



DISSENY D'UNA UNITAT DE CONCENTRACIÓ DE GASOS DE LA REFINERIA REPSOL

Treball de Fi de Grau

Identificador: TFGEQ_1920_aalvarado

Membres:

Andrés Felipe Alvarado Izáziga

Josep Martí Pozo

Andrea Vides de Dios

Tutors:

Baltasar Boix

Helena Juarros

Grau: Enginyeria Química

Tarragona, 12 de juny de 2019

AGRAÏMENTS

Volem agrair la col·laboració de totes les persones que han fet possible la realització d'aquest projecte.

En primer lloc, als tutors del Treball de Fi de Grau, l'Helena Juarros i el Baltassar Boix, que ens han ajudat a estructurar el treball i ens han proporcionat comentaris valuosos, revisions i suport al llarg d'aquest temps.

En segon lloc, a tots els professors que al llarg d'aquests anys ens han donat els coneixements necessaris per a la realització d'aquest projecte.

A tots aquells amics, companys i família que ens han fet costat al llarg de tots aquests anys i ens han motivat per seguir amb la nostra feina.

PROCEDIMENT PER AUTORITZAR LA PRESENTACIÓ/DEFENSA DELS TFGEQ I ASSEGURAMENT DE LA NO CONFIDENCIALITAT DE LA DOCUMENTACIÓ ENTREGADA

Antecedents

A la data fixada pel professorat responsable de l'assignatura els alumnes penjen al Moodle un exemplar del seu TFGEQ en pdf i el professor tutor avalua el document entregat i emplena el Doc1 (10 + 4 avaluacions) del full d'avaluació excel standard i qualifica el TFGEQ com Apte o No Apte per la seva presentació i defensa.

Des del moment que s'acaba el termini per penjar el TFGEQ al Moodle el professor tutor té dos dies per avaluar i comunicar al professorat responsable la seva avaluació. A continuació els membres del tribunal tenen aproximadament una setmana per fer la seva avaluació del TFGEQ escrit en el Doc. 2 del full excel esmentat.

Nou Procediment

A la data fixada pel professorat responsable de l'assignatura els alumnes penjaran al Moodle un exemplar del seu TFGEQ en format pdf. Aquest inclourà el document model adjunt signat pel professor tutor donant el seu vist i plau per procedir a la defensa del TFGEQ. En el cas que el professor tutor el consideri No Apte, haurà de justificar la seva decisió indicant les mancances observades i les possibles mesures correctores que l'alumne haurà d'efectuar per a que el TFGEQ sigui admès a avaluació.

En el mateix document, el supervisor de l'empresa externa que ha donat suport a l'alumne en l'elaboració del TFGEQ farà constar que el document no conté cap informació classificada com confidencial per part de l'empresa. Cas que el TFGEQ no sigui extern, serà el professor tutor qui l'emplenarà.

Aquest document, un cop signat s'inclourà després de la portada del TFGEQ. Cas que el TFGEQ es lliuri sense aquest document degudament emplenat i signat en els dos apartats, els professors responsables de l'assignatura no admetran el TFGEQ per a ser avaluat.

Departament d'Enginyeria Química. Universitat Rovira i Virgili.
Autorització pel lliurament i defensa del TFG del grau d'Enginyeria Química

TÍTOL DEL TFGEQ:
DISSENY D'UNA UNITAT DE CONCENTRACIÓ DE GASOS
.....
.....

AUTOR: .. Andrés Felipe Alvarado Izáziga, Josep Martí Pozo y Andrea Vides de Dios

CURS ACADÈMIC: ..2018.:2019.....

VIST I PLAU DEL TUTOR ACADÈMIC

En/Na .. Baltasar Boix Rita, en la seva capacitat de tutor acadèmic fa constar que considera el TFGEQ

- APTE, i en conseqüència dona el seu vist i plau per a la defensa
- NO APTE per a ser defensat pels motius exposats a continuació

.....
.....
.....
.....
.....

Signatura: **BOIX RITA,
BALTASAR
(FIRMA)**

Firmado digitalmente por BOIX RITA,
BALTASAR (FIRMA)
Nombre de reconocimiento (DN): c=ES,
serialNumber=39663651J, sn=BOIX,
givenName=BALTASAR, cn=BOIX RITA,
BALTASAR (FIRMA)
Fecha: 2019.06.13 07:54:09 +02'00'

Data:

DECLARACIÓ D'ABSÈNCIA DE CONFLICTES DE CONFIDENCIALITAT

En/Na, 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

^(*) Cas que el TFGEQ no sigui extern serà el professor tutor qui emplenarà aquesta secció

Signatura:

Data:

ÍNDIX

1. INTRODUCCIÓ	1
1.1. Descripció del projecte	1
1.2. Objectiu del projecte	1
1.3. Abast del projecte	1
2. SÍNTESE DEL PROCÉS	2
2.1. Diagrama <i>Input/Output</i>	2
2.2. Especificacions dels productes	2
2.3. Especificacions de les alimentacions	2
2.4. Descripció de les alternatives.....	4
2.4.1. Configuració <i>Absorbidor/Stripper</i>	4
2.4.2. Configuració <i>Desetanitzadora</i>	5
3. DESCRIPCIÓ DE LA CONFIGURACIÓ <i>ABSORBIDOR/STRIPPER</i>	7
3.1. Etapes de compressió.....	7
3.1.1. Compressor K-101	7
3.1.2. Aerorefrigeradors AC-100/AC-101	7
3.2. Acumulador C-102.....	8
3.3. Absorbidor i <i>Stripper</i>	8
3.3.1. Absorbidor AB-100	8
3.3.2. <i>Stripper</i> S-100.....	8
3.3.3. Absorbidor secundari AB-101	9
3.4. Desbutanitzadora T-100 i despropanitzadora T-101.....	9
3.4.1. Desbutanitzadora T-100.....	9
3.4.2. Extracció líquid-líquid X-100	9
3.4.3. Despropanitzadora	9
3.5. Diagrames de la configuració	10
4. SIMULACIÓ DE LA CONFIGURACIÓ <i>ABSORBIDOR/STRIPPER</i>	13
4.1.1. Consideracions prèvies	13
4.1.2. Compressor K-100	13
4.1.3. Aerorefrigerador AC-100.....	14
4.1.4. Bombes	15
4.1.5. Acumulador C-102.....	15
4.1.6. Absorbidor AB-100	15
4.1.7. Absorbidor AB-101	16

4.1.8. <i>Stripper</i> S-100	17
4.1.9. Desbutanitzadora T-100	17
4.1.10. Extracció líquid-líquid X-100	18
4.1.11. Despropanitzadora T-101	18
4.1.12. Bescanviadors de calor	19
5. DESCRIPCIÓ DE LA CONFIGURACIÓ <i>DESETANITZADORA</i>	20
5.1. Primera etapa de compressió	20
5.1.1. Compressor K-100 i aereorefrigerador AC-100	21
5.2. Desbutanitzadora T-100	21
5.3. Segona i tercera etapa de compressió	21
5.3.1. AC-101 i AC-102	21
5.4. Desetanitzadora T-101	22
5.5. Despropanitzadora T-103	22
5.6. Diagrames del procés	22
6. SIMULACIÓ DE LA CONFIGURACIÓ <i>DESETANITZADORA</i>	25
6.1. Compressor K-100 A/B/C	25
6.2. Aereorefrigeradors AC-100/101/102	25
6.3. Desbutanitzadora T-100	26
6.4. Desetanitzadora T-101	26
6.5. Despropanitzadora T-103	27
6.6. Bomba P-100	28
6.7. Bescanviadors de calor	28
7. INTEGRACIÓ ENERGÈTICA	29
7.1. Integració dels processos	29
7.1.1. Corbes compostes	29
7.2. Gran corba composta	31
7.3. Disseny de la xarxa de bescanviadors	32e
8. HAZARD AND OPERABILITY ANALYSIS (HAZOP)	36
8.1. Metodologia per l'anàlisi de risc de la configuració <i>Absorbidor/Stripper</i>	36
8.1.1. Definició dels nodes	36
8.1.2. Definició de les desviacions emprades	36
8.1.3. Definició de les variables d'estudi	37
8.1.4. Identificació dels escenaris	37
8.2. Definició dels criteris de probabilitat, severitat i perfil de risc	37
8.2.1. Probabilitat	37

8.2.2. Severitat	38
8.3. Taula HAZOP	39
8.3.1. Explicació taula HAZOP	48
8.4. Metodologia a per l'anàlisi de risc de la configuració <i>Desetanitzadora</i>	51
8.4.1. Definició de nodes	52
9. AVALUACIÓ ECONÒMICA	61
9.1. Introducció	61
9.2. Estimació de la inversió inicial	61
9.2.1. Estimació del cost dels equips	61
9.2.2. Estimació del capital fix.....	62
9.2.3. Estimació del capital circulant	63
9.2.4. Resultats de la inversió	64
9.3. Costos total de producció.....	64
9.3.1. Costos laborals	65
9.3.2. Costos dels serveis auxiliars	65
9.3.3. Resultats dels costos de producció.....	66
9.4. Estudi de rendibilitat	66
9.4.1. <i>Net Cash Flow</i> (NCF)	66
9.4.2. Valor Actual Net (VAN).....	67
9.5. Anàlisi de sensibilitat.....	69
10. CONCLUSIONS.....	72
11. BIBLIOGRAFIA.....	73
ANNEXOS	
A1. ESPECIFICACIÓ D'EQUIPS	74
A1.1. Especificació d'equips de la configuració <i>Absorbidor/Stripper</i>	74
A1.2. Especificació d'equips de la configuració <i>Desetanitzadora</i>	85
A2. BALANÇ DE MATÈRIA.....	94
A2.1. Balanç de matèria de la configuració <i>Absorbidor/Stripper</i>	94
A2.2. Balanç de matèria de la configuració <i>Desetanitzadora</i>	98
A3. DIAGRAMA SENSE INTEGRACIÓ	101
A4. FITXES DE SEGURETAT	103
A5. AVALUACIÓ ECONÒMICA.....	129
A5.1. Costos dels equips.....	129
A5.2. Taules financeres	131

1. INTRODUCCIÓ

Títol	Disseny conceptual d'una unitat de concentració de gaso d'una refineria		
Identificador	TFGEQ_1920		
Tutors	Baltasar Boix i Helena Juarros		
Dia	12/06/19	Localització	Tarragona
Autors	Andrés Felipe Alvarado Izáziga (color vermell) Josep Martí Pozo (color verd) Andrea Vides de Dios (color blau)		

1.1. Descripció del projecte

L'objecte d'estudi d'aquest projecte és la Unitat de Concentració de Gasos (Gascon) de la refineria Repsol Tarragona. Es tracta d'una de les etapes que componen el procés de refinament del petroli, en la qual se separen corrents d'hidrocarburs provinents d'altres seccions de la refineria fins a obtenir productes intermedis que alimentaran altres etapes. Així mateix, la funció principals de la Unitat Gascon de Repsol és recuperar les fraccions de propà, butà, nafta estabilitzada i *fuel gas* (metà i età).

En el seu cas, Repsol utilitza una Unitat Gascon configurada a partir d'un conjunt absorbidor-*stripper*. Això no obstant, s'estudiarà un altre disseny alternatiu basat en un tren de columnes de destil·lació i configurat a partir d'una columna desetanitzadora. Es realitzarà el disseny conceptual d'ambdues configuracions amb el simulador *Aspen HYSYS* per comparar el seu desenvolupament, imposant les mateixes condicions d'entrada i sortida de la Gascon actual de Repsol. A partir d'aquests dissenys, es procedirà a una comparació econòmica que determinarà quina de les dues opcions és la més rendible.

1.2. Objectiu del projecte

L'objectiu principal d'aquest projecte és el de dissenyar conceptualment dues Unitats Gascon, la configuració *Absorbidor/Stripper* i la configuració *Desetanitzadora*, amb un grau de detall suficient per a poder comparar-les econòmicament i, per tant, dir quina és més rendible.

1.3. Abast del projecte

Per tal d'assolir l'objectiu principal del projecte, es va elaborar el següent llistat de tasques a realitzar per la configuració *Absorbidor/Stripper* i la *Desetanitzadora*.

- Disseny conceptual i simulació amb *Aspen HYSYS*.
- Confeció de diagrames (PFD i P&ID).
- Estudi de seguretat i econòmic.

2. SÍNTESI DEL PROCÉS

2.1. Diagrama *Input/Output*

La funció d'una Unitat Gascon d'una refineria és recollir els corrents de nafta sense establir, gasos líquats del petroli (GLP) i gasos del procés per separar-los i obtenir nafta establitzada, propà, butà i *fuel gas*. La Figura 2.1 mostra el procés general representat en el diagrama *Input/Output*.



Figura 2.1. Input/Output de la Unitat de Concentració de Gasos d'una refineria.

2.2. Especificacions dels productes

Les especificacions dels productes –nafta establitzada, propà i butà- es recullen a la Taula 2.1. Els tres processos han d'obtenir aquests productes intermedis en la qualitat especificada i, per tant, les especificacions dels equips de la simulació es dissenyaran en funció d'aquesta.

Taula 2.1. Especificacions dels productes intermedis de les configuracions.

%vol	Nafta establitzada	Butà	Propà
PVR	≤ 7 psi	-	-
C2	-	≤ 2	≤ 2.5
C3	-	≤ 20	≥ 80
C4	≤ 1.5	≥ 80	≤ 20
C5	-	≤ 1.5	≤ 1.5

2.3. Especificacions de les alimentacions

Les alimentacions a la Unitat Gascon, que provenen d'altres seccions de la refineria, es mostren a les Taula 2.2.

Taula 2.2. Especificacions de les alimentacions a la Unitat de Concentració de Gasos.

Fracció màssica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Metà	0.012	0.000	0.000	0.000	0.115	0.091	0.000	0.063	0.001	0.000	0.035
Età	0.070	0.019	0.003	0.000	0.023	0.204	0.000	0.304	0.017	0.000	0.125
Propà	0.211	0.193	0.086	0.001	0.729	0.227	0.000	0.633	0.109	0.000	0.318
i-Butà	0.096	0.230	0.218	0.012	0.000	0.154	0.000	0.000	0.267	0.082	0.343
n-Butà	0.215	0.548	0.682	0.002	0.000	0.149	0.451	0.000	0.569	0.031	0.145
i-Pentà	0.103	0.004	0.010	0.019	0.000	0.039	0.549	0.000	0.003	0.000	0.010
n-Pentà	0.095	0.000	0.001	0.003	0.000	0.039	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
n-Hexà	0.184	0.000	0.000	0.277	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Propè	0.000	0.000	0.000	0.017	0.024	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Etilè	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Àcid sulfhídric	0.000	0.000	0.000	0.000	0.093	0.024	0.000	0.000	0.034	0.000	0.000
Aigua	0.015	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005
Hidrogen	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0.073	0.000	0.000	0.000	0.000	0.019
Pseudocomponents NBP	0.000	0.000	0.000	0.669	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.887	0.000
Fracció de vapor	1.000	1.000	0.000	0.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.000	0.000	1.000
Temperatura (°C)	50.0	50.0	43.0	50.0	97.0	44.0	45.0	45.0	43.0	43.0	45.0
Pressió (Bar)	1.60	5.43	20.6	14.3	11.3	13.3	1.90	15.3	15.4	12.8	11.8
Cabal màssic (t·h⁻¹)	12.2	4.04	7.29	106	4.96	1.28	0.735	2.39	2.87	25.9	7.44

2.4. Descripció de les alternatives

En aquest apartat s'explicaran les dues alternatives a estudiar i comparar entre elles; la configuració *Absorbidor/Stripper* i la configuració *Desetanitzadora*.

2.4.1. Configuració Absorbidor/Stripper

La Unitat utilitzada al complex industrial de Repsol de Tarragona, la configuració *Absorbidor/Stripper*, es mostra esquematitzada a la Figura 2.2. Aquesta comprèn, en la seva fase inicial, dues etapes de compressió dels gasos d'alimentació prèvies a un acumulador d'alta pressió. D'aquesta manera, totes les càrregues, tant en fase gas com en fase líquida, es comprimeixen (12-15 Bar) [ref. 1] abans de ser conduïdes a l'acumulador, que, per la seva part, redirigirà els gasos i els líquids resultants cap a un absorbidor primari i un *stripper*, respectivament. L'acumulador té, també, una tercera sortida amb aigua, juntament amb una part d'àcid sulfhídric.

Per una banda, l'absorbidor primari té la funció d'absorbir la fracció pesada i recuperable fent ús de nafta no estabilitzada com a solvent líquid. Per maximitzar l'absorció, es recomana treballar a alta pressió (10-20 Bar) i a baixa temperatura (20-30 °C) [ref. 1]. El líquid de fons, la nafta rica en pesants, es recicla a l'acumulador d'alta pressió mentre per cap de columna surt un gas pobre que es porta a un absorbidor secundari. La finalitat d'aquest últim és la recuperació final dels hidrocarburs lleugers continguts al gas de sortida de l'absorbidor primari per utilitzar-los al sistema *fuel gas* de la refineria. En aquest cas, s'utilitza dièsel com a solvent líquid.

Per l'altra banda, el *stripper* té l'objectiu d'eliminar els lleugers indesitjables (hidrogen, metà i età) reciclant-los a l'acumulador d'alta pressió. Des d'aquí, el procés seguirà tal com s'ha descrit anteriorment fins a la recuperació d'aquests al corrent de *fuel gas*. Així, doncs, el producte de fons queda lliure dels components indesitjables i contindrà, majoritàriament, la nafta amb els pesants.

El producte de fons de el *stripper* es porta a una columna de destil·lació desbutanitzadora. Aquest equip estabilitzarà la nafta eliminant-ne els lleugers –propà i butà- per cap. S'haurà de tenir en compte la ràtio butà-pentà al cap de columna per operar dins de l'especificació. Per optimitzar l'operació de l'equip, la pressió ha de ser la mínima possible respectant la temperatura de condensació dels hidrocarburs.

El producte de cap de la desbutanitzadora pot contenir àcid i, per tal de netejar-lo, es condueix a una columna d'extracció líquid-líquid. A l'equip es fa un rentat amb amines (MDEA) que arrossega l'àcid sulfhídric que hi pugui haver al corrent i el separa del propà i el butà, que surten pel cap de columna. Després del rentat, es porta el corrent de fons a una columna despropanitzadora que separarà el propà –per cap de columna- del butà per fons de columna.

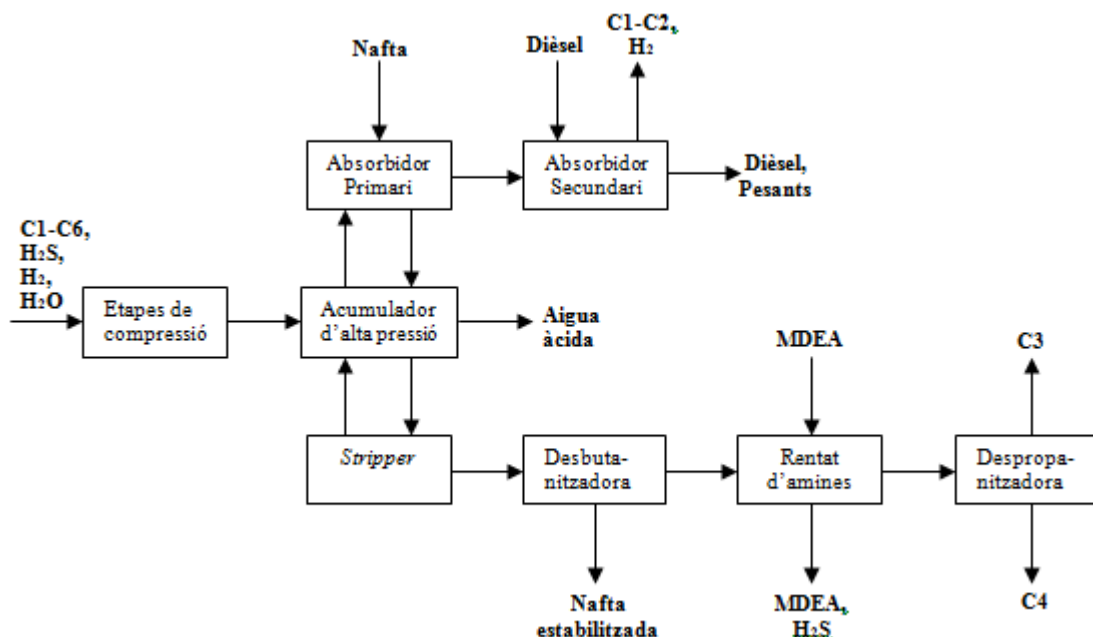


Figura 2.2. Diagrama de blocs de la Unitat Gascon *Absorbidor/Stripper*.

2.4.2. Configuració *Desetanitzadora*

La Unitat alternativa al procés anterior, la configuració *Desetanitzadora*, s'esquemmatitza segons es mostra a la Figura 2.3, prenent per referència dades bibliogràfiques [ref. 1]. La diferència principal en la configuració d'aquesta amb el procés anterior es troba en el mètode de separació primari. En el cas de Repsol, s'utilitza un conjunt absorbidor-*stripper* i, en l'alternativa, el conjunt se substitueix per una sola columna de destil·lació desetanitzadora. La reducció d'equips requereix una pujada de pressió en la columna i, d'aquí, se'n deriva la segona diferència principal: l'addició d'una etapa de compressió que augmenta la pressió del sistema.

D'aquesta manera, el procés comença amb una primera etapa de compressió amb alimentacions en les quals hi ha una mescla de compostos lleugers (GLP, età, metà i hidrogen) amb els pesats (pentà i hexà). Posterior a la primera unitat de compressió, els gasos es dirigeixen a una columna desbutanitzadora, juntament amb la nafta procedent de la refineria. Aquesta columna té un condensador parcial i l'objectiu principal és el de separar els compostos més lleugers (C1-C4) dels pesats. La sortida de fons correspon a la nafta estabilitzada i la de cap, a un corrent gasós que es dirigeix a la segona i tercera etapa de compressió.

La segona etapa de compressió s'alimenta de la sortida de la desbutanitzadora i d'un corrent d'entrada de compostos lleugers (des d'hidrogen fins a butà). Es realitza la segona i tercera etapa de compressió i, finalment, es dirigeix el corrent comprimit a una columna desetanitzadora, la qual s'encarrega de separar els compostos més lleugers del GLP a alta pressió. Es procura recuperar al màxim el propà possible pel corrent de fons. El *fuel gas* que surt pel cap d'aquesta columna conté una gran quantitat d'àcid sulfhídric, el qual serà eliminat

a una altra unitat de la refineria. La mescla de gasos del fons de columna es dirigeix a la despropanitzadora, que és l'encarregada de separar el butà del propà.

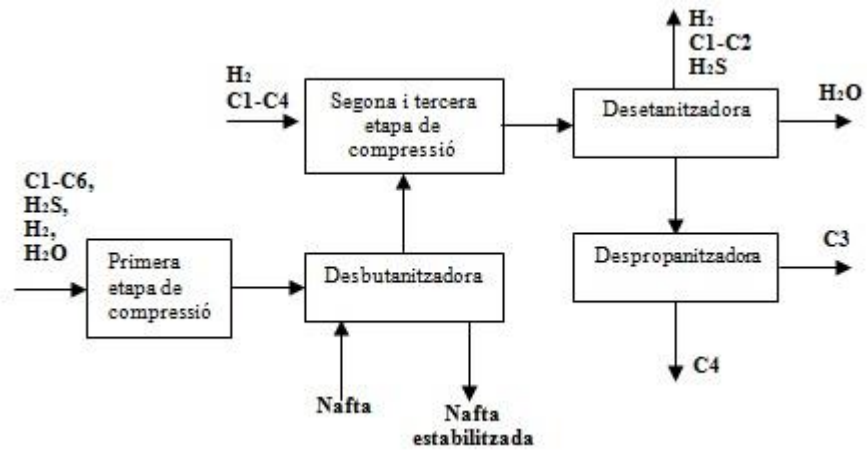


Figura 2.3. Diagrama de blocs de la Unitat Gascon *Desetanitzadora*.

3. DESCRIPCIÓ DE LA CONFIGURACIÓ ABSORBIDOR-STRIPPER

La configuració *Absorbidor/Stripper* es basa en la utilització de dues etapes de compressió prèvies a les etapes de separació: dues d'absorció, una de *stripping* i dues de destil·lació. A continuació s'explica detalladament cadascuna d'aquestes seccions en concordança amb el *Process Flow Diagram* de la configuració (PFD100). A l'Apartat A.1 d'Annexos es troben les especificacions de tots els equips. Cal esmentar que el material serà el mateix per tots els equips, acer al carboni, perquè, en primer lloc, és el material amb el cost més baix i, en segon lloc, les seves propietats s'adapten a l'operació de tots els equips.

3.1. Etapes de compressió

Tenint en compte que les etapes de compressió treballen a la mínima pressió d'aspiració, s'ha estudiat la distribució òptima de corrents per tal d'estalviar energia als compressors, combinant corrents de més i menys pressió a diferents punts de l'etapa de compressió. Així, els corrents amb una pressió inferior passen per la primera etapa i les de pressió superior per la segona. Aquestes etapes es divideixen en dues parts, ambdues disposen d'un refredament intermedi.

En la primera etapa de compressió es recullen tres alimentacions a 1.6 bar de pressió en el dipòsit pulmó C-100. La funció d'aquest dipòsit és la d'evitar que pugui haver-hi fracció de líquid a l'alimentació del compressor. Així, doncs, en cas que alguna de les alimentacions sigui portadora de líquid, aquest s'acumularà al fons del dipòsit i serà extret periòdicament. El vapor del dipòsit es porta a la primera etapa del compressor K-100A, que augmentarà la pressió fins a 3.5 bar. A causa de la pujada de pressió es produeix, també, un augment de temperatura. Per contraposar-ho, es refreda el vapor mitjançant l'aerorefrigerador AC-100. Amb el refredament, es produeix una condensació parcial. Tant el gas com el líquid produït es porten al dipòsit pulmó C-101. Aquest separarà el corrent líquid del gasós.

Posteriorment i per separat, s'augmenta la pressió dels corrents de sortida del C-101 a la segona etapa de compressió mitjançant el compressor K-100B, pel corrent gasós, i la bomba P-100, pel corrent líquid. Ambdós corrents arriben a una pressió de 11.4 bar. Aquests corrents s'ajunten amb altres alimentacions, les quals tenen una pressió superior als 11 bar, i es refreden amb l'aerorefrigerador AC-101. Finalment, s'afegeix una última alimentació abans d'entrar a l'acumulador d'alta pressió C-102.

3.1.1. Compressor K-101

Per motius econòmics i tenint en compte les referències de Repsol, s'ha emprat un compressor alternatiu en comptes d'un compressor centrífug. Per a les possibles fallades del compressor alternatiu titular, es disposarà d'un altre compressor alternatiu de reserva.

3.1.2. Aerorefrigeradors AC-100/AC-101

S'ha escollit l'aerorefrigeració com a opció de refredament a causa de la facilitat d'utilitzar l'aire com a refrigerant. Per tal de tindre la màxima àrea de bescanvi de calor s'afegeixen múltiples tubs en una estructura. La configuració dels tubs es pot veure a la Figura 4.1.

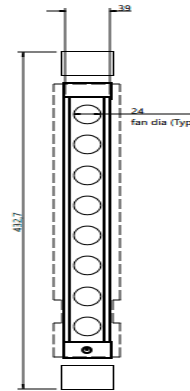


Figura 3.1. Disposició del banc de tubs pels aerorefrigerants AC-100 i AC-101.

3.2. Acumulador C-102

Una vegada finalitzades les etapes de compressions i abans d'arribar a les etapes de separació, les alimentacions pressuritzades es recullen en l'acumulador C-102, un acumulador d'alta pressió (10.2 Bar). En aquest acumulador se separen tres fases, una fase vapor, una fase líquida lleugera i una fase líquida pesant, formada majoritàriament per aigua i àcid sulfhídric. Per altra banda, també hi arriben corrents de recirculació provinents de les etapes de separació.

3.3. Absorbidor i Stripper

El propòsit d'aquesta configuració *Absorbidor/Stripper* és la d'aconseguir separar els productes més lleugers pel cap de l'absorbidor secundari AB-101 i els més pesats pel fons del *stripper* S-100, amb recirculacions en els dos casos per millorar la eficiència i la separació dels components.

3.3.1. Absorbidor AB-100

Per tal de millorar al màxim l'absorció, la nafta líquida sense estabilitzar entra per cap de columna de l'absorbidor primari AB-100 a contracorrent amb el vapor de l'acumulador C-102, que entra pel fons de columna. El vapor puja a través dels plats perforats de la columna, que augmenten la superfície de contacte entre la fase líquida i la gasosa.

L'absorbidor treballa a una pressió de 10.2 bar, la qual és l'òptima per aquesta separació [ref. 1]. Amb aquesta pressió d'operació, s'obté un corrent líquid pel fons de la columna, ric en nafta i pobre de compostos lleugers, el qual es recicla a l'aerorefrigerador AC-101. Pel cap s'obté un corrent gasós, en el qual hi ha majoritàriament l'hidrogen, el metà i l'età, i s'envia a l'absorbidor secundari AB-101.

3.3.2. Stripper S-100

La fase líquida obtinguda a l'acumulador C-102 s'envia al *stripper*, juntament amb altres alimentacions que provenen d'altres processos de la refineria. El *stripper* treballa a una pressió de 11.4 bar i s'alimentarà dels corrents mencionats mitjançant la bomba P-103. El

stripper es procura mantenir una ràtio de 2% de proporció d'età/propà en el *reboiler* per tal d'evitar el fenomen d'*overstripping* i evitar així perdre energia. Pel cap de la columna surt un gas que es recicla a l'entrada de l'aerorefrigerador AC-101 per tal de retornar-lo a l'acumulador d'alta pressió C-102. Pel fons de la columna s'obté un líquid ric en hidrocarburs pesats que s'envia a la desbutanitzadora T-100.

3.3.3. Absorbidor secundari AB-101

Aprofitant un corrent de dièsel s'aconsegueix recuperar part de la resta de compostos pesats que queden a la sortida gasosa de l'absorbidor AB-100. De la mateixa manera que en l'absorbidor primari, el corrent gasós a tractar s'envia al fons de la columna i pel cap de la columna s'introdueix el dièsel a contracorrent.

Finalment, pel cap de la columna s'obté un gas ric en compostos lleugers, el qual s'utilitza com a *fuel gas*, i pel fons de la columna, un corrent de dièsel enriquit en hidrocarburs pesats.

3.4. Desbutanitzadora T-100 i despropanitzadora T-101

La sortida de fons de columna del *stripper*, rica en components pesats, s'envien a les columnes de destil·lació encarregades de separar i purificar el propà i el butà (GLP).

3.4.1. Desbutanitzadora T-100

Primerament, el corrent arriba a la desbutanitzadora T-100, en la qual se separa la nafta del butà i el propà. Les condicions escollides per a la columna de destil·lació es basen en la decisió d'utilitzar aigua de refrigeració en el condensador i vapor de mitja pressió (MP *steam*) al *reboiler*. Amb aquestes condicions també s'obtenen les especificacions desitjades per a la nafta al fons de la columna. A causa de l'elevada temperatura que hi ha en la sortida del fons de la columna, la nafta s'utilitza per escalfar el *reboiler* de la despropanitzadora T-101. Aquesta combinació suposa un estalvi energètic considerable, que s'avaluarà a l'apartat 7. *Integració energètica*.

3.4.2. Extracció líquid-líquid X-100

El butà i el propà s'obtenen al cap de la columna T-100 i s'envien a un rentat amb MDEA, per tal d'eliminar l'àcid sulfhídric mitjançant la columna d'extracció líquid-líquid X-100. El corrent obtingut de MDEA i l'àcid sulfhídric s'envia a un rentat d'amines, extern al procés principal, i el corrent net de propà i butà s'envia a la despropanitzadora. Les especificacions de l'extractor X-100 no es troben a l'Annex A.1 a causa que no s'ha estudiat l'equip com a part del procés.

3.4.3. Despropanitzadora

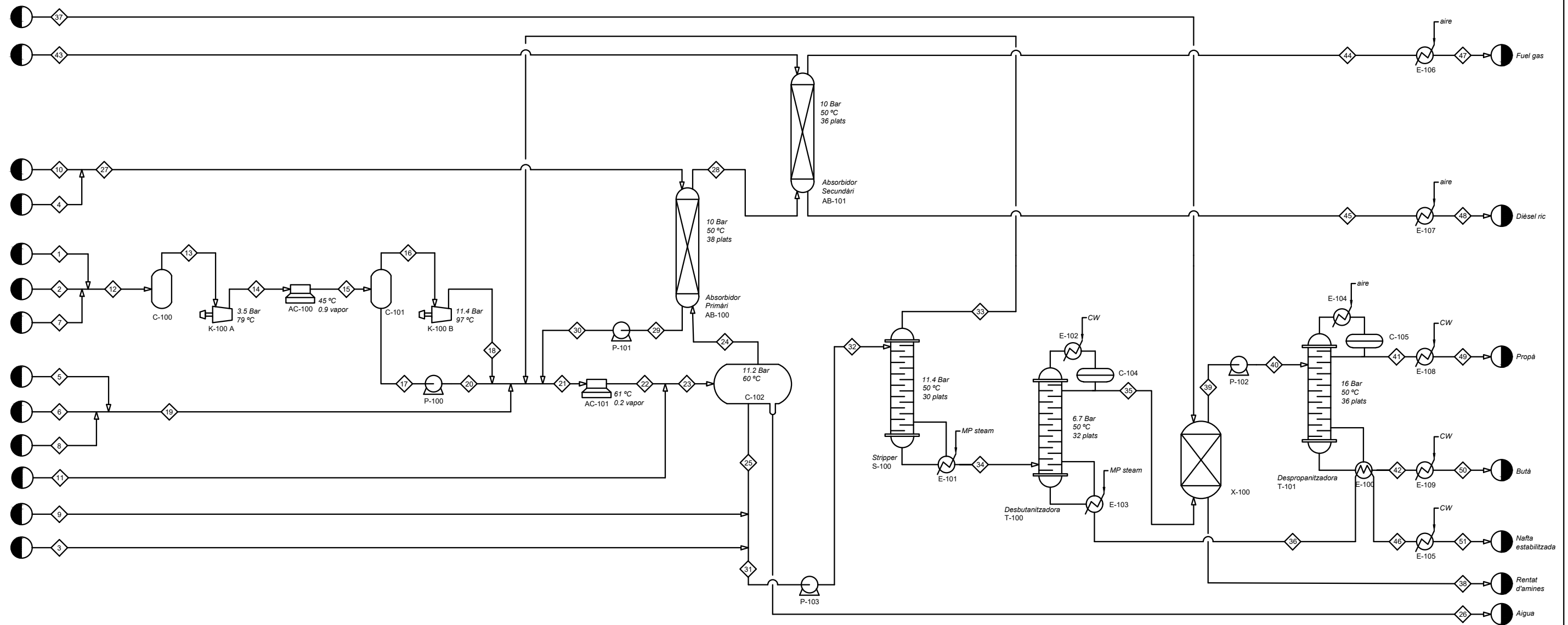
Així com la desbutanitzadora T-100, les condicions d'operació de la despropanitzadora T-101 s'han calculat de tal manera que s'utilitzi aigua com a refrigerant en el condensador, per tant, la columna treballa a alta pressió per poder condensar el propà amb l'aigua de servei. Per aquest motiu s'utilitza una bomba per poder impulsar el líquid d'alimentació al plat d'entrada

de la columna. Finalment s'obtenen els productes amb les especificacions desitjades, el propà pel cap de la columna i el butà al fons.

3.5. Diagrames de la configuració

A continuació es mostren el *Process Flow Diagram* (PFD 100) i el *Piping & Instrumentation Diagram* (P&ID 100) de la configuració *Absorbidor/Stripper*. En el primer cas, es mostren els corrents, els equips i les especificacions dels corrents dels productes intermedis. El balanç de matèria complet es mostra a l'Annex A.2. En el segon cas, es mostra el control bàsic de la configuració amb les millores proposades per l'estudi de seguretat Hazop de l'apartat 8. *Estudi de Seguretat*.

