



Disseny bàsic d'una planta d'hidrogenació de gasolina de piròlisi

Nº Projecte: 2 14 11 2

Entrega: 21 de maig de 2014

Tutor de l'empresa: Manuel Lázaro Melendez

Tutor de la universitat: Ángel Gutiérrez de Lama

Autors:

Héctor Omar Martínez Barreras

ÍNDIX

INTRODUCCIÓ

| | |
|----------------------|---|
| 1. INTRODUCCIÓ | 7 |
|----------------------|---|

BASES DE DISSENY

| | |
|-----------------------------|----|
| 2. ABAST DEL PROJECTE | 10 |
|-----------------------------|----|

| | |
|--|----|
| 3. DEFINICIÓ I DESCRIPCIÓ DEL PROCÉS | 11 |
|--|----|

| | |
|---------------------|----|
| 3.1. Definició..... | 11 |
|---------------------|----|

| | |
|-----------------------------|----|
| 3.2. Diagrama de blocs..... | 12 |
|-----------------------------|----|

| | |
|-----------------------|----|
| 3.3. Descripció | 13 |
|-----------------------|----|

| | |
|---|----|
| 3.3.1. Alimentació al reactor R-201 | 13 |
|---|----|

| | |
|---|----|
| 3.3.2. Reducció del índex de diens..... | 13 |
|---|----|

| | |
|--------------------------------|----|
| 3.3.3. Decantador: D-201 | 13 |
|--------------------------------|----|

| | |
|--|----|
| 3.3.4. Columna estabilitzadora: C-301..... | 14 |
|--|----|

| | |
|---|----|
| 3.3.5. Columna despentanitzadora: C-401 | 14 |
|---|----|

| | |
|----------------------------|----|
| 3.3.6. Columna C-501 | 14 |
|----------------------------|----|

| | |
|--------------------------------|----|
| 4. ESTUDI D'ALTERNATIVES | 15 |
|--------------------------------|----|

| | |
|-------------------------|----|
| 4.1. Alternatives | 15 |
|-------------------------|----|

| | |
|--------------------------------|----|
| 4.1.1. Obtenció de benzè | 15 |
|--------------------------------|----|

| | |
|---|----|
| 4.1.2. Obtenció de benzè, fracció C ₇ i fracció C ₈ -C ₉ | 15 |
|---|----|

| | |
|--|----|
| 4.1.3. Obtenció de dues fraccions: C ₆ -C ₉ i C ₁₀ -C ₁₁ | 16 |
|--|----|

| | |
|------------------------|----|
| 4.2. Conclusions | 16 |
|------------------------|----|

| | |
|----------------------|----|
| 5. ANTECEDENTS | 17 |
|----------------------|----|

| | |
|-----------------------------------|----|
| 6. DISTRIBUCIÓ DEL PROJECTE | 17 |
|-----------------------------------|----|

| | |
|-----------------------|----|
| 7. ORGANITZACIÓ | 18 |
|-----------------------|----|

| | |
|------------------------------|----|
| 8. DEMANDES DEL CLIENT | 22 |
|------------------------------|----|

| | |
|--|----|
| 9. ESPECIFICACIONS D'ALIMENTACIÓ | 22 |
|--|----|

| | |
|-----------------------------------|----|
| 9.1. Alimentació al reactor | 22 |
|-----------------------------------|----|

| | |
|--------------------------------|----|
| 9.2. Sortida del reactor | 23 |
|--------------------------------|----|

| | |
|--|----|
| 10. ESPECIFICACIÓ DELS PRODUCTES | 24 |
|--|----|

| | |
|---|----|
| 11. FACTOR DE SERVEI I TEMPS D'OPERACIÓ | 24 |
|---|----|

| | |
|-----------------------------|----|
| 12. NORMES DE DISSENY | 24 |
|-----------------------------|----|

DADES BÀSIQUES PER AL DESENVOLUPAMENT DE L'ENGINYERIA

| | |
|-------------------------------|----|
| 13. SERVEIS DISPONIBLES | 27 |
|-------------------------------|----|

| | |
|---------------------------------|----|
| 14. PREUS DE LES ENERGIES | 27 |
|---------------------------------|----|

