



ets
EQ

DEQ
Departament d'Enginyeria Química

Diseño de una planta de producción de DME a partir de metanol

Curs 2021-2022

Grau d'Enginyeria Química

Treball de fi de grau


TFGEQ_2204

Marc Arenas Cruz

Erik Escudero Solà

Mar Llaó Griso

Tutor: Prof. Ernesto Agorreta

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: PRODUCCIÓN DE DME A PARTIR DE METANOL	
SUBTÍTOL TFGEQ_2204	
AUTOR: ERIK EXUDEMO	
CURS ACADÈMIC: 2021-2022	
VIST I PLAU DEL TUTOR ACADÈMIC	
En/ Nx Ernesto Luis Agorreta Fando	
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 Ernesto Luis Agorreta Fando, 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 REPSOL	
(*) Cas que el TFGEQ no sigui extern serà el professor tutor qui emplenarà aquesta secció	
Signatura: 	Data: 10 de Junio de 2022

AGRADECIMIENTOS

Los pilares sobre los cuales hemos podido edificar este proyecto han sido nuestras familias, las cuales nos han apoyado y acompañado durante este proceso tan retador pero gratificante a partes iguales, nuestros profesores de Ingeniería Química, que nos han guiado para poder sacar el mayor rendimiento a nuestras capacidades, y por último y no menos importante, a Ernesto Agorreta tutor de este proyecto que nos ha aconsejado y enseñado sobre la realización de proyecto profesional.

EXECUTIVE SUMMARY

This final project contains the preliminary design of a DME production plant which is in Repsol Site (Pobla de Mafumet). The capacity of the plant is 164kT/year. Having said that, DME is produced via the indirect route, in other words, the raw material of the plant is methanol. It is to say, methanol that feeds the process is obtained from USW (Urban Solid Waste). This condition makes the methanol price to be competitive and for that reason, a profitability study of DME plant has been carried out. The result of this study shows that NPV ($k=0.1$) at 20 years is 73.2M\$, IRP of 20.4% and a Payback period of 7.3 years.

This plant consists of a monotubular packed bed reactor (PBR), which uses alumina as a catalyst. The conversion achieved in the reactor reaches the value of 80% of methanol. Since the raw methanol contains impurities (acetone and acetic acid), a three-column distillation separation process is needed to purify the desired product. The first and third distillation column condensates the distillate stream with an areorefrigerator, thus cooling water usage has been minimized. On the other hand, due to temperature difference, a BEM heat exchanger has been designed in order to condensate the distillate stream of second column.

Once the process equipment has been designed, the corresponding P&IDs have been drawn plus the list of instruments, valves and pipes. What is more, the safety concept of the process has been carried out. Finally, the technical data sheets of main equipment have been written so a detailed design could be carried out by manufacturers.

Índice

1. Identificación	11
2. Etapa preliminar.....	12
2.1. Descripción del proyecto	12
2.2. Alcance del proyecto.....	12
2.3. Estudio de alternativas	13
2.3.1. Reactor	13
2.3.2. Catalizador	13
2.3.3. Intercambiadores.....	14
2.4. Planificación	14
2.4.1. Work Brackedown Structure (WBS)	14
2.4.2. Tipos de Emisiones	15
2.4.3. Bases de Planificación	15
3. Bases de diseño	16
3.1. Sustancias involucradas	16
3.2. Especificación de la alimentación.....	16
3.3. Especificación de los productos.....	17
3.4. Capacidad operativa.....	17
3.5. Factor de servicio.....	18
3.6. Normas y códigos de diseño	19
3.7. Especificación de los servicios disponibles	19
3.7.1. Sistema de vapor	19
3.7.2. Potencia eléctrica	20
3.7.3. Agua de refrigeración.....	21
3.7.4. Sistema de aire	21
3.7.5. Sistema de nitrógeno.....	21
3.8. Precios de los servicios y energía	22
3.9. Precio de las materias primas y los productos	22
3.10. Localización.....	22
3.11. Plot Plan	23
4. Ingeniería básica	24
4.1. Diagramas de bloques	24
4.2. Descripción del proceso	24
4.3. Process Flow Diagram convencional.....	25
4.4. Process Flow Diagram con pinch	26

4.5. Tabla de corrientes	27
4.6. P&ID	28
4.6.1. P&ID MX-1000	28
4.6.2. P&ID R-2000	29
4.6.3. P&ID T-3000	30
4.6.4. P&ID T-4000	31
4.6.5. P&ID T-5000	32
4.6.6. P&ID MS-6000	33
4.6.7. P&ID MS-7000	34
4.6.8. P&ID MS-8000	35
4.7. Simbología P&ID.....	36
4.8. Nomenclatura de los P&IDs.....	37
4.9. Estrategia de control.....	37
4.9.1. Bomba P-101.....	37
4.9.2. Bomba P-102.....	37
4.9.3. Tanque pulmón V-101	37
4.9.4. Estrategia de control del reactor.....	38
4.9.5. Estrategia de control del Horno E-202.....	38
4.9.6. Estrategia de control de las columnas	38
4.10. Simulación del proceso	39
4.10.1. Simulación del reactor.....	39
4.10.2. Simulación de las columnas.....	39
4.10.3. Estudio Pinch	42
4.11. Diseño de equipos	43
4.11.1. Columnas de destilación	43
4.11.2. Reactor	44
4.11.3. Depósito de reflujo.....	46
4.12. Diseño de Intercambiadores.....	46
4.12.1. Intercambiadores tubo/carcasa.....	47
4.12.2. Aerorefrigeradores	47
4.12.3. Reboilers	48
4.13. Diseño de bombas	49
4.13.1. Pérdida de Carga	49
4.13.2. Diseño de Bombas.....	50
4.13.3. Tuberías.....	51
4.13.4. Válvula de seguridad PSV	52

4.13.5. Válvula de control.....	52
4.13.6. Diseño	53
5. Hojas de especificación.....	54
5.1. Columna T-301	54
5.2. Columna T-401	55
5.3. Columna T-501	56
5.4. Depósito V-301	57
5.5. Depósito V-401	58
5.6. Depósito V-501	59
5.7. Reactor R-201	60
5.8. Mezclador estático	62
5.9. Válvula de seguridad (PSV).....	63
5.10. Válvula de control.....	64
5.11. Intercambiador E-201	65
5.12. Intercambiador E-301	66
5.13. Intercambiador E-302	67
5.14. Intercambiador E-401	68
5.15. Intercambiador E-402	69
5.16. Intercambiador E-403	70
5.17. Intercambiador E-501	71
5.18. Intercambiador E-502	72
5.19. Intercambiador E-503	73
5.20. Bomba P-101	74
5.21. Bomba P-102	77
5.22. Bomba P-301	79
5.23. Listado de tuberías	82
5.24. Listado de instrumentos	83
5.25. Listado de equipos	88
5.26. Listado de equipos de seguridad	89
6. Safety Concept.....	90
6.1. Establecimiento afectado de nivel alto.....	90
6.2. Zonas ATEX.....	90
6.3. Dispositivos de prevención.....	92
6.3.1. Dispositivos de seguridad para presión excesiva.....	92
6.3.2. Prevención del vacío	92
6.3.3. Válvulas antirretorno.....	92

6.4. Protección contra temperaturas excesivas.....	92
6.5. Alarmas e interruptores.....	93
6.6. Sistemas instrumentados de seguridad.....	94
6.7. Protección contra fuego y explosión.....	94
6.7.1. Medidas en caso de fuga e incendio.....	94
6.7.2. Medidas en caso de fuga y explosión.....	95
6.8. Sistema de antorcha.....	96
6.9. Manipulación de productos químicos.....	96
6.10. Protección del medio ambiente.....	96
6.10.1. Tratamiento de efluentes acuosos de la planta.....	96
6.10.2. Tratamiento de efluentes gaseosos de la planta.....	97
7. Evaluación económica.....	98
7.1. Cálculo de la inversión inicial.....	98
7.1.1. Metodología Turton.....	98
7.1.2. Metodología Equipment Costs.....	102
7.2. Estudio de viabilidad.....	103
8. Bibliografía.....	105
A.1 Anexos.....	107
A.1.1. Simulación del proceso.....	107
A.2 Planificación.....	108
A.3 Determinación del plato sensible.....	109
A.3.1. Columna T-301.....	109
A.3.2. Columna T-401.....	109
A.3.3. Columna T-501.....	110
A.4 Cálculo diseño columnas de destilación.....	110
A.5 Cálculo del diseño de depósito de reflujo.....	112
A.6 Diseño válvulas de control.....	112
A.7 Hidrodinámica de la columna.....	113
A.8 Dibujos técnicos de los intercambiadores de calor.....	115
A.8.1. Intercambiador E-201.....	115
A.8.2. Intercambiador E-301.....	116
A.8.3. Intercambiador E-302.....	117
A.8.4. Intercambiador E-401.....	118
A.8.5. Intercambiador E-402.....	119
A.8.6. Intercambiador E-403.....	120
A.8.7. Intercambiador E-501.....	121

A.8.8.	Intercambiador E-502.....	122
A.8.9.	Intercambiador E-503.....	123
A.9	Hojas de seguridad.....	124
A.9.1.	DME.....	124
A.9.2.	Ácido acético.....	126
A.9.3.	Metanol.....	128
A.9.4.	Acetona.....	130

1. IDENTIFICACIÓN

Título	Diseño de una planta de DME a partir de metanol
Identificador	TFGEQ_2204
Tutor	Enresto Agorreta
Día	12/06/2022
Localización	Tarragona
Autores	Marc Arenas Cruz (color azul) Erik Escudero Solà (color rojo) Mar Llaó Griso (color verde)

2. ETAPA PRELIMINAR

2.1. Descripción del proyecto

Con motivo de la construcción de una planta de producción de metanol a partir de residuos sólidos urbanos, se decide estudiar la rentabilidad de construir una planta de producción de DME mediante la ruta indirecta, es decir a partir de metanol. La capacidad de dicha planta es de 164 kT/año.

En primer lugar, se ha hecho un estudio de las tecnologías disponibles y se ha seleccionado la más adecuada según los criterios presentados en el apartado de selección de alternativas.

Para llevar a cabo el diseño de los equipos, se ha realizado la simulación del proceso en el programa ASPEN+. Usando este programa, se han diseñado los siguientes equipos:

- Reactor PBR adiabático.
- Columnas de destilación.
- Intercambiadores tubo y carcasa.
- Aero refrigeradores.

Seguidamente se ha elaborado todos los diagramas de instrumentación, donde se detallan las estrategias de control de los equipos y las válvulas e instrumentos instalados en las líneas.

Posteriormente se han seleccionado las bombas del proceso y se ha diseñado mecánicamente diferentes equipos como los recipientes a presión de las torres de las columnas y los depósitos de reflujo.

Se ha realizado un estudio de seguridad de la planta donde se han determinado las zonas ATEX y la instrumentación de seguridad.

Para poder estudiar la viabilidad de la planta, se ha calculado la inversión de los equipos mediante la metodología descrita por el autor *Turton* y se han calculado los parámetros financieros *VAN*, *TIR* y *PayBack period*.

2.2. Alcance del proyecto

Este proyecto se ha tomado como una primera fase *define casi select*. Se ha realizado el diseño preliminar de una planta de producción de DME a partir de metanol, con capacidad de 164 kT/año. Se ha determinado que la planta se va a encontrar dentro del complejo industrial de Repsol. Esta planta da respuesta a la demanda del DME como aditivo en combustibles y como futuro combustible renovable. Así como representará una simbiosis industrial con la planta de metanol que se prevé construir en el Morell.

La inversión de la planta se ha estimado en 86.8 M\$, mediante el cálculo del VAN con un coste de oportunidad del 10% se ha determinado que el proyecto es viable a 20 años vista donde los tres primeros años la planta está en construcción. La TIR del proyecto es de 20.4%.

2.3. Estudio de alternativas

2.3.1. Reactor

En la vía indirecta de síntesis de DME se han estudiado varios tipos de reactores tanto a escala industrial (de plantas piloto) o a nivel de laboratorio (Azizi, 2014).

Debido al estudio en reactores y condiciones poco escalables a nivel industrial, la decisión se reduce a una disyuntiva: un reactor esférico con lecho fijo y varias membranas o un reactor tubular de lecho fijo. Se puede observar que ambos reactores operan a condiciones similares y con el mismo catalizador.

La diferencia operacional reside en que es necesario la extracción de agua del reactor en el caso del esférico (F. Samimi, 2013), mientras que en el tubular no es imperioso. Debido a esta diferencia y que los resultados obtenidos en conversión y selectividad son superiores en el tubular, se ha decidido por este como propuesta final.

Tabla 2.1. Matriz de decisión.

Característica (Peso)	Tubular	Esférico
Requerimientos especiales (2)	2	1.5
Conversión (3)	2.5	2
Estudios realizados (1)	1	0.8
Total	5.5	4.3

2.3.2. Catalizador

En la actualidad, existen esencialmente tres catalizadores para llevar a cabo esta reacción de manera indirecta: alúmina, alúmina tratada con silicio y fósforo y por último zeolita. La alúmina fue el primer catalizador de uso amplio para producciones a gran escala, existen estudios sobre su efecto en la cinética de la reacción desde 1967 en varios estudios por *Kallo y Knözinger* (Kallo & Knözinger, 1967). La alúmina tratada con silicio aún no está suficientemente testada y puede que sea un producto demasiado caro dado que es una tecnología aún en desarrollo. Este tratamiento se supone que reduce la inactivación del catalizador provocada por el agua y la hidrofilia de la alúmina. Esta falta de información y estudios prácticos nos lleva a descartar esta opción.

La zeolita se suele reservar para pequeñas plantas o laboratorios, esta no tiene ninguna desventaja en la presencia de agua, pero debido a su integridad se debe trabajar a presiones bajas, 18 bar como máximo (Majid Mollavali, 2008). En una reacción en fase gas donde la presión es una condición clave para el control de la reacción esta limitación es importante, por esa razón este catalizador es descartado.

Por último, la alúmina, aparte de haber sido estudiada desde hace más de cinco décadas, artículos científicos que recopilan artículos científicos (Majid Mollavali, 2008) (Levec, 1992) llegan a la conclusión que esta es la mejor opción. Estos afirman que la alúmina no se desactiva, sino que el agua compite por los *active sites* contra el metanol, fácilmente evitable trabajando a bajas temperaturas.

Tabla 2.2. Matriz de decisión

Característica (Peso)	Alúmina	Alúmina Tratada	Zeolita
Precio (2)	2	0.5	1
Hidrofilia (1)	0	1	1
Presión de Trabajo máxima (3)	3	3	1
Total	5	4.5	3

2.3.3. Intercambiadores

Por otro lado, también se ha estudiado el tipo de intercambiador que se utilizará en la planta mediante una matriz de decisión. En la tabla 2.3. se puede observar los criterios y el peso de cada criterio en la decisión del tipo de intercambiador de la planta.

Tabla 2.3. Matriz de decisión de intercambiador.

	(%)	BEM Valoración	BEU Valoración
Coste equipo	25	6	5
Eficacia	10	5	6
Limpieza	10	6	4
Resistencia <i>Fouling</i>	5	6	6
Montaje	10	8	6
Sistema de control	5	5	5
Mantenimiento	10	4	5
Evitar fugas	15	5	6
Vibraciones	10	5	4
Total		5.6	5.2

Finalmente, se ha decidido implementar intercambiadores tipo BEM.

2.4. Planificación

Al inicio del proyecto se ideó una planificación con el objetivo de poder entrever las relaciones lógicas que se darían entre las tareas a lo largo del proyecto. Para llevar a cabo este análisis se discutió en grupo que tareas debería ser predecesoras de otras y sucesoras y el tipo de lógica “*Finish-Start*”, “*Start-Start*” o “*Finish-Finish*”.

Se consideró realizar este plan no tanto por el orden de las tareas sino por prever la duración necesaria de cada una de manera que se podían intuir los recursos necesarios en las distintas fechas. Si una tarea ocupaba un tiempo con una duración determinada, pero por experiencias anteriores se supone que usualmente tiene una duración superior, se puede ver claramente que esta debe ser llevada a cabo por más personas para cumplir con los tiempos y calidad esperados.

2.4.1. Work Brackedown Structure (WBS)

La WBS es el esqueleto de la planificación, para este caso académico, y sin la posibilidad de usar programas especializados como Primavera P6, se ha optado por una de tres niveles. Esta

es una cantidad de detalle adecuada para nuestro proyecto y suficientemente simple como para ser visualizada en un fichero EXCEL.

El primer nivel es el más genérico y simple, consiste en una única sección que lleva por nombre el título del proyecto.

Dentro de esta se encuentra el nivel 2, en nuestro caso son los grupos en los que agrupamos los entregables de manera general: Procesos, Intercambiadores, Separaciones, Documentación, Instrumentación y Economía.

Por último, el nivel 3 se encuentra dentro de cada nivel 2 y son los entregables a detalle que se esperan en cada disciplina. Se clasifican sin tener en cuenta la cantidad de revisiones o emisiones que haya.

2.4.2. Tipos de Emisiones

Hay tareas que pueden tener más de una emisión, por ejemplo: una tarea que sea compleja puede tener una primera Emisión Para Comentarios (EPC) seguida de una Emisión de Información (EI). Se ha decidido llamar así a la emisión definitiva puesto que la que mandarían los manuales de planificación sería una APD (Aprobado Para Diseño) pero no contamos con un sistema de aprobaciones y la Fase EXECUTE que la seguiría es ficticia.

2.4.3. Bases de Planificación

La planificación ha tenido en cuenta que los fines de semana existe productividad de “Man-Hours” como un día entre semana normal. Esta aproximación puede ser más o menos correcta teniendo en cuenta que algún integrante tiene horarios complicados debido a prácticas externas.

Como calendario de festivos y no laborables se ha tenido en cuenta el académico de la Universitat Rovira y Virgili.

Respecto a las fecha de finalización, se ha diseñado bajo la premisa de finalizar todo el trabajo antes del 1 de Junio. Esta decisión fue tomada puesto que se esperan retrasos y así amortiguarlos de manera sintética. La manera correcta de hacer esto sería con herramientas de Total Float o Free Float pero no se disponen de estas por parte de la universidad.

No se ha considerado la implantación de “Milestones” dado que la cantidad de ellos aplicables a este nivel de detalle con tan poco tiempo de trabajo son muy reducidos. Los pocos que se podrían crear serían de finalización y meramente informativos ya que es un proyecto en solitario y sin sinergias suficientes, con este objetivo ya existen las fechas de finalización de entregables.

La planificación final se puede encontrar en el Anexo A.2.

3. BASES DE DISEÑO

3.1. Sustancias involucradas

Como base de diseño se muestran las sustancias que se incluyen durante el proceso con sus respectivas características. Las correspondientes fichas de seguridad se muestran en el Anexo A.8.

Tabla 3.1 Propiedades de las sustancias involucradas en el proceso.

Propiedades	Ácido acético	Acetona	DME	Metanol	Agua
Número CAS	64-19-7	67-64-1	115-10-6	67-56-1	7732-18-5
Peso molecular (g/mol)	60.05	58.08	46.07	32.04	18.01
Densidad del líquido a 25°C (g/cm ³)	1.04	0.79	0.73	0.791	1
Punto fusión (°C)	16-16.5	-95	-141.5	-98	0
Punto ebullición normal (°C)	117-118	56	-24.8	64.7	100
Punto inflamación (°C)	40	-20	-41	9.7	ND
Presión de vapor a 20°C (kPa)	1.52	24.7	510	12.8	2.3
Viscosidad a 25°C (mPa·s)	1.53	0.32	ND	0.55	ND

*ND: no determinado

3.2. Especificación de la alimentación

Para la producción de DME únicamente se utiliza como materia prima el metanol. El metanol comercial se clasifica según el grado de su pureza por la organización de *American Society for Testing and Materials* (ASTM). Las especificaciones se dividen en grado A, AA y IMPCA (Bohnet, 1984). Las típicas impurezas a parte del agua son la acetona junto con otras sustancias que están en contacto durante el transporte mediante barcos o camiones cisterna. Estas sustancias pueden contaminar el metanol, por esa razón hay que realizar unas pruebas previas para establecer la calidad mediante medidas de ebullición, rangos de puntos, densidad, número de permanganato, índice de color, índice de acidez y turbidez.

El metanol crudo se obtiene directamente de su síntesis, sin ningún tratamiento de purificación previo, o en algunos casos solamente una parte se purifica. El metanol crudo se utiliza para la generación de energía y para la fabricación de combustibles sintéticos como el dimetil éter. La presencia de agua y éster pueden causar corrosión durante el almacenamiento de este producto.

En este proceso se ha escogido un metanol crudo de Grado A, que contiene las especificaciones que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 3.2. Especificaciones federales para el metanol de Grado A.

Propiedades	Grado A
Acetona, mg/kg	<30
Ácido (como ácido acético), mg/kg	<30
Color (PtCo)	<5
Impureza carbonizable, color (PtCo)	<30
Rango de destilación (101.3kPa), °C debe incluir 64.6±0.1°C	<1
Materia no volátil, mg/100mL	<10
Gravedad específica (20/20°C), kg/L	0.7928
Tiempo de permanganato, min	>30
Metanol, wt%	>99.85
Agua, wt%	<0.15
Olor	Característico, no residual
Apariencia	Libre de opalescencia, materia suspendida y sedimento

En este proceso, y debido a problemas con azeótropos, se ha limitado la cantidad de impurezas de ácido acético, acetona y agua. El metanol crudo que se compra contiene una cantidad límite de 29 mg/kg de acetona, 28.4 mg/kg de ácido acético, 0.15 wt% de agua y una pureza del metanol de 99.85 wt%.

3.3. Especificación de los productos

El producto principal de la planta es el dimetil éter. El DME tiene una pureza del 99.9% y contiene impurezas de agua, ácido acético y acetona en cantidades menospreciables. Por otro lado, también contiene metanol en el 0.09% de su composición másica. Se produce DME a razón de 19.6 t/h, por lo tanto, si la planta trabaja el 97.2% de todas las horas anuales se llegará a producir 164,640 toneladas al año aproximadamente.

Uno de los subproductos más relevantes que se obtienen en la planta es el metanol. Este metanol sale de la columna de destilación T-501 con una composición del 99.8% en masa y se recircula hasta el mezclador del proceso para juntarse con el metanol crudo de alimentación. La mayoría del 0.2% de las impurezas corresponde al agua, ya que el resto de los compuestos son menospreciables. De esta manera se aprovecha la gran mayoría del metanol no reaccionado. Sólo el 1.5% de metanol que proviene de la alimentación se pierde en la corriente de impurezas y agua residual, el resto se convierte en DME o se recircula de nuevo en el proceso.

3.4. Capacidad operativa

El DME (Dimetil éter) es un combustible estudiado últimamente para sustituir a los combustibles usados en los vehículos diésel. La capacidad del mercado de DME fue de 4,001.89 millones de USD. En el 2005 se produjeron aproximadamente 200,000 toneladas/año (Y. Ohno, 2007).

China produce la mayor parte de los productos del mundo, mientras que Japón tiene plantas de fabricación. Las plantas de producción también están ubicadas en Trinidad y Tobago, América del Norte, Indonesia y Uzbekistán, con importantes expansiones de capacidad nuevas

esperadas o en desarrollo. Suecia alberga la primera fábrica de bio DME del mundo (Fortune bussiness insights, 2022).

Se proyecta que el mercado crezca de USD 4363.9 millones en 2021 a USD 8755.17 millones en 2028 a una CAGR del 10.5 % durante el período 2021-2028. El aumento repentino en CAGR es atribuible a la demanda y el crecimiento de este mercado, volviendo a los niveles previos a la pandemia una vez que termina la pandemia.

De hecho, la escasez de GLP representa una amenaza. Además, su baja toxicidad, alto cetano número y buenas propiedades inflamables hacen de DME un buen sustituto del GLP. Así mismo, el DME se puede producir a partir de diferentes materias primas como el metanol, la biomasa y el gas de síntesis que apoya a un aumento de la producción y del mercado. En China, el GLP se mezcla con DME y se usa para cocinar u otras aplicaciones en el hogar y la industria (Fortin, 2020).

En marzo de 2020, el precio en China de DME (99 % o más) fue de aproximadamente 2,790,000 RMB/tonelada que corresponde a 356.07 €/tonelada (Market Research, 2022). Este mercado tiene prospectiva de crecer durante los próximos años, como se puede observar en la figura 3.1.

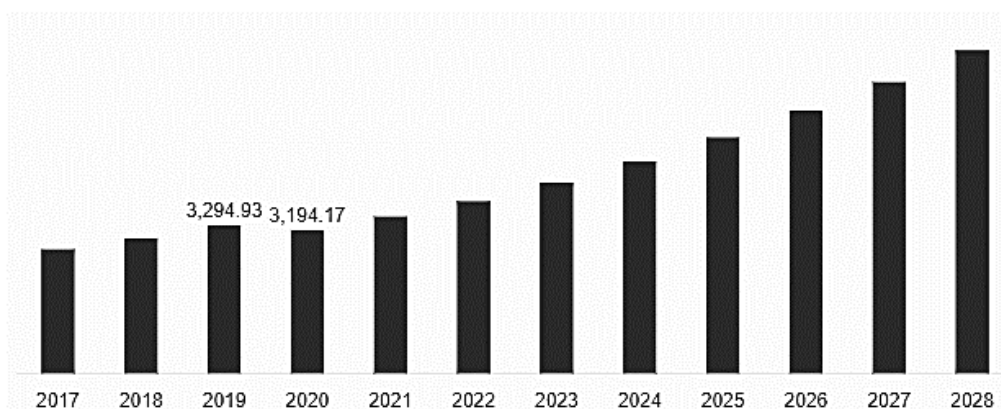


Figura 3.1. Tamaño del mercado de dimetil éter de Asia Pacífico, 2017-2028 (millones de dólares estadounidenses)

Teniendo en cuenta que el principal proveedor de DME a la fábrica será la planta de metanol que se tiene previsto construir en las inmediaciones del complejo industrial de Repsol, existe un cuello de botella que limita la producción en 200,000 toneladas por año. Con esta información se decide diseñar la planta para una capacidad de 164,640 Tm de DME al año.

3.5. Factor de servicio

Puesto que la planta se haya situada en Tarragona, la normativa que regula los trabajadores es el XVIII Convenio General de la Industria Química y, por consiguiente, deberán tener una jornada laboral anual máxima de 1752h de trabajo efectivo. El proceso se realiza de forma continua 24 horas durante 350 días, lo cual corresponde a 8400 horas de trabajo.

$$\frac{8400 \text{ h}}{\text{año}} \cdot \frac{\text{operador}}{1752 \text{ h}} = 4.79 \frac{\text{operadores}}{\text{año}} \approx 5 \frac{\text{op.}}{\text{año}} \quad (3.1)$$

Como se detalla en la ecuación (3.1), los operadores necesarios para operar la planta son 5 por cada lugar de trabajo, es decir, cinco operadores por 5 puestos, 25 operadores en total.

3.6. Normas y códigos de diseño

Los equipos se diseñan en base a normas o códigos que aseguran seguridad y protección ambiental. Cada equipo tiene sus propios requisitos establecidos y hay distintas normas para cada uno de ellos, ya sea por su tecnología o por el funcionamiento del equipo según los distintos campos industriales. Todo está relacionado con el diseño instaurado por cada uno de los fabricantes con la finalidad de garantizar un desarrollo óptimo del sistema y el uso correcto del mismo.

Tabla 3.3. Normas y códigos del diseño de los equipos.

Normas/Códigos	Relativo a
API Standard 520	<i>Pressure relief valves (PSV)</i>
API Spec 6D	Válvulas de control y check
ASME, Sección VIII División I	Diseño de recipientes a presión (Reactor, columnas de destilación y aerorefrigeradores)
ASME B31.3	<i>Chemical Plant and Petroleum Refinery Piping</i> (Tuberías)
ANSI/HI 14.6 Grado 1B	Bombas
TEMA R	Intercambiadores de calor

3.7. Especificación de los servicios disponibles

En el diseño del proceso se ha tenido en cuenta como restricción de diseño el uso de elementos auxiliares presentes en las instalaciones. Esta imposición es necesaria para la interconexión con la fábrica actual y cualquier servicio fuera de las especificaciones siguientes que necesitan un equipo propio.

La necesidad de un equipo propio se intenta evitar de no ser totalmente necesario ya que añadiría un coste adicional a la construcción de las instalaciones, por no tener en cuenta su mantenimiento.

La información pertinente ha sido facilitada por parte de REPSOL.

3.7.1. Sistema de vapor

El sistema de vapor existente consta de tres servicios característicos, vapores de alta, media y baja presión.

Tabla 3.4. Servicios de vapor.

SERVICIO	PRESIÓN (kg/cm² g)				TEMPERATURA (°C)			
	Nor.	Max	Min	Diseño	Nor.	Max	Min	Diseño
Alta Presión	40.0	44.5	38	44.5	390	400	380	415
Media Presión	16	18	15	18	235	250	200	265
Baja Presión	4.6	6.4	4.2	6.4	155	165	153	180

Para el balance de materia y energía se debe tomar en cuenta el valor normal de estos servicios. En el caso de generación o consumo se deben tomar los valores máximos y mínimos respectivamente y por último las de diseño para las características de los equipos.

En el caso que estos vapores sean condensados, deben cumplir las especificaciones siguientes y ser recuperados.

Tabla 3.5. Condiciones del servicio de vapor de Repsol.

SERVICIO	PRESIÓN (kg/cm ² g)				TEMPERATURA (°C)			
	Nor	Max	Min	Diseño	Nor	Max	Min	Diseño
Medium Pressure	4.6	-	-	-	160	-	-	-
Low Pressure	2.8	-	2.1	-	127/141	-	-	-

3.7.2. Potencia eléctrica

La potencia ofertada para cada tipo de equipo se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 3.6. Condiciones del servicio de potencias de Repsol.

SERVICIO	CABALLAJE		VOLTAJE	FASE	FRECUENCIA (HERTZ-HZ)	kVat
	from	to				
Motores	0 kW	225 kW	500	3	50	
	226 kW o más		6.000	3	50	
	Instrumentos			1	50	
	Luces		220	F+N	50	

3.7.3. Agua de refrigeración

Tabla 3.7. Condiciones del sistema de agua de refrigeración de Repsol.

VARIABLE	UNIDADES	VALOR
Presión de Suministro	kg/cm ² g	3.7
Presión a la vuelta	kg/cm ² g	2.7
Pérdida de carga máxima	kg/cm ²	1.0
Presión de diseño del sistema	kg/cm ² g	8.5
Temperatura de diseño del sistema	°C	120
Temperatura máxima de Suministro	°C	30
Temperatura máxima a la vuelta	°C	45
Fouling Factor	h·m ² ·°C / kcal	-
Alcalinidad Total (TA) como CaCO ₃	ppm p	-
Sólidos Disueltos (TDS) como CaCO ₃	ppm p	-
Clorines	ppm p	-
Dureza total como CaCO ₃	ppm p	1250 max
pH		7-7.5

3.7.4. Sistema de aire

Tabla 3.8. Condiciones del sistema de aire de Repsol.

VARIABLE	Unidades	AIRE PARA PLANTA	AIRE DE INSTRUMENTOS
Presión del Sistema	kg/cm ² g	6.6	7.1
Presión de Diseño	kg/cm ² g	8.8	8.8
¿Sistema libre de aceite?	YES/NO		-
Dew point requerido a 1.033 kg/cm ²	°C		- 35

3.7.5. Sistema de nitrógeno

Tabla 3.9. Condiciones del sistema de nitrógeno de Repsol.

VARIABLE	Unidades	Mínimo	Normal	Diseño
¿Disponible?			YES	
Presión	kg/cm ² g	-	6	7.8
Temperatura	°C		Ambiente	80
Dew point requerido 1.033 kg/cm ²	°C		-40	

3.8. Precios de los servicios y energía

Seguidamente se muestran los precios de todos los tipos de energías utilizadas en la planta.

Tabla 3.10. Precios de servicios y energía

Energía/Servicio	Unidad	Precio
Vapor media presión (mps)	€/t	45.3
Vapor alta presión (hps)	€/t	51.2
Electricidad	€/MW·h	112.6
Agua refrigeración	€/m ³	0.05
Nitrógeno	€/t	8.25

3.9. Precio de las materias primas y los productos

Tabla 3.11. Precio de las materias primas y de producto.

M. prima/producto	Unidad	Precio
Metanol	\$/Tm	250
DME	\$/Tm	570

3.10. Localización

Se ha decidido instalar la planta de producción de DME en Tarragona, situada en un campo libre dentro de las instalaciones de la empresa Repsol. La localización cerca de la empresa subministrará a nuestra planta todas las *utilities* necesarias para el proceso, como son: vapor, agua de refrigeración, aire de instrumentos, nitrógeno, etc.

Uno de los factores más importantes de la localización es que en la misma zona Repsol vende metanol crudo que se utilizará como materia prima en el proceso. Por otro lado, el agua del proceso se mandará a tratar dentro de la misma empresa en la Estación Regeneradora de Agua Residual especial para industrias petroquímicas.

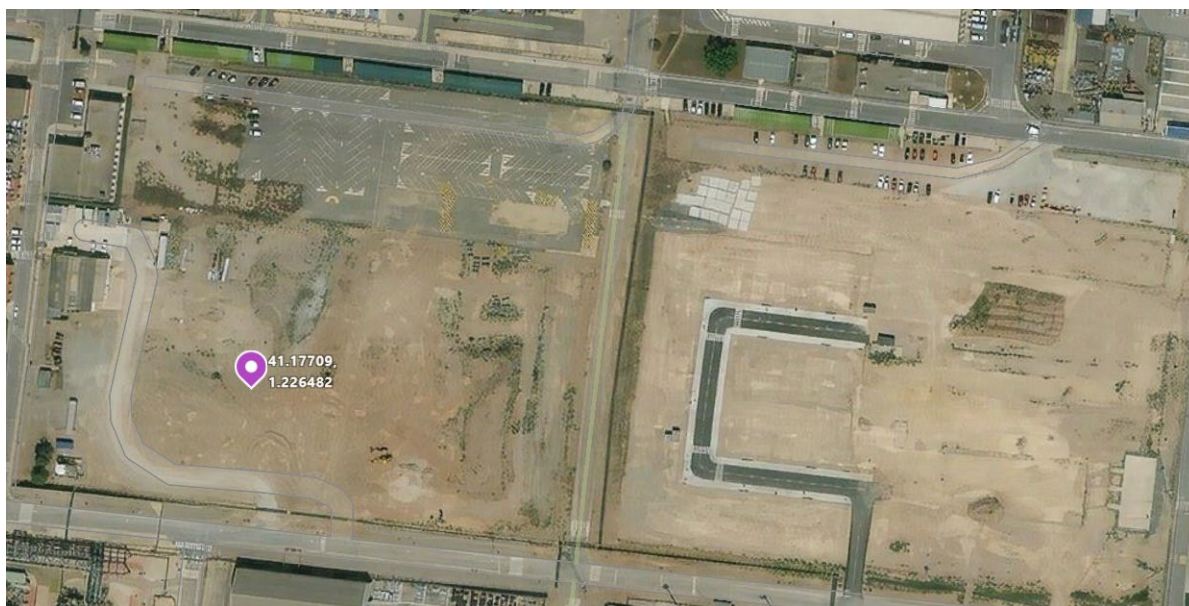
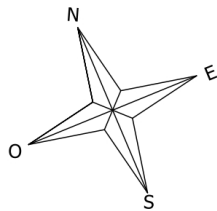
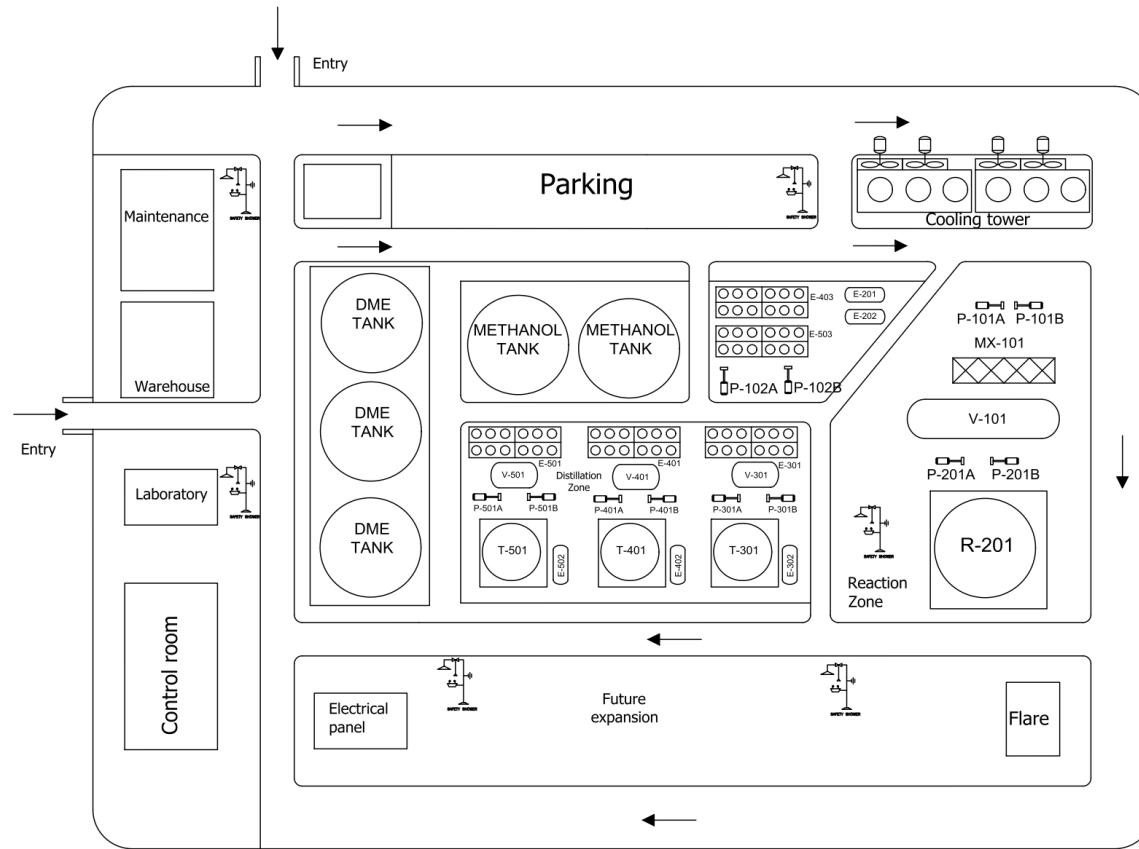


Figura 3.2. Imagen de la vista aérea con las coordenadas de la planta.

3.11. Plot Plan



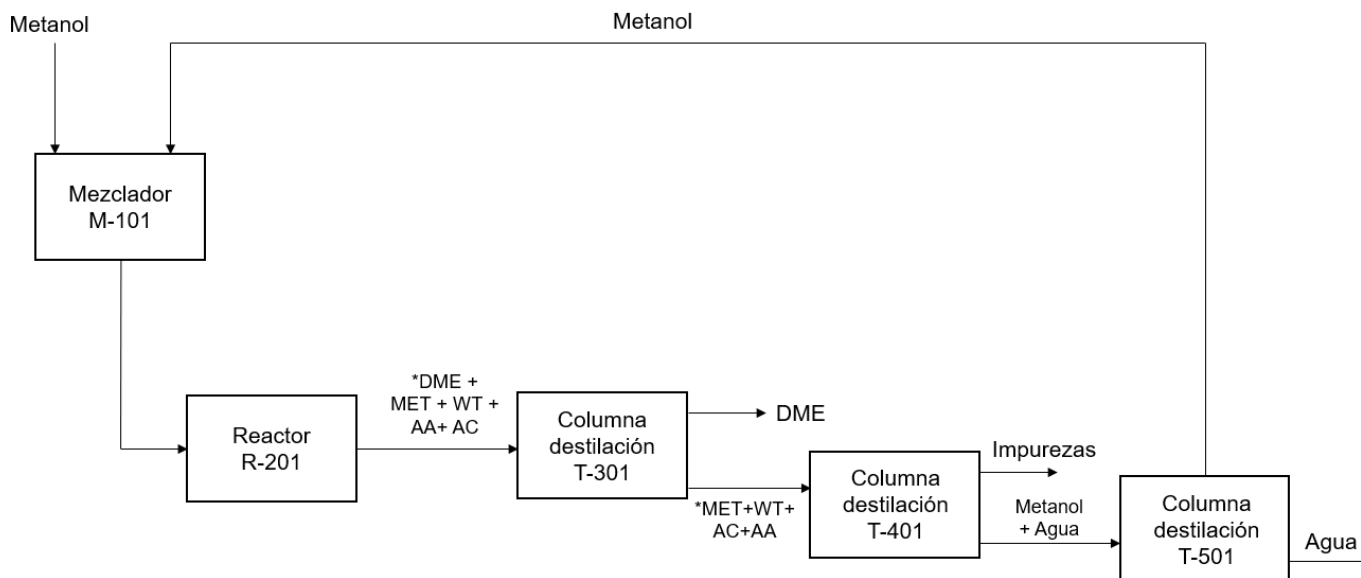
Wind direction

	Data	Nom		UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
Dibuixat				TFG: Planta de DME
Comprovat				
S.normes				
Escales				Nº 1
1:1000			Plot Plan	Sustitueix a
				Sustituit per

Figura 3.3. Plot plan de la planta.

4. INGENIERÍA BÁSICA

4.1. Diagramas de bloques



*DME: Dimetiléter, MET: Metanol, WT: Agua, AA: Ácido acético, AC: Acetona

Figura 4.1 Diagrama de bloques del proceso de producción de DME a partir de metanol.

4.2. Descripción del proceso

El DME puede producirse mediante dos vías muy distintas: la ruta indirecta y la ruta directa. En este proyecto se ha estudiado a fondo la ruta indirecta para promover la deshidratación del metanol. La ruta directa utiliza una única etapa con catalizadores bifuncionales.

Tradicionalmente, el DME se ha producido a partir de gas de síntesis en un proceso de dos pasos en el que se produce metanol a partir de gas de síntesis, se purifica y luego se convierte en DME en otro reactor. En este caso, se realiza la reacción del proceso comercializado de DME a partir de la deshidratación de metanol tal i como se muestra en la Ecuación 4.1 (Zoha Azizi, 2014).



El proceso consiste en la introducción del metanol crudo en un mezclador estático M-101 junto con el metanol que se recicla en la salida del proceso. Posteriormente, el metanol se calienta mediante un intercambiador de calor y un horno antes de entrar en el reactor R-201. Una vez reaccionado el metanol, sale el DME con varias impurezas que se tratan de eliminar mediante columnas de destilación. La primera columna de destilación T-301 purifica el DME sacándolo por cabeza. En la segunda columna T-401, se eliminan los restos de DME y acetona del metanol y agua. En la tercera columna de destilación T-501, se obtiene metanol con la pureza suficiente para ser recirculado y agua con impurezas de ácido acético que se envía a tratamiento.

4.3. Process Flow Diagram convencional

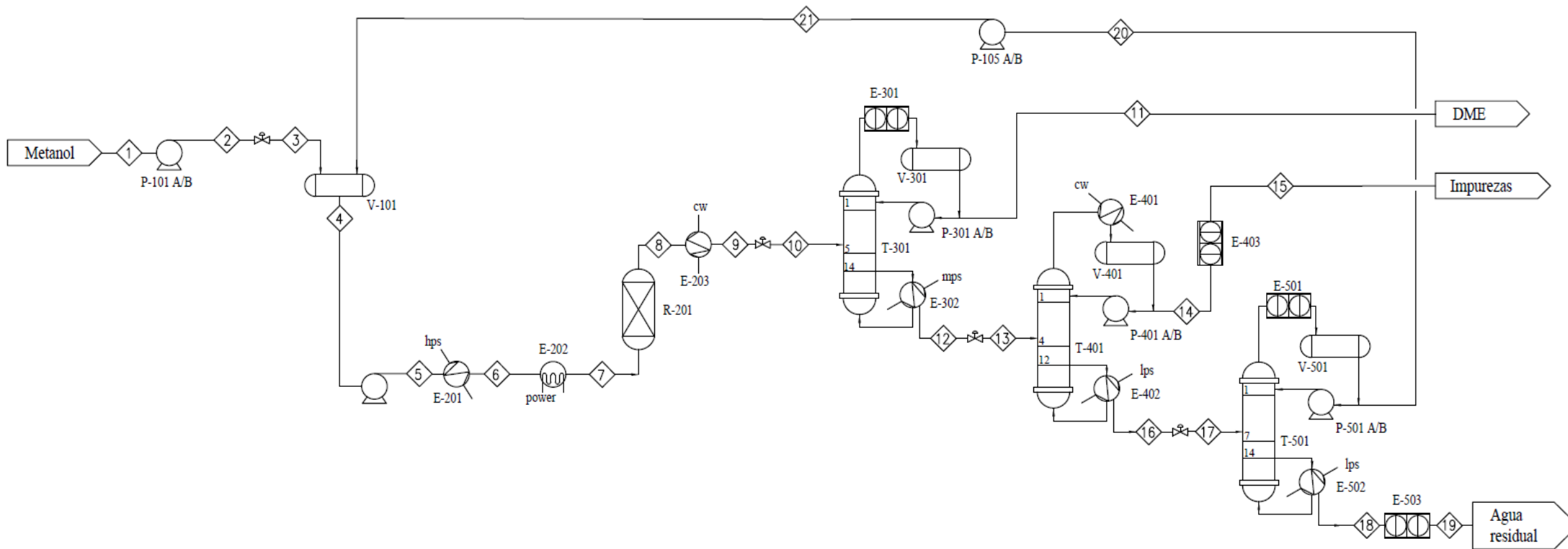


Figura 4.2. PFD convencional del proceso de producción de DME a partir de metanol.

4.4. Process Flow Diagram con pinch

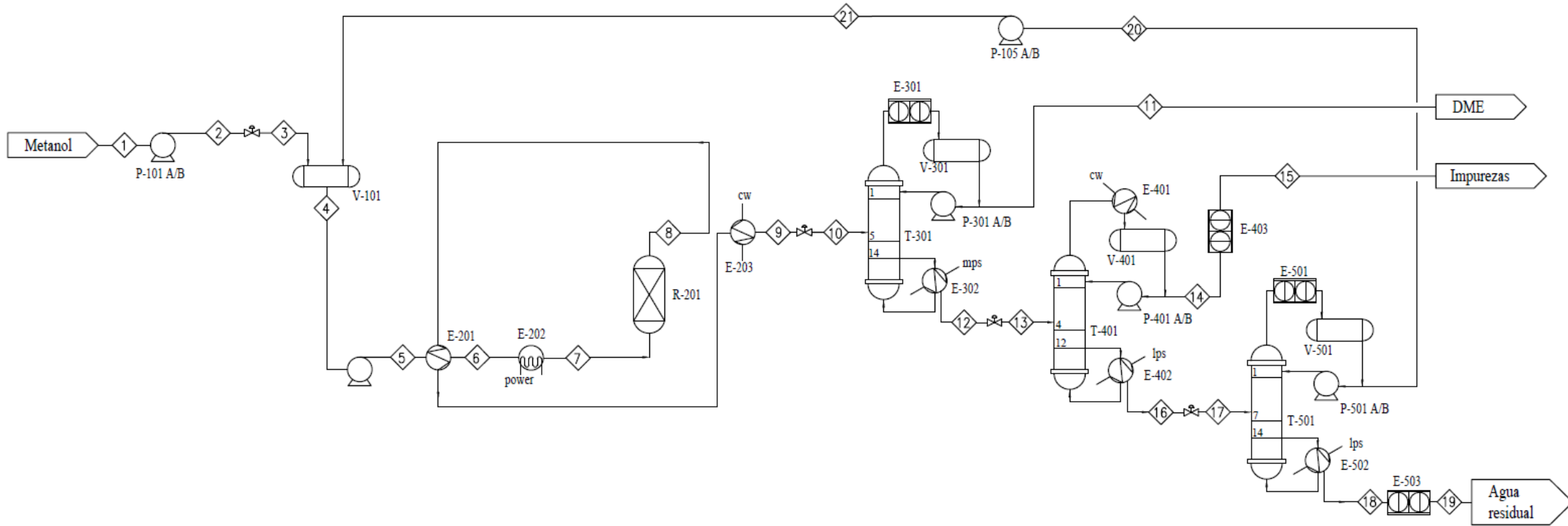


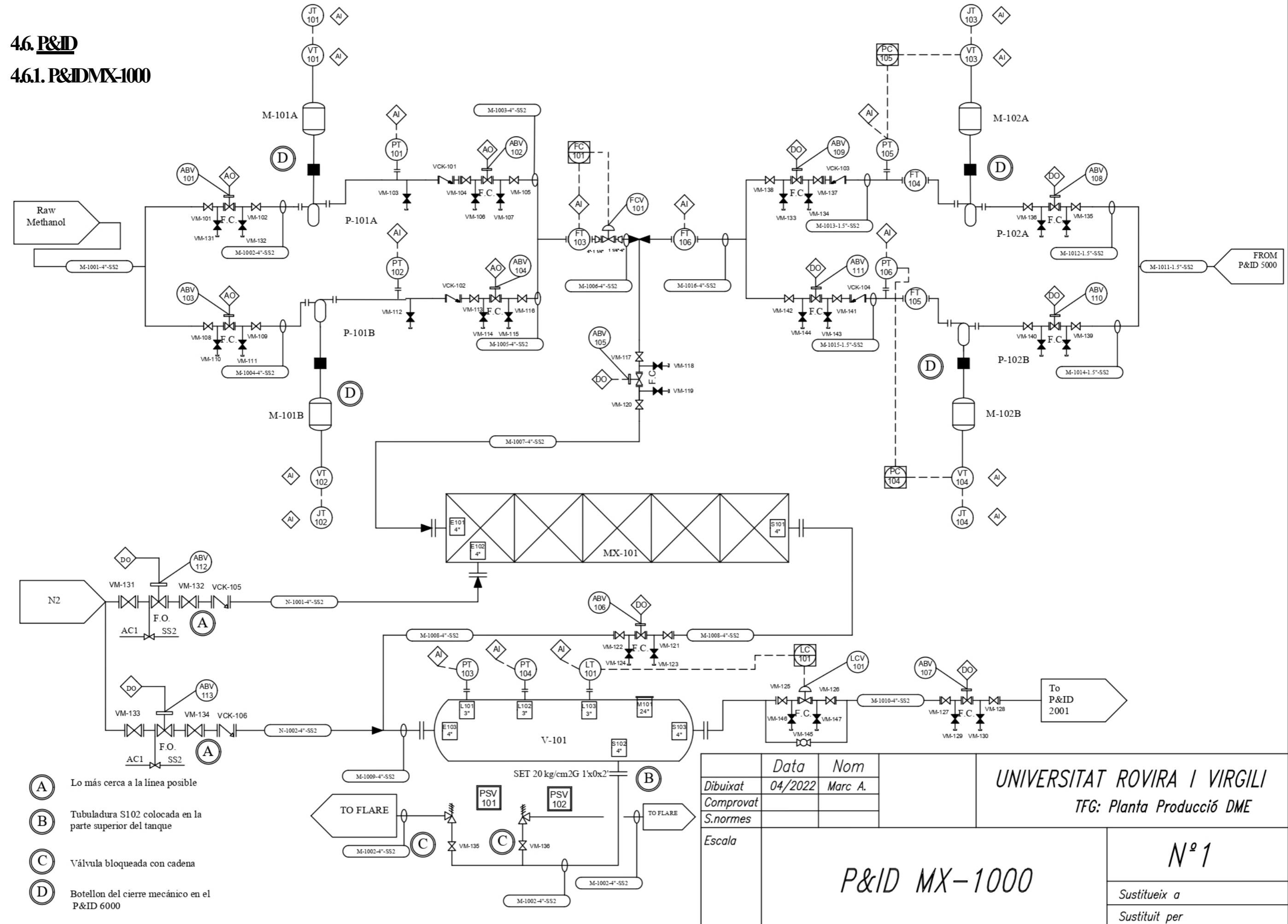
Figura 4.3. PFD con pinch del proceso de producción de DME a partir de metanol.