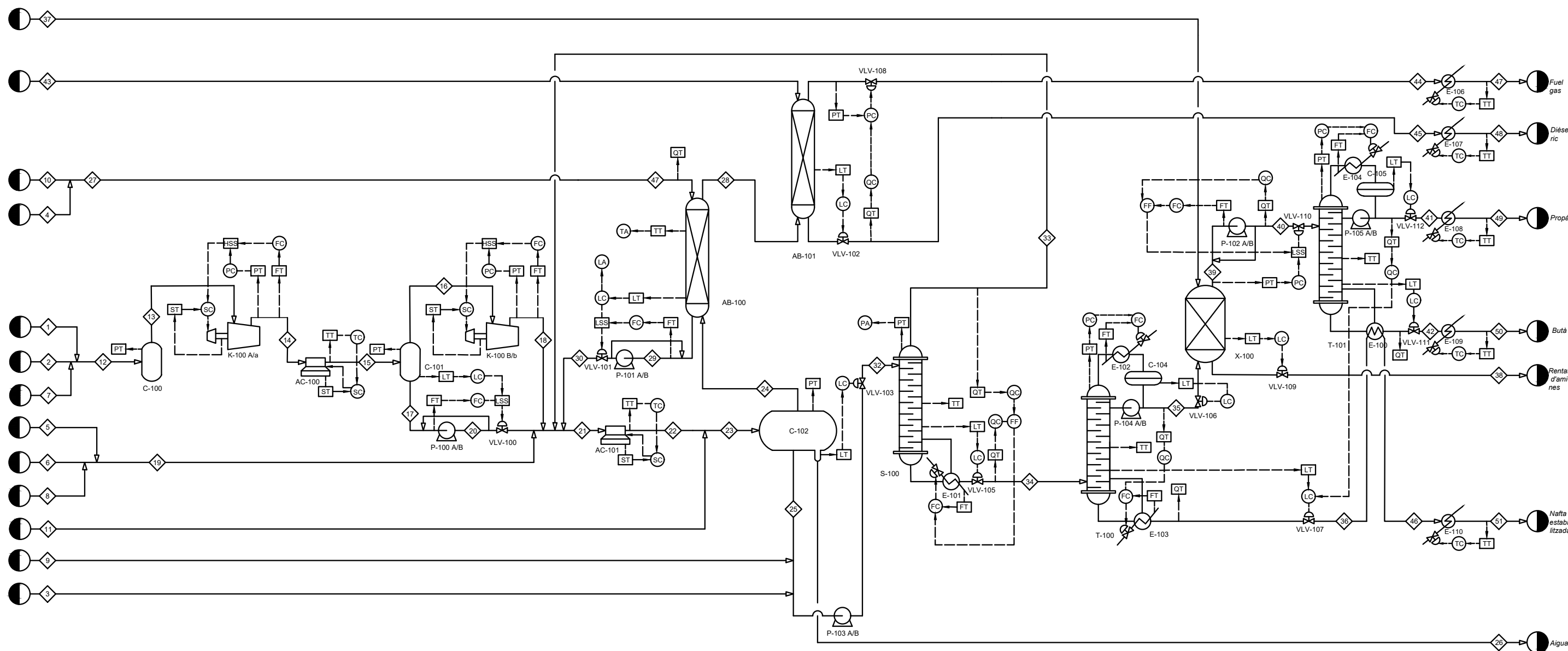
AB-XXX	S-XXX	T-XXX	X-XXX	C-XXX	P-XXX	AC-XXX	K-XXX	E-XXX
Absorbidor	Stripper	Columa de destil·lació	Extractor líquid-líquid	Acumulador	Bomba	Aerorefrigerador	Compressor	Bescanviador de calor



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TREBALL DE FI DE GRAU 1920

PFD 100		DIA	NOM
	Dibuixat	10/05/19	A.Vides
	Corregit	31/05/19	J.Martí
	Aprovat	01/06/19	A.Vides

AB-XXX	S-XXX	T-XXX	X-XXX	C-XXX	P-XXX	AC-XXX	K-XXX	E-XXX	VLV-XXX
Absorbidor	Stripper	Columna de destil·lació	Extractor líquid-líquid	Acumulador	Bomba	Aerorefrigerador	Compressor	Bescanviador de calor	Vàlvua



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TREBALL DE FI DE GRAU 1920

P&ID
100

	DIA	NOM
Dibuixat	15/05/19	A.Vides
Corregit	01/06/19	J.Martí
Aprovat	02/06/19	A.Vides

4. SIMULACIÓ DE LA CONFIGURACIÓ ABSORBIDOR/STRIPPER

Per tal de realitzar el disseny conceptual de la configuració *Absorbidor/Stripper*, s'ha realitzat la simulació del procés mitjançant el programari *Aspen Hysys*. La simulació aporta les dades necessàries de cada equip per determinar-ne el cost i els serveis auxiliars requerits. A partir d'aquestes dades serà possible realitzar una avaluació econòmica rigorosa de la configuració. Per altra banda, s'ha utilitzat també el programa *Aspen Energy Analyzer* per dur a terme la integració energètica del procés, determinant així les possibles combinacions entre corrents i tots els serveis auxiliars requerits especificats a l'apartat 7. *Integració energètica*.

A continuació s'explica la simulació dels equips més significatius del procés, així com les consideracions que s'han tingut en compte.

4.1.1. Consideracions prèvies

Les dades proporcionades per l'empresa Repsol i les dades bibliogràfiques recollides [ref.1], han estat la base per a poder desenvolupar la simulació de la configuració *Absorbidor/Stripper*. Aquesta informació s'ha pres com a referència per a determinar les condicions d'operació d'equips importants de la Unitat. Tanmateix, la configuració *Absorbidor/Stripper* no és exactament la mateixa que la utilitzada actualment al Complex Repsol. Això és perquè l'encàrrec de Repsol exclouia algunes alimentacions que el seu procés té. De totes maneres, la diferència és mínima i s'aproxima altament al procés de la planta.

Per tal de realitzar les simulacions s'ha escollit un paquet termodinàmic del qual s'obtenen les diferents propietats termodinàmiques dels compostos presents a la simulació. En tots els casos, s'ha escollit el paquet termodinàmic *Peng-Robinson*, recomanat pel mateix programa pel tipus de components.

També cal destacar l'ús d'una eina del programa, *Oil Manager*, amb la qual es van determinar les propietats termodinàmiques d'alguns corrents d'alimentació, constituïdes per diferents pseudocomponents amb composicions molt variades, com per exemple, el dièsel i la nafta. Mitjançant la corba de destil·lació pròpia de cada alimentació i utilitzant l'eina *Oil Manager* (la qual emprava el mètode **ASTM D86**), s'han obtingut les propietats dels components juntament amb la seva composició. La composició correspon a diferents grups d'hidrocarburs amb diferents composicions. Aquests nous components es denominen NBP.

Pel que fa als aerorefrigeradors, la temperatura de l'aire d'entrada s'ha establert de 25°C , que correspon a una temperatura mitjana alta. Per altra banda, s'ha establert un criteri estàndard per la pèrdua de càrrega de 10kPa en tots els bescanviadors de calor. A més, cal comentar que totes les pressions estan expressades en valor absolut.

4.1.2. Compressor K-100

Cal destacar que en el simulador per realitzar dues etapes de compressió s'utilitzen dos compressors però a la realitat correspon només a un compressor amb dues etapes. A les especificacions de l'Apartat A.1 d'Annexos també es mostren com a dos equips diferenciats.

En la primera etapa s'ha utilitzat la informació proporcionada per Repsol i s'ha augmentat la pressió des de l'1.6 bar del dipòsit C-100 fins als 3.5 bar. Per tant, s'ha definit una diferència de pressió de 190 kPa. En la segona etapa s'augmenta la pressió des de 3.4 bar (tenint en compte la pèrdua de càrrega produïda a l'aerorefrigerador) fins als 11.3 bar.

S'han deixat els valors de l'eficiència adiabàtica i politròpica predeterminats pel simulador en els dos casos. A les Taules 4.1 i 4.2 es representen els resultats obtinguts de la primera i segona etapa de compressió, respectivament.

Taula 4.1. Resultats de la primera etapa de compressió

Corrent	Pressió (bar)	Temperatura (°C)
13	1.6	48
14	3.5	79

Taula 4.2. Resultats de la segona etapa de compressió

Corrent	Pressió (bar)	Temperatura (°C)
34	3.4	44
18	11.4	97

4.1.3. Aerorefrigerador AC-100

Per refredar els gasos comprimits s'han emprat els aerorefrigeradors. Com s'ha esmentat anteriorment, s'ha establert una pèrdua de càrrega de 10 kPa i una temperatura d'entrada de 25°C. Simulant aquestes dades, juntament amb als cabals dels processos i la temperatura de sortida de l'aire, s'obtenen els següents valors de les Taules 4.3 i 4.4, respectives a l'AC-100 i l'AC-101.

Taula 4.3. Resultat del bescanvi de calor de l'AC-100

	Temperatura d'entrada (°C)	Temperatura de sortida (°C)
Corrent del procés	79	45
Corrent d'aire	25	29

Taula 4.4. Resultat del bescanvi de calor de l'AC-101

	Temperatura d'entrada (°C)	Temperatura de sortida (°C)
Corrent del procés	76	60
Corrent d'aire	25	48

A l'AC-100 s'ha procurat que hi hagués un balanç entre que la temperatura de sortida del corrent del procés sigui suficientment freda per evitar que en la següent etapa de compressió la temperatura sigui massa elevada i suficientment alta per evitar que hi hagi una condensació total del líquid, a banda d'evitar també, un encreuament de temperatures. A l'AC-101 s'ha fet el màxim refredament abans d'un encreuament de temperatures.

S'observa que a l'AC-100 hi ha un refredament més gran, amb una quantitat menor de temperatura de sortida de l'aire, respecte a l'AC-101. Això és a causa que l'AC-101 tracta un cabal màssic onze vegades més gran que el cabal que tracta l'AC-100.

4.1.4. Bombes

En el cas de les bombes, un cop definit l'increment de pressió, s'ha considerat que l'eficiència adiabàtica és del 75%. Els resultats de la simulació de les bombes i els increments de pressió es troben la Taula 4.5.

Taula 4.5. Resultats de la simulació de les bombes del procés.

Bomba	Pressió d'entrada (bar)	Pressió de sortida (bar)
P-100	3.4	11.4
P-101	10.0	10.3
P-102	6.7	18.4
P-103	11.2	11.4

4.1.5. Acumulador C-102

L'acumulador C-102 correspon a un separador de tres fases en la simulació. Consisteix en un recipient d'alta pressió, el qual s'encarrega de separar la mescla líquid-vapor que es produeix anteriorment i separar la fase aquosa de la fase líquida orgànica.

4.1.6. Absorbidor AB-100

Per dissenyar la columna d'absorció s'ha emprat la informació proporcionada per Repsol. Per això mateix, s'utilitza una columna d'absorció de 38 plats perforats, número del qual ha resultat més òptim després de simular diferents escenaris. La pressió de la columna és de 10 bar, que és la recomanada per la bibliografia [ref. 1] per tal que l'absorció es dugui a terme en condicions òptimes.

Donada l'existència d'una fase aquosa a la columna, s'ha emprat l'eina *Water Draws*, la qual crea un corrent de sortida d'aigua. Aquest corrent es pot observar al panell de l'entorn de la columna que es mostra a la Figura 4.1.

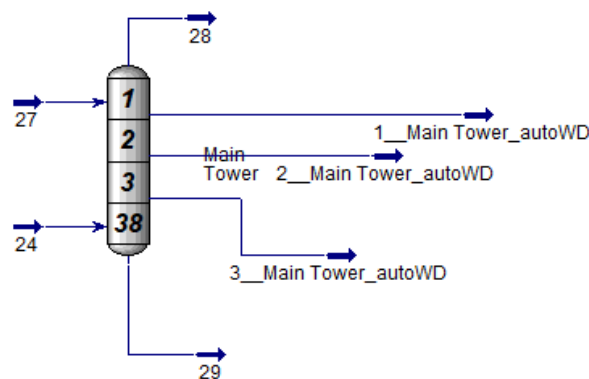


Figura 4.1. Sub-diagrama de flux de l'absorbidor AB-100.

A la Figura 4.2 s'observa el perfil de temperatura de la columna AB-100. Tenint en compte que l'objectiu principal de l'absorbidor AB-100 és eliminar els compostos més lleugers, amb el balanç de matèria d'aquest a la Taula 4.6, es pot observar l'eficàcia de l'absorció.

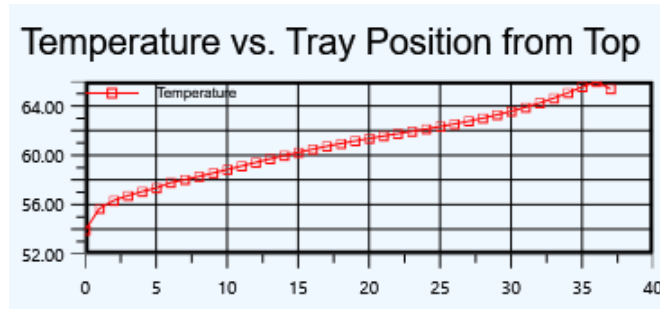


Figura 4.2. Perfil de temperatura obtingut de la simulació de la columna AB-100.

Taula 4.6. Balança de matèria dels compostos lleugers a l'absorbidor AB-100.

Cabal màssic (kg/h)	Corrent 24	Corrent 29
H₂	286	6
C₁	1348	140
C₂	5103	2064

4.1.7. Absorbidor AB-101

Aquest equip presenta el mateix funcionament que el de l'absorbidor AB-100, amb la diferència que aquest tracta diferents compostos. A més, el líquid absorbent que entra pel cap de la columna és dièsel caracteritzat amb *Oil Manager*. S'han utilitzat els mateixos plats que hi ha en la columna d'absorció de Repsol (36) amb una pressió lleugerament superior a aquesta.

A la Figura 4.3 es pot observar el perfil de temperatura de l'AB-101, amb el balanç de matèria corresponent de les sortides de la columna, el qual es mostra a la Taula 4.7.

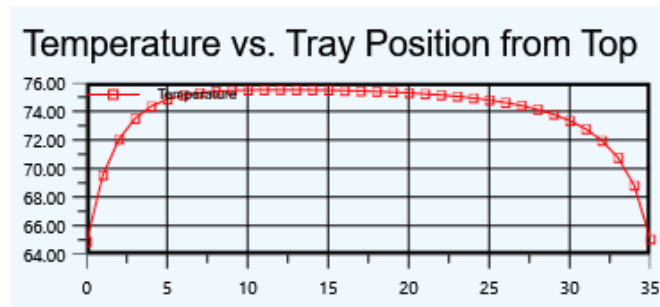


Figura 4.3. Perfil de temperatura obtingut de la simulació de la columna AB-101.

Taula 4.7. Recuperació de compostos pesats en l'absorbidor AB-101.

Compost (kg/h)	Corrent 28	Corrent 45
C₄	938	128
C₅	160	58
C₆	589	528

4.1.8. Stripper S-100

Pel disseny de la columna de *stripping* s'han agafat com a referència el nombre de plats del *stripper* de Repsol, 32. Pel que fa a la pressió de la columna, aquesta s'ha escollit lleugerament superior a la del sistema (11.4 bar), ja que el gas de sortida del cap de la columna ha de ser retornat fins a l'AC-101 sense necessitat d'afegir un equip de compressió addicional. Amb aquesta pressió també es garanteix que el *reboiler* treballi amb vapor de mitja pressió. Cal esmentar que s'ha decidit mantenir una ràtio de 2% d'età/propà al *reboiler* per evitar el *overstripping*. A la Figura 4.4 s'observa el perfil de temperatura de la columna.

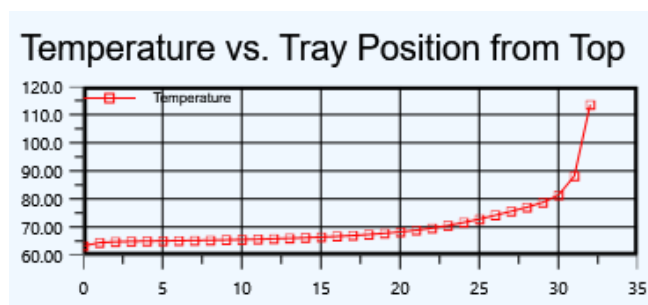


Figura 4.4. Perfil de temperatura de la columna S-100.

Tenint en compte que la restricció principal és la de mantenir una ràtio inferior al 2% en pes, a la Taula 4.8 es pot comprovar que es compleix aquest objectiu.

Taula 4.8. Balanç de matèria de l'età i propà al *stripper* S-100.

Compost (t/h)	Corrent 31	Corrent 32	Corrent 33
C ₂	2.24	2.04	0.20
C ₃	16.9	4.90	12.0

4.1.9. Desbutanitzadora T-100

La simulació d'una columna de destil·lació manté les mateixes condicions esmentades pel *stripper*, amb la diferència d'afegir una especificació més i determinar el plat d'entrada a la columna.

En aquest cas s'ha especificat la recuperació dels compostos que es volen separar. S'ha definit una recuperació de 92% de butà i 91% de pentà. Aquestes recuperacions s'han determinat després de realitzar diferents estudis entre la recuperació i l'energia requerida al condensador i *reboiler*, ja que en aquest es volia utilitzar com a refrigerant aigua i no vapor d'alta pressió. Per aquest motiu, també s'ha seleccionat una pressió que compleix amb aquests objectius, que correspon als 6.75 bar.

Per últim, s'ha fet un estudi de quin era el plat òptim d'entrada i s'ha establert el plat número 30 de 32, ja que en aquest plat es redueix la quantitat de calor aplicada al *reboiler*. Amb aquestes dades s'aconsegueix la nafta estabilitzada amb les especificacions desitjades. A la Figura 4.5 s'observa el perfil de temperatura de la columna i a la Taula 4.9 es troba el balanç de matèria entre el butà i el pentà.

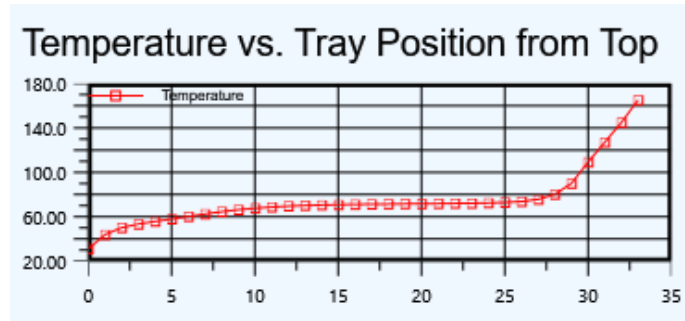


Figura 4.5. Perfil de temperatura de la desbutanitzadora.

Taula 4.9. Balanç de matèria de butà i pentà.

Compost (t/h)	Corrent 34	Corrent 35	Corrent 36
C ₄	23.8	22.3	1.5
C ₅	5.27	0.34	4.93

4.1.10. Extracció líquid-líquid X-100

A causa que el model termodinàmic del sistema d'extracció líquid-líquid és incompatible amb el de *Peng Robinson*, utilitzat pel sistema d'hidrocarburs es va optar per simular un *splitter* on se separava tot l'àcid afegint el corrent d'MDEA.

4.1.11. Despropanitzadora T-101

La pressió seleccionada en aquesta columna és de 16 bar, amb la qual es pot condensar el vapor del cap de columna amb aire i evaporar el líquid de fons amb vapor de baixa pressió. Per altra banda, la recuperació dels dos components majoritaris, propà i butà, és de 0.95 en ambdós casos. Amb aquesta recuperació es compleix amb les especificacions requerides dels productes. Finalment, després d'estudiar l'entrada de la columna, s'ha establert que la millor opció d'entrada és pel plat número 6. A la Figura 4.6 s'observa el perfil de temperatura de la columna i a la taula 4.10, el balanç de matèria entre propà i butà.

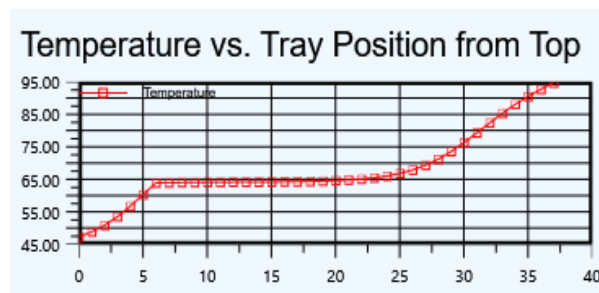


Figura 4.6. Perfil de temperatura de la despropanitzadora.

Taula 4.9. Balanç de matèria de butà i pentà.

Compost (Tn/h)	Corrent 40	Corrent 41	Corrent 42
C ₃	12.1	11.5	0.60
C ₄	22.3	0.65	22.9

4.1.12. Bescanviadors de calor

Per tal de refredar els corrents de sortida del procés s'ha optat per bescanviadors de carcassa i tubs, ja que són els que més s'adeqüen als corrents de sortida. Es refredaran fins a temperatures inferiors a 40 °C per tal de poder gestionar els corrents sense perill posteriorment.

A la Taula 4.10 es troben les diferents temperatures dels bescanviadors del procés amb l'energia requerida (positiu per escalfar, negatiu per refredar).

Taula 4.10. Variació de temperatura i energia requerida en els bescanviadors del procés.

Bescanviador	Temp. entrada (°C)	Temp. Sortida (°C)	Energia (MW)
E-106	65	40	-0.16
E-107	65	40	-0.11
E-108	47	37	-0.11
E-109	94	37	-1.04
E-110	109	39	-5.69

5. DESCRIPCIÓ DE LA CONFIGURACIÓ DESETANITZADORA

A diferència de la configuració *Absorbidor/stripper*, la configuració alternativa *Desetanzadora* es basa a utilitzar una tercera etapa de compressió per separar amb un tren de columnes de destil·lació els components desitjats.

La principal característica que hi ha en aquest procés és la distribució dels corrents, ja que perquè el procés funcioni com ho fa el de Repsol, és necessari utilitzar una columna de destil·lació desetanzadora a alta pressió (<30 bar). Tenint en compte l'ampli rang de volatilitats que hi ha entre el compost més lleuger (hidrogen) i el més pesat (hidrocarburs superiors a l'hexà), el problema principal que suposa això és l'energia que es necessita tant pel condensador com pel *reboiler*.

Per tal d'escollir la pressió adequada de la columna, s'han de tindre en compte diferents factors: els serveis auxiliars requerits al condensador i *reboiler* i el preu de la columna. Ja que, si es treballa a baixa pressió al condensador, es necessiten temperatures sota zero a causa de les baixes temperatures de condensació que els compostos lleugers presenten. En aquest cas, es requeriria un equip especial de refredament que augmentaria considerablement el cost del procés. No obstant això, si la pressió de la columna és molt elevada al *reboiler*, el requeriment energètic augmenta molt i és necessari emprar vapor d'alta pressió, augmentant així considerablement el cost energètic. Per tant, s'ha establert com a criteri fixar aquella pressió en la qual no sigui necessari utilitzar vapor d'alta pressió i en què s'acompleixin les especificacions.

Cal esmentar que s'ha escollit un sistema en el qual s'intenta no ajuntar els corrents on hi ha més lleugers amb els corrents on hi ha compostos més pesats que el propà, així com s'ha procurat no mesclar corrents amb pressions molt diferents entre elles. Per tant, hi ha una gran variació respecte a la configuració proposada anteriorment pel que fa a la distribució de corrents.

A continuació s'explica detalladament cadascuna d'aquestes seccions en concordança amb el *Process Flow Diagram* de la configuració (PFD 101). A l'Apartat A.3 d'Annexos es troben les especificacions de tots els equips.

5.1. Primera etapa de compressió

Com s'ha esmentat anteriorment, es busca un sistema en el qual no hi hagi coincidència entre els compostos més pesats (pentà, hexà i NBP) amb els GLP i més lleugers. Amb la distribució de corrents proposada s'aconsegueix evitar-ho. Malgrat això, existeixen corrents que contenen aquesta mescla no desitjada. Per tant, amb la intenció de separar la mescla, es fa una primera etapa de compressió de les alimentacions gasoses amb l'objectiu de poder fer la destil·lació utilitzant serveis energètics econòmics. Aquestes alimentacions es recullen a una pressió de 1.6 bar en el dipòsit C-100. Així com el compressor de l'altra configuració, el compressor K-100A d'aquest procés treballa a pressió mínima d'aspiració, portant les alimentacions recollides d'1.6 bar fins als 4.6 bar. De la mateixa manera que s'ha comentat a l'apartat anterior, a causa de la pujada de temperatura que es produeix per la compressió, és necessari un refredament que es fa amb un aerorefrigerador (AC-100).

5.1.1. Compressor K-100 i aerorefrigerador AC-100

Així com en la primera configuració, s'ha seleccionat un compressor alternatiu i un aerorefrigerador, tenint en compte les referències, els serveis que aporten i, principalment, per motius econòmics.

5.2. Desbutanitzadora T-100

Una vegada es refreden els gasos comprimits a l'AC-100, s'ajunta aquest corrent amb les alimentacions líquides que provenen de la refineria i que tenen la mescla d'hidrocarburs lleugers i pesats. Aquest corrent resultant és l'alimentació de la columna de destil·lació desbutanitzadora T-100, la qual treballa a una pressió de 4.5 bar. Una diferència important respecte a les columnes que s'han comentat anteriorment és que aquesta columna no té una condensació total, ja que només es condensa el reflux de la columna i la sortida del cap de columna es troba en estat gasos. Això suposa un estalvi d'energia important, ja que condensar compostos com metà i hidrogen, en la seva totalitat, requereixen temperatures molt baixes.

L'objectiu d'aquesta columna és el de separar els més lleugers de la nafta, aconseguint també la nafta estabilitzada com a producte amb les especificacions requerides. D'aquesta manera s'obtidria pentà, hexà i NBP pel fons de la columna i la resta de components pel cap. La separació fa possible utilitzar una columna de destil·lació a alta pressió, ja que es pot destil·lar a pressió elevada sense arribar a temperatures i requeriments d'energia molt alts en el *reboiler*, i amb temperatures assequibles per condensar en el cap de la columna amb aigua de refrigeració.

5.3. Segona i tercera etapa de compressió

La sortida del cap de la columna T-100 es dirigeix a la segona etapa de compressió, juntament amb la resta d'alimentacions de la refineria, riques en compostos lleugers. Aquests corrents s'aspiren a una pressió de 4.5 bar i es puja la pressió fins al 16.5 bar. La temperatura puja en el corrent de sortida i per aquest motiu, com en la primera etapa de compressió, es refreda el corrent amb un aerorefrigerador (AC-101). A causa de la condensació pel refredament, el corrent de sortida de l'AC-101 s'envia al dipòsit C-101 per separar el líquid condensar i així poder continuar amb la tercera etapa de compressió. A continuació, el corrent de vapor del dipòsit s'aspira a la tercera etapa de compressió, la qual augmenta la pressió fins als 38 bar i es refreda amb l'aerorefrigerador AC-102. El líquid separat en el dipòsit C-101 s'envia a l'AC-102, amb el vapor, mitjançant la bomba P-100, la qual puja la pressió del líquid, també, fins als 38 bar.

Amb la pressió final del corrent, es pot realitzar la destil·lació desitjada en la columna T-101. Cal tenir en compte que no hi ha presència de components pesats i per tant no suposarà un problema energètic al *reboiler* de la columna.

5.3.1. AC-101 i AC-102

Així com a l'aerorefrigerador AC-100, s'utilitzen aerorefrigeradors a les sortides de les compressions per tenir un estalvi econòmic.

5.4. Desetanitzadora T-101

Com s'ha esmentat anteriorment, aquesta columna de destil·lació opera a alta pressió (38 bar). De la mateixa manera que en la columna T-100, la sortida del cap d'aquesta és en estat gasós, ja que redueix considerablement l'energia necessària per condensar el vapor. Per seleccionar la pressió es va fer un estudi per poder determinar la pressió òptima a la qual es podia aconseguir els objectius plantejats.

L'objectiu d'aquesta columna és el de separar els compostos lleugers dels GLP. Pel cap de la columna s'obté tot l'hidrogen i metà, un 94% d'età i un 26% de propà, els últims respecte a les seves respectives entrades. Es va realitzar un estudi amb el simulador per recuperar el màxim possible de propà, essent el màxim un 74% al fons de la columna per poder treballar amb aigua de refrigeració al condensador. El *reboiler* treballa amb vapor de mitja pressió.

El gas obtingut pel cap de la columna conté gran quantitat d'àcid sulfhídric, el qual es tractarà en una altra secció de la refineria externa al projecte estudiat. Després de l'eliminació de l'àcid sulfhídric, el corrent net s'aprofita com a gas de combustible.

Finalment s'obté pel fons de la columna una mescla de propà i butà, amb una quantitat menyspreable d'età. Aquesta mescla va a la despropanitzadora T-103 per tal d'aconseguir el propà i butà amb les especificacions desitjades.

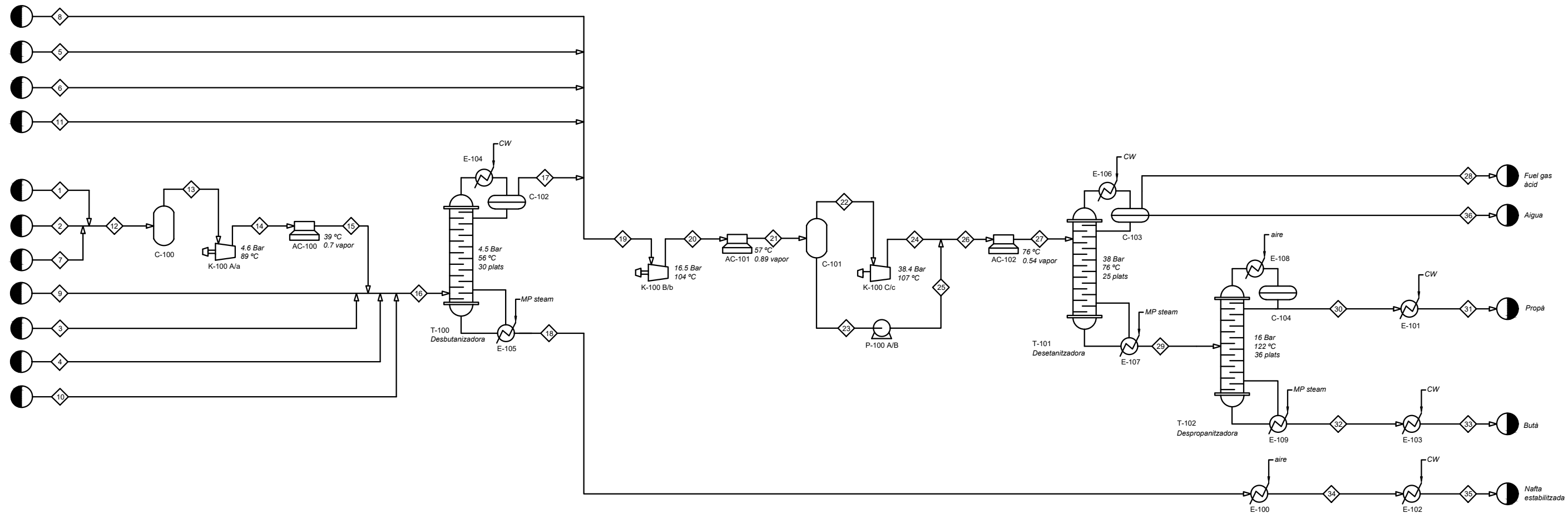
5.5. Despropanitzadora T-103

La columna T-103 s'encarrega de separar el propà i el butà del fons de la columna T-101 a una pressió de 16 bar. La columna aconsegueix separar el propà pel cap i el butà pel fons amb les especificacions dels productes assolides. Per una banda, s'empra aigua refrigerant com a servei auxiliar al condensador i, per l'altra, el *reboiler* aprofita la sortida del fons de la columna T-100, tot i que no compleix amb els requisits energètics i és necessari un segon *reboiler*, que treballa amb vapor de baixa pressió, el qual redueix considerablement les despeses energètiques.

5.6. Diagrames del procés

A continuació es mostren el *Process Flow Diagram* (PFD 200) i el *Piping & Instrumentation Diagram* (P&ID 200) de la configuració *Desetanitzadora*. En el primer cas, es mostren els corrents, els equips i les especificacions dels corrents dels productes intermedis. El balanç de matèria completa es mostra a l'Annex A.5. En el segon cas, es mostra el control bàsic de la configuració amb les millores proposades per l'estudi de seguretat Hazop de l'apartat 8.

T-XXX	C-XXX	P-XXX	AC-XXX	K-XXX	E-XXX
<i>Columna de destil·lació</i>	<i>Acumulador</i>	<i>Bomba</i>	<i>Aerorefrigerador</i>	<i>Compressor</i>	<i>Bescanviador de calor</i>

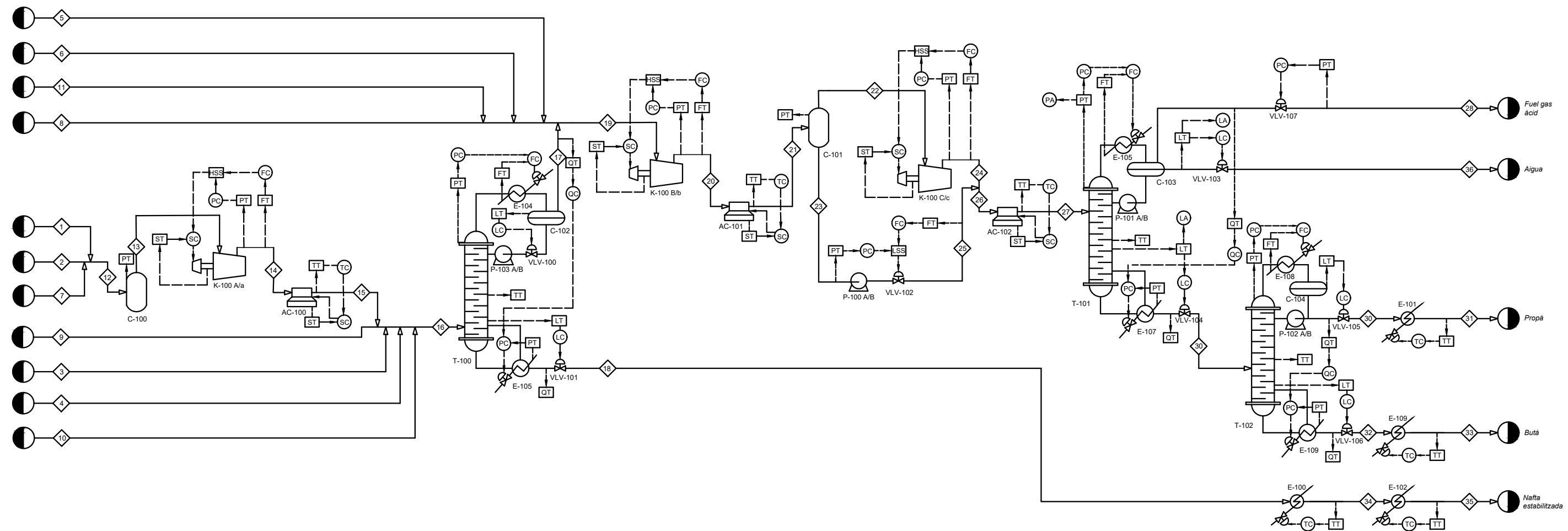


UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TREBALL DE FI DE GRAU 1920

PFD
200

	DIA	NOM
Dibuixat	31/05/19	A.Vides
Corregit	01/06/19	J.Martí
Aprovat	02/06/19	A.Vides

T-XXX	C-XXX	P-XXX	AC-XXX	K-XXX	E-XXX	VLV-XXX
<i>Columna de destil·lació</i>	<i>Acumulador</i>	<i>Bomba</i>	<i>Aerorefrigerador</i>	<i>Compressor</i>	<i>Bescanviador de calor</i>	<i>Vàlvula</i>



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TREBALL DE FI DE GRAU 1920

P&ID
200

	DIA	NOM
Dibuixat	01/06/19	A.Vides
Corregit	03/06/19	F.Alvarado
Aprovat	04/06/19	A.Vides

6. SIMULACIÓ DE LA CONFIGURACIÓ DESETANITZADORA

Com s'ha esmentat a l'apartat 4. *Simulació de la configuració Absorbidor/Stripper*, la simulació permet determinar tots els paràmetres necessaris per realitzar una avaluació econòmica rigorosa del procés. S'ha emprat el mateix programari, *Aspen HYSYS* i *Aspen Energy Analyzer*, aquest últim per avaluar els serveis auxiliars necessaris per al funcionament del procés.

6.1. Compressor K-100 A/B/C

Un cop simulades les tres etapes de compressió, s'obtenen les pressions i temperatures dels corrents de sortida. Les dades de pressió i temperatura es mostren a les següents taules:

Taula 6.1. Resultats de la primera etapa de compressió (A).

Corrent	Pressió (bar)	Temperatura (°C)
13	1.6	48
14	4.6	89

Taula 6.2. Resultats de la segona etapa de compressió (B).

Corrent	Pressió (bar)	Temperatura (°C)
34	4.5	39
18	16.5	104

Taula 6.3. Resultats de la tercera etapa de compressió (C).

Corrent	Pressió (bar)	Temperatura (°C)
34	16.4	57
18	38.4	107

6.2. Aerorefrigeradors AC-100/101/102

A causa de l'augment de temperatura que es produeix a les diferents etapes de compressió, és necessari afegir una etapa de refrigeració. Per tal de fer això, s'ha optat per la utilització d'aerorefrigeradors. En el cas de l'AC-100 i AC-102, no és necessari separar la fase condensada, ja que aquests corrents es dirigiran directament a una torre de destil·lació. No obstant això, a l'AC-101 és necessari, ja que el corrent de sortida ha de passar a la següent etapa de compressió.

A les Taules 6.4, 6.5 i 6.6 es troben les temperatures d'entrada i sortida del corrent del procés i de l'aire emprat.

Taula 6.4. Resultat del bescanvi de calor de l'AC-100.

	Temperatura d'entrada (°C)	Temperatura de sortida (°C)
Corrent del procés	89	39
Corrent d'aire	25	35

Taula 6.5. Resultat del bescanvi de calor de l'AC-101.

	Temperatura d'entrada (°C)	Temperatura de sortida (°C)
Corrent del procés	104	57
Corrent d'aire	25	40

Taula 6.6. Resultat del bescanvi de calor de l'AC-102.

	Temperatura d'entrada (°C)	Temperatura de sortida (°C)
Corrent del procés	94	76
Corrent d'aire	25	45

6.3. Desbutanitzadora T-100

Tenint en compte que la sortida del cap de la columna es troba en estat gasos, s'ha d'especificar que la columna és de *full reflux*, indicant que tot el líquid que es condensa és per retornar-lo a la columna. Aquesta columna disposa de 30 plats, dels quals, l'entrada és al plat 26, i opera a una pressió de 4.5 bar. La fracció de recuperació del butà al cap de la columna, i la del pentà, al fons de la columna, és de 0.99. Amb aquestes condicions, hi ha una ràtio de reflux d'1.11 i s'ha d'utilitzar aire i vapor de baixa pressió.

En aquestes condicions s'obté la nafta estabilitzada pel fons de la columna. A la Taula 6.7 es troba el balanç de matèria entre els compostos seleccionats per realitzar la recuperació en la columna i a la Figura 6.1, el perfil de temperatura de la columna.

Taula 6.7. Balanç de matèria butà-pentà.

Compost (Tn/h)	Corrent 16	Corrent 17	Corrent 18
C ₄	20.7	20.1	0.55
C ₅	5.25	0.04	5.21

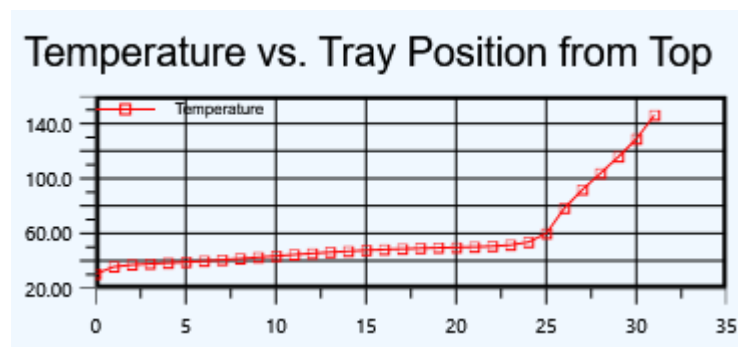


Figura 6.1. Perfil de temperatura de la columna T-100.