| | |
|---------------------------------|----|
| 15. DADES DE L'EMPLAÇAMENT..... | 28 |
|---------------------------------|----|

| | |
|--|----|
| 15.1. Medi socioeconòmic | 28 |
| 15.1.1. Situació administrativa..... | 28 |
| 15.1.2. Població..... | 28 |
| 15.1.3. Economia..... | 29 |
| 15.1.4. Infraestructures i servis | 29 |
| <u>ENGINYERIA BÀSICA. PART I</u> | |
| 16. PROCESS FLOW DIAGRAM (PFD)..... | 31 |
| 17. PLOT PLAN | 35 |
| 18. P&ID + CONTROL | 37 |
| 19. DIAGRAMA UNIFILAR | 47 |
| 20. DISSENY BÀSIC | 49 |
| 20.1. Disseny de les canonades | 49 |
| 20.2. Control de la planta | 49 |
| 20.2.1. Introducció al sistema de control | 49 |
| 20.2.2. Control del P&ID 1000: alimentació | 49 |
| 20.2.3. Dimensionament de les vàlvules controladores | 50 |
| 20.3. Disseny d'equips | 51 |
| 20.3.1. Compressor K-101 | 51 |
| 20.3.2. Dipòsit V-101 | 51 |
| 20.3.3. Dipòsit V-103..... | 52 |
| 20.3.4. Bomba P-102 A/B | 52 |
| 20.3.5. BESCOANVIADOR E-203..... | 52 |
| <u>ENGINYERIA BÀSICA. PART II: COLUMNA ESTABILITZADORA</u> | |
| 21. DISSENY BÀSIC | 55 |
| 21.1. Dimensionament de les canonades..... | 55 |
| 21.2. Control de la planta | 55 |
| 21.2.1. Control del P&ID 3000: columna estabilitzadora C-301 | 55 |
| 21.2.2. Control del P&ID 6000: fons columna C-301 i C-401 | 56 |
| 21.2.3. Dimensionament de les vàlvules controladores | 56 |
| 21.3. Disseny equips | 57 |
| 21.3.1. Columna estabilitzadora C-301 | 57 |
| 21.3.2. Reboiler E-303 optimitzat | 58 |
| 21.3.3. Condensador E-301 optimitzat..... | 59 |
| 21.3.4. Bescanviador E-404 | 60 |
| 21.3.5. Dipòsit V-301 | 61 |
| 21.3.6. Bomba P-301 A/B | 61 |

| | |
|-------------------------------|----|
| 21.3.7. Bomba P-302 A/B | 61 |
|-------------------------------|----|

ENGINYERIA BÀSICA. PART III: COLUMNA DESPENTANITZADORA¹

ENGINYERIA BÀSICA. PART IV: COLUMNA AL BUIT

| | |
|--|----|
| 22. DISSENY BÀSIC | 65 |
| 22.1. Dimensionament de canonades | 65 |
| 22.2. Control de la planta | 65 |
| 22.2.1. Control del P&ID 5000: columna C-501 | 65 |
| 22.2.2. Control del P&ID 7000: fons de la columna C-501..... | 66 |
| 22.2.3. Control del P&ID 8000: ejectors columna C-501..... | 66 |
| 22.2.4. Dimensionament vàlvules | 66 |
| 22.3. Disseny d'equips | 67 |
| 22.3.1. Columna al buit C-501 | 67 |
| 22.3.2. Reboiler E-501 A/B..... | 67 |
| 22.3.3. Condensadors E-502, E-503 i E-504..... | 68 |
| 22.3.1. Bescanviador E-506 | 70 |
| 22.3.2. Dipòsit V-501 | 71 |
| 22.3.3. Bomba P-501 A/B | 72 |
| 22.3.4. Bomba P-502 A/B | 72 |
| 22.3.5. Bomba P-503 A/B | 72 |

ENGINYERIA BÀSICA. PART V

| | |
|-----------------------------------|----|
| 23. LLISTAT DE LÍNIES | 74 |
| 24. LLISTAT D'EQUIPS | 78 |
| 25. LLISTAT D'INSTRUMENTACIÓ..... | 83 |
| 26. FULLS D'ESPECIFICACIÓ | 85 |