4.5. Tabla de corrientes

Corriente	Unidades	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Temperatura	K	298.2	299.4	299.4	305.7	305.7	427.1	523.0	651.3	437.1	422.9	
Presión	barg	0	15.99	14.29	14.29	14.29	14.29	14.19	14.18	14.18	9.38	
Fracción vapor		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
Cabal másico	kg/h	27781.28	27781.28	27781.28	33315.75	33315.75	33315.75	33315.75	33315.75	33315.75	33315.75	
Cabal molar	kmol/h	868.01	868.01	868.01	1041.01	1041.01	1041.01	1041.01	1041.01	1041.01	1041.01	
Fracción molar:												
DME		0.0	0.0	0.0	3.07E-09	3.07E-09	3.07E-09	3.07E-09	0.409	0.409	0.409	
Metanol		0.997	0.997	0.997	0.997	0.997	0.997	0.997	0.179	0.179	0.179	
Agua		0.0027	0.0027	0.0027	0.0028	0.0028	0.0028	0.0028	0.412	0.412	0.412	
Acetona		1.60E-05	1.60E-05	1.60E-05	1.55E-05	1.55E-05	1.55E-05	1.55E-05	1.55E-05	1.55E-05	1.55E-05	
Ácido acético		1.51E-05	1.51E-05	1.51E-05	1.26E-05	1.26E-05	1.26E-05	1.26E-05	1.26E-05	1.26E-05	1.26E-05	
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
		319.1	428.8	413.7	381.6	316.2	413.8	356.5	375.6	316.2	333.2	334.6
		9.38	9.38	5.99	5.99	5.99	5.99	0.091	0.091	0.0	0.091	14.29
		0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
		19617.24	13698.51	13698.51	470.59	470.59	13227.92	13227.92	7693.45	7693.45	5534.48	5534.48
		426	615.01	615.01	15.0	15.0	600.01	600.01	427.01	427.01	173.0	173.0
		0.999	0.00095	0.00095	0.0388	0.0388	5.32E-09	5.32E-09	1.17E-23	1.17E-23	1.84E-08	1.84E-08
		0.0013	0.302	0.302	0.872	0.872	0.287	0.287	0.0	2.24E-05	0.996	0.996
		1.23E-05	0.697	0.697	0.0883	0.0883	0.713	0.713	0.999	0.999	0.00366	0.00366
		8.65E-08	2.62E-05	2.62E-05	0.000922	0.000922	3.84E-06	3.84E-06	5.17E-17	5.17E-17	1.33E-05	1.33E-05
		1.34E-11	2.14E-05	2.14E-05	4.57E-08	4.57E-08	2.19E-05	2.19E-05	3.08E-05	3.08E-05	4.90E-11	4.90E-11

4.6. P&ID

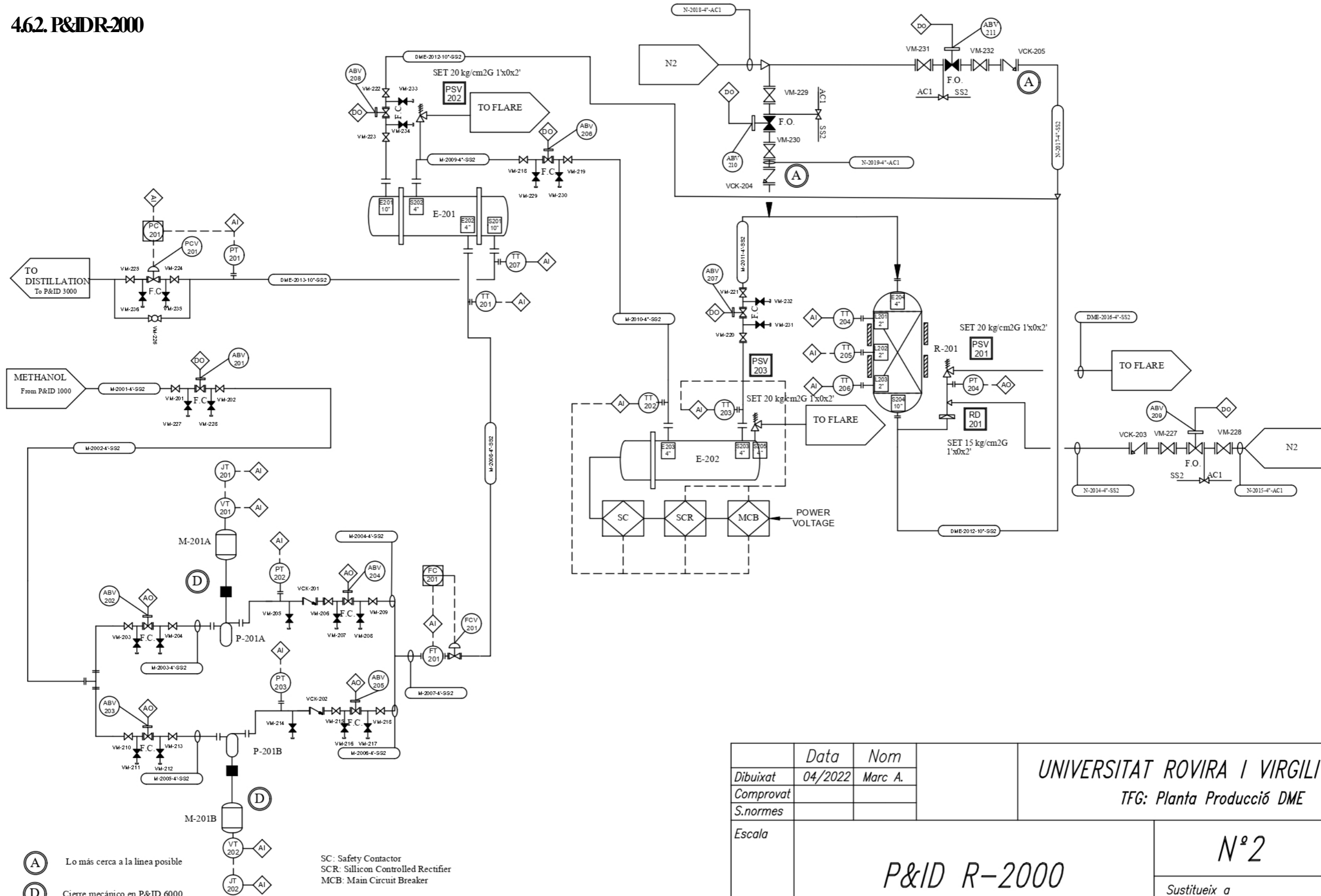
4.6.1. P&IDMX-1000



- (A)** Lo más cerca a la línea posible
- (B)** Tubuladura S102 colocada en la parte superior del tanque
- (C)** Válvula bloqueada con cadena
- (D)** Botellon del cierre mecánico en el P&ID 6000

	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI <i>TFG: Planta Producció DME</i>
<i>Dibuixat</i>	04/2022	Marc A.	
<i>Comprovat</i>			
<i>S.normes</i>			
<i>Escales</i>	P&ID MX-1000		Nº 1
			<i>Sustitueix a</i>
			<i>Sustituit per</i>

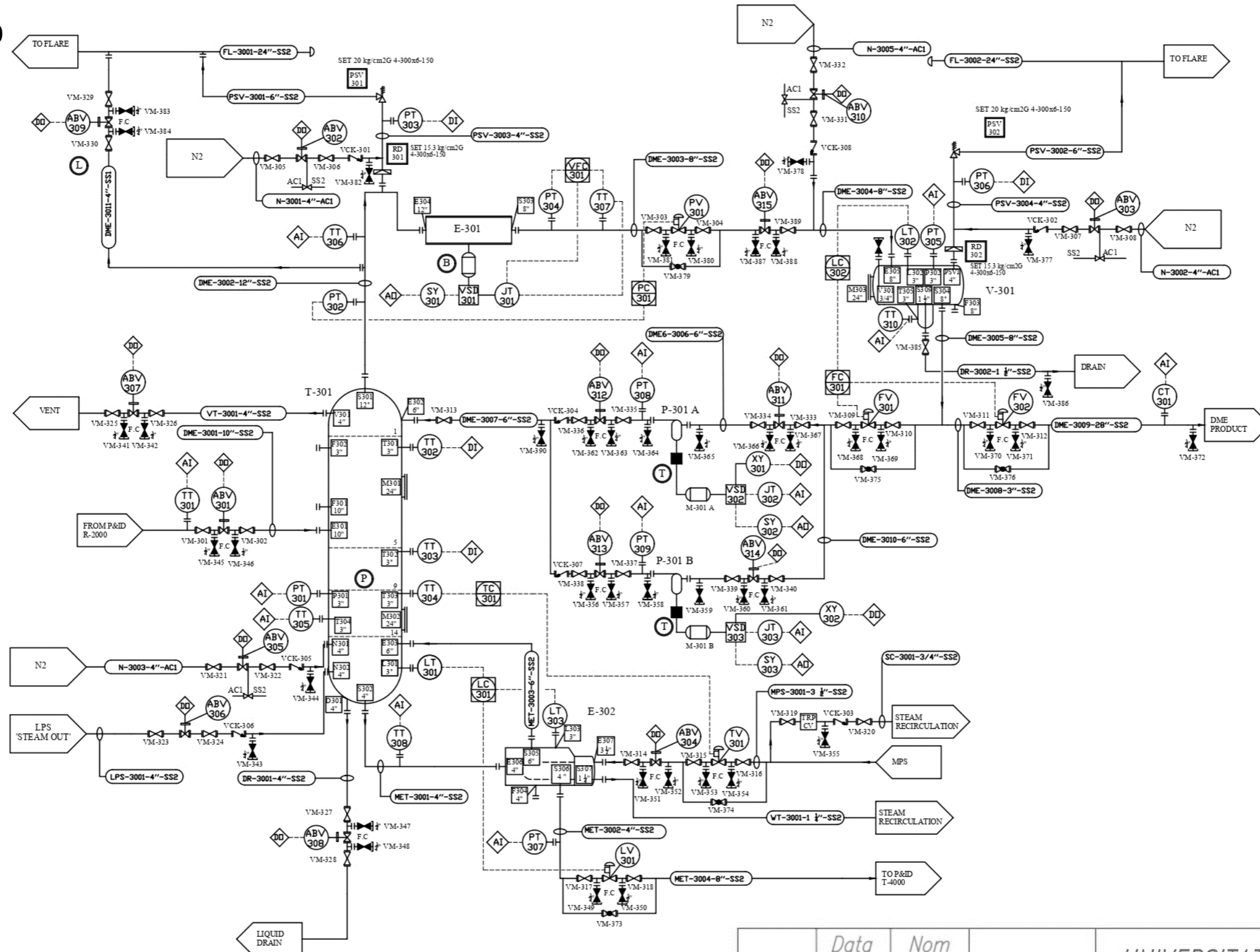
4.6.2. P&IDR-2000



SC: Safety Contactor
 SCR: Silicon Controlled Rectifier
 MCB: Main Circuit Breaker

	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI TFG: Planta Producció DME
<i>Dibuixat</i>	04/2022	Marc A.	
<i>Comprovat</i>			
<i>S.normes</i>			
<i>Escala</i>	P&ID R-2000		Nº 2
			<i>Sustitueix a</i>
			<i>Sustituit per</i>

4.63. P&ID T-3000

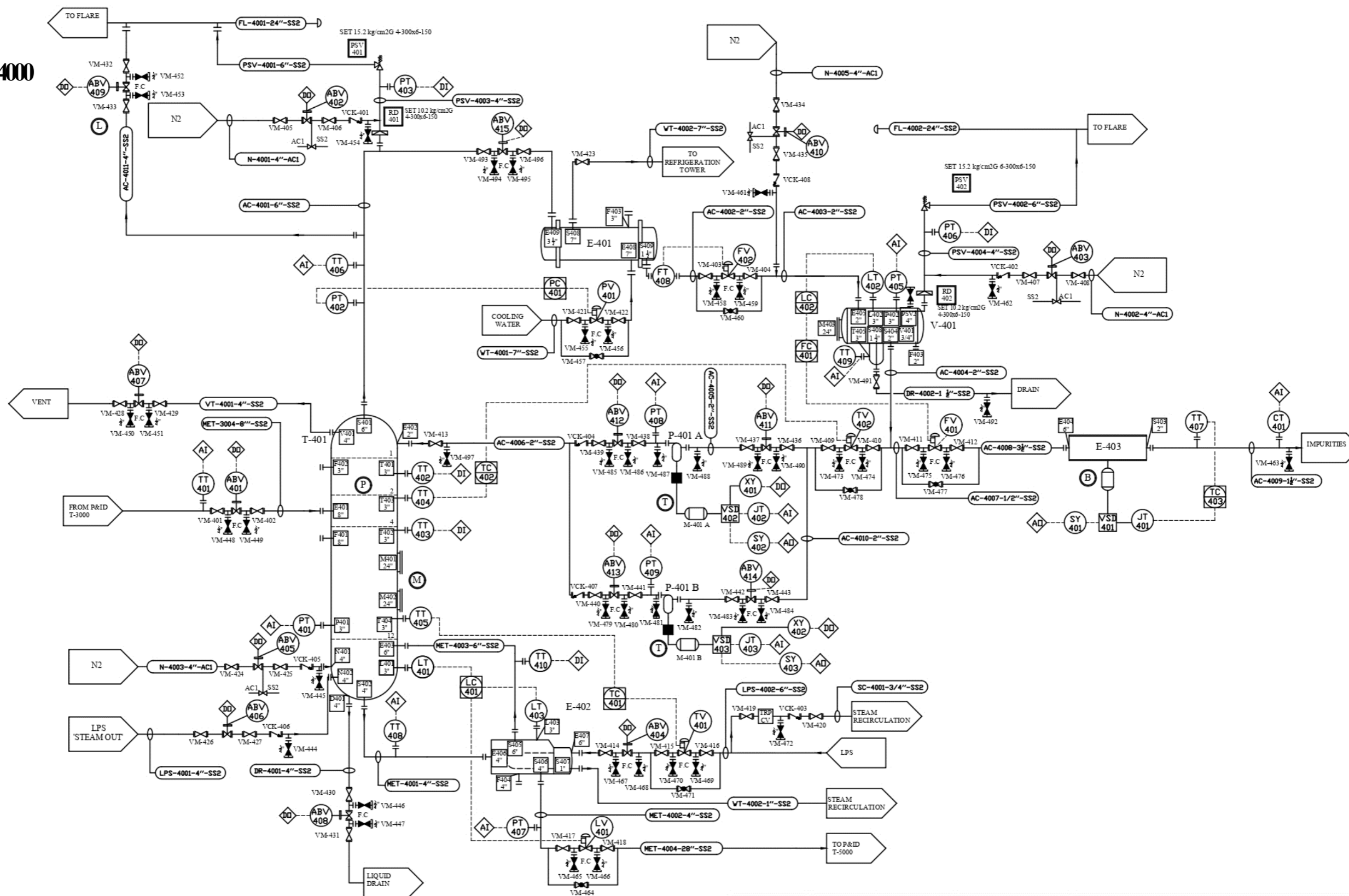


	Data	Nom
Dibuixat	04/2022	Mar L.
Comprovat		
S.normes		

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TFG: Planta Producció DME

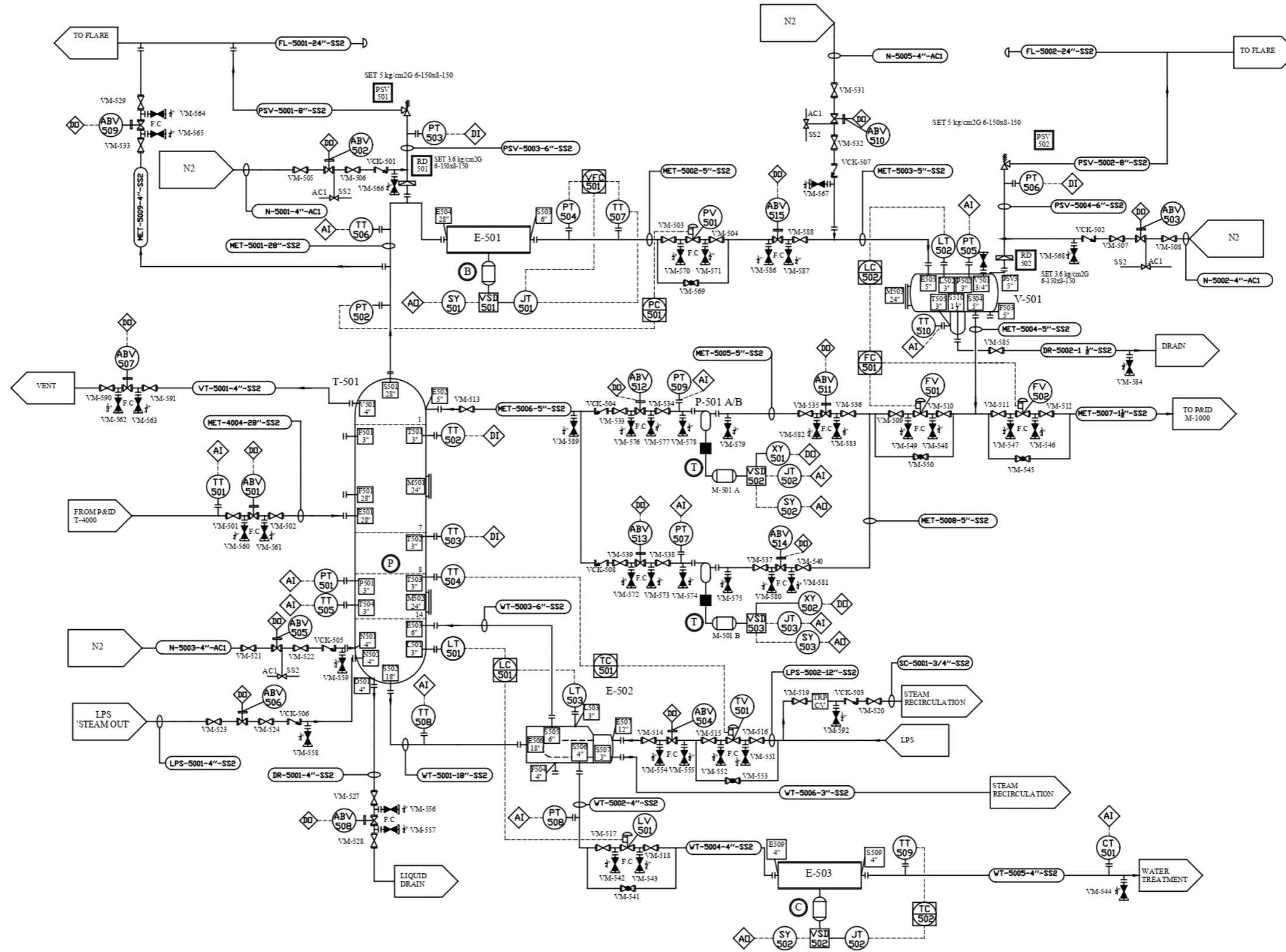
<p>Escala</p> <p style="font-size: 2em; text-align: center;">P&ID T-3000</p>	<p style="font-size: 2em;">Nº3</p> <p>Sustitueix a</p> <p>Sustituit per</p>
--	---

4.64. P&ID T-4000



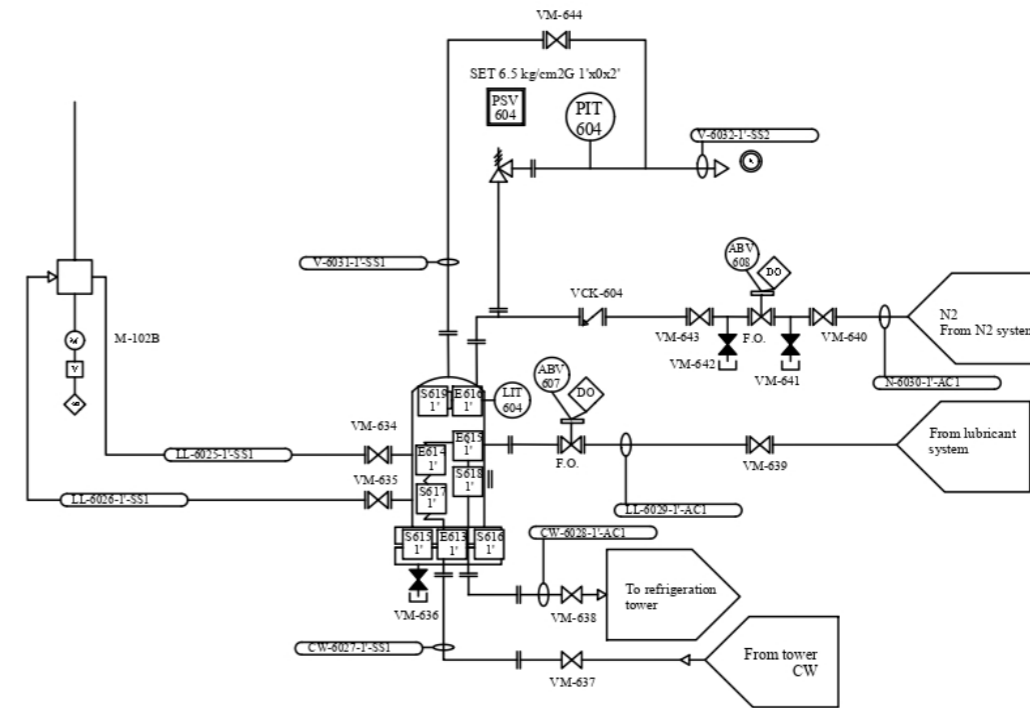
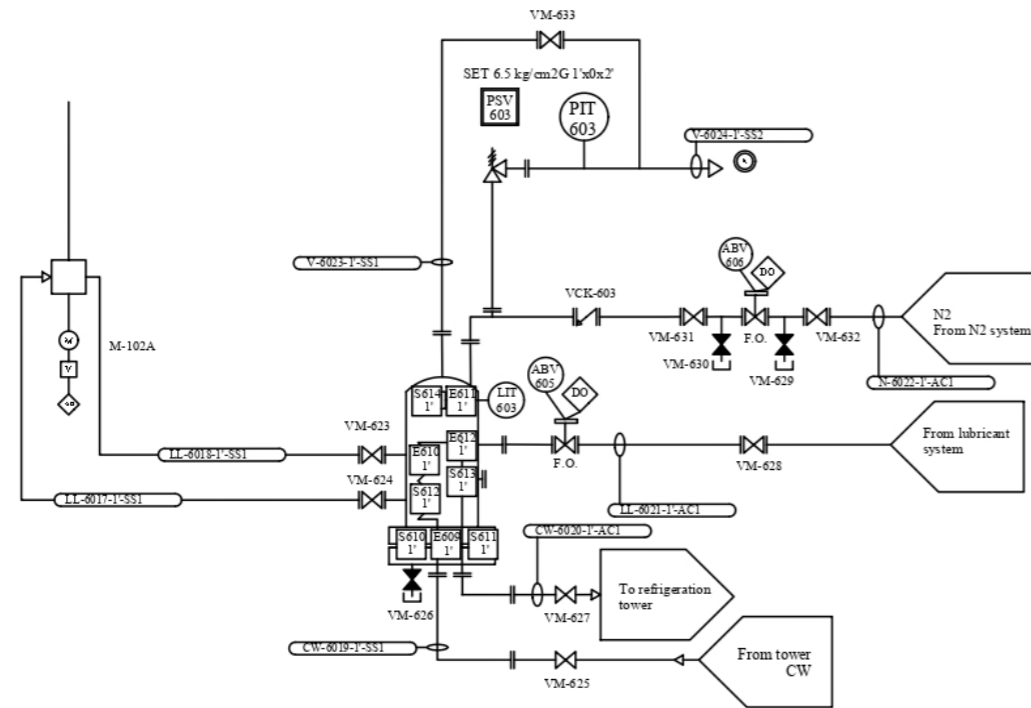
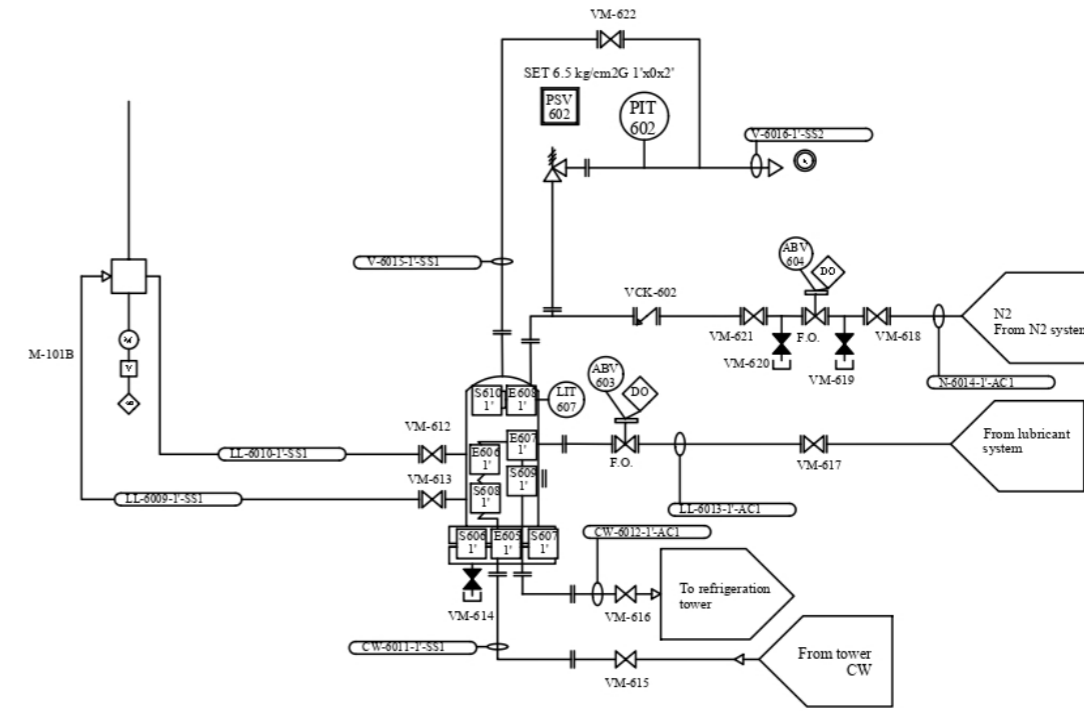
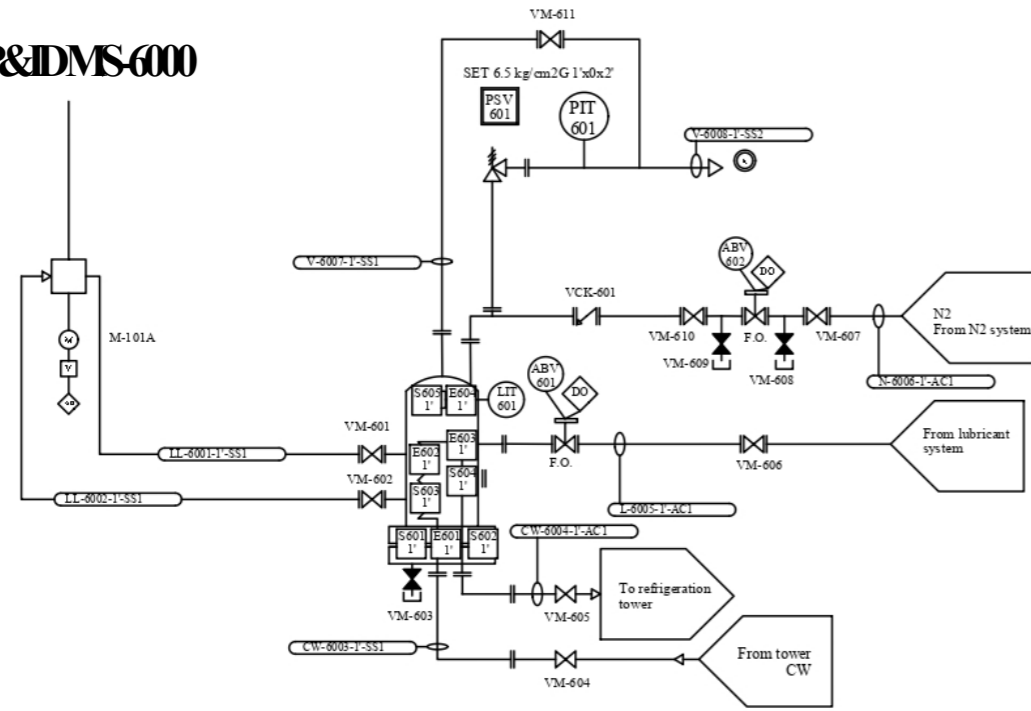
	Data	Nom	UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI TFG: Planta Producció DME
Dibuixat	04/2022	Mar L.	
Comprovat			
S.normes			
Escala	P&ID T-4000		N ^o 4 Sustitueix a Sustituit per

4.65. P&ID T-5000



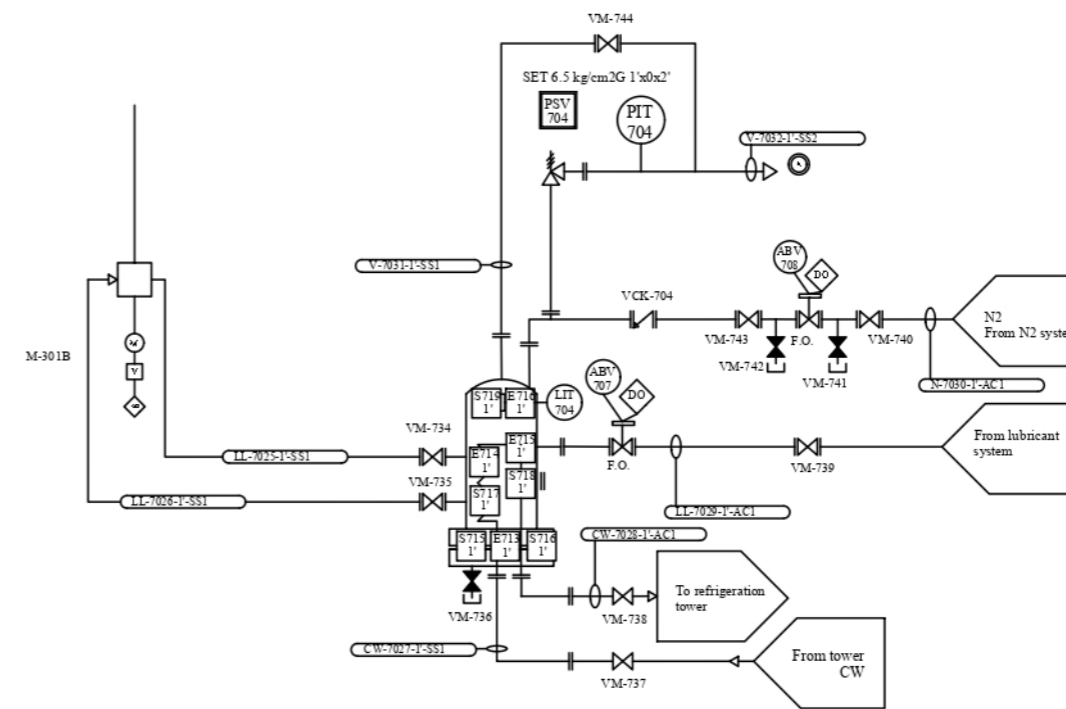
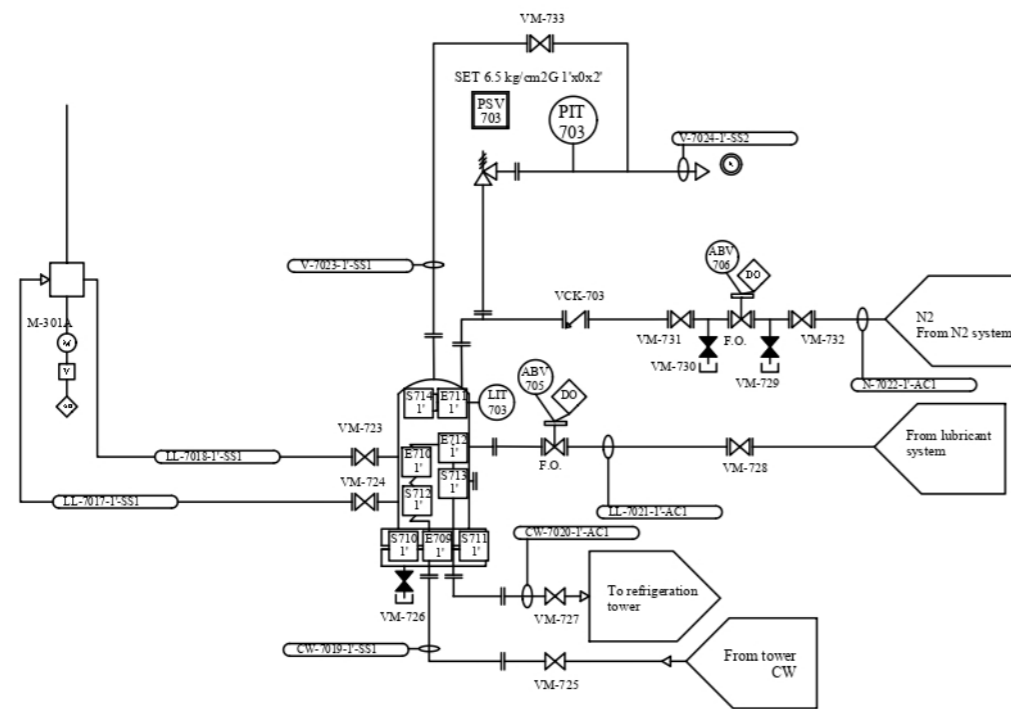
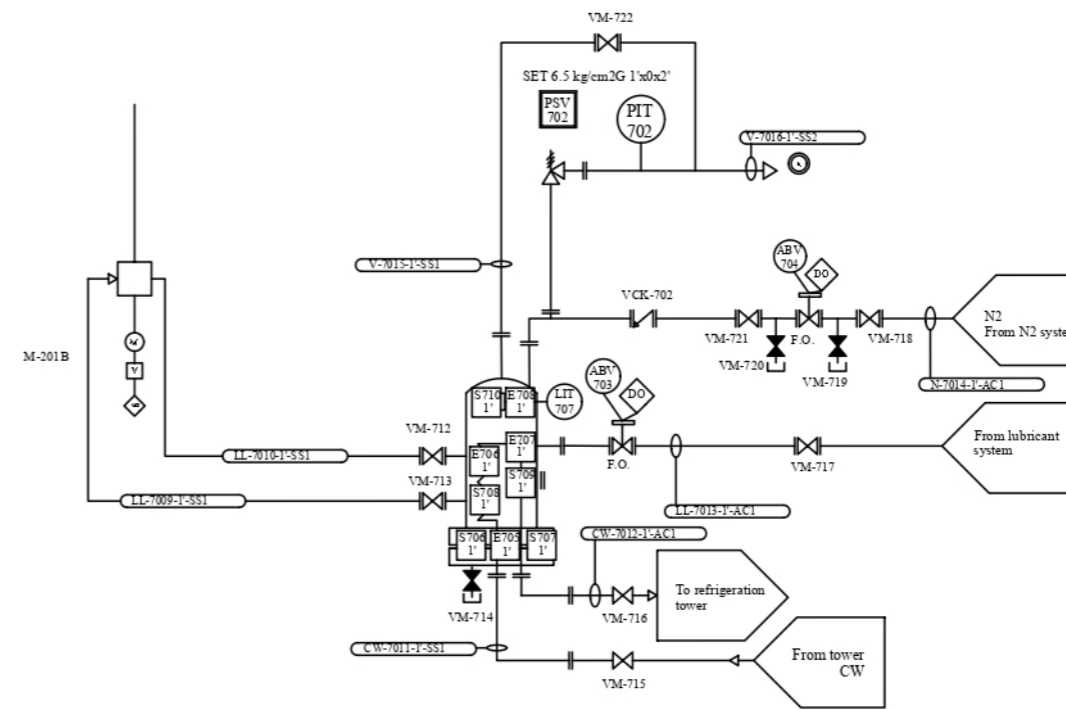
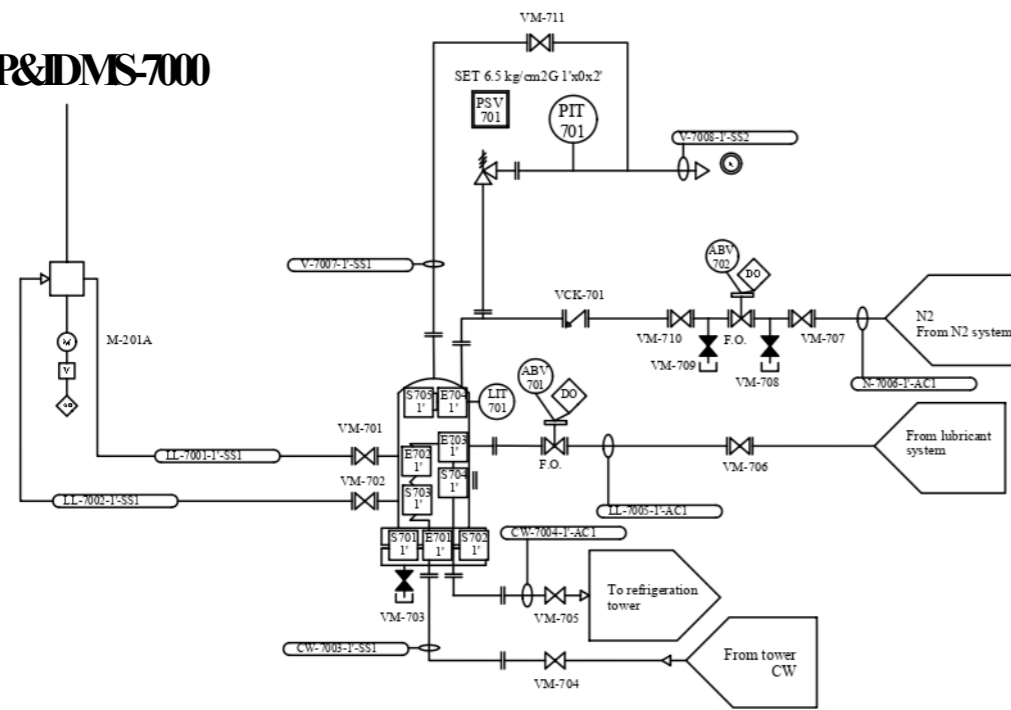
	Data	Nom	UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI TFG: Planta Producció DME
Dibuixat	04/2022	Mar L.	
Comprovat			
S.normes			
Escala	P&ID T-5000		Nº5
			Sustitueix a
			Sustituit per

4.6.6. P&IDMS-6000



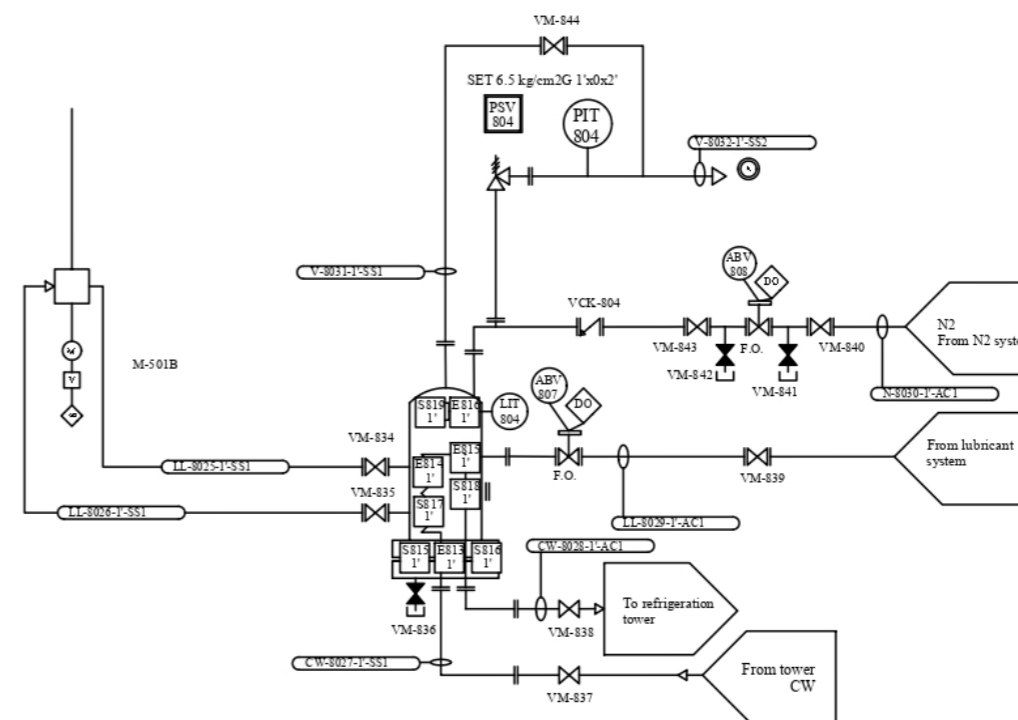
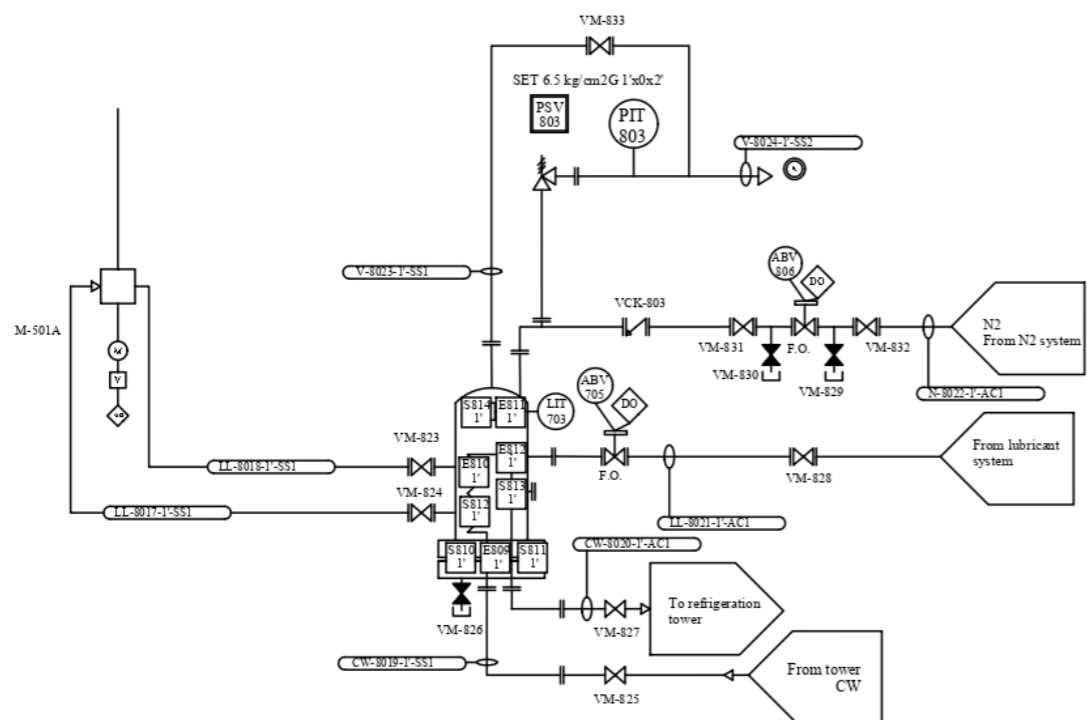
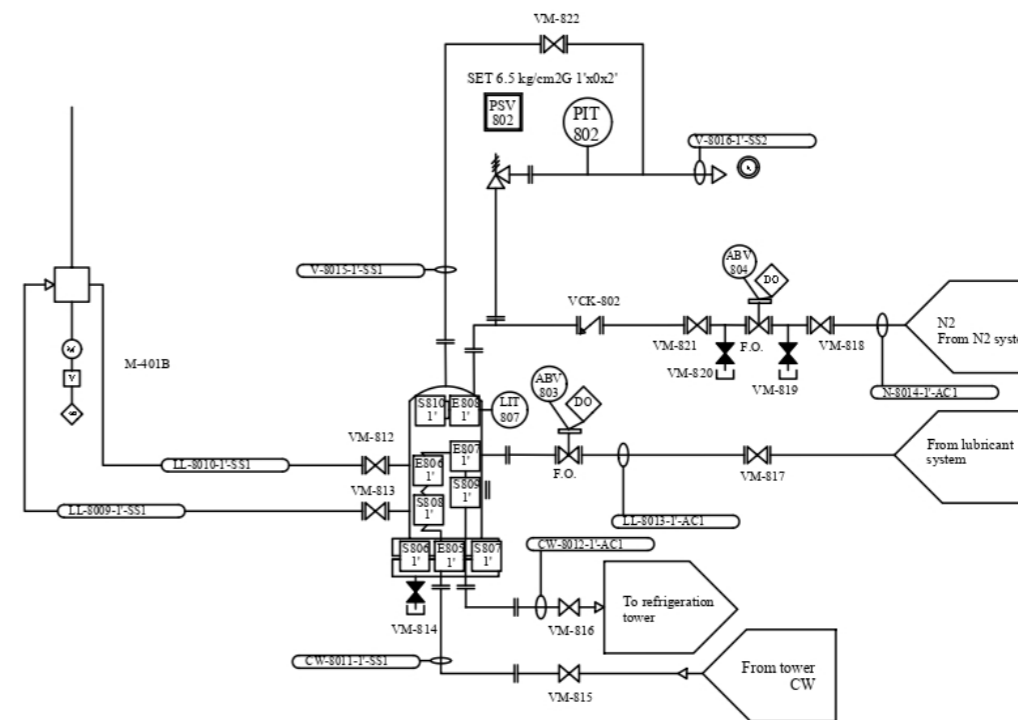
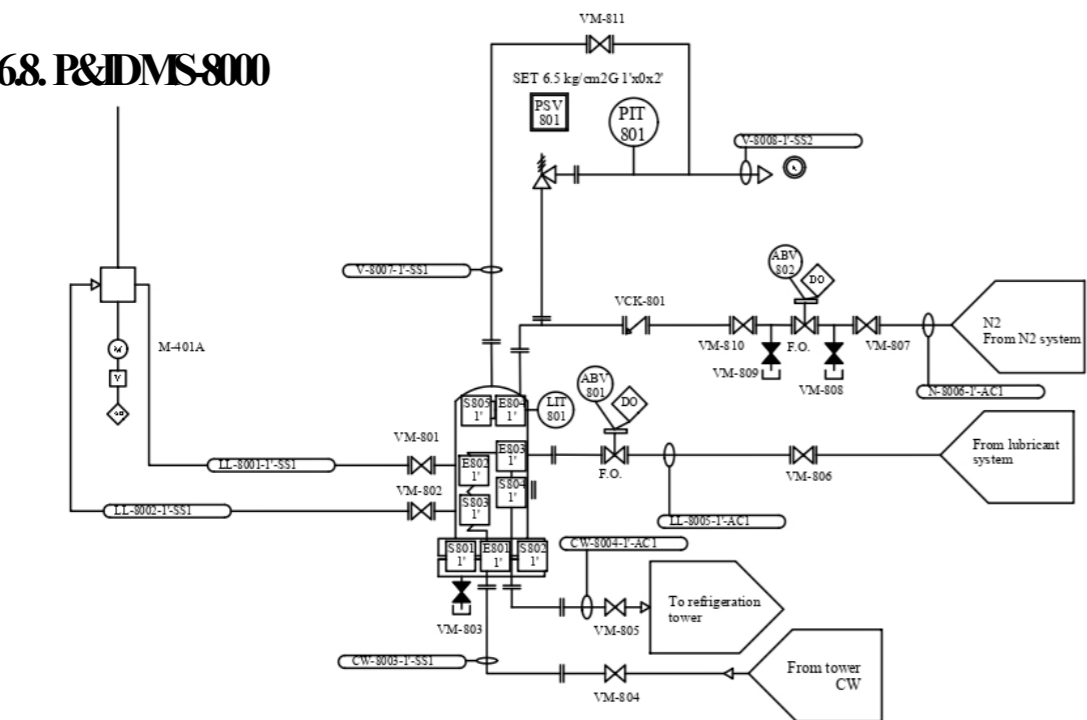
	Data	Nom	UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI OFICINA TÈCNICA
Dibuixat			
Comprovat			
S.normes			
Escala	P&ID MS-6000		Nº 1
			Sustitueix a
			Sustituit per

4.6.7. P&IDMS-7000



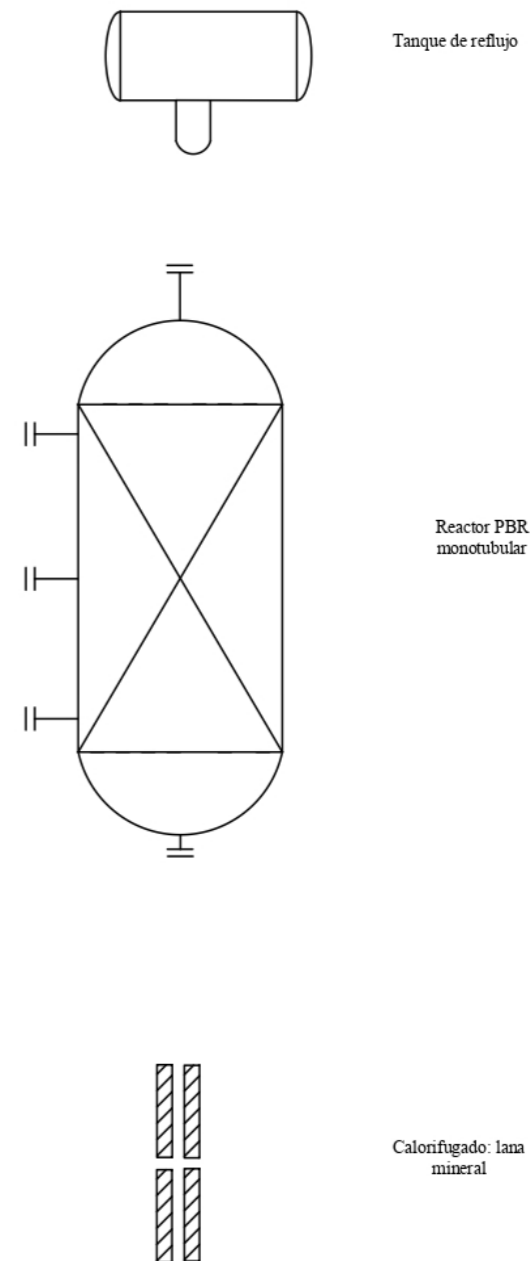
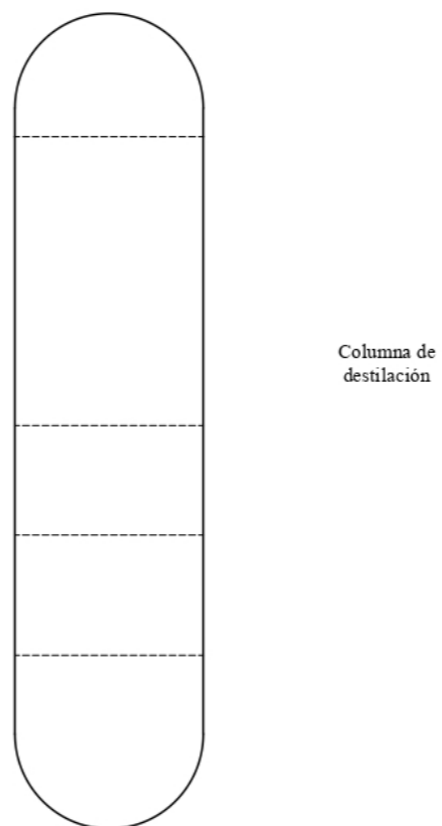
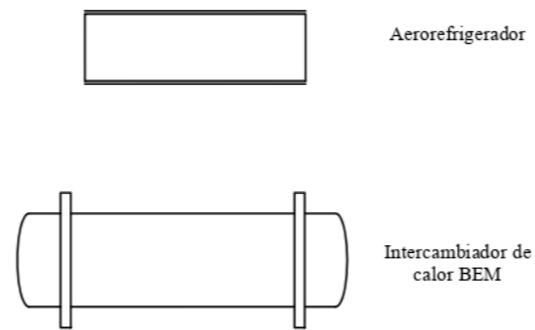
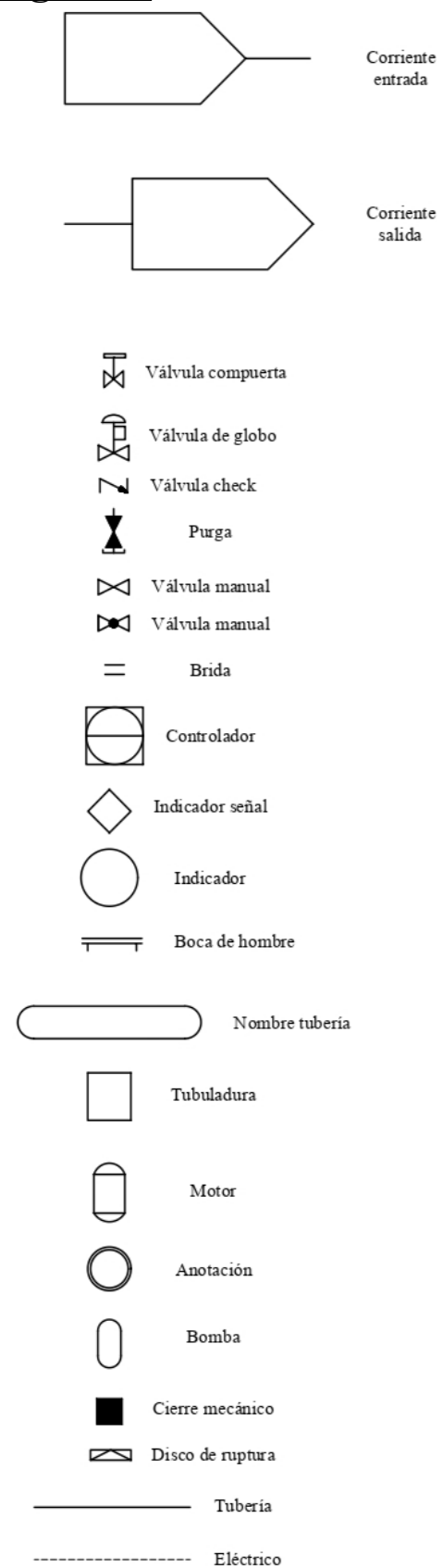
	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI OFICINA TÈCNICA
<i>Dibuixat</i>			
<i>Comprovat</i>			
<i>S.normes</i>			
<i>Escala</i>	P&ID MS-7000		Nº 1
			<i>Sustitueix a</i>
			<i>Sustituit per</i>

4.6.8. P&IDMS-8000



	Data	Nom	UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI OFICINA TÈCNICA
Dibuixat			
Comprovat			
S.normes			
Escala	P&ID MS-8000		Nº 1
			Sustitueix a
			Sustituit per

4.7. Simbología P&ID



	Data	Nom	
Dibuixat	04/2022		UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI TFG: Planta Producció DME
Comprovat			
S.normes			
Escala	Simbología P&ID		Nº 1
			Sustitueix a
			Sustituit per

4.8. Nomenclatura de los P&IDs

En la tabla 4.1 se muestra la nomenclatura de los P&IDs.