6.4. Desetanitzadora T-101

Per tal de trobar les condicions òptimes de la columna, es van establir les condicions de recuperació de propà i, amb això, es va iniciar un procés iteratiu amb la pressió i el nombre de plats, tenint en compte els consums de serveis auxiliars al condensador i *reboiler*.

En augmentar la recuperació de propà, es requereix una temperatura més baixa per poder condensar el vapor, fent que es necessiti un refrigerant o un equip de fred i augmentant el cost de producció. Per tant, es va pujar la recuperació fins al 77%, punt a partir del qual no es pot refredar més amb aigua.

També cal esmentar que a l'entrada de la columna hi ha aigua, la qual s'elimina utilitzant l'eina *Water Draws*. El corrent que es crea per eliminar-la surt del condensador.

Per tant, les condicions de la columna són: 25 plats, 38 bar de pressió, entrada al primer plat de la columna i sortida del cap en estat gasos. Els resultats obtinguts són: 94% de recuperació d'età al cap, 77% de recuperació de propà al fons, un reflux d'1.4, vapor de mitjà pressió per escalfar el *reboiler* i aigua de refrigeració per condensar el reflux. El balanç de matèria de l'età i propà es troben a la Taula 6.8 i el perfil de temperatura de la columna a la Figura 6.2.

Taula 6.8. Balanç de matèria butà-pentà.

Compost (Tn/h)	Corrent 27	Corrent 28	Corrent 29
C ₂	3.04	2.84	0.20
C ₃	12.2	2.80	9.40

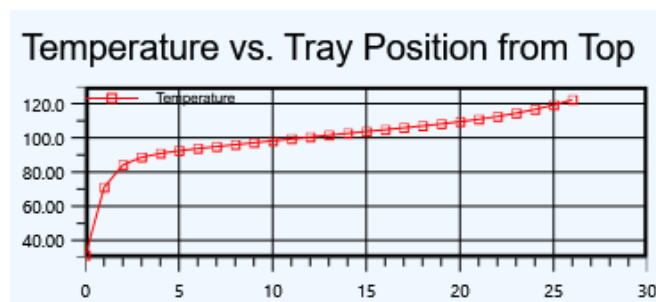


Figura 6.2. Perfil de temperatura de la desetanitzadora.

6.5. Despropanitzadora T-103

Per simular la despropanitzadora es van utilitzar de referència les condicions d'operació del procés de Repsol. La columna opera a 16 bar i té un total de 36 plats. L'entrada a la columna es duu a terme al plat 18. Les especificacions que s'han donat a la columna per simular-la és la recuperació del 99.9% de propà al cap de la columna, i del 98% de butà al fons de la columna. Com a serveis auxiliars s'utilitza aire i vapor de baixa pressió.

Amb aquestes característiques s'obtenen els productes amb les especificacions requerides, amb una relació de reflux de 5.9. A la Taula 6.9 es troba el balanç de matèria del propà i butà, juntament amb la Figura 6.3, en la qual es representa el perfil de temperatura de la columna.

Taula 6.9. Balanç de matèria propà-butà

Compost (Tn/h)	Corrent 29	Corrent 30	Corrent 32
C ₃	9.37	9.36	0.01
C ₄	22.8	0.20	22.6

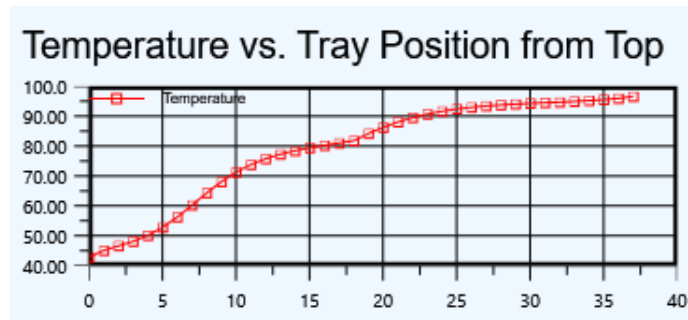


Figura 6.3. Perfil de temperatura de la columna T-102.

6.6. Bomba P-100

Per augmentar la pressió del líquid format en la segona etapa de compressió s'empra la bomba centrífuga P-100. L'augment de pressió va des del 16.4 fins als 38.4 bar.

6.7. Bescanviadors de calor

A la Taula 6.10 es troben les temperatures d'entrada i sortida dels bescanviadors, amb l'energia que requereix (en aquest cas tots els bescanvis són de refredament, i per tant, l'energia s'expressa en negatiu).

Taula 6.10. Variació de temperatura i energia requerida en els bescanviadors del procés.

Bescanviador	Temp. entrada (°C)	Temp. Sortida (°C)	Energia (MW)
E-100	146	108	-3.54
E-101	42	38	-0.05
E-102	108	38	-1.04
E-103	96	39	-5.69

7. INTEGRACIÓ ENERGÈTICA

Per tal d'optimitzar el consum energètic de les dues configuracions, se n'han estudiat les necessitats energètiques dels corrents. A través de programari *Apen Energy Analyzer* s'han identificat els corrents sobre els quals es pot dur a terme un aprofitament energètic i, a més a més, s'han determinat els valors dels serveis auxiliars requerits en aquells punts en els quals l'aprofitament no és possible.

7.1. Integració dels processos

Les Taules 7.1 i 7.2 mostren la classificació dels corrents amb les seves necessitats energètiques per a la configuració *Absorbidor/Stripper* i *Desetanitzadora*, respectivament. S'hi exclouen les necessitats dels *reboilers* i condensadors de les columnes.

Taula 7.1. Necessitats energètiques dels corrents de la configuració *Absorbidor/Stripper*.

Corrents de bescanvi	Tipus de corrent	Temperatura d'entrada (°C)	Temperatura de sortida (°C)	Entalpia (kW)
45-48	Calent	65.1	46.1	87.4
41-49	Calent	47.3	37.3	110
21-22	Calent	74.2	58.2	2,650
42-50	Calent	94.7	36.7	1,010
36-51	Calent	165	38.9	11,000
14-15	Calent	79.0	45.4	498
44-47	Calent	64.9	45.9	121

Taula 7.2. Necessitats energètiques dels corrents de la configuració *Desetanitzadora*.

Corrents de bescanvi	Tipus de corrent	Temperatura d'entrada (°C)	Temperatura de sortida (°C)	Entalpia (kW)
20-21	Calent	104	57.6	10,900
26-27	Calent	94.0	76.4	49.1
18-35	Calent	146	38.0	1,170
32-33	Calent	96.7	39.6	592
14-15	Calent	89.0	39.7	1,170
30-31	Calent	42.8	37.8	1,060

7.1.1. Corbes compostes

Un cop identificades les necessitats energètiques de cadascun dels corrents i processos, es procedeix a la representació de les corbes compostes. Les corbes compostes representen la quantitat de calor que allibera el corrent calent quan es refreda i la que consumeix el corrent fred per escalfar-se, a més dels nivells de temperatura entre els que s'han d'escalfar i refredar. S'elaboren perquè suggereixen quantitativament, per un costat, si la recuperació de calor pot ser millorada comparant-la amb el disseny d'un procés sense integració i, per l'altre, si es pot reduir el consum de vapor i aigua de refrigeració. També mostra quina és la temperatura *Pinch*. La temperatura *Pinch* és la que divideix el procés en dos sistemes termodinàmicament diferents i en els quals s'hi ha de respectar les següents normes:

- No transferir calor a través del *Pinch*.
- No subministrar calor per sota *Pinch*.
- No utilitzar serveis freds per sobre del *Pinch*.

A partir del programari *Aspen Energy Analyzer* s'ha representat la Figura 7.1 i la Figura 7.2, que mostren les corbes compostes del procés per a cadascuna de les configuracions en la temperatura *Pinch*.

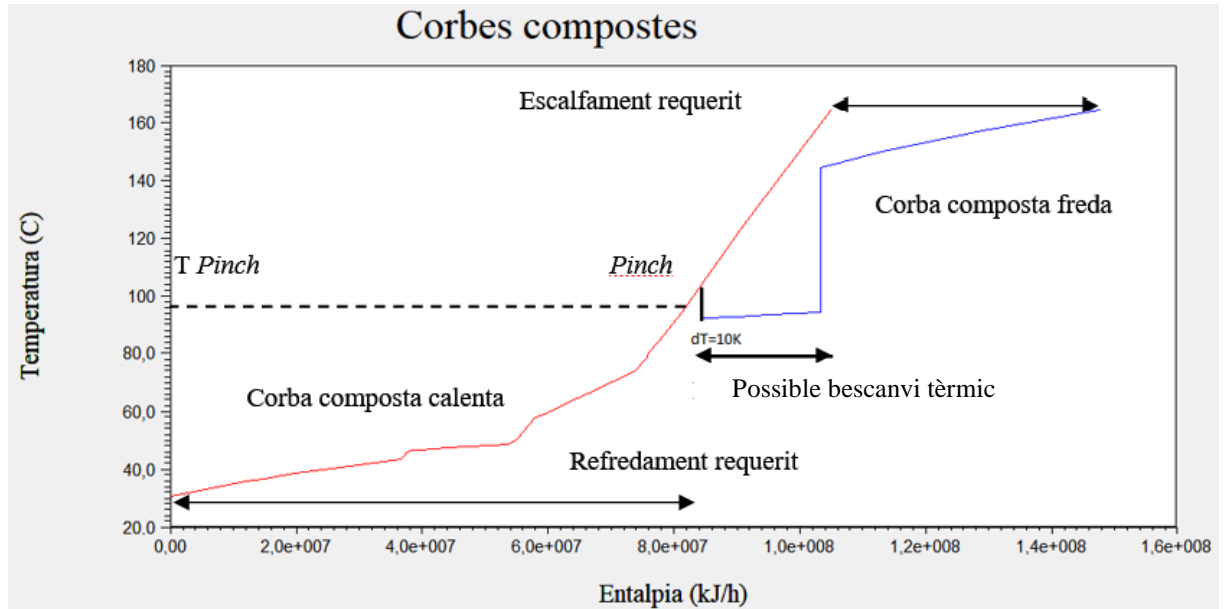


Figura 7.1. Representació gràfica de les corbes compostes en la temperatura *Pinch* per la configuració *Absorbidor/Stripper*.

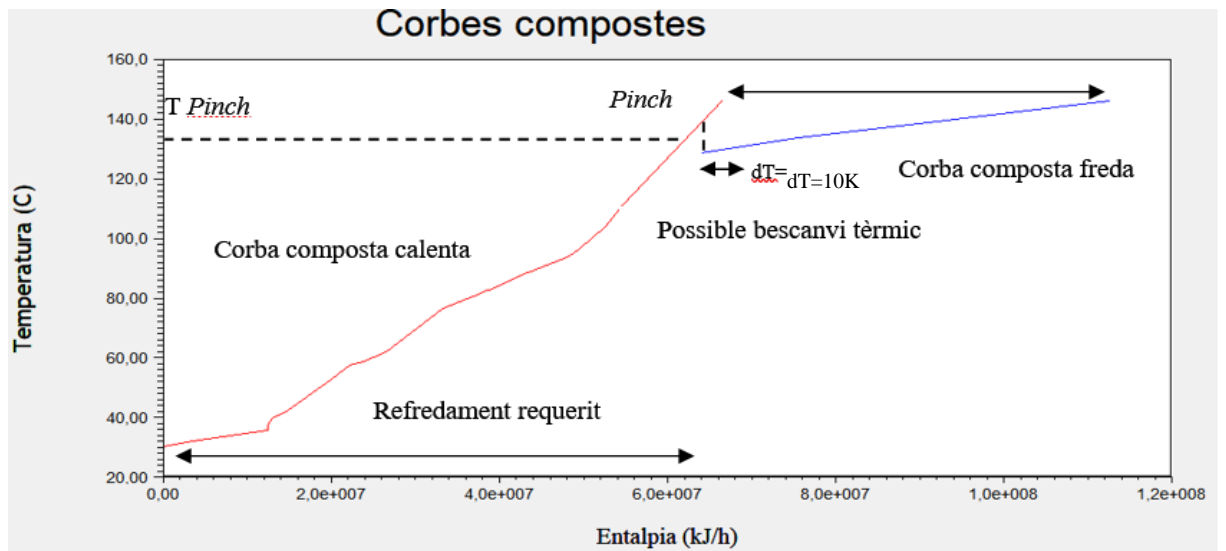


Figura 7.2. Representació gràfica de les corbes compostes en la temperatura *Pinch* per la configuració *Desetanytzadora*.

Les necessitats energètiques d'escalfament i refredament obtingudes a partir de les corbes compostes, així com les temperatures *Pinch*, es mostren a la següent Taula:

Taula 7.3. Necessitats energètiques i temperatures *Pinch* de les dues configuració.

	Configuració <i>Absorbidor/Stripper</i>	Configuració
Escalfament requerit (MW)	11.8	12.7
Refredament requerit (MW)	23.4	17.8
Temperatura <i>Pinch</i> (°C)	96.8	131

7.2. Gran corba composta

La gran corba composta identifica els diferents consums del procés d'escalfament i refredament, a més de determinar quines necessiten serveis freds o calents quan es parla en termes de quantitat de calor i temperatura. Es tracta d'una representació en què es poden diferenciar les conegudes "bosses tèrmiques", és a dir, totes aquelles parts del procés que poden plantejar processos de bescanvi de calor i d'aprofitament d'energia. Les zones restants del gràfic mostren l'aportació de calor necessària i l'aportació de refrigeració del sistema.

La corbes compostes obtingudes a partir de la simulació es mostren per les dues configuracions a les Figures 7.3 i 7.4.

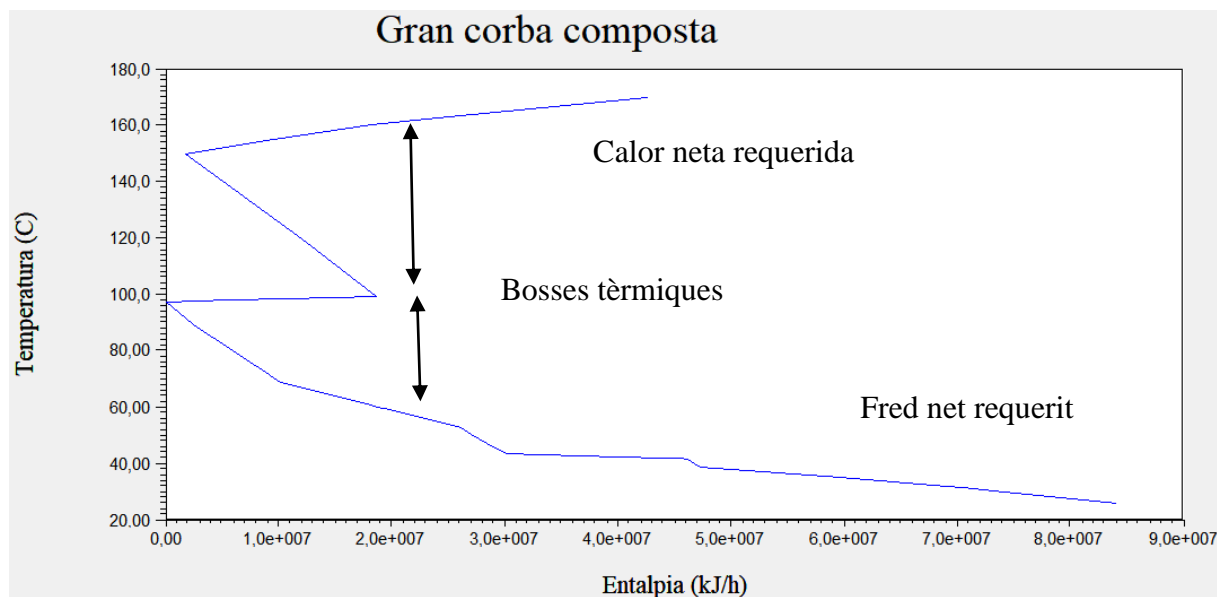
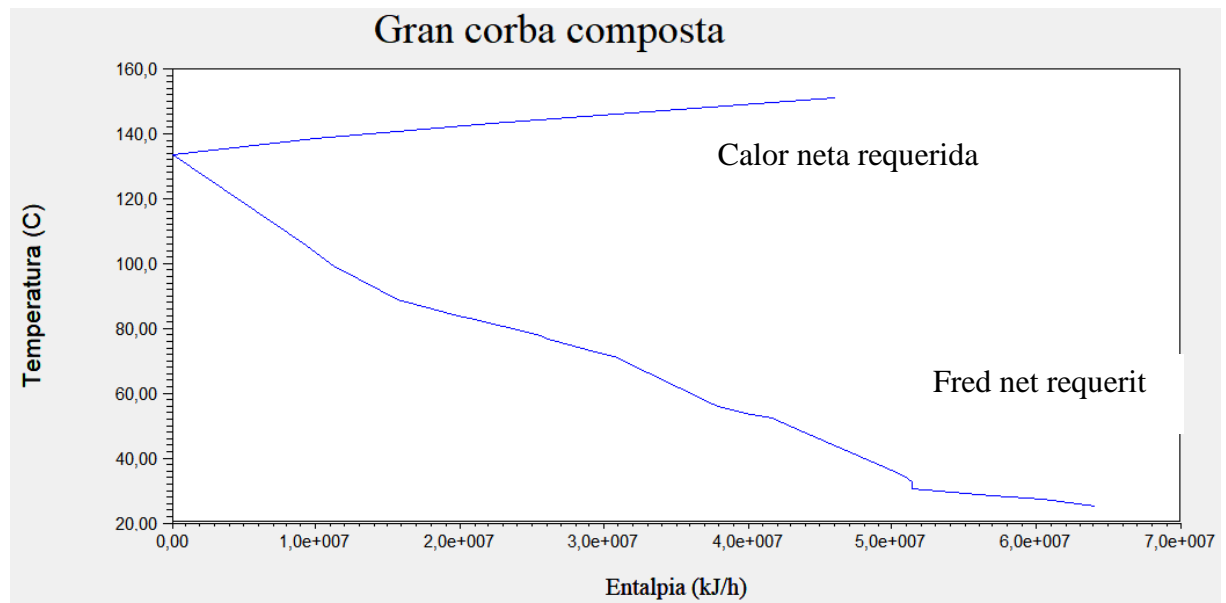


Figura 7.3. Gran corba composta per la configuració *Absorbidor/Stripper*.

Amb la corba composta i emprant el programari esmentat, s'ha determinat el valor dels serveis auxiliars a subministrar per tal de garantir les exigències energètiques esmentades. La Taula 7.4 en recull els resultats.

Taula 7.4. Serveis auxiliars a utilitzar en la configuració *Absorbidor/Stripper*.

Tipus de servei	Cabal màssic (kg/s)	Densitat (kg/m ³)	Conductivitat (W/m·k)
Aire refrigerant	3,330	1.23	$2.54 \cdot 10^{-5}$
Aigua refrigerant	305.5	998	0.61
Vapor de mitja pressió	5.59	493	0.031
Vapor de baixa pressió	0.223	558	0.027

Figura 7.4. Gran corba composta de la configuració *Desetnitzadora*.

De la mateixa forma, a partir de la Figura 7.4, es troba el consum dels serveis auxiliars de la configuració *Desetnitzadora*, representat en la Taula 7.5.

Taula 7.5. Serveis auxiliars a utilitzar en la configuració *Desetnitzadora*.

Tipus de servei	Cabal màssic (kg/s)	Densitat (kg/m ³)	Conductivitat (W/m·k)
Aire refrigerant	2,720	1.23	$1.79 \cdot 10^{-5}$
Aigua refrigerant	178	998	0.603
Vapor de mitja pressió	6.38	493	0.0310

7.3. Disseny de la xarxa de bescanviadors

Amb la utilització de les temperatures *Pinch* obtingudes anteriorment s'ha fet el càlcul de la xarxa de bescanviadors, en la qual es mostren les diferents combinacions de corrents proposades pel programari *Aspen Energy Analyzer*.

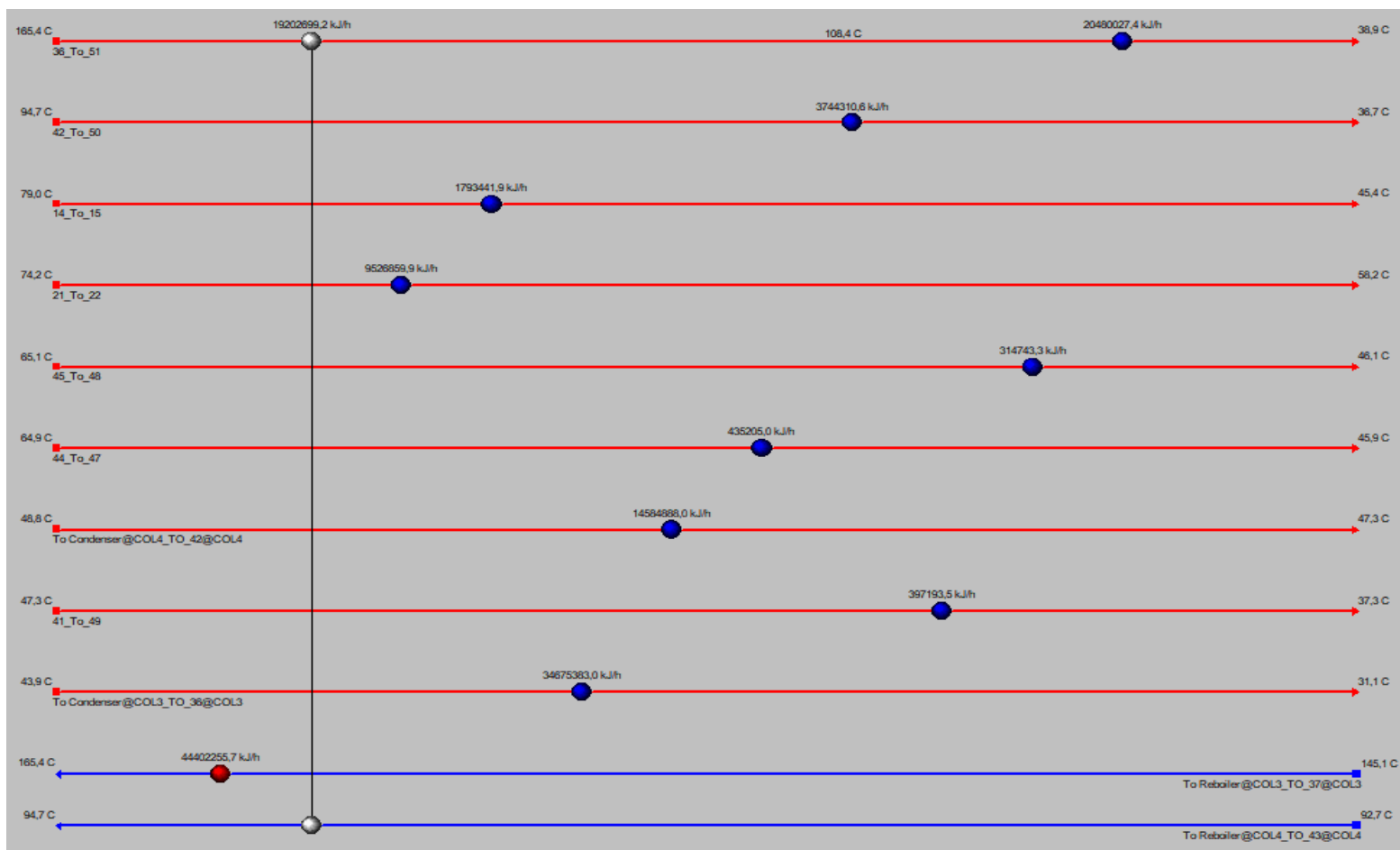


Figura 7.5. Xarxa de bescanviadors per la configuració *Absorbidor/Stripper*.

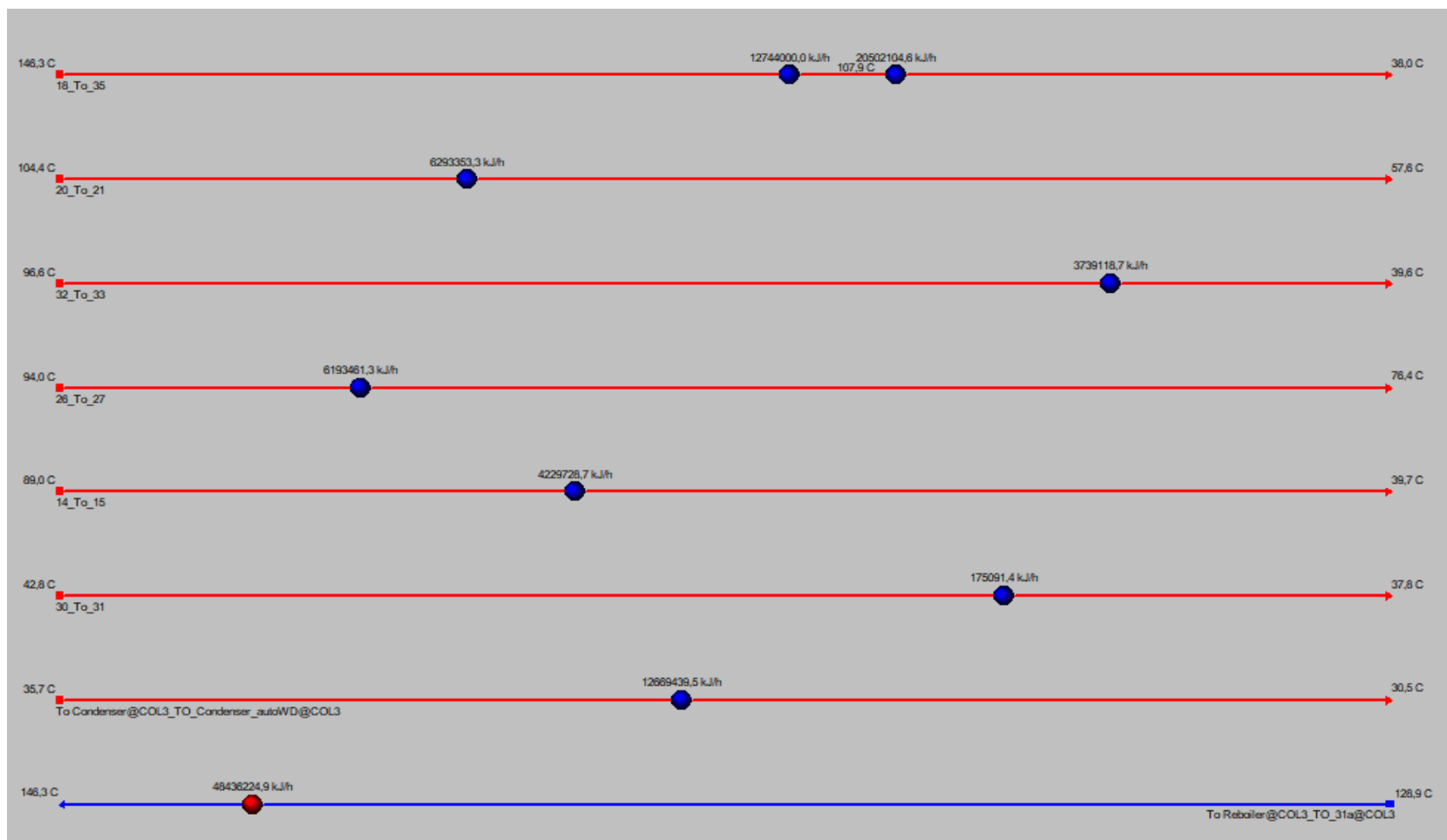


Figura 7.6. Xarxa de bescanviadors per la configuració *Desetanyzadora*.

En el cas de la configuració *Absorbidor/Stripper*, tal i com es pot observar en la Figura 7.5, només s'ha pogut afegir un bescanvi de calor que tingui un estalvi energètic significatiu, el qual és el del corrent 36 amb el *reboiler* de la columna T-101. Per tal d'acabar de refredar aquest corrent, s'ha hagut d'afegir un bescanviador extra a aquest. Els consums totals després de l'optimització es mostren a la Taula 7.5. A l'apartat A3 d'Annexos es troba el diagrama de flux previ a la integració energètica (PFD 101), que es contraposa amb el diagrama de flux que inclou la integració energètica de l'apartat 3 (PFD 100).

La configuració *Absorbidor/Stripper* disposarà de 15 unitats totals amb una àrea de bescanvi de 10,000 m². El consum d'electricitat total de la unitat és de 700 kW.

En el cas de la configuració *Desetanytzadora* i com mostra la Figura 7.6 i 7.4, no és possible la combinació de cap corrent per aprofitar energia. Així, doncs, a la Taula 7.6 es mostren els requeriments energètics d'escalfament i refredament.

La configuració *Desetanytzadora* disposarà de 11 unitats totals amb una àrea de bescanvi de 4816 m². A més, el consum d'electricitat per part dels aerorefrigeradors i compressors és d'un total de 2,320 kW.

8. HAZARD AND OPERABILITY ANALYSIS (HAZOP)

En aquest apartat es procedirà a elaborar un anàlisi ordenat i estructurat dels punts crítics de la unitat de concentració de gasos. A fi que es puguin disposar de les mesures de seguretat necessàries per reduir al mínim aquest risc associat.

Cal esmentar que l'abast d'aquest anàlisi de riscos no comprèn els estats operacionals que es duguin a terme en les diferents etapes del procés, al tractar-se doncs d'una anàlisi conceptual i qualitatiu.

Per tal de comprendre les característiques toxicològiques de cadascun dels compostos que participen en ambdós processos, a l'Annex A.4 es mostren les fitxes de seguretat de tots ells.

8.1. Metodologia per l'anàlisi de risc de la configuració *Absorbidor/Stripper*

Primer de tot cal esmentar que la metodologia seguida durant l'estudi de seguretat del procés és basant-se en una anàlisi qualitatiu [ref. 7], en el qual s'han estudiat tant les conseqüències i probabilitats des d'un punt de vista empíric i basat en l'experiència prèvia recollida en processos similars.

8.1.1. Definició dels nodes

Per tal d'estudiar i analitzar els punts més crítics de la unitat s'ha procedit a definir una sèrie de nodes d'estudi o subsistemes. Aquests nodes fan referència als equips més importants del procés i que poden comportar més riscos operacionals.

- Node 1: Compressor K-100.
- Node 2: Columna d'absorció AB-100.
- Node 3: Columna *Stripper* S-100.

Cal remarcar que els nodes escollits representen els punts més importants del procés, essent així els estudiats i no la unitat sencera, ja que se surt de l'abast del projecte.

8.1.2. Definició de les desviacions emprades

L'estudi de seguretat qualitatiu es limitarà als casos que incorporin les variables definides a continuació:

- **No/Cap**: Contempla l'absència o pèrdua completa de la variable la qual acompanya.
- **Menys**: Correspon a una disminució quantitativa de la variable de procés d'estudi.
- **Més**: Correspon a un augment quantitatiu de la variable de procés d'estudi.
- **Invers**: Aquesta variable s'utilitza únicament per referenciar al cabal, que és l'única de les variables que pot adoptar un valor invers al desitjat.

8.1.3. Definició de les variables d'estudi

- **Pressió:** Correspon a les pressions internes a les quals es puguin veure sotmeses els acumuladors i columnes d'absorció i *stripping*.
- **Cabal:** S'associa al flux d'entrada dels diferents equips que componen les operacions unitàries del procés.
- **Temperatura:** Aquesta variable correspon a la temperatura interior dels diferents equips.
- **Productes:** Aquesta variable engloba tot el grup de components que participen en el procés. A continuació es detallen breument cadascuna de les substàncies que componen aquesta variable.

8.1.4. Identificació dels escenaris

Per tal de fer més pràctic i resumit l'estudi de seguretat, s'ha decidit assignar una variable a cadascun dels estats comentats anteriorment, per tal d'arribar a totes les situacions possibles. A la taula següent es mostra un recollit de totes les definicions anteriors, juntament amb la seva variable numèrica assignada.

Taula 8.1. Recull del les variables d'estudi i les desviacions utilitzades.

Node	
1	Etapa de compressió dels gasos d'entrada
2	Columna d'absorció
3	Columna d' <i>stripping</i>
Desviació	
K1	No/Cap
K2	Menys
K3	Més
K4	Invers
Variable	
P	Pressió
F	Cabal
T	Temperatura
L	Nivell

8.2. Definició dels criteris de probabilitat, severitat i perfil de risc

En aquets apartat es defineixen les diferents probabilitats d'ocurrència i severitat que presenta cadascun dels accidents que s'estudiaran. Aquests valors seran purament hipotètics i s'estimaran segons els criteris dels diferents membres de l'equip de treball.

8.2.1. Probabilitat

Cal esmentar que aquestes probabilitats es determinaran per un normal funcionament de la planta, és a dir, no s'hi contempla cap mena d'agent extern (catàstrofes meteorològiques, sabotegi, etc.)

Taula 8.2. Taula de probabilitats de fallada.

PROBABILITAT	
Identificador	Nivell
A	Freqüent
B	Ocasional
C	Improbable
D	Remot
E	Molt remot

8.2.2. Severitat

A continuació es definiran els graus de repercussió que són conseqüència de les desviacions de les variables esmentades anteriorment. En aquesta anàlisi es tenen en compte les persones, el medi ambient i els equips. Sent aquest l'ordre de prioritats en el qual s'assignarà la gravetat d'aquestes possibles desviacions. A la taula que es mostra a continuació es descriuen els criteris en què es descriurà cadascuna de les conseqüències i la seva gravetat associada.

Taula 8.3. Severitats; prioritats i conseqüències.

SEVERITAT				
Grau de gravetat	Conseqüències	Persones	Medi ambient	Equips
I	Catastròfiques	Danys irreversibles	-Conseqüències irreversibles i que sobrepassen l'establiment	Producció interrompuda durant més d'una setmana
II	Crítiques	Accident amb baixa laboral. Danys reversibles	-Conseqüències reversibles i limitades al perímetre de la instal·lació. -Intervenció dels serveis d'emergència.	Producció interrompuda fins a una setmana
III	Baixes	Accident sense baixa laboral	-Conseqüències reversibles i només locals en una de les zones de la planta. -Intervenció dels serveis d'emergència	Producció interrompuda de 3h a un dia.
IV	Insignificants	Cap tipus de dany a persones	-Conseqüències reversibles i controlades pel personal de la planta.	Producció interrompuda menys de 3 hores.

Un cop s'han identificat les severitats i les probabilitats, es pot concloure quin perfil de risc va associat a cadascuna de les desviacions. Aquest perfil de risc serà d'ajuda a l'hora d'aplicar millores al procés, que facin reduir aquest risc. A la Taula 8.4 es mostren els diferents graus de risc i la seva acceptació.

Taula 8.4. Taula de perfil de risc. Probabilitat i Severitat.

PERFIL DE RISC					
Identificador	Nivell	Insignificat	Baix	Crític	Catastròfic
		IV	III	II	I
A	Freqüent				
B	Ocasional			Risc no acceptable	
C	Improbable				
D	Remot	Risc acceptable			
E	Molt remot	Risc acceptable			

Com es pot observar a la Taula 8.4, el risc es classifica en acceptable i no acceptable. A més, s'observa l'estat transitori en que un risc passa a ser d'acceptable a no acceptable. En aquesta anàlisi s'agafarà com a criteri conservador el fet de què només s'acceptin aquells riscos que estiguin en verd. No considerant, en cap cas, un risc acceptable en groc o taronja.

Quan una de les desviacions presenti un risc no acceptable, s'haurà de presentar una millora per atenuar aquest risc i fer-lo acceptable.

8.3. Taula HAZOP

Tal i com descriu la metodologia HAZOP [ref 8], totes les desviacions associades a cada variable s'han plasmat en una taula, la qual es divideix en files i columnes. A cadascuna de les files es detalla l'estudi realitzat per cada escenari, mentre que a cadascuna de les columnes es mostren els següents apartats: Identificació, referència, desviació, causes, conseqüències, mesures de seguretat, etc.

- **Identificació:** Correspon al número d'escenari.
- **Referència:** És el codi numèric comentat a la Taula 8.1
- **Desviació.**
- **Causes:** Causes possibles de les desviacions.
- **Conseqüències:** Escenaris conseqüents a les desviacions esmentades, referents a les persones, medi ambient i equips.
- **Mesures de seguretat:** Descripció de les mesures de seguretat per tal d'evitar o corregir les desviacions produïdes.
- **Recomanacions:** Aquelles solucions que reforcen a les mesures de seguretat ja aplicades.
- **Severitat 1 (S1):** Severitat calculada utilitzant la taula de severitats, tenint en compte l'estat actual.
- **Probabilitat 1 (P1):** Probabilitat de què l'escenari estudiat es produeixi a l'estat actual.
- **Severitat 2 (S2):** És el factor de severitat que correspon després d'haver-hi aplicar les recomanacions. Aquest sempre ha de ser inferior a l'inicial.

Probabilitat 2 (P2): Aquesta correspon a la probabilitat de què es produeixi la desviació després d'aplicar les recomanacions. El seu valor sempre ha de ser inferior a l'inicial.

Taula 8.5. Matriu HAZOP pel node 1 de la configuració *Absorbidor/Stripper*.

Identificador (id)	Referència	Desviació	Causes	Conseqüències	Mesures de seguretat	Recomanacions	S1	P1	S2	P2
1	K2&P	Menys pressió a la sortida del compressor.	a) Fallada del transmissor de pressió (llegeix més pressió de la real). b) Problema de subministrament. c) Fallada del controlador del motor.	Conseqüència operacional.	Control de pressió i cabal en cascada a la sortida del compressor.	Afegir un segon compressor per a complementar la mesura de seguretat.	II	C	II	E
2	K3&P	Més pressió a la sortida del compressor.	a) Fallada del transmissor de pressió (llegeix menys pressió de la real). b) Problema de subministrament. c) Fallada del controlador del motor.	Afectació operacional de la columna d'absorció i risc d'explosió.	Control de pressió i cabal en cascada a la sortida del compressor.	Afegir un control de sobrepressió.	II	C	II	E
3	K1&F	No hi ha cabal.	a) Fallada de subministrament b) Fallada del llaç de control.	Sobre escalfament del compressor	Control de cabal a la sortida del compressor.		II	D	II	E

Taula 8.6. Matriu HAZOP del node 2 de la configuració *Absorbidor/Stripper*.