CONSIDERACIONS MEDIAMBIENTALS. PART VI

| | |
|--|----|
| 27. ASPECTES AMBIENTALS AL DISSENY DE LES INSTAL·LACIONS | 87 |
| 27.1. Identificació i avaluació de les emissions a l'aire, aigua i sòl | 87 |
| 27.1.1. Emissions atmosfèriques | 87 |
| 27.1.2. Emissions líquides..... | 87 |
| 27.1.3. Emissions sòlides | 87 |
| 27.2. Identificació i avaluació dels residus sòlids produïts | 87 |
| 27.3. Consum d'energia i de recursos naturals | 88 |
| 27.4. Generació de gasos d'efecte hivernacle | 88 |
| 27.5. Altres impactes..... | 89 |

¹ Veure treball d'Anna Antón

| | |
|---|-----|
| 27.6. Millores mediambientals..... | 89 |
| <u>SEGURETAT INDUSTRIAL. PART VII</u> | |
| 28. SEGURETAT INDUSTRIAL | 91 |
| 28.1. Anàlisi de risc preliminar | 91 |
| 28.1.1. Anàlisi de risc V-101 | 91 |
| 28.1.2. Anàlisi de risc V-103 | 91 |
| 28.1.3. Anàlisi de risc V-301 | 92 |
| 28.1.4. Anàlisi de risc V-401 | 93 |
| 28.1.5. Anàlisi de risc V-501 | 93 |
| 28.1.6. Anàlisi de risc C-301..... | 94 |
| 28.1.7. Anàlisi de risc C-401..... | 94 |
| 28.1.8. Anàlisi de risc C-501..... | 95 |
| 28.1.9. Conclusions anàlisi de risc | 96 |
| 28.2. Zones ATEX | 96 |
| 28.3. Plànol zones ATEX..... | 98 |
| 28.4. HAZOP | 100 |
| 28.5. Protecció d'equips a sobrepressió | 106 |
| 28.6. Plans d'emergència interior o plans d'autoprotecció | 106 |
| 28.7. Seguretat laboral..... | 106 |
| <u>ESTUDI ECONÒMIC. PART VIII</u> | |
| 29. ESTUDI ECONÒMIC | 108 |
| 29.1. Pressupost d'execució del projecte | 108 |
| 29.2. Compte de resultats | 109 |
| 29.3. Avaluació global de la inversió..... | 110 |
| 29.3.1. Variacions de l'estudi econòmic | 112 |
| 30. BIBLIOGRAFIA | 114 |
| <u>ANNEXOS</u> | |
| 1. Disseny de les canonades | 116 |
| 1.1. Criteris per al dimensionament de les canonades | 116 |
| 1.2. Dimensionament | 116 |
| 1.3. Material | 116 |
| 1.4. Schedule | 116 |
| 2. Dimensionament de les vàlvules controladores | 117 |
| 3. ALTERNATIVES DIPÒSIT V-101 | 117 |
| 4. ALTERNATIVA DIPÒSIT V-103..... | 118 |
| 5. CRITERI DE DISSENY DE LES COLUMNES..... | 118 |

| | |
|---|-----|
| 6. CRITERI DE DISSENY DELS REBOILERS | 119 |
| 7. CRITERI DE DISSENY DELS CONDENSADORS | 119 |
| 8. ALTERNATIVA DIPÒSIT V-301 | 120 |
| 9. ALTERNATIVA DIPÒSIT V-401 | 120 |
| 10. ALTERNATIVA DIPÒSIT V-501 | 121 |
| 11. SEGURETAT EN EL DISSENY DE LES INSTAL·LACIONS | 121 |
| 11.1. Zones ATEX | 121 |
| 11.1.1. Taxa d'escapament..... | 121 |
| 11.1.2. Límit d'explosivtat inferior de la mescla | 121 |
| 11.1.3. Factor de temperatura..... | 121 |
| 11.1.4. Límit d'explosivtat inferior en massa per unitat de volum | 122 |
| 11.1.5. Cabal de ventilació..... | 122 |
| 11.1.6. Volum ATEX..... | 122 |
| 11.1.7. Radi de l'esfera | 122 |
| 12. COMPARATIVA DE BESCANVIADORS | 123 |