Tabla 4.1. Nomenclatura del diagrama de tuberías e instrumentación (P&ID)

Nomenclatura	Definición	Nomenclatura	Definición
PT	Transmisor presión	TC	Controlador temperatura
TT	Transmisor temperatura	LC	Controlador nivel
LT	Transmisor nivel	PC	Controlador presión
FT	Transmisor cabal	FC	Controlador cabal
CT	Transmisor concentración	M	Boca de hombre
E	Entrada	PIT	Indicador-transmisor de Presión
S	Salida	MX	Mezclador estático
T	Temperatura	R	Reactor
L	Nivel	MS	Sello mecánico
XY	Posición	P	Presión
JT	Transmisor de potencia	ABV	Válvula compuerta
SY	Velocidad	VM	Válvula manual
PSV	Pressure Relief Valve	VCK	Válvula <i>check</i>
RD	Disco de ruptura	TV	Válvula controladora temperatura
DO	<i>Digital output</i>	FV	Válvula controladora cabal
AI	<i>Analogical input</i>	LV	Válvula controladora nivel
AO	<i>Analogical output</i>	PV	Válvula controladora presión
DI	<i>Digital input</i>		

4.9. Estrategia de control

4.9.1. Bomba P-101

Para controlar el cabal de forma más precisa, se decide controlar el cabal de metanol mediante una válvula de control situada en la expulsión de la bomba P-101. Con la misma válvula de control, aparte de controlar el cabal también se controla la presión de descarga.

4.9.2. Bomba P-102

Para controlar la presión de descarga de la bomba, el indicador-transmisor de presión regula la frecuencia del motor de la bomba para regular las revoluciones por minuto. Se decide usar este sistema de control para ahorrar en los costes de operación de la bomba.

4.9.3. Tanque pulmón V-101

El nivel del tanque pulmón se controla mediante la relación de alimentación y vaciado del mismo, es decir, en el caso de un nivel alto se debe disminuir la alimentación al tanque regulando la alimentación del proceso con la válvula FCV-101 y aumentar el consumo alimentando un cabal más elevado al reactor. En el caso contrario, de tener un nivel bajo en el tanque, se debe disminuir la alimentación al reactor regulando el cabal con las bombas P-201A/B y aumentar la alimentación de metanol al proceso mediante las bombas P-101 A/B y la válvula de control FCV-101.

4.9.4. Estrategia de control del reactor

La presión se controla mediante el lazo de control PC-201. Este lazo de control se encuentra después del intercambiador E-201 porque de esta manera va a sufrir menos daños por altas temperaturas.

El flujo de alimentación al reactor se controla mediante el lazo de control FC-201, mediante la válvula de control se regula el porcentaje de apertura permitiendo pasar más o menos caudal en función del *set-point*.

4.9.5. Estrategia de control del Horno E-202

En este caso, el horno eléctrico se controla mediante un sistema *feedforward*, puesto que se cuenta con un transmisor-indicador de temperatura en la entrada del E-202. En función de la temperatura que se desee en la entrada, el horno proporcionará más potencia o menos en función de la temperatura de entrada del fluido.

El panel de control del calentador debe tener un disyuntor principal. El disyuntor principal debe tener un disparo por bajo voltaje. El propósito del disyuntor es permitir un medio adicional para detener la alimentación al conjunto de calentadores por seguridad.

Si el panel de control del calentador tiene varios circuitos y se produce un cortocircuito en el SCR, el panel de control abrirá el contactor magnético en ese circuito y enviará una señal de alarma común. El SCR será de cruce por cero disparado (disparo en ráfaga). El sistema deberá tener detección de cortocircuito SCR y capacidad de alarma.

4.9.6. Estrategia de control de las columnas

La presión de las columnas se controla con la válvula de control que está situada encima de la salida por la cabeza y también se ha introducido un sistema *bypass* del condensador de cabeza. La válvula controladora del fondo de la columna se regula según el nivel de fondo.

La temperatura de las columnas se controla mediante la razón de reflujo, ya sea de cabeza o de fondo. La válvula controladora que regula el reflujo está conectada al transmisor de temperatura del plato sensible de cada una de las columnas. El plato sensible es el punto donde la pendiente de concentración del producto se ve más afectada a cambios. Dependiendo de la posición del plato sensible, más arriba o más abajo, se controlará el reflujo líquido o el reflujo del reboiler, respectivamente. (Sánchez, 2003)

El sistema de los aerorefrigeradores que condensan consiste en controlar la potencia del motor mediante un lazo que mide la temperatura y la presión del fluido para calcular la fracción de vapor. Con este sistema se conoce si el proceso de condensado funciona correctamente. Los aerorefrigerantes que únicamente enfrían el corriente tienen un lazo de control que mide la temperatura de salida del intercambiador de calor y regula la potencia del motor.

Los depósitos de reflujo contienen un medidor de nivel del depósito que regula la relación de reflujo entre el destilado y lo que se recircula a la columna. De esta manera, se abren o se cierran las válvulas si el nivel del depósito es muy elevado o bajo.

4.10. Simulación del proceso

4.10.1. Simulación del reactor

El reactor se ha simulado mediante un reactor de flujo pistón. En el programario ASPEN+, se ha especificado que es un reactor con lecho fijo de catalizador, las características del cual se especifican en la siguiente tabla (Al-Malah, 2017).

Tabla 4.2: características del reactor catalítico monotubular y adiabático.

Característica	Valor
Longitud del reactor [m]	$\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$
Diámetro del reactor [m]	2050
Diámetro partícula catalítica [mm]	4.0
Densidad del lecho fijo	0.5
Temperatura entrada reactor [°C]	250
Temperatura salida reactor [°C]	379
Presión entrada [bar]	15.20
Presión salida [bar]	14.75
Rugosidad (ϵ) [m]	4.572e-05
Tiempo de residencia [s]	6.9
Velocidad del fluido [m/s]	1.16

El perfil de temperatura y presión en el reactor se muestra en la figura 4.4.

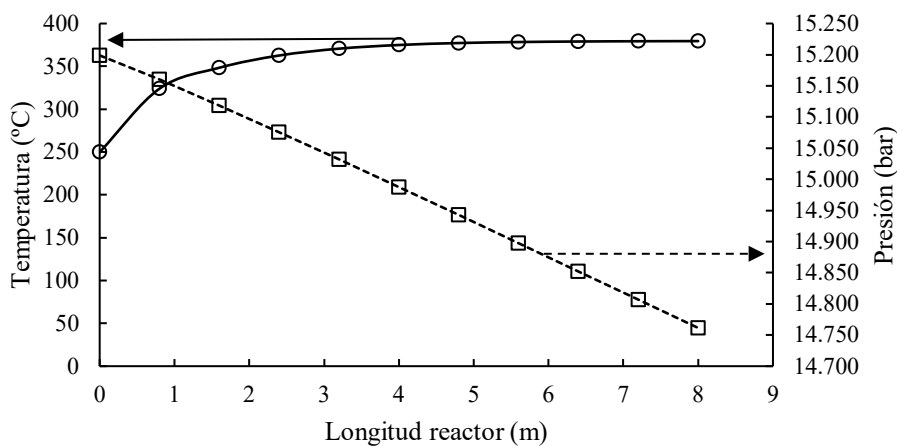


Figura 4.4. Perfil de temperaturas y presión en un tubo en función de la longitud del reactor.

4.10.2. Simulación de las columnas

El diseño o análisis del proceso de separación requiere un modelo termodinámico adecuado. Para este sistema y por mejor ajuste de datos experimentales se ha seleccionado el modelo termodinámico UNIQUAC.

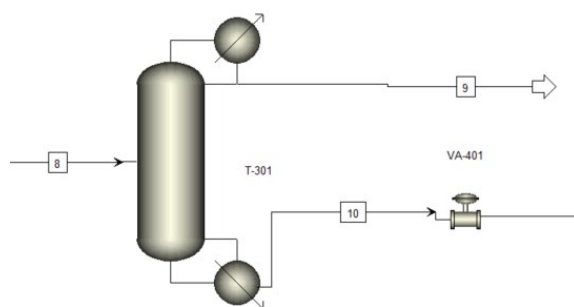


Figura 4.5. Columna de destilación *RadFrac* en ASPEN.

Para poder determinar las condiciones óptimas se han realizado distintos análisis de sensibilidad.

Un análisis de sensibilidad consiste en la comprobación de los resultados variable por variable para poder determinar la configuración óptima del equipo. Se ha realizado un análisis de sensibilidad con dos variables: plato de alimentación (FEED-STAGE) y número de platos (NSTAGE) con la variable definida de composición molar del producto deseado. El sistema de ASPEN analiza cada combinación de variables y obtiene un resultado óptimo.

En el caso de la columna T-301, la mejor combinación corresponde a un total de 14 platos y una alimentación en el plato 5. En este caso, la composición molar de DME a la salida es la más elevada del sistema. Por otro lado, la columna T-401 contiene un total de 12 platos y una alimentación en el plato 4. En este caso, se ha buscado la configuración donde se obtiene la mayor composición de acetona. Y, por último, la columna T-501 contiene un total de 14 platos y su plato de alimentación es el 7. Se ha buscado la composición molar de agua y metanol más pura posible.

Otro análisis que se ha realizado es el del uso de la variable de reflujo (MOLE-RR), para poder determinar la razón de reflujo que ayuda a obtener una composición producto deseado aceptable. También se ha comprobado el plato sensible de la columna mediante una gráfica que contiene los platos totales en función de la composición de DME o producto deseado. Las gráficas se muestran en el Anexo A.3

Tabla 4.3. Análisis de sensibilidad de las columnas.

Columna	T-301	T-401	T-501
Plato entrada	5	4	7
Número platos	14	12	14
<i>Reflux ratio</i> (R/D)	4.5	15	10
Plato sensible	9	2	8

El cabal molar de destilado se obtiene mediante la comprobación continua de la cantidad máxima de producto deseado que la columna es capaz de destilar a las condiciones de operación establecidas. Por otro lado, se detectaron varios problemas de separación en la columna T-401,

ya que, la función de esta columna es poder separar al máximo las impurezas de acetona de la mezcla agua-metanol, pero es prácticamente imposible separarlos a una alta pureza mediante métodos convencionales debido a la presencia de azeótropos entre acetona-metanol. Por esa razón, el caudal de destilado es de 15 kmol/h con una composición de metanol del 87%. De esta manera, aunque se pierdan 13 kmol/h de metanol en el proceso, que corresponde al 1.5% del metanol de alimentación, el proceso elimina el 85.7% de acetona.

Para el diseño de la hidrodinámica de las columnas hay diferentes tipos de platos y los más comunes son: platos de campanas de barboteo, platos perforados y platos de válvulas. Este proceso utilizará platos de válvula debido a su alta flexibilidad. En este tipo de platos las perforaciones están cubiertas por unas tapas elevadas. La deflexión del vapor ayuda a inducir un contacto vapor-líquido más íntimo que el que se experimenta en otros tipos de platos y son más baratos que los platos de campana de barboteo.

También se ha escogido que la válvula sea fija, ya que tienen la ventaja de no tener componentes móviles y de estar permanentemente abiertas. Como resultado, no se pegan, revientan, erosionan ni corroen. Además, la perforación abierta más grande evita las incrustaciones. La válvula VG-0-MINIVALVE® fija del proveedor KOCH-GLITSCH proporciona un arrastre reducido y una mejor eficiencia que las válvulas convencionales y los platos perforados.



Figura 4.6. Imagen de una válvula VG-0-MINIVALVE® fija de KOCH-GLITSCH.

La simulación de la hidrodinámica de la columna en ASPEN no contiene el catálogo de KOCH-GLITSCH, sino que cuenta con proveedores como Sulzer. Las columnas de destilación se han diseñado con el modelo FLEX-S, ya que según ASPEN es el tipo de válvula que más se acerca a los parámetros del tipo de plato escogido. A continuación, se muestran los resultados obtenidos sobre la simulación de la hidrodinámica de las columnas.

Tabla 4.4. Variables de las columnas.

Variables	T-301	T-401	T-501
Espacio entre platos (cm)	88.9	88.9	80.0
Diámetro (m)	2.3	0.8	3.0
Altura (m)	10.7	8.9	9.6
ΔP (atm)	0.043	0.074	0.073

4.10.3. Estudio Pinch

Para determinar el ahorro energético, se ha usado la herramienta *Activated Energy Analysis* que incorpora ASPEN+ para realizar un análisis de los corrientes y proponer un cruce de estos.

Mediante esta herramienta, se ha construido el diagrama *Pinch* del proceso (Al-Malah, 2017).

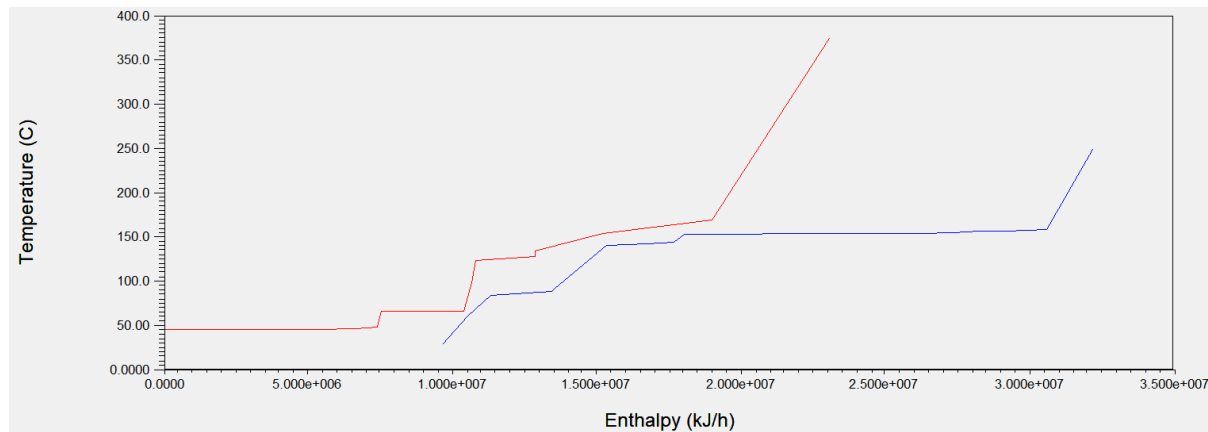


Figura 4.7. Diagrama de curvas compuestas.

El caso más favorable, es el que se presenta en la siguiente imagen. En este caso se ha añadido un intercambiador con los corrientes carga-efluente del reactor.

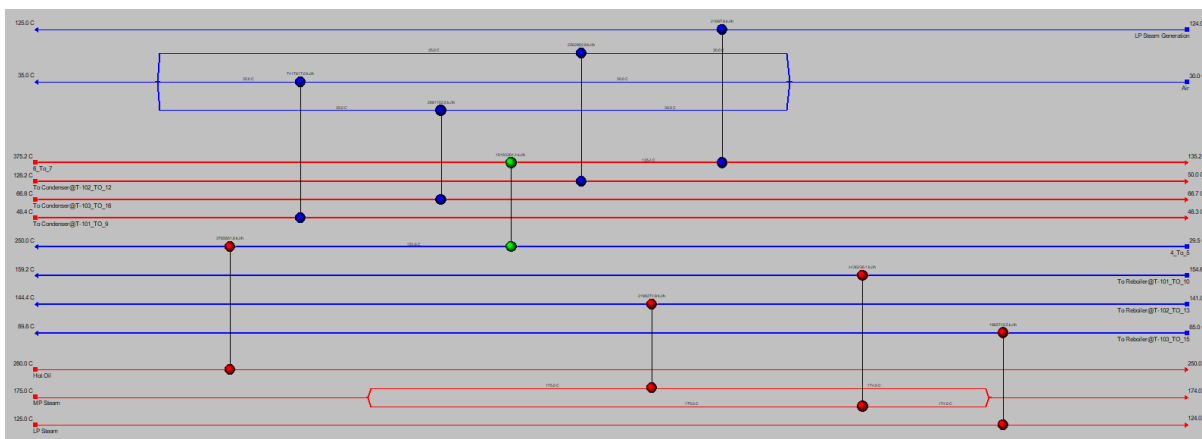


Figura 4.8. Diagrama de la red de intercambiadores.

El ahorro en el consumo de energía y de *utilities* se puede observar en la siguiente tabla.

En la siguiente figura se puede observar como el consumo global de *utilities* disminuye, a pesar de que ha habido un aumento en la *utilities* de calentar.

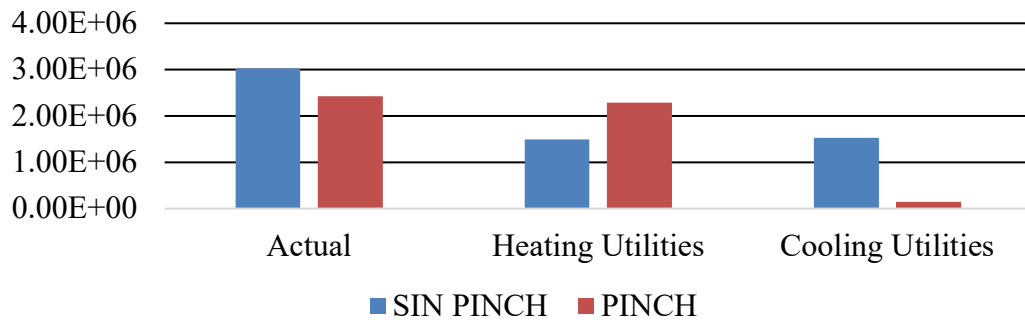


Figura 4.9 Uso de *utilities* del proceso con y sin integración energética.

4.11. Diseño de equipos

4.11.1. Columnas de destilación

Todas las columnas se han diseñado según el código ASME, Sección VIII División I. Y se han considerado todas las cabezas en forma elipsoidal 2:1. Al tener el diámetro y la altura de cada columna, y según el código ASME, la altura de la cabeza y el fondo de las columnas (l) se ha calculado con la siguiente ecuación.

$$l = \frac{D}{4} \quad (4.2)$$

Con las ecuaciones del Anexo A.4 se calcula el grosor y la presión de diseño de las columnas a partir de las condiciones de operación de esta.

Las columnas de destilación utilizan como material A240 316L del código ASME. Este material se trata de un acero inoxidable formado por la aleación de los distintos metales; carbono, manganeso, fósforo, sulfuro, silicio, cromo, níquel, molibdeno y nitrógeno. La combinación de los distintos metales mencionados anteriormente nos evita la formación de corrosión. Una de las principales aplicaciones del tipo de material 316L son los equipos de refinación de petróleo. Este material tiene un valor de estrés (S) de 115 MPa hasta una temperatura de 150°C. La eficiencia de la soldadura (E) es de 0.85, debido a que la soldadura es de tipo 1 con radiografía parcial.

Finalmente, se han obtenido los siguientes resultados.

Tabla 4.5. Diseño de las columnas de destilación.

*Variable	T-301	T-401	T-501
Pd (MPa)	1.13	0.77	0.13
Td (°C)	175	160.7	122.4
t _{mín} (mm)	13.4	5.1	3.9
t _{comercial} (mm)	15.9	6.3	4.8
MAWP (MPa)	1.33	1.6	0.31
Pp (MPa)	1.75	2.03	0.41

*Pd: presión de diseño, Td: temperatura de diseño, t_{mín}: grosor mínimo, t_{comercial}: grosor comercial, MAWP: máxima presión de trabajo, Pp: presión de prueba hidráulica.

4.11.2. Reactor

Los parámetros de diseño del reactor son el diámetro, la longitud, la masa de catalizador, la cual es función del volumen del reactor y el número de tubos.

La ley cinética utilizada para describir el modelo en el simulador ASPEN+ es la de *Bercic y Levec* (Bercic, 1992).

$$-r_{MeOH} = \frac{k_s k_M^2 \left(C_M^2 - \frac{C_W C_D}{K_{eq}} \right)}{(1 + 2(k_M C_M)^{0.5} + k_W C_W)^4} \quad (4.3)$$

Donde las constantes en $\left(\frac{m^3}{kmol}\right)$ son:

- $k_s = 5.35 \cdot 10^{13} \exp\left(-\frac{17280}{T}\right)$
- $k_M = 5.39 \cdot 10^{-4} \exp\left(\frac{8487}{T}\right)$
- $k_W = 8.47 \cdot 10^{-2} \exp\left(\frac{5070}{T}\right)$
- $\ln(K_{eq}) = 0.86 \log T + \frac{3138}{T} + 1.33 \cdot 10^{-3} T - 1.23 \cdot 10^{-5} T^2 + 3.5 \cdot 10^{-10} T$

Para determinar la temperatura y presión del reactor se ha estudiado mediante un análisis de sensibilidad cual es el punto que permite obtener una conversión más alta de metanol, teniendo en cuenta que en el reactor no se pueden exceder los 400°C puesto que puede provocar daños en el catalizador. Cabe destacar que la presión no tiene una afectación en el equilibrio termodinámico puesto que la reacción química es 2 a 2 moles. En este caso, se selecciona una presión de 15 bar puesto que de esta manera se facilita la operación de las operaciones de separación.

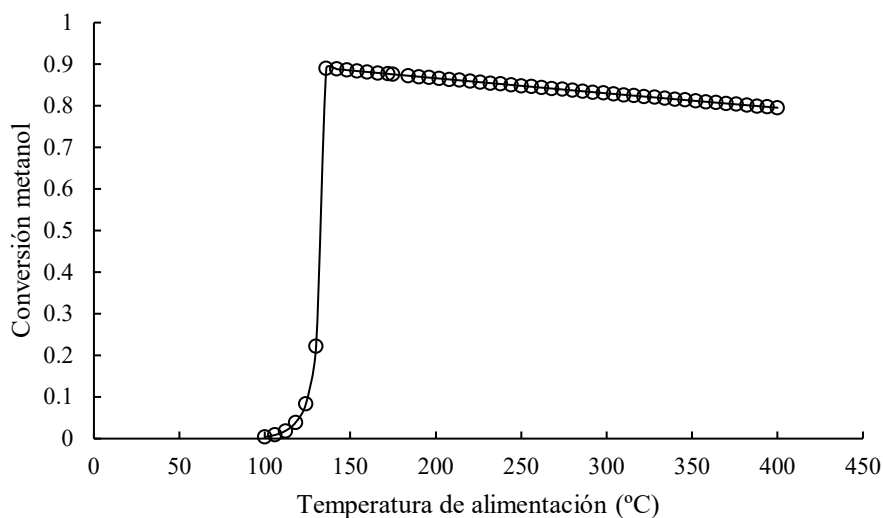


Figura 4.10. Análisis de sensibilidad de la conversión de metanol a P=15 bar y L=8m.

Como se puede observar en la figura 4.10 el punto de máxima conversión es alrededor de 150°C. Sin embargo, se escoge como temperatura de operación 250°C puesto que de esta manera se reduce el volumen del reactor y como se puede comprobar en la figura 4.11. no se excede la temperatura límite de 400°C marcada por las características del catalizador.

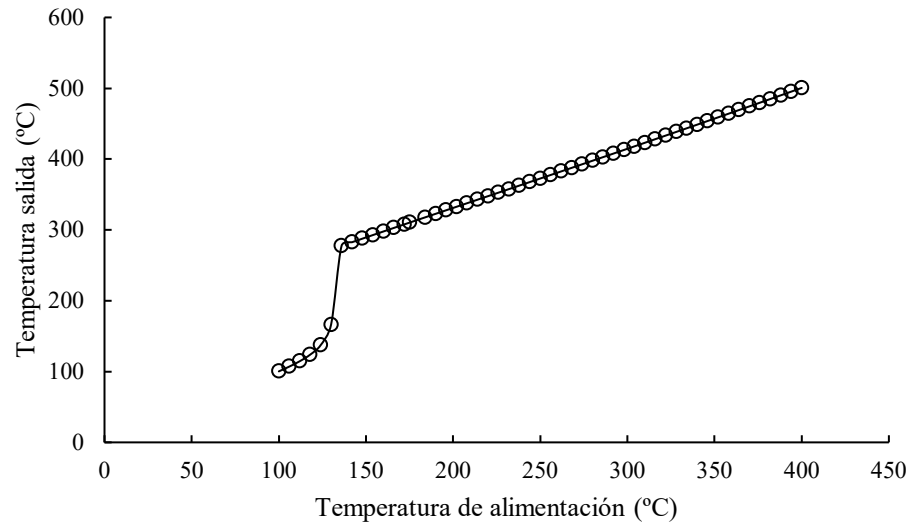


Figura 4.11. Temperatura de salida del reactor adiabático en función de la temperatura de alimentación.

Para determinar el diámetro del reactor y el diámetro de partícula, se ha realizado un análisis de sensibilidad en el que se ha estudiado la afectación a la pérdida de carga. La pérdida de carga se ha simulado mediante la ecuación de Ergun (Fogler, 2016) usando los parámetros de catalizador descritas en la tabla 4.6 proporcionados por los autores de la cinética.

Tabla 4.6. propiedades del catalizador.

Parámetro	Valor
Catalizador	γ -Al ₂ O ₃
Densidad de partícula [kg/m ³]	2050
Densidad del lecho fijo	0.5
Factor de escala de pérdida de carga	1
Rugosidad (ϵ) [m]	4.572e-05

En la figura 4.12. se muestra el análisis de sensibilidad. En este análisis de sensibilidad, se ha variado el diámetro del reactor monotubular y el diámetro de partícula de catalizador. Mediante la ecuación *Ergun* (Fogler) se ha determinado la presión a la salida del reactor. Se considera como una pérdida de carga aceptable un valor inferior a 1 bar.

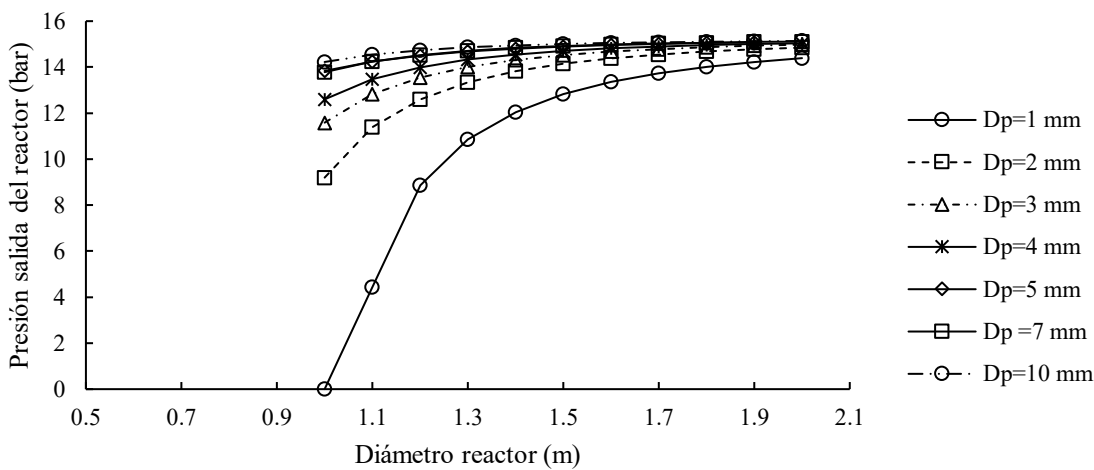


Fig. 4.12. Análisis de sensibilidad de la pérdida de carga a $P_0 = 15$ bar y longitud del reactor 8m.

A partir de esta figura se determina un diámetro de reactor de 1.5m y un diámetro de partícula de 4mm puesto que la pérdida de carga en este punto es aceptable.

4.11.3. Depósito de reflujo

Los depósitos de reflujo de las columnas de destilación utilizan los mismos materiales y condiciones que las columnas de destilación. El volumen y las dimensiones de los depósitos se encuentran en el Anexo A.5.

Los resultados obtenidos para el cálculo de los depósitos de reflujo es el siguiente.

Tabla 4.7. Diseño de los depósitos de reflujo.

Variable	V-301	V-401	V-501
Pd (MPa)	1.13	0.77	0.13
Td (°C)	66.0	128.45	80
t_{\min} (mm)	9.45	3.4	2.5
$t_{\text{comercial}}$ (mm)	9.5	4.8	4.8
MAWP (MPa)	1.44	2.60	1.14
Pp (MPa)	1.88	3.37	1.49

4.12. Diseño de Intercambiadores

El diseño de los intercambiadores se lleva realizando de manera conjunta con las demás tareas para satisfacer sus requisitos desde el inicio del proyecto. Esta satisfacción de requisitos era aproximada para poder hacer un estudio PINCH (apartado 4.4), es sobre este nuevo paradigma que se ha diseñado a detalle cada equipo.

La norma de diseño general por parte de Repsol ha sido el ahorro de agua siempre que sea posible. Esto ha llevado al reemplazo de ciertos intercambiadores tipo tubo-carcasa a aerorefrigeradores. Otro estándar es el uso por defecto de acero inoxidable SS316 y priorizar el uso del tipo BEM para ahorrar costes.

Como Software de diseño se ha utilizado ASPEN HEAT EXCHANGER® para tener coherencia con el software de simulación del proceso.

4.12.1. Intercambiadores tubo/carcasa

En el proceso se encuentran dos intercambiadores de este tipo, uno justo antes de la entrada al reactor R-201 para el precalentamiento de los reactivos y el enfriamiento del producto que une entradas y salidas. El siguiente se encuentra a la salida del proceso en la torre T-401, que pasa a condiciones ambientales las impurezas que salen por la parte superior de la separación, llamado E-401.

Sus hojas de especificación (facilitadas por el Software) se encuentran en los apartados (5.11; 5.14) junto a los planos de los mismos. A continuación, se puede observar una tabla con los datos más relevantes que se encuentran en esas hojas:

Tabla 4.8. Tabla de características de intercambiadores tubo/carcasa

Característica	E-201	E-401
Área de Intercambio (m ²)	44.4	32.4
Longitud (m)	5.486	4.267
Diámetro de Carcasa (m)	0.381	0.381
Consumo de agua (kg/s)*	--	38
Ratio de Transferencia en Servicio (W/(m ² K))	531.7	906.8
Diámetro Exterior de Tubo (in)	1	1
Número de tubos	103	97

* Agua de refrigeración bajo las características descritas en el punto 3.7.3

Los datos sobre los fluidos dentro de estos intercambiadores deben ser visualizados en sus hojas de datos ya dichas. Se ha seguido la normativa TEMA R para su diseño.

4.12.2. Aerorefrigeradores

La imposición de diseño de ahorro de agua da como consecuencia el diseño de aerorefrigeradores en vez de intercambiadores de agua. Excepto en algún caso donde el salto térmico entre corrientes es muy elevado y conlleva el uso de aerorefrigeradores muy grandes, se recurre al uso de intercambiadores de calor con agua.

Los aerorefrigeradores que se han diseñado son en su mayoría para corrientes relacionados con las columnas. Estos son los E-301 y E-501 cuya función es condensar los vapores provenientes de la parte superior de las columnas T-301 y T-501, seguidos de los equipos E-403 y E-503 cuya función es disminuir la temperatura del corriente hasta 43°C para su almacenaje o venta.

Sus hojas de especificación (facilitadas por el Software) se encuentran en los apartados (5.12 ; 5.16 ; 5,17 ; 5,19) junto a los planos de los mismos. A continuación, se puede observar una tabla con los datos más relevantes que se encuentran en esas hojas:

Tabla 4.9. Tabla de características de intercambiadores aerorefrigeradores.

Característica	E-301	E-403	E-501	E-503
Área de Intercambio (m ²)	81206.6	7953.4	1110.7	60966.6
Longitud (m)	42.16	7.92	1.62	64
Anchura (m)	9.13	9.74	9.13	9.13
Consumo de aire (kg/s)*	915	319	69.7	2445
Ratio de Transferencia en Servicio (W/(m ² K))	594.2	218.7	412.8	263.5
Diámetro Exterior de Tubo (in)	1	1	1	1
Número de tubos por Bundle	288	120	72	152

* Aire bajo las características descritas en el punto 3.7.4

Los datos sobre los fluidos dentro de estos intercambiadores deben ser visualizados en sus hojas de datos (5.12; 5.16 ; 5.17 ; 5.19). Se ha seguido la normativa ASME Sección VIII Div 1 para su diseño.

4.12.3. Reboilers

En la parte inferior de las columnas se encuentran una reboilers tipo kettle. Este ha sido diseñado buscando la fracción de vapor requerida según las necesidades de vapor del último plato y la salida de la fase líquida de la torre. Dependiendo de las características de la columna, se ha usado vapores de media o baja presión.

Sus hojas de especificación (facilitadas por el Software) se encuentran en los apartados (5.13 ; 5.15 ; 5.18) junto a los planos de los mismos. A continuación, se puede observar una tabla con los datos más relevantes que se encuentran en esas hojas:

Tabla 4.10. Tabla de características de intercambiadores reboilers

Característica	E-302	E-402	E-502
Área de Intercambio (m ²)	32	820.2	217.3
Longitud (m)	5486.4	6096	6096
Anchura (m)	0.555	1.827	1.523
Consumo de vapores (kg/s)*	1.1	1	8
Ratio de Transferencia en Servicio (W/(m ² K))	218.7	412.8	263.5
Diámetro Exterior de Tubo (in)	1	1	1
Número de tubos por Bundle	120	72	152

* E-302: Media Presión; E-402 y E-502: Baja Presión

Los datos sobre los fluidos dentro de estos reboilers deben ser visualizados en sus hojas de datos y las especificaciones de los servicios del apartado 3.7.

4.13. Diseño de bombas

Cómo se puede observar en los P&IDs se encuentra la instalación de 12 bombas, de las cuales se han diseñado a detalle de tres. Las bombas P-101, P-102, y P-301. Para su diseño se han seguido los siguientes pasos:

Primero se necesitan los datos proporcionados en el punto 4.5 con los que se rellenará la siguiente eq de Bernoulli (4.4):

$$H = z_2 - z_1 + \frac{P_2 - P_1}{g \cdot \rho} + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \cdot g} + H_L \quad (4.4)$$

Se ha asumido que en el caso de las bombas P-101 y P-102 la diferencia de altura geométrica es despreciable, y por lo tanto su valor será nulo. Además, se ha considera que el fluido entre el estado 1 y 2 se encuentra a la misma velocidad o su diferencia es despreciable.

4.13.1. Pérdida de Carga

Ahora que se han discutido los elementos conocidos en la eq (4.5) queda por definir el término H_L que son los metros de pérdida de carga causados local o de manera distribuida.

La pérdida de carga distribuida por la fricción con la tubería en si ha sido calculada con la fórmula de Flamant (1892) para paredes lisas con diámetros entre 10mm y 1000mm. El coeficiente b de Flamant para Acero o Fierro Fundido es de 0.00023.

$$H_D = \frac{4b}{D} \cdot \sqrt{\frac{v^7}{D}} \cdot L \quad (4.5)$$

Tabla 4.11: Carga Distribuida de las bombas

	Longitud de tubería (m)	Velocidad (m/s)	Diámetro (pulgadas)	Hd (m)
P-101 A/B	40	1.2	4	2.15
P-102 A/B	40	1.02	5	0.87
P-103 A/B	15	1.22	6	0.47

La longitud escogida se ha seleccionado teniendo en cuenta el espacio disponible en el terreno intentando ser lo más realistas posibles, en el caso de la bomba P-301 se ha escogido una longitud ligeramente superior a la altura de la columna T-301.

Seguidamente se ha procedido a calcular la pérdida de carga localizada para una serie de equipos que se puedan encontrar a lo largo del recorrido. Se ha supuesto el mismo caso para las 3 situaciones.

Tabla 4.12: Piezas para la pérdida de carga local

Pieza	Entrada	Codo 90°	Empalme	Válvula de globo	Tee de pasada directa
Núm. de Unidades	2	4	2	1	1
Coefficiente Experimental	2.75	0.9	0.4	10	0.6

Utilizando la fórmula siguiente con los datos ya mostrados en las Tablas 4.11 y 4.12 se puede calcular cual es la pérdida de carga por separado de cada equipo y la de todas las locales en conjunto.

$$H_p = K \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \quad (4.6)$$

Tabla 4.13: Tabla de pérdidas de carga por equipo y bomba (metros)

	Entrada	Codo 90	Empalme	Válvula de globo	TEE	Total
P-101 A/B	0.404	0.264	0.059	0.734	0.044	1.505
P-102 A/B	0.292	0.191	0.042	0.530	0.032	1.087
P-103 A/B	0.417	0.273	0.061	0.759	0.046	1.555

Ahora es momento de aplicar la fórmula 4.6 para calcular altura requerida total, esta es visible en la siguiente tabla, con los siguientes datos y los datos de proceso se puede calcular una NPSH disponible:

Tabla 4.14. Tabla de alturas totales requeridas

	$\frac{P_2 - P_1}{g \cdot \rho}$	H _d (m)	H _p (m)	Total	NPSH disponible
P-101 A/B	205	2.15	1.505	209.15	10.86
P-102 A/B	195	0.87	1.087	197.63	3.55
P-301 A/B	15	0.47	1.555	17	5

4.13.2. Diseño de Bombas

Las hojas de especificaciones se encuentran en el apartado (5.20 ; 5.21 ; 5.22) junto a una serie de curvas de las bombas y unos dibujos de estas. En la siguiente tabla se encuentra un breve resumen de unas pocas características para que se puedan ver las diferencias entre las tres:

Tabla 4.15 Tabla de alturas totales requeridas

Variable	P-101 A/B	P-102 A/B	P-103 A/B
Velocidad Rotativa (RPM)	3550	3500	1150
Diámetro del <i>impeller</i> (mm)	301	112	318
Eficiencia de bomba (%)	34.6	44.5	65.3
Potencia (kW)	74.6	15	11.2

4.13.3. Tuberías

Para minimizar las pérdidas de energía en las tuberías, se ha seleccionado un grosor de calorifugado para las líneas con una temperatura superior a 40°C. Por consiguiente, se ha excluido las líneas de nitrógeno y agua de refrigeración. Cabe mencionar, que también se decide instalar calorifugado en las líneas para proteger a los trabajadores de las altas temperaturas, puesto que hay zonas del proceso con temperaturas superiores a los 300°C que pueden ocasionar graves quemaduras.

El aislante seleccionado es la lana mineral, esta es económica y de fácil instalación. Como desventaja presenta que absorbe agua. Sin embargo, desde que los equipos instalados son de acero inoxidable, no se considera un peligro.

En la tabla 4.16. se muestran los grosores mínimos que deben instalarse en función del diámetro exterior de la línea y la temperatura del fluido que transporta.

Tabla 4.16. Espesor mínimo de aislamiento según diámetro.

Diámetro exterior [mm] de la tubería	Espesor mínimo del aislamiento en función de la temperatura máxima del fluido [mm]		
	40-60°C	60-100°C	100-180°C
$D \leq 60$	30	30	40
$60 < D \leq 90$	30	30	40
$90 < D \leq 140$	30	40	50
$140 \leq D$	35	40	50

Teniendo en cuenta los diámetros externos de las tuberías del proceso y la temperatura del fluido que transportan, se ha especificado el grosor del aislante en el listado de tuberías.

4.13.4. Válvula de seguridad PSV

Se han diseñado las válvulas de seguridad de cada columna de destilación. Para dimensionar las válvulas PSV de seguridad se ha utilizado la expresión que facilita el catálogo de válvulas nacional.

$$A = \frac{W}{387.2 \cdot C \cdot P \cdot K \cdot K_1 \cdot K_2} \sqrt{\frac{ZT}{M}} \quad (4.7)$$

Donde:

- W : es el cabal másico en kg/h.
- C : es el coeficiente de expansión (en función de k , relación de C_p/C_v)
- P : presión de descarga (kg/cm²) (a).
- K : Coeficiente de descarga.
- K_1 : Coeficiente corrector por contrapresión en válvulas.
- K_2 : Coeficiente corrector por contrapresión en válvulas equilibradas, si $P_2 > 0.3P_1$.
- Z : Factor de compresibilidad a P y T .
- T : Temperatura (K).
- M : Massa molecular.

En los tres casos, el cabal que se ha usado para calcular la sección de la PSV es el cabal másico que entra a la columna. De esta manera se cubre el peor escenario. En la tabla se pueden observar los parámetros de diseño.

Tabla 4.17. Parámetros de diseño de las válvulas PSV.

	PSV-301	PSV-401	PSV-501
W (kg/h)	33316	13699	13228
C	0.66	0.607	0.609
k	0.946	0.946	0.946
MAWP (bar)	20	10	20
P1 (bar)	15	7	1.1
P (bar)	20	10	3.5
K1	1	1	1
K2	0.95	0.95	0.95
Z	1	1	1
T (K)	423	713	356.5
M (kg/mol)	32	22.27	22.04
A calculada (cm ²)	23.37	27.93	71.73
Área catalogo (cm ²)	28	28	103.2
Orificio catálogo	N 4-300x6-150	N 4-300x6-150	R 6-150x8-150

4.13.5. Válvula de control

Se ha seleccionado una válvula de control de tipo globo para nuestro proceso. En esta válvula, las fugas en el asiento de la válvula están clasificadas como Clase IV, es decir, la máxima capacidad de fuga corresponde al 0.01%.

La C_v de una válvula corresponde al índice de capacidad sobre la cual se puede estimar rápidamente y con precisión el tamaño requerido de una restricción en cualquier fluido del sistema. Es decir, es el coeficiente de flujo de una válvula. Para un buen diseño de la válvula hay que tener en cuenta distintos escenarios que pueden ocurrir, como son la cavitación, vaporización o *choked flow*. A partir de este valor se obtendrán las dimensiones de la válvula del proceso mediante catálogos.

4.13.6. Diseño

Para realizar el diseño de la válvula se necesitan los parámetros iniciales de la línea donde está situada. (Emerson, 2019)

Tabla 4.18. Parámetros de la válvula

Válvula	W (kg/h)	Q (m ³ /h)	P ₁ (bar)	P ₂ (bar)	ΔP	T(°C)	P _v (bar)	P _c (bar)	ρ ₁ /ρ ₀
FCV101	27781.3	35.09	16.98	15.3	0.9	26.3	0.178	81.2	0.796

Según las tablas de modelización de válvulas de control, el valor de N_1 corresponde a 0.865 y al no tener la válvula conectada a ningún codo ni reductor, el valor de F_p corresponde a 1.

$$C_v = \frac{Q}{N_1 \cdot F_p \cdot \sqrt{\frac{\Delta P_{sizing}}{\frac{\rho_1}{\rho_0}}}} \quad (4.8)$$

Se obtiene que C_v de la válvula es 27.9.

$$K_v = \frac{Q}{31.6} \cdot \sqrt{\frac{\rho_1}{\Delta P}} \quad (4.9)$$

Por otro lado, se obtiene que la K_v de la válvula es de 24.1. Con la siguiente ecuación se comprueba que los cálculos son correctos y cumplen con la condición.

$$C_v = 1.16 \cdot K_v \quad (4.10)$$

Finalmente, a partir de los datos del catálogo se ha escogido la válvula de puerto reducido con bridas que corresponde a un diámetro nominal de 1 ¼ ”, es decir, 32mm. Las dimensiones se especifican en las hojas técnicas.