Identificador (id)	Referència	Desviació	Causes	Conseqüències	Mesures de seguretat	Recomanacions	S1	P1	S2	P2
1	K2&P	Menys pressió a la columna d'absorció.	a) Fallada del controlador de la vàlvula VLV-101 (llegeix menys cabal del real). b) Fallada al compressor K-100.	Producte fora d'especificació i possible inundació de la columna.	Control de proporció entre la pressió del corrent de gasos i el flux de líquid absorbent.		III	E	III	E
2	K3&P	Més pressió a la columna d'absorció.	a) Fallada del controlador de la vàlvula VLV-101. b) Fallada del compressor K-100. c) Fallada del control de pressió de la vàlvula VLV-108.	Augment de la pressió de la columna i risc d'explosió.	Control en cascada de la pressió de sortida de la segona columna.		IV	E	IV	E
3	K1&Fa)	No hi ha cabal de líquid absorbent (nafta)	a) Fallada de subministrament.	Conseqüència operacional.	Control de nivell de la vàlvula VLV-101.	Afegir alarma de baix nivell.	IV	E	IV	E
4	K2&Fb)	No hi ha cabal a la línia de gasos.	a) Fallada de subministrament. b) Fallada del controlador de la vàlvula VLV-103.	Conseqüència operacional.	Control de la vàlvula VLV-103.		IV	E	IV	E

Taula 8.6. (cont) Matriu HAZOP del node 2 de la configuració *Absorbidor/Stripper*.

Identificador (id)	Referència	Desviació	Causes	Conseqüències	Mesures de seguretat	Recomanacions	S1	P1	S2	P2
5	K3&Fa)	Més cabal de càrrega de líquid	a) Fallada de subministrament.	Inundació de la columna i augment de la pressió amb possible risc d'explosió.	Control de la vàlvula VLV-101.		IV	E	IV	E
6	K3&Fb)	Més cabal de gas.	a) Fallada de subministrament. b) Fallada del controlador de pressió del tanc C-102.	Augment de la pressió de la columna i risc d'explosió.	Control de pressió de la vàlvula VLV-108.		IV	E	IV	E
7	K2&T	Menys temperatura de la columna.	a) Fallada del controlador de temperatura del corrent de nafta. b) Menys temperatura del líquid de subministrament.	Conseqüència operacional	Llaç de control de temperatura al corrent de nafta.		IV	E	IV	E
8	K3&T	Més temperatura de la columna.	a) Fallada del controlador de temperatura.	-Possible augment de pressió i risc d'explosió de la columna. -Producte fora d'especificació.	Control de temperatura i pressió esmentats en apartats anteriors.	Instal·lar una alarma d'alta temperatura.	IV	E	IV	E

Taula 8.7. Matriu HAZOP del node 3 de la configuració Absorbidor/Stripper.

Identificador (id)	Referència	Desviació	Causes	Conseqüències	Mesures de seguretat	Recomanacions	S1	P1	S2	P2
1	K2&P	Menys pressió a la columna d' <i>stripping</i> .	a) Fallada del controlador de la vàlvula V-103. b) Fallada de vàlvula de control de sortida de gasos VLV-104.	Producte fora d'especificació. Cap conseqüència de seguretat.	Control de pressió en cascada al corrent de refrigerant del condensador de cap de columna.		IV	E	IV	E
2	K3&P a)	Més pressió a la columna <i>stripper</i> .	a) Fallada del controlador de la vàlvula V-105. b) Fallada de vàlvula de control de sortida de gasos VLV-104. c) Fallada del corrent de pressió.	Augment de la pressió de columna i risc d'explosió.	Control de pressió al cap de columna.	Instal·lar una alarma d'alta pressió com a mesura addicional a la existent.	III	D	IV	E

Taula 8.7.(cont) Matriu HAZOP del node 3 de la configuració Absorbidor/Stripper.

Identificador (id)	Referència	Desviació	Causes	Conseqüències	Mesures de seguretat	Recomanacions	S1	P1	S2	P2
3	K1&F	No hi ha cabal de líquid d'entrada.	Fallada de subministrament.	Conseqüència operacional.			IV	E	IV	E
4	K2&F	Menys cabal al líquid d'entrada.	a)Fallada de subministrament. b)Fallada del control de nivell de la vàlvula VLV-103.	Conseqüència operacional.			IV	E	IV	E
5	K3&F	Més cabal de càrrega de líquid	a)Fallada de subministrament. b)Fallada del control de nivell de la vàlvula VLV-103.	Inundació de la columna i augment de la pressió amb possible risc d'explosió.	Control de la vàlvula VLV-105.		IV	E	IV	E

Taula 8.7.(cont) Matriu HAZOP del node 3 de la configuració Absorbidor/Stripper.

6	K4&F	Cabal invers al corrent d'entrada	a) Fallada del control de pressió del cap de columna. (pressió de la columna major a la del corrent). b) Fallada de subministrament	No aplica.			IV	E	IV	E
7	K2&T	Menys temperatura de la columna.	a) Fallada dels serveis auxiliars. b) Fallada del <i>reboiler</i> .	Conseqüència operacional.	Control de la vàlvula VLV-105.		IV	E	IV	E
8	K3&T	Més temperatura de la columna	a) Fallada del controlador de temperatura. b) Fallada del <i>reboiler</i> .	Possible augment de pressió i risc d'explosió de la columna.	Control de temperatura esmentat a l'apartat anterior		IV	E	IV	E

Taula 8.7.(cont) Matriu HAZOP del node 3 de la configuració Absorbidor/Stripper.

9	K2&L	Menys nivell a la columna	a) Fallada del controlador de la vàlvula VLV-105. b) Fallada dels serveis auxiliars del <i>reboiler</i> .	Conseqüència operacional			IV	E	IV	E
10	K3&La)	Més nivell a la columna	a) Fallada del controlador de temperatura. b) Fallada dels serveis auxiliars del <i>reboiler</i> .	Possible inundació de la columna i risc d'explosió.	Control en cascada del nivell i el cabal de sortida de la columna.		IV	E	IV	E

8.3.1. Explicació taula HAZOP

A continuació es detallarà tota aquella informació associada a cada escenari proposat a la metodologia HAZOP, per a cadascun dels nodes de la configuració *Absorbidor/Stripper*. Per al NODE 1 de la configuració *Absorbidor/stripper*.

- **K2&P**

En aquest escenari de menys pressió, assumint menys pressió com a negativa respecte a l'operacional, resulta ser un escenari remot però que pot causar conseqüències operacionals. Per tant, s'ha decidit mantenir el llaç de control de pressió ja existent.

- **K3&P**

Aquest cas correspon a una pressurització inesperada del flux de gas que es dirigeix a la columna d'absorció AB-100 i que únicament podria succeir en tres casos molt poc improbables:

-Problema de subministrament:

Aquest cas correspondria a aquell en què els corrents de procés que subministren els gasos enviessin aquests a una pressió superior a la de disseny.

-Fallada del controlador:

Cas hipotètic en el qual el controlador que s'encarrega de regular la velocitat de rotació del motor podria fallar.

La situació que s'exposa en aquest apartat podria suposar problemes operacionals a la columna d'absorció AB-100, la qual en un cas de sobrepressió podria veure's en risc d'explosió, car que es podria sobrepassar la seva pressió de disseny. A fi d'evitar dits escenaris s'ha proposat dissenyar un llaç de control que controli una possible sobrepressió, mesurant alhora la pressió i el cabal de sortida i controlant la velocitat angular del motor del compressor.

- **K1&F**

Aquest cas fa referència a l'absència de circulació de fluid pel sistema de compressió, el qual pot ser a causa d'un problema en el subministrament.

Aquesta situació podria derivar en un sobreescalfament del compressor, en el cas que aquest estigues operant al buit. En aquesta situació s'ha decidit no establir cap mesura de seguretat, ja que l'establerta en l'apartat *K3&P* és suficient per combatre aquest problema.

En el cas del **NODE 2**:

- **K2&P**

En aquest escenari de menys pressió, assumint aquesta com a negativa respecte a l'operacional, és un escenari que pot tenir associades diferents causes; fallada del llaç de control de pressió a la columna, fallada del control de pressió al subministrament o bé causat per un funcionament incorrecte de la vàlvula dels gasos d'entrada. Tot això podria ocasionar problemes operacionals de la columna que portarien el producte fora de l'especificació.

Per tal d'evitar les conseqüències mencionades, s'ha decidit instal·lar un segon compressor en paral·lel, de manera que quan un deixi de funcionar, l'altre es posi en marxa.

- **K3&P**

En aquest cas, la pressió de la columna augmenta a causa d'un problema en el subministrament o bé a causa d'una fallada en el llaç de control. Com que aquest escenari pot provocar risc d'explosió de la columna, s'ha decidit instal·lar una alarma d'alta pressió i millorar el control a un sistema en cascada en el qual es controli la pressió de sortida, mesurant també el cabal d'aquest mateix corrent.

- **K1&Fa)**

Aquesta situació es produeix quan no hi ha cabal del líquid absorbent, és a dir, la nafta. Això pot ser provocat per una fallada en el subministrament d'aquesta, una fallada del controlador de cabal o un problema de la vàlvula de subministrament.

Aquest escenari no comporta problemes de seguretat, per tant, en ser un cas molt remot s'ha decidit deixar el llaç de control de cabal actual d'aquest corrent de líquid.

- **K1&Fb)**

En aquest cas, el corrent que no entra a la columna és el de gasos, el qual pot ser a causa del mateix que a l'apartat de menys flux. Com que aquest cas també comporta únicament un problema operacional de la columna, s'ha decidit mantenir el llaç de control ja existent.

- **K3&Fa)**

Aquest és el cas en què el cabal de líquid és major al rang de cabal amb el qual treballa la columna. Això pot ser a causa d'un problema en el llaç de control d'aquest corrent o una fallada en el subministrament de nafta. A part de conseqüències operacionals, aquest escenari pot comprometre la seguretat del procés, ja que la columna es podria inundar i la pressió d'aquesta pujar per sobre de la pressió de disseny, i per tant, comportaria un risc d'explosió.

- **K3&Fb)**

Aquest és un cas similar al de l'apartat de més flux, però el corrent que tindria més cabal seria el de gas. Això podria estar ocasionat pels mateixos motius que en l'apartat anterior i podria tindre les mateixes conseqüències, no obstant, la probabilitat de que això pogués passar seria més alta que en el cas de l'augment del cabal de líquid.

Per tal d'evitar aquest escenari, es fa ús del mateix llaç de control de pressió de l'apartat anterior.

- **K2&T**

En aquest cas la temperatura és menor a la de disseny, com que aquest és un cas remot, només es decideix instal·lar una alarma d'alta temperatura.

- **K3&T**

Aquest és un cas paral·lel a l'anterior i en el qual s'hi apliquen les mateixes mesures de seguretat.

Per al **NODE 3**:

- **K2&P**

Aquest escenari tracta una possible disminució de la pressió de la columna d'*stripping* per sota de la pressió d'operació, el qual podria tenir les següents causes:

a) Fallada del controlador del bescanviador E-113:

Aquest es tracta del controlador que regula el cabal d'aigua refrigerant que circula a través del condensador. En aquest escenari, aquest estaria treballant per sobre del requerit.

b) Fallada de la vàlvula de l'E-100:

Aquesta és la vàlvula que, de forma indirecta, regula la pressió de la columna i en aquest escenari estaria més oberta del requerit.

A causa que un escenari de menys pressió de la columna només comportaria problemes operacionals d'aquesta i no de seguretat, s'ha decidit conservar el control en cascada del corrent de refrigerant que va al condensador.

- **K3&P**

En aquest escenari de més pressió s'hi poden donar dos casos que guarden relació entre ells:

a) Major pressió a la columna:

En aquest cas les causes poden ser molt diverses; fallada del controlador de pressió, tancament inesperat de la vàlvula de sortida de gasos o bé fallada en el control del condensador.

b) Major pressió a l'acumulador C-102:

Aquest escenari pot ser causat per un tancament inesperat de la vàlvula VLV-110 que regula la pressió del separador X-100.

Els escenaris mencionats poden evocar en un risc d'explosió d'ambdós equips, i per tant un risc greu, per tant, s'ha decidit instal·lar dues alarmes de pressió.

- **K1&F**

En aquest cas, el cabal de líquid d'entrada és absent, el qual pot estar causat per una fallada de subministrament, la qual és molt remota. A més, a causa que es tracta d'una conseqüència purament operacional, s'ha decidit deixar els controls de pressió i cabal ja existents.

- **K2&F**

Aquest és un escenari en el qual el corrent de líquid d'entrada presenta menys cabal. Aquest és assimilable a l'apartat K1&F.

- **K3&F**

Aquest és un cas assimilable als dos anterior però a diferència d'aquells, sí que presenta conseqüències de seguretat, ja que un cabal superior a l'operacional pot provocar la inundació

de la columna i pot provocar fuites o fins i tot una explosió. Per evitar aquest escenari, s'ha decidit mantenir el control de seguretat esmentat a l'apartat K2&P.

- **K4&F**

En aquest cas el cabal d'alimentació a la columna és invers, i això és causat perquè la pressió de la columna *stripper* és superior a la del corrent. Aquesta situació podria provocar fuites al sistema i per tant, una possible explosió.

Per evitar això, s'ha decidit mantenir el control de pressió esmentat a l'apartat K2&P.

- **K2&T**

En aquest cas, la temperatura de la columna és inferior a l'operacional, fet que podria estar causat per un problema en el condensador o en el *reboiler*. Aquest escenari només podria causar problemes operacionals, per tant, es manté el llaç de control de temperatura, el qual seria suficient per lidiar amb aquest problema.

- **K3&T**

En aquest cas, la columna augmenta la seva temperatura per sobre de l'operacional, el qual pot estar causat per un problema en el *reboiler*. A causa que això podria causar la sobre evaporació de producte i per tant un augment de la pressió, aquesta podria explotar. Per tant, s'ha decidit instal·lar una alarma d'alta temperatura a la columna i mantenir el control de temperatura esmentat a l'apartat anterior.

- **K2&L**

En aquest escenari, el nivell de líquid de la columna és inferior a l'operacional. Aquest cas es podria associar al K3&T i s'aplicarien les mateixes mesures de seguretat.

- **K3&La)**

En aquest cas, el nivell de la columna és superior a l'operacional, el qual és un escenari assimilable al cas K2&T. Per tant, també s'hi apliquen les mateixes mesures de seguretat.

- **K3&Lb)**

Finalment, aquest és el cas en què la pressió de l'acumulador té un nivell de líquid superior al qual hauria de tindre, i això podria estar causat per un tancament inesperat de les vàlvules de control de nivell. Fet que podria provocar una inundació d'aquest acumulador i risc d'explosió.

Per lidiar amb aquest problema, s'ha decidit afegir un llaç de control en cascada amb el cabal de sortida per regular la vàlvula de sortida de producte.

8.4. Metodologia per l'anàlisi de risc de la configuració Desetanyadora

Com s'ha esmentat en l'apartat 8.1, l'estudi de seguretat es realitza en base a un anàlisi qualitatiu de risc [ref. 7]

8.4.1. Definició de nodes

En el segon procés, s'han escollit els següents nodes:

- Node 1: Columna desetanitzadora T-101.
- Node 2: Bescanviador de calor E-100.

Cal destacar que els nodes escollits representen els punts més importants del procés, essent així els estudiats i no la unitat sencera, ja que se surt de l'abast del projecte. A continuació es mostren les matrius HAZOP realitzades pels diferents nodes:

Taula 8.8. Matriu HAZOP del node 1 de la configuració *Desetanitzadora*.

Identificador	Referència	Desviació	Causes	Conseqüències	Mesures de seguretat	Recomanacions	S1	P1	S2	P2
1	K3&L	Més nivell en el fons de la columna.	Fallada del controlador de nivell de la columna.	Inundació de la columna. Conseqüència operacional.	Alarma d'alt nivell de líquid al control de nivell.		IV	E	IV	E
		Més nivell a l'acumulador de líquid C-103.	Fallada del controlador de nivell de la vàlvula VLV-103 (llegeix menys nivell del real).	Inundació de l'acumulador i possible ruptura del mateix, amb risc d'explosió.	Control de nivell i de pressió.	Afegir una alarma d'alt nivell a l'acumulador.	III	D	IV	E
2	K2&L	Menys nivell a l'acumulador de líquid.	Fallada del controlador de nivell de la vàlvula VLV-103 (llegeix més nivell del real).	Conseqüència operacional			III	D	IV	E
3	K1&F	No hi ha flux a l'alimentació.	Fallada de subministrament	Possible augment de pressió per la evaporació de nafta-	Control de nivell i pressió de la columna.	Instal·lar una alarma de baix nivell al controlador de cabal d'entrada.	III	D	IV	E
		No hi ha flux al reflux.	Fallada del llaç de control del cabal de la vàlvula VLV-103.	Augment de la temperatura de la columna amb possible augment de la pressió i conseqüent risc d'explosió	Llaç de control de la vàlvula VLV-103.	Afegir una alarma de baix flux al control de cabal.	III	D	IV	E
		No hi ha flux de destil·lat.		Possible inundació de la columna i risc de fuga a l'exterior.	Llaç de control de nivell a l'acumulador.		IV	E	IV	E

Taula 8.8. (cont) Matriu HAZOP del node 1 de la configuració *Desetanitzadora*.

Identificador	Referència	Desviació	Causes	Conseqüències	Mesures de seguretat	Recomanacions	S1	P1	S2	P2
4	K2&F	Menys flux a l'alimentació de la columna.	Fallada del controlador de cabal a l'alimentació.	Conseqüència operacional			IV	E	IV	E
		Menys flux al reflux.	Fallada del control de la vàlvula VLV-105.	Conseqüència operacional.			IV	E	IV	E
		Menys flux de destil·lat	Fallada del control de nivell de l'acumulador.	Possible inundació de la columna i risc de fuga a l'exterior.	Llaç de control de cabal del reflux.			IV	E	IV

Taula 8.8. (cont) Matriu HAZOP del node 1 de la configuració *Desetanitzadora*.

Identificador	Referència	Desviació	Causes	Conseqüències	Mesures de seguretat	Recomanacions	S1	P1	S2	P2
5	K3&F	Més flux a l'alimentació de la columna	Fallada del control de cabal a l'entrada de la columna.	Conseqüències operacionals.			IV	E	IV	E
		Més flux al reflux de la columna	La vàlvula VLV-103 queda oberta.	Disminució de la temperatura de la columna i inundació d'aquesta, amb possibles fuites.	Llaç de control de cabal del reflux.	Afegir una alarma d'alt cabal al controlador	III	D	IV	E
		Més flux de destil·lat	Fallada de la vàlvula del reflux	Disminució de la temperatura de la columna i possible inundació i fuites.	Llaç de control de cabal de reflux.		IV	E	IV	E
		Més flux de condensats	Fallada del control de nivell de la columna.	Buidament de la columna. Conseqüències operacionals.	Llaç de control de nivell.	Instal·lar una alarma de baix nivell a la columna.	III	D	IV	E

Taula 8.8. (cont) Matriu HAZOP del node 1 de la configuració *Desetanitzadora*.

Identificador	Referència	Desviació	Causes	Conseqüències	Mesures de seguretat	Recomanacions	S1	P1	S2	P2
6	K3&P	Més pressió a la columna	a)Foc extern. b)Fallada del control de pressió del bescanviador E-106. c)Fallada de l'aigua de refrigeració del condensador de cap de columna. d)Ruptura del <i>reboiler</i> . e)Fallada a la unitat de compressió.	Risc d'explosió de la columna i l'acumulador.	Llaç de control de pressió.	Instal·lar una alarma d'alta pressió a la columna.	IV	E	IV	E
7	K2&P	Menys pressió a la columna.	a)Fallada en el control de nivell i/o pressió de la columna. b)Problema amb el subministrament de refrigerant al condensador de cap de columna.	Sense conseqüències de seguretat.	Llaç de control de pressió i nivell.	Instal·lar una alarma de baixa pressió.	III	D	IV	E
8	K3&T	Més temperatura de la columna.	Veure apartat K3&P.				IV	E	IV	E
9	K2&T	Menys temperatura a de la columna.	Veure apartat K2&P.				IV	E	IV	E

Taula 8.9. Matriu HAZOP pel node 2 de la configuració *Desetanyadora*.

Identificador	Referència	Desviació	Causes	Conseqüències	Mesures de seguretat	Recomanacions	S1	P1	S2	P2
1	K1&F	No hi ha cabal de líquid a l'entrada del bescanviador.	a) Tancament inesperat de la vàlvula VLV-103 b) Fallada de la columna T-101.	Conseqüència operacional.			II	E	II	E
		No hi ha cabal d'aire refrigerant al bescanviador.	a) Fallada del controlador de temperatura. b) Bloqueig de càrrega de líquid refrigerant.	Conseqüència operacional.			II	E	II	E
2	K3&F	Més cabal a la sortida del bescanviador.	a) Fallada del controlador de temperatura. b) Problema de subministrament.	Possible fuga de líquid i risc d'explosió.	Llaç de control utilitzat a l'apartat K1&F.		II	E	II	E

Taula 8.9.(cont) Matriu HAZOP pel node 2 de la configuració *Desetanitzadora*.

Identificador	Referència	Desviació	Causes	Conseqüències	Mesures de seguretat	Recomanacions	S1	P1	S2	P2
3	K2&T	Menys temperatura a la sortida del bescanviador.	a) Fallada del subministrament de serveis auxiliars. b) Fallada del controlador de temperatura.				II	E	II	E

En el cas del **NODE 1**:

- **K3&L**

En aquest cas el nivell de líquid de la columna augmenta, el qual pot ser causat per un excés de relació de reflux o bé fallada del *reboiler* que s'encarrega d'evaporar aquest líquid. Per tal d'evitar això es disposa d'una alarma de nivell i un llaç de control que regula el nivell de líquid tot controlant la relació de reflux. També es pot donar el cas que el nivell de líquid augmenti a l'acumulador de cap de columna, el qual es pot evitar aplicant les mateixes mesures de seguretat.

- **K2&L**

Contrari a l'apartat anterior, en aquest cas el nivell de l'acumulador és menor al desitjat, el qual pot ser causat per un mal funcionament del condensador del cap de columna i això pot causar una cavitació de la bomba d'impulsió de líquid a aquest i per tant una fuga de líquid i risc d'explosió. Per tal d'evitar això, es seguirà mantenint el llaç de control de nivell i les alarmes corresponents, però es canviarà la bomba d'impulsió per una encapsulada.

- **K1&F**

En aquests casos no hi ha flux d'alimentació, i per tant tampoc a les dues sortides de la columna. Això es pot evitar amb el control de nivell, cabal i pressió de la columna.

- **K2&F**

Paral·lelament al cas anterior, també es podria donar el cas en que hi hagi flux però menor al desitjat. En aquest cas s'aplicarien les mateixes mesures de seguretat que en el cas anterior.

- **K3&F**

En aquest apartat es descriu una hipotètica situació en que el flux és major al desitjat, el qual podria provocar una inundació de la columna i per tant una fuga a l'exterior i possible explosió de la columna. Per evitar això, es segueix fent un de les mesures de seguretat de l'apartat K2&F però a més, s'hi afegirà una alarma d'alt cabal al controlador del reflux per tal d'evitar aquesta possible inundació.

- **K3&P**

Un dels escenaris que comprometen més la seguretat de la planta és el que es descriu per un augment de la pressió de la columna, el qual pot resultar en una explosió catastròfica d'aquesta i que es pot evitar amb una alarma d'alta pressió i un control d'aquesta mateixa.

- **K2&P**

Contrari al cas anterior, el cas de menys pressió no suposaria cap problema de seguretat de la planta, només un problema operacional i que es pot evitar aplicant les mesures de seguretat del cas anterior.

Per al **NODE 2**:

- **K1&F**

En aquest cas es donen dues hipòtesis:

a) No hi ha líquid a l'entrada del bescanviador:

Això pot ser causat pel tancament de la vàlvula d'entrada de l'equip o bé una fallada de la columna T-102, la qual no subministra el gas que s'ha de refredar. Aquest escenari es pot evitar amb un llaç de control de cabal, el qual controla l'obertura de la vàlvula V-103. No obstant, aquest escenari no té conseqüències de seguretat.

b) No hi ha líquid refrigerant:

Probablement causat per un error en la mesura de la temperatura del líquid a escalfar.

- **K3&F**

En el cas que a la sortida del bescanviador hi hagi un cabal molt superior al marge de disseny, l'equip podria patir una ruptura amb risc d'explosió. Per tal d'evitar dita situació, es disposa del mateix control emprat a l'apartat K1&F.

- **K2&T**

Finalment, quan la temperatura de sortida del bescanviador és menor a la desitjada, és per dues possibles causes; El líquid de refrigeració no està a la temperatura de disseny o el control de temperatura no funciona. Com que aquest és un cas molt improbable, les mesures de seguretat seguiran sent les mateixes.

9. AVALUACIÓ ECONÒMICA

9.1. Introducció

Un cop realitzat el disseny conceptual de dues configuracions diferents d'una Unitat de Concentració de Gasos –*Absorbidor/Stripper* i *Desetanitzadora*–, es procedeix a fer-ne un estudi econòmic per estimar-ne la inversió de capital inicial i les despeses de producció que requeririen. A partir de l'adquisició d'aquests valors, es desenvoluparan els objectius finals: estimar la rendibilitat de les dues configuracions i comparar-les entre si per conèixer quina és la millor opció des del punt de vista econòmic.

9.2. Estimació de la inversió inicial

La inversió inicial en un procés de la indústria química pertany al cost associat a la construcció d'una planta nova o a la modificació d'una planta ja existent. En aquest cas, s'obvia que la configuració *Absorbidor/Stripper* ja existeix a la pràctica dins la refineria Repsol i s'assumeix que es construirien les dues configuracions de nou per tal de comparar-les de forma igualitària. Aquest capital es compon de la suma entre el capital fix i el capital circulant. Per conèixer el cost del capital, caldrà calcular en primer lloc el cost dels equips, ja que s'utilitzaran expressions de proporcionalitat (mètode Holland) per deduir la inversió en cost fix i cost circulant.

9.2.1. Estimació del cost dels equips

Un cop caracteritzats a la simulació i al PFD tots els equips del procés, se n'ha determinat el seu valor econòmic mitjançant una base de dades de l'any 2002 [ref. 5] que té en compte el material emprat i els paràmetres de disseny de cada equip. Tanmateix, els preus de compra de l'any 2002 no seran els mateixos que els de l'actualitat, tenint en compte els canvis de les condicions econòmiques (inflació). Per adaptar els preus de compra dels equips als costos actuals, es fa ús l'expressió correctiva 9.1 [ref. 4] amb els *Chemical Engineering Plant Cost Index* (CEPCI) [ref. 6].

$$C_{2019} = C_{2002} \cdot \left(\frac{I_{2019}}{I_{2002}} \right) = C_{2002} \cdot 1.596 \quad (9.1)$$

On,

C_{2019} = cost de compra de l'equip l'any 2019

C_{2002} = cost de compra de l'equip l'any 2002

I_{2019} = índex CEPCI l'any 2019 = 632

I_{2002} = índex CEPCI l'any 2002 = 396

Les Taules 9.1 i 9.2 d'Annexos mostren els costos dels equips per les alternatives de procés l'any 2002 i 2019 segons les especificacions de disseny. Les Taules 9.1 i 9.2 en fan un recull.

Taula 9.1. Preus dels equips de la configuració *Absorbidor/Stripper*.

Equip	Quantitat	Preu total (M€)
Absorbidors	2	0.866
<i>Stripper</i>	1	0.512
Columnnes de destil·lació	2	1.77
Acumuladors	5	0.732
Bombes	3	0.135
Aerorefrigeradors	2	0.266
Bescanviadors de calor	6	1.101
Compressor	1	1.101
TOTAL		6.40

Taula 9.2. Preus dels equips de la configuració *Desetanyadora*.

Equip	Quantitat	Preu total (M€)
Columnnes de destil·lació	3	4.25
Acumuladors	5	0.325
Bomba	1	0.0269
Aerorefrigerador	3	0.256
Bescanviador de calor	11	1.36
Compressor	1	2.38
TOTAL		8.60

9.2.2. Estimació del capital fix

El capital fix inclou els actius i el capital d'inversió –com la propietat, la planta i l'equipament- que es necessiten per posar en marxa i fer funcionar un negoci a llarg termini. Els béns fixos són considerats com a tal perquè no es consumeixen ni es destrueixen durant la producció del servei. Malgrat això, estan subjectes a un desgast. Per una banda, hi haurà una pèrdua física gradual del valor d'ús que revertirà a capital circulant a través de l'amortització, destinada a reposar totalment o parcialment el capital fix desgastat i, per l'altra banda, hi haurà un desgast en conseqüència del progrés tècnic, és a dir, de l'evolució tecnològica que fa que s'hagi de renovar el capital fix abans que s'hagi desgastat físicament.

A continuació, s'estimarà el cost del capital fix total (C_{tc}) a través del mètode Holland [ref. 3]. Es tracta d'una expressió (9.2) en la qual s'apliquen factors multiplicadors als béns en relació al cost dels equips i els aparells del procés (C_{eq}) ja estimats. A més a més, el mètode dóna la possibilitat de seleccionar diferents factors segons el tipus de procés, tal com mostra la Taula 9.3. La precisió d'aquest mètode pot desviar-se del 15 al 20% però és adequada per realitzar comparatives entre diferents alternatives.

$$C_{tc} = \varphi_1 \cdot \varphi_2 \cdot \varphi_3 \cdot C_{eq} \quad (9.2)$$

On,

$\varphi_1 = 1.45$ per a processos amb compostos sòlids

$\varphi_1 = 1.39$ per a processos amb compostos sòlids i fluids

$\varphi_1 = 1.47$ per a processos amb compostos fluids

$$\varphi_2 = 1 + f_1 + f_2 + f_3 + f_4 + f_5 \quad (9.3)$$

$$\varphi_3 = 1 + f_6 + f_7 + f_8 \quad (9.4)$$

Tenint en compte que ambdós processos d'estudi tracten amb compostos fluids, el factor multiplicador φ_1 correspondrà a 1.47. A partir d'aquí, caldrà fer el càlcul dels dos multiplicadors restants seguint les expressions 9.3 i 9.4 amb els valors seleccionats a la Taula 9.3. Es destaca que els valors seran els mateixos per totes dues configuracions – l'*Absorbidor/Stripper* i la *Desetanitzadora*-, ja que les característiques principals romanen iguals.

Taula 9.3. Descripció i selecció del valor dels factors multiplicador de les expressions.

Definició	Rang dels factors	Valor seleccionat
1.1. Canonades per compostos sòlids	$f_1 = 0.07 - 0.10$	-
1.2. Canonades per sòlids i fluids	$f_1 = 0.10 - 0.30$	-
1.3. Canonades per a fluids	$f_1 = 0.30 - 0.60$	$f_1 = 0.60$
2.1. Instrumentació per poc control automàtic	$f_2 = 0.02 - 0.05$	$f_2 = 0.03$
2.2. Instrumentació per control automàtic	$f_2 = 0.05 - 0.10$	-
3.1. Construccions per unitats exteriors	$f_3 = 0.05 - 0.20$	$f_3 = 0.05$
3.2. Construccions per unitats exteriors i interiors	$f_3 = 0.20 - 0.60$	-
3.3. Construccions per unitats interiors	$f_3 = 0.60 - 1.00$	-
4.1. Petits canvis en instal·lacions	$f_4 = 0 - 0.05$	-
4.2. Grans canvis en instal·lacions	$f_4 = 0.05 - 0.25$	$f_4 = 0.20$
4.3. Nova instal·lació	$f_4 = 0.25 - 1.00$	-
5.1. Línies exteriors per una planta existent	$f_5 = 0 - 0.05$	$f_5 = 0$
5.2. Línies exteriors per unitats separades	$f_5 = 0.05 - 0.15$	-
5.3. Línies exteriors per unitats disperses	$f_5 = 0.15 - 0.25$	-
6.1. Enginyeria i construcció de planta senzilla	$f_6 = 0.20 - 0.35$	$f_6 = 0.30$
6.2. Enginyeria i construcció de planta complexa	$f_6 = 0.35 - 0.50$	-
7.1. Mida de planta gran	$f_7 = 0 - 0.05$	-
7.2. Mida de planta petita	$f_7 = 0.05 - 0.15$	$f_7 = 0.05$
7.3. Mida d'unitat experimental	$f_7 = 0.15 - 0.35$	-
8.1. Contingència d'un projecte ferm	$f_8 = 0.10 - 0.20$	$f_8 = 0.20$
8.2. Contingència d'un procés subjecte a canvi	$f_8 = 0.20 - 0.30$	-
8.3. Contingència d'una temptativa de procés	$f_8 = 0.30 - 0.50$	-

9.2.3. Estimació del capital circulant

El capital circulant o fons de maniobra es correspon al capital de treball necessari per posar en marxa la planta i mantenir el procés productiu durant els primers mesos d'operació, abans que hi hagi benefici. Típicament, aquest capital s'utilitza per cobrir els sous dels treballadors, l'estoc de matèries primeres i qualsevol mena de contingència. El seu valor indica la capacitat patrimonial i financera d'una empresa per a mantenir les operacions del dia a dia i, per tant, és

desitjable que sigui un valor positiu. Així com la inversió en capital fix s'amortitza, la inversió en capital circulant no es recupera fins al final de la vida útil.

Els valors típics del capital circulant (C_{NCT}) es corresponen a un 15-20% del valor de la inversió del capital fix (C_{tc}) [ref. 4]. Per tant, a partir de l'expressió 9.5 s'aproximarà el valor del capital circulant.

$$C_{NCT} = 0.18 \cdot C_{tc} \quad (9.5)$$

9.2.4. Resultats de la inversió

Com que el cost dels equips per a la configuració *Desetanitzadora* és més elevat, ja es pot intuir –tenint en compte que la resta de càlculs en depenen– que la inversió total per al procés de Repsol haurà de ser més elevat. La Taula 9.4 mostra els valors obtinguts pel cost dels equips i els costos del capital fix i circulant, que sumen la inversió total.

Taula 9.4. Recull de les inversions a realitzar per la configuració *Absorbidor/Stripper* i *Desetanitzadora* en milions d'euros (M€).

Configuració	Cost dels equips (C_{eq}) (M€)	Capital fix (C_{tc}) (M€)	Capital circulant (C_{NCT}) (M€)	Inversió inicial (I_o) (M€)
<i>Absorbidor/Stripper</i>	6.40	27.4	4.93	32.4
<i>Desetanitzadora</i>	8.60	36.9	6.63	43.5

9.3. Costos total de producció

Els costos de producció són aquells associats a l'ús funcional diari de la unitat, com poden ser els costos en matèries primeres o serveis auxiliars i es poden dividir en tres grans grups:

1. **Costos directes de producció:** costos d'operació que varien directament en funció del grau de producció. Un exemple poden ser els costos de matèries primeres, els serveis el nombre de treballadors.
2. **Costos generals:** costos necessaris per dur a terme funcions administratives i comercials. Els costos comercials depenen de la producció mentre que els referents a la investigació o serveis tècnics són fixes.
3. **Costos fixos de producció:** costos independents al grau de producció de la planta. S'hi poden incloure les taxes locals, les assegurances i la depreciació. Totes aquestes despeses s'assumeixen a una taxa constant i independent al grau de producció.

Emprant l'algoritme proposat per la bibliografia [ref. 4] que resulta en l'expressió 9.6, es poden estimar els costos totals de producció (CTP), que són la suma de costos directes, generals i fixos. El valor resultarà a partir dels factors de capital fix total (C_{tc}), els costos laborals (C_{ol}) i els costos dels serveis auxiliars (C_{ut}). Es menysprearan els costos del tractament d'aigües residuals (C_{wt}), que no és necessari per a cap de les configuracions, així com els costos de la matèria primera (C_{rm}), ja que són productes intermedis d'altres parts de la refineria. També es té en compte el valor de la depreciació del capital fix total.

$$CTP = 0.280 \cdot C_{tc} + 2.73 \cdot C_{ol} + 1.23 \cdot (C_{ut} + C_{wt} + C_{rm}) \quad (9.6)$$

On,

CTP = Costos totals de producció

C_{tc} = Capital fix total

C_{ol} = Costos laborals

C_{ut} = Costos dels serveis auxiliars

C_{wt} = Cost de l'aigua residual

C_{rm} = Cost de les matèries primeres

9.3.1. Costos laborals

Per tal d'estimar els costos laborals directes (C_{ol}), s'utilitzen mitjanes aportades per l'empresa Repsol sobre el salari anual dels treballadors (S) i el nombre de treballadors totals (N_t) requerits per la seva Unitat de Concentració de Gasos. Es prendran aquestes dades per ambdues configuracions, ja que es considera que un canvi d'unitat no suposaria cap variació en les rutines dels treballadors que actualment tenen cura de l'operació de la configuració *Absorbidor/Stripper* de Repsol. Així doncs, es decideix utilitzar un salari anual de 50,000 euros i un valor mitjà de dos treballadors totals –tenint en compte que no seran dues persones que treballin exclusivament en la Unitat–.

$$C_{ol} = S \cdot N_t \quad (9.7)$$

La Taula 9.5 mostra el valor final del cost laboral calculat a partir de l'expressió 9.7. En aquest cas, el cost serà el mateix tant pel procés *Absorbidor/Stripper* i *Desetanitzadora*.

Taula 9.5. Cost laboral (C_{ol}) anual per a una Unitat de Concentració de Gasos.

Configuració	Cost laboral (C_{ol}) (€/any)
<i>Absorbidor/Stripper</i> i <i>Desetanitzadora</i>	100,000

9.3.2. Costos dels serveis auxiliars

Mitjançant les dades dels preus dels serveis i amb els consums obtinguts a partir de la simulació, es calculen els costos anuals dels serveis auxiliars. A la Taula 9.6 es mostra un llistat d'aquests preus, els quals són unes estimacions aportades, per una banda, per la Universitat Rovira i Virgili, i per l'altra, per l'empresa Repsol aquest mateix any.

Taula 9.6. Llistat de preus dels serveis auxiliars.

	Unitat	€
Aigua de refrigeració (CW)	m^3	0.56
Vapor d'alta (HP)	Tona	27.3
Vapor de mitja (MP)	Tona	21.9
Vapor de baixa (LP)	Tona	16.3

Taula 9.7. (cont.) Llistat de preus dels serveis auxiliars.

	Unitat	€
Electricitat (<i>E</i>)	MW-h	80.9

La Taula 9.8 mostra el consum de serveis auxiliars (C_{ut}) desglossat per a cadascuna de les configuracions –l'*Absorbidor/Stripper* i la *Desetanyadora*-. De la taula se n'extreu que la configuració *Absorbidor/Stripper* consumeix serveis auxiliars a un preu més alt.