INTRODUCCIÓ

1. INTRODUCCIÓ

El títol del projecte és *Disseny bàsic d'una planta d'hidrogenació de gasolina de piròlisi*. El número localitzador de projecte és 2 14 11 2. Aquest projecte té com a principal objectiu el tractament de la gasolina de piròlisi (*PyGas*) perquè aquesta té un gran valor afegit una vegada ha estat tractada.

La planta que es presenta a continuació cobreix la necessitat del tractament de *PyGas*, per tal d'obtenir-ne un benefici econòmic posterior.

En aquest treball s'ha portat a terme l'enginyeria bàsica de la planta, amb els corresponents estudis econòmics, ambientals i de seguretat industrial. També s'ha determinat la localització en planta dels equips i calculat la gran majoria d'equips.

A més a més, es dona una visió detalla del procés a través dels diferents diagrames (PFD, P&ID, unifilars, etc.).

Autor del treball:

Héctor Omar Martínez Barreras

Tarragona, 21 de maig de 2014

*AGRAÏMENTS: a mon pare per la seva inesgotable paciència, i per les hores de cafè i “mate” que m’ha dedicat durant el projecte i la carrera per tal de no estudiar sol.
I la meva mare per donar-me ànims cada vegada que he pensat que no podia.*

ETAPA PRELIMINAR

2. ABAST DEL PROJECTE

Taula 2.1. Presentació de l'abast.

| Abast del projecte | |
|---------------------------------|--|
| Membres: | - Anna Antón López - Héctor Omar Martínez Barreras |
| Empresa: | - Repsol Refino (Tarragona) |
| Tutor de l'empresa: | - Manuel Lázaro Melendez |
| Tutor de la universitat: | - Ángel Gutiérrez de Lama |
| Títol del projecte: | - Disseny del procés d'una planta d'hidrogenació de gasolina de piròlisi |

Descripció:

La hidrogenació de la gasolina de piròlisi és essencial per a poder reduir l'índex de diens i augmentar així el valor afegit d'aquesta, podent obtenir productes d'interès comercial gràcies a un posterior refinament.

El projecte consisteix en realitzar el disseny bàsic de la unitat d'hidrogenació de gasolina de piròlisi (*PyGas*), concretament de les següents parts:

1. Part prèvia al reactor: es dissenyarà fins al bescanviador E-201 (no inclòs)
2. Part de refinament: es dissenyarà a partir del decantador D-201 (no inclòs)

El disseny de la zona de reacció no està inclosa en el projecte.

Per a la realització d'aquest projecte el client ha subministrat com a informació:

1. Corrent d'entrada al reactor R-201
2. Corrent de sortida del reactor R-201
3. Serveis disponibles
4. Factor de funcionament
5. Factor de servei

L'estudi d'alternatives ha demostrat que el projecte consistirà en una zona de l'alimentació al reactor (tres dipòsits, dues bombes i un compressor) i la zona de fraccionament (tres columnes en sèrie).

Aquesta planta tindrà una capacitat de refinatge de 80 t/h i amb factor de servei de 8000 h/any. La inversió serà de **34.8 MM\$** amb una amortització de **10 anys** i un VAN de **186.6 MM\$** i un TIR de **68%**.