5. HOJAS DE ESPECIFICACIÓN

5.1. Columna T-301

TOWER DATA SHEET

1	GENERAL	Manufacturer:									
2		Item: T-301									
3		Service: Destilación para la obtención del DME									
4		Type: Columna de destilación									
5	OPER. CONDIT.	Product		Dimetiléter		TOWER SKETCH					
6		Temper.		45.99 °C							
7		Pressure		9.44 kg/cm ² g							
8		Liquid Density		619.1 kg/m ³							
9		Tray Number (Bottom Tray=No.1)		14							
10		Tower Inside Diameter		2.31 mm.							
11		Tray Spacing		889 mm.							
12		Max. ΔP		0.043 kg/cm ²							
13		Minimum Area/Downcomer		3776 cm ²							
14		Valves, Bubble Caps / Tray		168							
15	DESIGN DATA	Des.Pr. (eff.)		10.54 kg/cm ² g							
18		Des.Temp.		175 °C							
19		Kinematic viscosity		0.00219 cm ² /s							
20		Hydr. Test		16.85 kg/cm ² g							
21		Code:		ASME, sección VIII División I							
22		Corr.Allow.mm: Shell / Heads		0.42 / 2.5 mm.							
23		Joint Efficiency:		85 %							
24		Stress Rel.:		X Yes No							
25		Radiograph:		X Yes No							
26		Sandblast:		Yes X No							
27	Paint:		X Yes No								
28	Insulation:		X Yes No								
29	Fireproofing:		X Yes No								
30	Wind Load:		50 kg/m ²								
31	Wt.Empty:		15721.9 kg								
32	Wt.Full Water:		86359.1 kg								
33	INTER AREA & S	Tray No.		Diam.		Spacing		Material			
34		Thru 1 to 14		2.31 m		889 mm		A240 316L			
35		Contact Device:		Bubble Caps		X Valves		Perfor.			
36											
37											
38											
39											
40											
41											
42											
43	MATERIAL	Shell-Top		Thick. (mm.)		Mat'l Class					
44		Intermed		15.9		A240 316L					
45		Bottom		15.9		A240 316L					
46		Head-Top									
47		Intermed		15.9		A240 316L					
48		Bottom		15.9		A240 316L					
49		Clíndric Section		15.9		A240 316L					
50		Cladding, Lining		2							
51											
52											
53	NOZZLE	Service		Mark		No.		Size		Rating	
54		Salida cabeza columna		S		301		12"		150 #	
55		Entrada reflujo líquido		E		302		6"		150 #	
56		Ventleo		V		301		4"		150 #	
57		Boca libre		F		302		3"		150 #	
58		Transmisor temperatura		T		301		3"		150 #	
59		Boca de hombre		M		301		24"		150 #	
60		Boca libre		F		301		10"		150 #	
61		Entrada alimentación columna		E		301		10"		150 #	
62		Transmisor temperatura		T		302		3"		150 #	
63	Transmisor presión		P		301		3"		150 #		
64	Transmisor temperatura		T		303		3"		150 #		
65	Transmisor temperatura		T		304		3"		150 #		
66	Transmisor temperatura		T		303		3"		150 #		
67	Transmisor temperatura		T		304		3"		150 #		
68	NOTES: Cabezas elipsoidal 2:1										
69	Soldadura tipo 1										
70											
71											
72											
73											
74											
75											
76											
77											
78											
79	o		30/05/2022								
80	REV.		DATE		PREP.		APPR.				
81											



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


5.2. Columna T-401

TOWER DATA SHEET


1	GENERAL		Manufacturer:			TOWER SKETCH												
2	Item:		T-401															
3	Service:		Separación impurezas															
4	Type:		Columna de destilación															
5	OPER. CONDT.		Product		Impurezas													
6	Temper.		108.4		°C													
7	Presure		5.91		kg/cm ² g													
8	Liquid Density		684.3		kg/m ³													
9																		
10	Tray Number (Bottom Tray=No.1)		12															
11	Tower Inside Diamenter		780		mm.													
12	Tray Spacing		889		mm.													
13	Max. ΔP		0.074		kg/cm ²													
14	Minimum Area/Downcomer		438.2		cm ²													
15	Valves, Bubble Caps / Tray		23															
16																		
17																		
18	DESIGN DATA		Des.Pr.(eff.)		6.76							kg/cm ² g						
19	Des. Temp.		160.69		°C													
20	Viscosity liquid		0.00253		cm2/s													
21																		
22	Hydr. Test		19.7		kg/cm ² g													
23	Code:		ASME, sección VIII División I															
24	Corr.Allow.mm: Shell / Heads		1.25 / 3.26		mm.													
25	Joint Efficiency:		85		%													
26	Stress.Rel.:		x Yes		No													
27	Radiograph:		x Yes		No													
28	Sandblast:		Yes		x No													
29	Paint:		x Yes		No													
30	Insulation:		x Yes		No													
31	Fireproofing:		x Yes		No													
32	Wind Load:		50		kg/m ²													
33																		
34	Wt.Empty:		1371.4		kg													
35	Wt.Full Water:		6613.2		kg													
36	I N T E R N A T I O N A L & L O C A L S		Tray No.		Diam.	Spacing	Material											
37			1 to 12		780 mm	889 mm	A240 316L											
38			Thru															
39			Thru															
40			Thru															
41			Contact Device:															
42					Bubble Caps													
43					X Valves													
44					Perfor.													
45																		
46																		
47	M A T E R I A L		Shell-Top		Thick. (mm.)	Mat'l Class												
48			Intermed		6.3	A240 316L												
49			Bottom		6.3	A240 316L												
50																		
51			Head-Top															
52			Intermed		6.3	A240 316L												
53			Bottom		6.3	A240 316L												
54																		
55			Cilindric Section		6.3	A240 316L												
56																		
57			Cladding, Lining		2													
58																		
59	N O O Z Z L E		Service		Mark	No.	Size	Rating	Service		Mark	No.	Size	Rating				
60			Salida cabeza columna		S	401	6"	150 #	Boca de hombre		M	402	24"	150 #				
61			Entrada reflujo liquido		E	402	2"	150 #	Entrada utility (nitrogeno)		N	401	4"	150 #				
62			Venteo		V	401	4"	150 #	Entrada utility (vapor)		N	402	4"	150 #				
63			Boca libre		F	402	3"	150 #	Entrada reflujo vapor		E	403	6"	150 #				
64			Transmisor temperatura		T	401	3"	150 #	Tranmsior de nivel		L	401	3"	150 #				
65			Boca de hombre		M	401	24"	150 #	Drenaje columna		D	401	4"	150 #				
66			Boca libre		F	401	8"	150 #	Salida fondo columna		S	402	4"	150 #				
67			Entrada alimentación columna		E	401	8"	150 #										
68			Transmisor temperatura		T	403	3"	150 #										
69			Transmisor presión		P	401	3"	150 #										
70			Transmisor temperatura		T	402	3"	150 #										
71			Transmisor temperatura		I	404	3"	150 #										
72	NOTES:		Cabezas elipsoida 2:1															
73			Soldadura tipo 1															
74																		
75																		
76																		
77																		
78																		
79	o		30/05/2022															
80	REV.		DATE		PREP.		APPR.											
81										 UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química Departament d'Enginyeria Química								

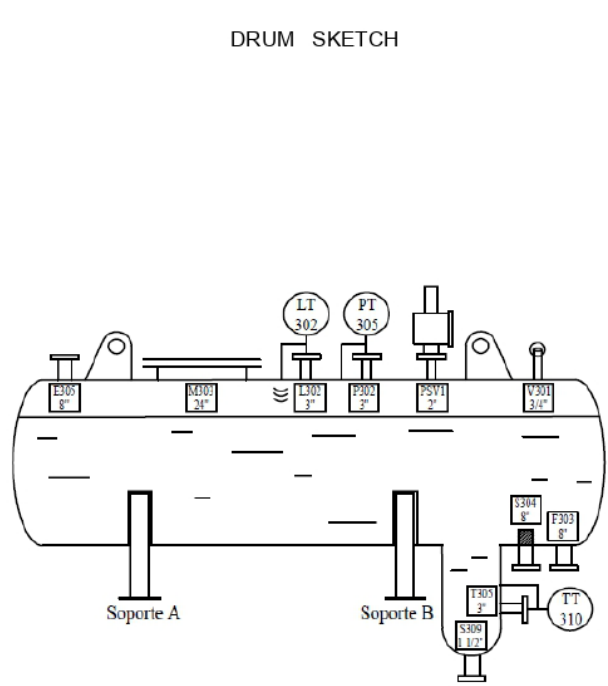
5.3. Columna T-501

TOWER DATA SHEET


1	GENERAL		Manufacturer:								
2			Item: T-501								
3			Service: Destilación mezcla metanol-agua								
4			Type: Columna de destilación								
5			Product		Metanol	TOWER SKETCH					
6			Temper.		60 °C						
7			Pressure		0.09 kg/cm ² g						
8			Liquid Density		750.1 kg/m ³						
9											
10			Tray Number (Bottom Tray=No.1)		14						
11			Tower Inside Diameter		3 m						
12			Tray Spacing		800 mm.						
13			Max. ΔP		0.073 kg/cm ²						
14			Minimum Area/Downcomer		6676 cm ²						
15			Valves, Bubble Caps / Tray		356						
16											
17											
18			Des.Pr.(eff.)		0.29 kg/cm ² g						
19			Des.Temp.		122.4 °C						
20			Viscosity liquid		0.00388 cm ² /s						
21											
22			Hydr. Test		3.14 kg/cm ² g						
23			Code:		ASME, sección VIII División						
24			Corr.Allow.mm: Shell / Heads		0.86 / 2.86 mm.						
25			Joint Efficiency:		85 %						
26			Stress Rel.:		<input checked="" type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No						
27			Radiograph:		<input checked="" type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No						
28			Sandblast:		<input type="checkbox"/> Yes <input checked="" type="checkbox"/> No						
29			Paint:		<input checked="" type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No						
30			Insulation:		<input checked="" type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No						
31			Fireproofing:		<input checked="" type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No						
32			Wind Load:		50 kg/m ²						
33											
34			Wt.Empty:		6404.9 kg						
35			Wt.Full Water:		130812 kg						
36			Tray No.		Diam.	Spacing					
37			Thru 1 to 14		3 m	0.8 m	Material A240 316L				
38			Thru to								
39			Thru to								
40			Thru to								
41			Contact Device:		Bubble Caps						
42					<input checked="" type="checkbox"/> Valves						
43					<input type="checkbox"/> Perfor.						
44											
45											
46											
47					Thick. (mm.)	Matl Class					
48			Shell-Top								
49			Intermed		4.8	A240 316L					
50			Bottom		4.8	A240 316L					
51											
52			Head-Top								
53			Intermed		4.8	A240 316L					
54			Bottom		4.8	A240 316L					
55											
56			Cone Section		4.8	A240 316L					
57			Cladding, Lining		2						
58											
59			Service		Mark	No.	Size	Rating	Service		
60			Salida cabeza columna		S	501	28"	150 #	Boca de hombre		
61			Entrada reflujo liquido		E	502	5"	150 #	Entrada utility (nitrogeno)		
62			Venteo		V	501	4"	150 #	Entrada utility (vapor)		
63			Boca libre		F	501	3"	150 #	Entrada reflujo vapor		
64			Transmisor temperatura		T	501	3"	150 #	Tranmisor de nivel		
65			Boca de hombre		M	501	24"	150 #	Drenaje columna		
66			Boca libre		F	501	28"	150 #	Salida fondo columna		
67			Entrada alimentación columna		E	501	28"	150 #			
68			Transmisor temperatura		T	502	3"	150 #			
69			Transmisor presión		P	501	3"	150 #			
70			Transmisor temperatura		T	503	3"	150 #			
71			Transmisor temperatura		T	504	3"	150 #			
72			NOTES: Cabezas elipsoidal 2:1								
73			Soldadura tipo 1								
74											
75											
76											
77											
78											
79			o		30/05/2022						
80			REV.		DATE	PREP.	APPR.	 UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGLI Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química Departament d'Enginyeria Química			
81											

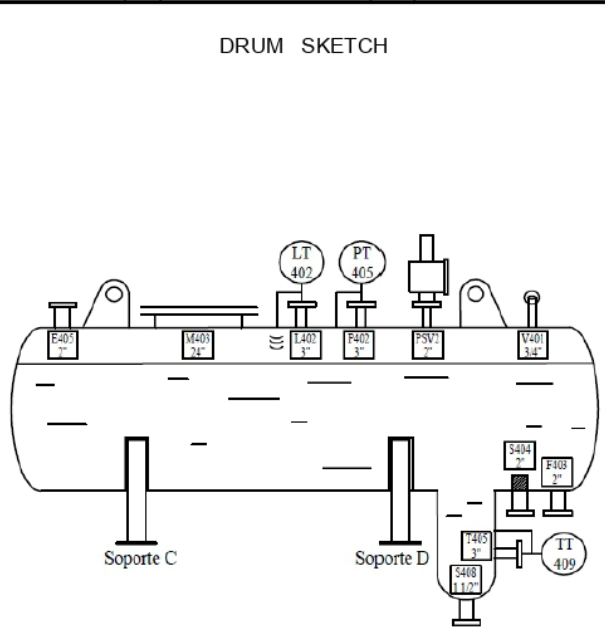
5.4. Depósito V-301

1	GENERAL	Manufacturer:				
2	GENERAL	Item:	V-301			
3	GENERAL	Description:	Tanque reflujo de la columna T-301		Position:	X Horiz. Vertical
4	OPERATING	Product:	Dimetiléter			
5		Operating Pressure (eff.)	9.44		kg/cm ² g	
6		Operating Temperature	46		°C	
7		Liquid Density	619		kg/m ³	
8	DESIGN DATA	Design Pressure (eff.)	10.6		kg/cm ² g	
9		Design Temperature	66		°C	
10		Hidrostatic Test (eff.)	18.1		kg/cm ² g	
11		Corr. Allow. Shell / Heads	9.5		mm	
12		Joint Eff. Shell / Heads	0.85			
13		Code:	ASME, sección VIII División I			
14		Radiograph:	Parcial/Spot			
15		Stress Relieve:	X	Yes	No	
16						
17		Wind Load:	50		kg/m ²	
18						
19	MATERIALS		Thickness	Mat'l Class		
20		Shell	9.5 mm	A240 316L		
21		Heads	9.5 mm	A240 316L		
22		Lining	2 mm			
23		Nozzle Necks	A240 316L			
24		Flanges	A240 316L			
25	CONSTRUCTION		Dia.	L / H	Material	
26		Shell	1.3 m	4.3	A240 316L	
27		Heads	1.3 m	4.3	A240 316L	
28		Insulation:	X	Yes	No	
29	Fireproofing:	X	Yes	No		
30	Sandblast:		Yes	X	No	
31	Paint:	X	Yes	No		
32		Wt. Empty:	1954		kg	
33		Wt. Full Water:	51.4		t	
34	NOZZLES	Service	Mark	Nº	Size	Rating
35		Corriente entrada	E	305	8"	150 #
36		Boca de hombre	M	303	24"	150 #
37		Transmisor nivel	L	302	3"	150 #
38		Transmisor presión	P	302	3"	150 #
39		Válvula de seguridad	PSV	1	2"	150 #
40		Válvula de alivio	V	301	3/4"	150 #
41		Salida producto	S	304	8"	150 #
42		Boca libre	F	303	8"	150 #
43		Transmisor temperatura	T	305	3"	150 #
44	Salida drenaje	S	309	1 1/2"	150 #	
45		NOTES: Cabezas elipsoidal 2:1				
46		Soldadura tipo 1				
47						
48						
49						
1	REV.	DATE	PREP.	APPR.	 UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGLI Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química Departament d'Enginyeria Química	



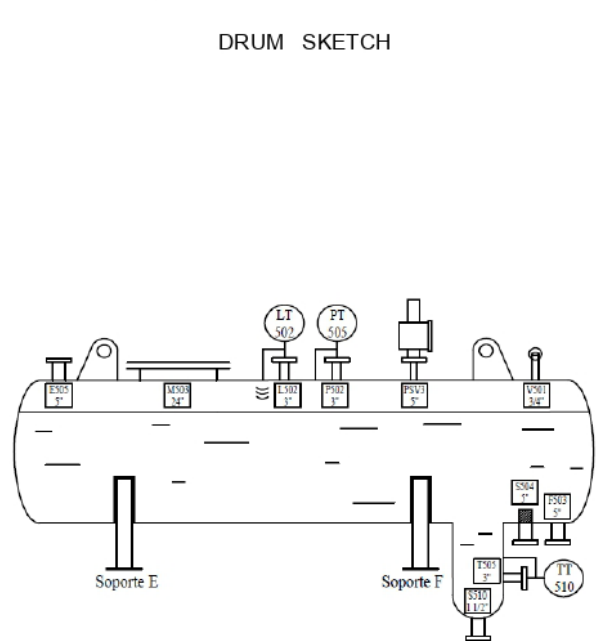
5.5. Depósito V-401

1	GENERAL	Manufacturer:					
2		Item:	V-401				
3		Description:	Tanque reflujo de la columna T-401		Position:	X Horiz.	
4	OPERATING	Product:	Impurezas (acetona, DME, metanol...)				
5		Operating Pressure (eff.)	5.91 kg/cm ² g				
6		Operating Temperature	108 °C				
7		Liquid Density	684 kg/m ³				
8	DESIGN DATA	Design Pressure (eff.)	6.85 kg/cm ² g				
9		Design Temperature	128 °C				
10		Hidrostatic Test (eff.)	35.3 kg/cm ² g				
11		Corr. Allow. Shell / Heads	4.8 mm				
12		Joint Eff. Shell / Heads	0.85				
13		Code:	ASME, sección VIII División I				
14		Radiograph:	Parcial/Spot				
15		Stress Relieve:	x	Yes	No		
16		Wind Load:	50 kg/m ²				
17	MATERIALS	Thickness	Mat'l Class				
20		Shell	4.8 mm	A240 316L			
21		Heads	4.8 mm	A240 316L			
22		Lining	2 mm				
23		Nozzle Necks	A240 316L				
24	Flanges	A240 316L					
25	CONSTRUCTION	Dia.	L / H	Material			
26		Shell	0.36 m	4.5	A240 316L		
27		Heads	0.36 m	4.5	A240 316L		
28		Insulation:	X	Yes	No		
29		Fireproofing:	X	Yes	No		
30	Sandblast:		Yes	X	No		
31	Paint:	X	Yes	No			
32		Wt. Empty:	100 kg				
33		Wt. Full Water:	1654 kg				
34	NOZZLE SPECIFICATIONS	Service	Mark	Nº	Size	Rating	
35		Corriente entrada	E	405	2"	150 #	
36		Boca de hombre	M	403	24"	150 #	
37		Transmisor nivel	L	402	3"	150 #	
38		Transmisor presión	P	402	3"	150 #	
39		Válvula de seguridad	PSV	2	2"	150 #	
40		Válvula de alivio	V	401	3/4"	150 #	
41		Salida producto	S	404	2"	150 #	
42		Boca libre	F	403	2"	150 #	
43		Transmisor temperatura	T	40	3"	150 #	
44	Salida drenaje	S	408	1 1/2"	150 #		
45		NOTES: Cabezas elipsoidales 2:1					
46		Soldadura tipo 1					
47							
48							
49							
0	29/05/2022						
REV.	DATE	PREP.	APPR.	 UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química Departament d'Enginyeria Química			



5.6. Depósito V-501

1	GENERAL	Manufacturer:					
2		Item:	V-501				
3		Description:	Tanque refluo de la columna T-501		Position:	X Horiz.	Vertical
4	OPERATING	Product:	Metanol				
5		Operating Pressure (eff.)			0.09	kg/cm ² g	
6		Operating Temperature			60	°C	
7		Liquid Density			750	kg/m ³	
8	DESIGN DATA	Design Pressure (eff.)			0.29	kg/cm ² g	
9		Design Temperature			80	°C	
10		Hidrostatic Test (eff.)			14.2	kg/cm ² g	
11		Corr. Allow.	Shell / Heads		4.8	mm	
12		Joint Eff.	Shell / Heads		0.85		
13		Code:	ASME, sección VIII División I				
14		Radiograph:	Parcial/Spot				
15	MATERIALS	Stress Relieve:		x	Yes	No	
16		Wind Load:			50	kg/m ²	
17							
18							
19	CONSTRUCTION	Thickness	Mat 1 Class				
20		Shell	4.8 mm	A240 316L			
21		Heads	4.8 mm	A240 316L			
22		Lining	2 mm				
23		Nozzle Necks		A240 316L			
24	Flanges		A240 316L				
25	SCHEMATIC		Dia.	L / H	Material		
26		Shell	0.81 m	4	A240 316L		
27		Heads	0.81 m	4	A240 316L		
28		Insulation:		x	Yes	No	
29		Fireproofing:		x	Yes	No	
30		Sandblast:			Yes	x	No
31		Paint:		x	Yes	No	
32		Wt. Empty:			424	kg	
33		Wt. Full Water:			2358	kg	
34		OPERATING DATA	Service	Mark	Nº	Size	Rating
35	Corriente entrada		E	505	5"	150 #	
36	Boca de hombre		M	503	24"	150 #	
37	Transmisor nivel		L	502	3"	150 #	
38	Transmisor presión		P	502	3"	150 #	
39	Válvula de seguridad		PSV	3	5"	150 #	
40	Válvula de alivio		V	501	3/4"	150 #	
41	Salida producto	S	504	5"	150 #		
42	Boca libre	F	503	5"	150 #		
43	Transmisor temperatura	T	505	3"	150 #		
44	Salida drenaje	S	510	1 1/2"	150 #		
45							
46							
47							
48							
49							
0	29/05/2022						
REV.	DATE	PREP.	APPR.				

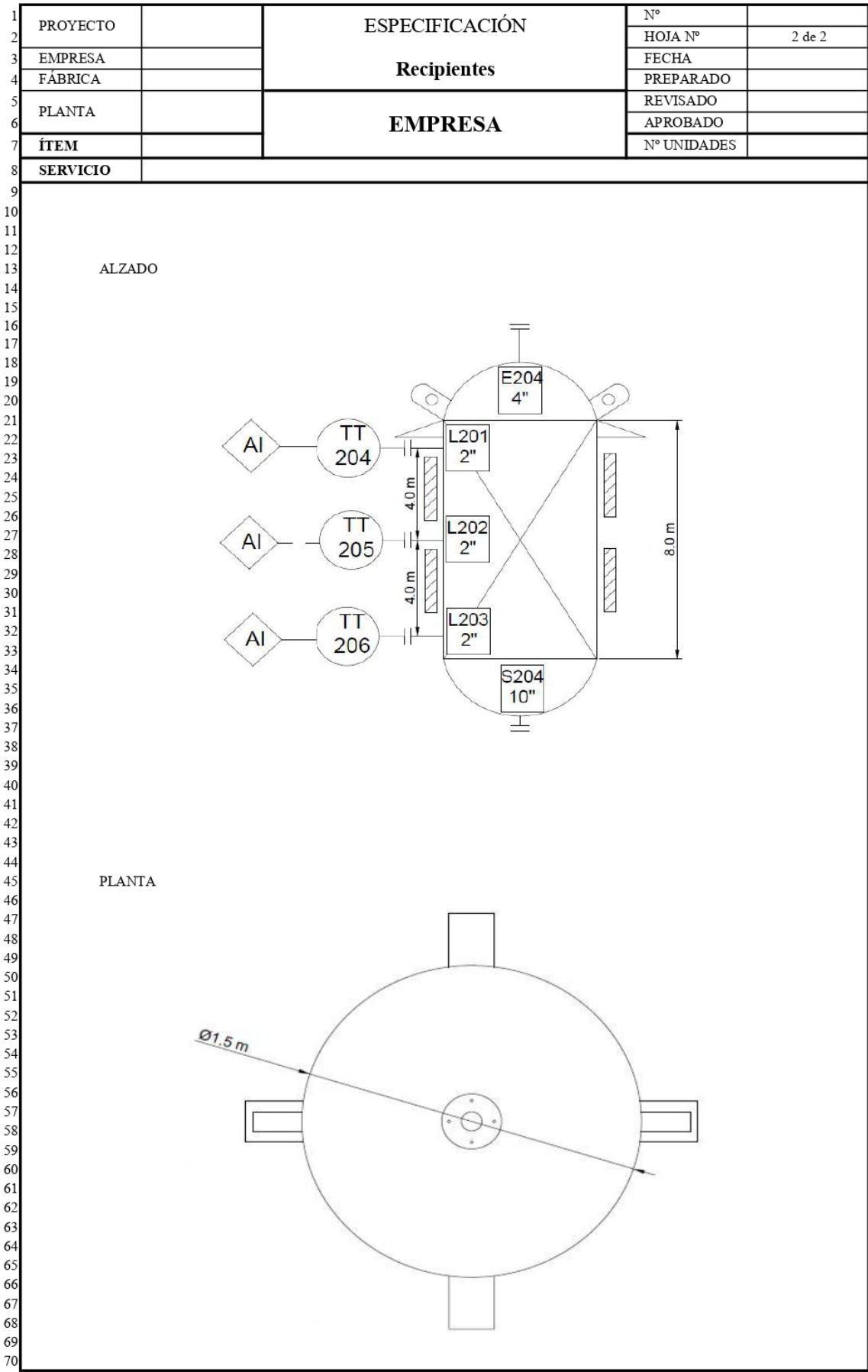


NOTES: Cabezas elipsoidal 2:1
Soldadura tipo 1

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

5.7. Reactor R-201

1	PROYECTO	TFG	ESPECIFICACIÓN		N°			
2		DME			HOJA N°	1 de 2		
3	EMPRESA		Recipientes		FECHA			
4	FÁBRICA				PREPARADO			
5	PLANTA		EMPRESA		REVISADO			
6					APROBADO			
7	ÍTEM				N° UNIDADES			
8	SERVICIO							
9	OPERACIÓN	DESCRIPCIÓN Reactor						
10		PRODUCTO DME						
11		TEMPERATURA	250/379	°C				
12		PRESIÓN	15.00	kg/cm ² g				
13		DENSIDAD	11.19	kg/m ³				
14	CONSTRUCCIÓN	DIMENSIONES	DIAMETRO	1.80 m	DISEÑO Y PRUEBA	CÓDIGOS	ASME VIII Div. 1	
15			LONG. / ALT.	8.00 m			CONDICIONES DE DISEÑO	TEMPERAT.
16			ESPESOR	5.00 mm		PRESIÓN		20 kg/cm ² g
17		FONDOS		SUPERIOR		DENSIDAD		11.19 kg/m ³
18			INFERIOR			PRESIÓN DE PRUEBA	HIDRAÚLICA	
19		VOL. / PESO	VOL. ÚTIL	14.00 m ³			NEUMÁTICA	
20			VOL. TOTAL	15.00 m ³		ESPELOR DE CORROSIÓN	3 mm	
21			PESO	kg		EFICACIA DE SOLDADURA	0.8	
22		INSTALACIÓN				ALIVIO DE TENSIONES		
23		AISLAMIENTO	Lana mineral			RADIOGRAFIADO	Parcial	
24	PINTURA							
25								
26	MATERIALES	DESCRIPCIÓN		COMENTARIOS				
27		CUERPO						
28		TAPAS/FONDOS						
29		BRIDAS CUERPO		SS 316				
30		VALONA BRIDAS CUERPO		SS 316				
31		BRIDAS TUBULADUR.		SS 316				
32		TUBULADURAS		SS 316				
33		PLACA PARTICION		SS 316				
34		CORTACORRIENTES		SS 316				
35		SOPORTES PARA INTERNOS		SS 316				
36		TORNILLOS/TUERCAS INT.		SS 316				
37		TORNILLOS/TUERCAS EXTER.		SS 316				
38		JUNTAS INTERIOR		SS 316				
39	JUNTAS EXTERNAS		SS 316					
40	SOPORTES EXTERIORES		SS 316					
41								
42								
43	TUBULADURAS	MARCA	CANT.	SERVICIO	D.N.	RATING		
44		E204	1	ENTRADA DE PRODUCTO	4"	150 #		
45		S204	1	SALIDA DE PRODUCTO	10"	150 #		
46		L204	1	TRANSMISOR DE TEMPERATURA	2"	150 #		
47		L205	1	TRANSMISOR DE TEMPERATURA	2"	150 #		
48		L206	1	TRANSMISOR DE TEMPERATURA	2"	150 #		
49								
50								
51								
52								
53								
54								
55								
56								
57								
58	NOTAS							
59								
60		El reactor se sujeta a un edificio mediante los soportes trapezoidales.						
61		El reactor se instala mediante una grúa que se enganche en las orejas (orificios)						
62								
63								
64								
65								
66								
67								
68								
69								
70								

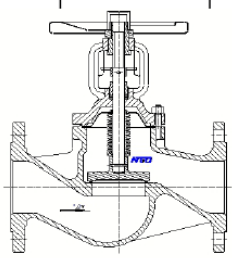


5.8. Mezclador estático

1	PROYECTO	TFG	ESPECIFICACIÓN		N°		
2					HOJA N°	1 de 1	
3	EMPRESA		Mezclador Estático		FECHA	25/05/2022	
4	FÁBRICA				PREPARADO		
5	PLANTA	DME	EMPRESA		REVISADO		
6					APROBADO		
7	ÍTEM				N° UNIDADES	1	
8	SERVICIO						
9	OPERACIÓN	DESCRIPCIÓN					
10		CANTIDAD EN OPERACIÓN	1.00				
11		TIPO					
12							
13		FLUIDO 1					
14		CAUDAL	2.8E+04 kg/h				
15		PRESIÓN OPERACIÓN	14.57 kg/cm2g				
16		TEMPERATURA OPERACIÓN	26.20 °C				
17		DENSIDAD	791.70 kg/m3				
18		VISCOSIDAD	cP				
19							
20		FLUIDO 2					
21		CAUDAL	5,534.48 kg/h				
22		PRESIÓN OPERACIÓN	14.57 kg/cm2g				
23	TEMPERATURA OPERACIÓN	61.48 °C					
24	DENSIDAD	748.22 kg/m3					
25	VISCOSIDAD	cP					
26							
27	CONDICIONES DE SALIDA						
28	PÉRDIDA DE CARGA (Admisible)	0.10 kg/cm2					
29	DISEÑO Y PRUEBA	CÓDIGOS					
30							
31		CONDICIONES DE DISEÑO	TEMPERAT.	100 °C			
32			PRESIÓN	20 kg/cm2g			
33		PRESIÓN DE PRUEBA	DENSIDAD	791.7 kg/m3			
34			HIDRAÚLICA				
35	NEUMÁTICA						
36							
37							
38							
39							
40							
41	MATERIALES		DESCRIPCIÓN	COMENTARIOS			
42			CUERPO	SS 316			
43			TUBULADURAS	SS 316			
44			BRIDAS CUERPO	SS 316			
45			BRIDAS TUBULADUR.	SS 316			
46			BRIDAS TUBULADUR.	SS 316			
47			INTERNOS	SS 316			
48							
49			TORNILLOS/TUERCAS INT.				
50			TORNILLOS/TUERCAS EXTER.				
51			JUNTAS INTERIOR				
52		JUNTAS EXTERNAS					
53		SOPORTES EXTERIORES					
54							
55							
56							
57							
58	TUBULADURAS	MARCA	CANT.	SERVICIO	D.N.	RATING	
59		E101	1	CONEXIÓN A PROCESO	4"		
60		E102	1	CONEXION A NITROGENO	4"		
61		S101	1	SALIDA PRODUCTO	4"		
62							
63							
64							
65							
66							
67	NOTAS						
68							
69							
70							

5.10. Válvula de control

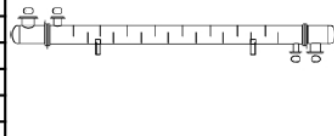
1	PROYECTO	TFG	ESPECIFICACIÓN		Nº	1.00
2	EMPRESA		Válvula de Control		HOJA Nº	1 de 1
3	FÁBRICA				FECHA	05/06/2022
4	PLANTA	Producción DME	EMPRESA		PREPARADO	05/06/2022
5					REVISADO	
6					APROBADO	
7						
8	ITEM					
9	REFERENCIA P&ID		FCV	101		
10	SERVICIO			Metanol		
11	DIAMETRO LINEA	mch		4		
12	FASE			LIQUIDO		
13	VAPORIZACION EN VALVULA	(SI/NO)		NO		
14	CAUDAL	NORMAL	kg/h	27781.3		
15	CAUDAL	MINIMO/MAXIMO	kg/h	22225.0 33337.6		
16	PERDIDA CARGA NORMAL		kg/cm2	1.68		
17	PERDIDA CARGA MINIMA/MAXIMA		kg/cm2	1.00 16.8		
18						
19						
20	PRESIÓN DE ENTRADA		kg/cm2g	15.98		
21	TEMPERATURA ENTRADA		°C	26.30		
22						
23	Fase GAS					
24	DENSIDAD		kg/m3			
25	VISCOSIDAD		cP			
26	PESO MOLECULAR					
27	RELACIÓN CP/CV					
28	FACTOR COMPRESIBILIDAD Z					
29						
30	Fase LÍQUIDA					
31	DENSIDAD		kg/m3	791.70		
32	VISCOSIDAD		cP	0.53		
33	PRESIÓN VAPOR		kg/cm2a	0.18		
34						
35						
36	VÁLVULA					
37	Cv CALCULADO			27.92		
38	Cv INSTALADO			37.12		
39	ESTANQUEIDAD REQUERIDA			Clase IV		
40	ACCIÓN A FALLO DE AIRE			Fallo Cierra		
41						
42	Notas Dimensiones de la válvula de globo con bridas					
43	Actuador: neumático (no mostrado en la imagen)					
44						
45						
46						
47						
48						
49						
50						
51						
52						
53						
54						
55						
56						
57						
58						
59						
60						
61						
62						
63						
64						
65						
66						
67						
68						
69						
70						



5.11. Intercambiador E-201

Heat Exchanger Specification Sheet

1	Company: REPSOL CHEMICAL											
2	Location: TARRAGONA											
3	Service of Unit: E-201					Our Reference: E-201						
4	Item No.:					Your Reference:						
5	Date: 04/04/22		Rev No.: 1		Job No.: 1							
6	Size	381	-	5486.4	mm	Type	BEM	Hor	Connected in	1 parallel 1 series		
7	Surf/unit (eff.)	44.4	m ²	Shells/unit	1	Surf/shell (eff.)	44.4	m ²				
8	PERFORMANCE OF ONE UNIT											
9	Fluid allocation					Shell Side			Tube Side			
10	FluidName					4//5			6//7			
11	Fluid quantity, Total	kg/s				9.25			9.25			
12	Vapor (In/Out)	kg/s				0			0			
13	Liquid	kg/s				9.25			9.25			
14	Noncondensable	kg/s				0			0			
15												
16	Temperature (In/Out)	°C				33.87			150.13			
17	Dew / Bubble point	C										
18	Density (Vap / Liq)	kg/m ³				/ 782.58			/ 618.33			
19	Viscosity	mPa-s				/ 0.4813			/ 0.1795			
20	Molecular wt, Vap								32			
21	Molecular wt, NC								32			
22	Specific heat	kJ/(kg-K)				/ 3.512			/ 4.579			
23	Thermal conductivity	W/(m-K)				/ 0.1976			/ 0.1649			
24	Latent heat	kJ/kg										
25	Pressure (abs)	bar				14.99			14.94002			
26	Velocity (Mean/Max)	m/s				0.37			/ 0.44			
27	Pressure drop, allow./calc.	bar				0.11			0.04998			
28	Fouling resistance (min)	m ² -K/W				0.0002			0.0002 0.00023 Ao based			
29	Heat exchanged	4188.4 kW				MTD corrected			177.57 °C			
30	Transfer rate, Service	531.7 Dirty				531.7 Clean			689.3 W/(m ² -K)			
31	CONSTRUCTION OF ONE SHELL											
32						Shell Side			Tube Side			
33	Design/vac/test pressure:g	bar				16.547 / /			16.547 / /			
34	Design temperature	°C				415.56			415.56			
35	Number passes per shell					1			1			
36	Corrosion allowance	mm				0			0			
37	Connections	In	mm	1	102	/	-	1	254.51	/	-	
38	Size/rating	Out	mm	1	154	/	-	1	202.72	/	-	
39	ID	Intermediate	mm	/	/	/	-	/	/	/	-	
40	Tube No.	103	OD	1	Tks- Avg	1.65	mm	Length	5486.4	mm	Pitch	1.25 in
41	Tubetype	Plain				#/m	Material	SS 316			Tube pattern	30
42	Shell	SS 316				ID	15.25	OD	16	in	Shell cover	-
43	Channel or bonnet	SS 316				Channel cover						-
44	Tubesheet-stationary	SS 316				Tubesheet-floating						-
45	Floating head cover	-				Impingement protection						None
46	Baffle-cross	SS 316				Type	Single segmer	Cut(%d)	43	H	Spacing: c/c	292.1 mm
47	Baffle-long	-				Seal type					Inlet	508 mm
48	Supportstube					UBend	0				Type	
49	Bypass seal					Tube-tubesheet joint				Exp. 2 grv		
50	Expansion joint	-				Type	None					
51	RhoV2-Inlet nozzle	1621				Bundle entrance	41				Bundle exit	53 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	1496.3				Filled with water				2192.7	Bundle	686 kg
56	Remarks	Heat Exchanger that Interconnects the outlet of the reactor with the inlet to preheat it.										
57												
58												



5.12. Intercambiador E-301

Air-Cooled Heat Exchanger Specification Sheet

1	Company: REPSOL CHEMICAL										
2	Location: TARRAGONA										
3	Service of Unit: E-301					Our Reference: E-301					
4	Item No.:					Your Reference:					
5	Date:	Rev No.:	Job No.:								
6	Size & Type	9.1344	/	42.1631	m	Type	Forced	Number of Bays	9		
7	Surf/Unit-Finned Tube	81206.6 m ²			Bare area/bundle	192	m ²	Ratio (Total/Bare)	23.49		
8	Heat exchanged	11278.1 kW			MTD, Eff	5.49 °C					
9	Transfer rate	25.9	Bare, Service	594.2			Clean	706.5 W/(m ² -K)			
10	PERFORMANCE DATA - TUBE SIDE										
11	Fluid Circulated					In/Out					
12	Total Fluid Entering	kg/s	29.97			Density, Liq	kg/m ³	/ 621.63			
13	In/Out					Density, Vap	kg/m ³	20.63 /			
14	Temperature	°C	46.3	/	44.62	Specific Heat, Liq	kJ/(kg-K)		/ 2.685		
15	Liquid	kg/s	0 / 29.97			Specific Heat, Vap	kJ/(kg-K)		1.63 /		
16	Vapor	kg/s	29.97 / 0			Them. Cond, Liq	W/(m-K)		/ 0.1326		
17	Noncondensable	kg/s	0 / 0			Them. Cond, Vap	W/(m-K)		0.0187 /		
18	Steam	lb/h	/			Freeze Point	°C				
19	Water	lb/h	/			Bubble / Dew point	°C		44.62 / 45.87		
20	Molecular wt, Vap	46.05 / 46.05			Latent heat	BTU/lb					
21	Molecular wt, NC						Inlet pressure (abs)	bar	10.26		
22	Viscosity, Liq	mPa-s	/ 0.1006			Pres Drop, Allow/Calc	Pa	0.25 / 22027			
23	Viscosity, Vap	mPa-s	0.0104 /			Fouling resistance	m ² -KW		0.0002		
24	PERFORMANCE DATA - AIR SIDE										
25	Air Quantity, Total	915.9946	kg/s				Altitude	0 m			
26	Air Quantity/Fan	44.557	m ³ /s				Temperature In	32 °C			
27	Static Pressure	147	Pa				Temperature Out	44.01 °C			
28	Face Velocity	2.43	m/s	Bundle velocity	2.78	kg/s/m ²	Design Ambient	15.7 °C			
29	DESIGN-MATERIALS-CONSTRUCTION										
30	Design/Vac./Test Pres	13.78951	/	/			bar	Design temperature	148.89 °C		
31	TUBE BUNDLE			Header			Tube				
32	Size	m	9.1344	Type	Box		Material	SS 316			
33	Number/bay	2			Material	SS 316		Specifications			
34	Tube Rows	8			Passes	7		OD	25.4	Min Thk.	1.65 mm
35	Arrangement				Plug Mat.			No./Bun	288	Lng	8.5344 m
36	Bundles	2 par			Gasket Mat.			Pitch	60 /	51.96 30 deg	
37	Bays	9 par			Corr. Allow.	mm		Fin			
38	Bundle frame				Inlet Nozzle	1	97.18 mm	Type	G-finned		
39	MISCELLANEOUS						Outlet nozzle	1	33.99 mm	Material	Aluminum 1060
40	Struct. Mount.				Special Nozzles			OD	57.15	Tks	0.28 mm
41	Surf.Preap				Rating	Program		No.	433 #/m	DesTemp	°C
42	Louvers				TI	PI		Code ASME Code Sec VIII Div 1			
43	Vibration Switches				Chem Cleaning			Stamp	Yes	Specs	
44	MECHANICAL EQUIPMENT										
45	Fan,Mfr., Model				Driver, Type	Program		Speed Reducer, Type			
46	No./Bay	2	RPM				Mfr.	Mfr.&Model			
47	Dia.	3.048	m	Blade(s)				No./Bay	No./Bay		
48	Pitch	Angle			RPM			Rating			
49	Blade(s)	Hub			Enclosure			Ratio			
50	hp/Fan	11.186	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			6789	Wt. Unit	122201.4 kg		
55	Notes:										
56											
57											
58											

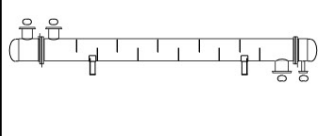
5.13. Intercambiador E-302

Heat Exchanger Specification Sheet

1	Company: REPSOL CHEMICAL													
2	Location: TARRAGONA													
3	Service of Unit: E-302					Our Reference: E-302								
4	Item No.:					Your Reference:								
5	Date:		Rev No.: 1			Job No.: 1								
6	Size	356 - 555	5486.4 mm			Type	BKU	Hor	Connected in	1	parallel	1	series	
7	Surf/unit(eff.)	32.9 m ²			Shells/unit	1			Surf/shell (eff.)	32.9 m ²				
8	PERFORMANCE OF ONE UNIT													
9	Fluid allocation				Shell Side				Tube Side					
10	FluidName				BOTTOMS T-301				MPS					
11	Fluid quantity, Total				kg/s				3.8					
12	Vapor (In/Out)				kg/s				0 / 1.2105					
13	Liquid				kg/s				3.8 / 2.5895					
14	Noncondensable				kg/s				0 / 0					
15	Temperature (In/Out)				°C				152.79 / 157.68					
16	Dew / Bubble point				C				200 / 197.75					
18	Density (Vap / Liq)				kg/m ³				6.97 / 736.81 / 6.84 / 737.11 / 7.39 / / 805.63					
19	Viscosity				mPa-s				0.0149 / 0.176 / 0.015 / 0.1763 / 0.017 / / 0.1355					
20	Molecular wt, Vap								22.27 / 22.27 / 18.02					
21	Molecular wt, NC													
22	Specific heat				kJ/(kg-K)				1.96 / 4.672 / 1.962 / 4.67 / 2.101 / / 5.102					
23	Thermal conductivity				W/(m-K)				0.0293 / 0.2384 / 0.03 / 0.2385 / 0.034 / / 0.6672					
24	Latent heat				kJ/kg				1577.6 / 1578.3 / 2019.1					
25	Pressure (abs)				bar				10.26 / 10.21073 / 15 / 14.93786					
26	Velocity (Mean/Max)				m/s				0.82 / / 1.16 / 5.29 / / 10.49					
27	Pressure drop, allow./calc.				bar				0.49987 / 0.04927 / 0.25855 / 0.06214					
28	Fouling resistance (min)				m ² -K/W				0.0002 / 0.0001 / 0.00011 / Ao based					
29	Heat exchanged				2100 kW				MTD corrected / 40.57 °C					
30	Transfer rate, Service				1572.2 Dirty				1710.9 Clean / 3710 W/(m ² -K)					
31	CONSTRUCTION OF ONE SHELL											Sketch		
32					Shell Side				Tube Side					
33	Design/vac/test pressure:g				bar				11.721 / / 18 / /					
34	Design temperature				°C				237.78 / 265					
35	Number passes per shell								1 / 2					
36	Corrosion allowance				mm				0 / 0					
37	Connections		In	mm		1	88.9 / -		1	88.9 / -				
38	Size/rating		Out			1	88.9 / -		1	25.4 / -				
39	Nominal		Intermediate			/	/ -		/	/ -				
40	Tube No.	37	OD	1	Tks- Avg	1.65	mm	Length	5486.4	mm	Pitch	1.25		in
41	Tubetype		Plain		#/m	Material		SS 316		Tube pattern				30
42	Shell		SS 316		ID	14	OD	14.375	in	Shell cover		SS 316		
43	Channel or bonnet		SS 316		Channel cover		-							
44	Tubesheet-stationary		SS 316		Tubesheet-floating		-							
45	Floating head cover		-		Impingement protection		None							
46	Baffle-cross		SS 316		Type	Unbaffled		Cut(%d)		Spacing: c/c			mm	
47	Baffle-long		-		Seal type		Inlet						mm	
48	Supportstube		UBend		0		Type							
49	Bypass seal		Tube-tubesheet joint		Exp. 2		grv							
50	Expansion joint		-		Type		None							
51	RhoV2-Inlet nozzle		482		Bundle entrance		141		Bundle exit		413		kg/(m-s ²)	
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		953		Filled with water		2543.3		Bundle		464.6		kg	
56	Remarks Heat Exchanger that Interconnects the outlet of the reactor with the inlet to preheat it.													
57														
58														

5.14. Intercambiador E-401

Heat Exchanger Specification Sheet

1	Company: REPSOL CHEMICAL													
2	Location: TARRAGONA													
3	Service of Unit: E-401					Our Reference: E-401								
4	Item No.:					Your Reference:								
5	Date:		Rev No.: 1		Job No.: 1									
6	Size	381	-	4267.2	mm	Type	BEM	Hor	Connected in	1 parallel 1 series				
7	Surf/unit(eff.)	32.4		m ²		Shells/unit	1		Surf/shell (eff.)	32.4 m ²				
8	PERFORMANCE OF ONE UNIT													
9	Fluid allocation					Shell Side		Tube Side						
10	FluidName					CW		Vapors						
11	Fluid quantity, Total					kg/s		38		2.09				
12	Vapor (In/Out)					kg/s		0	0	2.09	0			
13	Liquid					kg/s		38	38	0	2.09			
14	Noncondensable					kg/s		0		0				
15														
16	Temperature (In/Out)					°C		30	44.98	125.15	107.24			
17	Dew / Bubble point					C								
18	Density (Vap / Liq)					kg/m ³		/ 989.22	/ 974.56	7.09 /	8.4 / 685.96			
19	Viscosity					mPa-s		/ 0.8196	/ 0.6117	0.013 /	0.013 / 0.2312			
20	Molecular wt, Vap									31.39	36.67			
21	Molecular wt, NC													
22	Specific heat					kJ/(kg-K)		/ 4.523	/ 4.525	1.75 /	1.711 / 3.939			
23	Thermal conductivity					W/(m-K)		/ 0.6132	/ 0.6318	0.026 /	0.025 / 0.1695			
24	Latent heat					kJ/kg				1119.3	833.4			
25	Pressure (abs)					bar		3.7	3.42328	6.91	6.88704			
26	Velocity (Mean/Max)					m/s		0.98	/ 1.06	4 /	7.92			
27	Pressure drop, allow./calc.					bar		1	0.27672	0.25855	0.02296			
28	Fouling resistance (min)					m ² -K/W		0.0001		0.0002	0.00023 Ao based			
29	Heat exchanged					2424.8 kW		MTD corrected		82.43 °C				
30	Transfer rate, Service		906.8		Dirty		960.4 Clean		1405.8 WJ/(m ² -K)					
31	CONSTRUCTION OF ONE SHELL													
32						Shell Side		Tube Side						
33	Design/vac/test pressure:g					bar		8.5 / /	8.2737 / /					
34	Design temperature					°C		120				165.56		
35	Number passes per shell							1				1		
36	Corrosion allowance					mm		0				0		
37	Connections		In		mm		1	203 / -	1			152.4 / -		
38	Size/rating		Out				1	152 / -	1			38.1 / -		
39	Nominal		Intermediate				1	/ -	1			/ -		
40	Tube No.	97	OD	1	Tks- Avg	1.65	mm	Length	4267.2			mm	Pitch	1.25 in
41	Tube type	Plain		#/m	Material	SS 316		Tube pattern	30					
42	Shell	SS 316		ID	15	OD	15.375 in	Shell cover	-					
43	Channel or bonnet	SS 316		Channel cover	-									
44	Tube sheet-stationary	SS 316		Tube sheet-floating	-									
45	Floating head cover	-		Impingement protection	None									
46	Baffle-cross	SS 316		Type	Single segmer	Cut(%d)	43	H	Spacing: c/c	342.9	mm			
47	Baffle-long	-		Seal type			Inlet	552.45		mm				
48	Supportstube	-		UBend	0		Type							
49	Bypass seal	-		Tube-tubesheet joint	Exp. 2		grv							
50	Expansion joint	-		Type	None									
51	RhoV2-Inlet nozzle	1401		Bundle entrance	909		Bundle exit	592		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	893.2		Filled with water	1371.4		Bundle	509.9		kg				
56	Remarks													
57														
58														

5.15. Intercambiador E-402

Heat Exchanger Specification Sheet

1	Company: REPSOL CHEMICAL													
2	Location: TARRAGONA													
3	Service of Unit: E-402					Our Reference: E-402								
4	Item No.:					Your Reference:								
5	Date: 04/04/22		Rev No.: 1		Job No.: 1									
6	Size		1397 - 1827		6096 mm		Type	BKU	Hor	Connected in	1 parallel	1 series		
7	Surf/unit (eff.)		820.2		m ²		Shells/unit	1	Surf/shell (eff.)	820.2 m ²				
8	PERFORMANCE OF ONE UNIT													
9	Fluid allocation				Shell Side				Tube Side					
10	FluidName				Bottom T-401				LSP					
11	Fluid quantity, Total				kg/s				5.12					
12	Vapor (In/Out)		kg/s		0		1.4301		1		0			
13	Liquid		kg/s		5.12		3.6899		0		1			
14	Noncondensable				kg/s				0					
15														
16	Temperature (In/Out)				°C		140.82		143.72		153		145.24	
17	Dew / Bubble point				C									
18	Density (Vap / Liq)				kg/m ³		5.54 / 757.62		5.16 / 777.11		2.19 /		/ 867.48	
19	Viscosity				mPa-s		0.0143 / 0.1915		0.014 / 0.1876		0.015 /		/ 0.1843	
20	Molecular wt, Vap						26.26		25.19		18.02			
21	Molecular wt, NC													
22	Specific heat				kJ/(kg-K)		1.794 / 4.904		1.814 / 4.894		1.964 /		/ 4.763	
23	Thermal conductivity				W/(m-K)		0.0278 / 0.2489		0.028 / 0.2751		0.029 /		/ 0.6857	
24	Latent heat				kJ/kg		1231.8		1396.2		2205.6			
25	Pressure (abs)				bar		6.91		6.78134		4.2		4.18344	
26	Velocity (Mean/Max)				m/s		0.49		/ 0.69		0.75		/ 1.5	
27	Pressure drop, allow./calc.				bar		0.49987		0.12867		0.25855		0.01656	
28	Fouling resistance (min)				m ² -K/W		0.0002				0.0001		Ao based	
29	Heat exchanged				2075.2		kW		MTD corrected		2.3		°C	
30	Transfer rate, Service				1102.5		Dirty		1167.4		Clean		1846.1 W/(m ² -K)	
31	CONSTRUCTION OF ONE SHELL										Sketch			
32	Design/vac/test pressure:g				bar		8.2737 / /		6.4 / /					
33	Design temperature				°C		193.33		180					
34	Number passes per shell						1		2					
35	Corrosion allowance				mm		0		0					
36	Connections		In		mm		1 102 / -		1 152.4 / -					
37	Size/rating		Out				1 102 / -		1 25.4 / -					
38	Nominal		Intermediate				/ -		/ -					
39	Tube No.		794		OD		1		Tks- Avg		1.65 mm		Length 6096 mm	
40	Pitch		1.25		in									
41	Tubetype				Plain		#/m		Material		SS 316		Tube pattern 30	
42	Shell				SS 316		ID		55		OD		55.625 in	
43	Channel or bonnet				SS 316				Shell cover		SS 316			
44	Tubesheet-stationary				SS 316				Channel cover		-			
45	Floating head cover				-				Tubesheet-floating		-			
46	Baffle-cross				SS 316		Type		Unbaffled		Cut(%d)		Spacing: c/c	
47	Baffle-long				-		Seal type				Inlet		mm	
48	Supportstube						UBend		0		Type			
49	Bypass seal						Tube-tubesheet joint				Exp. 2 grv			
50	Expansion joint				-		Type		None					
51	RhoV2-Inlet nozzle				513		Bundle entrance		48		Bundle exit		159 kg/(m-s ²)	
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				15940.2		Filled with water		36973		Bundle		11437 kg	
56	Remarks													
57														
58														

5.16. Intercambiador E-403

Air-Cooled Heat Exchanger Specification Sheet

1	Company: REPSOL CHEMICAL												
2	Location: TARRAGONA												
3	Service of Unit: E-403					Our Reference: E-403							
4	Item No.:					Your Reference:							
5	Date:		Rev No.:			Job No.:							
6	Size & Type	9.744	/	7.9296	m	Type	Forced	Number of Bays	2				
7	Surf/Unit-Finned Tube	7953.4 m ²			Bare area/bundle	84.6	m ²	Ratio (Total/Bare)	23.49				
8	Heat exchanged	2619 kW			MTD, Eff	35.37 °C							
9	Transfer rate	21.4	Bare, Service			218.7	Clean	569.6 W/(m ² -K)					
10	PERFORMANCE DATA - TUBE SIDE												
11	Fluid Circulated	Producto				In/Out							
12	Total Fluid Entering	kg/s	2.09			Density, Liq	kg/m ³	/ 769.43					
13			In/Out			Density, Vap	kg/m ³	1.51 /					
14	Temperature	°C	107.24	/	45.28	Specific Heat, Liq	kJ/(kg-K) / 3.281						
15	Liquid	kg/s	0	/	2.09	Specific Heat, Vap	kJ/(kg-K) 1.603 /						
16	Vapor	kg/s	2.09	/	0	Therm. Cond, Liq	W/(m-K) / 0.1921						
17	Noncondensable	kg/s	0	/	0	Therm. Cond, Vap	W/(m-K) 0.0238 /						
18	Steam	lb/h	/			Freeze Point	°C						
19	Water	lb/h	/			Bubble / Dew point	°C	53.32 / 77.17					
20	Molecular wt, Vap	31.39 / 31.39			Latent heat	BTU/lb							
21	Molecular wt, NC					Inlet pressure (abs)	bar	1.5					
22	Viscosity, Liq	mPa-s	/ 0.4105			Pres Drop, Allow/Calc	Pa	0.15	/ 4849.4				
23	Viscosity, Vap	mPa-s	0.0126	/		Fouling resistance	m ² -KW	0.0002					
24	PERFORMANCE DATA - AIR SIDE												
25	Air Quantity, Total	319.4189	kg/s				Altitude	62	m				
26	Air Quantity/Fan	70.442	m ³ /s				Temperature In	32	°C				
27	Static Pressure	196	Pa				Temperature Out	39.99	°C				
28	Face Velocity	4.35	m/s	Bundle velocity	4.93	kg/s/m ²	Design Ambient	15.7	°C				
29	DESIGN-MATERIALS-CONSTRUCTION												
30	Design/Vac./Test Pres	13.7895	/	/	bar	Design temperature	176.67 °C						
31	TUBE BUNDLE			Header			Tube						
32	Size	m	9.744	Type	Box	Material	SS 316						
33	Number/bay	2			Material	SS 316							
34	Tube Rows	4			Passes	3			OD	25.4	Min Thk.	1.65	mm
35	Arrangement	Plug Mat.				No./Bun	120	Lng	9.144 m				
36	Bundles	2 par		Gasket Mat.				Pitch	60	/	51.96	30	deg
37	Bays	2 par		Corr. Allow.				Fin					
38	Bundle frame	Inlet Nozzle			1	122.25	mm	Type	G-finned				
39	MISCELLANEOUS			Outlet nozzle			1	22.28	mm	Material	Aluminum 1060		
40	Struct. Mount.	Special Nozzles				OD	57.15	Tks	0.28 mm				
41	Surf.Prepare	Rating		Program		No.	433	#/m	DesTemp	°C			
42	Louvers	TI		PI		Code	ASME Code Sec VIII Div 1						
43	Vibration Switches	Chem Cleaning				Stamp	Yes	Specs					
44	MECHANICAL EQUIPMENT												
45	Fan, Mfr., Model	Driver, Type			Program			Speed Reducer, Type					
46	No./Bay	2	RPM	Mfr.			Mfr.&Model						
47	Dia.	2.7432	m	Blade(s)			No./Bay						
48	Pitch	Angle			RPM			Rating					
49	Blade(s)	Hub			Enclosure			Ratio					
50	hp/Fan	23.585	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			4369.9	Wt. Unit	17479.7 kg				
55	Notes:												
56													
57													
58													