Taula 9.8. Consum de serveis auxiliars (C_{ut}) per cadascuna de les configuracions.

Consums	<i>Absorbidor/Stripper</i> (M€/any)	<i>Desetanyadora</i> (M€/any)
Aigua de refrigeració	5.18	3.02
Vapor de mitja	3.70	4.23
Vapor de baixa	0.110	0.00
Electricitat	0.476	1.58
TOTAL (C_{ut})	9.47	8.82

9.3.3. Resultats dels costos de producció

Finalment, els costos totals de producció (CTP) corresponen als resultats recollits a la Taula 9.9, calculats a partir de l'expressió 9.6. Aquest valor descriu el cost periòdic anual d'operació de les dues configuracions. Es conclou que el funcionament de la configuració *Desetanyadora* és més car que el de l'*Absorbidor/Stripper*.

Taula 9.9. Costos totals de producció per la configuració *Absorbidor/Stripper* i *Desetanyadora* en milions d'euros (M€/any).

Configuració	Cost Total de Producció (CTP) (M€/any)
<i>Absorbidor/Stripper</i>	19.6
<i>Desetanyadora</i>	21.4

9.4. Estudi de rendibilitat

9.4.1. Net Cash Flow (NCF)

El *Net Cash Flow* (NCF) o el flux net d'efectiu fa referència al capital disponible dins d'un període de temps. En altres paraules, és el resultat d'un balanç econòmic entre els ingressos i les despeses (cost total de producció), tenint en compte l'amortització, els impostos associats i el valor del capital en funció del temps. Tanmateix, en aquest estudi econòmic no es consideraran els ingressos. Això és perquè els objectes d'estudi són dues configuracions d'un mateix procés intermedi. És a dir, en primer lloc, cap de les alternatives genera ingressos directes i, en segon lloc, els ingressos indirectes serien els mateixos i, per tant, en un estudi comparatiu, poden ser obviats. D'aquesta manera, s'assumeix que els fluxos de caixa seran negatius durant tot el període de funcionament de la planta.

La Taula 9.10 mostra els balanços dels fluxos de caixa resultants per a cadascuna de les configuracions alternatives. A continuació es troben les definicions dels paràmetres utilitzats pels balanços.

- **Vida útil dels equips (n):** Està especificada pel *U.S. Internal Revenue Service (IRS)*. No reflecteix la llargada de la vida real dels equips, sinó el temps que l'*IRS* en permet la seva amortització. Això no obstant, en aquest projecte prendrem el valor de la vida útil indicat per l'empresa Repsol, que és de 10 anys.
- **Valor Residual (VR):** Representa la inversió en capital fix de la planta, menys el valor del terreny, avaluat al final de la vida útil de la planta. En altres paraules, representa la suma de capital que es recupera al final de la vida útil en cas de la venda d'algun equip o aparell. En aquest cas, es considerarà que el valor residual d'ambdues alternatives és zero.
- **Amortització (A):** Representa una desgravació fiscal. Es tracta d'un mitjà per construir una reserva per finançar la reposició de la planta. Per calcular-la, es seguirà un mètode lineal [ref. 4] que carrega la mateixa quantitat d'amortització anual durant el període d'amortització permès, és a dir, no considera el canvi del valor dels diners en funció del temps. Se seguirà l'expressió 9.8 per designar-ne els valors per a cadascuna de les alternatives.

$$A = \frac{I_0 - VR}{n} \quad (9.8)$$

- **Taxa impositora (t):** Quan es consideren projectes s'ha de tenir en compte els efectes de les taxes. El rang de taxació per a les empreses i les lleis que el governen canvien sovint. Així i tot, per a la majoria de companyies, la taxació general bàsica és del 35% [ref. 4].

Taula 9.10. Balanç del *Net Cash Flow* per a cadascuna de les alternatives.

	<i>Absorbidor/Stripper</i>	<i>Desetanyadora</i>
+Ingressos	0.00 €	0.00 €
-Cost Total de Producció (<i>CTP</i>)	-19.6 M€	-21.4 M€
- Amortització (<i>A</i>)	-2.74 M€	-3.69 M€
Balanç Abans d'Impostos (<i>BAI</i>)	-22.3 M€	-25.1 M€
-Impostos (<i>I</i>)	-7.82 M€	-8.80 M€
Balanç Després d'Impostos (<i>BDI</i>)	-30.2 M€	-33.9 M€
+ Amortització (<i>A</i>)	+2.74 M€	+3.69 M€
<i>Net Cash Flow (NCF)</i>	-27.4 M€	-30.2 M€

9.4.2. **Valor Actual Net (VAN)**

Quan el cost total de producció i la inversió inicial són diferents però la vida útil és la mateixa per a les dues alternatives de procés, la decisió sobre quina instal·lació fer ha de ser presa a partir del Valor Actual Net (VAN).

El VAN consisteix a calcular els valors actuals de futurs ingressos i despeses —en aquest cas, només despeses— tenint en compte el valor del capital en funció del temps. En condicions normals, si no s'obviessin els ingressos, un VAN positiu significaria el següent:

- El projecte és capaç de retornar els capitals compromesos.
- Els projecte remunera els capitals compromesos al cost d'oportunitat.
- Es genera un excedent que és igual al VAN i que mesura l'augment de la riquesa dels socis.

Com que les configuracions ja han estat posades en pràctica, es coneix que totes dues són rendibles econòmicament. Per tant, no cal incloure els ingressos i s'assumeix que ambdues opcions compten amb els beneficis esmentats anteriorment. Es procedirà des d'aquesta premissa i, en termes comparatius, l'opció amb el VAN menys negatiu serà la millor opció des del punt de vida econòmic.

Les Figures 1.1 i 2.2 mostren els fluxos de caixa durant la vida útil de la configuració *Absorbidor/Stripper* i *Desetanitzadora*, respectivament. L'any 0 hi té lloc la inversió inicial (I_0), la resta d'anys, es consumeixen els fluxos de caixa (CF) calculats. Cal destacar que el CF de l'últim any és menys negatiu perquè es recupera el capital circulant (C_{NCT}) invertit l'any 0.

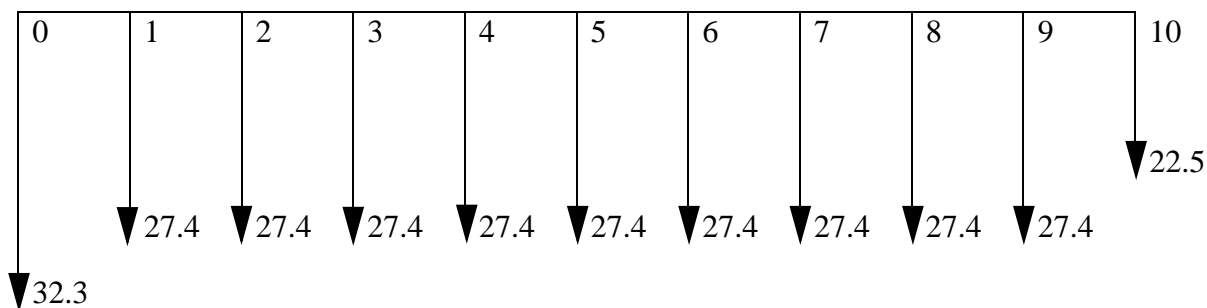


Figura 9.1 Diagrama dels fluxos de caixa durant la vida útil de la configuració *Absorbidor/Stripper*.

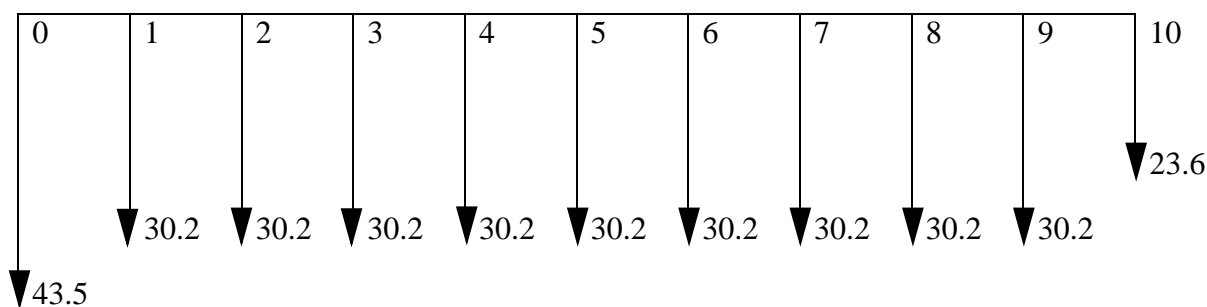


Figura 9.2 Diagrama dels fluxos de caixa durant la vida útil de la configuració *Desetanitzadora*.

A partir de l'expressió 9.9, es farà un balanç de les despeses posant els NCF de les Figures 9.1 i 9.2 en el valor del capital actual. Així, doncs, s'obtindrà el valor del VAN per a cadascuna de les alternatives. Dins d'aquesta expressió s'hi inclou, també, el retorn del capital circulant (C_{NCT}) al final de la vida útil de la planta.

$$VAN = -I_o + NCF \cdot \sum \frac{1}{(1+i)^n} + \frac{C_{NTC}}{(1+i)^{10}} \quad (9.9)$$

On,

$i = \text{cost d'oportunitat} = 0.10$

En substitució al sumatori, i per facilitar el càlcul, es farà ús de les Taules Financeres de l'apartat A.9 d'Annexos per determinar el valor actual d'una renda unitària (constant) per a 10 períodes al 10% del cost d'oportunitat. D'aquesta manera, s'obté l'expressió 9.10.

$$VAN = -I_o + NCF \cdot 6.1446 + \frac{C_{NTC}}{(1+i)^{10}} \quad (9.10)$$

La Taula 9.11 mostra el resultat al càlcul del VAN per a cadascuna de les alternatives i, finalment, permet afirmar que la configuració més rendible econòmicament és l'*Absorbidor/Stripper*.

Taula 9.11. Valor Actual Net (VAN) per a cadascuna de les alternatives.

	<i>Absorbidor/Stripper</i>	<i>Desetanytzadora</i>
VAN (M€)	-198.9	-226.7

9.5. Anàlisi de sensibilitat

La lògica seguida pel desenvolupament de l'alternativa a la configuració *Absorbidor/Stripper*, és a dir, pel disseny de la configuració *Desetanytzadora*, ha estat la de reduir equips a costa d'un augment d'energia en les condicions d'operació. Això es tradueix en la substitució del conjunt dels dos absorbidors (AB-100 i AB-101) i el *stripper* (S-100) per la columna desetanytzadora (T-101) –que opera a altes pressions– i, en conseqüència, en l'addició d'una etapa de compressió en el compressor (K-100).

La Figura 9.3 mostra una comparativa entre els costos dels equips d'ambdues configuracions. Així com les Taules 9.1 i 9.2 recollien la suma del preu final total i conclouïen que la configuració més cara és la *Desetanytzadora*, la Figura 9.3 permet visualitzar el perquè. En primer lloc, la substitució del conjunt d'absorbidors i *stripper* per la desetanytzadora no suposa cap estalvi, ans el contrari, té un cost de 1.27 milions d'euros més. En segon lloc, l'altre canvi aplicat conseqüentment, l'addició d'una etapa de compressió, també fa augmentar el cost en 1.36 milions d'euros. Així, doncs, el balanç entre nombre d'equips i condicions d'operació a altes pressions és, en aquest cas, favorable a la configuració *Absorbidor/Stripper*. Pel que fa a la resta d'equips, no influeixen en el cost del canvi de configuració perquè mantenen preus semblants.

El fet que la configuració *Desetanytzadora* tingui un cost més elevat farà que sigui, també, la que tingui un cost de capital fix (C_{tc}) més alt i, per tant, que requereixi una inversió inicial (I_o) més alta. A més a més, tal com mostra l'expressió 9.11, també afectarà fortament al cost total de producció (CTP). Tanmateix, el capital fix no és l'únic que influeix en el CTP . Tenint en compte que el cost laboral (C_{ol}) cobreix el sou de només dues persones, el factor que més compromet el CTP és el cost dels serveis auxiliars (C_{ut}) que, com mostra la Taula 9.12, és més elevat en la configuració *Absorbidor/Stripper*.

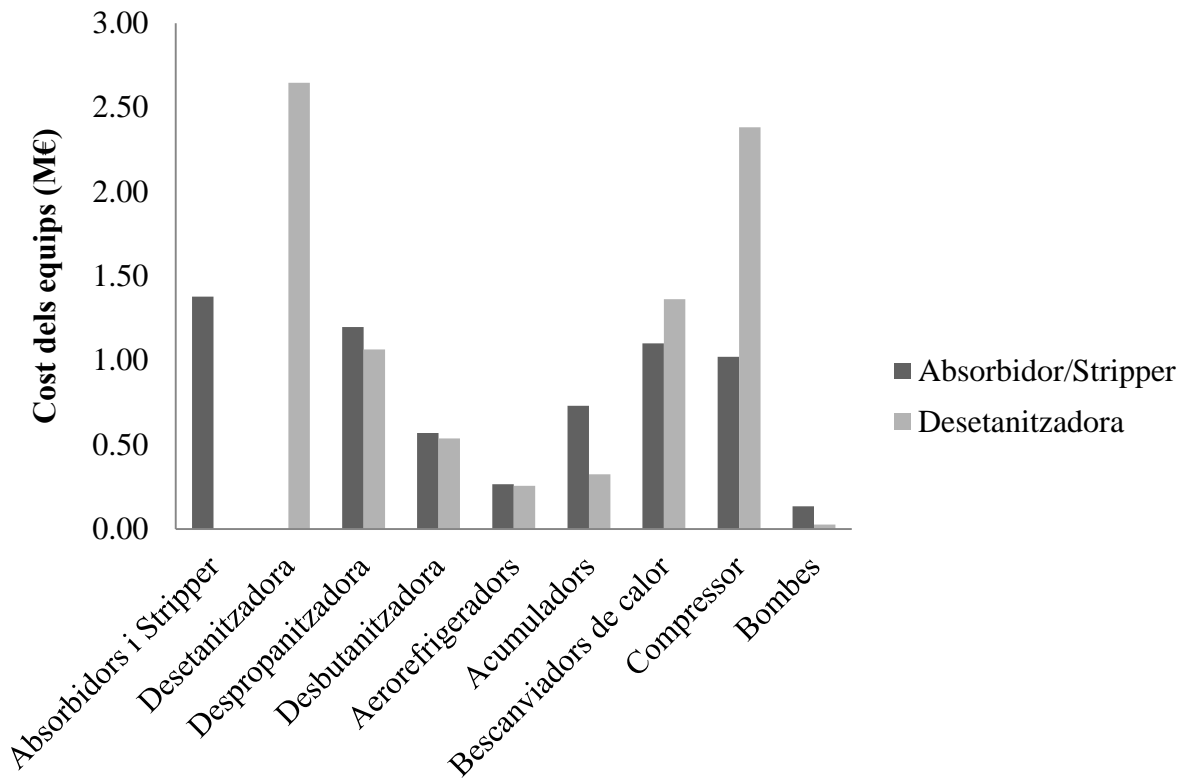


Figura 9.3. Comparativa del cost dels equips de les dues configuracions dissenyades.

La Figura 9.4 mostra que, encara que la configuració *Desetanzadora* requereixi més consum d'electricitat a causa de la tercera etapa de compressió, gasta només 0.53 M€ més en vapor de mitja i estalvia 2.16 M€ en aigua de refrigeració. Així, doncs, el balanç de costos dels serveis auxiliars afavoreix a la configuració *Desetanzadora*, sobretot, pel que fa al consum de l'aigua de refrigeració.

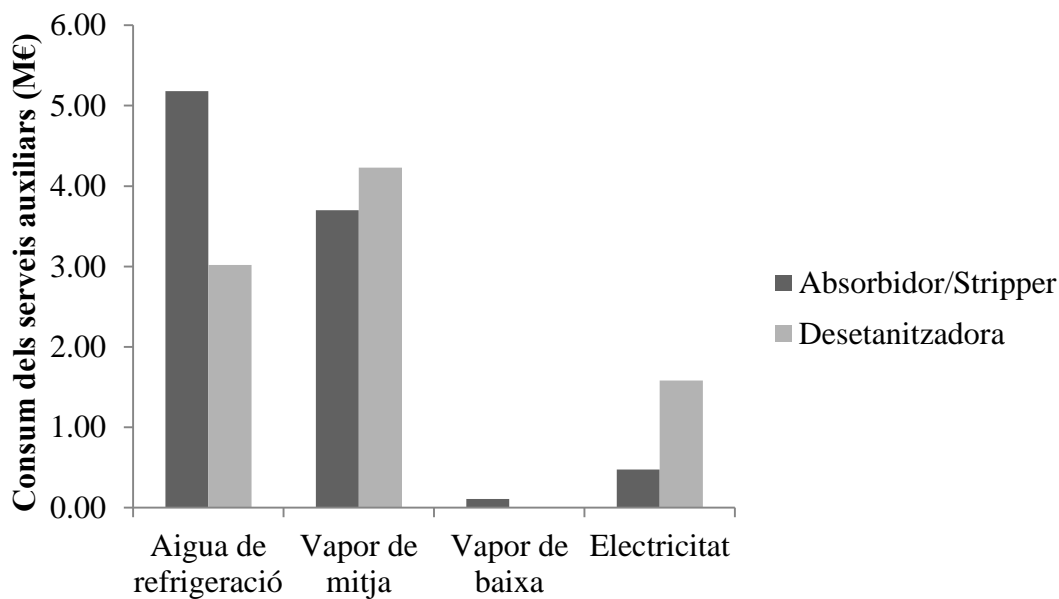


Figura 9.4. Comparativa del cost dels serveis auxiliars de les dues configuracions.

Des d'aquest escenari, amb el cost del capital fix en contra i el dels serveis auxiliars a favor de la configuració *Desetanzadora*, s'estudia com afectaria la rendibilitat de cadascuna de les configuracions en el cas que augmentés el cost de l'aigua de refrigeració. Es tria l'aigua de refrigeració perquè, com mostra la Figura 9.4, el consum d'aquest és l'únic que és superior en la configuració *Absorbidor/Stripper* que en la *Desetanzadora* i, per tant, l'únic cas en què la rendibilitat de la configuració alternativa fos millor a la de Repsol.

La Figura 9.5 mostra els resultats d'aquest estudi. No seria fins a un augment del 127% en el preu de l'aigua de refrigeració que el VAN de la configuració *Desetanzadora* seria menys negatiu que el de la configuració *Absorbidor/Stripper* i, per tant, més rendible.

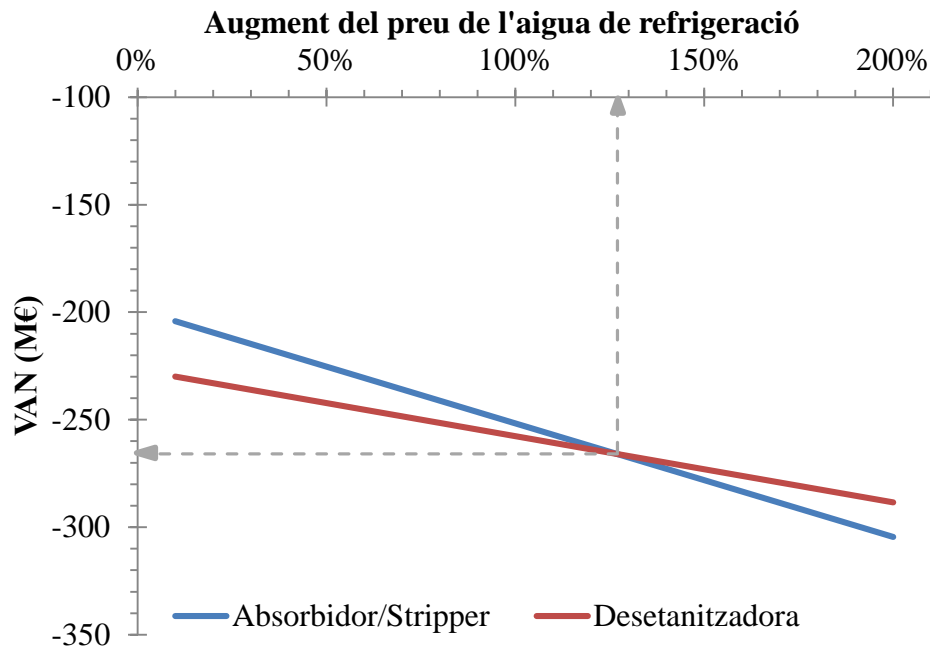


Figura 9.5. Valor Actual Net de les configuracions en funció d'un augment del cost de l'aigua de refrigeració.

Considerant la improbabilitat que el preu dels serveis auxiliars augmentin en aquesta escala, es conclou que l'opció més rendible i que millor es pot adaptar als canvis de preu dels serveis auxiliars és la configuració *Absorbidor/Stripper* utilitzada per l'empresa Repsol.

10. CONCLUSIONS

Prenent per referència la Unitat de Concentració de Gasos del complex Repsol, s'ha realitzat la simulació del procés de separació de propà, butà i nafta estabilitzada a partir d'un conjunt de dos absorbidors (AB-100 i AB-101, respectivament) i un *stripper* (S-100) -configuració *Absorbidor/Stripper*-. De manera alternativa, s'ha dissenyat una segona distribució d'equips que duu a terme la mateixa funció. En aquest cas, s'ha configurat a partir d'una columna de destil·lació desetanitzadora (T-101) -configuració *Desetanitzadora*-. Ambdues opcions s'han dissenyat partint de dades bibliogràfiques que s'han adaptat, després, a les condicions d'operació que més afavoreixen a la recuperació dels productes intermedis.

En primer lloc, la diferència principal entre les dues configuracions és la reducció d'equips que suposa la substitució del conjunt absorbidor/*stripper* per una sola columna de destil·lació. Des d'un punt de vista comparatiu i econòmic, això podria ser favorable a la configuració *Desetanitzadora* si no fos pel fet que aquest estalvi s'ha de suplir amb un augment en la pressió d'operació del sistema i que, per tant, s'ha d'afegir una tercera etapa de compressió al procés i la columna ha d'estar habilitada per operar a altes pressions. Així, doncs, un primer factor d'estudi ha estat el preu dels equips tenint en compte els seus paràmetres d'operació.

En segon lloc, la diferència entre el consum de serveis auxiliars podrien comprometre, també, econòmicament ambdues configuracions. D'aquesta manera, un segon factor d'estudi han estat les necessitats de serveis auxiliars de cadascuna de les alternatives. No obstant això, prèviament s'ha optimitzat energèticament cadascuna de les configuracions perquè els valors atenguessin a una lògica de consum adaptada. En el cas de la configuració *Absorbidor/Stripper*, el corrent calent de sortida de nafta estabilitzada s'ha integrat en el *reboiler* de la columna despropanitzadora, suposant un estalvi energètic de 10 MW. Per l'altra banda, en la configuració *Desetanitzadora* no ha estat possible cap estalvi.

Per una banda, el cost dels equips ha resultat en 2.20 milions d'euros superiors en el cas de la configuració *Desetanitzadora*. Aquest fet és determinant per l'avaluació de la rendibilitat, ja que en depèn la inversió inicial a realitzar. Així, doncs, es resol el dilema entre el nombre d'equips i el preu d'aquests a causa dels seus paràmetres d'operació a favor de la configuració *Absorbidor/Stripper*. Per l'altra banda, el consum de serveis auxiliars és superior en 0.67 milions d'euros anuals en el cas de la configuració *Absorbidor/Stripper*. Això podria suposar un desavantatge si fes que el cost d'operació anual superés al de la configuració *Desetanitzadora*.

Tenint en compte aquests dos factors, s'ha realitzat un balanç econòmic del Valor Actual Net (VAN) que determina que l'opció més rendible amb el preu actual dels serveis auxiliars és la configuració *Absorbidor/Stripper* utilitzada per l'empresa Repsol. A més a més, a partir d'un estudi de sensibilitat, es determina que ho continuaria sent fins el cas extrem en què els serveis auxiliars augmentessin més d'un 400%. En conclusió, l'opció més rendible econòmicament en qualsevol dels casos és la configuració *Absorbidor/Stripper*.

11. **BIBLIOGRAFIA**

- [1] Górak A. i Schoenmakers H. (2014). *Distillation Operations and Applications*. Amsterdam: Academic Press.
- [2] Wayne B. (2008). *Process Control. Modeling, Design, and Simulation*. Hamilton in Castleton: Pearson Education.
- [3] Couper J. R. (2003). *Process Engineering Economics*. New York: Marcel Dekker, Inc.
- [4] Turton R., Bailie R. C., Whiting W. B., Shaeiwitz J. A. (2009). *Analysis, synthesis, and design of chemical processes*. Boston: Pearson Education.
- [5] Max S., Klaus D. *Plant design and economics for chemical engineers*. McGraw Hill.
- [6] Jenkins S. (28 de maig de 2019). *2019 CEPCI Updates: March (prelim.) and April (final)*. Lloc de publicació: Chemical Engineering. New York: Access Intelligence. Recuperat de <https://www.chemengonline.com>
- [7] Protección civil (2004). *Guía técnica Análisis de riesgos en los establecimientos afectados de nivel inferior*. Recuperat el 2 de d'ctubre de 2014, de En el ámbito del Real Decreto 1254/99 (Seveso II):
<http://www.proteccioncivil.es/documents/11803/22691/Gu%C3%ADa+T%C3%A9cnica.+%C3%81n%C3%A1lisis+del+riesgo+en+los+establecimientos+afectados+de+nive.pdf>.
- [8] PABLO FREEDMAN, T. S. (Abril de 2003). *HAZOP_Como metodología de análisis de riesgos*. Recuperado el 2 de Octubre de 2014, de Biblioteca Instituto Argentino de Petroleo y del Gas: <http://biblioteca.iapg.org.ar/ArchivosAdjuntos/Petrotecnia/2003-2/Hazop.pdf>

A1. ESPECIFICACIÓ D'EQUIPS

A1.1. Especificació d'equips de la configuració Absorbidor/Stripper

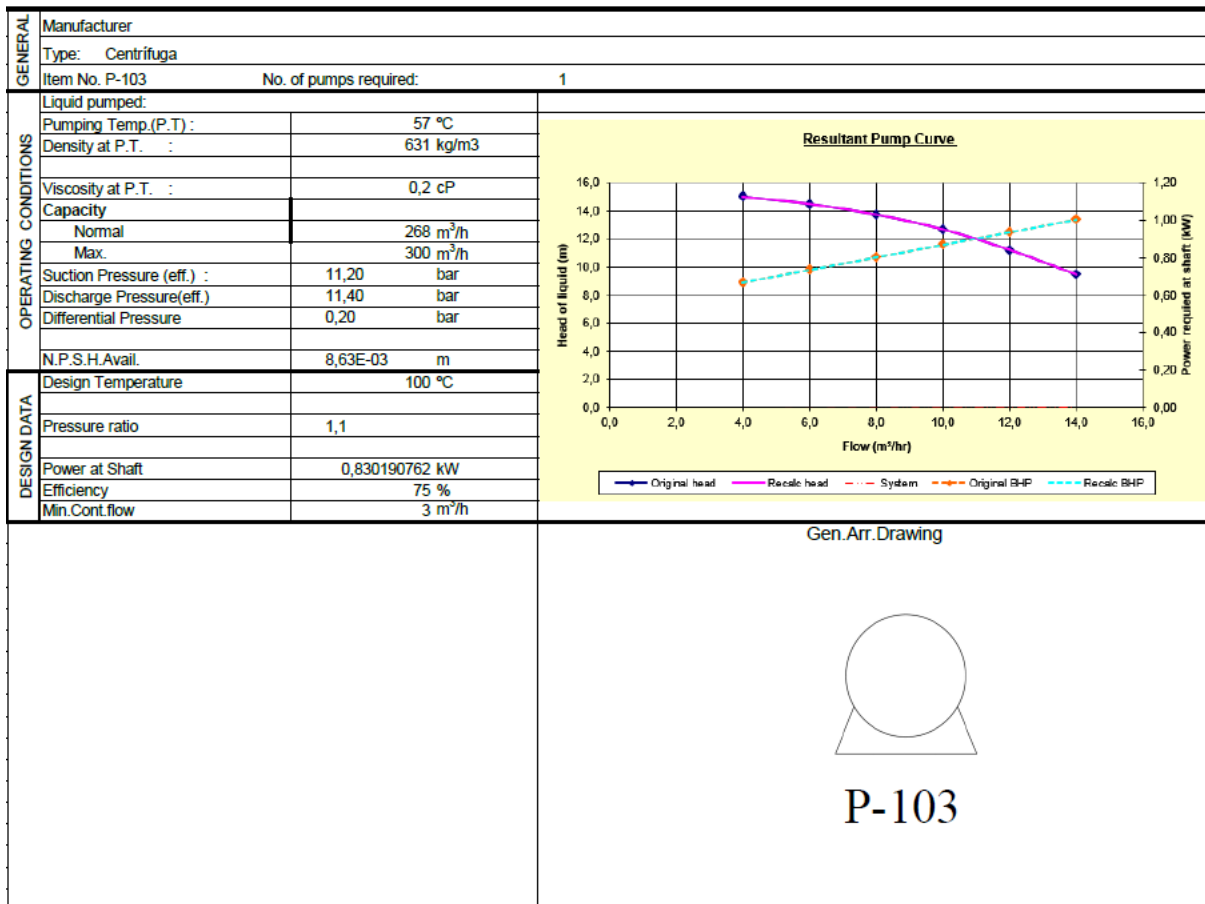


Figura A.1.1. Especificació de la bomba P-103 de la configuració Absorbidor/Stripper.

General	
Item:	E-106
service	Refredament del corrent 44
type	Carcassa i tubs
operating condition	
heat[kJ/h]	451080
inlet temperature (C)	66
outlet temperature [C]	47
Delta P [kPa]	10
Overall k [kg/hr/sqrt(kPa·kg/m3)]	925
inlet pressure (bar)	10
design data	
	Metal insulation
thicknes [m]	1,00E-02 0,03
Cp [kJ/kg·C]	0,473 0,82
density [kg/m3]	7801 520
conductivity [W/m·K]	45 0,15

Figura A.1.2. Especificació del bescanviador E-107 de la configuració Absorbidor/Stripper.

General	Item:	E-109	
	service	Refredament del corrent 42	
	type	Carcassa i tubs	
operating condition	heat[kJ/h]	3744000	
	inlet temperature (C)	97	
	outlet temperature [C]	39	
	Delta P [kPa]	10	
	Overall k [kg/hr/sqrt(kPa·kg/m3)]	3,37E+02	
design data	inlet pressure (bar)	16.7	
		Metal	insulation
	thicknes [m]	1,00E-02	0,03
	Cp [kJ/kg-C]	0,473	0,82
	density [kg/m3]	7801	520
	conductivity [W/m-K]	45	0,15

Figura A.1.3. Especificació del bescanviador E-109 de la configuració *Absorbidor/Stripper*.

General	Item:	E-108	
	service	Refredament del corrent 41	
	type	Carcassa i tubs	
operating condition	heat[kJ/h]	396000	
	inlet temperature (C)	49	
	outlet temperature [C]	39	
	Delta P [kPa]	10	
	Overall k [kg/hr/sqrt(kPa·kg/m3)]	1,91E+02	
design data	inlet pressure (bar)	16.7	
		Metal	insulation
	thicknes [m]	1,00E-02	0,03
	Cp [kJ/kg-C]	0,473	0,82
	density [kg/m3]	7801	520
	conductivity [W/m-K]	45	0,15

Figura A.1.4. Especificació del bescanviador E-108 de la configuració *Absorbidor/Stripper*.

General	Item:	E-110	
	service	Refredament del corrent 46	
	type	Carcassa i tubs	
operating condition	heat[kJ/h]	20160000	
	inlet temperature (C)	107	
	outlet temperature [C]	37	
	Delta P [kPa]	10	
	Overall k [kg/hr/sqrt(kPa·kg/m3)]	1,64E+03	
design data	inlet pressure (bar)	6,74	
		Metal	insulation
	thicknes [m]	1,00E-02	0,03
	Cp [kJ/kg-C]	0,473	0,82
	density [kg/m3]	7801	520
	conductivity [W/m-K]	45	0,15

Figura A.1.5. Especificació del bescanviador E-110 de la configuració *Absorbidor/Stripper*.

General	Item:	E-107	
	service	Refredament del corrent 45	
	type	Carcassa i tubs	
operating condition	heat[kJ/h]	314743,272	
	inlet temperature (C)	66	
	outlet temperature [C]	47	
	Delta P [kPa]	10	
	Overall k [kg/hr/sqrt(kPa·kg/m ³)]	96	
	inlet pressure (bar)	10	
design data		Metal	insulation
	thicknes [m]	1,00E-02	0,03
	Cp [kJ/kg·C]	0,473	0,82
	density [kg/m ³]	7801	520
	conductivity [W/m·K]	45	0,15

Figura A.1.6. Especificació del bescanviador E-107 de la configuració *Absorbidor/Stripper*.

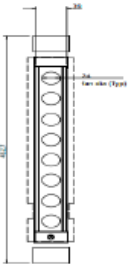
item AC-101			
service Refredar els gasos de sortida de la segona etapa de compressió			
No. of bundles per bay		1	
Effective surface area		3469	m2
OPERATING CONDITIONS. TUBE SIDE			
		Tube inside	Air side
Mass flow (kg/h)		1,80E+04	2,40E+05
inlet temperature (°C)		74	25
outlet temperature (°C)		58	29,2
vapor fraction		1	1
inlet pressure (bar)		11,3	1,013
pressure drop (kPa)		10	
max pressure drop (kPa)		25	2,00E-03
Fouling resistance (C-h-m2/kJ)		0	0
exchanged heat		9,36E+06 (kJ/h)	
UA		3,40E+05	(kJ/C-h)
design conditions			
tubes		fins	
No./Bundle:		No./inch:	
Material:		Material:	
OD BWG		OD 25,4 mm	
Length:		Thickness: 2 mm	
Pitch:		Type:	
		Nozzles	
		Size and rating (inlet/outlet) /	
Equipment mecànic		STEAM COIL	
fans		drivers	
No. 8		Steam Coil	
Draft		Yes <input checked="" type="checkbox"/> No	
Diameter 0,61		No. tubes/Bundle:	
		Material:	
		Op. Pressure (kg/cm ²)	
		OD BWG	
		Op. Temperature (°C)	
		Length:	
		Design Pressure (kg/cm ²)	
		Design Temp. (°C)	
Variable Speed		x Yes No	
SKETCH		NOTES:	
			

Figura A.1.7. Especificació de l'aerorefrigerador AC-101 de la configuració Absorbidor/Stripper.

GENERAL		Manufacturer:			
		Item:		T-101	
		Service:		Columna despropanitzadora de plats	
		Type:		de plats	
OPER. CONDIT.	Product				
	Inlet temp			32 °C	
	Op pressure			16 bar	
	Liquid Density			532 kg/m ³	
	Liquid Viscosity			0.13 cP	
	Tray Number (Bottom Tray=No.1)			36	
	Tower Inside Diameter			1.5 m	
	Tray Spacing			0.55 m	
	Tray/packed volume			0.97 m ³	
	Hold up			8.84E-02 m ³	
DESIGN DATA	Des.Pr.(eff.)			20 bar	
	Des.Temp.			100 °C	
	Vessel	Reboiler	Condenser		
	Diameter [m]	1.192933639	1.192934		
	Length [m]	1.789400458	1.7894		
	Volume [m ³]	2	2		
	Orientation	Horizontal	Horizontal		
	Stress Rel.:	x	Yes		No
	Radiograph:		Yes	x	No
	Sandblast:		Yes	x	No
	Paint:		Yes	x	No
	Insulation:		Yes	x	No
	Fireproofing:	x	Yes	x	No
	Seismic:		Yes	x	No

TOWER SKETCH

Figura A.1.9. Especificació de la columna T-101 de la configuració *Absorbidor/Stripper*.

GENERAL		Manufacturer:			
		Item:		T-100	
		Service:		Columna desbutanitzadora de plats	
		Type:		de plats	
OPER. CONDIT.	Product				
	Inlet temp			113 °C	
	Op pressure			6.7 bar	
	Liquid Density			609 kg/m ³	
	Liquid Viscosity			0.17 cP	
	Tray Number (Bottom Tray=No.1)			32	
	Tower Inside Diameter			1.5 m	
	Tray Spacing			0.55 m	
	Tray/packed volume			0.97 m ³	
	Hold up			8.84E-02 m ³	
DESIGN DATA	Des.Pr.(eff.)			10 bar	
	Des.Temp.			200 °C	
	Vessel	Reboiler	Condenser		
	Diameter [m]	1.192933639	1.192934		
	Length [m]	1.789400458	1.7894		
	Volume [m ³]	2	2		
	Orientation	Horizontal	Horizontal		
	Stress Rel.:	x	Yes		No
	Radiograph:		Yes	x	No
	Sandblast:		Yes	x	No
	Paint:		Yes	x	No
	Insulation:		Yes	x	No
	Fireproofing:	x	Yes	x	No
	Seismic:		Yes	x	No

TOWER SKETCH

Figura A.1.10. Especificació de la columna T-100 de la configuració *Absorbidor/Stripper*.

GENERAL		Manufacturer:			
		Item:		S-100	
		Service:		Columna de stripping de plats perforats	
		Type:			
OPER. CONDI.	Product				
	Inlet temp			59 °C	
	op pressure			11.4 bar	
	Liquid Density			629 kg/m ³	
	Liquid Viscosity			0.21 cP	
	Tray Number (Bottom Tray=No.1)			32	
	Tower Inside Diameter			1.5 m	
	Tray Spacing			0.55 m	
Tray/packed volume			0.97 m ³		
Hold up			8.84E-02 m ³		
DESIGN DATA	Des.Pr.(eff.)			15 bar	
	Des.Temp.			100 °C	
	Vessel	Reboiler			
	Diameter (m)	1.192933639			
	Length (m)	1.789400458			
	Volume (m ³)	2			
	Orientation	Horizontal			
	Stress Rel.	x	Yes		No
	Radiograph:		Yes	x	No
	Sandblast:		Yes	x	No
	Paint:		Yes	x	No
	Insulation:		Yes	x	No
	Fireproofing:	x	Yes		No
	Seismic:		Yes	x	No

TOWER SKETCH

Figura A.1.11. Especificació de la columna S-100 de la configuració Absorbidor/Stripper.