Per tant a la planta hi entrarà:

1. Gasolina de piròlisi

I sortirà:

1. Fuel Gas (Fracció C₁-C₃)
2. Fracció C₄ per a co-cracking
3. Fracció C₅
4. Fracció C₆-C₉ (Benzè, Xilè, Toluè, etc.)
5. Fracció C₁₀-C₁₁

Aquest projecte contindrà:

Part general:

- Anna Antón

1. Definició de l'esquema bàsic de procés (PFD)
2. Balanç de matèria
3. Pre-dimensionament bàsic dels equips (fulls d'especificacions)
4. Consideracions mediambientals
5. Seguretat Industrial
6. Estudi econòmic

- Omar Martínez

7. Definició de l'esquema bàsic de procés (BFD)
8. Desenvolupament de l'esquema de procés i diagrames d'instrumentació (P&ID) dels equips previs al bescanviador E-201 i posteriors al decantador D-201, a la vegada del disseny de l'estratègia de control de la planta.
9. Pre-dimensionament bàsic dels equips (fulls d'especificacions)
10. Disseny i simulació de la columna de destil·lació (C-501)
11. Seguretat Industrial (PSV)

Part específica:

- Anna Antón

12. Disseny i simulació de la columna de destil·lació (C-401)
13. Pre-dimensionament bàsic dels equips (fulls d'especificacions)

- Omar Martínez

14. Disseny i simulació de la columna de destil·lació (C-301)
15. Pre-dimensionament bàsic dels equips (fulls d'especificacions)

Les restriccions pel disseny de les columnes de destil·lació són:

1. La columna estabilitzadora no pot superar els 175°C
 2. La columna despentanitzadora no pot superar els 140°C
 3. La columna al buit no pot superar els 160°C
 4. La columna despentanitzadora no pot treure per cap més d'1% en volum de benzè i més d'1% de volum de fracció C₄
 5. La columna despentanitzadora no pot treure per fons més d'un 5% en pes en C₅
-

3. DEFINICIÓ I DESCRIPCIÓ DEL PROCÉS

3.1. Definició

El procés consta de dues parts que es diferencien clarament:

1. Reducció de l'índex de diens

2. Refinament del producte

L'índex de diens és la quantitat de dobles enllaços conjugats (dos dobles enllaços amb un enllaç simple intercalat) que porta una cadena d'hidrocarburs. La elevada presència d'aquests és perjudicial per al procés, ja que formen gomes que poden obstruir les canonades i que a la vegada fa inutilitzable el producte. La normativa vigent especifica que l'índex de diens no pot ser superior de 5.

Abans de la reacció l'índex de diens és aproximadament de 20.

Per tal de determinar aquest índex es realitza una mesura secundària de brom, (un mol de brom s'afegeix a cada doble enllaç, 2 mol per doble enllaç conjugat) la pèrdua del qual, durant el procés, és directament proporcional a la quantitat de dobles enllaços.

Posteriorment es procedeix al refinament del producte obtingut, el qual consisteix en quatre etapes:

1. Alimentació al reactor R-201
2. Decantador D-201
3. Columna estabilitzadora C-301
4. Columna despentanitzadora C-401
5. Columna C-501

3.2. Diagrama de blocs

A continuació és mostra el diagrama de blocs que esquematitza les unitats principals del procés.

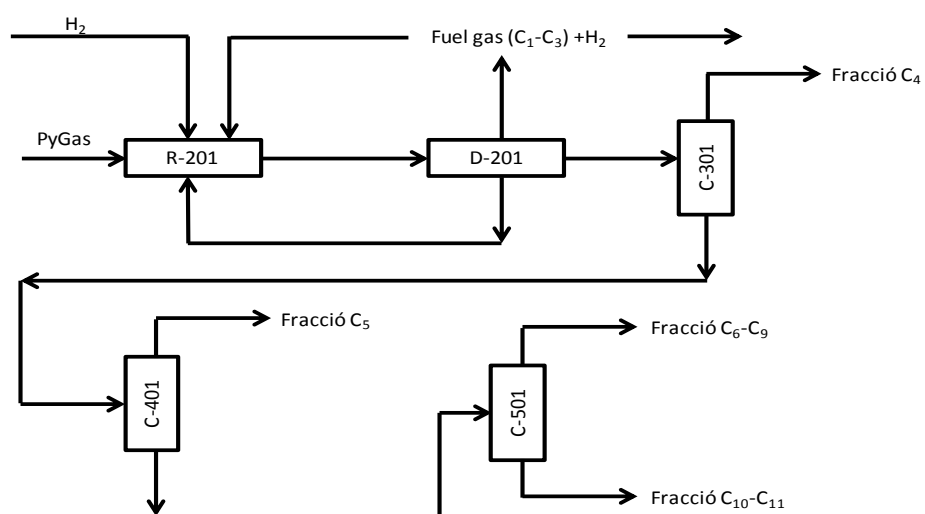


Figura 3.1. Diagrama de blocs.