5.17. Intercambiador E-501

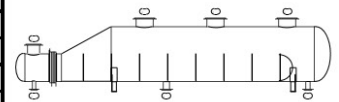
Air-Cooled Heat Exchanger Specification Sheet

1	Company: REPSOL CHEMICAL								
2	Location: TARRAGONA								
3	Service of Unit: E-501				Our Reference: E-501				
4	Item No.:				Your Reference:				
5	Date: 04/04/22	Rev No.: 1	Job No.: 1						
6	Size & Type	9.1344 / 64.0223	m	Type	Forced	Number of Bays	13		
7	Surf/Unit-Finned Tube	60966.6	m ²	Bare area/bundle	99.8	m ²	Ratio (Total/Bare)	23.49	
8	Heat exchanged	20057 kW		MTD, Eff	29.34 °C				
9	Transfer rate	28.4	Bare, Service	263.5	Clean	787.1	W/(m ² -K)		
10	PERFORMANCE DATA - TUBE SIDE								
11	Fluid Circulated	Vapors from T-103				In/Out			
12	Total Fluid Entering	kg/s	16.83		Density, Liq	kg/m ³	/ 745.92		
13			In/Out		Density, Vap	kg/m ³	1.26 /		
14	Temperature	°C	67 / 60.13	Specific Heat, Liq	kJ/(kg-K)		/ 3.652		
15	Liquid	kg/s	0 / 16.83	Specific Heat, Vap	kJ/(kg-K)		1.491 /		
16	Vapor	kg/s	16.83 / 0	Therm. Cond, Liq	W/(m-K)		/ 0.1893		
17	Noncondensable	kg/s	0 / 0	Therm. Cond, Vap	W/(m-K)		0.0193 /		
18	Steam	lb/h	/	Freeze Point	°C				
19	Water	lb/h	/	Bubble / Dew point	°C		64.05 / 66.03		
20	Molecular wt, Vap	31.99 / 31.99		Latent heat	BTU/lb				
21	Molecular wt, NC			Inlet pressure (abs)	bar		1.09		
22	Viscosity, Liq	mPa-s	/ 0.3491	Pres Drop, Allow/Calc	Pa		0.09 / 7900.2		
23	Viscosity, Vap	mPa-s	0.0111 /	Fouling resistance	m ² -K/W		0.0002		
24	PERFORMANCE DATA - AIR SIDE								
25	Air Quantity, Total	2445.401	kg/s	Altitude	62		m		
26	Air Quantity/Fan	82.967	m ³ /s	Temperature In	32		°C		
27	Static Pressure	183	Pa	Temperature Out	40		°C		
28	Face Velocity	4.36	m/s	Bundle velocity	4.94	kg/s/m ²	Design Ambient	15.7 °C	
29	DESIGN-MATERIALS-CONSTRUCTION								
30	Design/Vac./Test Pres	13.7895	/ /	bar	Design temperature	176.67 °C			
31	TUBE BUNDLE		Header		Tube				
32	Size	m	9.1344	Type	Box	Material	SS 316		
33	Number/bay	2		Material	SS 316				
34	Tube Rows	4		Passes	3	OD	25.4	Min Thk.	1.65 mm
35	Arrangement	Plug Mat.		No./Bun	152	Lng	8.5344 m		
36	Bundles	2 par		Gasket Mat.	Pitch	60 / 51.96	30 deg		
37	Bays	13 par		Corr. Allow.	mm				
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		OD	57.15	Tks	0.28 mm		
41	Surf.Prepare	Rating		Program	No.	433 #/m	DesTemp °C		
42	Louvers	TI		PI	Code ASME Code Sec VIII Div 1				
43	Vibration Switches	Chem Cleaning		Stamp	Yes	Specs			
44	MECHANICAL EQUIPMENT								
45	Fan,Mfr., Model	Driver, Type		Program	Speed Reducer, Type				
46	No./Bay	2	RPM	Mfr.	Mfr.&Model				
47	Dia.	3.048	m	Blade(s)	No./Bay				
48	Pitch	Angle		RPM	Rating				
49	Blade(s)	Hub		Enclosure	Ratio				
50	hp/Fan	25.991	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	4781.6	Wt. Unit	124321.9 kg		
55	Notes:								
56									
57									
58									

5.18. Intercambiador E-502

Heat Exchanger Specification Sheet

1	Company: REPSOL CHEMICAL										
2	Location: TARRAGONA										
3	Service of Unit: E-502					Our Reference: E-502					
4	Item No.:					Your Reference:					
5	Date:		Rev No.: 1		Job No.: 1						
6	Size	762 - 1523	6096 mm	Type	BKU	Hor	Connected in	1	parallel	1 series	
7	Surf/unit(eff.)	217.3	m ²	Shells/unit	1		Surf/shell (eff.)	217.3		m ²	
8	PERFORMANCE OF ONE UNIT										
9	Fluid allocation			Shell Side			Tube Side				
10	FluidName			Fons			LPS				
11	Fluid quantity, Total			kg/s			9.96				
12	Vapor (In/Out)			kg/s			0 / 7.8493				
13	Liquid			kg/s			9.96 / 2.1107				
14	Noncondensable			kg/s			0 / 0				
15	Temperature (In/Out)			°C			101 / 102.06 / 153 / 129.04				
16	Dew / Bubble point			C							
17	Density (Vap / Liq)			kg/m ³			/ 917.31 / 0.63 / 917 / 2.19 / / 886.92				
18	Viscosity			mPa-s			/ 0.2765 / 0.013 / 0.2756 / 0.015 / / 0.2112				
19	Molecular wt, Vap						18.04 / 18.02				
20	Molecular wt, NC										
21	Specific heat			kJ/(kg-K)			/ 4.603 / 1.858 / 4.604 / 1.964 / / 4.69				
22	Thermal conductivity			W/(m-K)			/ 0.676 / 0.026 / 0.6761 / 0.029 / / 0.6851				
23	Latent heat			kJ/kg			2338.7 / 2205.6				
24	Pressure (abs)			bar			1.09 / 1.01965 / 4.2 / 3.98708				
25	Velocity (Mean/Max)			m/s			9.19 / / 18.24 / 24.03 / / 47.95				
26	Pressure drop, allow./calc.			bar			0.22408 / 0.07035 / 0.25855 / 0.21292				
27	Fouling resistance (min)			m ² -K/W			0.0002 / 0.0001 / 0.00012 / Ao based				
28	Heat exchanged			18408 kW			MTD corrected / 42.02 °C				
29	Transfer rate, Service			2007.8 Dirty			2007.8 Clean			5613.4 W/(m ² -K)	
30	CONSTRUCTION OF ONE SHELL										
31									Sketch		
32				Shell Side			Tube Side				
33	Design/vac/test pressure:g			bar			3.4474 / / 6.4 / /				
34	Design temperature			°C			193.33 / 180				
35	Number passes per shell						1 / 2				
36	Corrosion allowance			mm			3.18 / 3.18				
37	Connections			In mm			1 154 / - / 1 304.8 / -				
38	Size/rating			Out			3 438 / - / 1 77.93 / -				
39	ID			Intermediate			/ - / -				
40	Tube No.	216	OD	1	Tks- Avg	2.11	mm	Length	6096	mm	
41	Tube type	Plain		#/m	Material	Carbon Steel		Tube pattern	30		
42	Shell	Carbon Steel		ID	30	OD	30.875	in	Shell cover	Carbon Steel	
43	Channel or bonnet	Carbon Steel			Channel cover	-					
44	Tubesheet-stationary	Carbon Steel			Tubesheet-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	Supportstube	UBend			1	Type					
49	Bypass seal	-			Tube-tubesheet joint	Exp. 2 grv					
50	Expansion joint	-			Type	None					
51	RhoV2-Inlet nozzle	311		Bundle entrance	14		Bundle exit	2079 kg/(m-s ²)			
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	8244.2		Filled with water	21351.4		Bundle	3685.2 kg			
56	Remarks										
57											
58											



5.19. Intercambiador E-503

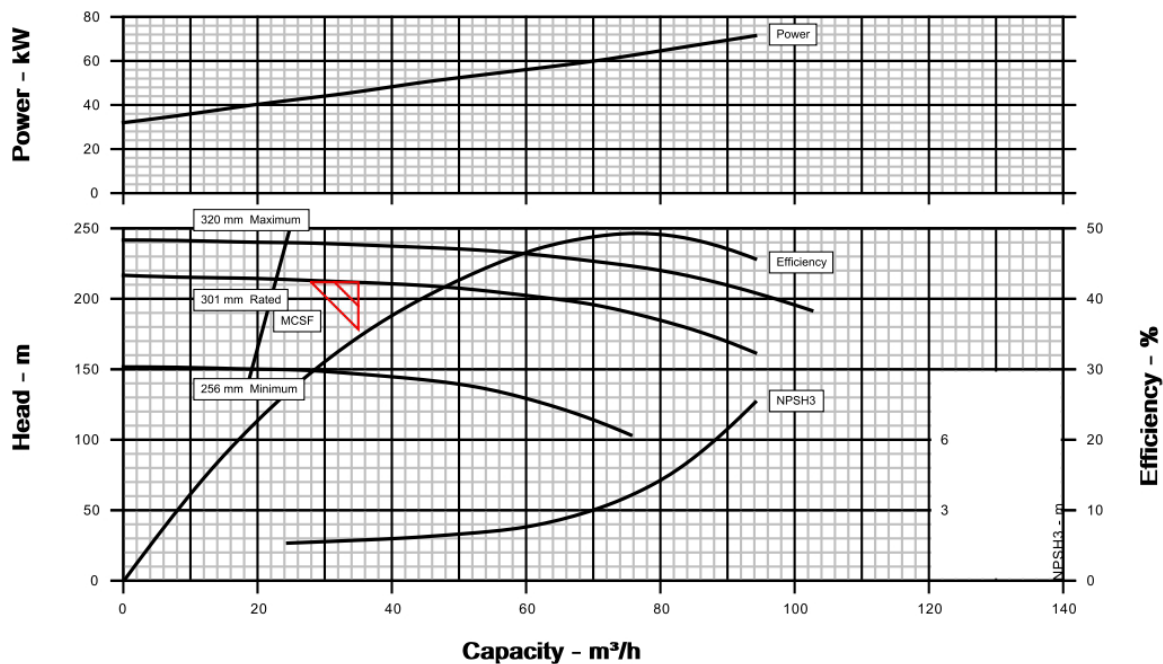
Air-Cooled Heat Exchanger Specification Sheet

1	Company: REPSOL CHEMICAL										
2	Location: TARRAGONA										
3	Service of Unit: E-503				Our Reference: E-503						
4	Item No.:				Your Reference:						
5	Date:	Rev No.:	1	Job No.:	1						
6	Size & Type	9.1344	/	1.6224	m	Type	Forced	Number of Bays	1		
7	Surf/Unit-Finned Tube			1110.7	m ²	Bare area/bundle	47.3	m ²	Ratio (Total/Bare)	23.49	
8	Heat exchanged			572.3	kW	MTD, Eff			29.32	°C	
9	Transfer rate	27.1		Bare, Service		412.8	Clean	745.5	W/(m ² -K)		
10	PERFORMANCE DATA - TUBE SIDE										
11	Fluid Circulated	Vapors from T-103								In/Out	
12	Total Fluid Entering	kg/s			2.13	Density, Liq	kg/m ³	916.24	/	976.5	
13				In/Out		Density, Vap	kg/m ³				
14	Temperature	°C	102	/	43	Specific Heat, Liq	kJ/(kg-K)		4.605	/	4.524
15	Liquid	kg/s	2.13	/	2.13	Specific Heat, Vap	kJ/(kg-K)				
16	Vapor	kg/s	0	/	0	Therm. Cond, Liq	W/(m-K)		0.6764	/	0.6289
17	Noncondensable	kg/s	0	/	0	Therm. Cond, Vap	W/(m-K)				
18	Steam	lb/h				Freeze Point	°C				
19	Water	lb/h				Bubble / Dew point	°C		102.12	/	102.24
20	Molecular wt, Vap			/		Latent heat	BTU/lb				
21	Molecular wt, NC			/		Inlet pressure (abs)	bar		1.09		
22	Viscosity, Liq	mPa-s	0.2735	/	0.6343	Pres Drop, Allow/Calc	Pa		0.09	/	8066.1
23	Viscosity, Vap	mPa-s			/	Fouling resistance	m ² -KW		0.0002		
24	PERFORMANCE DATA - AIR SIDE										
25	Air Quantity, Total	69.7496	kg/s			Altitude	62		m		
26	Air Quantity/Fan	12.306	m ³ /s			Temperature In	32		°C		
27	Static Pressure	196	Pa			Temperature Out	40		°C		
28	Face Velocity	5.08	m/s	Bundle velocity	5.75	kg/s/m ²	Design Ambient	15.7		°C	
29	DESIGN-MATERIALS-CONSTRUCTION										
30	Design/Vac./Test Pres	13.7895	/	/	/	bar	Design temperature	176.67		°C	
31	TUBE BUNDLE			Header			Tube				
32	Size	m	9.1344	Type	Box		Material	SS 316			
33	Number/bay	1		Material	SS 316		Specifications				
34	Tube Rows	3		Passes	5		OD	25.4	Min Thk.	1.65	mm
35	Arrangement			Plug Mat.			No./Bun	72	Lng	8.5344	m
36	Bundles	1 par		Gasket Mat.			Pitch	60	/	51.96	30 deg
37	Bays	1 par		Corr. Allow.	mm		Fin				
38	Bundle frame			Inlet Nozzle	1	53.98 mm	Type	G-finned			
39	MISCELLANEOUS			Outlet nozzle	1	42.85 mm	Material	Aluminum 1060			
40	Struct. Mount.			Special Nozzles			OD	57.15	Tks	0.28	mm
41	Surf.Prepare			Rating	Program		No. 433	#/m	DesTemp	°C	
42	Louvers			TI	PI		Code	ASME Code Sec VIII Div 1			
43	Vibration Switches			Chem Cleaning			Stamp	Yes	Specs		
44	MECHANICAL EQUIPMENT										
45	Fan, Mfr., Model				Driver, Type	Program		Speed Reducer, Type			
46	No./Bay	5	RPM			Mfr.			Mfr. & Model		
47	Dia.	1.0668	m	Blade(s)			No./Bay				
48	Pitch			Angle			RPM	Rating			
49	Blade(s)			Hub			Enclosure	Ratio			
50	hp/Fan	4.127	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	2873.8	Wt. Unit	2873.8	kg	
55	Notes:										
56											
57											
58											

5.20. Bomba P-101

Customer	: Marc Arenas	Pump / Stages	: 2K65-40-H315A-OP / 1
Customer reference	: -	Based on curve no.	: E591/0129/2
Item number	: P-101	Flowsolve reference	: 4038367059
Service	: -	Date	: May 9, 2022
Operating Conditions		Materials / Specification	
Capacity (rated/normal)	: 35.0 m³/h / -	Material column code	: 316
Water capacity (CQ=1.00)	: -	Pump specification	: -
Total developed head	: 212.00 m	Other Requirements	
Water head (CH=1.00)	: -	Hydraulic selection : No specification	
NPSHa/NPSHa less margin	: 10.86 m / -	Construction : No specification	
Maximum suction pressure	: 0.0 kPa.g	Test tolerance : ANSI/HI 14.6 Grade 1B	
Liquid		Driver Sizing : Max Power(MCSF to EOC) using SF	
Liquid type	: Other	Performance data based on standard impeller	
Liquid description	: -	Seal configuration : Single Seal	
Temperature	: 30 °C		
Density / Specific gravity	: - / 0.792		
Solid Size - Actual / Limit	: - / 11.989 mm		
Viscosity / Vapor pressure	: 1.00 cP / -		
Performance			
Hydraulic power	: 16.0 kW	Impeller diameter	
Pump speed	: 3,550 rpm	Rated	: 301 mm
Pump overall efficiency (CE=1.00)	: 34.6 %	Maximum	: 320 mm
NPSH required (NPSH3)	: 1.7 m	Minimum	: 256 mm
Rated brake power	: 46.2 kW	Ns / Nss (per eye)	: 10 / 159 (SI)
Maximum brake power	: 71.9 kW	Minimum continuous flow	: 22.5 m³/h
Driver power rating	: 100 hp / 74.6 kW	Maximum head at rated diameter	: 215.90 m
Casing working pressure	: 1,674.4 kPa.g	Flow at BEP	: 77.1 m³/h
(based on shut off @ cut dia/rated SG)		Flow as % of BEP	: 45.5 %
Maximum allowable	: 1,770.0 kPa.g	Efficiency at normal flow	: -
Hydrostatic test pressure	: 2,660.0 kPa.g	Impeller diameter ratio (rated/max)	: 94.1 %
Estimated rated seal chamber pressure	: 411.0 kPa.g	Head rise to shut off	: 1.8 %
		Total head ratio (rated / max) / (max / rated)	: 89.0 % / 112.3 %

CURVES ARE APPROXIMATE, PUMP IS GUARANTEED FOR ONE SET OF CONDITIONS; CAPACITY, HEAD, AND EFFICIENCY.



** denotes rejection criteria

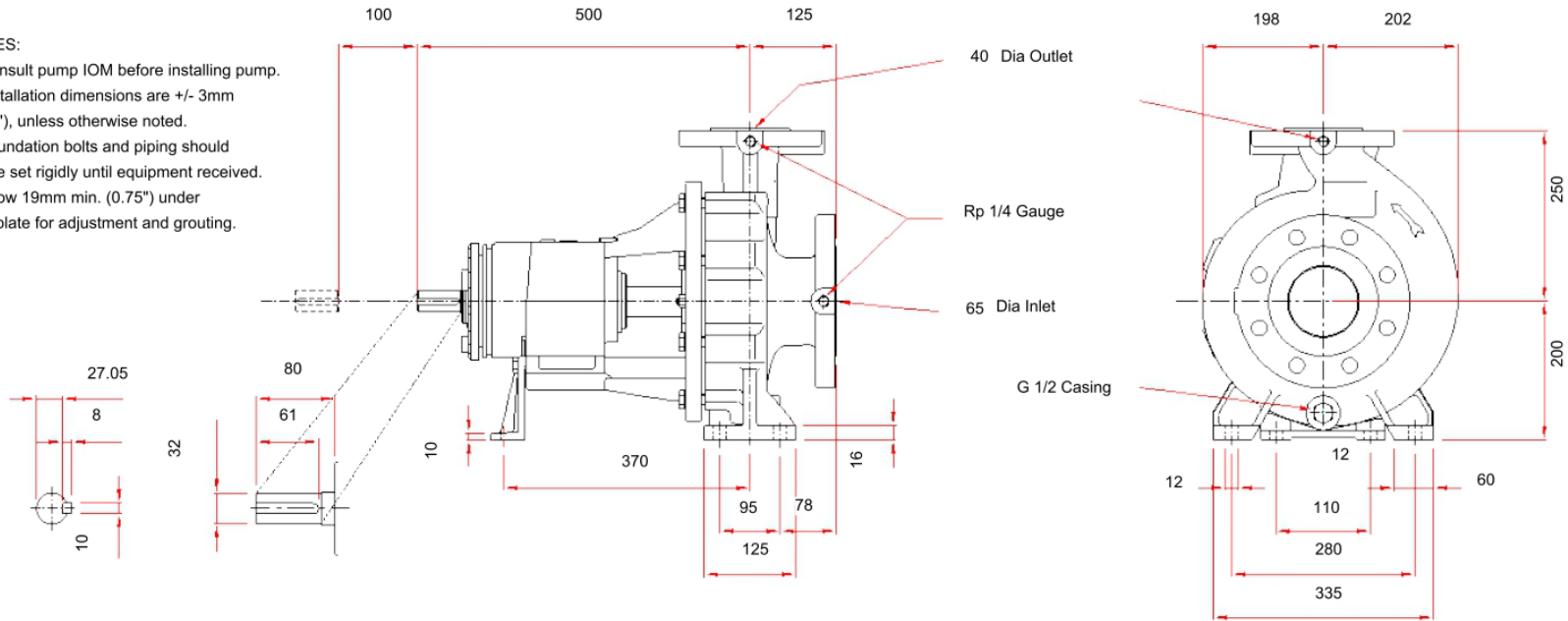
Customer	: Marc Arenas	Pump / Stages	: 2K65-40-H315A-OP / 1			
Customer reference	: -	Based on curve no.	: E591/0129/2			
Item number	: P-101	Flowserve reference	: 4038367059			
Service	: -	Date	: May 9, 2022			
Construction					Driver Information	
Nozzles	Size	Rating	Face	Position	Manufacturer	: Refer Scope
Suction	65 mm	-	Other	End	Power	: 100 hp / 74.6 kW
Discharge	40 mm	-	RF	Top	Service factor (requested / actual)	: 1.0 / -
Casing mounting				: -	Synchronous speed	: 3,600 rpm
Casing split				: Radial	Orientation / Mounting	: Horizontal / Foot
Impeller type				: -	Driver type	: NEMA
Bearing type (radial)				: -	Frame-size / material	: - / -
Bearing number (radial)				: -	Enclosure	: -
Bearing type (thrust)				: -	Hazardous area class	: -
Bearing number (thrust)				: -	Explosion 'T' rating	: -
Bearing lubrication				: -	Volts / Phase / Hz	: 460 / 3 / 60 Hz
Rotation (view from driver)				: CW per Hyd. Institute	Amps-full load/locked rotor	: - / -
Materials					Motor starting	: Direct on line (DOL)
Casing				: -	Insulation	: -
Impeller				: -	Temperature rise	: -
Seal chamber				: -	Bearings	: -
Shaft				: -	Lubrication	: -
Sleeve				: -	Motor mounted by	: Flowserve
Baseplate, Coupling and Guard					Sound Pressure (dBA @ 1.0 m)	
Baseplate type				: -	Driver, expected	: -
Baseplate material				: -	Pump & driver, estimated	: -
Baseplate size				: -	Seal Information	
Coupling manufacturer				: -	Arrangement	: -
Coupling size				: -	Size	: -
Coupling / Shaft guard				: -	Manufacturer / Type	: - / -
Shaft / seal guard				: 316 Stainless Steel	Material code (Man'f/API)	: - / -
Weights (Approx.)					Internal neck bushing	: Not Fitted
Bareshaft pump (net)				: 119.0 kg	Gland	
Baseplate (net)				: -	Gland material	: -
Driver (net)				: -	Flush	: -
Shipping gross weight/volume				: *** / ***	Vent	: -
Testing					Drain	: -
Hydrostatic test				: -	Auxiliary seal device	: -
Performance test				: -	Piping	
NPSH test				: -	Seal flush plan	: -
Paint and Package					Seal flush construction	: -
Pump paint				: -	Seal flush material	: -
Base grout surface prep				: Not Applicable	Aux seal flush plan	: -
Shipment type				: -	Aux seal flush construction	: -
					Aux seal flush material	: -
Notes						
Sound Pressure Levels						
- Subject to 3 dBA tolerance						
- Refer for Contractual values						
-						
-						
ver. 11-6-15						

100 mm

Refer to factory for any * dimensions.

NOTES:

1. Consult pump IOM before installing pump.
2. Installation dimensions are +/- 3mm (0.13"), unless otherwise noted.
3. Foundation bolts and piping should not be set rigidly until equipment received.
4. Allow 19mm min. (0.75") under baseplate for adjustment and grouting.



5. All flange holes are offset from centerlines.
 6. Piping, foundations, and systems are the responsibility of others.
- It is recommend that a skilled person is consulted regarding the system/operation.

Maximum allowable forces (N) and moments (N m) on suction and discharge nozzles						
	F x	F y	F z	M x	M y	M z
Suction	2580.00	1940.00	1740.00	1510.00	840.00	1030.00
Discharge	900.00	730.00	1120.00	580.00	290.00	400.00

DO NOT SCALE DRAWING

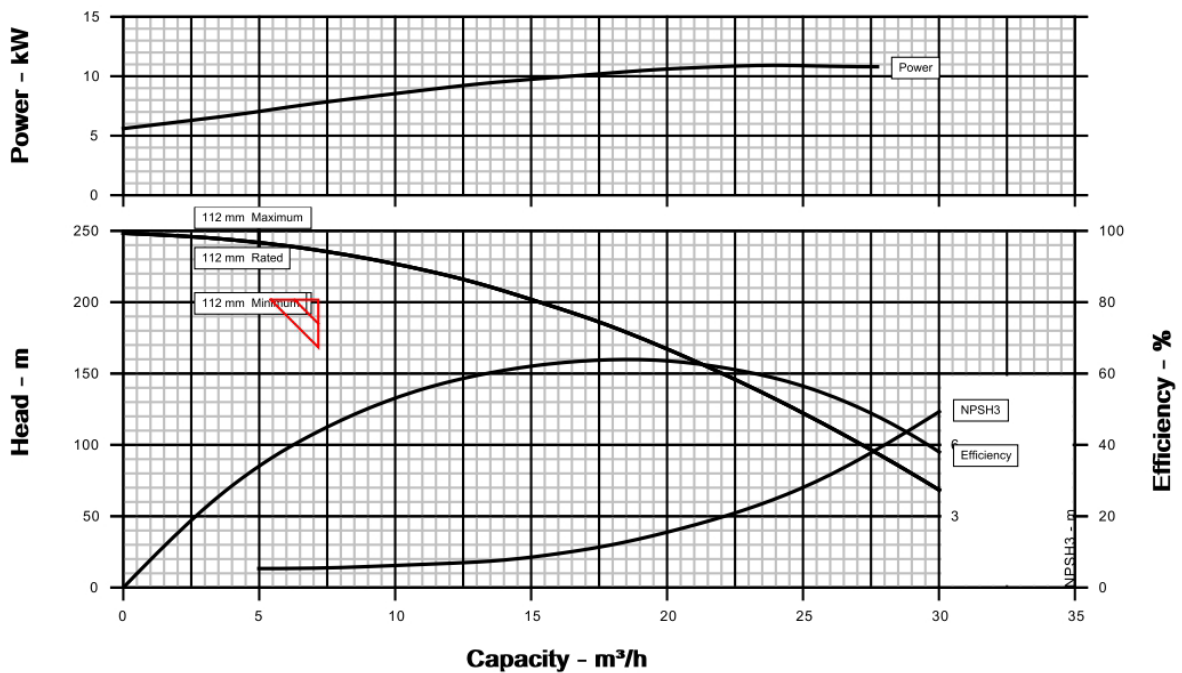
Certified Drawing available with order

Customer	: Erik Escudero	Pump size & type	: 2K65-40-H315A-OP	Drawing number	: -
Item number	: P-101	Pump speed / Stages	: 3,550 rpm / 1	Date	: May 9, 2022
Service	: -	Flow / Head	: 35.0 m³/h / 212.00 m	Certified by / Date	: -
Customer PO #	: -	Driver power / Frame	: 100 hp / 74.6 kW / -	Seal type	: -
Flowsolve reference	: 4038367059	Volts / Phase / Hz	: 460 / 3 / 60 Hz	Seal flush plan	: -

5.21. Bomba P-102

Customer	: Marc Arenas	Pump / Stages	: 16WMV10 / 10
Customer reference	: -	Based on curve no.	: 219/81
Item number	: P-102	Flowserve reference	: 4038367059
Service	: -	Date	: May 9, 2022
Operating Conditions		Materials / Specification	
Capacity (rated/normal)	: 7.2 m³/h / -	Material column code	: CI
Water capacity (CQ=1.00)	: -	Pump specification	: -
Total developed head	: 201.00 m	Other Requirements	
Water head (CH=1.00)	: -	Hydraulic selection : No specification	
NPSHa/NPSHa less margin	: 3.55 m / -	Construction : No specification	
Maximum suction pressure	: 0.0 kPa.g	Test tolerance : ANSI/HI 14.6 Grade 1B	
Liquid		Driver Sizing : Max Power(MCSF to EOC) using SF	
Liquid type	: Other		
Liquid description	: -		
Temperature	: 100 °C		
Density / Specific gravity	: - / 0.740		
Solid Size - Actual / Limit	: - / -		
Viscosity / Vapor pressure	: 1.00 cP / -		
Performance			
Hydraulic power	: 2.91 kW	Impeller diameter	
Pump speed	: 3,500 rpm	Rated	: 112 mm
Pump overall efficiency (CE=1.00)	: 44.5 %	Maximum	: 112 mm
NPSH required (NPSH3)	: 0.8 m	Minimum	: 112 mm
Rated brake power	: 7.69 kW	Ns / Nss (per eye)	: 29 / 155 (SI)
Maximum brake power	: 10.9 kW	Minimum continuous flow	: 5.0 m³/h
Driver power rating	: 20.1 hp / 15.0 kW	Maximum head at rated diameter	: 248.95 m
Casing working pressure	: 1,804.0 kPa.g	Flow at BEP	: 18.4 m³/h
(based on shut off @ cut dia/rated SG)		Flow as % of BEP	: 39.0 %
Maximum allowable	: 3,000.0 kPa.g	Efficiency at normal flow	: -
Hydrostatic test pressure	: 4,500.0 kPa.g	Impeller diameter ratio (rated/max)	: 100.0 %
Estimated rated seal chamber pressure	: -	Head rise to shut off	: 23.9 %
		Total head ratio (rated / max) / (max / rated)	: 100.0 % / 100.0 %

CURVES ARE APPROXIMATE, PUMP IS GUARANTEED FOR ONE SET OF CONDITIONS; CAPACITY, HEAD, AND EFFICIENCY.



Customer	: Marc Arenas	Pump / Stages	: 16WMV10 / 10				
Customer reference	: -	Based on curve no.	: 219/81				
Item number	: P-102	Flowserve reference	: 4038367059				
Service	: -	Date	: May 9, 2022				
Construction				Driver Information			
Nozzles	Size	Rating	Face	Position	Manufacturer	: FPD Choice	
Suction	2 in	N/A	Other	Side	Power	: 20.1 hp / 15.0 kW	
Discharge	2 in	N/A	Other	Side	Service factor (requested / actual)	: 1.0 / -	
Casing mounting	: Foot			Casing split	Synchronous speed	: 3,600 rpm	
Impeller type	: Closed			Impeller type	Orientation / Mounting	: Horizontal / Flange	
Bearing type (radial)	: PTFE/Pb/Br			Impeller type	Driver type	: IEC Motor	
Bearing number (radial)	: Not Applicable			Bearing type (radial)	Frame-size / material	: - / -	
Bearing type (thrust)	: Motor Brg			Bearing number (radial)	Enclosure	: TEFC	
Bearing number (thrust)	: Motor Brg			Bearing type (thrust)	Hazardous area class	: -	
Bearing lubrication	: Grease			Bearing number (thrust)	Explosion 'T' rating	: -	
Rotation (view from coupling)	: CCW per Hyd. Institute			Bearing lubrication	Volts / Phase / Hz	: 460 / -1 / 60 Hz	
Materials				Rotation (view from coupling)	Amps-full load/locked rotor	: - / -	
Casing	: -			Motor starting	Motor starting	: Direct on line (DOL)	
Impeller	: Noryl(R) Therm Resin			Insulation	Insulation	: F	
Case wear ring	: Not Applicable			Temperature rise	Temperature rise	: 80 °C	
Impeller wear ring	: Not Applicable			Bearings	Bearings	: -	
Inducer	: Not Applicable			Lubrication	Lubrication	: -	
Shaft	: 431S29 st. st.			Motor mounted by	Motor mounted by	: Flowserve	
Sleeve	: Not Applicable			Sound Pressure (dBA @ 1.0 m)			
Baseplate, Coupling and Guard				Driver, expected	: -		
Baseplate type	: Not Applicable			Pump & driver, estimated	: 81.0 dBA		
Baseplate material	: Not Applicable			Seal Information			
Coupling manufacturer	: FPD			Arrangement	: Single Bellows		
Coupling size	: Not Applicable			Size	: -		
Coupling / Shaft guard	: Steel			Manufacturer / Type	: - / -		
Weights (Approx.)				Material code (Man'f/API)	: - / -		
Bareshaft pump (net)	: 206.0 kg			Internal neck bushing	: None		
Baseplate (net)	: -			Gland			
Driver (net)	: -			Gland material	: Not Applicable		
Shipping gross weight/volume	: 222.0 kg / -			Flush	: None		
Testing				Vent	: None		
Hydrostatic test	: Non witnessed			Drain	: None		
Performance test	: -			Auxiliary seal device	: None		
NPSH test	: -			Piping			
Paint and Package				Seal flush plan	: Plan 02		
Pump paint	: -			Seal flush construction	: -		
Base grout surface prep	: Not Applicable			Seal flush material	: -		
Shipment type	: -			Aux seal flush plan	: None		
Notes				Aux seal flush construction	: -		
Sound Pressure Levels				Aux seal flush material	: -		
-Subject to 3dBA tolerance							
-Refer for Contractual values							
-Refer if value not shown							
* Bareshaft pump weight includes the motor weight							
-							

5.22. Bomba P-301

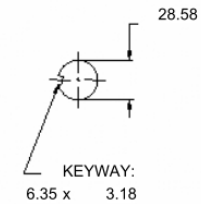
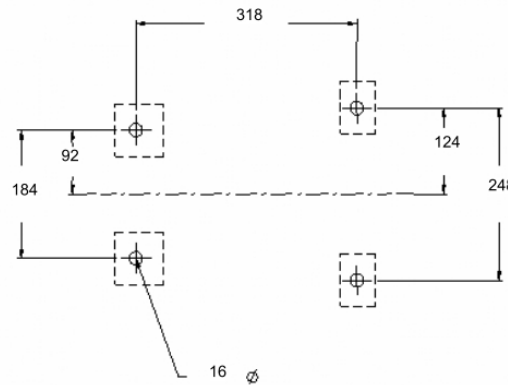
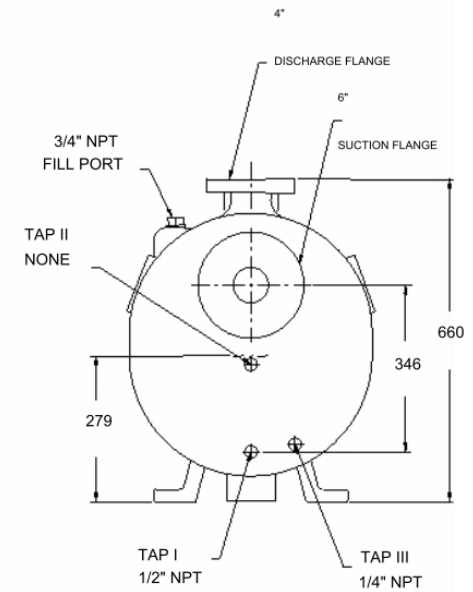
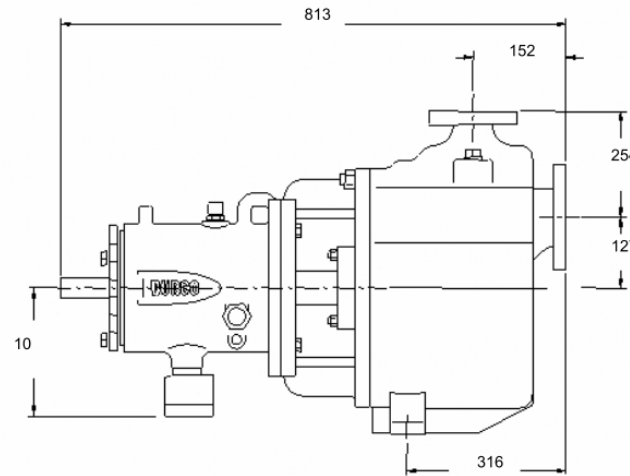
Customer	: Marc Arenas	Pump / Stages	: 2K6x4US-13AOP M3 / 1
Customer reference	: -	Based on curve no.	: MIII8165V
Item number	: -	Flowserve reference	: 4038367059
Service	: -	Date	: May 10, 2022
Operating Conditions		Materials / Specification	
Capacity (rated/normal)	: 142.5 m³/h / -	Material column code	: S/D
Water capacity (CQ=1.00)	: -	Pump specification	: ASME B73.1
Total developed head	: 19.00 m	Other Requirements	
Water head (CH=1.00)	: -	Hydraulic selection : No specification	
NPSHa/NPSHa less margin	: 5.0 m / -	Construction : No specification	
Maximum suction pressure	: 0.0 kPa.g	Test tolerance : ANSI/HI 14.6 Grade 1B	
Liquid		Driver Sizing : Max Power(MCSF to EOC) using SF	
Liquid type	: Other	Seal configuration : Single Seal	
Liquid description	: -		
Temperature	: 100 °C		
Density / Specific gravity	: - / 0.619		
Solid Size - Actual / Limit	: - / 25 mm		
Viscosity / Vapor pressure	: 1.00 cP / -		
Performance			
Hydraulic power	: 4.56 kW	Impeller diameter	
Pump speed	: 1,150 rpm	Rated	: 318 mm
Pump overall efficiency (CE=1.00)	: 65.3 %	Maximum	: 330 mm
NPSH required (NPSH3)	: 1.4 m	Minimum	: 279 mm
Rated brake power	: 6.99 kW	Ns / Nss (per eye)	: 29 / 138 (SI)
Maximum brake power	: 8.50 kW	Minimum continuous flow	: 18.2 m³/h
Driver power rating	: 15.0 hp / 11.2 kW	Maximum head at rated diameter	: 19.96 m
Casing working pressure	: 121.0 kPa.g	Flow at BEP	: 180.2 m³/h
(based on shut off @ cut dia/rated SG)		Flow as % of BEP	: 79.1 %
Maximum allowable	: 1,767.8 kPa.g	Efficiency at normal flow	: -
Hydrostatic test pressure	: 2,951.0 kPa.g	Impeller diameter ratio (rated/max)	: 96.2 %
Estimated rated seal chamber pressure	: 12.4 kPa.g	Head rise to shut off	: 5.1 %
		Total head ratio (rated / max) / (max / rated)	: 89.6 % / 111.6 %
CURVES ARE APPROXIMATE, PUMP IS GUARANTEED FOR ONE SET OF CONDITIONS; CAPACITY, HEAD, AND EFFICIENCY.			
<p>The graph displays three main performance metrics against capacity (0 to 350 m³/h):</p> <ul style="list-style-type: none"> Power (kW): Increases from ~3.5 kW at 0 m³/h to ~8.5 kW at 350 m³/h. Head (m): Three curves are shown: Maximum (330 mm) starting at ~23 m, Rated (318 mm) starting at ~20 m, and Minimum (279 mm) starting at ~15 m. All head curves decrease as capacity increases. Efficiency (%): Starts at ~0% and peaks at ~65% around 140 m³/h before declining. NPSH3 (m): Increases from ~1.4 m at 0 m³/h to ~4 m at 350 m³/h. <p>A red triangle indicates the operating point at a capacity of 142.5 m³/h and a total head of 19.00 m.</p>			

Customer	: Marc Arenas			Pump / Stages	: 2K6x4US-13AOP M3 / 1	
Customer reference	: -			Based on curve no.	: MIII8165V	
Item number	: -			Flowserve reference	: 4038367059	
Service	: -			Date	: May 10, 2022	
Construction					Driver Information	
Nozzles	Size	Rating	Face	Position	Manufacturer	: -
Suction	6.00	150#	-	End	Power	: 15.0 hp / 11.2 kW
Discharge	4.00	150#	-	Top	Service factor (requested / actual)	: 1.0 / -
Casing mounting	: Foot			Synchronous speed	: 1,200 rpm	
Casing split	: Radial			Orientation / Mounting	: Horizontal / -	
Impeller type	: Open Vane			Driver type	: -	
Bearing type (radial)	: Single row			Frame-size / material	: - / -	
Bearing number (radial)	: -			Enclosure	: -	
Bearing type (thrust)	: Double row			Hazardous area class	: N/A	
Bearing number (thrust)	: -			Explosion 'T' rating	: N/A	
Bearing lubrication	: -			Volts / Phase / Hz	: 460 / 3 / 60 Hz	
Rotation (view from driver)	: CW per Hyd. Institute			Amps-full load/locked rotor	: - / -	
Materials					Motor starting	: Direct on line (DOL)
Casing	: -			Insulation	: F	
Impeller	: -			Temperature rise	: 80 °C	
Seal chamber	: -			Bearings	: Ball	
Shaft	: -			Lubrication	: Grease	
Sleeve	: -			Motor mounted by	: -	
Baseplate, Coupling and Guard					Sound Pressure (dBA @ 1.0 m)	
Baseplate type	: -			Driver, expected	: -	
Baseplate material	: -			Pump & driver, estimated	: Refer to Factory	
Baseplate size	: -			Seal Information		
Coupling manufacturer	: Not Supplied			Arrangement	: -	
Coupling size	: -			Size	: 1.875 Inch	
Coupling / Shaft guard	: Not Supplied			Manufacturer / Type	: - / -	
Shaft / seal guard	: -			Material code (Man'f/API)	: - / -	
Weights (Approx.)					Internal neck bushing	: -
Bareshaft pump (net)	: 285.8 kg			Gland		
Baseplate (net)	: -			Gland material	: -	
Driver (net)	: -			Flush	: -	
Shipping gross weight/volume	: *** / ***			Vent	: -	
Testing					Drain	: -
Hydrostatic test	: -			Auxiliary seal device	: -	
Performance test	: -			Piping		
NPSH test	: -			Seal flush plan	: -	
Paint and Package					Seal flush construction	: -
Pump paint	: -			Seal flush material	: -	
Base grout surface prep	: N/A			Aux seal flush plan	: None	
Shipment type	: -			Aux seal flush construction	: -	
				Aux seal flush material	: -	
Notes						
-						
-						
-						
-						
-						
-						

Dimensions certified for construction when properly endorsed below. Refer to factory for any *** dimensions. DO NOT SCALE DRAWING

NOTES:

1. Consult pump I.O.M. before installing the pump.
2. Installation dimensions are +/- .13" (3mm), unless otherwise noted.
3. Foundation bolts and piping should not be set rigidly before receipt of equipment.
4. Allow a minimum of .75" (19mm) under baseplate for adjustment and grouting.
5. All holes in flanges straddle centerlines.
6. Piping, foundations, and systems are the responsibility of others. Flowserve Pump Division data and comments are offered as an aid, but Flowserve Pump Division cannot assume responsibility for the system design or operation. It is recommended that a specialist skilled in this area be consulted to ensure a successful installation.



Customer	: Mar Llaó	Pump size & type	: 2K6x4US-13AOP M3	Drawing number	: -
Item number	: -	Pump speed / Stages	: 1,150 rpm / 1	Date	: May 10, 2022
Service	: -	Flow / Head	: 142.5 m³/h / 19.00 m	Certified by / Date	: -
Customer PO #	: -	Driver power / Frame	: 15.0 hp / 11.2 kW / -	Seal type	: -
Flowserve reference	: 4038367059	Volts / Phase / Hz	: 460 / 3 / 60 Hz	Seal flush plan	: -

5.23. Listado de tuberías

Línea	P&ID	TAMAÑO NOM.	FROM	TO	FLUIDO	FASE	NORMAL OPER. TEMP.	NORMAL OPER. PRES.
		mm					°C	Bar (g)
Proceso	Proceso	Proceso	Piping	Piping	Process	Process	Process	Process
M-1001-4"-SS2	P&ID MX-1000	114.30	RAW METANOL	MX-101	METANOL	L	25	0
N-1001-4"-SS2	P&ID MX-1000	114.30	N2	MX-101	NITROGENO	G	25	6
M-1008-4"-SS2	P&ID MX-1000	114.30	MX-101	V-101	METANOL	L	32.5	14.29
M-1010-4"-SS2	P&ID MX-1000	114.30	V-101	E-201	METANOL	L	32.5	14.29
M-2011-4"-SS2	P&ID R-2000	114.30	E-201	R-201	METANOL	G	153.9	14.19
DME-2012-10"-SS2	P&ID R-2000	273.05	R-201	E-201	DME/PRODUCTO	G	378.1	14.18
DME-3001-10"-SS2	P&ID T-3000	273.05	E-203	T-301	DME/PRODUCTO	L	163.9	9.38
DME-3009-28"-SS2	P&ID T-3000	711.20	V-301	PRODUCT	DME/PRODUCTO	L	45.9	9.38
MET-3004-8"-SS2	P&ID T-3000	219.08	E-302	T-401	METANOL	L	155.6	5.99
LPS-4002-6"-SS2	P&ID T-4000	168.28	LPS	STEAM REC.	LOW PRESSURE STEAM	G	126.8	2.8
AC-4009- 1 1/2"-SS2	P&ID T-4000	48.26	E-403	IMP.	ACIDO ACETICO, METANOL	L	43	5.99
MET-4004-28"-SS2	P&ID T-4000	711.20	E-402	T-501	METANOL	L	140.6	0.091
WT-4001-7"-SS2	P&ID T-4000	193.68	COOLWT.	REFR. TOWER	AGUA REFRIGERACION	L	29.8	3.7
MET-5007-1 1/2"-SS2	P&ID T-5000	48.26	V-501	MX-101	METANOL	L	60	0.091
WT-5005-4"-SS2	P&ID T-5000	114.30	E-503	WT TREATMENT	AGUA	L	61	0.091

NORMAL OPER. PRES.	TEMP. DISEÑO.	PRES. DISEÑO	MATERIAL AISLANTE	GROSOR AISLAMIENTO	TRACING TYPE	PIPE SCHEDULE	SIZE INSIDE (mm.)	NOMINAL THICKNES (mm.)	LINE DESIGN MINIMUM TEMP.
Bar (g)	°C	Bar (g)							C
Process	Process	Process	Design	Design	Process	Design	Calculated	Calculated	Process
0	45	8.8	MINERAL WOOL	100	NONE	40	102.26	6.02	-5
6	80	7.8			NONE	40	102.26	6.02	
14.29	52.5	20	MINERAL WOOL	100	NONE	40	102.26	6.02	-5
14.29	52.5	20	MINERAL WOOL	100	NONE	40	102.26	6.02	-5
14.19	173.9	20	MINERAL WOOL	100	NONE	40	102.26	6.02	-5
14.18	398.1	20	MINERAL WOOL	100	NONE	40	254.50	9.27	-5
9.38	183.9	15.3	MINERAL WOOL	100	NONE	40	254.50	9.27	-5
9.38	65.9	15.3	MINERAL WOOL	100	NONE	40	700.89	10.31	-5
5.99	175.6	10.2	MINERAL WOOL	100	NONE	40	202.72	8.18	-5
2.8	-	-			NONE	40	154.05	7.11	
5.99	63	10.2	MINERAL WOOL	100	NONE	40	40.89	3.68	-5
0.091	160.6	3.6	MINERAL WOOL	100	NONE	40	700.89	10.31	-5
3.7	120	8.5			NONE	40	185.25	8.43	
0.091	80	3.6	MINERAL WOOL	100	NONE	40	40.89	3.68	-5
0.091	81	3.6	MINERAL WOOL	100	NONE	40	102.26	6.02	-5

5.24. Listado de instrumentos

Lista de Instrumentos							
Nom. Doc.: Instrumentación		Revisión: D			Fecha de Emisión: 05/06/2022		
Identificador	Equipo / línea	Parámetro	Tipo de Señal	Rango Min	Rango Max	P&ID	Comentarios
ABV 101	M-1002-4"-SS2	Posición de Válvula	AO	0%	100%	P&ID-1000	
PT 101	M-1003-4"-SS2	Presión	AI	0.55 bar	55.2 bar	P&ID-1000	
ABV 102	M-1003-4"-SS2	Posición de Válvula	AO	0%	100%	P&ID-1000	
ABV 103	M-1004-4"-SS2	Posición de Válvula	AO	0%	100%	P&ID-1000	
PT 102	M-1005-4"-SS2	Presión	AI	0.55 bar	55.2 bar	P&ID-1000	
ABV 104	M-1005-4"-SS2	Posición de Válvula	AO	0%	100%	P&ID-1000	
VT 101	M-101A	Frecuencia	AI	0	8000 rpm	P&ID-1000	
JT 101	VT 101	Potencia	AI	0	200 kW	P&ID-1000	
VT 102	M-102B	Frecuencia	AI	0	8000 rpm	P&ID-1000	
JT 102	VT 102	Potencia	AI	0	200 kW	P&ID-1000	
FT 103	M-1006-4"-SS2	Caudal	AI	0	53000 kg/h	P&ID-1000	
FC 101	FT 103	Caudal	AI	0	53000 kg/h	P&ID-1000	
FCV 101	FC 101	Caudal	AI	0	53000 kg/h	P&ID-1000	
ABV 108	M-1012-1.5"-SS2	Posición de Válvula	AO	0%	100%	P&ID-1000	
ABV 109	M-1013-1.5"-SS2	Posición de Válvula	AO	0%	100%	P&ID-1000	
ABV 110	M-1014-1.5"-SS2	Posición de Válvula	AO	0%	100%	P&ID-1000	
ABV 111	M-1015-1.5"-SS2	Posición de Válvula	AO	0%	100%	P&ID-1000	
FT 104	M-1013-1.5"-SS2	Caudal	AI	0	53000 kg/h	P&ID-1000	
FT 105	M-1015-1.5"-SS2	Caudal	AI	0	53000 kg/h	P&ID-1000	
PT 105	M-1013-1.5"-SS2	Presión	AI	0.55 bar	55.2 bar	P&ID-1000	
PC 103	PT 105	Presión	AO	0.55 bar	55.2 bar	P&ID-1000	
VT 103	M-102A	Frecuencia	AI	0	8000 rpm	P&ID-1000	
JT 103	VT 103	Potencia	AI	0	200 kW	P&ID-1000	
VT 104	M-102B	Frecuencia	AI	0	8000 rpm	P&ID-1000	
JT 104	VT 104	Potencia	AI	0	200 kW	P&ID-1000	
PT 106	M-1015-1.5"-SS2	Presión	AI	0.55 bar	55.2 bar	P&ID-1000	
PC 104	PT 106	Presión	AO	0.55 bar	55.2 bar	P&ID-1000	
FT 106	M-1015-1.5"-SS2	Caudal	AI	0	53000 kg/h	P&ID-1000	
ABV 105	M-1015-4"-SS2	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-1000	
ABV 106	M-1008-4"-SS2	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-1000	
ABV 112	M-1001-4"-SS2	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-1000	
ABV 113	M-1001-4"-SS2	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-1000	
PT 103	V-101	Presión	AI	0.55 bar	55.2 bar	P&ID-1000	
PT 104	V-101	Presión	AI	0.55 bar	55.2 bar	P&ID-1000	
LT 101	V-101	Nivel	AI	0	100 m	P&ID-1000	
LC 101	LT 101	Nivel	AI	0	100 m	P&ID-1000	
ABV 201	M-1010-4"-SS2	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-1000	
ABV 107	M-1010-4"-SS2	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-1000	
ABV 201	M-2001-4"-SS2	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-2000	
ABV 202	M-2003-4"-SS2	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-2000	
ABV 203	M-2005-4"-SS2	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-2000	
ABV 204	M-2004-4"-SS2	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-2000	
ABV 205	M-2006-4"-SS2	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-2000	
VT 201	M-201A	Frecuencia	AI	0	8000 rpm	P&ID-2000	
JT 201	VT 201		AI	0	200 kW	P&ID-2000	
PT 202	M-2004-4"-SS2	Presión	AI	0.55 bar	55.2 bar	P&ID-2000	
VT 202	M-202A	Frecuencia	AI	0	8000 rpm	P&ID-2000	
JT 202	VT 202		AI	0	200 kW	P&ID-2000	
PT 203	M-2006-4"-SS2	Presión	AI	0.55 bar	55.2 bar	P&ID-2000	
FT 201	M-2007-4"-SS2	Caudal	AI	0	53000 kg/h	P&ID-2000	
FC 201	M-2007-4"-SS2	Caudal	AI	0	53000 kg/h	P&ID-2000	
FCV 201	M-2007-4"-SS2	Posición de Válvula	AI	0	100%	P&ID-2000	
TT 201	M-2008-4"-SS2	Temperatura	AI	-50	800°C	P&ID-2000	
ABV 206	M-2009-4"-SS2	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-2000	
TT 202	M-2010-4"-SS2	Temperatura	AI	-50	800°C	P&ID-2000	
TT 203	M-2011-4"-SS2	Temperatura	AI	-50	800°C	P&ID-2000	
SC	E-202	Silica controller	AI	0	1000°C	P&ID-2000	
SCR	E-202	Silica controller recifier	AI	0	1000°C	P&ID-2000	
MCB	E-202	Main Circuit Breaker	AI	0	60 A	P&ID-2000	
ABV 207	M-2011-4"-SS2	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-2000	
TT 204	R-201	Temperatura	AI	-50	800°C	P&ID-2000	
TT 205	R-201	Temperatura	AI	-50	800°C	P&ID-2000	
TT 206	R-201	Temperatura	AI	-50	800°C	P&ID-2000	
PT 204	R-201	Presión	AI	0.55 bar	55.2 bar	P&ID-2000	
ABV 211	M-2017-4"-SS2	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-2000	