GENERAL		Manufacturer:			
		Item:		AB-100	
		Service:		Columna d'absorció primària de plats	
		Type:			
OPER. CONDI.	Product				
	Temper.			50 °C	
	Pressure			10 bar	
	Liquid Density			691 kg/m ³	
	Liquid Viscosity			0.33 cP	
	Tray Number (Bottom Tray=No.1)			38	
	Tower Inside Diameter			1.5 m	
	Tray Spacing			0.5 m	
Tray/packed volume			0.88 m ³		
Hold up			8.84E-02 m ³		
DESIGN DATA	Des.Pr.(eff.)			15 bar	
	Des.Temp.			100 °C	
	Stress Rel.	x	Yes		No
	Radiograph:		Yes	x	No
	Sandblast:		Yes	x	No
	Paint:		Yes	x	No
	Insulation:		Yes	x	No
	Fireproofing:	x	Yes		No
	Seismic:		Yes	x	No

TOWER SKETCH

Figura A.1.12 Especificació de la columna AB-100 de la configuració Absorbidor/Stripper.

GENERAL	Item:	C-100	Separador de la fase líquida que pugui haver-hi a l'alimentació			
	Service:					
	Type of roof:					
OPERAT. COND.	Capacity					
	Operating Pressure		1,60	Bar		
	Operating Temperature		48	°C		
	Liquid Density		614	kg/m ³		
	Inlet flow		30,5	m ³ /h		
DESIGN DATA	Outlet flow		30,5	m ³ /h		
	Design Pressure (eff.)		5	bar		
	Design Temperature		100	°C		
	Stress Relieve:		Yes	Parts:	x	No
	Insulation:		Yes	Thickness (mm.):	x	No
	Fireproofing:		Yes	Thickness (mm.):	x	No
	Sandblast:	x	Yes	Grade:	x	No
	Paint:	x	Yes	Parts:		No
	Volume [m ³]			429,57834	m ³	
	Diameter [m]			9,3615534	m	
	Height [m]			9,3615534	m	
	Liq percent level			50	%	




Figura A.1.13 Especificació del dipòsit C-100 de la configuració Absorbidor/Stripper.

GENERAL	Item:	C-102	Separador trifàsic; Fase aquosa, orgànica i gasosa.			
	Service:					
	Type of roof:					
OPERAT. COND.	Capacity					
	Operating Pressure		11,20	Bar		
	Operating Temperature		60	°C		
	Liquid Density		636	kg/m ³		
	Inlet flow		2310	m ³ /h		
DESIGN DATA	Outlet flow		2310	m ³ /h		
	Design Pressure (eff.)		15	bar		
	Design Temperature		100	°C		
	Stress Relieve:		Yes	Parts:	x	No
	Insulation:		Yes	Thickness (mm.):	x	No
	Fireproofing:		Yes	Thickness (mm.):	x	No
	Sandblast:	x	Yes	Grade:	x	No
	Paint:	x	Yes	Parts:		No
	Volume [m ³]			192,51203	m ³	
	Diameter [m]			7,1639589	m	
	Height [m]			7,1639589	m	
	Liq percent level			50	%	

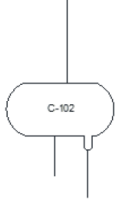


Figura A.1.14 Especificació del dipòsit C-102 de la configuració Absorbidor/Stripper.

General	Item:	K-100B				
	Service:	Segona etapa de compressió				
SERVICE	Manufacturer:					
	Quantity:	1				
	Type:	Alternatiu				
	Aspiration composition					
	Methane		3	%		
	Ethane		17	%		
	Propane		33	%		
	i-Butane		11	%		
	n-Butane		19,5	%		
	n-Hexane		4	%		
	Water		3,7	%		
	Molecular wt.		47,5	kg/kmol		
	Density		6,6	kg/m ³		
	Viscosity		8,86E-03	cP		
	Op/Cv		1,1332521			
Suction Conditions	Weight Flow		15301	kg/h		
	Volume Flow		2082	Nm ³ /h		
	Pressure		3,4	bar		
	Temperature		44	°C		
	Discharge Conditions	Pressure		11,36	bar	
		Diff. Pressure		7,96	bar	
		Estim. Mechanical Efficiency		75	%	
Power (including Gear Loss)			321	kW		
Friction Loss Factor [kg-m ² /s]			6,00E-03	s ⁻¹		
DESIGN DATA	Rotational Inertia		6	[kg-m ²]		
	Radius of Gyration [m]		0,2	m		
	Mass [kg]		150	kg		
	Motor inertia		1000	kg/m ²		
Nozzle Diameter			5,00E-02	m		

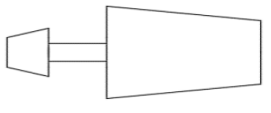


Figura A.1.15 Especificació del compressor K-100B, de la configuració Absorbidor/Stripper.

General	Item:	K-100A	
	Service:	Primera etapa de compressió	
SERVICE	Manufacturer:	-	
	Quantity:	1	
	Type:	Centrifug	
	Aspiration composition		
	Methane	2,8 %	
	Ethane	9,8 %	
	Propane	24 %	
	i-Butane	11 %	
	n-Butane	28 %	
	n-Hexane	8,2 %	
Water	3,7 %		
Molecular wt.	53,41	kg/kmol	
Density	3,31	kg/m ³	
Viscosity	8,35E-03	cP	
Cp/Cv	1,1		
DESIGN DATA	Suction Conditions		
	Weight Flow	17016,44	kg/h
	Volume Flow	30,5	Nm ³ /h
	Pressure	1,6	bar
	Temperature	48,3	°C
	Discharge Conditions		
	Pressure	3,5	bar
	Dif. Pressure	1,9	bar
	Estim. Mechanical Efficiency	75	%
	Power (including Gear Loss)	251	kW
Friction Loss Factor [kg-m ² /s]	6,00E-03	s ⁻¹	
Rotational Inertia	6	[kg-m ²]	
Radius of Gyration [m]	0,2	m	
Mass [kg]	150	kg	
Motor inertia	1000	kg/m ²	
Diameter	5	mm	

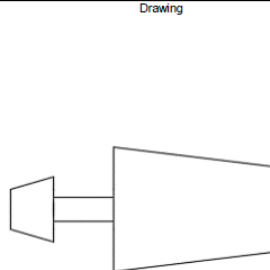
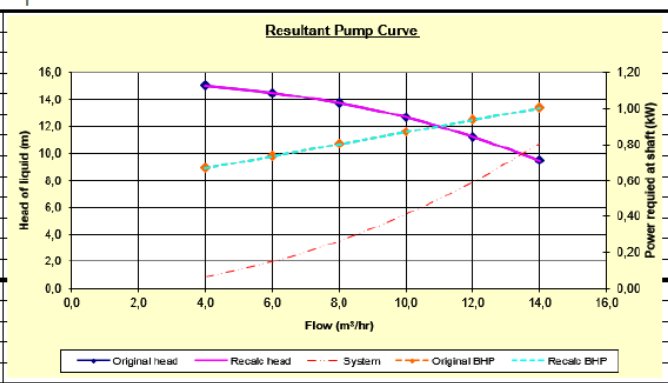
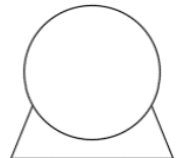


Figura A.1.16 Especificació del compressor K-100A, de la configuració Absorbidor/Stripper.

GENERAL	Manufacturer	
	Type:	Centrifuga
OPERATING CONDITIONS	Item No. P-102	No. of pumps required: 1
	Liquid pumped:	
	Pumping Temp.(P.T.) :	30,37 °C
	Density at P.T. :	531 kg/m ³
	Viscosity at P.T. :	0,13 cP
	Capacity	
	Normal	64 m ³ /h
	Max.	100 m ³ /h
	Suction Pressure (eff.) :	6,70 bar
	Discharge Pressure (eff.) :	16,00 bar
Differential Pressure	9,30 bar	
N.P.S.H.Avail.	8,70E+00 m	
DESIGN DATA	Design Temperature	100 °C
	Pressure ratio	2,73
	Power at Shaft	28,58 kW
	Efficiency	75 %
	Min.Cont.flow	20 m ³ /h



Gen. Arr. Drawing



P-102

Figura A.1.17 Especificació de la bomba P-102, de la configuració Absorbidor/Stripper.

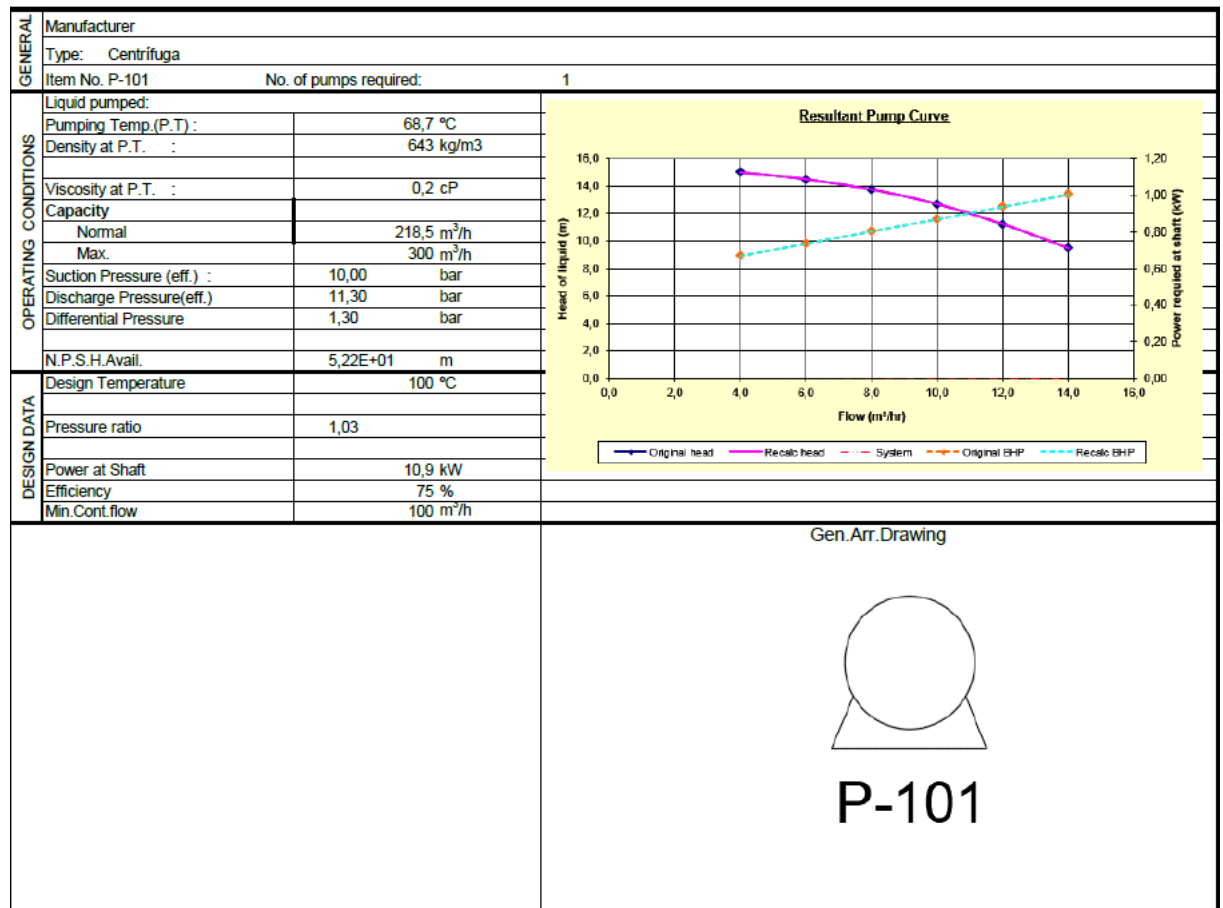


Figura A.1.18 Especificació de la bomba P-101 de la configuració *Absorbidor/Stripper*.

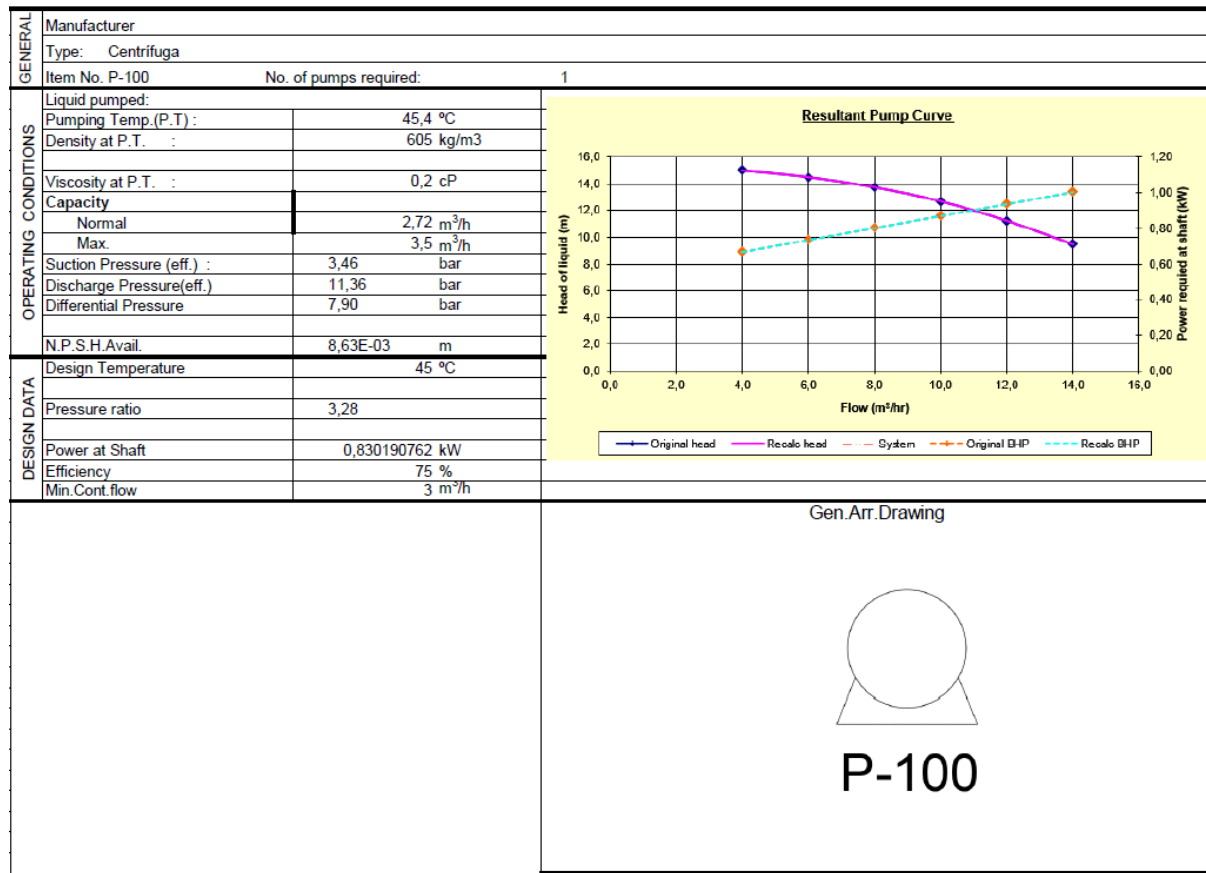


Figura A.1.19 Especificació de la columna de la bomba P-100, de la configuració Absorbidor/Stripper.

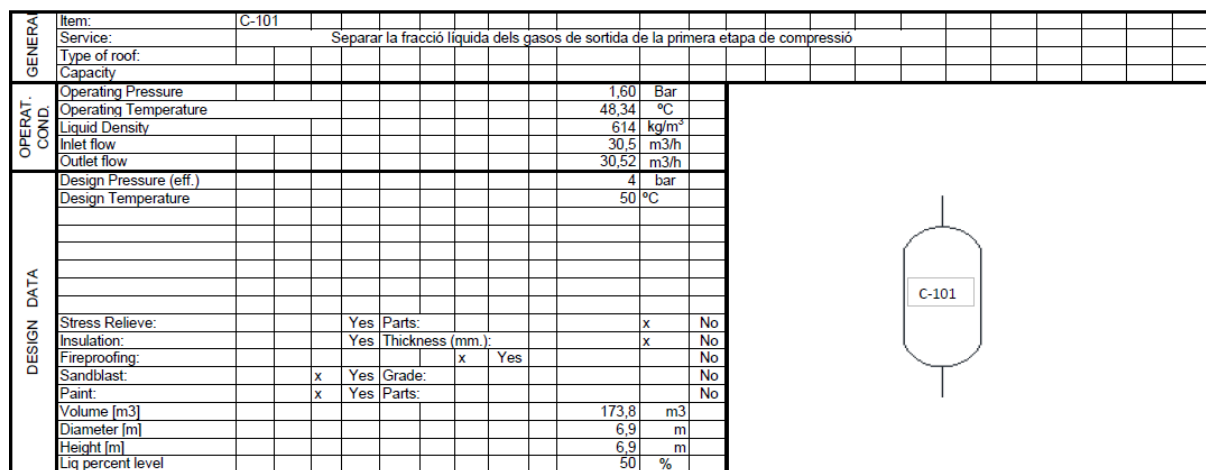


Figura A.1.20. Especificació del dipòsit separador C-101, de la configuració Absorbidor/Stripper.

GENERAL	Manufacturer:				
	Item:		AB-101		
	Service:		Columna d'absorció secundària		
	Type:		de plats		
OPER. CONDT.	Product				
	Inlet temp		50 °C		
	Op pressure		10 bar		
	Liquid Density		791 kg/m ³		
	Liquid Viscosity		1,38 cP		
	Tray Number (Bottom Tray=No.1)		36		
	Tower Inside Diamenter		1,5 m		
	Tray Spacing		0,5 m		
	Tray/packed volume		0,88 m ³		
	Hold up		8,84E-02 m ³		
DESIGN DATA	Des.Pr.(eff.)		15 bar		
	Des.Temp.		100 °C		
Stress Rel.:		x	Yes		No
Radiograph:			Yes	x	No
Sandblast:			Yes	x	No
Paint:			Yes	x	No
Insulation:			Yes	x	No
Fireproofing:		x	Yes		No
Seismic:			Yes	x	No

TOWER SKETCH

Figura A.1.21. Especificació de la columna de AB-101 de la configuració Absorbidor/Stripper.

A1.2. Especificació d'equips de la configuració Desetanyadora

General	Item:		E-103	
	service		refredament del corrent 34	
	type		Carcassa i tubs	
operating condition	heat[MW]		5,7	
	inlet temperature (C)		108	
	outlet temperature [C]		38	
	Delta P [kPa]		10	
	Overall k [kg/hr/sqrt(kPa-kg/m3)]		1647	
	inlet pressure (bar)		4,4	
design data			Metal	insulation
	thicknes [m]		1,00E-02	0,03
	Cp [kJ/kg-C]		0,473	0,82
	density [kg/m3]		7801	520
	conductivity [W/m-K]		45	0,15

Figura A.1.22. Especificació d'equips del bescanviador E-103 de la configuració desetanyadora.

General	Item:		E-102	
	service		refredament del corrent 32	
	type		Carcassa i tubs	
operating condition	heat[MW]		1,1	
	inlet temperature (C)		96	
	outlet temperature [C]		39	
	Delta P [kPa]		10	
	Overall k [kg/hr/sqrt(kPa-kg/m3)]		346	
	inlet pressure (bar)		16	
design data			Metal	insulation
	thicknes [m]		1,00E-02	0,03
	Cp [kJ/kg-C]		0,473	0,82
	density [kg/m3]		7801	520
	conductivity [W/m-K]		45	0,15

Figura A.1.23. Especificació del bescanviador E-102 de la configuració desetanyadora.

General	Item:	E-101	
	service	refredament del corrent 30	
	type	Carcassa i tubs	
operating condition	heat[MW]	4,91E-02	
	inlet temperature [C]	42	
	outlet temperature [C]	37	
	Delta P [kPa]	10	
	Overall k [kg/hr/sqrt(kPa-kg/m3)]	168	
design data	inlet pressure (bar)	16	
		Metal	insulation
	thicknes [m]	1,00E-02	0,03
	Cp [kJ/kg-C]	0,473	0,82
	density [kg/m3]	7801	520
	conductivity [W/m-K]	45	0,15

Figura A.1.24. Especificació del bescanviador E-101 de la configuració *desetanyadora*.

General	Item:	E-100	
	service	refredament del corrent 18	
	type	Carcassa i tubs	
operating condition	heat[MW]	3,54	
	inlet temperature [C]	146	
	outlet temperature [C]	108	
	Delta P [kPa]	10	
	Overall k [kg/hr/sqrt(kPa-kg/m3)]	1702	
design data	inlet pressure (bar)	4,5	
		Metal	insulation
	thicknes [m]	1,00E-02	0,03
	Cp [kJ/kg-C]	0,473	0,82
	density [kg/m3]	7801	520
	conductivity [W/m-K]	45	0,15

Figura A.1.25. Especificació del bescanviador E-100 de la configuració *desetanyadora*.

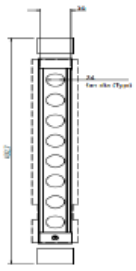
1	item	AC-102	
2	service	Refredar els gasos de la tercera etapa de compressió	
3	No. of bundles per bay	1	
4	Effective surface area	567	m2
5			
6			
7	OPERATING CONDITIONS. TUBE SIDE		
8			
9		Tube inside	Air side
10	Mass flow (kg/h)	3,74E+04	4,38E+04
11	inlet temperature (°C)	94	25
12	outlet temperature (°C)	76	29,2
13	vapor fraction	1	1
14	inlet pressure (bar)	39	1,013
15	pressure drop (kPa)	10	
16	max pressure drop (kPa)	25	2,00E-03
17	Fouling resistance (C-h-m2/kJ)	0	0
18	exchanged heat	6,12E+06 (kJ/h)	
19	UA	1,33E+05	(kJ/C-h)
20	design conditions		
21			
22			
23			
24			
25	tubes	fins	header
26	No./Bundle:	No./inch:	Material:
27	Material:	Material: Carbon steel	No. Rows: 4
28	OD BWG	OD 25,4 mm	No. Passes: 1
29	Length:		No. Tubes 89
30	Pitch:		Nozzles
31			Size and rating (inlet/outlet) /
32	Equipament mecànic		STEAM COIL
33	fans	drivers	Steam Coil <input type="checkbox"/> Yes <input checked="" type="checkbox"/> No
34	No. 8		No. tubes/Bundle: Steam (kg/h)
35	Draft		Material: Op. Pressure (kg/cm ²)
36	Diameter 0,61		OD BWG Op. Temperature (°C)
		fin frequency 433	Length: Design Pressure (kg/cm ²)
1			Design Temp. (°C)
2	Variable Speed <input checked="" type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No		
3			NOTES:
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			

Figura A.1.28. Especificació de l'aerorefrigerador AC-102 de la configuració desetanyadora.

GENERAL		Manufacturer:				
		Item:		T-100		
		Service:		Desbutanitzadora		
		Type:		de plats perforats		
OPER. CONDIT.	Product					
	Inlet temperature			56 °C		
	Op pressure			4,5 bar		
	Liquid Density			540 kg/m ³		
	Liquid Viscosity			0,12 cP		
	Tray Number (Bottom Tray=No.1)			30		
	Tower Inside Diameter			1,5 m		
	Tray Spacing			0,65 m		
Traypacked volume			0,97 m ³			
Hold up			8,84E-02 m ³			
DESIGN DATA	Des.Pr.(eff.)				10 bar	
	Des.Temp.				100 °C	
	Vessel		Reboiler	Condenser		
	Diameter (m)		1,192933639	1,192934		
	Length (m)		1,789400458	1,7894		
	Volume (m ³)		2	2		
	Orientation		Horizontal	Horizontal		
	Stress Rel.:		x	Yes		No
	Radiograph:			Yes	x	No
	Sandblast:			Yes	x	No
	Paint:			Yes	x	No
	Insulation:			Yes	x	No
	Fireproofing:		x	Yes		No
	Seismic:			Yes	x	No

TOWER SKETCH

Figura A.1.29. Especificació de la columna T-100 de la configuració desetanitzadora.

GENERAL		Manufacturer:				
		Item:		T-101		
		Service:		Desetanitzadora		
		Type:		de plats perforats		
OPER. CONDIT.	Product					
	Inlet temperature			79 °C		
	Op pressure			38 bar		
	Liquid Density			294 kg/m ³		
	Liquid Viscosity			4,72E-02 cP		
	Tray Number (Bottom Tray=No.1)			25		
	Tower Inside Diameter			2,5 m		
	Tray Spacing			0,55 m		
Traypacked volume			0,97 m ³			
Hold up			8,84E-02 m ³			
DESIGN DATA	Des.Pr.(eff.)				40 bar	
	Des.Temp.				100 °C	
	Vessel		Reboiler	Condenser		
	Diameter (m)		1,192933639	1,192933639		
	Length (m)		1,789400458	1,789400458		
	Volume (m ³)		2	2		
	Orientation		Horizontal	Horizontal		
	Stress Rel.:		x	Yes		No
	Radiograph:			Yes	x	No
	Sandblast:			Yes	x	No
	Paint:			Yes	x	No
	Insulation:			Yes	x	No
	Fireproofing:		x	Yes		No
	Seismic:			Yes	x	No

TOWER SKETCH

Figura A.1.30. Especificació de la columna T-101 de la configuració desetanitzadora.

GENERAL		Manufacturer:				
		Item:		T-102		
		Service:		Desopropanitzadora		
		Type:		de plats perforats		
OPER. CONDIT.	Product					
	Inlet temperature			122 °C		
	Op pressure			16 bar		
	Liquid Density			464 kg/m ³		
	Liquid Viscosity			8,75E-02 cP		
	Tray Number (Bottom Tray=No.1)			36		
	Tower Inside Diameter			1,5 m		
	Tray Spacing			0,55 m		
Traypacked volume			0,97 m ³			
Hold up			8,84E-02 m ³			
DESIGN DATA	Des.Pr.(eff.)				20 bar	
	Des.Temp.				100 °C	
	Vessel		Reboiler	Condenser		
	Diameter (m)		1,192933639	1,192933639		
	Length (m)		1,789400458	1,789400458		
	Volume (m ³)		2	2		
	Orientation		Horizontal	Horizontal		
	Stress Rel.:		x	Yes		No
	Radiograph:			Yes	x	No
	Sandblast:			Yes	x	No
	Paint:			Yes	x	No
	Insulation:			Yes	x	No
	Fireproofing:		x	Yes		No
	Seismic:			Yes	x	No

TOWER SKETCH

Figura A.1.31 Especificació de la columna T-102 de la configuració desetanitzadora.

GENERAL	Item:	C-100			
	Service:	Separador de la fase líquida que pugui haver-hi a l'alimentació			
	Type of roof:				
OPERAT. COND.	Capacity				
	Operating Pressure		1,60	Bar	
	Operating Temperature		48	°C	
	Liquid Density		614	kg/m ³	
	Inlet flow		30,5	m ³ /h	
	Outlet flow		30,5	m ³ /h	
DESIGN DATA	Design Pressure (eff.)		5	bar	
	Design Temperature		100	°C	
	Stress Relieve:		Yes	Parts:	x No
	Insulation:		Yes	Thickness (mm.):	x No
	Fireproofing:			x	Yes No
	Sandblast:	x	Yes	Grade:	No
	Paint:	x	Yes	Parts:	No
	Volume [m ³]		429,57834	m ³	
	Diameter [m]		9,3615534	m	
	Height [m]		9,3615534	m	
Liq percent level		50	%		

C-100

Figura A.1.32. Especificació del separador C-100 de la configuració *desetanitzadora*.

GENERAL	Manufacturer		
	Type: Centrífuga		
	Item No. P-100	No. of pumps required:	1
OPERATING CONDITIONS	Liquid pumped:		
	Pumping Temp.(P.T) :	60	°C
	Density at P.T. :	498	kg/m ³
	Viscosity at P.T. :	0,13	cP
	Capacity		
	Normal	11,4	m ³ /h
	Max.	14	m ³ /h
	Suction Pressure (eff.) :	16,40	bar
	Discharge Pressure(eff.) :	38,40	bar
	Differential Pressure	22,00	bar
N.P.S.H Avail.	1,60E-01	m	
DESIGN DATA	Design Temperature	50	°C
	Pressure ratio	2,6	
	Power at Shaft	10,3	kW
	Efficiency	75	%
	Min.Cont.flow	0,5	m ³ /h

Gen. Arr. Drawing

P-100

Figura A.1.33. Especificació de la bomba P-100 de la configuració *desetanitzadora*.

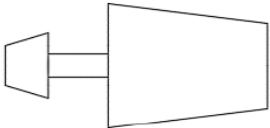
General	Item:	K-100A	
	Service:	Primera etapa de compressió	
	Quantity	1	
	Type:	alternatiu	
SERVICE	Aspiration composition		
	Methane	2,8 %	
	Ethane	9,8 %	
	Propane	24 %	
	i-Butane	11 %	
	n-Butane	28 %	
	n-Hexane	8,2 %	
	Water	3,7 %	
	Molecular wt.	53,41	kg/kmol
	Density	3,31	kg/m ³
	Viscosity	1,00E+00	cP
	Cp/Cv	1,1	
	Suction Conditions		
	Weight Flow	17016,44	kg/h
	Volume Flow	30,5	Nm ³ /h
Pressure	1,6	bar	
Temperature	48,3	°C	
Discharge Conditions			
Pressure	4,6	bar	
Dif. Pressure	3	bar	
Estim. Mechanical Efficiency	75	%	
Power (including Gear Loss)	332	kW	
Friction Loss Factor [kg-m ² /s]	6,00E-03	s ⁻¹	
DESIGN DATA	Rotational Inertia	8	[kg-m ²]
	Radius of Gyration [m]	0,2	m
	Mass [kg]	150	kg
	Motor inertia	1000	kg/m ²
	Nozzle diameter	5,00E-02	m
Drawing			
			

Figura A.1.34. Especificació del compressor de primera etapa K-100A de la configuració *desetanitzadora*.

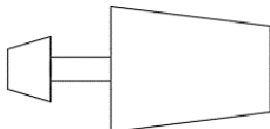
General	Item:	K-100B	
	Service:	Segona etapa de compressió	
	Quantity	1	
	Type:	alternatiu	
SERVICE	Aspiration composition		
	Methane	8 %	
	Ethane	10 %	
	Propane	28 %	
	i-Butane	12,8 %	
	n-Butane	22 %	
	hydrogen	14 %	
	Water	3,7 %	
	Molecular wt.	53,41	kg/kmol
	Density	10,3	kg/m ³
	Viscosity	1,03E-02	cP
	Cp/Cv	1,16	
	Suction Conditions		
	Weight Flow	43975	kg/h
	Volume Flow	76,3	Nm ³ /h
Pressure	4,5	bar	
Temperature	49	°C	
Discharge Conditions			
Pressure	13,5	bar	
Dif. Pressure	9	bar	
Estim. Mechanical Efficiency	75	%	
Power (including Gear Loss)	1129	kW	
Friction Loss Factor [kg-m ² /s]	6,00E-03	s ⁻¹	
DESIGN DATA	Rotational Inertia	6	[kg-m ²]
	Radius of Gyration [m]	0,2	m
	Mass [kg]	150	kg
	Motor inertia	1000	kg/m ²
	Nozzle diameter	5,00E-02	m
Drawing			
			

Figura A.1.35. Especificació del compressor de segona etapa K-100B de la configuració *desetanitzadora*.

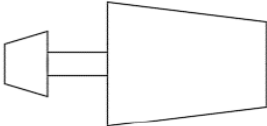
General	Item:	K-100C		
	Service:	Tercera etapa de compressió		
	Quantity	1		
	Type:	alternatiu		
SERVICE	Aspiration composition			Drawing 
	Methane		8 %	
	Ethane		10 %	
	Propane		28 %	
	i-Butane		12.8 %	
	n-Butane		22 %	
	hydrogen		14 %	
	Water		3.7 %	
	Molecular wt.		38.4 kg/kmol	
	Density		36 kg/m ³	
	Viscosity		1.03E-02 cP	
	Cp/Cv		1.18	
	Suction Conditions			
	Weight Flow		37425.54 kg/h	
	Volume Flow		76.3 Nm ³ /h	
	Pressure		13.4 bar	
	Temperature		61 °C	
	Discharge Conditions			
Pressure		38.4 bar		
Dif. Pressure		25 bar		
Estim. Mechanical Efficiency		75 %		
Power (including Gear Loss)		814 kW		
Friction Loss Factor [kg-m ² /s]		6.00E-03 s ⁻¹		
DESIGN DATA	Rotational Inertia		6 [kg-m ²]	
	Radius of Gyration [m]		0.2 m	
	Mass [kg]		150 kg	
	Motor inertia		1000 kg/m ²	
	Noozle diameter		5.00E-02 m	

Figura A.1.36. Especificació del compressor de tercera etapa K-100C de la configuració desetanitzadora.

A2. BALANÇ DE MATÈRIA

A2.1. Balanç de matèria de la configuració Absorbidor/Stripper

Taula A.2.1 Balanç de matèria de la Unitat de Concentració de Gasos amb la configuració *Absorbidor/Stripper*.

Fracció màssica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Metà	0.012	0.000	0.000	0.000	0.115	0.091	0.000	0.063	0.001	0.000	0.035	0.008
Età	0.070	0.019	0.003	0.000	0.023	0.204	0.000	0.304	0.017	0.000	0.125	0.055
Propà	0.211	0.193	0.086	0.001	0.729	0.227	0.000	0.633	0.109	0.000	0.318	0.197
i-Butà	0.096	0.230	0.218	0.012	0.000	0.154	0.000	0.000	0.267	0.082	0.343	0.124
n-Butà	0.215	0.548	0.682	0.002	0.000	0.149	0.451	0.000	0.569	0.031	0.145	0.304
i-Pentà	0.103	0.004	0.010	0.019	0.000	0.039	0.549	0.000	0.003	0.000	0.010	0.098
n-Pentà	0.095	0.000	0.001	0.003	0.000	0.039	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.068
n-Hexà	0.184	0.000	0.000	0.277	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.132
Propè	0.000	0.000	0.000	0.017	0.024	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Etilè	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Àcid sulfhídric	0.000	0.000	0.000	0.000	0.093	0.024	0.000	0.000	0.034	0.000	0.000	0.000
Aigua	0.015	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.012
Hidrogen	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0.073	0.000	0.000	0.000	0.000	0.019	0.000
Pseudocomponents NBP	0.000	0.000	0.000	0.669	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.887	0.000	0.000
Fracció de vapor	1.000	1.000	0.000	0.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.000	0.000	1.000	1.000
Temperatura (°C)	50.0	50.0	43.0	50.0	97.0	44.0	45.0	45.0	43.0	43.0	45.0	48.3
Pressió (bar)	1.6	5.4	20.6	14.3	11.3	13.3	1.9	15.3	15.4	12.8	11.8	1.6
Cabal màssic (t·h⁻¹)	12.2	4.04	7.29	106	4.96	1.29	0.735	2.39	2.87	25.9	7.44	17.0

Taula A.2.1. (cont.) Balanç de matèria de la Unitat de Concentració de Gasos amb la configuració *Absorbidor/Stripper*.

Fracció massica	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Metà	0.008	0.008	0.008	0.009	0.000	0.009	0.097	0.000	0.007	0.007	0.008	0.058
Età	0.055	0.055	0.055	0.061	0.004	0.061	0.128	0.004	0.039	0.039	0.042	0.214
Propà	0.197	0.197	0.197	0.215	0.040	0.215	0.628	0.040	0.117	0.117	0.125	0.373
i-Butà	0.124	0.124	0.124	0.132	0.056	0.132	0.023	0.056	0.047	0.047	0.058	0.102
n-Butà	0.304	0.304	0.304	0.318	0.182	0.318	0.022	0.182	0.050	0.050	0.054	0.075
i-Pentà	0.098	0.098	0.098	0.095	0.125	0.095	0.006	0.125	0.022	0.022	0.022	0.016
n-Pentà	0.068	0.068	0.068	0.064	0.107	0.064	0.006	0.107	0.009	0.009	0.009	0.005
n-Hexà	0.132	0.132	0.132	0.097	0.449	0.097	0.000	0.449	0.176	0.176	0.169	0.040
Propè	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.014	0.000	0.008	0.008	0.007	0.024
Etilè	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002
Àcid sulfhídric	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.057	0.000	0.008	0.008	0.008	0.034
Aigua	0.012	0.012	0.012	0.009	0.037	0.009	0.000	0.037	0.002	0.002	0.002	0.009
Hidrogen	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.016	0.000	0.001	0.001	0.002	0.012
Pseudocomponents NBP	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.514	0.514	0.494	0.035
Fracció de vapor	1.000	1.000	0.916	1.000	0.000	1.000	1.000	0.000	0.261	0.195	0.259	1.000
Temperatura (°C)	48.3	79.0	45.4	45.4	45.4	94.5	71.7	45.9	74.2	58.2	57.9	57.9
Pressió (bar)	1.6	3.6	3.5	3.5	3.5	11.4	11.3	11.4	11.3	11.2	11.2	11.2
Cabal màssic (t·h⁻¹)	17.0	17.0	17.0	15.3	1.72	15.3	8.64	1.72	184	184	191	23.9

Taula A.2.1. (cont.) Balanç de matèria de la Unitat de Concentració de Gasos amb la configuració *Absorbidor/Stripper*.

