se sigue el procedimiento explicado anteriormente en el dónde se estima el coste de plato a partir de la expresión A.9.1

En este caso, A corresponde al área de los platos en m² y los valores K_i corresponden al de depósitos verticales.

Se debe considerar que, para el acero inoxidable, el factor F_{BM} tiene un valor de 1.8 y el factor asociado al número de platos F_q es 1.

Finalmente, una vez obtenido el coste de un plato, se multiplica este valor por el número de platos para obtener el valor total de coste. Para la columna DC-203 este valor es de 1,759,576 \$.

Por lo tanto, el coste total de la columna es de 9,136,713 \$.

A.9.1.7 Estimación de costes de reactor

Al tratarse de un reactor tipo *Vessel*, para realizar el cálculo de su coste, se sigue el mismo procedimiento que el utilizado para estimar los costes de la torre. Por lo tanto, se utiliza la correlación la ecuación A.9.1

En este caso, de la misma manera que en las columnas, se utilizan los parámetros K_i correspondientes a un depósito vertical.

Una vez definido cada uno de los parámetros siguiendo el procedimiento descrito en el apartado A.9.1, se obtiene que el valor del coste de *bare module* (C_{BM}), valor que corresponde al coste final del reactor es de 32,912 \$.

Seguidamente, es necesario considerar el catalizador utilizado en el reactor. Para ello se determina que la cantidad de catalizador necesaria es de 2,425 kg, y que el coste por kilogramo es de 5 €. Teniendo en cuenta estos datos, se determina un coste de catalizador de 12,974.

El coste total del reactor, teniendo en cuenta el equipo y el catalizador, tiene un valor de 45,886 \$.

A.9.2. Coste *utilities* (C_{UT})

Para el cálculo del factor C_{UT} , se realiza la suma de los costes generados por las diferentes *utilities*, es decir, coste eléctrico, coste de agua de refrigeración y coste del vapor.

$$C_{UT} = C_{eléctrico} + C_{agua\ ref} + C_{vapor} \quad (A.9.9)$$

En primer lugar, se realiza el cálculo del coste eléctrico, teniendo en cuenta la potencia que requiere el horno eléctrico y las bombas, multiplicado por las horas de trabajo y el precio por KWh.

$$C_{eléctrico} = Potencia\ (kW) \cdot horas \cdot precio\ (\$/kWh) \quad (A.9.10)$$

En la siguiente tabla se muestran los datos necesarios para el cálculo y el coste eléctrico total, teniendo en cuenta el requerimiento de las bombas y del horno eléctrico:

Tabla A. 52. Datos coste energético total.

Potencia, KW	Horas de operación, h	Precio, \$/KW·h	Coste energético, \$/año
5975.3	8,000	0.2132	4.4

Por otro lado, se determina el coste anual en *utilities* referente a los intercambiadores de calor:

Tabla A. 53. Datos *utilities* intercambiadores de calor.

Utilities	Caudal, kg/h	Horas de op (h)	Precio, \$/t	Coste, M\$/año
SM	7,746	8,000	6.5	0.4
SL	133,012	8,000	7.9	8.4
CW	128,600	8,000	14.8 \$/L	0.2

Se obtiene un valor de coste de *utilities* (C_{UT}) de 19 M\$.

A.9.3. Análisis de rentabilidad**A.9.3.1 Cálculo de la inversión total**

Para la realización del análisis de rentabilidad, primero es necesario obtener la inversión inicial del proyecto. Para ello, se aplica el método de los porcentajes, a partir del coste de los equipos, obteniendo los siguientes costes e inversión total:

Tabla A. 54. Coste de los parámetros de la inversión total.

Concepto	Coste, M\$
Equipo	38.5
Materiales (65% E)	25.0
Ingeniería de detalle (40% E+M)	25.4
Ingeniería básica	0.15
Construcción (60% E+M)	38.1
SUP Construcción (10% E+M)	6.4
ISBL (SUMA TOTAL)	133.4
Servicios auxiliares (4% ISBL)	5.3
Interconexiones (8% ISBL)	10.7
Gastos permanentes (4% ISBL+INT+S.A)	4.7
Imprevistos (4% ISBL + INT + S.A)	5.9
Total (\$)	160.1

El coste de la inversión total es de 160.1 \$.