ABV 210	M-2019-4"-SS2	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-2000	
ABV 208	DME-2012-4"-SS2	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-2000	
TT 207	DME-2013-4"-SS2	Temperatura	AI	-50	800°C	P&ID-2000	
PT 201	DME-2013-4"-SS2	Presión	AI	0.55 bar	55.2 bar	P&ID-2000	
PC 201	PT 201	Presión	AI	0.55 bar	55.2 bar	P&ID-2000	
ABV 307	VT-3001-4"-SS2	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-3000	
TT 301	DME-3001-10"-SS2	Temperatura	AI	-50	800°C	P&ID-3000	
ABV 301	DME-3001-10"-SS2	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-3000	
TT 302	T-301	Temperatura	DI	-50	800°C	P&ID-3000	
TT 303	T-301	Temperatura	DI	-50	800°C	P&ID-3000	
TT 304	T-301	Temperatura	AI	-50	800°C	P&ID-3000	
TC 301	T 304	Temperatura	AO	---	---	P&ID-3000	
PT 301	T-301	Presión	AI	0.55 bar	55.2 bar	P&ID-3000	
TT 305	T-301	Temperatura	AI	-50	800°C	P&ID-3000	
ABV 305	N-3003-4"-AC1	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-3000	
ABV 306	LPS-3001-4"-SS2	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-3000	
ABV 308	DR-3001-4"-SS2	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-3000	
TT 308	MET-3001-4"-SS2	Temperatura	AI	-50	800°C	P&ID-3000	
LT 301	T-301	Nivel	AI	0	100 m	P&ID-3000	
LC 301	LT 301	Nivel	AO	0	100 m	P&ID-3000	
LT 303	E-302	Nivel	AI	0	100 m	P&ID-3000	
LV 301	LC 301	Nivel	AO	0	100%	P&ID-3000	
PT 307	MET-3002-4"-SS2	Presión	AI	0.55 bar	55.2 bar	P&ID-3000	
ABV 304	MPS-3001-3 1/2"-SS2	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-3000	
TV 301	MPS-3001-3 1/2"-SS2	Temperatura	AO	0	100%	P&ID-3000	
PT 302	DME-3002-12"-SS2	Presión	AI	0.55 bar	55.2 bar	P&ID-3000	
TT 306	DME-3002-12"-SS2	Temperatura	AI	-50	800°C	P&ID-3000	
ABV 309	N-3004-4"-SS2	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-3000	
ABV 302	N-3001-4"-AC1	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-3000	
PT 303	PSV-3003-4"-SS2	Presión	DI	0.55 bar	55.2 bar	P&ID-3000	
VSD 301	E-301	??	AO	0	8000 rpm	P&ID-3000	
SY 301	VSD 301	??	AO	0	8000 rpm	P&ID-3000	
JT 301	VSD 301	??	AI	0	200 kW	P&ID-3000	
VFC 301	JT 301	??	AO	0	8000 rpm	P&ID-3000	
PT 304	VFC 301	Presión	AI	0.55 bar	55.2 bar	P&ID-3000	
TT 307	VFC 301	Temperatura	AI	-50	800°C	P&ID-3000	
PC 301	PT 302	Presión	AO	0.55 bar	55.2 bar	P&ID-3000	
PV 301	PC 301	Presión	AO	0	100%	P&ID-3000	
ABV 315	DME-3004-8"-SS2	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-3000	
ABV 310	N-3005-4"-SS2	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-3000	
LT 302	V-301	Nivel	AI	0	100 m	P&ID-3000	
PT 305	V-301	Presión	AI	0.55 bar	55.2 bar	P&ID-3000	
LC 302	LT 302	Nivel	AO	0	100 m	P&ID-3000	
PT 306	PSV-3004-4"-SS2	Presión	AI	0.55 bar	55.2 bar	P&ID-3000	
ABV 303	N-3002-4"-SS2	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-3000	
TT 310	V-301	Temperatura	AI	-50	800°C	P&ID-3000	
CT 301	DME-3009-28"-SS2	Composición	AI	0	1 (mol/mol)	P&ID-3000	
FC 301	LC 302	Caudal	AO	0	53000 kg/h	P&ID-3000	
FV 302	FC 301	Caudal	AO	0	100%	P&ID-3000	
FV 301	FC 301	Caudal	AO	0	100%	P&ID-3000	
ABV 311	DME-3006-6"-SS2	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-3000	
PT 308	DME-3006-6"-SS2	Presión	AI	0.55 bar	55.2 bar	P&ID-3000	
ABV 312	DME-3007-6"-SS2	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-3000	
PT 309	DME-3010-6"-SS2	Presión	AI	0.55 bar	55.2 bar	P&ID-3000	
VSD 302	P-301 A	Frecuencia	AI	0	8000 rpm	P&ID-3000	
XY 301	VSD 302	Posición	DO	0	1m	P&ID-3000	
JT 302	VSD 302	Potencia	AI	0	200 kW	P&ID-3000	
SY 302	VSD 302	Velocidad	AO	0	8000 rpm	P&ID-3000	
VSD 303	P-301 B	Frecuencia	AI	0	8000 rpm	P&ID-3000	
XY 302	VSD 303	Posición	DO	0	1m	P&ID-3000	
JT 303	VSD 303	Potencia	AI	0	200 kW	P&ID-3000	
SY 303	VSD 303	Velocidad	AO	0	8000 rpm	P&ID-3000	
TT 401	MET-3004-8"-SS2	Temperatura	AI	-50	800°C	P&ID-4000	
ABV 401	MET-3004-8"-SS2	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-4000	
ABV 407	VT-4001-4"-SS2	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-4000	
TT 402	T-401	Temperatura	DI	-50	800°C	P&ID-4000	
TT 404	T-401	Temperatura	DI	-50	800°C	P&ID-4000	
TT 403	T-401	Temperatura	DI	-50	800°C	P&ID-4000	
TT 405	T-401	Temperatura	DI	-50	800°C	P&ID-4000	

PT 401	T-401	Presión	AI	0.55 bar	55.2 bar	P&ID-4000
ABV 405	N-4003-4"-AC1	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-4000
ABV 406	LPS-4001-4"-SS2	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-4000
ABV 408	DR-4001-4"-SS2	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-4000
LT 401	T-401	Nivel	AI	0	100 m	P&ID-4000
LC 401	LT 401	Nivel	AO	---	---	P&ID-4000
TT 408	MET-4001-4"-SS2	Temperatura	AI	-50	800°C	P&ID-4000
LT 403	LC 401	Nivel	AI	0	100 m	P&ID-4000
TT 401	MET-4003-6"-SS2	Temperatura	AI	-50	800°C	P&ID-4000
PT 407	MET-4002-4"-SS2	Presión	AI	0.5 bar	55.2 bar	P&ID-4000
LV 401	MET-4002-4"-SS2	Nivel	AO	0	100%	P&ID-4000
ABV 404	LPS-4002-6"-SS2	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-4000
TV 101	LPS-4002-6"-SS2	Temperatura	AO	0	100%	P&ID-4000
TC 401	TT 405	Temperatura	AO	---	---	P&ID-4000
TC 402	TT 402	Temperatura	AO	---	---	P&ID-4000
PT 402	AC-4001-6"-SS2	Presión	AI	0.55 bar	55.2 bar	P&ID-4000
TT 406	AC-4001-6"-SS2	Temperatura	AI	-50	800°C	P&ID-4000
PC 401	PT 402	Presión	AO	---	---	P&ID-4000
PV 401	PC 401	Presión	AO	0	100%	P&ID-4000
ABV 409	N-4004-4"-SS2	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-4000
PT 403	PSV-4003-4"-SS2	Presión	AO	0.55 bar	55.2 bar	P&ID-4000
ABV 402	N-4001-4"-AC1	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-4000
ABV 415	AC-4001-6"-SS2	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-4000
FT 408	AC-4002-2"-SS2	Caudal	AI	0	53000 kg/h	P&ID-4000
FV 402	FT 408	Caudal	AO	0	100%	P&ID-4000
ABV 410	N-4005-4"-SS2	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-4000
PT 406	PSV-4004-4"-SS2	Presión	DI	0.55 bar	55.2 bar	P&ID-4000
LT 402	V-401	Nivel	AI	0	100 m	P&ID-4000
PT 405	V-401	Presión	AI	0.55 bar	55.2 bar	P&ID-4000
TT 409	V-401	Temperatura	AI	-50	800°C	P&ID-4000
LC 402	LT 402	Nivel	AO	0	100 m	P&ID-4000
FC 401	LC 402	Caudal	AO	---	---	P&ID-4000
FV 101	FC 401	Caudal	AO	0	100%	P&ID-4000
PT 404	AC-4009-1 1/2"-SS2	Presión	AI	0.55 bar	55.2 bar	P&ID-4000
TT 407	AC-4009-1 1/2"-SS2	Temperatura	AI	-50	800°C	P&ID-4000
CT 401	AC-4009-1 1/2"-SS2	Composición	AI	0	1 (mol/mol)	P&ID-4000
VFC 401	PT 404	Presión	AO	0	8000 rpm	P&ID-4000
VSD 401	E-403	Frecuencia	AI	0	8000 rpm	P&ID-4000
SY 401	VSD 401	Velocidad	AI	0	8000 rpm	P&ID-4000
JT 401	VSD 401	Potencia	AI	0	200 kW	P&ID-4000
TV 402	TC 402	Temperatura	AO	0	100%	P&ID-4000
ABV 411	AC-4005-2"-SS2	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-4000
PT 408	AC-4006-2"-SS2	Presión	AI	0.55 bar	55.2 bar	P&ID-4000
ABV 412	AC-4006-2"-SS2	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-4000
ABV 414	AC-4010-2"-SS2	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-4000
TT 409	AC-4006-2"-SS2	Temperatura	AI	-50	800°C	P&ID-4000
ABV 413	AC-4006-2"-SS2	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-4000
LIT 601	E-604	Nivel	AI	0	100%	P&ID-6000
PIT 601	V-6008-1"-SS2	Presión	AI	0.55 bar	55.2 bar	P&ID-6000
ABV 602	N-6006-1"-AC1	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-6000
ABV 601	N-6005-1"-AC1	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-6000
LIT 607	E-608	Nivel	AI	0	5m	P&ID-6000
PIT 602	V-6016-1"-SS2	Presión	AI	0.55 bar	55.2 bar	P&ID-6000
ABV 604	N-6014-1"-AC1	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-6000
ABV 603	N-6013-1"-AC1	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-6000
LIT 603	E-611	Nivel	AI	0	5m	P&ID-6000
PIT 603	V-6024-1"-SS2	Presión	AI	0.55 bar	55.2 bar	P&ID-6000
ABV 606	N-6022-1"-AC1	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-6000
ABV 605	N-6021-1"-AC1	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-6000
LIT 604	E-616	Nivel	AI	0	5m	P&ID-6000
PIT 604	V-6032-1"-SS2	Presión	AI	0.55 bar	55.2 bar	P&ID-6000
ABV 608	N-6030-1"-AC1	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-6000
ABV 607	N-6029-1"-AC1	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-6000
LIT 701	E-704	Nivel	AI	0	5m	P&ID-7000
PIT 701	V-7008-1"-SS2	Presión	AI	0.55 bar	55.2 bar	P&ID-7000
ABV 702	N-7006-1"-AC1	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-7000
ABV 701	N-7005-1"-AC1	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-7000
LIT 707	E-708	Nivel	AI	0	5m	P&ID-7000
PIT 702	V-7016-1"-SS2	Presión	AI	0.55 bar	55.2 bar	P&ID-7000

ABV 704	N-7014-1"-AC1	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-7000
ABV 703	N-7013-1"-AC1	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-7000
LIT 703	E-711	Nivel	AI	0	5m	P&ID-7000
PIT 703	V-7024-1"-SS2	Presión	AI	0.55 bar	55.2 bar	P&ID-7000
ABV 706	N-7022-1"-AC1	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-7000
ABV 705	N-7021-1"-AC1	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-7000
LIT 704	E-716	Nivel	AI	0	5m	P&ID-7000
PIT 704	V-7032-1"-SS2	Presión	AI	0.55 bar	55.2 bar	P&ID-7000
ABV 708	N-7030-1"-AC1	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-7000
ABV 707	N-7029-1"-AC1	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-7000
LIT 801	E-804	Nivel	AI	0	5m	P&ID-8000
PIT 801	V-8008-1"-SS2	Presión	AI	0.55 bar	55.2 bar	P&ID-8000
ABV 802	N-8006-1"-AC1	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-8000
ABV 801	N-8005-1"-AC1	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-8000
LIT 807	E-808	Nivel	AI	0	5m	P&ID-8000
PIT 802	V-8016-1"-SS2	Presión	AI	0.55 bar	55.2 bar	P&ID-8000
ABV 804	N-8014-1"-AC1	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-8000
ABV 803	N-8013-1"-AC1	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-8000
LIT 803	E-811	Nivel	AI	0	5m	P&ID-8000
PIT 803	V-8024-1"-SS2	Presión	AI	0.55 bar	55.2 bar	P&ID-8000
ABV 806	N-8022-1"-AC1	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-8000
ABV 805	N-8021-1"-AC1	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-8000
LIT 804	E-816	Nivel	AI	0	5m	P&ID-8000
PIT 804	V-8032-1"-SS2	Presión	AI	0.55 bar	55.2 bar	P&ID-8000
ABV 808	N-8030-1"-AC1	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-8000
ABV 807	N-8029-1"-AC1	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-8000
TT 501	MET-4004-28"-SS2	Temperatura	AI	-20	500°C	P&ID-5000
ABV 501	MET-4004-28"-SS2	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-5000
ABV 507	VT-5001-4"-SS2	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-5000
PT 501	T-501	Presión	AI	0.55 bar	55.2 bar	P&ID-5000
TT 505	T-501	Temperatura	AI	-50	800°C	P&ID-5000
LT 501	T-501	Nivel	AI	0	5m	P&ID-5000
TT 504	T-501	Temperatura	AI	-50	800°C	P&ID-5000
TT 503	T-501	Temperatura	AI	-50	800°C	P&ID-5000
TT 502	T-501	Temperatura	AI	-50	800°C	P&ID-5000
ABV 505	N-5003-4"-AC1	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-5000
ABV 506	LPS-5001-4"-SS2	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-5000
ABV 508	DR-5001-4"-SS2	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-5000
TT 508	WT-5001-18"-SS2	Temperatura	AI	-50	800°C	P&ID-5000
LC 501	LT 501	Nivel	AO	0	0	P&ID-5000
LT 503	LC 501	Nivel	AI	0	100m	P&ID-5000
LV 501	LC 501	Nivel	AO	0	100%	P&ID-5000
TV 501	TC 501	Temperatura	AO	0	100%	P&ID-5000
TC 501	TT 504	Temperatura	AO	-50	800°C	P&ID-5000
ABV 504	ST-5001-18"-SS2	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-5000
PT 508	WT-5002-4"-SS2	Presión	AI	0.55 bar	55.2 bar	P&ID-5000
VSD 502	E-503	Frecuencia	AI	0	8000 rpm	P&ID-5000
SY 502	VSD 502	Velocidad	AI	0	8000 rpm	P&ID-5000
JT 502	VSD 502	Potencia	AI	0	200 kW	P&ID-5000
TT 509	JT 502	Temperatura	AI	-50	800°C	P&ID-5000
VFC 502	JT 502	Frecuencia	AO	0	8000 rpm	P&ID-5000
CT 501	WT-5005-4"-SS2	Composición	AI	0	1 (mol/mol)	P&ID-5000
PT 502	MET-5001-28"-SS2	Presión	AI	0.55 bar	55.2 bar	P&ID-5000
PC 501	PT 502	Presión	AI	0.55 bar	55.2 bar	P&ID-5000
PV 501	PC 501	Presión	AI	0	100%	P&ID-5000
ABV 509	N-5004-4"-SS2	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-5000
TT 506	MET-5001-28"-SS2	Temperatura	AI	-50	800°C	P&ID-5000
ABV 502	N-5001-4"-SS2	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-5000
PT 503	PSV-5003-6"-SS2	Presión	DI	0.55 bar	55.2 bar	P&ID-5000
VSD 501	E-501	Frecuencia	AI	0	8000 rpm	P&ID-5000
SY 501	VSD 501	Velocidad	AO	0	8000 rpm	P&ID-5000
JT 501	VSD 501	Potencia	AI	0	200 kW	P&ID-5000
VFC 501	JT 501	Frecuencia	AO	0	8000 rpm	P&ID-5000
TT 507	JT 501	Temperatura	AO	-50	800°C	P&ID-5000
PT 504	VFC 501	Presión	AO	0.55 bar	55.2 bar	P&ID-5000
ABV 515	MET-5002-5"-SS2	DO	DO	0%	100%	P&ID-5000
ABV 510	N-5005-4"-SS2	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-5000
PT 506	PSV-5004-6"-SS2	Presión	DI	0.55 bar	55.2 bar	P&ID-5000
ABV 503	N-5002-4"-SS2	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-5000

PT 505	V-501	Presión	AI	0.55 bar	55.2 bar	P&ID-5000
TT 510	V-501	Temperatura	AI	-50	800°C	P&ID-5000
LT 502	V-501	Nivel	AI	0	100m	P&ID-5000
LC 502	LT 502	Nivel	AO	0	100m	P&ID-5000
FC 501	LC 502	Caudal	AO	0	53000 kg/h	P&ID-5000
FV 501	FC 501	Caudal	AO	0	100%	P&ID-5000
FV 502	FC 501	Caudal	AO	0	100%	P&ID-5000
ABV 511	MET-5005-5"-SS2	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-5000
PT 509	MET-5006-5"-SS2	Presión	AI	0.55 bar	55.2 bar	P&ID-5000
ABV 512	MET-5006-5"-SS2	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-5000
PT 507	MET-5008-5"-SS2	Presión	AI	0.55 bar	55.2 bar	P&ID-5000
ABV 513	MET-5006-5"-SS2	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-5000
ABV 514	MET-5008-5"-SS2	Posición de Válvula	DO	0%	100%	P&ID-5000
VSD 502	P-501 A	Frecuencia	AO	0	8000 rpm	P&ID-5000
JT 502	VSD 502	Potencia	AI	0	200 kW	P&ID-5000
XY 501	VSD 502	Velocidad	DO	0	1m	P&ID-5000
SY 502	VSD 502	Velocidad	AO	0	8000 rpm	P&ID-5000
VSD 503	P-501 b	Frecuencia	AO	0	8000 rpm	P&ID-5000
JT 503	VSD 503	Potencia	AI	0	200 kW	P&ID-5000
XY 502	VSD 503	Posición	DO	0	1m	P&ID-5000
SY 503	VSD 503	Velocidad	AO	0	8000 rpm	P&ID-5000

5.25. Listado de equipos

Lista de Equipos										
Num. de Doc.: 1			Revisión: D		Fecha de Emisión: 05/06/2022					
Identificador	Dibujo	Hoja de datos	Fuente de energía	Clasificación genérica	Diseño		Operacional		Lineas enlazadas	Consideraciones especiales
					Presión (Barg)	Temperatura(°C)	Presión (Barg)	Temperatura(°C)		
P-101 A/B	PID-1000		Electrica	Bomba	26.6	100	15	50	M-1002-4"-SS2 ; M-1003-4"-SS2 ; M-1004-4"-SS2 ; M-1005-4"-SS2	Bomba de FlowServe
P-102 A/B	PID-1000		Electrica	Bomba	45	100	15	60	M-1012-1.5"-SS2 ; M-1013-1.5"-SS2 ; M-1014-1.5"-SS2 ; M-1015-1.5"-SS2	Bomba de FlowServe
M-101	PID-1000		--	Mezclador	20	100	15	40	M-1007-4"-SS2 ; M-108-4"-SS2 ; N-1001-4"-SS2	
V-101	PID-1000		--	Tanque	20	100	15	40	M-1009-4"-SS2 ; M-1010-4"-SS2 ; M-1002-4"-SS2	
P-201A	PID-2000		Eléctrica	Bomba	20	100	15	40	M-2003-4"-SS2 ; M-2004-4"-SS2	
P-201B	PID-2000		Eléctrica	Bomba	20	100	15	40	M-2005-4"-SS2 ; M-2006-4"-SS2	
E-201	PID-2000		--	Intercambiador	16.54	415	15	177	M-2008-4"-SS2 ; M-2009-4"-SS2 ; DME-2012-10"-SS2 ; DME-2013-10"-SS2	
E-202	PID-2000		Eléctrica	Intercambiador	16.54	415	15	177	M-2010-4"-SS2 ; M-2011-4"-SS2	
R-201	PID-2000		--	Reactor	20	400	15	379	M-2011-4"-SS2 ; M-2012-10"-SS2	
T-301	PID-3000		--	Torre de Destilación	10.31	175	9.38	155	VT-3001-4"-SS2 ; DME-3001-10"-SS2 ; N-3003-4"-AC1 ; LPS-3001-4"-SS2 ; DR-3001-4"-SS2 ; MET-3001-4"-SS2 ; MET-3003-6"-SS2 ; DME-3007-6"-SS2 ; DME-3002-12"-SS2	
E-301	PID-3000		Eléctrica	Aerorefrigerador	13.7	148.89	10.26	45	DME-3002-12"-SS2 ; DME-3003-8"-SS2	
V-301	PID-3000		--	Depósito de reflujo	10.31	66	9.38	46	DME-3004-8"-SS2 ; PSV-3004-4"-SS2 ; DME-3005-8"-SS2 ; DR-3002-1 1/2"-SS2	
E-302	PID-3000		--	Kettle	18	265	15	200	MET-3001-4"-SS2 ; MET-3003-6"-SS2 ; MET-3002-4"-SS2 ; MPS-3001-3 1/2"-SS2 ; WT-3001-1 1/4"-SS2	
P-301 A	PID-3000		Electrica	Bomba	29.5	200	9.38	155	DME-3006-6"-SS2 ; DME-3007-6"-SS2	
P-301 B	PID-3000		Electrica	Bomba	29.5	200	9.38	155	DME-3010-6"-SS2 ; DME2-300-6"-SS2	
T-401	PID-4000		--	Torre de Destilación	6.62	160.69	5.99	140.69	VT-4001-4"-SS2 ; MET-3004-8"-SS2 ; N-4003-4"-AC1 ; LPS-4001-4"-SS2 ; DR-4001-4"-SS2 ; MET-4001-4"-SS2 ; MET-4003-6"-SS2 ; AC-4006-2"-SS2 ; AC-4001-6"-SS2	
E-401	PID-4000		--	Intercambiador	8.5	165	6.91	125	AC-4001-6"-SS2 ; AC-4002-2"-SS2 ; WT-4001-7"-SS2 ; WT-4002-7"-SS2	
V-401	PID-4000		--	Tanque de reflujo	6.62	128	5.99	108	AC-4003-2"-SS2 ; PSV-4004-2"-SS2 ; AC-4004-2"-SS2 ; DR-4002-1 1/2"-SS2	
E-402	PID-4000		--	Kettle	8.27	193	6.91	153	MET2-4001-2 1/2"-SS2 ; MET2-4003-6"-SS2 ; MET2-4004-4"-SS2 ; ST-4001-6"-SS2 ; ST-4002-1"-SS2	
P-401 A	PID-4000		Electrica	Bomba	20	150	6	155	AC-4005-2"-SS2 ; AC-4006-2"-SS2	
P-401 B	PID-4000		Electrica	Bomba	20	150	6	155	AC-4010-2"-SS2 ; AC-4006-2"-SS2	
E-403	PID-4000		Electrica	Aerorefrigerador	14	176	1.5	107	AC-4008-3 1/2"-SS2 ; AC-4009-1 1/2"-SS2	
T-501	PID-5000		--	Torre de Destilación	0.28	122.4	0.09	102.4	MET-4004-28"-SS2 ; VT-5001-4"-SS2 ; N-5003-4"-AC1 ; LPS-5001-4"-SS2 ; DR-5001-4"-SS2 ; WT-5001-18"-SS2 ; WT-5003-6"-SS2 ; MET-5006-5"-SS2 ; MET-5001-28"-SS2	
E-501	PID-5000		--	Aerorefrigerador	13.7	176	1	60	MET-5001-28"-SS2 ; MET-5002-5"-SS2	
V-501	PID-5000		--	Tanque de reflujo	0.28	80	0.09	60	MET-5003-5"-SS2 ; PSV-5004-5"-SS2 ; DR-5002-1 1/2"-SS2 ; MET-5004-5"-SS2	
E-502	PID-5000		--	Kettle	6.4	193	4.2	153	WT-5001-18"-SS2 ; WT-5003-6"-SS2 ; LPS-5002-12"-SS2 ; WT-5006-3"-SS2 ; WT-5002-4"-SS2	
E-503	PID-5000		--	Aerorefrigerador	13.7	176	1	102	WT-5004-4"-SS2 ; WT-5005-4"-SS2	

5.26. Listado de equipos de seguridad

Lista de Válvulas de seguridad				
Nom. Doc.:		Revisión:		Fecha de Emisión:
Identificador	Parámetro	Línea/Equipo	Set Point (kg/cm2g)	Comentarios
PSV 101	Presión	V-101	20	Válvula encadenada
PSV 102	Presión	V-101	20	Válvula encadenada
PSV 201	Presión	R-201	20	
RD 201	Presión	R-201	15	
PSV 301	Presión	DME-3002-12"-SS2	20	
RD 301	Presión	DME-3002-12"-SS2	15	
PSV 302	Presión	V-301	20	
RD 302	Presión	V-301	15	
PSV 401	Presión	AC-4001-6"-SS2	15.2	
RD 401	Presión	AC-4001-6"-SS2	10.2	
PSV 402	Presión	V-401	15.2	
RD 402	Presión	V-401	10.2	
PSV 601	Presión	N-6006-1"-AC1	6.5	
PSV 602	Presión	N-6014-1"-AC1	6.5	
PSV 603	Presión	N-6022-1"-AC1	6.5	
PSV 604	Presión	N-6030-1"-AC1	6.5	
PSV 701	Presión	N-7006-1"-AC1	6.5	
PSV 702	Presión	N-7014-1"-AC1	6.5	
PSV 703	Presión	N-7022-1"-AC1	6.5	
PSV 704	Presión	N-7030-1"-AC1	6.5	
PSV 801	Presión	N-8006-1"-AC1	6.5	
PSV 802	Presión	N-8014-1"-AC1	6.5	
PSV 803	Presión	N-8022-1"-AC1	6.5	
PSV 804	Presión	N-8030-1"-AC1	6.5	
PSV 501	Presión	MET-5001-28"-SS2	5	
RD 501	Presión	MET-5001-28"-SS2	3.6	
PSV 502	Presión	V-501	5	
RD 502	Presión	V-501	3.6	

6. SAFETY CONCEPT

6.1. Establecimiento afectado de nivel alto

Se trabaja por diseñar un proceso de producción de DME de nueva implementación y se necesita realizar un Análisis Cuantitativo de Riesgos por el inicio de actividad y la presencia de sustancias peligrosas con cantidades elevadas que superan lo establecido por la ley *Seveso*.

Las sustancias peligrosas que realmente tienen un establecimiento afectado de nivel alto son las que contienen metanol, es decir, la gran mayoría de equipos de la planta. Según el Real Decreto 840/2015 del 21 de septiembre el metanol está incluido dentro de la columna del anexo 1 y está considerado como una sustancia tóxica e inflamable. Se clasificará esta sustancia como posible iniciadora de accidentes.

El metanol crudo entra en la planta con un caudal de 27738 kg/h. El proceso tiene una salida de metanol a razón de 419.1 kg/h como impureza en el destilado de la columna T-401. El resto de metanol reacciona para convertirse en DME o es recirculado en el sistema para una nueva entrada en el reactor. Esta cantidad de metanol supera las cantidades umbral en toneladas tanto del nivel inferior (500) como del nivel superior (5000).

6.2. Zonas ATEX

Las zonas de los equipos de planta se dividen en función del tiempo de presencia de atmósfera explosiva dentro del área de trabajo (García Martín, 2008). Estas zonas se dividen en:

- Zona 0: Área de trabajo en la que una atmósfera explosiva consistente en una mezcla de aire y gas o vapor o una niebla inflamable está presente de forma permanente o por un período de tiempo prolongado o con frecuencia (>1000 horas/año).
- Zona 1: Área de trabajo en la que es probable, en condiciones normales de explotación, la formación ocasional de una atmósfera explosiva (de 10 a 1000 horas/año).
- Zona 2: Área de trabajo en la que no es probable, en condiciones normales de explotación, la formación de una atmósfera explosiva (0.1 a 10 horas/año).

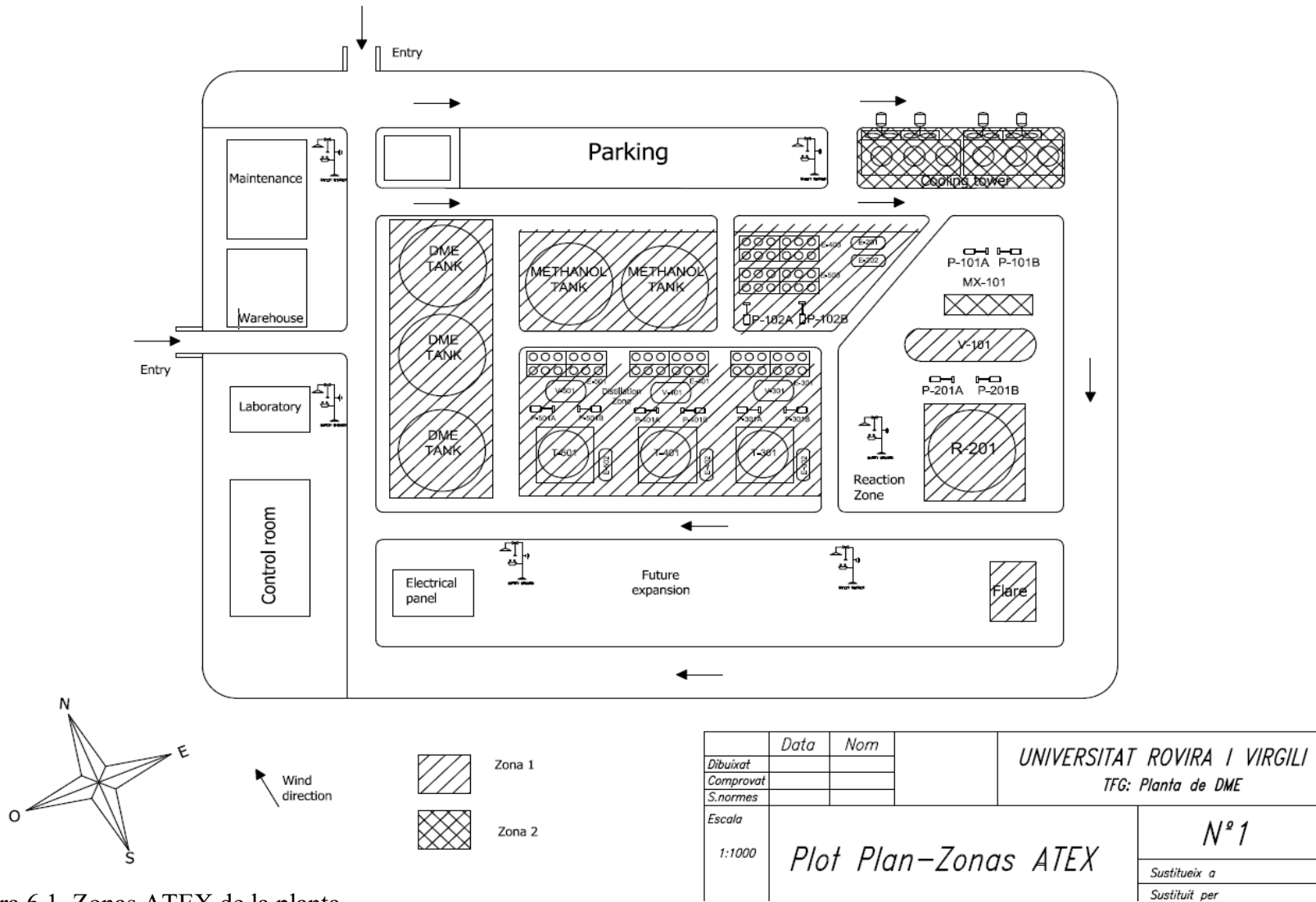


Figura 6.1. Zonas ATEX de la planta.

6.3. Dispositivos de prevención

6.3.1. Dispositivos de seguridad para presión excesiva

El diseño de recipientes a presión se realiza mediante reglamentos. En España se aplica el Reglamento de Aparatos a Presión en el RD 1244/1979.

Para el caso de presión excesiva se tienen en cuenta las válvulas de alivio, válvulas de seguridad y discos de ruptura. En el caso de las válvulas de alivio son automáticas y se abren gradualmente cuando la presión en el lado de proceso supera la presión de consigna, se utiliza principalmente para líquidos. Por otro lado, las válvulas de seguridad (*Pressure Safety Valves* (PSV)) también son automáticas y se abren totalmente cuando el proceso supera la presión de consigna, se utilizan para gases y vapores. Por último, los discos de ruptura son unas laminas metálicas delgadas sujetadas entre bridas, que se rompen y dejan paso cuando se supera la presión tanto en el lado del proceso como su presión nominal de consigna.

En el caso de un tanque API 650 que trabaja a presión atmosférica se puede implementar una válvula de seguridad *Emergency Relief Valve* (ERV). La válvula es capaz de evacuar un alto cabal levantando su tapa. Hay que evitar poner peso encima de la tapa en cualquier caso para evitar graves accidentes.

6.3.2. Prevención del vacío

Se utilizan elementos de protección contra el vacío como por ejemplo válvulas o discos de ruptura semejantes a los utilizados para proteger frente sobrepresiones. Se incluyen en tanques que trabajan a presiones bajas (tanques API 650).

El vacío puede originarse por un vaciado del recipiente sin reposición del fluido extraído, por enfriamiento con contracción del fluido o condensación de vapores en un recipiente cerrado y/o por el vacío de proceso.

Un ejemplo de válvula es la *Pressure Vacuum Relief Valve* (PVRV), que contiene dos discos internos: uno que levita en caso de vacío y otro que sube en caso de sobrepresión con su posterior recuperación.

6.3.3. Válvulas antirretorno

Las válvulas antirretorno (válvulas *check*) funcionan mediante el uso de una válvula unidireccional en caso de mal funcionamiento, falla de las bombas, compresores y relevo operativo. Es necesario comprobar las válvulas *check* en intervalos adecuados durante el funcionamiento. Las válvulas que no estén herméticas deberán repararse o reemplazarse inmediatamente.

6.4. Protección contra temperaturas excesivas

La temperatura como variable de diseño es un factor muy importante a tener en cuenta, ya que los materiales de construcción pueden fallar tanto por temperaturas elevadas como por las demasiado bajas. Por eso la temperatura de diseño y la del ambiente externo condiciona la elección de los materiales de construcción. La selección de la temperatura mínima de diseño tiene en cuenta el arranque, el funcionamiento normal, apagado, mal funcionamiento del proceso, trastornos operativos, etc.

6.6. Sistemas instrumentados de seguridad

Un sistema instrumentado de seguridad (SIS) es un término usado para el sistema de paradas de emergencia y es definido como la última capa de seguridad preventiva para que si el sistema de control y la actuación del operador son insuficientes y se alcanzan niveles de variables muy peligrosas, debe disponerse de un sistema que automáticamente realice acciones oportunas como paradas totales o parciales de equipos y plantas para así evitar catástrofes.

El ciclo de vida del Sistema Instrumentado de Seguridad (SIS) constituye uno de los conceptos fundamentales de las normas IEC-61508/61511. Se define como el conjunto de actividades necesarias implicadas en la instalación de sistemas de parada de emergencia que empiezan en la fase de diseño de un proyecto y termina cuando todos los sistemas relacionados con la seguridad ya no se encuentran disponibles para su utilización.

El sistema instrumentado en general representa un sistema de conmutación que incluye sensores, gestión de señales y dispositivo de interruptor final (actuador). El subsistema puede comprender el solucionador lógico, software, hardware, sistemas eléctricos o electrónicos cableados, sistemas mecánicos, hidráulicos o neumáticos, etc.

6.7. Protección contra fuego y explosión

6.7.1. Medidas en caso de fuga e incendio

En caso de fuga e incendio, las acciones extintoras de los distintos agentes pueden resumirse en:

- **Enfriamiento** para eliminar el calor y bajar la temperatura de manera que se extinga la ignición.
- **Eliminación o dilución del comburente (sofocación)**, normalmente oxígeno, mediante desplazamiento de aire.
- **Eliminación** o dilución del combustible para detener el incendio. Las acciones incluyen el cierre de válvulas para cortar el acceso de líquidos y gases al incendio, la retirada de sólidos aun no quemados.
- **Inhibición** química de la llama aportando sustancias terminadoras de las reacciones en cadena por eliminación de los radicales libres.

A continuación, se muestran el conjunto de propiedades extintoras de distintos agentes que se pueden tomar según la situación que se quiera llevar a cabo.

Tabla 6.1. Propiedades extintoras. (García Martín, 2008)

	Enfriar	Sofocar	Eliminar	Inhibir
Agua:				
Chorro	5	3	4	0
Pulveriza	5	4	5	0
Espuma:				
AFF	5	5	1	2
Baja expansión	5	5	1	0
Media expansión	3	5	2	0
Alta expansión	2	5	3	0
Polvo químico:				
Normal	0	3	0	4
Antibrasa	3	4	0	4
Especiales	0	3	0	4
Anhídrido carbónico:	3	5	0	2
Halones y otros gases extintores	1	3	0	5

Acción nula 0, 1, 2, 3, 4, 5 Acción excelente



La extinción por enfriamiento mediante agua no funciona en gases ni en líquidos con una temperatura de inflamación por debajo de la aplicación del agua. Según la clase de fuego (A, B, C, D o E) cada agente extintor se adecua con más o menos eficacia.

Todos los agentes son idóneos para confinamientos locales completamente cerrados o semicerrados. Pero en el caso de confinamiento en espacios abiertos se utilizarían polvos para los sólidos y agua o espuma para los líquidos.

6.7.2. Medidas en caso de fuga y explosión

Para evitar una explosión, se trata de aprovechar el tiempo muy breve que transcurre entre la iniciación de la deflagración y el desarrollo de presiones destructoras para apagar la reacción explosiva.

La supresión de la deflagración se efectúa en tres etapas junto a las consideraciones relativas al diseño del equipo correspondiente. Las etapas son las siguientes.

- a) **Detección:** La iniciación se detecta mediante el aumento de presión a una elevada velocidad. Esta detección tiene que ser automática y muy rápida. Para detectar explosiones se emplean sensores de presión o detectores de radiación ultravioleta.
- b) **Activación del sistema supresor:** Cuando el sistema de detección analiza la situación, se activa el disparo para bloquear parte de la instalación y activar la parada de emergencia del proceso.
- c) **Supresión:** Por último, se aplican las mismas acciones mencionadas en el apartado 6.7.1 para incendios.

El equipo supresor debe dispersar el agente supresor de manera homogénea en todo el recinto. El agente supresor puede ser líquido como hidrocarburos halogenados o polvo sólido como fosfato amónico.

Si el sistema de prevención y la supresión no consiguen evitar la propagación de la deflagración, como última opción se intentará aliviar la variación destructiva mediante sistemas de venteo especiales. Los sistemas indicados no son idóneos cuando las sustancias superan la temperatura de descomposición química o si el equipo no ha estado diseñado para resistir la presión originada por la deflagración.

6.8. Sistema de antorcha

Las corrientes que se emiten al aire se envían directamente al sistema de antorcha implementado en la planta de Repsol. Estas corrientes corresponden a las líneas de salida de los sistemas de venteo y válvulas de seguridad implementadas en toda la planta.

El sistema de antorcha sirve como sistema de purga para socorro operativo o de emergencia. Su función es tomar todos los gases y líquidos residuales inflamables aliviados por válvulas de control y/o válvulas de alivio de seguridad y para quemarlos con seguridad. Durante el arranque y la parada, así como durante los trastornos operativos, se producirán excesos de gases residuales que serán conducidos a la antorcha.

6.9. Manipulación de productos químicos

Para la manipulación de productos químicos se debe consultar especialmente a los proveedores de productos químicos que se manejan dentro de la planta. En las fichas de datos de seguridad respectivas que se adjuntan o que el fabricante/proveedor de las sustancias debe proporcionar, se proporciona una descripción de cómo manipular las sustancias. Las fichas de seguridad se encuentran en el Anexo A.8.

6.10. Protección del medio ambiente

6.10.1. Tratamiento de efluentes acuosos de la planta

La corriente de fondo de salida de la columna T-501 contiene como sustancia principal agua en 99.9% de composición molar. Pero contiene impurezas de metanol, ácido acético y acetona, por esta razón es necesario un tratamiento posterior en un sistema de purificación de aguas.

La corriente de agua se envía a un proceso biológico situado en la Estación Regeneradora de Agua Residual (EDAR) de la empresa Repsol. El tratamiento biológico en la depuradora consiste en reducir el contenido de materia orgánica en las aguas, disminuir su contenido en nutrientes y eliminar los patógenos y parásitos. (García Gámez, 2020-21)

1. Primero se realizará un pretratamiento, que tiene como objetivo eliminar las partículas y los objetos que sean excesivamente grandes. El proceso consta de tamices de distintos tamaños y de un desengrasador.
2. En segundo lugar, en el tratamiento primario se eliminarán los sólidos en suspensión, grasas y aceites. Los procesos más utilizados son la sedimentación, la floculación-coagulación y la filtración.

3. En tercer lugar, para la eliminación de las sustancias orgánicas se utilizan los procesos de tratamiento secundario. En este caso se busca proliferar el desarrollo de microorganismos que pueden alimentarse de la materia orgánica eliminándola. Los equipos más frecuentes son los lodos activos, digestores anaerobios, filtros biológicos rotativos o balsas de estabilización.
4. Por último, en el tratamiento terciario se intenta conseguir tratar el agua residual de forma que consiga los límites de contaminación requeridos.

El agua residual de este proceso se enviará a un reactor biológico de membrana (MBR) que combinará el tratamiento biológico del agua con la tecnología de las membranas. La membrana actúa como separador entre la zona de degradación de la materia orgánica y la zona del agua ya tratada, sin contaminantes ni microorganismos.

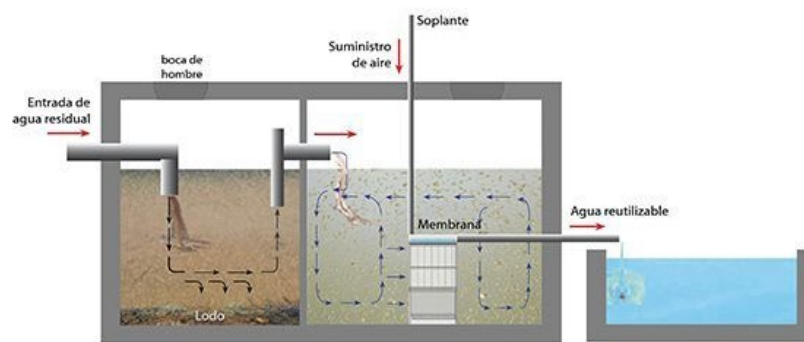


Figura 6.3. Esquema de un reactor biológico de membrana. (Bioazul, 2021)

6.10.2. Tratamiento de efluentes gaseosos de la planta

La salida de cabeza de la columna T-401 contiene en gran cantidad metanol con impurezas. Esta corriente sale a razón de 470.6 kg/h con una composición másica en metanol del 89.1%, y el resto impurezas de ácido acético, acetona, agua y dimetil éter. Las cantidades de ácido acético y acetona son prácticamente nulas, mientras que la composición de dimetil éter corresponde al 5.7% en masa y el agua a un 5.1%.

El metanol que se va a vender puede tratarse de diferentes maneras:

- a) Reciclado: El metanol se puede reciclar. Como disolvente puede separarse fácilmente del dimetil éter y del agua mediante destilación. De la misma manera puede recuperarse al final del proceso, refinado o reciclarlo de nuevo dentro del mismo proceso.
- b) Reutilización: Se puede utilizar como precursor de otros productos químicos como por ejemplo el formaldehído, ácido acético, etc. Ya que puede utilizarse en muchas otras áreas como la producción de polímeros o la desnitrificación de aguas residuales.
- c) Manipulación de desechos: Es posible que recuperar el metanol para reciclarlo pueda ser difícil, peligroso o costoso eliminar algunos contaminantes. En algunos casos, los desechos de metanol agotado se utilizan como combustible secundario para recuperar energía.

7. EVALUACIÓN ECONÓMICA

7.1. Cálculo de la inversión inicial

Con el objetivo de determinar de forma aproximada el coste de los equipos diseñados rigurosamente, se ha realizado la evaluación económica de los equipos mencionados.

En este cálculo de la inversión se han tenido en cuenta el coste únicamente de los equipos. Para determinar el coste de las válvulas se ha aumentado el coste en un 20%.

7.1.1. Metodología Turton

Una vez realizado el dimensionamiento de los equipos diseñados rigurosamente se ha realizado el cálculo del coste de cada equipo. Según el modelo descrito en el Turton, la expresión a utilizar es la siguiente (Turton, 2012):

$$C_{BM} = C_p^0 \cdot F_{BM} = C_p^0 (B_1 + B_2 \cdot F_M \cdot F_P) \quad (7.1)$$

Donde CBM es el coste indirecto y variable de cada unidad, FBM es el factor multiplicador que tiene en cuenta los costes variables e indirectos de proyecto. C_p^0 es el coste base del equipamiento hecho de acero al carbono y presión atmosférica. B1, B2 y FM son constantes del anexo A.3 del Turton y Fp es el factor de presión de los equipos.

El coste base de los equipos se ha calculado a partir de la siguiente expresión.

$$\log C_p^0 = K_1 + K_2 \cdot \log A + K_3 \log^2 A \quad (7.2)$$

Donde K1, K2, K3 se pueden encontrar en el anexo A.1 del Turton y el parámetro A hace referencia al valor de capacidad del equipo. El valor de las constantes y de A de los equipos son los siguientes.

Tabla 7.1. Coste base de los equipos en función de su capacidad.

Equipo	Descripción	Número	K₁	K₂	K₃
Bomba P-101	Centrifuga	2	3.3892	0.0536	0.1538
Bomba P-102	Centrifuga	2	3.3892	0.0536	0.1538
Bomba P-201	Centrifuga	2	3.3892	0.0536	0.1538
E-201	Multitubular	1	2.7652	0.7282	0.0783
E-202	Electric furnace/Fixed Tube	1	4.3247	-0.303	0.1634
V-201	Horizonta Vessel	1	3.5565	0.3776	0.0905
E-301	Air Cooler	1	4.0336	0.2341	0.0497
E-302	Kettle	1	4.4646	-0.5277	0.3955
E-401	Multitubular	1	2.7652	0.7282	0.0783
E-402	Kettle	1	4.4646	-0.5277	0.3955
E-403	Air Cooler	1	4.0336	0.2341	0.0497
E-501	Air Cooler	1	4.0336	0.2341	0.0497
E-502	Kettle	1	4.4646	-0.5277	0.3955
E-503	Air Cooler	1	2.7652	0.7282	0.0783
P-301	Centrifuga	2	3.3892	0.0536	0.1538
P-401	Centrifuga	2	3.3892	0.0536	0.1538
P-501	Centrifuga	2	3.3892	0.0536	0.1538
R-201	Vertical Vessel	1	3.4974	0.4485	0.1074
T-301	Vertical Vessel	1	3.4974	0.4485	0.1074
V-301	Horizonta Vessel	1	3.5565	0.3776	0.0905
T-401	Vertical Vessel	1	3.4974	0.4485	0.1074
V-401	Horizonta Vessel	1	3.5565	0.3776	0.0905
T-501	Vertical Vessel	1	3.4974	0.4485	0.1074
V-501	Horizonta Vessel	1	3.5565	0.3776	0.0905

Tabla 7.2. Coste base de los equipos en función de su capacidad.

Equipo	Descripción	Amin	Amax	A	Unidades	Cp(\$)	Cp total (\$)
Bomba P-101	Centrifuga	1	300	28.6	kW	6.22E+03	1.24E+04
Bomba P-102	Centrifuga	1	300	8	kW	3.66E+03	7.31E+03
Bomba P-201	Centrifuga	1	300	30	kW	6.37E+03	1.27E+04
E-201	Multitubular	10	100	44.4	m2	1.50E+04	1.50E+04
E-202	Electric furnace/Fixed Tube	10	1000	44.4	m2	1.86E+04	1.86E+04
V-201	Horizonta Vessel	0.1	628	400	m3	1.42E+05	1.42E+05
E-301	Air Cooler	10	10000	81206	m2	2.40E+06	2.40E+06
E-302	Kettle	10	100	32.9	m2	3.75E+04	3.75E+04
E-401	Multitubular	10	100	23	m2	7.98E+03	7.98E+03
E-402	Kettle	10	100	758.1	m2	1.68E+06	1.68E+06
E-403	Air Cooler	10	10000	944	m2	1.48E+05	1.48E+05
E-501	Air Cooler	10	10000	60955	m2	1.96E+06	1.96E+06
E-502	Kettle	10	100	217.3	m2	2.46E+05	2.46E+05
E-503	Air Cooler	10	100	1110	m2	5.12E+05	5.12E+05
P-301	Centrifuga	1	300	7	kW	3.50E+03	7.00E+03
P-401	Centrifuga	1	300	7	kW	3.50E+03	7.00E+03
P-501	Centrifuga	1	300	7	kW	3.50E+03	7.00E+03
R-201	Vertical Vessel	0.3	520	10	m3	1.13E+04	1.13E+04
T-301	Vertical Vessel	0.3	520	50	m3	3.71E+04	3.71E+04
V-301	Horizonta Vessel	0.1	628	40	m3	2.48E+04	2.48E+04
T-401	Vertical Vessel	0.3	520	50	m3	3.71E+04	3.71E+04
V-401	Horizonta Vessel	0.1	628	40	m3	2.48E+04	2.48E+04
T-501	Vertical Vessel	0.3	520	50	m3	3.71E+04	3.71E+04
V-501	Horizonta Vessel	0.1	628	40	m3	2.48E+04	2.48E+04

Estas constantes y valores corresponden al año 2001, por consiguiente, se deben pasar los valores al año 2022 mediante el índice de inflación CEPCI para calcular los costes equivalentes al año más reciente.