Fracció màssica	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Metà	0.001	0.000	0.000	0.144	0.001	0.001	0.001	0.001	0.018	0.000	0.000	0.000
Età	0.018	0.000	0.000	0.352	0.014	0.014	0.017	0.017	0.273	0.000	0.000	0.000
Propà	0.090	0.000	0.001	0.006	0.061	0.061	0.090	0.090	0.338	0.073	0.338	0.000
i-Butà	0.052	0.000	0.026	0.090	0.035	0.035	0.062	0.062	0.105	0.059	0.266	0.003
n-Butà	0.051	0.000	0.008	0.019	0.018	0.018	0.085	0.085	0.108	0.084	0.357	0.009
i-Pentà	0.023	0.000	0.015	0.017	0.015	0.015	0.022	0.022	0.013	0.023	0.009	0.026
n-Pentà	0.009	0.000	0.002	0.002	0.003	0.003	0.009	0.009	0.004	0.009	0.000	0.012
n-Hexà	0.188	0.000	0.223	0.068	0.202	0.202	0.177	0.177	0.034	0.187	0.000	0.238
Propè	0.005	0.000	0.013	0.147	0.007	0.007	0.005	0.005	0.020	0.004	0.017	0.000
Etilè	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000
Àcid sulfhídric	0.004	0.001	0.000	0.045	0.003	0.003	0.004	0.004	0.045	0.001	0.006	0.000
Aigua	0.000	0.999	0.000	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.000	0.000	0.000
Hidrogen	0.000	0.000	0.000	0.032	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
Pseudocomponents NBP	0.559	0.000	0.711	0.062	0.640	0.640	0.527	0.527	0.031	0.561	0.007	0.712
Fracció de vapor	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000
Temperatura (°C)	57.9	57.9	48.6	54.2	65.4	65.5	57.0	57.0	63.3	113.5	31.1	165.4
Pressió (bar)	11.2	11.2	12.8	10.0	10.0	11.3	11.2	11.4	11.4	11.4	6.8	6.8
Cabal màssic (t·h⁻¹)	167	0.075	131	8.64	147	147	177	177	11.2	166	35.8	130

Taula A.2.1. (cont.) Balanç de matèria de la Unitat de Concentració de Gasos amb la configuració *Absorbidor/Stripper*.

Fracció massica	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51
Metà	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.168	0.001	0.000	0.168	0.001	0.000	0.000	0.000
Età	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.404	0.008	0.000	0.404	0.008	0.001	0.000	0.000
Propà	0.000	0.000	0.340	0.340	0.901	0.026	0.000	0.006	0.000	0.000	0.006	0.000	0.901	0.026	0.000
i-Butà	0.000	0.000	0.267	0.267	0.037	0.395	0.000	0.092	0.013	0.003	0.092	0.013	0.037	0.395	0.003
n-Butà	0.000	0.000	0.359	0.359	0.014	0.552	0.000	0.018	0.003	0.009	0.018	0.003	0.014	0.552	0.009
i-Pentà	0.000	0.000	0.010	0.010	0.000	0.015	0.000	0.013	0.006	0.026	0.013	0.006	0.000	0.015	0.026
n-Pentà	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.012	0.001	0.001	0.000	0.000	0.012
n-Hexà	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.066	0.238	0.008	0.066	0.000	0.000	0.238
Propè	0.000	0.000	0.017	0.017	0.047	0.000	0.000	0.163	0.008	0.000	0.163	0.008	0.047	0.000	0.000
Etilè	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000
Àcid sulfhídric	0.000	0.170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.052	0.001	0.000	0.052	0.001	0.000	0.000	0.000
Aigua	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.015	0.000	0.000	0.015	0.000	0.000	0.000	0.000
Hidrogen	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.038	0.000	0.000	0.038	0.000	0.000	0.000	0.000
Pseudocomponents NBP	1.000	0.830	0.007	0.007	0.000	0.011	1.000	0.017	0.891	0.712	0.017	0.891	0.000	0.011	0.712
Fracció de vapor	0.000	0.178	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.991	0.000	0.000	0.000	0.000
Temperatura (°C)	40.0	31.2	31.2	32.1	47.3	94.7	50.0	64.9	65.1	108.9	39.90	40.1	37.3	36.7	38.9
Pressió (bar)	8.0	6.8	6.8	16.1	16.0	16.0	20.0	10.0	10.0	6.7	9.9	9.9	15.9	15.9	6.6
Cabal màssic (t·h⁻¹)	1.00	1.20	35.6	35.6	12.7	22.8	6.74	7.36	8.02	130	7.36	8.02	12.7	22.8	130

A2.2. Balanç de matèria de la configuració *Desetanitzadora*Taula A.2.2. Balanç de matèria de la Unitat de Concentració de Gasos amb la configuració *Desetanitzadora*.

Fracció m̀ssica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Metà	0.012	0.000	0.000	0.000	0.115	0.091	0.000	0.063	0.001	0.000	0.035	0.008
Età	0.070	0.019	0.003	0.000	0.023	0.204	0.000	0.304	0.017	0.000	0.125	0.055
Propà	0.211	0.193	0.086	0.001	0.729	0.227	0.000	0.633	0.109	0.000	0.318	0.197
i-Butà	0.096	0.230	0.218	0.012	0.000	0.154	0.000	0.000	0.267	0.082	0.343	0.124
n-Butà	0.215	0.548	0.682	0.002	0.000	0.149	0.451	0.000	0.569	0.031	0.145	0.304
i-Pentà	0.103	0.004	0.010	0.019	0.000	0.039	0.549	0.000	0.003	0.000	0.010	0.098
n-Pentà	0.095	0.000	0.001	0.003	0.000	0.039	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.068
n-Hexà	0.184	0.000	0.000	0.277	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.132
Propè	0.000	0.000	0.000	0.017	0.024	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Etilè	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Àcid sulfhídric	0.000	0.000	0.000	0.000	0.093	0.024	0.000	0.000	0.034	0.000	0.000	0.000
Aigua	0.015	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.012
Hidrogen	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0.073	0.000	0.000	0.000	0.000	0.019	0.000
Pseudocomponents NBP	0.000	0.000	0.000	0.669	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.887	0.000	0.000
Fracció de vapor	1.000	1.000	0.000	0.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.000	0.000	1.000	1.000
Temperatura (°C)	50.0	50.0	43.0	50.0	97.0	44.0	45.0	45.0	43.0	43.0	45.0	48.3
Pressió (Bar)	1.60	5.43	20.6	14.3	11.3	13.3	1.90	15.3	15.4	12.8	11.8	1.60
Cabal m̀ssic (t·h⁻¹)	12.2	4.04	7.29	106	4.96	1.28	0.735	2.39	2.87	25.9	7.44	17.0

Taula A.2.2. (cont.) Balanç de matèria de la Unitat de Concentració de Gasos amb la configuració *Desetanitzadora*.

Fracció màssica	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Metà	0.008	0.008	0.008	0.001	0.005	0.000	0.028	0.028	0.028	0.033	0.002	0.033
Età	0.055	0.055	0.055	0.006	0.036	0.000	0.069	0.069	0.069	0.077	0.020	0.077
Propà	0.197	0.197	0.197	0.028	0.157	0.000	0.277	0.277	0.277	0.292	0.186	0.292
i-Butà	0.124	0.124	0.124	0.050	0.281	0.001	0.241	0.241	0.241	0.233	0.290	0.233
n-Butà	0.304	0.304	0.304	0.080	0.441	0.004	0.309	0.309	0.309	0.285	0.450	0.285
i-Pentà	0.098	0.098	0.098	0.024	0.001	0.029	0.004	0.004	0.004	0.003	0.009	0.003
n-Pentà	0.068	0.068	0.068	0.009	0.000	0.011	0.001	0.001	0.001	0.001	0.003	0.001
n-Hexà	0.132	0.132	0.132	0.199	0.000	0.242	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Propè	0.000	0.000	0.000	0.011	0.064	0.000	0.043	0.043	0.043	0.046	0.026	0.046
Etilè	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001
Àcid sulfhídric	0.000	0.000	0.000	0.001	0.004	0.000	0.013	0.013	0.013	0.015	0.004	0.015
Aigua	0.012	0.012	0.012	0.001	0.003	0.000	0.003	0.003	0.003	0.003	0.000	0.003
Hidrogen	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.006	0.006	0.007	0.000	0.007
Pseudocomponents NBP	0.000	0.000	0.000	0.590	0.008	0.714	0.005	0.005	0.005	0.004	0.010	0.004
Fracció de vapor	1.000	1.000	0.652	0.015	1.000	0.000	1.000	1.000	0.890	1.000	0.000	1.000
Temperatura (°C)	48.3	89.0	39.7	56.3	30.5	146.3	39.5	104.4	57.6	57.6	57.6	107.0
Pressió (Bar)	1.60	4.60	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	16.5	16.4	16.4	16.4	38.4
Cabal màssic (t·h⁻¹)	17.0	17.0	17.0	159	27.9	131	44.0	44.0	44.0	37.7	6.31	37.7

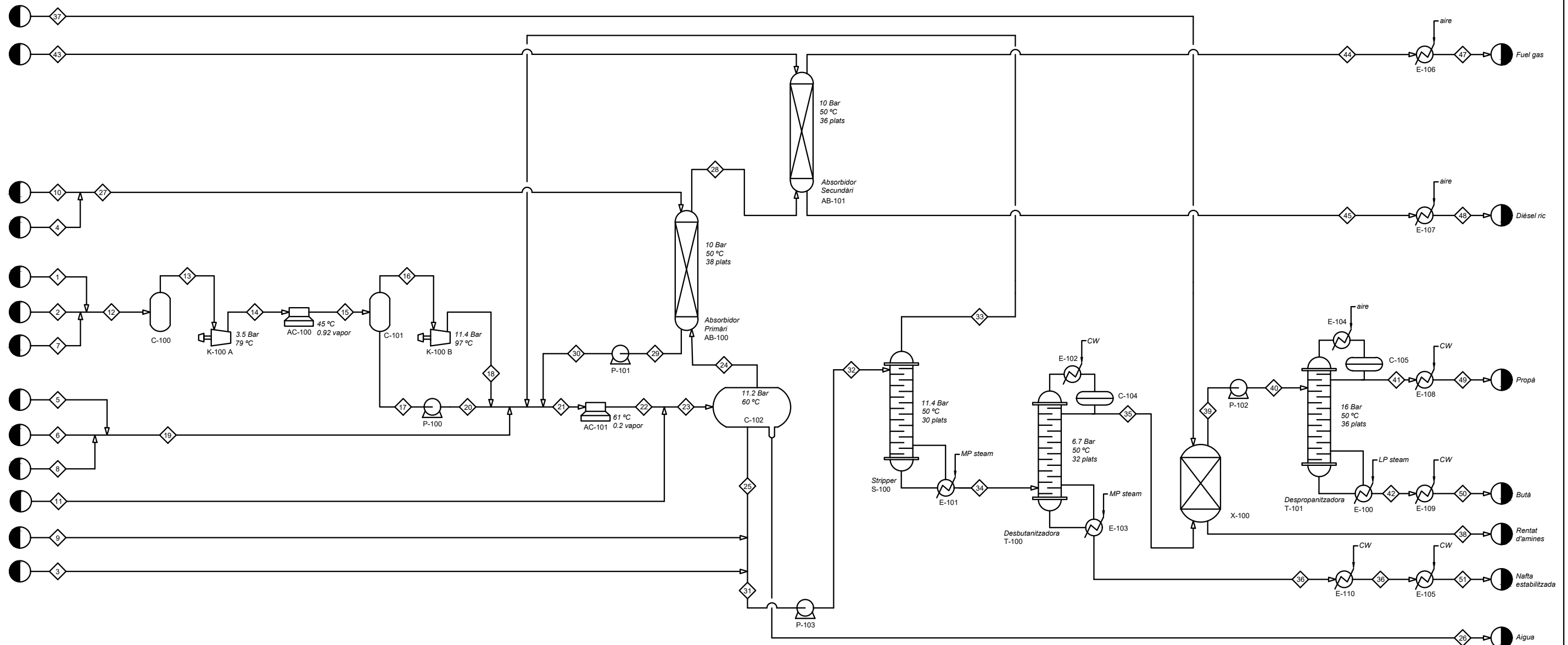
Taula A.2.2. (cont.) Balanç de matèria de la Unitat de Concentració de Gasos amb la configuració *Desetanitzadora*.

Fracció màssica	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Metà	0.002	0.028	0.028	0.129	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Età	0.020	0.069	0.069	0.295	0.006	0.017	0.017	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Propà	0.186	0.277	0.277	0.291	0.274	0.838	0.838	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
i-Butà	0.290	0.241	0.241	0.076	0.288	0.018	0.018	0.419	0.419	0.001	0.001	0.000
n-Butà	0.450	0.309	0.309	0.064	0.379	0.000	0.000	0.562	0.562	0.004	0.004	0.000
i-Pentà	0.009	0.004	0.004	0.000	0.005	0.000	0.000	0.007	0.007	0.029	0.029	0.000
n-Pentà	0.003	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.002	0.002	0.011	0.011	0.000
n-Hexà	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.242	0.242	0.000
Propè	0.026	0.043	0.043	0.056	0.040	0.121	0.121	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Etilè	0.000	0.001	0.001	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Àcid sulfhídric	0.004	0.013	0.013	0.055	0.002	0.006	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Aigua	0.000	0.003	0.003	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000
Hidrogen	0.000	0.006	0.006	0.029	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Pseudocomponents NBP	0.010	0.005	0.005	0.000	0.006	0.000	0.000	0.010	0.010	0.714	0.714	0.000
Fracció de vapor	0.000	0.947	0.542	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000
Temperatura (°C)	60.2	94.0	76.4	31.3	122.3	42.8	37.8	96.6	39.6	108.0	38.0	31.3
Pressió (Bar)	38.4	38.4	38.3	38.0	38.0	16.0	15.9	16.0	15.9	4.40	4.30	38.0
Cabal màssic (t·h⁻¹)	6.31	44.0	44.0	9.63	34.2	11.2	11.2	23.0	23.0	131	131	0.155

A3. DIAGRAMA PREVI A LA INTEGRACIÓ

A continuació es mostra el PFD previ a l'elaboració de la integració energètica en el cas de la configuració *Absorbidor/Stripper*.

AB-XXX	S-XXX	T-XXX	X-XXX	C-XXX	P-XXX	AC-XXX	K-XXX	E-XXX
Absorbidor	Stripper	Columna de destil·lació	Extractor líquid-líquid	Acumulador	Bomba	Aerorefrigerador	Compressor	Bescanviador de calor



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
TREBALL DE FI DE GRAU 1920

PFD
101

	DIA	NOM
Dibuixat	10/05/19	A.Vides
Corregit	31/05/19	J.Martí
Aprovat	01/06/19	A.Vides

A4. FITXES DE SEGURETAT

A continuació s'adjunten les fitxes de seguretat dels compostos que s'inclouen durant el procés.

Fichas Internacionales de Seguridad Química

ETILENO, PURO

ICSC: 0475



ETILENO, PURO


Eteno
(botella)
C₂H₄

Masa molecular: 28.5

Nº CAS 74-85-1
Nº RTECS KU5340000
Nº ICSC 0475
Nº NU 1962
Nº CE 601-010-00-3



TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	Extremadamente inflamable.	Evitar llama abierta, NO producir chispas y NO fumar.	Cortar el suministro; si no es posible y no existe riesgo para el entorno próximo, deje que el incendio se extinga por sí mismo; en otros casos se apaga con pulverización con agua.
EXPLOSION	Las mezclas gas/aire son explosivas.	Sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosiones. Evitar la generación de cargas electrostáticas (por ejemplo, mediante conexión a tierra). Utilícense herramientas manuales no generadoras de chispa.	En caso de incendio: mantener fría la botella por pulverización con agua. Combatir el incendio desde un lugar protegido.
EXPOSICION			
• INHALACION	Vértigo, pérdida de conocimiento.	Ventilación.	Aire limpio, reposo, respiración artificial si estuviera indicado y someter a atención médica.
• PIEL			
• OJOS			
• INGESTION			

DERRAMAS Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO
Evacuar la zona de peligro. Ventilación. Eliminar las fuentes de ignición y cortar si es posible el aporte de gas en el foco. (Protección personal adicional: traje de protección química incluyendo equipo autónomo de respiración).	A prueba de incendio. Separado de oxidantes fuertes.	símbolo F+ R: 12-67 S: (2-)-9-16-33-46 Clasificación de Peligros NU: 2.1 CE: 

VEASE AL DORSO INFORMACION IMPORTANTE

ICSC: 0475

Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPSC y la Comisión de las Comunidades Europeas © CCE, IPSC, 2005

Fichas Internacionales de Seguridad Química

ETILENO, PURO

ICSC: 0475

D A T O S I M P O R T A N T E S	<p>ESTADO FISICO; ASPECTO Gas comprimido incoloro, de olor característico.</p> <p>PELIGROS FISICOS El gas es más ligero que el aire. Como resultado del flujo, agitación, etc., se pueden generar cargas electrostáticas.</p> <p>PELIGROS QUIMICOS La sustancia puede polimerizarse para formar compuestos aromáticos debido al calentamiento intenso por encima de 600°C. Reacciona con oxidantes fuertes originando riesgo de incendio y de explosión.</p> <p>LIMITES DE EXPOSICION TLV: 200 ppm como TWA, A4 (ACGIH 2005) MAK: Carcinógeno: categoría 3B (DFG 2005).</p>	<p>VIAS DE EXPOSICION La sustancia se puede absorber por inhalación.</p> <p>RIESGO DE INHALACION Al producirse pérdidas en zonas confinadas este gas puede originar asfixia por disminución del contenido de oxígeno del aire.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION La exposición podría causar disminución de la consciencia.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICION PROLONGADA O REPETIDA</p>
	<p>PROPIEDADES FISICAS</p> <p>Punto de ebullición a 101.3 kPa: -104°C Punto de fusión: -169.2°C Solubilidad en agua: ninguna Presión de vapor, kPa a 15°C: 8100</p>	<p>Densidad relativa de vapor (aire = 1): 0.98 Punto de inflamación: gas inflamable Temperatura de autoignición: 490°C Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 2.7-36.0</p>
	DATOS AMBIENTALES	
	NOTAS	
	<p>Altas concentraciones en el aire producen una deficiencia de oxígeno con riesgo de pérdida de conocimiento o muerte. Comprobar el contenido de oxígeno antes de entrar en la zona. Código NFPA: H 1; F 4; R 2</p>	
	INFORMACION ADICIONAL	
	<p>FISQ: 2-091 ETILENO, PURO</p>	<p>Los valores LEP pueden consultarse en línea en la siguiente dirección: http://www.insht.es/</p>
	ICSC: 0475	ETILENO, PURO
	© CCE, IPCS, 2005	

NOTA LEGAL IMPORTANTE:

Ni la CCE ni la IPCS ni sus representantes son responsables del posible uso de esta información. Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales.

Fichas Internacionales de Seguridad Química

n-PENTANO

ICSC: 0534



n-PENTANO
Hidruro de Amilo
 $C_5H_{12}/CH_3(CH_2)_3CH_3$
Masa molecular: 72.2

N° CAS 109-66-0
N° RTECS RZ9450000
N° ICSC 0534
N° NU 1265
N° CE 601-006-00-1



TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	Altamente inflamable.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar. NO poner en contacto con oxidantes fuertes.	AFFF, espuma resistente al alcohol, polvo, dióxido de carbono.
EXPLOSION	Las mezclas vapor/aire son explosivas.	Sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosión Evitar la generación de cargas electrostáticas (por ejemplo, mediante conexión a tierra). NO utilizar aire comprimido para llenar, vaciar o manipular. Utilícense herramientas manuales no generadoras de chispas.	En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.
EXPOSICION			
• INHALACION	Vértigo, somnolencia, dolor de cabeza, náuseas, vómitos, pérdida del conocimiento.	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo, posición de semiincorporado y proporcionar asistencia médica. Respiración artificial si estuviera indicada.
• PIEL	Piel seca.	Guantes protectores.	Quitar las ropas contaminadas, aclarar y lavar la piel con agua y jabón.
• OJOS		Gafas ajustadas de seguridad o protección ocular combinada con la protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad) y proporcionar asistencia médica.
• INGESTION	(Para mayor información, véase Inhalación).	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca, NO provocar el vómito, dar a beber agua abundante, guardar reposo y proporcionar asistencia médica.

DERRAMAS Y FUGAS

ALMACENAMIENTO

ENVASADO Y ETIQUETADO

Evacuar la zona de peligro. Consultar a un experto. Ventilar. Recoger, en la medida de lo posible, el líquido que se derrama y el ya derramado en recipientes precintables, absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte y trasladarlo a un lugar seguro. NO verterlo al alcantarillado. (Protección personal adicional: equipo autónomo de respiración).

A prueba de incendio. Separado de oxidantes fuertes. Mantener en lugar fresco y bien cerrado.

Envase irrompible; colocar el envase frágil dentro de un recipiente irrompible cerrado.
 símbolo F+
 símbolo Xn
 símbolo N
 R: 12-51/53-65-66-67
 S: (2-)9-16-29-33-61-62
 Nota: C
 Clasificación de Peligros NU: 3.1
 Grupo de Envasado NU: I
 CE:



VEASE AL DORSO INFORMACION IMPORTANTE

ICSC: 0534

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

Fichas Internacionales de Seguridad Química

n-PENTANO

ICSC: 0534

D A T O S I M P O R T A N T E S	<p>ESTADO FISICO; ASPECTO Líquido incoloro, de olor característico.</p> <p>PELIGROS FISICOS El vapor es más denso que el aire y puede extenderse a ras del suelo; posible ignición en punto distante.</p> <p>PELIGROS QUIMICOS Reacciona con oxidantes fuertes (e.j., peróxidos, nitratos y percloratos), originando peligro de incendio y explosión. Ataca a algunas formas de plásticos, caucho y recubrimientos.</p> <p>LIMITES DE EXPOSICION TLV (como TWA): 600 ppm; 1770 mg/m³ (ACGIH 1995-1996). TLV (como STEL): 750 ppm; 2210 mg/m³ (ACGIH 1995-1996). MAK: 1000 ppm; 2950 mg/m³ (1996).</p>	<p>VIAS DE EXPOSICION La sustancia se puede absorber por inhalación del vapor y por ingestión.</p> <p>RIESGO DE INHALACION Por evaporación de esta sustancia a 20°C se puede alcanzar bastante rápidamente una concentración nociva en el aire.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION La ingestión del líquido puede dar lugar a la aspiración del mismo por los pulmones y la consiguiente neumonitis química. La sustancia puede causar efectos en el sistema nervioso central.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICION PROLONGADA O REPETIDA El contacto prolongado o repetido con la piel puede producir dermatitis.</p>
	<p>PROPIEDADES FISICAS</p> <p>Punto de ebullición: 36°C Punto de fusión: -129°C Densidad relativa (agua = 1): 0.63 Solubilidad en agua: Ninguna Presión de vapor, kPa a 20°C: 56.8 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 2.5</p>	<p>Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1): 1.8 Punto de inflamación: -49°C (c.c.) Temperatura de autoignición: 309°C Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 1.5-7.8 Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: 3.39</p>
DATOS AMBIENTALES		

NOTAS

El n-Pentano es un constituyente del éter de petróleo. Nombre comercial: Skellysolve A.

Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-592
 Código NFPA: H 1; F 4; R 0;

INFORMACION ADICIONALFISQ: 4-167
n-PENTANO**ICSC: 0534****n-PENTANO**

© CCE, IPCS, 1994

NOTA LEGAL IMPORTANTE:

Ni la CCE ni la IPCS ni sus representantes son responsables del posible uso de esta información. Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. La versión española incluye el etiquetado asignado por la clasificación europea, actualizado a la vigésima adaptación de la Directiva 67/548/CEE traspuesta a la legislación española por el Real Decreto 363/95 (BOE 5.6.95).

© INSHT

Fichas Internacionales de Seguridad Química

PROPILENO

ICSC: 0559



Metilileno
Propeno
Metileno
(botella)
 C_3H_6 / CH_2CHCH_3
Masa molecular: 42.1

Nº CAS 115-07-1
Nº RTECS UC6740000
Nº ICSC 0559
Nº NU 1077
Nº CE 601-011-00-9



TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	Extremadamente inflamable.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar.	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, dióxido de carbono.
EXPLOSION	Las mezclas gas/aire son explosivas.	Sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosión. Evitar la generación de cargas electrostáticas (por ejemplo, mediante conexión a tierra) si aparece en estado líquido.	En caso de incendio: mantener fría la botella rociando con agua pero NO en contacto directo con agua. Combatir el incendio desde un lugar protegido.
EXPOSICION			
• INHALACION	Somnolencia. Sofocación (Véanse Notas).	Ventilación.	Aire limpio, reposo. Respiración artificial si estuviera indicada. Proporcionar asistencia médica.
• PIEL	EN CONTACTO CON LÍQUIDO: CONGELACION.	Guantes aislantes del frío.	EN CASO DE CONGELACION: aclarar con agua abundante, NO quitar la ropa. Proporcionar asistencia médica.
• OJOS	Véase Piel.	Gafas ajustadas de seguridad, o pantalla facial.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
• INGESTION		No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	

DERRAMES Y FUGAS

ALMACENAMIENTO

ENVASADO Y ETIQUETADO

Evacuar la zona de peligro. Consultar a un experto. Ventilar. Eliminar todas las fuentes de ignición. NO verter NUNCA chorros de agua sobre el líquido. (Protección personal adicional: traje de protección completo incluyendo equipo autónomo de respiración).

A prueba de incendio. Mantener en lugar fresco.

NU (transporte):
Clasificación de Peligros NU: 2.1
CE:
símbolo F+
R: 12
S: 2-9-16-33



VEASE AL DORSO INFORMACION IMPORTANTE

ICSC: 0559

Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea © CE, IPCS, 2003

Fichas Internacionales de Seguridad Química

PROPILENO

ICSC: 0559

D A T O S I M P O R T A N T E S	<p>ESTADO FISICO; ASPECTO Gas licuado comprimido incoloro.</p> <p>PELIGROS FISICOS El gas es más denso que el aire y puede extenderse a ras del suelo; posible ignición en punto distante. y puede acumularse en las zonas más bajas produciendo una deficiencia de oxígeno. Como resultado del flujo, agitación, etc., se pueden generar cargas electrostáticas.</p> <p>PELIGROS QUIMICOS Reacciona violentamente con oxidantes originando peligro de incendio y explosión.</p> <p>LIMITES DE EXPOSICION TLV: A4 (ACGIH 2003) MAK no establecido.</p>	<p>VIAS DE EXPOSICION La sustancia se puede absorber por inhalación.</p> <p>RIESGO DE INHALACION Al producirse pérdidas en zonas confinadas este gas puede originar asfixia por disminución del contenido de oxígeno del aire.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION La evaporación rápida del líquido puede producir congelación. La sustancia puede causar efectos en el sistema nervioso central. La exposición podría causar disminución de la consciencia. Véanse Notas.</p>
	PROPIEDADES FISICAS	<p>Punto de ebullición: -48°C Punto de fusión: -185°C Densidad relativa (agua = 1): 0.5 Solubilidad en agua: escasa Presión de vapor, kPa a 25°C: 1158</p>
DATOS AMBIENTALES		
NOTAS		
<p>Altas concentraciones en el aire producen una deficiencia de oxígeno con riesgo de pérdida de conocimiento o muerte. Comprobar el contenido de oxígeno antes de entrar en la zona. Con el fin de evitar la fuga de gas en estado líquido, girar la botella que tenga un escape manteniendo arriba el punto de escape.</p> <p style="text-align: right;">Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-137. Código NFPA: H 1; F 4; R 1;</p>		
INFORMACION ADICIONAL		

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

Última revisión IPCS: 1998
Traducción al español y actualización de valores límite y etiquetado:
2003
FISQ: 6-161

ICSC: 0559


PROPILENO

© CE, IPCS, 2003

**NOTA LEGAL
IMPORTANTE:**

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

Fichas Internacionales de Seguridad Química

ISOBUTANO		ICSC: 0901	
		Noviembre 1998	
	2-Metilpropano	1,1-Dimetiletano	Trimetiltetano
CAS:	75-28-5	C₄H₁₀ / (CH₃)₂CHCH₃	
RTECS:	TZ4300000	Masa molecular: 58.1	
NU:	1969		
CE Índice Anexo I:	601-004-00-0		
CE / EINECS:	200-857-2		

TIPO DE PELIGRO / EXPOSICIÓN	PELIGROS AGUDOS / SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS / LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	Extremadamente inflamable.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar.	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 agua pulverizada.
EXPLOSIÓN	Las mezclas gas/aire son explosivas.	Sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosión. Evitar la generación de cargas electrostáticas (por ejemplo, mediante conexión a tierra) si está en estado líquido.	En caso de incendio: mantener fría la botella rociando con agua. Combatir el incendio desde un lugar protegido.

EXPOSICIÓN			
Inhalación	Jadeo. Asfixia.	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Proporcionar asistencia médica.
Piel	EN CONTACTO CON LIQUIDO: CONGELACION.	Guantes aislantes del frío. Traje de protección.	EN CASO DE CONGELACION: aclarar con agua abundante, NO quitar la ropa. Proporcionar asistencia médica.
Ojos		Gafas ajustadas de seguridad, pantalla facial.	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	ENVASADO Y ETIQUETADO
Evacuar la zona de peligro. Consultar a un experto. Ventilar. Protección personal: filtro para gases y vapores orgánicos de bajo punto de ebullición adaptado a la concentración de la sustancia en el aire. Eliminar toda fuente de ignición NO verter NUNCA chorros de agua sobre el líquido.	Nota: C Clasificación UE Símbolo: F+ R: 12; S: (2-)9-16 Clasificación NU Clasificación de Peligros NU: 2.1
RESPUESTA DE EMERGENCIA	ALMACENAMIENTO
Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-501 Código NFPA: H 1; F 4; R 0;	A prueba de incendio. Mantener en lugar fresco.

IPCS International Programme on Chemical Safety	 WHO	 ILO	 UNEP		 MINISTERIO DE TRABAJO E INMIGRACIÓN	 INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO
Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea © IPCS, CE 2005						

VÉASE INFORMACIÓN IMPORTANTE AL DORSO

Fichas Internacionales de Seguridad Química

ISOBUTANO**ICSC: 0901**

DATOS IMPORTANTES

ESTADO FÍSICO; ASPECTO:

Gas licuado comprimido 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. Como resultado del flujo, agitación, etc., se pueden generar cargas electrostáticas.

PELIGROS QUÍMICOS:

Reacciona con oxidantes fuertes, acetileno, halógenos y óxidos de nitrógeno, originando peligro de incendio y explosión.

LÍMITES DE EXPOSICIÓN:

TLV: (Hidrocarburos alifáticos alcanos (C1-C4), gases) 1000 ppm como TWA (ACGIH 2006).

MAK: 1000 ppm; 2400 mg/m³; Categoría de limitación de pico: II(4); Riesgo para el embarazo: grupo D (DFG 2008).

VÍAS DE EXPOSICIÓN:

La sustancia se puede absorber por inhalación.

RIESGO DE INHALACIÓN:

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

EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN:

La evaporación rápida del líquido puede producir congelación. La sustancia puede afectar al sistema cardiovascular, dando lugar a disfunciones y fallo respiratorio. La exposición a altas concentraciones puede producir la muerte.

PROPIEDADES FÍSICAS

Punto de ebullición: -12°C

Punto de fusión: -160°C

Densidad relativa (agua = 1): 0.6 (cuando está líquido)

Solubilidad en agua, g/100 ml a 25°C: 0.0049 (muy escasa)

Presión de vapor, kPa a 20°C: 304

Densidad relativa de vapor (aire = 1): 2

Punto de inflamación: gas inflamable

Temperatura de autoignición: 460°C

Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 1.8-8.4

Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: 2.8

DATOS AMBIENTALES

NOTAS

Con el fin de evitar la fuga de gas en estado líquido, girar la botella que tenga un escape manteniendo arriba el punto de escape. Las medidas mencionadas en la Sección PREVENCIÓN son aplicables a la producción, llenado de botellas y almacenamiento del gas. Esta ficha ha sido parcialmente actualizada en noviembre de 2008: ver Límites de exposición, y en abril de 2010: ver Propiedades físicas

INFORMACIÓN ADICIONAL

Límites de exposición profesional (INSHT 2011):

VLA-ED: (Hidrocarburos alifáticos alcanos (C1-C4) y sus mezclas, gases) 1000 ppm.

Nota legal

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

2-METILBUTANO

ICSC: 1153






2-METILBUTANO
Isopentano
 $C_5H_{12}/(CH_3)_2-CH-CH_2-CH_3$
Masa molecular: 72.2

N° CAS 78-78-4
N° RTECS EK4430000
N° ICSC 1153
N° NU 1265
N° CE 601-006-00-1



TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	Extremadamente inflamable.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar.	Polvo, AFFF, espuma, dióxido de carbono.
EXPLOSION	Las mezclas vapor/aire son explosivas.	Sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosión. Evitar la generación de cargas electrostáticas (por ejemplo, mediante conexión a tierra). NO utilizar aire comprimido para llenar, vaciar o manipular.	En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.
EXPOSICION			
• INHALACION	Tos, vértigo, somnolencia, dolor de cabeza y garganta, jadeo, arritmia cardiaca.	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo, posición de semiincorporado y proporcionar asistencia médica.
• PIEL	Piel seca, enrojecimiento.	Guantes protectores.	Quitar las ropas contaminadas y aclarar la piel con agua abundante o ducharse.
• OJOS	Enrojecimiento, dolor.	Gafas de protección de seguridad o protección ocular combinada con la protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad) y proporcionar asistencia médica.
• INGESTION	Dolor abdominal, náuseas, vómitos (para mayor información, véase Inhalación).	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca y proporcionar asistencia médica.

DERRAMAS Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO
Evacuar la zona de peligro. Consultar a un experto. Recoger, en la medida de lo posible, el líquido que se derrama y el ya derramado en recipientes precintables, absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte y trasladarlo a un lugar seguro. NO verterlo al alcantarillado. (Protección personal: respirador de filtro para gases y vapores orgánicos).	A prueba de incendio. Mantener bien cerrado.	símbolo F+ símbolo Xn símbolo N R: 12-51/53-65-66-67 S: (2-)-9-16-29-33-61-62 Clasificación de Peligros NU: 3 Grupo de Envasado NU: I
		  

VEASE AL DORSO INFORMACION IMPORTANTE

2-METILBUTANO

ICSC: 1153

D A T O S I M P O R T A N T E S	<p>ESTADO FISICO; ASPECTO Líquido incoloro, de olor característico.</p> <p>PELIGROS FISICOS El vapor es más denso que el aire y puede extenderse a ras del suelo; posible ignición en punto distante. Como resultado del flujo, agitación, etc., se pueden generar cargas electrostáticas.</p> <p>PELIGROS QUIMICOS Puede explotar por calentamiento intenso.</p> <p>LIMITES DE EXPOSICION TLV: 600 ppm como TWA (ACGIH 2004). MAK: 1000 ppm, 3000 mg/m³; Categoría de limitación de pico: II(2), Riesgo para el embarazo: grupo D (DFG 2004)</p>	<p>VIAS DE EXPOSICION La sustancia se puede absorber por inhalación y por ingestión.</p> <p>RIESGO DE INHALACION No puede indicarse la velocidad a la que se alcanza una concentración nociva en el aire por evaporación de esta sustancia a 20°C.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION La sustancia irrita los ojos, la piel y el tracto respiratorio. La ingestión del líquido puede dar lugar a la aspiración del mismo por los pulmones y la consiguiente neumonitis química. La sustancia puede causar efectos en el sistema nervioso central y el corazón, dando lugar a alteraciones funcionales.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICION PROLONGADA O REPETIDA El líquido desengrasa la piel.</p>
---	--	--

PROPIEDADES FISICAS	<p>Punto de ebullición: 28°C Punto de fusión: -160°C Densidad relativa (agua = 1): 0.6 Solubilidad en agua: Ninguna Presión de vapor, kPa a 20°C: 79 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 2.5</p>	<p>Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1): 2.2 Punto de inflamación: <-51°C (c.c.) Temperatura de autoignición: 420°C Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 1.4-7.6 Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: 2.3</p>
----------------------------	---	---

DATOS AMBIENTALES	<p>La sustancia es nociva para los organismos acuáticos.</p>
--------------------------	--

NOTAS

El consumo de bebidas alcohólicas aumenta el efecto nocivo. Altas concentraciones en el aire producen una deficiencia de oxígeno con riesgo de pérdida de conocimiento o muerte. Comprobar el contenido de oxígeno antes de entrar en la zona. No puede indicarse la relación entre el olor y el límite de exposición laboral.


Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-30S1265 o 30GF1-I+II
Código NFPA: H 1; F 4; R 0;

INFORMACION ADICIONAL

<p>FISQ: 3-143 2-METILBUTANO</p>	<p>Los valores LEP pueden consultarse en línea en la siguiente dirección: http://www.insht.es/</p>	
<p>ICSC: 1153</p>	<p>© CCE, IPCS, 2005</p>	<p>2-METILBUTANO</p>

<p>NOTA LEGAL IMPORTANTE:</p>	<p>Ni la CCE ni la IPCS ni sus representantes son responsables del posible uso de esta información. Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales.</p>
--------------------------------------	--

Fichas Internacionales de Seguridad Química

HIDROGENO			ICSC: 0001
			Marzo 2002
CAS:	1333-74-0	H₂	
RTECS:	MW8900000	Masa molecular: 2.0	
NU:	1049		
CE Índice Anexo I:	001-001-00-9		
CE / EINECS:	215-605-7		

TIPO DE PELIGRO / EXPOSICIÓN	PELIGROS AGUDOS / SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS / LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	Extremadamente inflamable. Muchas reacciones pueden producir incendio o explosión.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar.	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 agua pulverizada, polvo, dióxido de carbono.
EXPLOSIÓN	Las mezclas gas/aire son explosivas.	Sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosión. Utilícense herramientas manuales no generadoras de chispas. No manipular las botellas con las manos grasientas.	En caso de incendio: mantener fría la botella rociando con agua. Combatir el incendio desde un lugar protegido.

EXPOSICIÓN			
Inhalación	Asfixia.	Sistema cerrado y ventilación.	Aire limpio, reposo. Respiración artificial si estuviera indicada. Proporcionar asistencia médica.
Piel	Congelación grave.	Guantes aislantes del frío.	Proporcionar asistencia médica.
Ojos		Gafas de protección de seguridad.	
Ingestión			

DERRAMES Y FUGAS	ENVASADO Y ETIQUETADO
Eliminar toda fuente de ignición Evacuar la zona de peligro. Consultar a un experto. Ventilar. Eliminar el vapor con agua pulverizada.	Clasificación UE Símbolo: F+ R: 12 S: (2-)9-16-33 Clasificación NU Clasificación de Peligros NU: 2.1
RESPUESTA DE EMERGENCIA	ALMACENAMIENTO
Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-20S1049 Código NFPA: H 0; F 4; R 0;	A prueba de incendio. Mantener en lugar fresco.

IPCS
International
Programme on
Chemical Safety



Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea © IPCS, CE 2005

VÉASE INFORMACIÓN IMPORTANTE AL DORSO

Fichas Internacionales de Seguridad Química

HIDROGENO

ICSC: 0001

DATOS IMPORTANTES

ESTADO FÍSICO; ASPECTO:

Gas comprimido inodoro e incoloro.