A.9.3.2 Cálculo de costes y ventas

Para el cálculo de las ventas, se tiene en cuenta el caudal de xilenos producidos (27.98 tm/h), el factor de operación (8,000 h/año) y el coste por tonelada métrica (886 \$/t).

$$Ganancias_{ventas}(\$) = \text{Caudal} \left(\frac{tm}{h} \right) \cdot \text{factor operación} \left(\frac{h}{año} \right) \cdot \text{precio} \left(\frac{\$}{tm} \right) \quad (\text{A.9.11})$$

Se obtienen unas ganancias totales por año de 198.4 M\$.

Por otro lado, respecto a los costes, se tienen en cuenta el coste de materias primas, coste de servicios auxiliares (vapor, electricidad, agua) y se hace una estimación del número de empleados. También se tiene en cuenta el coste de mantenimiento y seguros, que es un 3% del valor de la inversión inicial. En la siguiente tabla se muestran los datos de coste:

Tabla A. 55. Datos de costes de la planta

Concepto	Coste, M\$/año
Materias primas	104.8
<i>Utilities</i>	19.0
Empleados (10 empleados)	0.45
Mantenimiento y seguros	4.8

A.9.3.3 Cálculo de la viabilidad de la planta

Para calcular el valor de la viabilidad se emplean dos parámetros económicos de la planta: actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR) se tienen en cuenta los siguientes factores:

Tabla A. 56. Factores cálculo VAN y TIR.

Concepto	M\$
Inversión inicial	160.1
Costes	129.1
Ventas	198.4
Tasa de impuestos	25 %
Tasa de descuento	10 %
Inflación	2 %

Por otro lado, se considera un horizonte temporal de 3 años de proyecto (t=0: 20%, t=1: 20% y t=3:60%) más quince años de operación, y una amortización lineal a 10 años. Por otro lado, debido a la integración con la refinería, se considera que la única partida de capital circulante es el stock medio de producto.

A continuación, se muestra el proceso seguido para obtener los valores de VAN y TIR del proyecto.

1) Capital inmovilizado

Solo se tiene en cuenta en los años 0, 1 y 2, ya que son los años de realización del proyecto.

Año 0: 20% de la inversión

Año 1: 20% de la inversión · inflación

Año 2: 60% de la inversión · inflación

2) Capital circulante

El capital circulante se gasta en el último año de proyecto y se recupera en el último año de operación. Se tiene en cuenta considerando el stock de producto.

$$\text{Capital circulante} = \text{precio xileno} \left(\frac{\$}{\text{kg}} \right) \cdot \rho \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \cdot (\text{Vesfera} \cdot 0.8) \quad (\text{A.9.12})$$

3) Amortización

La amortización solo se tiene en cuenta los 10 primeros años de operación, es decir, del año 3 al 12.

$$\text{Amortización} = \frac{\text{inversión}}{10} \quad (\text{A.9.13})$$

4) Beneficios antes de impuestos (BAI)

$$\text{BAI} = \text{ventas} - \text{costes} - \text{amortización} \quad (\text{A.9.14})$$

5) Impuestos

$$\text{Impuestos} = 0,25 \cdot \text{BAI} \quad (\text{A.9.15})$$

6) Beneficios después de impuestos (BDI)

$$BDI = BAI - \text{impuestos} \quad (\text{A.9.16})$$

7) Flujo neto de caja (FNC)

$$FNC = \text{capital inmovilizado} + \text{capital circulante} + BDI + \text{amortización} \quad (\text{A.9.17})$$

8) Factor f

$$f = \frac{1}{(1 + \text{tasa de descuento})^{\text{año}}} \quad (\text{A.9.18})$$

9) Flujo neto de caja actualizado (FNCA)

$$FNCA = FNC \cdot f \quad (\text{A.9.19})$$

10) Cálculo VAN

$$VAN = \sum FNCA \quad (\text{A.9.20})$$

11) Cálculo TIR

$$VAN = \sum \frac{FNC}{(1 + TIR)^{\text{año}}} = 0 \quad (\text{A.9.20})$$

Se obtiene un valor actual neto (VAN) de 306.1 M\$ y una tasa de retorno (TIR) del 19%.