Utilizando la ecuación (7.3) se obtiene el siguiente coste de los equipos:

$$Valor\ actual = Valor_{2001} \cdot \frac{CEPCI(actual)}{CEPCI(2001)} \quad (7.3)$$

Tabla 7.3. Índice CEPCI y coste total de los equipos.

Año	Índice CEPCI	Coste total de los equipos
2001	397	7.4 M\$
2022	803.6	15.0 M\$

Una vez calculado el coste base de los equipos, se ha calculado el factor de presión como se describe en la ecuación (7.4). Para los tanques a presión, la ecuación corresponde a la expresión (7.5).

$$\log(F_p) = C_1 + C_2 \cdot \log(P) + C_3 \cdot (\log(P))^2 \quad (7.4)$$

Donde P corresponde a la presión a la que opera el equipo y C1, C2 y C3 son constantes que dependen del equipo y que se muestran en la tabla 6.3.

$$F_p = \frac{\left(\frac{PD}{2(850-0.6P)}\right) + 0.00315}{0.0063} \quad (7.5)$$

Donde D es el diámetro en metros y P la presión del recipiente en bar.

Tabla 7.4. Factor de presión para los equipos del proceso.

Equipo	Descripción	Número	C1/*D	C2/*P	C3/*CA	P (barg)	Fp
Bomba P-101	Centrifuga	2	-0.3935	0.3957	-0.00226	15	1.172
Bomba P-102	Centrifuga	2	-0.3935	0.3957	-0.00226	15	1.172
Bomba P-201	Centrifuga	2	-0.3935	0.3957	-0.00226	15	1.172
E-201	Multitubular	1	0	0	0	---	1
E-202	Electric furnace/Fixed Tube	1	0	0	0	---	1
V-201	Horizontal Vessel	1		15		---	1
E-301	Air Cooler	1	0	0	0	---	1
E-302	Kettle	1	0.03881	-0.11272	0.08183	15	1.046
E-401	Multitubular	1	0	0	0	---	1
E-402	Kettle	1	0.03881	-0.11272	0.08183	7	1.005
E-403	Air Cooler	1	0	0	0	---	1.
E-501	Air Cooler	1	0	0	0	---	1.
E-502	Kettle	1	0	0	0	---	1.
E-503	Air Cooler	1	0	0	0	---	1.
P-301	Centrifuga	2	-0.3935	0.3957	-0.00226	15	1.172
P-401	Centrifuga	2	-0.3935	0.3957	-0.00226	7.8	1.0
P-501	Centrifuga	2	0	0	0	---	1
R-201	Vertical Vessel	1	1.5	15	0.00315	15	2.77
T-301	Vertical Vessel	1	0.9	15	0.00315	15	1.86
V-301	Horizontal Vessel	1	0.9	7	0.00315	7	1.18
T-401	Vertical Vessel	1	0.9	7	0.00315	7	1.18
V-401	Horizontal Vessel	1	0.5	1		1	1.0
T-501	Vertical Vessel	1	0.5	1		1	1.0
V-501	Horizontal Vessel	1	0.5	1		1	1.0

Por último, se ha calculado el factor del material. Para ello, se ha utilizado las figuras y las tablas del anexo A.3.1 (Turton, 2012) para encontrar las constantes B1, B2 y FM y el factor de material del equipo correspondiente.

Tabla 7.5. Factor de material para los equipos del proceso.

Equipo	Descripción	Material	number	<i>Fm</i>	B1	B2	CBM
Bomba P-101	Centrifuga	SS	39	2.5	1.89	1.35	\$ 147,046.42
Bomba P-102	Centrifuga	SS	39	2.5	1.89	1.35	\$ 86,501.50
Bomba P-201	Centrifuga	SS	39	2.5	1.89	1.35	\$ 150,636.80
E-201	Multitubular	SS	5	2.5	1.63	1.66	\$ 175,993.90
E-202	Electric furnace/Fixed Tube	SS	5	2.5	1.63	1.66	\$ 217,353.52
V-201	Horizonta Vessel	SS	20	3.1	1.49	1.52	\$ 1,780,610.18
E-301	Air Cooler	SS	12	2.9	0.96	1.21	\$ 21,745,325.49
E-302	Kettle	SS	5	2.5	1.63	1.66	\$ 453,507.08
E-401	Multitubular	SS	5	2.5	1.63	1.66	\$ 93,363.98
E-402	Kettle	SS	5	2.5	1.63	1.66	\$ 19,696,518.91
E-403	Air Cooler	SS	5	2.5	0.96	1.21	\$ 1,192,851.75
E-501	Air Cooler	SS	5	2.5	0.96	1.21	\$ 15,790,477.21
E-502	Kettle	SS	5	2.5	1.63	1.66	\$ 2,881,852.78
E-503	Air Cooler	SS	5	2.5	1.63	1.66	\$ 5,985,976.81
P-301	Centrifuga	SS	39	2.5	1.89	1.35	\$ 82,855.80
P-401	Centrifuga	SS	39	2.5	1.89	1.35	\$ 74,647.90
P-501	Centrifuga	SS	39	2.5	1.89	1.35	\$ 74,647.90
R-201	Vertical Vessel	SS	20	3.1	2.25	1.82	\$ 513,589.31
T-301	Vertical Vessel	SS	20	3.1	2.25	1.82	\$ 957,056.22
V-301	Horizonta Vessel	SS	20	3.1	1.49	1.52	\$ 352,391.86
T-401	Vertical Vessel	SS	20	3.1	2.25	1.82	\$ 667,311.25
V-401	Horizonta Vessel	SS	20	3.1	1.49	1.52	\$ 310,810.72
T-501	Vertical Vessel	SS	20	3.1	2.25	1.82	\$ 592,699.48
V-501	Horizonta Vessel	SS	20	3.1	1.49	1.52	\$ 310,810.72

TOTAL CBM = 73.5M\$

$$C_{TM} = 1.18 \sum_{i=1} C_{BM,i} = 86.8 M\$ \quad (7.6)$$

7.1.2. Metodología Equipment Costs

Mediante la metodología de *Equipment Cost* de Aspen, se ha determinado el coste base de los equipos. Al no realizarse ajustes por el cambio de material o presión, el valor que proporcionar ASPEN es el C_p^0 de los equipos.

En la siguiente tabla se puede comparar los dos valores obtenidos por los diferentes métodos.

Tabla 7.6. Comparación de la estimación del coste de los equipos.

	Turton	Equipment Cost
Coste Equipos	15.0 M\$	16.0M\$

Como se puede observar en la tabla 7.6. los dos métodos aproximan la inversión de los equipos a un valor que está alrededor de los 15 millones de dólares. A esta inversión hace falta sumarle el precio de instalar los equipos y la instrumentación.

7.2. Estudio de viabilidad

Para estudiar la viabilidad de la inversión, se ha calculado el VAN, la TIR y el *payback period*.

Para calcular el VAN, se ha considerado un precio de *utilities* de 3M\$/año, una producción de 164kT/año y un precio de venta de DME de 570 \$/T. Los costes fijos, se han estimado como el 3% de la inversión inicial.

La inversión se ha dividido en tres años, por consiguiente, la planta no es capaz de producir hasta el tercer año. En la siguiente tabla se muestra el cálculo de los *Cash Flow*.

Tabla 7.7. Estudio de viabilidad de la planta

	0	1	2	3	4	5	6	7
Años	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Producción (%)	0.0	0.0	0.0	100	100	100	100	100
Inversión	2.92E+07	2.92E+07	2.92E+07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ingresos	0.0	0.0	0.0	9.35E+07	9.35E+07	9.35E+07	9.35E+07	9.35E+07
Costos variables	0.0	0.0	0.0	6.07E+07	6.07E+07	6.07E+07	6.07E+07	6.07E+07
Costes fijos	0.0	0.0	0.0	2.63E+06	2.63E+06	2.63E+06	2.63E+06	2.63E+06
BAI	0.0	0.0	0.0	3.01E+07	3.01E+07	3.01E+07	3.01E+07	3.01E+07
Amortización	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Imposto (25%)	0.0	0.0	0.0	7.53E+06	7.53E+06	7.53E+06	7.53E+06	7.53E+06
BDI	0.0	0.0	0.0	2.26E+07	2.26E+07	2.26E+07	2.26E+07	2.26E+07
CF	0.0	0.0	0.0	2.26E+07	2.26E+07	2.26E+07	2.26E+07	2.26E+07

	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	2030	2031	2032	2022	2023	2024	2025	2026	2027
	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00E+00
	9.35E+07	9.35E+07	9.35E+07	9.35E+07	9.35E+07	9.35E+07	9.35E+07	9.35E+07	9.35E+07
	6.07E+07	6.07E+07	6.07E+07	6.07E+07	6.07E+07	6.07E+07	6.07E+07	6.07E+07	6.07E+07
	2.63E+06	2.63E+06	2.63E+06	2.63E+06	2.63E+06	2.63E+06	2.63E+06	2.63E+06	2.63E+06
	3.01E+07	3.01E+07	3.01E+07	3.01E+07	3.01E+07	3.01E+07	3.01E+07	3.01E+07	3.01E+07
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00E+00
	7.53E+06	7.53E+06	7.53E+06	7.53E+06	7.53E+06	7.53E+06	7.53E+06	7.53E+06	7.53E+06
	2.26E+07	2.26E+07	2.26E+07	2.26E+07	2.26E+07	2.26E+07	2.26E+07	2.26E+07	2.26E+07
	2.26E+07	2.26E+07	2.26E+07	2.26E+07	2.26E+07	2.26E+07	2.26E+07	2.26E+07	2.26E+07

17	18	19	20
2028	2029	2030	2031
100	100	100	100
2.00E+00	3.00E+00	4.00E+00	5.00E+00
9.35E+07	9.35E+07	9.35E+07	9.35E+07
6.07E+07	6.07E+07	6.07E+07	6.07E+07
2.63E+06	2.63E+06	2.63E+06	2.63E+06
3.01E+07	3.01E+07	3.01E+07	3.01E+07
2.00E+00	3.00E+00	4.00E+00	5.00E+00
7.53E+06	7.53E+06	7.53E+06	7.53E+06
2.26E+07	2.26E+07	2.26E+07	2.26E+07
2.26E+07	2.26E+07	2.26E+07	2.26E+07

En la siguiente figura se pueden observar la curva del VAN para un coste de oportunidad de 10%.

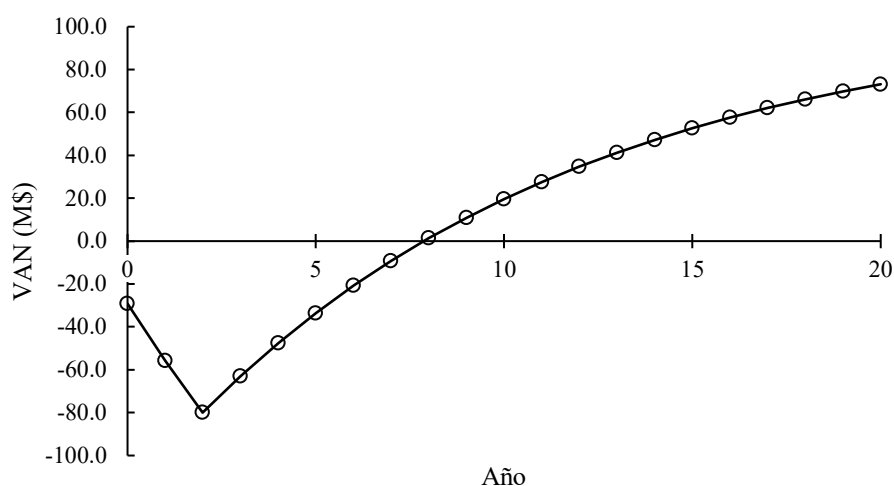


Figura 7.1. VAN a vista de 20 años para diferentes costes de oportunidad.

El resumen del estudio de viabilidad se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 7.8. Estudio de viabilidad.

Parámetro	Valor
VAN 20 años ($k = 0.10$)	73.2 M\$
TIR	20.4%
Payback period	7.3 años

8. BIBLIOGRAFÍA

- Al-Malah, K. I. (2017). *Aspen Plus Chemical Engineering Applications*. New Jersey: Wiley.
- ASME. (2019). ASME Boiler and Pressure Vessel Code. An Internal Code. En *ASME Section VIII División I*. Nueva York: The American Society of Mechanical Engineers.
- Azizi, Z. R. (2014). Dimethyl ether : A review of technologies and production challenges. *Elsevier*, 19.
- Bercic, G. (1992). Intrinsic and Global Reaction Rate of Methanol Dehydration Over γ -Al₂O₃. *Research Gate*, 7.
- Bioazul. (2021). *MBR-BIORREACTOR DE MEMBRANA*. Obtenido de <https://www.bioazul.com/mbr-biorreactor-de-membrana/>
- Bohnet, & U. (1984). *Ullmann's encyclopedia of industrial chemistry*. Wiley VCH.
- Box, E. T. (2003). *Specific Heat and Individual Gas Constants of Gases*. Recuperado el 11 de noviembre de 2020, de https://www.engineeringtoolbox.com/specific-heat-capacity-gases-d_159.html
- Couper, P. W. (2009). *Chemical process equipment selection and design* (2nd ed.). Elsevier Butterworth-Heinemann.
- Emerson. (2019). *Control Valve Handbook*. Iowa: Fisher.
- F. Samimi, M. B. (2013). A novel axial-flow spherical packed-bed membrane reactor for dimethyl ether.
- Fogler, H. S. (2016). *Elements of chemical reaction engineering*. Boston: Pretince Hall.
- Fortin, C. (2020). Dimethyl ether, A review of production processes and modeling of indirect route. *Liege Univ*, 1-20.
- Fortune bussiness insights. (06 de Febrero de 2022). *Dimethyl Ether (DME) Market Size, Trends | Analysis 2021-2028*. Obtenido de <https://www.fortunebusinessinsights.com/dimethyl-ether-market-104309>
- García Gámez, F. (2020-21). *Diseño de un proceso de tratamiento de aguas de 120m³/día de aguas residuales de la industria petroquímica de producción de metanol*. . Escuela Técnica Superior Ingeniería Industrial Valencia.
- García Martín, T. (2008). *Seguridad Industrial en plantas químicas y energéticas* (1a ed.). Madrid.
- Gorazd Bercic, J. L. (1992). Intrinsic and Global Reaction Rate of Methanol Dehydration over Al₂O₃. *Industrial Eng. Chem. Res*, 1035-1040.
- Green, & S. (2019). *Perry's chemical engineers' handbook* (Ninth ed.). McGraw Hill.
- H.Silla. (2003). Chemical Process Engineering Design and Economics. En Accumulators.
- Hergueta, D. (2007-2008). *Módulo procesos de fabricación y sistemas integrados*. Escuela de Negocios.
- Kallo, D., & Knözinger, H. (1967). Zur Dehydratisierung von Alkoholen an Aliminiumoxid. *39*(676-680).
- KOCH-GLITSCH. (s.f.). FLEXITRAY, Valve Trays. Wichita. Laboratoriodiscountner. (s.f.). *Metanol*. Obtenido de <https://www.laboratoriumdiscountner.nl/es/quimicos/a-z/m/metanol/>
- Levec, G. B. (1992). Intrinsic and Global Reaction Rate of Methanol Dehydration over Al₂O₃ Pellets. *31*(1035-1040).
- M. Farsi, R. E. (2009). Modeling, simulation and control of dimethyl ether synthesis in an industrial. *Elsevier*, 10.

- Majid Mollavali, F. Y. (2008). Intrinsic Kinetics Study of Dimethyl Ether Synthesis from Methanol on Al₂O₃ Catalysts. 47(3265-3273).
- Market Research. (06 de Febrero de 2022). *Dimethyl ether Market | Global Industry Report, 2031*. Obtenido de <https://www.transparencymarketresearch.com/dimethyl-ether-market.html>
- Metanol Institute. (Enero de 2013). *Manual de manipulación del metanol*. Obtenido de https://www.methanol.org/wp-content/uploads/2016/06/Methanol-Safe-Handling-Manual-Final_Spanish.pdf
- Mora M., J. J.-M. (s.f.). *Eliminación de sal y metanol del agua residual industrial por ósmosis inversa* (Vol. 1). Tecnología en Marcha.
- Sánchez, J. A. (2003). *Control Avanzado de procesos*. Madrid: Diaz de Santos.
- SAPAG. (s.f.). Ball Valves: RTS Series 3.
- Turton, R. (2012). *Analysis, synthesis, and design of chemical processes*. Boston: Pretince Hall.
- Unión europea. (2012). *Directiva 2012/18/UE del Parlamento Europeo y del Consejo*. Europa: Diario Oficial de la Unión Europea.
- Y. Ohno, H. Y. (2007). Slurry phase DME direct synthesis technology -100 tons/day demonstration plant operation and scale up study-. *Study Surface Catalysis*, 403-408.
- Zoha Azizi, M. R. (2014). Dimethyl ether: A review of technologies and production challenges. *Elsevier*, 23.

A.1 ANEXOS

A.1.1. Simulación del proceso

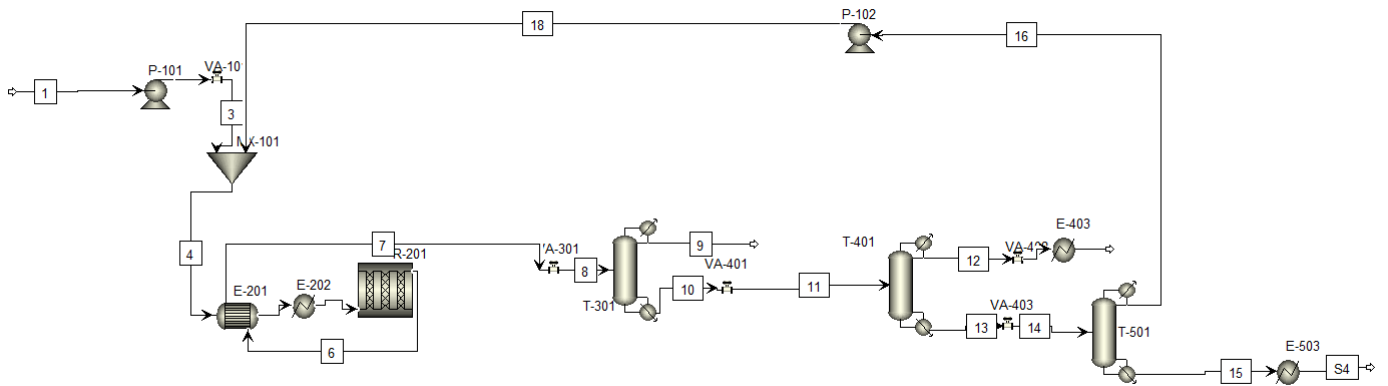


Figura A.1.1 Esquema del proceso en la simulación de ASPEN +.

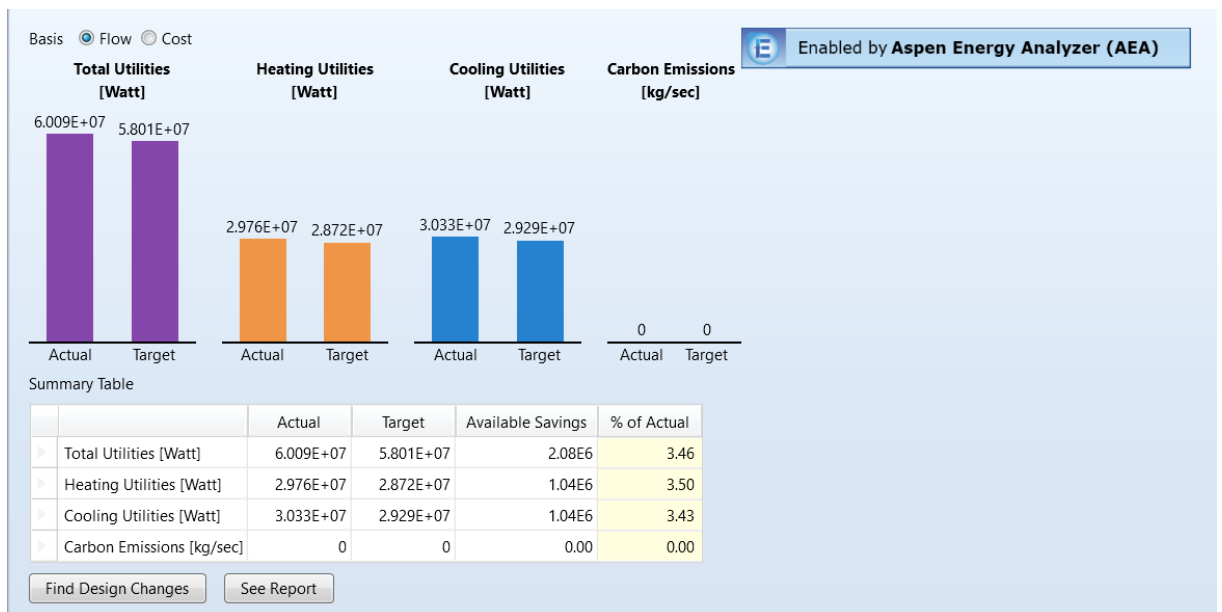
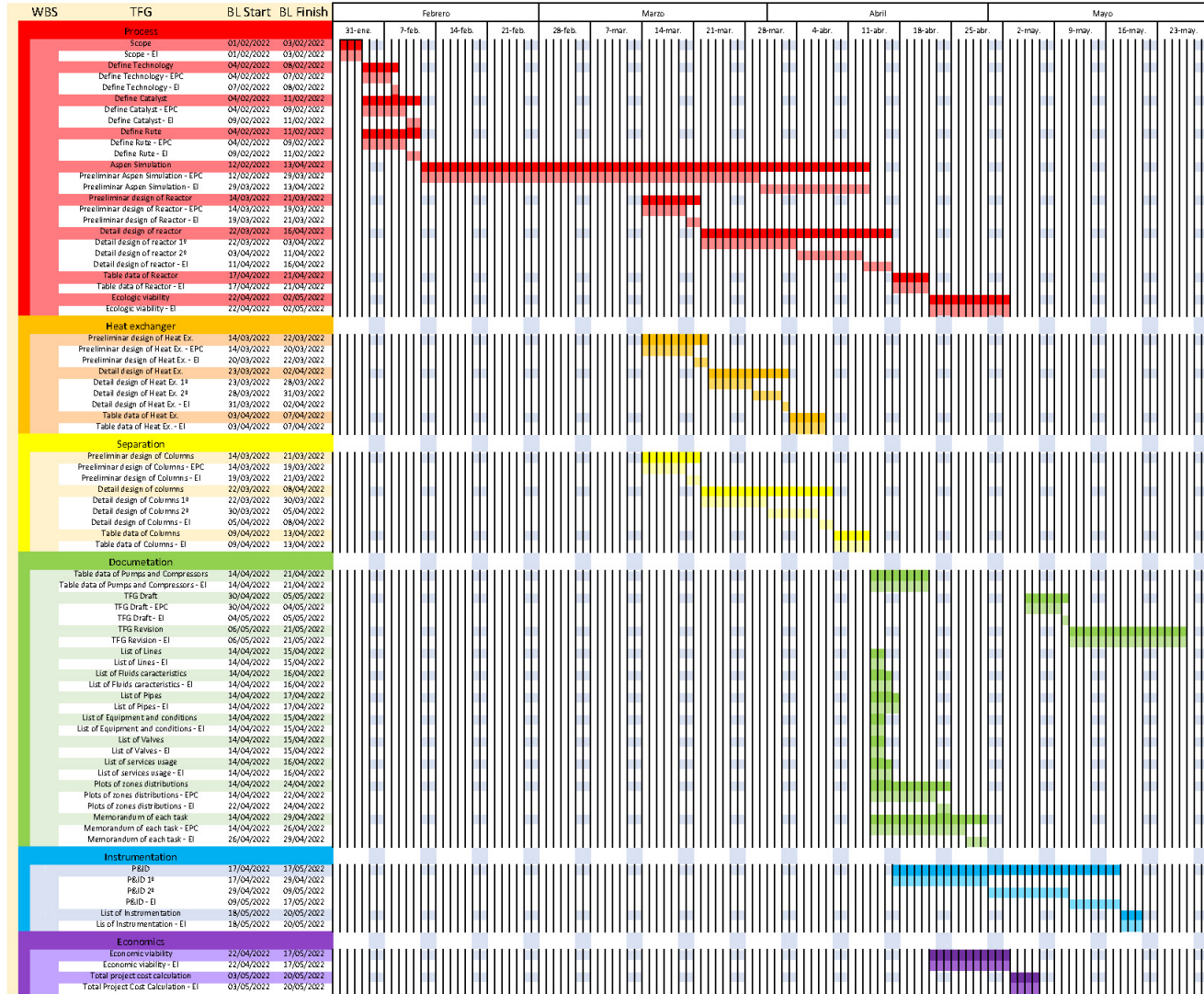


Figura A.1.2: Herramienta Activated Energy Analysis de Aspen plus.

A.2 PLANIFICACIÓN



A.3 DETERMINACIÓN DEL PLATO SENSIBLE

A.3.1. Columna T-301

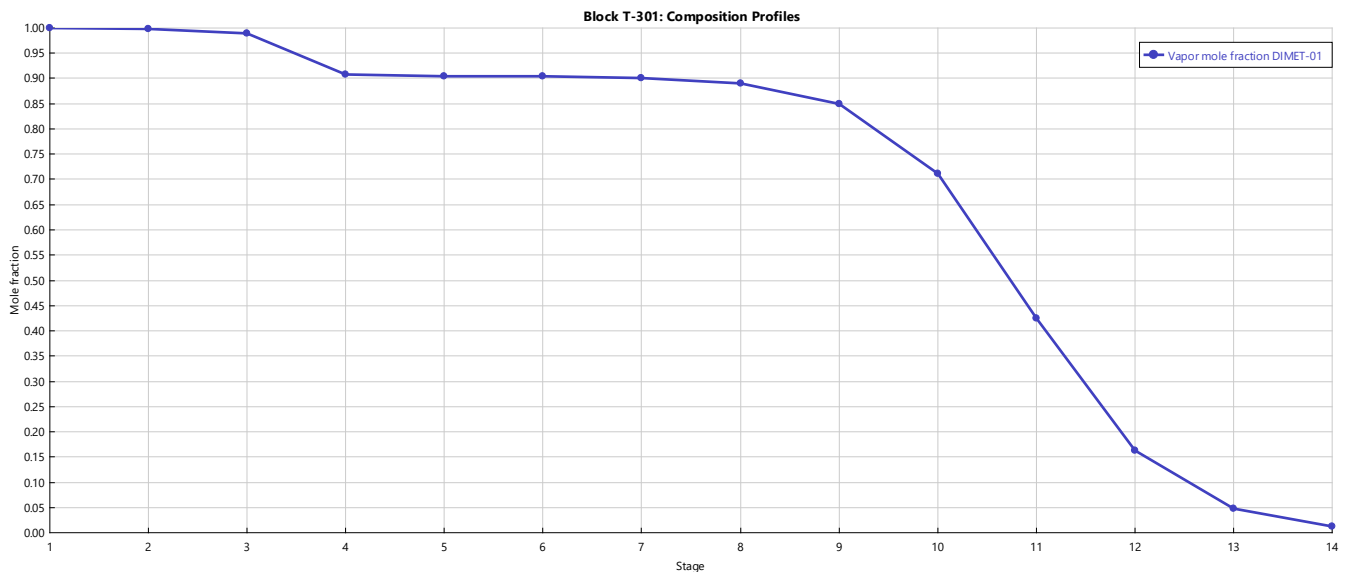


Figura A.3.1 Perfil de composiciones de DME de la columna T-301 a lo largo de los platos.

Como puede observarse en la figura, cuando empieza el plato 9 la composición desciende y empieza la zona con mayor pendiente de la columna.

A.3.2. Columna T-401

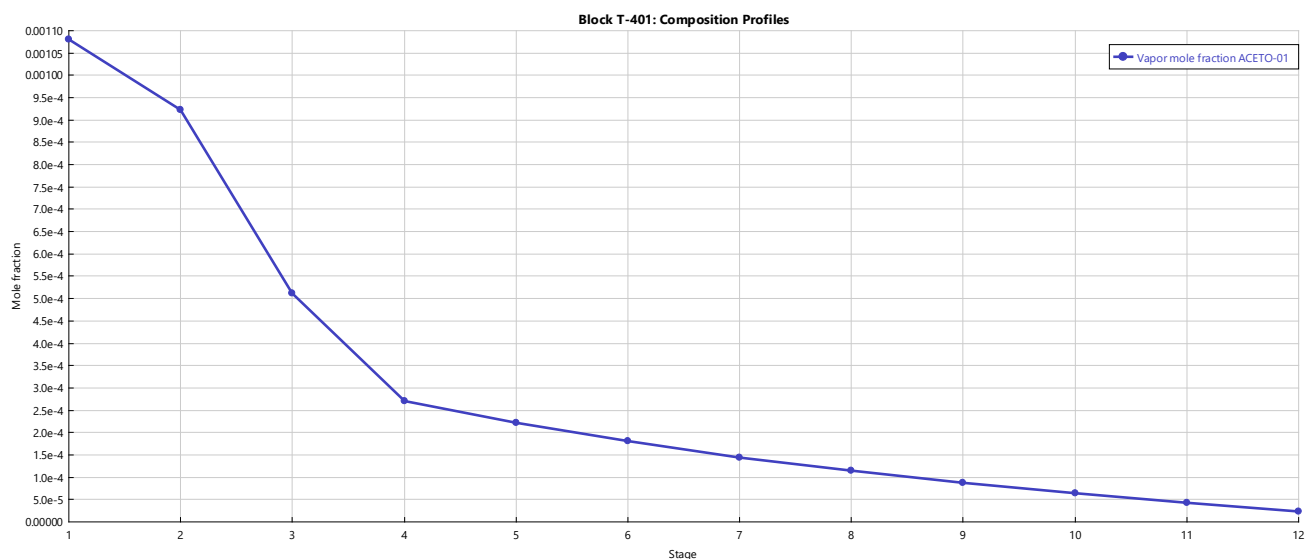


Figura A.3.2 Perfil de composiciones de acetona de la columna T-401 a lo largo de los platos.

Como puede observarse en la figura, cuando empieza el plato 2 la composición desciende y empieza la zona con mayor pendiente de la columna.

A.3.3. Columna T-501

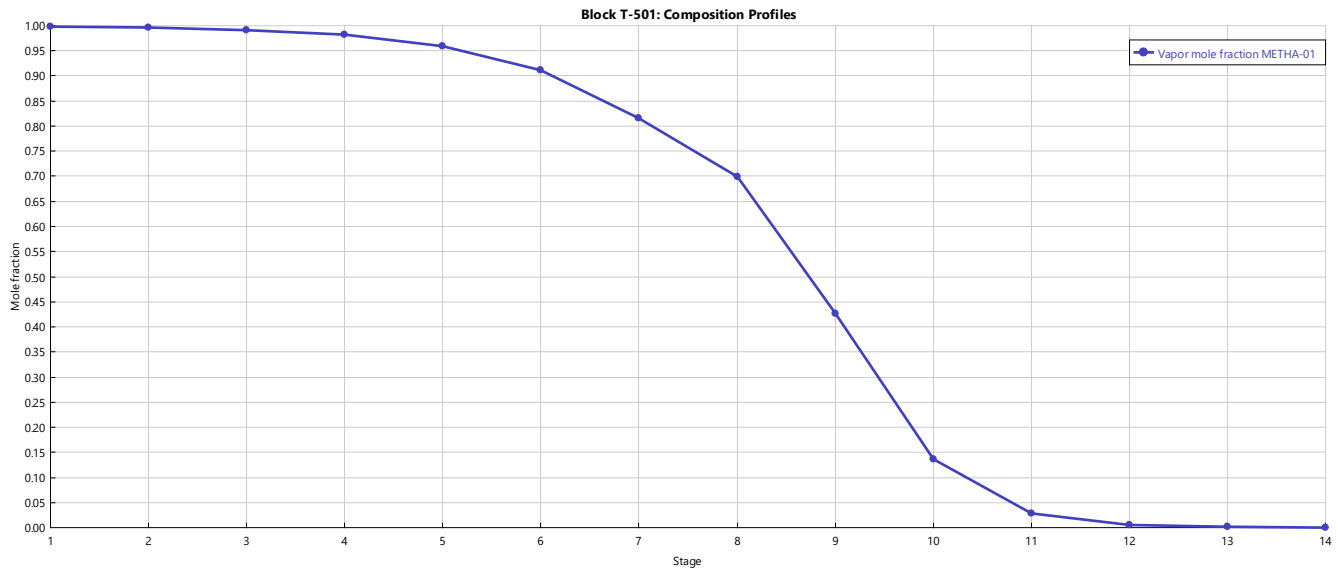


Figura A.3.3 Perfil de composiciones de metanol de la columna T-501 a lo largo de los platos.

Como puede observarse en la figura, cuando empieza el plato 8 la composición descende y empieza la zona con mayor pendiente de la columna.

A.4 CÁLCULO DISEÑO COLUMNAS DE DESTILACIÓN

Una vez obtenidas las dimensiones de las columnas se calcula la presión de diseño.

$$P_d = P_o + 0.1 \cdot P_o + P_{cf} \quad (A.1)$$

Donde P_{cf} corresponde a la presión de la columna del fluido y P_o a la presión de operación.

$$P_{cf} = \rho_{fluido} \cdot g \cdot h \quad (A.2)$$

P_{cf} se calcula para cada sección de la columna ya que el término h corresponde a la altura de la sección de la columna. Tal y como se indica en la siguiente imagen.

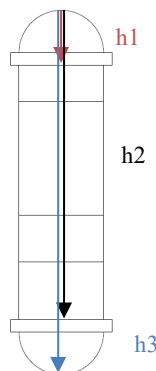


Figura A.4.1. Distintos niveles correspondientes a secciones de altura.

La temperatura de diseño se obtiene a partir de:

$$T_d = T_o + 20 \text{ (}^\circ\text{C)} \quad (\text{A.3})$$

Donde T_o corresponde a la temperatura de operación.

La expresión para calcular el grosor mínimo necesario la parte cilíndrica para las condiciones de la columna es:

$$t_{\text{mínimo}} = \frac{P_d \cdot R_i}{S \cdot E - 0.6 \cdot P_d} \quad (\text{A.4})$$

Donde S es el estrés del material utilizado para fabricar las columnas, R_i el radio interno de columna y E la eficiencia de las soldaduras.

A continuación, la expresión para calcular el grosor mínimo necesario de los fondos, tanto superior como inferior, para las condiciones del depósito es:

$$t_{\text{mínimo}} = \frac{P_d \cdot D_i}{2 \cdot S \cdot E - 0.2 \cdot P_d} \quad (\text{A.5})$$

Donde D_i es el diámetro interior de las columnas.

Una vez obtenidos los grosores mínimos de las paredes, se busca en catálogo los grosores estandarizados y comercializados. Se coge el grosor con más margen para destinar ese grosor adicional a casos de corrosión.

Cuando ya se han escogido los grosores estandarizados se calcula la presión máxima de trabajo permitida (P_{max} o MAWP) tanto de la parte cilíndrica (ecuación A.6) como la parte de cabeza y de fondo (ecuación A.7). La P_{max} más pequeña será la que se deberá tener en cuenta en el proceso

$$P_{\text{max}} = \frac{S \cdot E \cdot t}{R_i + 0.6 \cdot t} \quad (\text{A.6})$$

$$P_{\text{max}} = \frac{2 \cdot S \cdot E \cdot t}{R_i + 0.2 \cdot t} \quad (\text{A.7})$$

A partir del cálculo de la MAWP, se obtiene la presión de prueba hidráulica con la siguiente ecuación.

$$P_p = 1.3 \cdot MAWP \cdot \left(\frac{\text{Resistencia a } T_{\text{prueba}}}{\text{Resistencia a } T_{\text{operación}}} \right) \quad (\text{A.8})$$

Si el valor de las resistencias a la temperatura de prueba y a la temperatura de operación es la misma la ecuación que queda es la siguiente.

$$P_p = 1.3 \cdot MAWP \quad (\text{A.9})$$

A.5 CÁLCULO DEL DISEÑO DE DEPÓSITO DE REFLUJO

Primero, se calcula el volumen total del depósito mediante la cantidad de destilado (V_L') en cabal volumétrico y el tiempo de residencia (t_s).

$$V = 2 \cdot V_L' \cdot t_s \quad (\text{A. 10})$$

Para los depósitos de reflujo el tiempo de residencia ronda entre los 5 hasta 10 minutos. Los depósitos de reflujo de nuestro proceso tendrán un tiempo de residencia de 7.5 min.

Una vez conocido el volumen del depósito, se sustituye en la siguiente ecuación para encontrar el diámetro.

$$V = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot L}{4} + 2 \cdot f_{HV} \cdot D^3 \quad (\text{A. 11})$$

Se sabe que la relación entre la longitud y el diámetro va de 2.5 hasta 6. En nuestro caso, tenemos relaciones L/D son distintas en cada depósito debido a que se comprarán depósitos con medidas comerciales. Por otro lado, $f_{hv}=0.1309$ para cabezas elipsoidales y $f_{hv}=0.0778$ para cabezas torisféricas (H.Silla, 2003).

A partir de la obtención de las dimensiones de los depósitos de reflujo, se utiliza el mismo procedimiento de cálculo para el diseño de depósitos que en el diseño de columnas de destilación en el Anexo A.4.

Tabla A.5.1 Dimensionamiento depósitos de reflujo

Variable	V-301	V-401	V-501
V_L' (m ³ /h)	31.7	0.69	7.38
D (m)	1.3	0.36	0.81
V (m ³)	7.92	0.17	1.84
L/D	4.3	4.51	4.04
L (m)	3.77	1.56	2.67

A.6 DISEÑO VÁLVULAS DE CONTROL

Para saber la caída de presión máxima se obtiene la ΔP_{choked} . Como las válvulas no están conectadas a ningún codo ni reductor, el valor de F_p y F_{lp} equivale a 1.

$$F_F = 0.96 - 0.28 \cdot \sqrt{\frac{P_v}{P_c}} \quad (\text{A. 12})$$

Hay que verificar la cavitación incipiente de la válvula.

$$\Delta P_{choked} = \left(\frac{F_{LP}}{F_p} \right)^2 \cdot (P_1 - F_F \cdot P_v) \quad (\text{A. 13})$$

El resultado es 16.8 bar. Por lo tanto, se cumple la condición $\Delta P_{choked} > \Delta P$, en caso contrario habría cavitación.

A.7 HIDRODINÁMICA DE LA COLUMNA

Con el fin de verificar que el estudio hidráulico cumple con los límites de operación previstos, se han discutido los resultados finales desde el punto de vista del funcionamiento de la columna a partir de los gráficos hidráulicos. Por cada uno de los platos se obtiene uno de estos gráficos, sin embargo, para sintetizar los resultados, se presenta el plato de alimentación de cada columna. Los problemas de funcionamiento que se tienen en cuenta son: arrastre de vapor, inundación de la columna, inundación del vertedero y goteo.

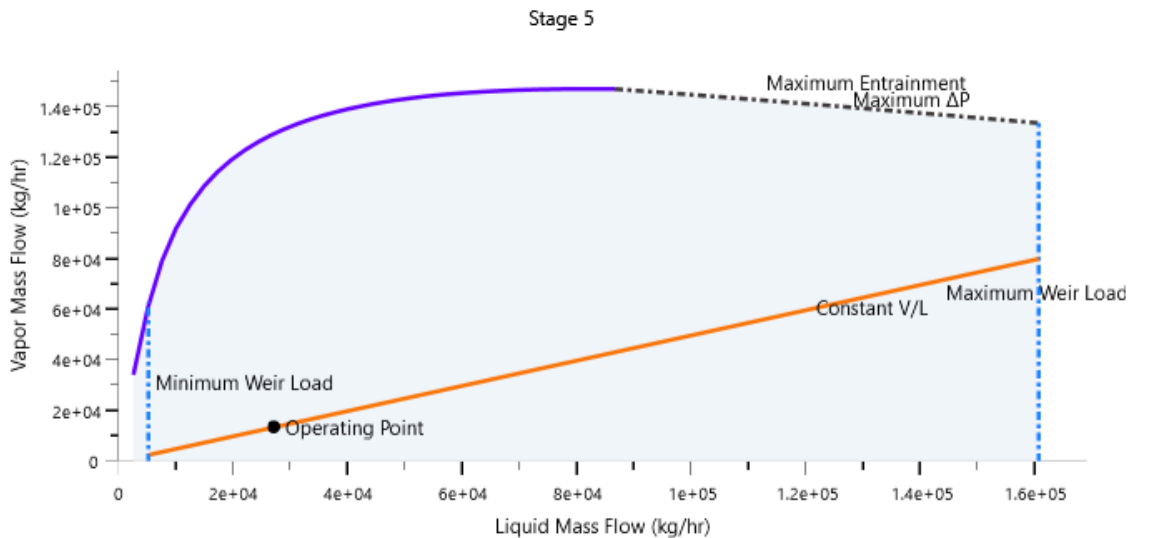


Figura A.7.1 Gráfico hidráulico del plato 5 de la columna T-301.

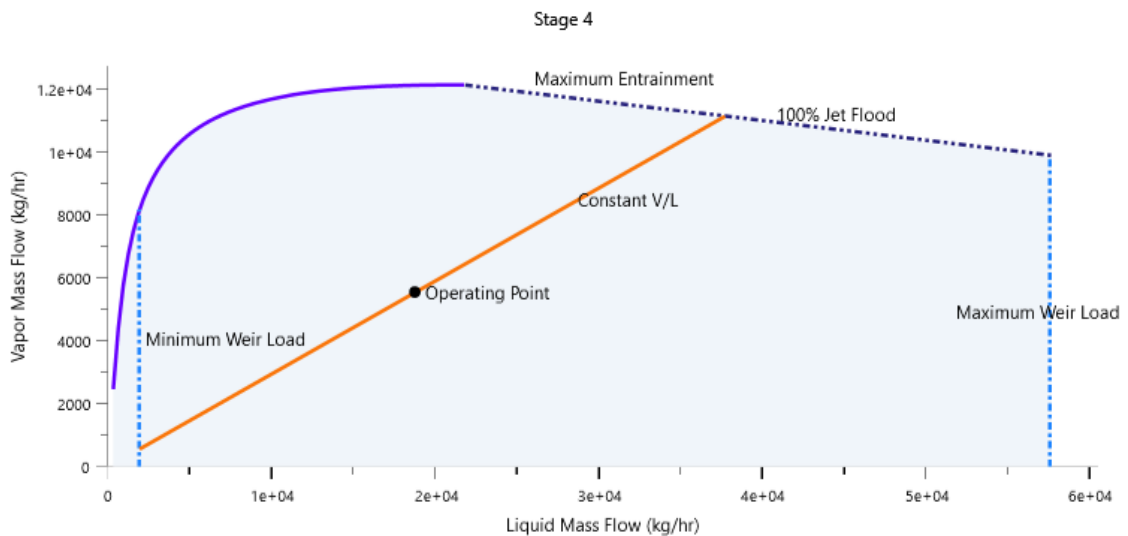


Figura A.7.2 Gráfico hidráulico del plato 5 de la columna T-401.

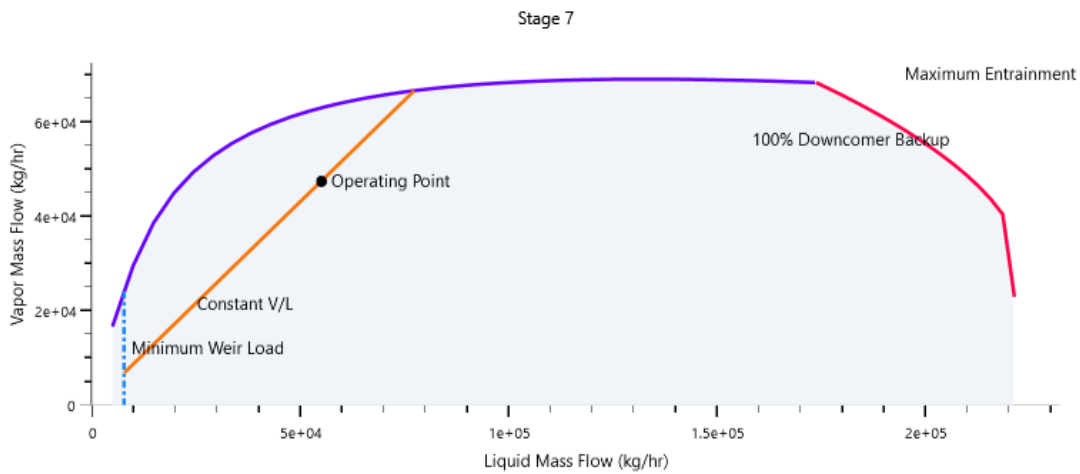
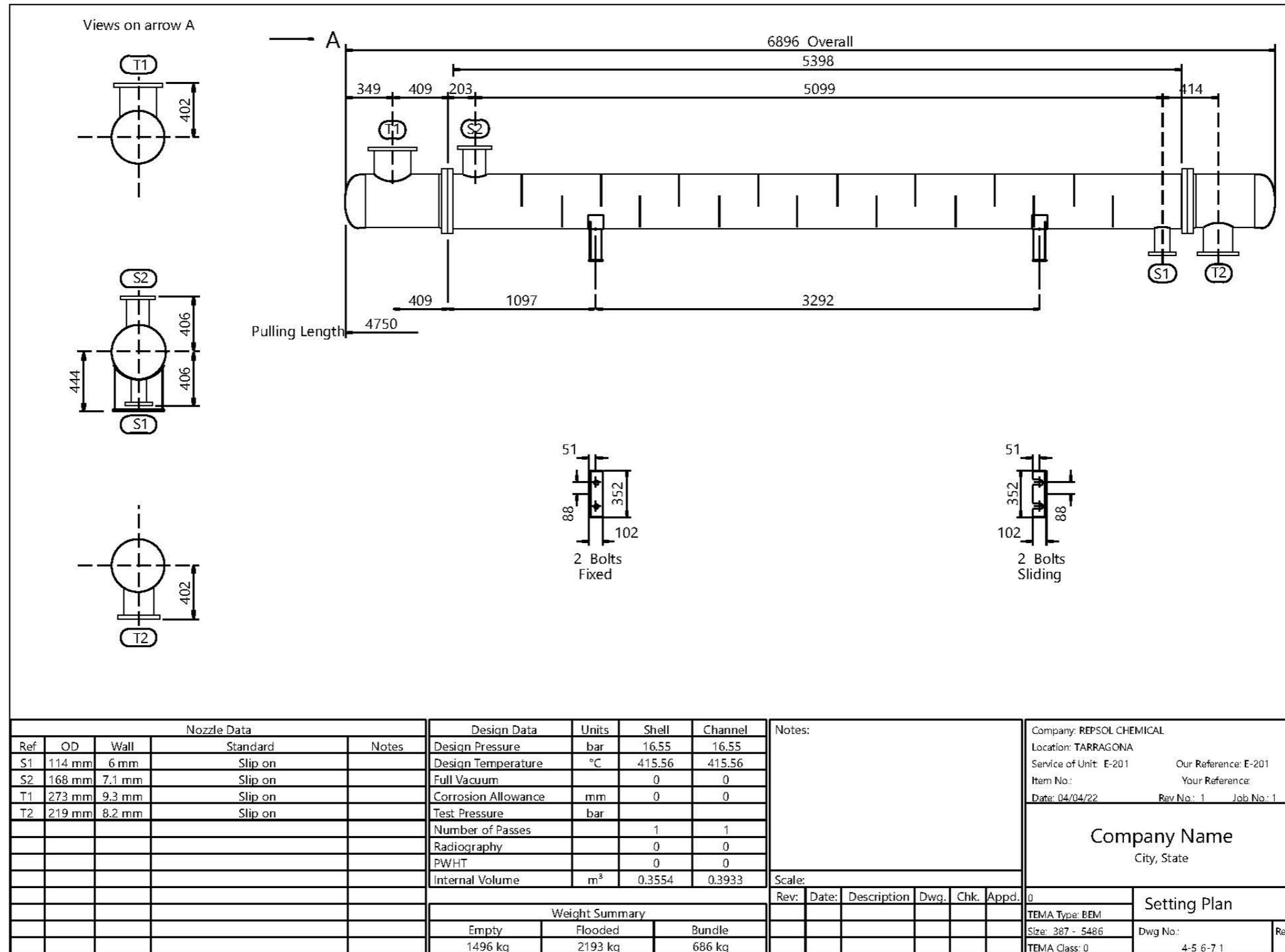


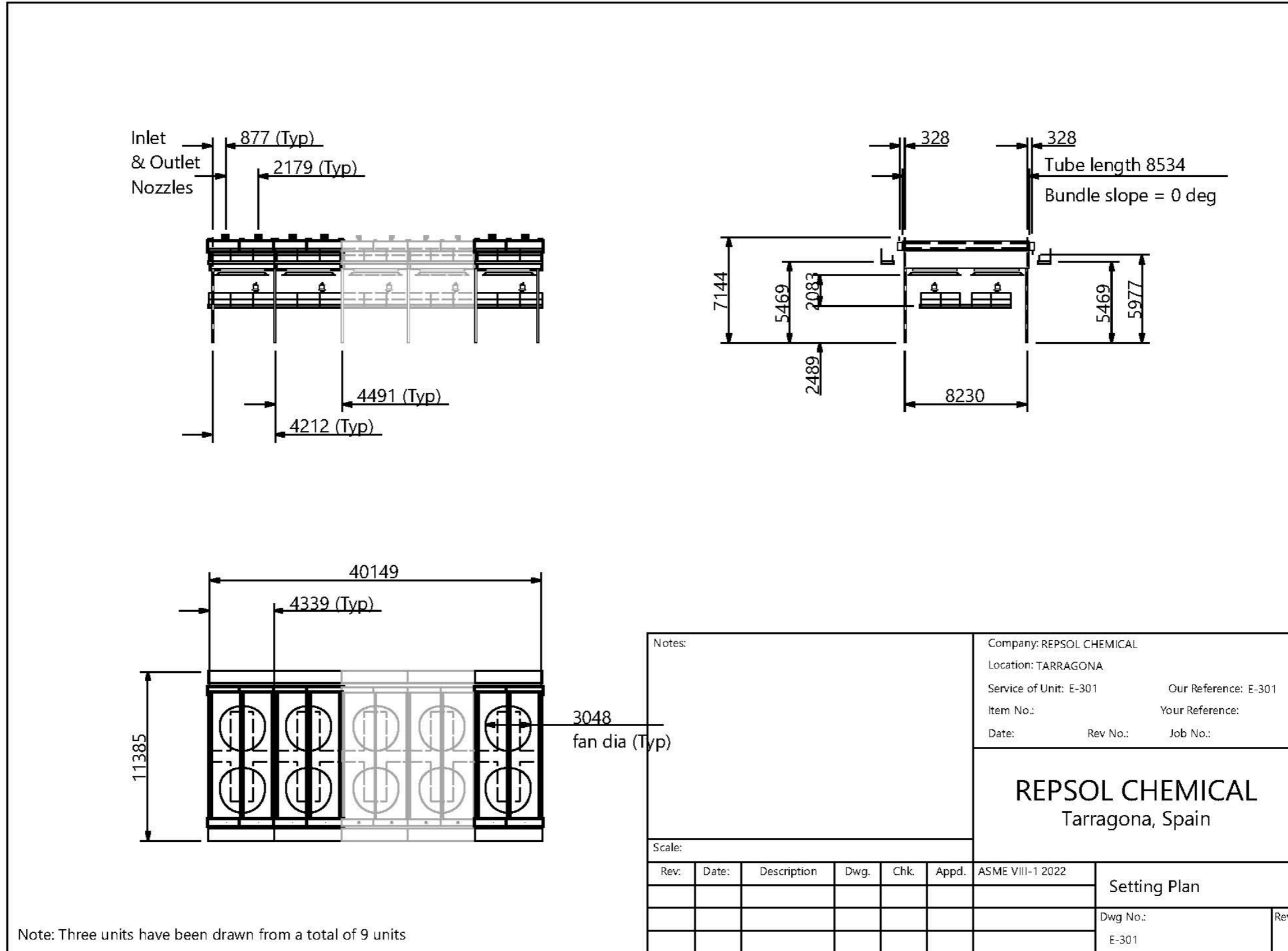
Figura A.7.3 Gráfico hidráulico del plato 5 de la columna T-501.