PELIGROS FÍSICOS:

El gas se mezcla bien con el aire, formándose fácilmente mezclas explosivas. El gas es más ligero que el aire.

PELIGROS QUÍMICOS:

El calentamiento intenso puede originar combustión violenta o explosión. Reacciona violentamente con aire, oxígeno, halógenos y oxidantes fuertes, originando peligro de incendio y explosión. Los metales catalizadores tales como el platino o el níquel aumentan este tipo de reacciones.

LÍMITES DE EXPOSICIÓN:

TLV: asfixiante simple (ACGIH 2002).

VÍAS DE EXPOSICIÓN:

La sustancia se puede absorber por inhalación.

RIESGO DE INHALACIÓN:

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

EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN:

Asfixiante simple. Véanse Notas.

PROPIEDADES FÍSICAS

Punto de ebullición: -253 °C

Densidad relativa de vapor (aire = 1): 0.07

Punto de inflamación: gas inflamable

Temperatura de autoignición: 500-571 °C

Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 4-76

DATOS AMBIENTALES

NOTAS

Altas concentraciones en el aire producen una deficiencia de oxígeno con riesgo de pérdida de conocimiento o muerte. Comprobar el contenido de oxígeno antes de entrar en la zona. A concentraciones tóxicas no hay alerta por el olor. Medir concentraciones de hidrógeno con un detector de gas adecuado (un detector de gas inflamable normal no es adecuado).

INFORMACIÓN ADICIONAL

Límites de exposición profesional (INSHT 2011):

Notas: Asfixiante simple

Nota legal

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

SULFURO DE HIDRÓGENO

ICSC: 0165

Abril 2000

CAS: 7783-06-4 Hidruro de azufre
 RTECS: MX1225000 Ácido sulfhídrico
 NU: 1053 H₂S
 CE Índice Anexo I: 016-001-00-4 Masa molecular: 34.1
 CE / EINECS: 231-977-3



TIPO DE PELIGRO / EXPOSICIÓN	PELIGROS AGUDOS / SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS / LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	Extremadamente inflamable.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar.	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 agua pulverizada, polvo seco, dióxido de carbono.
EXPLOSIÓN	Las mezclas gas/aire son explosivas.	Sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosión. Evitar la generación de cargas electrostáticas (p. ej., mediante conexión a tierra) si aparece en estado líquido. NO utilizar aire comprimido para llenar, vaciar o manipular.	En caso de incendio: mantener fría la botella rociando con agua.
EXPOSICIÓN		¡EVITAR TODO CONTACTO!	¡CONSULTAR AL MÉDICO EN TODOS LOS CASOS!
Inhalación	Dolor de cabeza. Vértigo. Tos. Dolor de garganta. Náuseas. Dificultad respiratoria. Pérdida del conocimiento. Síntomas no inmediatos (ver Notas).	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Posición de semiincorporado. Respiración artificial si estuviera indicada. No aplicar respiración boca a boca. 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. Proporcionar asistencia médica.
Ojos	Enrojecimiento. Dolor. Quemaduras profundas graves.	Gafas ajustadas de seguridad o protección ocular combinada 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	ENVASADO Y ETIQUETADO
¡Evacuar la zona de peligro! Consultar a un experto. Eliminar toda fuente de ignición. Ventilar. Eliminar el gas con agua pulverizada. Protección personal: traje hermético de protección química, incluyendo equipo autónomo de respiración.	Clasificación UE Símbolo: F+, T+, N R: 12-26-50 S: (1/2)-9-16-36-38-45-61 Clasificación NU Clasificación de Peligros NU: 2.3 Riesgos Subsidiarios de las NU: 2.1

RESPUESTA DE EMERGENCIA	ALMACENAMIENTO
Ficha de Emergencia de Transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-20G2TF o 20S1053 Código NFPA: H4; F4; R0;	A prueba de incendio. Separado de oxidantes fuertes. Mantener en lugar fresco. Mantener en lugar bien ventilado. Instalar sistema de vigilancia con alarma continuo.

Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea © CE, IPCS, 2005

IPCS
 International
 Programme on
 Chemical Safety



SULFURO DE HIDRÓGENO

ICSC: 0165

DATOS IMPORTANTES

ESTADO FÍSICO; ASPECTO

Gas licuado comprimido incoloro, de olor característico a huevos podridos.

PELIGROS FÍSICOS

El gas es más denso que el aire y puede extenderse a ras del suelo; posible ignición en punto distante. Como resultado del flujo, agitación, etc., se pueden generar cargas electrostáticas.

PELIGROS QUÍMICOS

El calentamiento intenso puede originar combustión violenta o explosión. La sustancia se descompone al arder, produciendo gas tóxico (óxidos de azufre). Reacciona violentamente con oxidantes fuertes, originando peligro de incendio y explosión. Ataca a metales y algunos plásticos.

LÍMITES DE EXPOSICIÓN

TLV: 10 ppm como TWA; 15 ppm como STEL (ACGIH 2004). MAK: 5 ppm, 7.1 mg/m³; Categoría de limitación de pico: I(2); Riesgo para el embarazo: grupo C (DFG 2006).

VÍAS DE EXPOSICIÓN

La sustancia se puede absorber por inhalación.

RIESGO DE INHALACIÓN

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

EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN

La sustancia irrita los ojos y el tracto respiratorio. La sustancia puede afectar al sistema nervioso central. La exposición puede producir pérdida del conocimiento. La exposición puede producir la muerte. La inhalación del gas puede originar edema pulmonar (ver Notas). Los efectos pueden aparecer de forma no inmediata. Se recomienda vigilancia médica. La evaporación rápida del líquido puede producir congelación.

PROPIEDADES FÍSICAS

Punto de ebullición: -60°C
 Punto de fusión: -85°C
 Solubilidad en agua, g/100 ml a 20°C: 0.5
 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 1.19

Punto de inflamación: gas inflamable
 Temperatura de autoignición: 260°C
 Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 4.3-46

DATOS AMBIENTALES

La sustancia es muy tóxica para los organismos acuáticos.

NOTAS

Los síntomas del edema pulmonar no se ponen de manifiesto, a menudo, hasta pasadas algunas horas y se agravan por el esfuerzo físico. Reposo y vigilancia médica son, por ello, imprescindibles. 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. La sustancia bloquea el sentido del olfato. La alerta por el olor cuando se supera el límite de exposición es insuficiente. Esta ficha ha sido parcialmente actualizada en octubre de 2004: ver Clasificación UE, Respuesta de Emergencia, y en octubre de 2006: ver Límites de exposición.

INFORMACIÓN ADICIONAL

Límites de exposición profesional (INSHT 2012):

VLA-ED: 5 ppm; 7 mg/m³

VLA-EC: 10 ppm, 14 mg/m³

Notas: agente químico que tiene establecido un valor límite indicativo por la UE.

NOTA LEGAL

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

Fichas Internacionales de Seguridad Química

BUTANO (gas licuado)

(botella a presión)

ICSC: 0232

Noviembre 2003

n-Butano

CAS:	106-97-8	C₄H₁₀
RTECS:	EJ4200000	Masa molecular: 58,1
NU:	1011	
CE Índice Anexo I:	601-004-00-0	
CE / EINECS:	203-448-7	

TIPO DE PELIGRO / EXPOSICIÓN	PELIGROS AGUDOS / SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS / LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	Extremadamente inflamable.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar.	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, dióxido de carbono.
EXPLOSIÓN	Las mezclas gas/aire son explosivas.	Sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosión. Evitar la generación de cargas electrostáticas (p. ej., mediante conexión a tierra) si aparece en estado líquido. Utilícense herramientas manuales no generadoras de chispas.	En caso de incendio: mantener fría la botella rociando con agua. Combatir el incendio desde un lugar protegido.

EXPOSICIÓN	PELIGROS AGUDOS / SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS / LUCHA CONTRA INCENDIOS
Inhalación	Somnolencia. Pérdida del conocimiento.	Usar sistema cerrado o ventilación.	Aire limpio, reposo. Respiración artificial si estuviera indicada. Proporcionar asistencia médica.
Piel	EN CONTACTO CON LÍQUIDO: CONGELACIÓN.	Guantes aislantes del frío. Traje de protección.	EN CASO DE CONGELACIÓN: aclarar con agua abundante, NO quitar la ropa. Proporcionar asistencia médica.
Ojos	EN CONTACTO CON LÍQUIDO: CONGELACIÓN.	Utilizar pantalla facial.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
Ingestión			

DERRAMES Y FUGAS	ENVASADO Y ETIQUETADO
¡Evacuar la zona de peligro! ¡Consultar a un experto! Protección personal: equipo autónomo de respiración. Ventilar. Eliminar toda fuente de ignición. NO verter NUNCA chorros de agua sobre el líquido.	Clasificación UE Símbolo: F+; R: 12; S: (2)-9-16; Nota: C Clasificación NU Clasificación de Peligros NU: 2.1
RESPUESTA DE EMERGENCIA	ALMACENAMIENTO
Ficha de Emergencia de Transporte: TEC (R)-20S1011. Código NFPA: H1; F4; R0.	A prueba de incendio. Fresco.

IPCS

International Programme on Chemical Safety



Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea © CE, IPCS, 2005

VÉASE INFORMACIÓN IMPORTANTE AL DORSO

Fichas Internacionales de Seguridad Química

BUTANO (gas licuado)
(botella a presión)

ICSC: 0232

DATOS IMPORTANTES

ESTADO FÍSICO; ASPECTO:
GAS INODORO INCOLORO COMPRIMIDO LICUADO.

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. Como resultado del flujo, agitación, etc., se pueden generar cargas electrostáticas.

PELIGROS QUÍMICOS:

LÍMITES DE EXPOSICIÓN:
TLV: 1000 ppm como STEL (ACGIH 2013).
MAK: 1000 ppm, 2400 mg/m³; Categoría de limitación de pico: II(4); Riesgo para el embarazo: grupo D; (DFG 2006).

VÍAS DE EXPOSICIÓN:
La sustancia se puede absorber por inhalación.

RIESGO DE INHALACIÓN:
Al producirse pérdidas en zonas confinadas, esta sustancia puede originar asfixia por disminución del contenido de oxígeno en el aire.

EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN:
La evaporación rápida del líquido puede producir congelación. La sustancia puede afectar al sistema nervioso central.

EFFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA:

PROPIEDADES FÍSICAS

Punto de ebullición: -0.5°C
Punto de fusión: -138°C
Densidad relativa (agua = 1): 0.6
Solubilidad en agua, g/100ml a 20°C: 0.0061
Presión de vapor, kPa a 21.1°C: 213.7

Densidad relativa de vapor (aire = 1): 2.1
Punto de inflamación: -60°C
Temperatura de autoignición: 365°C
Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 1.8-8.4
Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: 2.89

DATOS AMBIENTALES

NOTAS

Comprobar el contenido de oxígeno antes de entrar en la zona.
Con el fin de evitar la fuga de gas en estado líquido, girar la botella que tenga un escape manteniendo arriba el punto de escape.
La información excepto propiedades físicas también puede aplicarse para el Isobutano (CAS 75-28-5).
Altas concentraciones en el aire producen una deficiencia de oxígeno con riesgo de pérdida de conocimiento o muerte.

INFORMACIÓN ADICIONAL


Límites de exposición profesional (INSHT 2011):

VLA-ED: 1000 ppm

Nota legal

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

Fichas Internacionales de Seguridad Química

ETANO	ICSC: 0266
Abril 2006	
CAS: 74-84-0 C₂H₆ / CH₃CH₃ RTECS: KH3800000 Masa molecular: 30,1 NU: 1035 CE Índice Anexo I: 601-002-00-X CE / EINECS: 200-814-8	

TIPO DE PELIGRO / EXPOSICIÓN	PELIGROS AGUDOS / SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS / LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	Extremadamente inflamable.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar.	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 agua pulverizada, polvo.
EXPLOSIÓN	Las mezclas gas/aire son explosivas.	Sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosión. Evitar la generación de cargas electrostáticas (p. ej. mediante conexión a tierra) si aparece en estado líquido. Utilícense herramientas manuales no generadoras de chispas.	En caso de incendio: mantener fría la botella rociando con agua. Combatir el incendio desde un lugar protegido.

EXPOSICIÓN	PELIGROS AGUDOS / SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS / LUCHA CONTRA INCENDIOS
Inhalación	Asfixia. Ver Notas.	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Respiración artificial si estuviera indicada. Proporcionar asistencia médica.
Piel	EN CONTACTO CON LÍQUIDO: CONGELACIÓN.	Guantes aislantes del frío. Traje de protección.	EN CASO DE CONGELACIÓN: aclarar con agua abundante, NO quitar la ropa. Proporcionar asistencia médica.
Ojos	EN CONTACTO CON LÍQUIDO: CONGELACIÓN.	Pantalla facial.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
Ingestión			

DERRAMES Y FUGAS	ENVASADO Y ETIQUETADO
Protección personal: equipo autónomo de respiración. ¡Evacuar la zona de peligro! Consultar a un experto. Eliminar toda fuente de ignición. Ventilar. NO verter NUNCA chorros de agua sobre el líquido.	Clasificación UE Símbolo: F+ R: 12; S: (2-)9-16-33 Clasificación NU Clasificación de Peligros NU: 2.1 Clasificación GHS Peligro. Gas extremadamente inflamable. Contiene gas a presión; puede explotar si se calienta.

RESPUESTA DE EMERGENCIA	ALMACENAMIENTO
Ficha de Emergencia de Transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-20S1035. Código NFPA: H1; F4; R0;	A prueba de incendio. Mantener en lugar fresco. Separado de oxidantes fuertes y halógenos.

IPCS International Programme on Chemical Safety						
Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea © CE, IPCS, 2006						

VÉASE INFORMACIÓN IMPORTANTE AL DORSO

Fichas Internacionales de Seguridad Química

ETANO**ICSC: 0266**

DATOS IMPORTANTES

ESTADO FÍSICO; ASPECTO:

Gas licuado comprimido incoloro, inodoro si es puro.

PELIGROS FÍSICOS:

El gas se mezcla bien con el aire, formándose fácilmente mezclas explosivas. Como resultado del flujo, agitación, etc., se pueden generar cargas electrostáticas.

PELIGROS QUÍMICOS:

Reacciona violentamente con halógenos y oxidantes fuertes, originando peligro de incendio y explosión.

LÍMITES DE EXPOSICIÓN:

TLV (como Hidrocarburos Alifáticos Alcanos (C1-C4), gases):
1000 ppm; (ACGIH 2006).
MAK no establecido.

VÍAS DE EXPOSICIÓN:

La sustancia se puede absorber por inhalación.

RIESGO DE INHALACIÓN:

Al producirse pérdidas en zonas confinadas, este líquido se evapora muy rápidamente originando una saturación total del aire con grave riesgo de asfixia.

EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN:

La evaporación rápida del líquido puede producir congelación.

PROPIEDADES FÍSICAS

Punto de ebullición: -89°C

Punto de fusión: -183°C

Solubilidad en agua, ml/100 ml a 20°C: (muy pobre)

Presión de vapor, kPa a 20°C: 3850

Densidad relativa de vapor (aire = 1): 1,05

Punto de inflamación: gas inflamable

Temperatura de autoignición: 472°C

Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 3,0-12,5

Coefficiente de reparto octanol/agua como log Pow: 1,81

DATOS AMBIENTALES

NOTAS

Altas concentraciones en el aire producen una deficiencia de oxígeno con riesgo de pérdida de conocimiento o muerte. Comprobar el contenido de oxígeno antes de entrar en la zona. Con el fin de evitar la fuga de gas en estado líquido, girar la botella que tenga un escape manteniendo arriba el punto de escape. Otro numero NU: 1961 (líquido refrigerado), Clasificación de peligro: 2.1. Esta ficha ha sido parcialmente actualizada en Julio 2007: ver Límites de exposición y clasificación GHS.

INFORMACIÓN ADICIONAL

Límites de exposición profesional (INSHT 2011):

VLA-ED: (como Hidrocarburos alifáticos alcanos (C₁-C₄) y sus mezclas, gases) 1000 ppm

Nota legal

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

Fichas Internacionales de Seguridad Química

HEXANO

ICSC: 0279






HEXANO
n-Hexano
 C_6H_{14}
Masa molecular: 86.2

Nº CAS 110-54-3
Nº RTECS MN9275000
Nº ICSC 0279
Nº NU 1208
Nº CE 601-037-00-0



TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	Altamente inflamable.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar.	Polvo, AFFF, espuma, dióxido de carbono.
EXPLOSION	Las mezclas vapor/aire son explosivas.	Sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosiones. NO utilizar aire comprimido para llenar, vaciar o manipular. Utilícense herramientas manuales no generadoras de chispas.	En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.
EXPOSICION			
• INHALACION	Vértigo, somnolencia, dolor de cabeza, embotamiento, náuseas, debilidad, pérdida del conocimiento.	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo y proporcionar asistencia médica.
• PIEL	Piel seca, enrojecimiento, dolor.	Guantes protectores.	Quitar las ropas contaminadas, aclarar y lavar la piel con agua y jabón y proporcionar asistencia médica.
• OJOS	Enrojecimiento, dolor.	Gafas ajustadas de seguridad, pantalla facial o protección ocular combinada con la protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad) y proporcionar asistencia médica.
• INGESTION	Dolor abdominal, (para mayor información véase Inhalación).	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca, NO provocar el vómito, reposo y proporcionar asistencia médica.

DERRAMAS Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO
Consultar a un experto. Eliminar toda fuente de ignición. Recoger, en la medida de lo posible, el líquido que se derrama y el ya derramado en recipientes herméticos, absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte y trasladarlo a un lugar seguro. NO verterlo al alcantarillado, NO permitir que este producto químico se incorpore al ambiente. Protección personal: filtro respiratorio para gases y vapores orgánicos	A prueba de incendio. Separado de oxidantes fuertes. Mantener bien cerrado.	símbolo F símbolo Xn símbolo N R: 11-38-48/20-51/53-62-65-67 S: (2-)9-16-29-33-36/37-61-62 Clasificación de Peligros NU: 3 Grupo de Envasado NU: II CE:   

VEASE AL DORSO INFORMACION IMPORTANTE

Fichas Internacionales de Seguridad Química

HEXANO

ICSC: 0279

D A T O S I M P O R T A N T E S	ESTADO FISICO; ASPECTO Líquido incoloro volátil, de olor característico.	VIAS DE EXPOSICION La sustancia se puede absorber por inhalación del vapor y por ingestión.
	PELIGROS FISICOS El vapor es más denso que el aire y puede extenderse a ras del suelo; posible ignición en punto distante.	RIESGO DE INHALACION Por evaporación de esta sustancia a 20°C se puede alcanzar bastante rápidamente una concentración nociva en el aire.
	PELIGROS QUIMICOS Reacciona con oxidantes fuertes, originando peligro de incendio y explosión. Ataca algunos plásticos, caucho y revestimientos	EFFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION La sustancia irrita la piel. La ingestión del líquido puede originar aspiración dentro de los pulmones con riesgo de neumonitis química. La exposición a altas concentraciones podría causar disminución del estado de alerta.
	LIMITES DE EXPOSICION TLV (como TWA): 50 ppm; 176 mg/m ³ (piel) BEI (ACGIH 2004). LEP UE: 72 mg/m ³ , 20 ppm como TWA (UE 2006) MAK: Riesgo para el embarazo: grupo C (DFG 2004)	EFFECTOS DE EXPOSICION PROLONGADA O REPETIDA El contacto prolongado o repetido con la piel puede producir dermatitis. La sustancia puede afectar al sistema nervioso periférico, dando lugar a polineuropatías. La experimentación animal muestra que esta sustancia posiblemente cause efectos tóxicos en la reproducción humana.
PROPIEDADES FISICAS	Punto de ebullición: 69°C Punto de fusión: -95°C Densidad relativa (agua = 1): 0.7 Solubilidad en agua, g/100 ml a 20 °C: 0.0013 Presión de vapor, kPa a 20°C: 17 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 3.0	Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1): 1.3 Punto de inflamación: -22°C (c.c.) Temperatura de autoignición: 225°C Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 1.1-7.5 Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: 3.9
DATOS AMBIENTALES	Esta sustancia es tóxica para los organismos acuáticos.	



NOTAS

Está indicado examen médico periódico dependiendo del grado de exposición.

Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-30S1208
Código NFPA: H 1; F 3; R 0;

INFORMACION ADICIONAL

FISQ: 3-131 HEXANO

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

ICSC: 0279

HEXANO

© CCE, IPCS, 2006

NOTA LEGAL IMPORTANTE:

Ni la CCE ni la IPCS ni sus representantes son responsables del posible uso de esta información. Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales.

METANO

ICSC: 0291

Febrero 2000

CAS: 74-82-8 Hidruro de metilo
 RTECS: PA1490000 CH₄
 NU: 1971 Masa molecular: 16.0
 CE Índice Anexo I: 601-001-00-4
 CE / EINECS: 200-812-7



TIPO DE PELIGRO / EXPOSICIÓN	PELIGROS AGUDOS / SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS / LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	Extremadamente inflamable.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar.	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 agua pulverizada, polvo seco, dióxido de carbono.
EXPLOSIÓN	Las mezclas gas/aire son explosivas.	Sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosión. Utilicéense herramientas manuales no generadoras de chispas.	En caso de incendio: mantener fría la botella rociando con agua. Combatir el incendio desde un lugar protegido.
EXPOSICIÓN			
Inhalación	Asfixia. Ver Notas.	Ventilación. A altas concentraciones protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Respiración artificial si estuviera indicada. 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. Proporcionar asistencia médica.
Ojos	EN CONTACTO CON LÍQUIDO: CONGELACIÓN.	Gafas ajustadas de seguridad	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
Ingestión			

DERRAMES Y FUGAS	ENVASADO Y ETIQUETADO
¡Evacuar la zona de peligro! Consultar a un experto. Ventilar. Eliminar toda fuente de ignición. Protección personal: equipo autónomo de respiración. NO verter NUNCA chorros de agua sobre el líquido.	Clasificación UE Símbolo: F+ R: 12 S: (2-)9-16-33 Clasificación NU Clasificación de Peligros NU: 2.1
RESPUESTA DE EMERGENCIA	ALMACENAMIENTO
Ficha de Emergencia de Transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-20G1F Código NFPA: H1; F4; R0;	A prueba de incendio. Mantener en lugar fresco. Ventilación a ras del suelo y techo.

Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea © CE, IPCS, 2005



METANO

ICSC: 0291

DATOS IMPORTANTES

ESTADO FÍSICO; ASPECTO

Gas licuado o comprimido incoloro e inodoro.

PELIGROS FÍSICOS

El gas es más ligero que el aire.

LÍMITES DE EXPOSICIÓN

TLV: (Hidrocarburos Alifáticos Alcanos (C1-C4), gases) 1000 ppm (como TWA) (ACGIH 2005).
MAK no establecido.

VÍAS DE EXPOSICIÓN

La sustancia se puede absorber por inhalación.

RIESGO DE INHALACIÓN

Al producirse pérdidas en zonas confinadas, este gas puede originar asfixia por disminución del contenido de oxígeno en el aire.

EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN

La evaporación rápida del líquido puede producir congelación.

PROPIEDADES FÍSICAS

Punto de ebullición: -161°C

Punto de fusión: -183°C

Solubilidad en agua, ml/100 ml a 20°C: 3.3

Densidad relativa de vapor (aire = 1): 0.6

Punto de inflamación: gas inflamable

Temperatura de autoignición: 537°C

Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 5-15

Coefficiente de reparto octanol/agua como log Pow: 1.09

DATOS AMBIENTALES

NOTAS

Densidad del líquido en el punto de ebullición: 0.42 kg/l. Altas concentraciones en el aire producen una deficiencia de oxígeno con riesgo de pérdida de conocimiento o muerte. Comprobar el contenido de oxígeno antes de entrar en la zona. Con el fin de evitar la fuga de gas en estado líquido, girar la botella que tenga un escape manteniendo arriba el punto de escape. Una vez utilizado para la soldadura, cerrar la válvula; verificar regularmente el estado de la tubería, etc., y comprobar si existen escapes utilizando agua y jabón. Las medidas mencionadas en la sección PREVENCIÓN son aplicables a la producción, llenado de botellas y almacenamiento del gas. Otro número NU: 1972 (líquido refrigerado), clase de peligro: 2.1.

Esta ficha ha sido parcialmente actualizada en octubre de 2005: ver Respuesta de Emergencia

INFORMACIÓN ADICIONAL

Límites de exposición profesional (INSHT 2012):

VLA-ED: (como Hidrocarburos alifáticos alcanos (C1-C4) y sus mezclas, gases) 1000 ppm

NOTA LEGAL

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

Fichas Internacionales de Seguridad Química

PROPANO

(licuado) (botella a presión)

ICSC: 0319

Noviembre 2003

n-Propano

CAS:	74-98-6	C₃H₈ / CH₃CH₂CH₃
RTECS:	TX2275000	Masa molecular: 44,1
NU:	1978	
CE Índice Anexo I:	601-003-00-5	
CE / EINECS:	200-827-9	

TIPO DE PELIGRO / EXPOSICIÓN	PELIGROS AGUDOS / SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS / LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	Extremadamente inflamable.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar.	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, dióxido de carbono.
EXPLOSIÓN	Las mezclas gas/aire son explosivas.	Sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosión. Evitar la generación de cargas electrostáticas (p. ej., mediante conexión a tierra) si aparece en estado líquido. Utilícense herramientas manuales no generadoras de chispas.	En caso de incendio: mantener fría la botella rociando con agua. Combatir el incendio desde un lugar protegido.

EXPOSICIÓN			
Inhalación	Somnolencia. Pérdida del conocimiento.	Usar sistema cerrado o ventilación.	Aire limpio, reposo. Respiración artificial si estuviera indicada. Proporcionar asistencia médica.
Piel	EN CONTACTO CON LÍQUIDO: CONGELACIÓN.	Guantes aislantes del frío. Traje de protección.	EN CASO DE CONGELACIÓN: aclarar con agua abundante, NO quitar la ropa. Proporcionar asistencia médica.
Ojos	EN CONTACTO CON LÍQUIDO: CONGELACIÓN.	Utilizar pantalla facial.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
Ingestión			

DERRAMES Y FUGAS	ENVASADO Y ETIQUETADO
¡Evacuar la zona de peligro! ¡Consultar a un experto! Protección personal: equipo autónomo de respiración. Ventilar. Eliminar toda fuente de ignición. NO verter NUNCA chorros de agua sobre el líquido.	Clasificación UE Símbolo: F+; R: 12; S: (2)-9-16 Clasificación NU Clasificación de Peligros NU: 2.1
RESPUESTA DE EMERGENCIA	ALMACENAMIENTO
Ficha de Emergencia de Transporte: TEC (R)-20S1011. Código NFPA: H1; F4; R0.	A prueba de incendio. Fresco.

IPCS

International Programme on Chemical Safety



Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea © CE, IPCS, 2005

VÉASE INFORMACIÓN IMPORTANTE AL DORSO

Fichas Internacionales de Seguridad Química

PROPANO
(licuado) (botella a presión)

ICSC: 0319

DATOS IMPORTANTES

ESTADO FÍSICO; ASPECTO:
GAS INODORO INCOLORO COMPRIMIDO LICUADO.

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. Como resultado del flujo, agitación, etc., se pueden generar cargas electrostáticas.

PELIGROS QUÍMICOS:

LÍMITES DE EXPOSICIÓN:
MAK: 1000 ppm, 1800 mg/m³; Categoría de limitación de pico: II(4); Riesgo para el embarazo: grupo D; (DFG 2006).

VÍAS DE EXPOSICIÓN:
La sustancia se puede absorber por inhalación.

RIESGO DE INHALACIÓN:
Al producirse pérdidas en zonas confinadas, esta sustancia puede originar asfixia por disminución del contenido de oxígeno en el aire.

EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN:
La evaporación rápida del líquido puede producir congelación. La sustancia puede afectar al sistema nervioso central.

EFFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA:

PROPIEDADES FÍSICAS

Punto de ebullición: -42°C
Punto de fusión: -189.7°C
Densidad relativa (agua = 1): 0.5
Solubilidad en agua, g/100ml a 20°C: 0.007
Presión de vapor, kPa a 20°C: 840

Densidad relativa de vapor (aire = 1): 1.6
Punto de inflamación: -104°C
Temperatura de autoignición: 450°C
Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 2.1-9.5
Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: 2.36

DATOS AMBIENTALES

NOTAS

Comprobar el contenido de oxígeno antes de entrar en la zona.
Con el fin de evitar la fuga de gas en estado líquido, girar la botella que tenga un escape manteniendo arriba el punto de escape.
Altas concentraciones en el aire producen una deficiencia de oxígeno con riesgo de pérdida de conocimiento o muerte.

INFORMACIÓN ADICIONAL

Límites de exposición profesional (INSHT 2011):

VLA-ED: 1000 ppm

Nota legal

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

A5. AVALUACIÓ ECONÒMICA

A5.1. Costos dels equips

Les Taules A.5.1. i A.5.2. mostren el costos dels equips segons els seus paràmetres de disseny i el seu material per a la configuració *Absorbidor/Stripper* i *Desetanitzadora*, respectivament, durant els anys 2002 i 2019.

Taula A.5.1. Costos dels equips de la configuració *Absorbidor/Stripper*.

Referència	Descripció	Paràmetre de disseny	Material	Preu 2002 (€)	Preu 2019 (€)
AB-100	Absorbidor	Diàmetre	<i>Carbon Steel</i>	277993	443666
AB-101	Absorbidor	Diàmetre	<i>Carbon Steel</i>	264684	422425
AC-100	Aerorefrigerador	Àrea de bescanvi	<i>Carbon Steel</i>	61636	98369
AC-101	Aerorefrigerador	Àrea de bescanvi	<i>Carbon Steel</i>	104798	167253
C-100	Dipòsit	Capacitat	<i>Carbon Steel</i>	191775	306064
C-101	Dipòsit	Capacitat	<i>Carbon Steel</i>	127909	204138
C-102	Dipòsit	Capacitat	<i>Carbon Steel</i>	132861	212041
C-104	Acumulador	Capacitat	<i>Carbon Steel</i>	2962	4727
C-105	Acumulador	Capacitat	<i>Carbon Steel</i>	2962	4272
E-101	<i>Reboiler</i>	Potència	<i>Carbon Steel</i>	244707	390543
E-102	Condensador	Potència	<i>Carbon Steel</i>	6760	10788
E-103	<i>Reboiler</i>	Potència	<i>Carbon Steel</i>	140497	224228
E-104	Condensador	Potència	<i>Carbon Steel</i>	6760	10788
E-105	Bescanviador de calor	Potència	<i>Carbon Steel</i>	140497	224228
E-106	Bescanviador de calor	Potència	<i>Carbon Steel</i>	21520	34345
E-107	Bescanviador de calor	Potència	<i>Carbon Steel</i>	18497	29520
E-108	Bescanviador de calor	Potència	<i>Carbon Steel</i>	19733	31493
E-109	Bescanviador de calor	Potència	<i>Carbon Steel</i>	90586	144572

Taula A.5.1. (cont.) Costos dels equips de la configuració *Absorbidor/Stripper*.

Referència	Descripció	Paràmetre de disseny	Material	Preu 2002 (€)	Preu 2019 (€)
P-100	Bomba	Diferència de pressió/Cabal volumètric	<i>Carbon Steel</i>	38733	61816
P-101	Bomba	Diferència de pressió/Cabal volumètric	<i>Carbon Steel</i>	28010	44703
P-102	Bomba	Diferència de pressió/Cabal volumètric	<i>Carbon Steel</i>	17622	28124
S-100	Columna d' <i>Stripping</i>	Diàmetre	<i>Carbon Steel</i>	320801	511985
T-100	Columna de destil·lació	Diàmetre/Alçada	<i>Carbon Steel</i>	357211	570095
T-101	Columna de destil·lació	Diàmetre/Alçada	<i>Carbon Steel</i>	750897	1198402
K-100	Compressor	Potència	<i>Carbon Steel</i>	639661	1020873

Taula A.5.2. Costos dels equips de la configuració *Desetanitzadora*.

Referència	Descripció	Paràmetre de disseny	Material	Preu 2002 (€)	Preu 2019 (€)
E-102	Bescanviador de calor	Potència	<i>Carbon Steel</i>	94100	150179
E-103	Bescanviador de calor	Potència	<i>Carbon Steel</i>	287272	458474
E-101	Bescanviador de calor	Potència	<i>Carbon Steel</i>	18497	29520
E-100	Bescanviador de calor	Potència	<i>Carbon Steel</i>	206349	329325
E-104	Condensador	Potència	<i>Carbon Steel</i>	6760	10788
E-105	<i>Reboiler</i>	Potència	<i>Carbon Steel</i>	7064	11274
E-107	Condensador	Potència	<i>Carbon Steel</i>	7064	11274
E-106	Condensador	Potència	<i>Carbon Steel</i>	6760	10788
E-108	Condensador	Potència	<i>Carbon Steel</i>	6760	10788
E-109	<i>Reboiler</i>	Potència	<i>Carbon Steel</i>	7064	11274
AC-100	Aerorefrigerador	Àrea de bescanvi	<i>Carbon Steel</i>	69554	111005

Taula A.5.2. (cont.) Costos dels equips de la configuració *Desetanytzadora*.

Referència	Descripció	Paràmetre de disseny	Material	Preu 2002 (€)	Preu 2019 (€)
AC-101	Aerorefrigerador	Àrea de bescanvi	<i>Carbon Steel</i>	41751	66633
AC-102	Aerorefrigerador	Àrea de bescanvi	<i>Carbon Steel</i>	48950	78122
T-100	Columna de destil·lació	Diàmetre/alçada	<i>Carbon Steel</i>	337355	538404
T-101	Columna de destil·lació	Diàmetre/alçada	<i>Carbon Steel</i>	1657782	2645753
T-102	Columna de destil·lació	Diàmetre/alçada	<i>Carbon Steel</i>	667998	1066098
C-100	Dipòsit	Capacitat	<i>Carbon Steel</i>	192050	306503
C-101	Acumulador	Capacitat	<i>Carbon Steel</i>	2962	4727
C-102	Acumulador	Capacitat	<i>Carbon Steel</i>	2962	4727
C-103	Acumulador	Capacitat	<i>Carbon Steel</i>	2962	4727
C-104	Acumulador	Capacitat	<i>Carbon Steel</i>	2962	4727
P-100	Bomba	Cabal volumètric/diferència de pressió	<i>Carbon Steel</i>	16870	26924
K-100	Compressor	Potència	<i>Carbon Steel</i>	1492700	2382289

A5.2. Taules financeres

La Figura A.5.1 mostra la Taula Financera per trobar la constant d'un valor actual d'una renda unitària per a "n" períodes. La taula ha estat cedida per la Unitat Rovira i Virgili durant el curs de Gestió de Projectes. En el cas de 10 períodes i 10% del cost d'oportunitat, la constant pren un valor de 6.1446.

$$\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} = a_{\overline{n}|i}$$

Table A-2 Present Value of an Annuity of One Dollar for n Years*

n	1%	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%	9%	10%	n
1	.9901	.9804	.9709	.9615	.9524	.9434	.9346	.9259	.9174	.9091	1
2	1.9704	1.9416	1.9135	1.8861	1.8594	1.8334	1.8080	1.7833	1.7591	1.7355	2
3	2.9410	2.8839	2.8286	2.7751	2.7232	2.6730	2.6243	2.5771	2.5313	2.4868	3
4	3.9020	3.8077	3.7171	3.6299	3.5459	3.4651	3.3872	3.3121	3.2397	3.1699	4
5	4.8535	4.7134	4.5797	4.4518	4.3295	4.2123	4.1002	3.9927	3.8896	3.7908	5
6	5.7955	5.6014	5.4172	5.2421	5.0757	4.9173	4.7665	4.6229	4.4859	4.3553	6
7	6.7282	6.4720	6.2302	6.0020	5.7863	5.5824	5.3893	5.2064	5.0329	4.8684	7
8	7.6517	7.3254	7.0196	6.7327	6.4632	6.2098	5.9713	5.7466	5.5348	5.3349	8
9	8.5661	8.1622	7.7861	7.4353	7.1078	6.8017	6.5152	6.2469	6.0252	5.7990	9
10	9.4714	8.9825	8.5202	8.1109	7.7217	7.3601	7.0236	6.7101	6.4176	6.1446	10
11	10.3677	9.7868	9.2526	8.7604	8.3064	7.8868	7.4987	7.1389	6.8052	6.4951	11
12	11.2552	10.5753	9.9539	9.3850	8.8632	8.3838	7.9427	7.5361	7.1607	6.8137	12
13	12.1338	11.3483	10.6349	9.9856	9.3935	8.8527	8.3576	7.9038	7.4869	7.1034	13
14	13.0038	12.1062	11.2960	10.5631	9.8986	9.2950	8.7454	8.2442	7.7861	7.3667	14
15	13.8651	12.8492	11.9379	11.1183	10.3796	9.7122	9.1079	8.5595	8.0607	7.6061	15
16	14.7180	13.5777	12.5610	11.6522	10.8377	10.1059	9.4466	8.8514	8.3125	7.8237	16
17	15.5624	14.2918	13.1660	12.1656	11.2740	10.4772	9.7632	9.1216	8.5436	8.0215	17
18	16.3984	14.9920	13.7534	12.6592	11.6895	10.8276	10.0591	9.3719	8.7556	8.2014	18
19	17.2261	15.6784	14.3237	13.1339	12.0853	11.1581	10.3356	9.6036	8.9501	8.3649	19
20	18.0457	16.3514	14.8774	13.5903	12.4622	11.4699	10.5940	9.8131	9.1235	8.5136	20
21	18.8571	17.0111	15.4149	14.0291	12.8211	11.7640	10.8355	10.0168	9.2922	8.6487	21
22	19.6605	17.6580	15.9368	14.4511	13.1630	12.0416	11.0612	10.2007	9.4424	8.7715	22
23	20.4559	18.2921	16.4435	14.8568	13.4885	12.3033	11.2722	10.3710	9.5802	8.8832	23
24	21.2435	18.9139	16.9355	15.2469	13.7986	12.5503	11.4693	10.5237	9.7066	8.9847	24
25	22.0233	19.5234	17.4131	15.6220	14.0939	12.7833	11.6536	10.6748	9.8226	9.0770	25

* PV = EO/d[(1+i)^n - 1]

Figura A.5.1. Taula Financera del valor actual d'una renda unitària (constant) per a "n" períodes.