A8 DIBUJOS TÉCNICOS DE LOS INTERCAMBIADORES DE CALOR

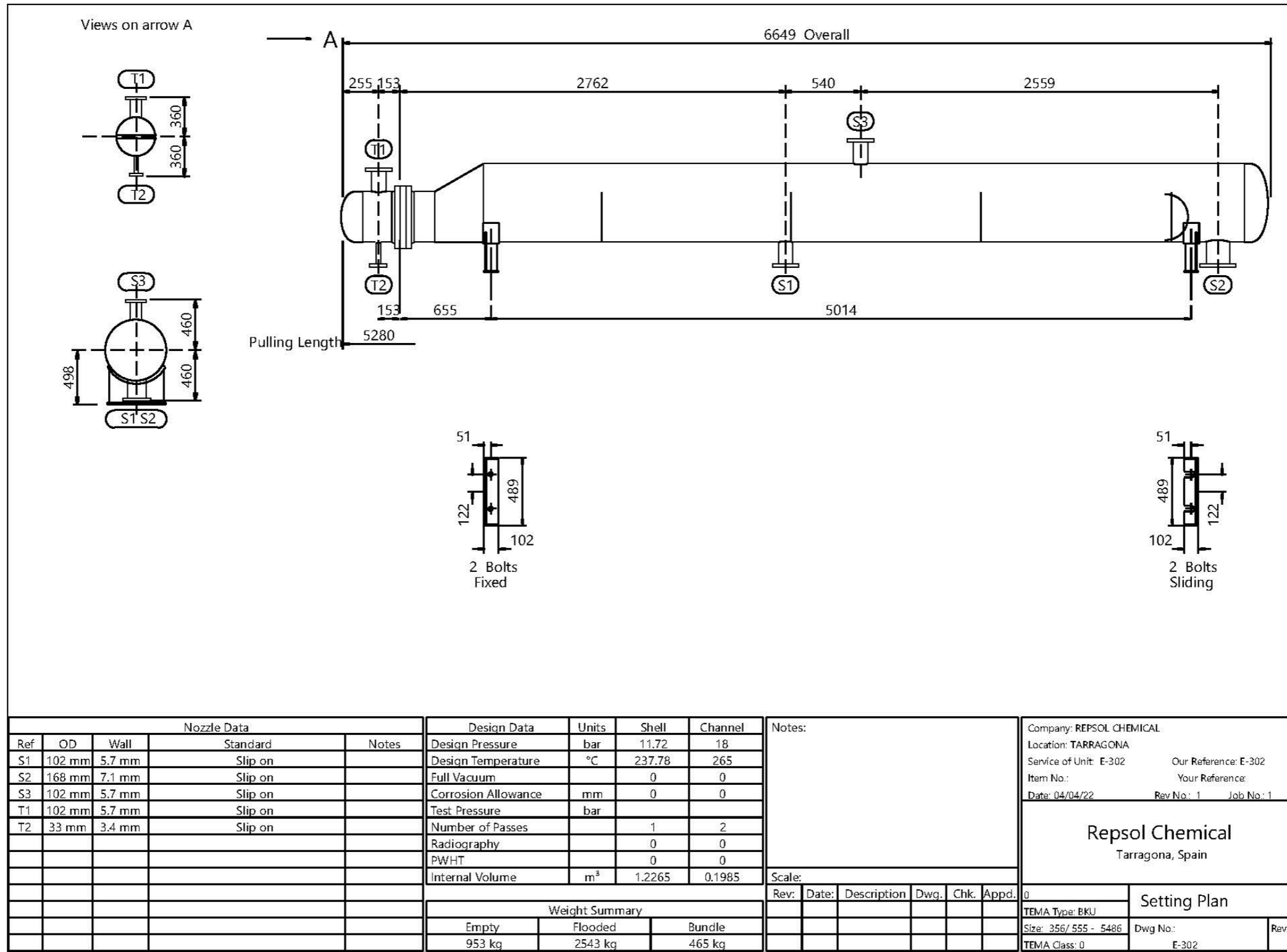
A8.1. Intercambiador E-201



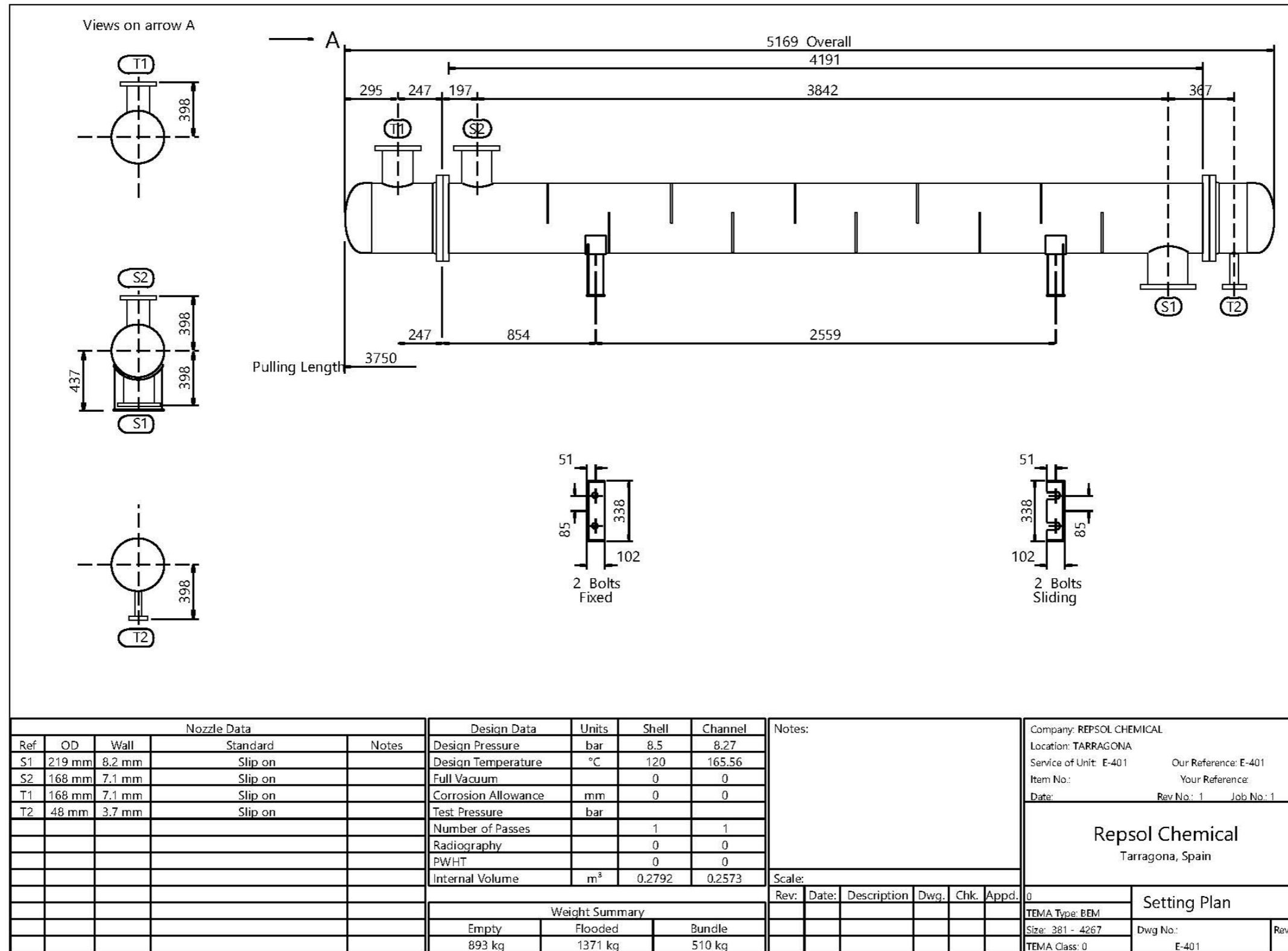
A.8.2. Intercambiador E-301



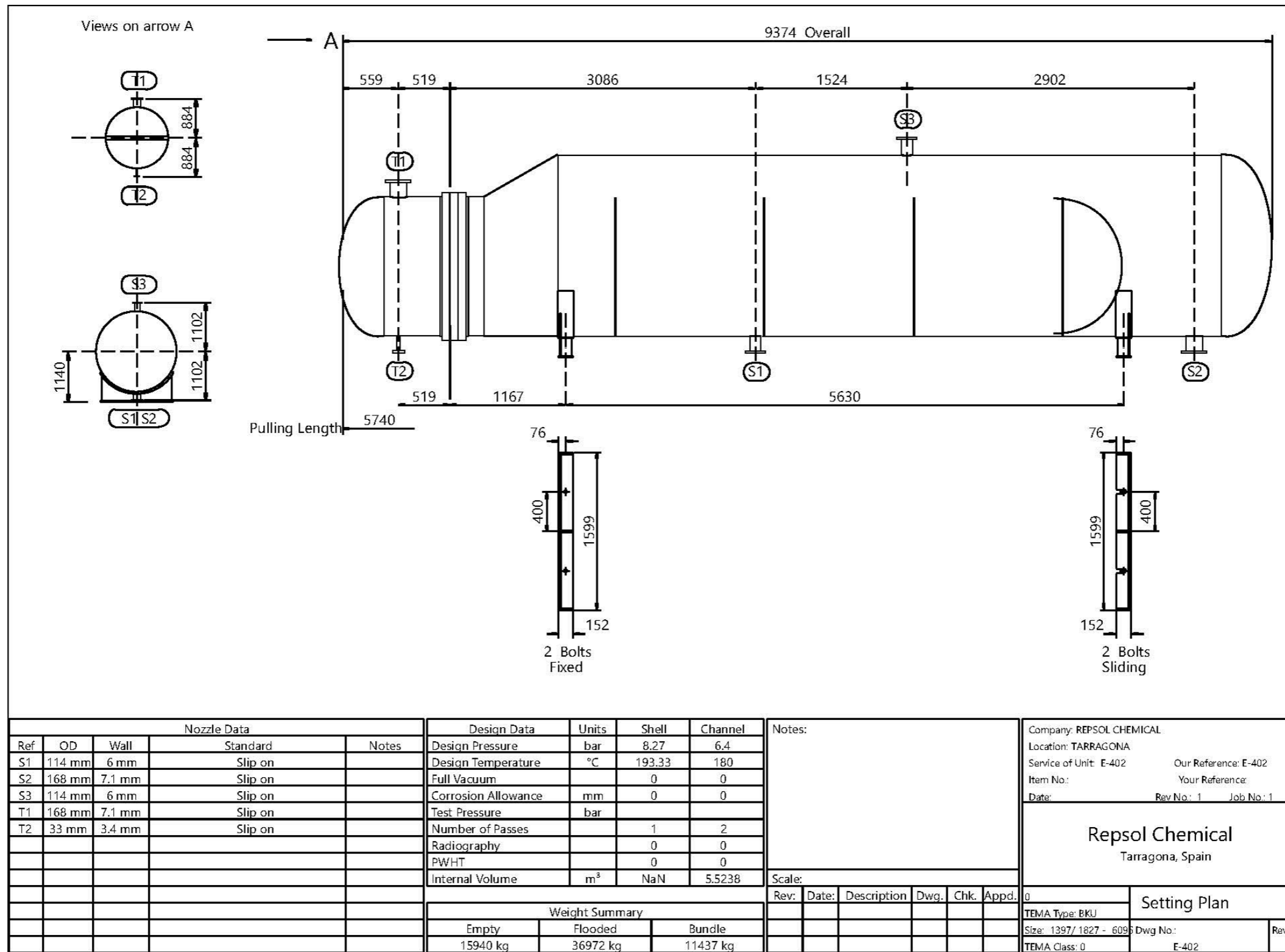
A83. Intercambiador E-302



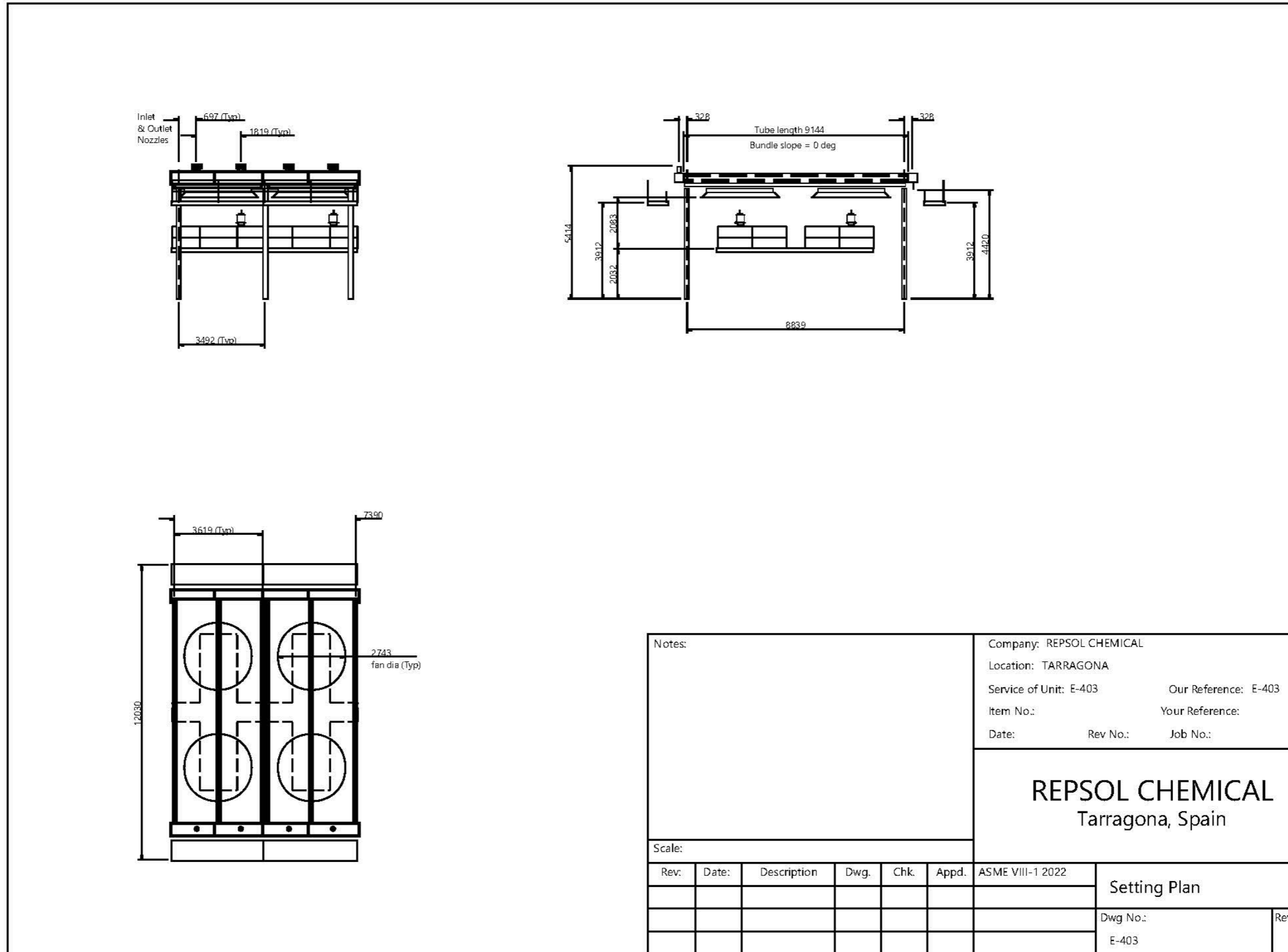
A84. Intercambiador E-401



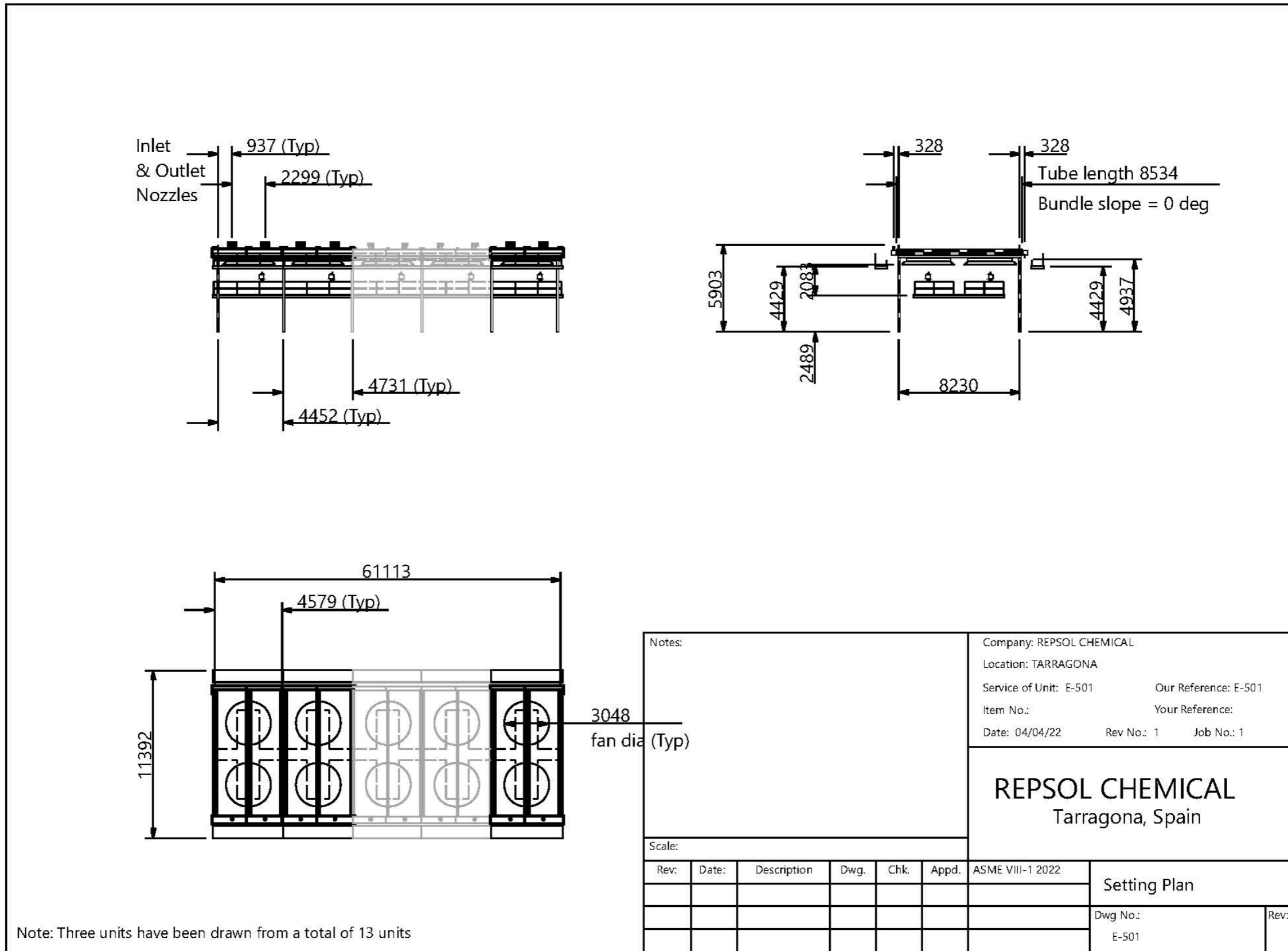
A85. Intercambiador E-402



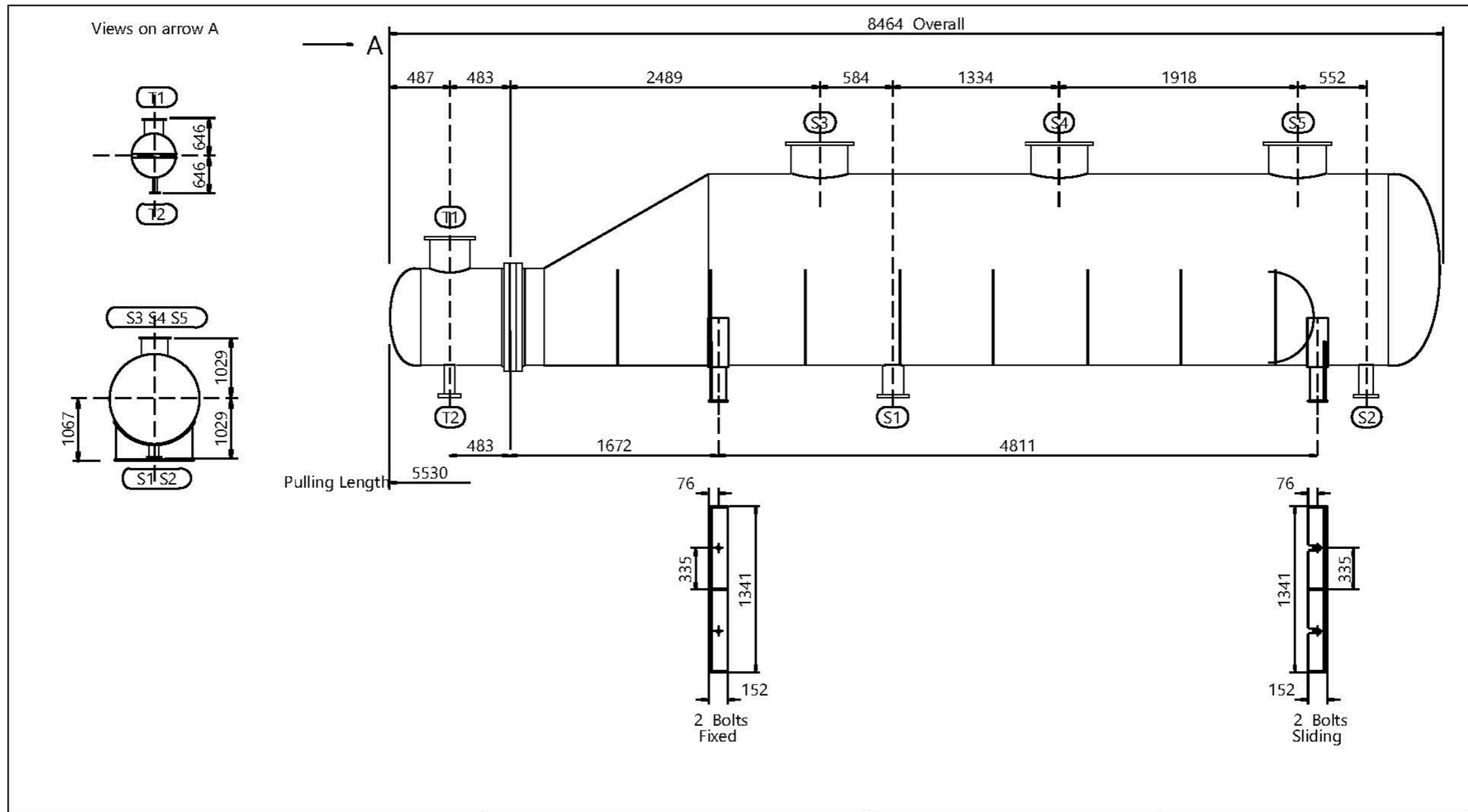
A86. Intercambiador E-403



A&7. Intercambiador E-501

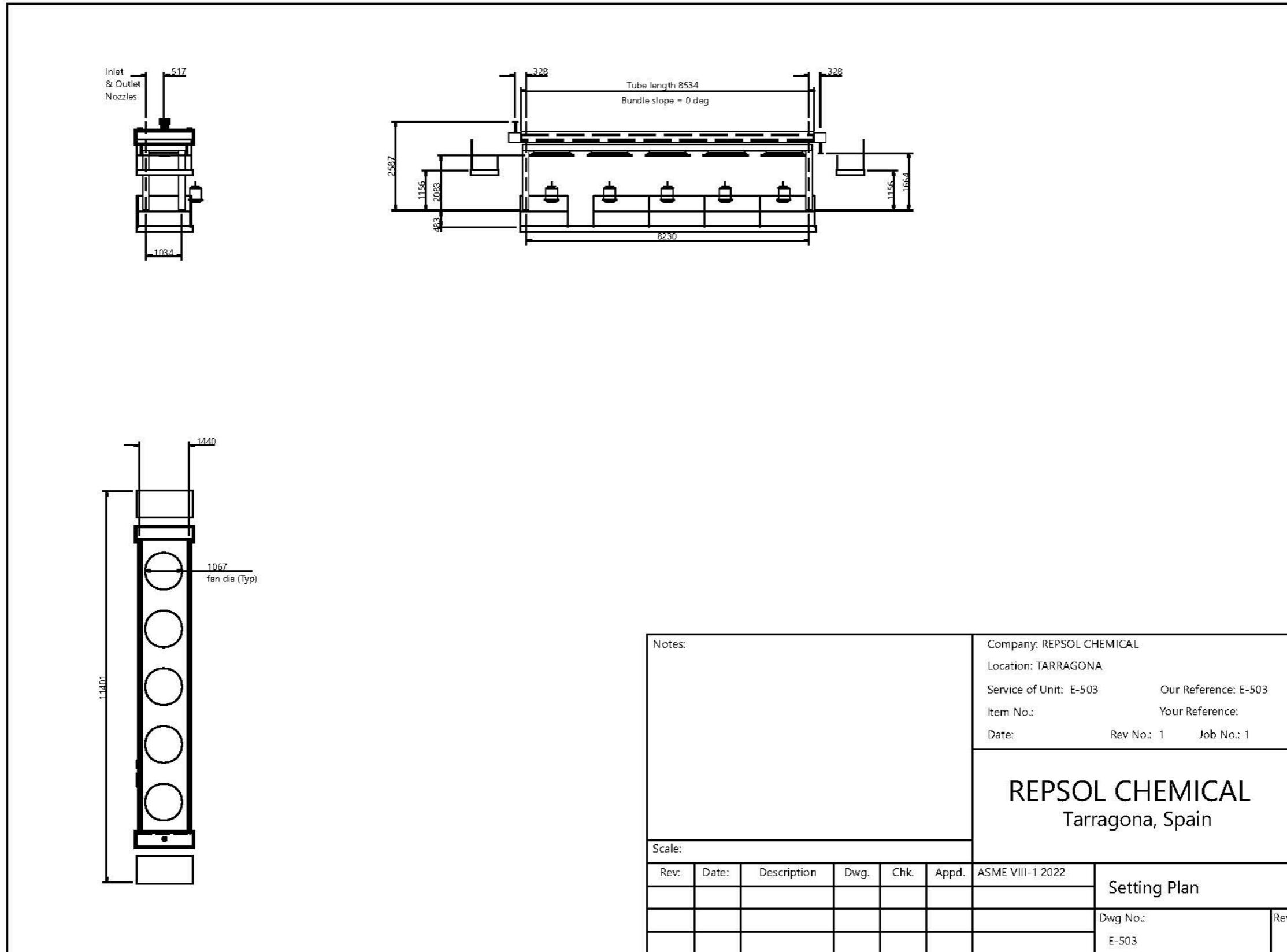


A.88. Intercambiador E-502



Nozzle Data					Design Data		Units	Shell	Channel	Notes:	Company: REPSOL CHEMICAL				
Ref	OD	Wall	Standard	Notes	Design Pressure	bar	3.45	6.4	Location: TARRAGONA						
S1	168 mm	7.1 mm	Slip on		Design Temperature	°C	193.33	180	Service of Unit: E-502 Our Reference: E-502						
S2	114 mm	6 mm	Slip on		Full Vacuum		0	0	Item No: Your Reference:						
S3	457 mm	9.5 mm	Slip on		Corrosion Allowance	mm	3.175	3.175	Date: 04/04/22 Rev No: 1 Job No: 1						
S4	457 mm	9.5 mm	Slip on		Test Pressure	bar			Repsol Chemical Tarragona, Spain						
S5	457 mm	9.5 mm	Slip on		Number of Passes		1	2							
T1	324 mm	9.5 mm	Slip on		Radiography		0	0	Setting Plan						
T2	89 mm	5.5 mm	Slip on		PWHT		0	0							
					Internal Volume	m ³	10.7029	1.4064	Scale:						
					Weight Summary				Rev:	Date:	Description	Dwg.	Chk.	Appd.	0
					Empty	Flooded	Bundle								
					8244 kg	21351 kg	3685 kg								
									TEMA Type: BKJ				Dwg No.:		Rev:
									Size: 762/ 1523 - 6096				e-502		
									TEMA Class: 0						

A89. Intercambiador E-503



A.9 HOJAS DE SEGURIDAD

A.9.1. DME

6/6/22, 23:41

ICSC 0454 - DIMETILÉTER

DIMETILÉTER Metoximetano Metiléter Oxibismetano Éter de madera	ICSC: 0454 (Agosto 2002)
CAS: 115-10-6	
Nº ONU: 1033	
CE: 204-065-8	

	PELIGROS	PREVENCIÓN	LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO Y EXPLOSIÓN	Extremadamente inflamable. Las mezclas gas/aire son explosivas.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar. NO poner en contacto con superficies calientes. Sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosión.	Cortar el suministro; si no es posible y no existe riesgo para el entorno próximo, dejar que el incendio se extinga por sí mismo; en otros casos apagar con polvo seco, dióxido de carbono. En caso de incendio: mantener fría la botella rociando con agua. Combatir el incendio desde un lugar protegido.

	SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS
Inhalación	Tos. Dolor de garganta. Confusión mental. Somnolencia. Pérdida del conocimiento.	Usar ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Proporcionar asistencia médica.
Piel	EN CONTACTO CON LÍQUIDO: CONGELACIÓN.	Guantes aislantes del frío.	EN CASO DE CONGELACIÓN: aclarar con agua abundante, NO quitar la ropa. Aclarar la piel con agua abundante o ducharse.
Ojos	Enrojecimiento. Dolor.	Utilizar gafas de protección de montura integral o protección ocular en combinación con protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
Ingestión		No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	

DERRAMES Y FUGAS	CLASIFICACIÓN Y ETIQUETADO
¡Evacuar la zona de peligro! ¡Consultar a un experto! Protección personal: respirador con filtro para gases y vapores orgánicos adaptado a la concentración de la sustancia en el aire. Eliminar toda fuente de ignición.	Conforme a los criterios del GHS de la ONU Transporte Clasificación ONU Clase de Peligro ONU: 2.1
ALMACENAMIENTO	
A prueba de incendio. Fresco.	
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

6/6/22, 23:41

ICSC 0454 - DIMETILÉTER

DIMETILÉTER **ICSC: 0454****INFORMACIÓN FÍSICO-QUÍMICA****Estado físico; aspecto**

GAS INCOLORO DE OLOR CARACTERÍSTICO.

Peligros físicos

El gas es más denso que el aire y puede extenderse a ras del suelo; posible ignición en punto distante. El gas es más denso que el aire y puede acumularse en las zonas más bajas produciendo una deficiencia de oxígeno.

Peligros químicos

La sustancia puede formar peróxidos explosivos bajo la influencia de la luz y el aire. Por combustión, formación de humos irritantes. Reacciona con oxidantes.

Fórmula: C₂H₆O / CH₃OCH₃

Masa molecular: 46.08

Punto de ebullición: -23.6°C

Punto de fusión: -141.5°C

Densidad relativa (agua = 1): 0.61

Solubilidad en agua, g/100ml: 2.4

Densidad relativa de vapor (aire = 1): 1.6

Punto de inflamación: gas inflamable

Temperatura de autoignición: 350°C

Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 3.4-26.7

Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: 0.1

EXPOSICIÓN Y EFECTOS SOBRE LA SALUD**Vías de exposición**

La sustancia se puede absorber por inhalación.

Efectos de exposición de corta duración

La sustancia irrita los ojos y el tracto respiratorio. La evaporación rápida del líquido puede producir congelación. La sustancia puede afectar al sistema nervioso central. La exposición podría causar disminución del estado de alerta.

Riesgo de inhalación

Al producirse una pérdida de gas, se alcanza muy rápidamente una concentración nociva de éste en el aire, especialmente en lugares cerrados.

Efectos de exposición prolongada o repetida**LÍMITES DE EXPOSICIÓN LABORAL**EU-OEL: 1920 mg/m³, 1000 ppm como TWA.MAK: 1900 mg/m³, 1000 ppm; categoría de limitación de pico: II(8); riesgo para el embarazo: grupo D**MEDIO AMBIENTE****NOTAS**

Comprobar el contenido de oxígeno antes de entrar en la zona.

Altas concentraciones en el aire producen una deficiencia de oxígeno con riesgo de pérdida de conocimiento o muerte.

Antes de la destilación comprobar si existen peróxidos; en caso positivo, eliminarlos.

INFORMACIÓN ADICIONAL

- Límites de exposición profesional (INSHT 2012):

VLA-ED: 1000 ppm; 1920 mg/m³

- N° de índice (clasificación y etiquetado armonizados conforme al Reglamento CLP de la UE): 603-019-00-8

- Clasificación UE

Pictograma: F+; R: 12; S: (2)-9-16-33



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.9.2. Ácido acético


6/6/22, 23:40

ICSC 0363 - ÁCIDO ACÉTICO

ÁCIDO ACÉTICO Ácido acético glacial Ácido etanoico Ácido etílico Ácido metanocarboxílico	ICSC: 0363 (Mayo 2010)
CAS: 64-19-7	
N° ONU: 2789	
CE: 200-580-7	

	PELIGROS	PREVENCIÓN	LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO Y EXPLOSIÓN	Inflamable. Por encima de 39°C pueden formarse mezclas explosivas vapor/aire. Riesgo de incendio y explosión en contacto con oxidantes fuertes.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar. Por encima de 39°C, sistema cerrado, ventilación y equipo eléctrico a prueba de explosión.	Usar polvo, espuma resistente al alcohol, agua pulverizada, dióxido de carbono. En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.

¡EVITAR TODO CONTACTO!			
	SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS
Inhalación	Dolor de garganta. Tos. Sensación de quemazón. Dolor de cabeza. Vértigo. Jadeo. Dificultad respiratoria.	Usar ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Posición de semiincorporado. Proporcionar asistencia médica inmediatamente.
Piel	Dolor. Enrojecimiento. Quemaduras cutáneas. Ampollas.	Guantes de protección. Traje de protección.	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar y lavar la piel con agua y jabón. Aclarar la piel con agua abundante o ducharse durante 15 minutos como mínimo. Proporcionar asistencia médica inmediatamente.
Ojos	Enrojecimiento. Dolor. Quemaduras graves. Pérdida de visión.	Utilizar pantalla facial o protección ocular en combinación con protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad). Proporcionar asistencia médica inmediatamente.
Ingestión	Dolor de garganta. Sensación de quemazón. Dolor abdominal. Vómitos. Shock o colapso.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca. NO provocar el vómito. En los primeros minutos tras la ingestión, se puede dar a beber un vaso pequeño de agua. Proporcionar asistencia médica inmediatamente.

DERRAMES Y FUGAS	CLASIFICACIÓN Y ETIQUETADO
Eliminar toda fuente de ignición. Protección personal: traje de protección química, incluyendo equipo autónomo de respiración. NO permitir que este producto químico se incorpore al ambiente. Recoger el líquido procedente de la fuga en recipientes precintables. Neutralizar con precaución el líquido derramado con carbonato sódico, solo bajo la responsabilidad de un experto.	<p>Conforme a los criterios del GHS de la ONU</p>  <p>PELIGRO</p> <p>Líquido y vapores inflamables Nocivo en contacto con la piel o si se inhala Puede ser nocivo en caso de ingestión Provoca graves quemaduras en la piel y lesiones oculares Puede irritar las vías respiratorias Provoca daños en el tracto respiratorio tras exposiciones prolongadas o repetidas si se inhala Nocivo para los organismos acuáticos</p> <p>Transporte Clasificación ONU Clase de Peligro ONU: 8; Peligro Secundario ONU: 3; Grupo de Embalaje/Envase ONU: II</p>
ALMACENAMIENTO	
A prueba de incendio. Separado de alimentos y piensos, oxidantes fuertes, ácidos fuertes y bases fuertes. Almacenar solamente en el recipiente original. Bien cerrado. Mantener en lugar bien ventilado. Almacenar en un área sin acceso a desagües o alcantarillas.	
ENVASADO	
No transportar con alimentos y piensos.	

6/6/22, 23:40

ICSC 0363 - ÁCIDO ACÉTICO

ÁCIDO ACÉTICO		ICSC: 0363
INFORMACIÓN FÍSICO-QUÍMICA		
<p>Estado físico; aspecto LÍQUIDO INCOLORO DE OLOR ACRE.</p> <p>Peligros físicos Sin datos.</p> <p>Peligros químicos La sustancia es un ácido débil. Reacciona violentamente con oxidantes fuertes. Esto genera peligro de incendio y explosión. Reacciona violentamente con bases fuertes, ácidos fuertes y muchos otros compuestos. Ataca algunas formas de plásticos, el caucho y revestimientos.</p>	<p>Fórmula: C₂H₄O₂ / CH₃COOH</p> <p>Masa molecular: 60.1</p> <p>Punto de ebullición: 118°C</p> <p>Punto de fusión: 16.7°C</p> <p>Densidad relativa (agua = 1): 1.05</p> <p>Solubilidad en agua: miscible</p> <p>Presión de vapor, kPa a 20°C: 1.5</p> <p>Densidad relativa de vapor (aire = 1): 2.1</p> <p>Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1): 1.02</p> <p>Punto de inflamación: 39°C c.c.</p> <p>Temperatura de autoignición: 485°C</p> <p>Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 6.0-17</p> <p>Coefficiente de reparto octanol/agua como log Pow: -0.17</p>	

EXPOSICIÓN Y EFECTOS SOBRE LA SALUD	
<p>Vías de exposición Hay efectos locales graves por todas las vías de exposición.</p> <p>Efectos de exposición de corta duración La sustancia es corrosiva para los ojos, la piel y el tracto respiratorio. Corrosivo por ingestión. La inhalación puede originar edema pulmonar, pero sólo tras producirse los efectos corrosivos iniciales en los ojos o las vías respiratorias.</p>	<p>Riesgo de inhalación Por evaporación de esta sustancia a 20°C se puede alcanzar bastante rápidamente una concentración nociva en el aire.</p> <p>Efectos de exposición prolongada o repetida El contacto prolongado o repetido con la piel puede producir dermatitis. Los pulmones pueden resultar afectados por la exposición prolongada o repetida al aerosol de esta sustancia. Riesgo de erosión dental por la exposición prolongada o repetida al aerosol de esta sustancia.</p>

LÍMITES DE EXPOSICIÓN LABORAL
<p>EU-OEL: 25 mg/m³, 10 ppm como TWA; 50 mg/m³, 20 ppm como STEL.</p> <p>MAK: 25 mg/m³, 10 ppm; categoría de limitación de pico: I(2); riesgo para el embarazo: grupo C.</p> <p>TLV: 10 ppm como TWA; 15 ppm como STEL</p>

MEDIO AMBIENTE
La sustancia es nociva para los organismos acuáticos.

NOTAS
<p>El número ONU 2789 corresponde al ácido acético, ácido acético glacial o disolución de ácido acético con más del 80% del ácido en peso.</p> <p>Otro número ONU: 2790 disolución de ácido acético (entre el 10 y el 80% de ácido acético en peso); clase de peligro: 8, grupo de emb/env: II-III.</p>

INFORMACIÓN ADICIONAL
<p>- Límites de exposición profesional (INSST 2019): VLA-ED: 10 ppm, 25 mg/m³ VLA-EC: 20 ppm, 50 mg/m³</p> <p>- Nº de índice (clasificación y etiquetado armonizados conforme al Reglamento CLP de la UE): 607-002-00-6</p> <p>- Clasificación UE Pictograma: C; R: 10-35; S: (1/2)-23-26-45; Nota: B</p>

		<p>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.</p> <p>© Versión en español, INSST, 2018</p>
---	---	--

A.9.3. Metanol

6/6/22, 23:38


ICSC 0057 - METANOL

METANOL Alcohol metílico Carbinol	ICSC: 0057 (Mayo 2018)
CAS: 67-56-1 N° ONU: 1230 CE: 200-659-6	

	PELIGROS	PREVENCIÓN	LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO Y EXPLOSIÓN	Altamente inflamable. Las mezclas vapor/aire son explosivas. Riesgo de incendio y explosión en contacto con sustancias incompatibles. Ver Notas.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar. NO poner en contacto con sustancias incompatibles. 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.	Usar agua pulverizada, polvo, espuma resistente al alcohol, 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. Vértigo. Dolor de cabeza. Debilidad. Alteraciones de la vista. Somnolencia. Jadeo. Convulsiones. Pérdida del conocimiento.	Usar ventilación. Usar extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Proporcionar asistencia médica.
Piel	Piel seca. Enrojecimiento.	Guantes de protección. Traje de protección.	Enjuagar la ropa contaminada con agua abundante (peligro de incendio). Proporcionar asistencia médica.
Ojos	Enrojecimiento. Dolor. Visión borrosa.	Utilizar pantalla facial o protección ocular en combinación con protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
Ingestión	Dolor abdominal. Además ver Inhalación.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo. Lavarse las manos antes de comer.	NO provocar el vómito. Dar a beber uno o dos vasos de agua. Proporcionar asistencia médica inmediatamente.

DERRAMES Y FUGAS	CLASIFICACIÓN Y ETIQUETADO
¡Evacuar la zona de peligro! ¡Consultar a un experto! Eliminar toda fuente de ignición. Ventilar. Protección personal: traje de protección completo incluyendo equipo autónomo de respiración. NO verterlo en el alcantarillado. Recoger, en la medida de lo posible, el líquido que se derrama y el ya derramado en recipientes tapados. Absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte. Eliminar el residuo con agua abundante. Almacenar y eliminar el residuo conforme a la normativa local.	<p>Conforme a los criterios del GHS de la ONU</p> <div style="text-align: center;">  <p>PELIGRO</p> </div> <p>Líquido y vapores muy inflamables Tóxico en caso de ingestión Nocivo si se inhala Provoca daños en el sistema nervioso central</p> <p>Transporte Clasificación ONU Clase de Peligro ONU: 3; Peligro Secundario ONU: 6.1; Grupo de Embalaje/Envase ONU: II</p>
ALMACENAMIENTO	
Separado de materiales incompatibles. Fresco. A prueba de incendio. Mantener en lugar bien ventilado.	
ENVASADO	

Organización
Internacional
del TrabajoOrganización
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

6/6/22, 23:38

ICSC 0057 - METANOL

METANOL		ICSC: 0057
INFORMACIÓN FÍSICO-QUÍMICA		
<p>Estado físico; aspecto LÍQUIDO INCOLORO DE OLOR CARACTERÍSTICO.</p> <p>Peligros físicos El vapor se mezcla bien con el aire, formándose fácilmente mezclas explosivas.</p> <p>Peligros químicos Reacciona violentamente con oxidantes fuertes, ácidos y agentes reductores. Esto genera peligro de incendio y explosión.</p>	<p>Fórmula: CH₄O / CH₃OH Masa molecular: 32.0 Punto de ebullición: 65°C Punto de fusión: -98°C Densidad relativa (agua = 1): 0.79 Solubilidad en agua: miscible Presión de vapor, kPa a 20°C: 12.9 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: 9°C c.c. Temperatura de autoignición: 440°C Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 6-50 Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: -0.74 Viscosidad: 0.544 mPa a 25°C</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, la piel y el tracto respiratorio. La sustancia puede afectar al sistema nervioso central. Esto puede dar lugar a pérdida del conocimiento. La exposición podría causar ceguera y la muerte. Los efectos pueden aparecer de forma no inmediata. Se recomienda vigilancia médica.</p>	<p>Riesgo de inhalación Por evaporación de esta sustancia a 20°C se puede alcanzar bastante rápidamente una concentración nociva en el aire.</p> <p>Efectos de exposición prolongada o repetida El contacto prolongado o repetido con la piel puede producir dermatitis. La sustancia puede afectar al sistema nervioso central. Esto puede dar lugar a dolores de cabeza persistentes y alteraciones de la visión.</p>	
LÍMITES DE EXPOSICIÓN LABORAL		
<p>TLV: 200 ppm como TWA; 250 ppm como STEL; (piel); BEI establecido. EU-OEL: 260 mg/m³, 200 ppm como TWA; (piel). MAK: 130 mg/m³, 100 ppm; categoría de limitación de pico: II(2); absorción dérmica (H); riesgo para el embarazo: grupo C</p>		
MEDIO AMBIENTE		
Evitar su liberación al medio ambiente en circunstancias distintas al uso normal.		
NOTAS		
<p>Arde con llama azulada. Está indicado un examen médico periódico dependiendo del grado de exposición. En caso de envenenamiento con esta sustancia es necesario realizar un tratamiento específico; así como disponer de los medios adecuados junto a las instrucciones correspondientes.</p>		
INFORMACIÓN ADICIONAL		
<p>- Límites de exposición profesional (INSST 2021): VLA-ED: 200 ppm; 266 mg/m³ Notas: vía dérmica; esta sustancia tiene establecidas restricciones a la fabricación, la comercialización o el uso especificadas en el Reglamento REACH. VLB: 15 mg/L en orina. Notas F, I. - N° de índice (clasificación y etiquetado armonizados conforme al Reglamento CLP de la UE): 603-001-00-X - Clasificación UE</p>		
 <p>GOBIERNO DE ESPAÑA MINISTERIO DE TRABAJO Y ECONOMÍA SOCIAL</p>		 <p>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</p>

A.9.4. Acetona

6/6/22, 23:37


ICSC 0087 - ACETONA

ICSC: 0087 (Abril 2009)

ACETONA 2-Propanona Dimetil cetona Metil cetona
CAS: 67-64-1 Nº ONU: 1090 CE: 200-662-2

	PELIGROS	PREVENCIÓN	LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO Y EXPLOSIÓN	Altamente inflamable. Las mezclas vapor/aire son explosivas. El calentamiento intenso puede producir aumento de la presión con riesgo de estallido.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar. 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.	Usar polvo, espuma resistente al alcohol, agua, dióxido de carbono. En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.

	SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS
Inhalación	Dolor de garganta. Tos. Confusión mental. Dolor de cabeza. Vértigo. Somnolencia. Pérdida del conocimiento.	Usar ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Proporcionar asistencia médica.
Piel	Piel seca.	Guantes de protección.	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar la piel con agua abundante o ducharse.
Ojos	Enrojecimiento. Dolor. Visión borrosa.	Utilizar gafas de protección.	Enjuagar con agua abundante (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad). Proporcionar asistencia médica.
Ingestión	Náuseas. Vómitos. Además ver Inhalación.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo. Lavarse las manos antes de comer.	Enjuagar la boca. Proporcionar asistencia médica.

DERRAMES Y FUGAS	CLASIFICACIÓN Y ETIQUETADO
Eliminar toda fuente de ignición. Protección personal: respirador con filtro para gases y vapores orgánicos de bajo punto de ebullición adaptado a la concentración de la sustancia en el aire. Ventilar. Recoger el líquido procedente de la fuga en recipientes precintables. Absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte. A continuación, almacenar y eliminar el residuo conforme a la normativa local. NO verterlo en el alcantarillado.	<p>Conforme a los criterios del GHS de la ONU</p>  <p>PELIGRO</p> <p>Líquido y vapores muy inflamables Provoca irritación ocular</p> <p>Transporte Clasificación ONU Clase de Peligro ONU: 3; Grupo de Embalaje/Envase ONU: II</p>
ALMACENAMIENTO	
A prueba de incendio. Separado de: ver Peligros Químicos. Almacenar en un área sin acceso a desagües o alcantarillas.	
ENVASADO	

Organización
Internacional
del TrabajoOrganización
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

6/6/22, 23:37

ICSC 0087 - ACETONA

ACETONA		ICSC: 0087
INFORMACIÓN FÍSICO-QUÍMICA		
<p>Estado físico; aspecto LÍQUIDO INCOLORO DE OLOR CARACTERÍSTICO.</p> <p>Peligros físicos El vapor es más denso que el aire y puede extenderse a ras del suelo; posible ignición en punto distante.</p> <p>Peligros químicos El contacto con oxidantes fuertes tales como ácido acético, ácido nítrico y peróxido de hidrógeno genera peróxidos explosivos. Reacciona con cloroformo y bromoformo en condiciones básicas. Esto genera peligro de incendio y explosión. Ataca los plásticos.</p>	<p>Fórmula: C₃H₆O / CH₃-CO-CH₃ Masa molecular: 58.1 Punto de ebullición: 56°C Punto de fusión: -95°C Densidad relativa (agua = 1): 0.8 Solubilidad en agua: miscible Presión de vapor, kPa a 20°C: 24 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 2.0 Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1): 1.2 Punto de inflamación: -18°C c.c. Temperatura de autoignición: 465°C Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 2.2-13 Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: -0.24 Viscosidad: 0.34 mm²/s a 40°C</p>	

EXPOSICIÓN Y EFECTOS SOBRE LA SALUD	
<p>Vías de exposición La sustancia se puede absorber por inhalación.</p> <p>Efectos de exposición de corta duración La sustancia irrita los ojos y el tracto respiratorio. La exposición a concentraciones altas podría causar disminución del estado de alerta.</p>	<p>Riesgo de inhalación Por evaporación de esta sustancia a 20°C se puede alcanzar bastante rápidamente una concentración nociva en el aire, más rápidamente por pulverización o cuando se dispersa.</p> <p>Efectos de exposición prolongada o repetida La sustancia desengrasa la piel, lo que puede producir sequedad y agrietamiento. El contacto prolongado o repetido con la piel puede producir sequedad y agrietamiento.</p>

LÍMITES DE EXPOSICIÓN LABORAL
<p>TLV: 250 ppm como TWA; 500 ppm como STEL; BEI establecido; A4 (no clasificado como cancerígeno humano). MAK: 1200 mg/m³, 500 ppm; categoría de limitación de pico: I(2); riesgo para el embarazo: grupo B. EU-OEL: 1210 mg/m³, 500 ppm como TWA</p>

MEDIO AMBIENTE

NOTAS
El consumo de bebidas alcohólicas aumenta el efecto nocivo.

INFORMACIÓN ADICIONAL
<p>- Límites de Exposición Profesional (INSST 2021): VLA-ED: 500 ppm; 1210 mg/m³ VLB: 50 mg/l (en orina). Nota I: El determinante es inespecífico puesto que puede encontrarse después de la exposición a otros agentes químicos.</p> <p>- N° de índice (clasificación y etiquetado armonizados conforme al Reglamento CLP de la UE): 606-001-00-8</p> <p>- Clasificación UE Pictograma: F, Xi; R: 11-36-66-67; S: (2)-9-16-26</p>

 <p>GOBIERNO DE ESPAÑA</p>	 <p>MINISTERIO DE TRABAJO Y ECONOMÍA SOCIAL</p>	 <p>insst Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo</p>	<p>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</p>
---	--	--	---