3.3. Descripció

La descripció del procés segueix la numeració del PFD (Nº1) de l'apartat 16.

3.3.1. Alimentació al reactor R-201

Inicialment entra la gasolina de piròlisi (*PyGas*) al separador V-101, el qual filtra la gasolina. A més a més, es realitza una separació per densitats on s'extreu pel fons del tanc l'aigua. El producte es dirigeix cap a la impulsió de la bomba P-102, a 36 kg/cm²g, on s'unirà al corrent gasós (Nº11 del PFD)² d'hidrogen. L'hidrogen prové del dipòsit V-103 i va al compressor K-101, on es comprimeix a 38 kg/cm²g.

El dipòsit V-103 té una entrada d'H₂ provinent de la recirculació del decantador per tal de recuperar l'hidrogen no reaccionat (Nº9 del PFD)¹. Aquest dipòsit disposa d'un filtre per eliminar les petites impureses presents en el corrent i així evitar malmetre els equips.

L'additiu (Nº1 del PFD)¹ és dimetil disulfur (DMDS). El seu objectiu és enverinar el catalitzador al començament de la seva vida útil, per evitar un excés d'activitat, amb possible *runaway*³ degut a la seva elevada reactivitat.

3.3.2. Reducció del índex de diens

Després de la unió del corrent de sortida de la bomba amb el del compressor (corrent bifàsic Nº 12 del PFD)¹, aquest passa pels tubs del bescanviador E-201. Aquest bescanviador és de tubs i carcassa, i escalfa el producte de 45°C a 108°C. D'aquesta manera s'arriba al reactor de lilit empaquetat R-201, el qual té un *quench* procedent del fons del flash que està subdividit per evitar un augment sobtat de la temperatura abans i després de la reacció. El *quench* s'utilitza per evitar el desbocament de la reacció, *runaway*.

En el reactor hi ha un catalitzador que és una mescla de cobalt, níquel i molibdè.

La sortida del reactor, a 180°C, actua com a corrent calent del bescanviador E-201 (costat carcassa), on la temperatura descendeix fins als 130°C aproximadament.

Per aconseguir una refrigeració completa després de la sortida del reactor, es fa passar el corrent per un aerorefrigerant EA-202. La sortida temperatura de la sortida d'aquest és de 50°C aproximadament.

3.3.3. Decantador: D-201

Una vegada refrigerat, aquest corrent entra al decantador, D-201, on el líquid es separa del gas degut al temps estacionat, i a la caiguda de pressió de 36 a 26 kg/cm²g que es produeix a la

² Apartat 16

³ Runaway: estat de la reacció on s'auto-accelera portant cap a un augment de la temperatura i la pressió al reactor.

línia entre el reactor i el decantador. D'aquesta manera s'aconsegueix l'extracció de la fracció C₁-C₃ i H₂ de la resta de pesats (Nº13 del PFD)¹.

Per al *quench* del R-201 s'utilitza un 20% de la sortida de fons del flash i el restant 80% continua cap a les columnes de destil·lació (Nº15 del PFD)¹.

Durant el pas del decantador cap a la torre de destil·lació C-301 hi ha una vàlvula que realitza una expansió de 26 a 9 kg/cm²g i el bescanviador E-203 que escalfa el corrent de procés de 40°C a 110°C aproximadament.

3.3.4. Columna estabilitzadora: C-301

A la columna C-301, anomenada estabilitzadora, s'extreuen els components fins a la fracció C₄ per cap. Aquesta fracció s'utilitza com a fuel gas i també pel co-cracking

Per fons surt la resta. D'aquesta manera s'eliminen definitivament els compostos lleugers.

El pas de la columna C-301 cap a la C-401 es realitza sense bomba degut a la diferència de pressió, de 9 a 2 kg/cm²g (Nº25 del PFD)⁴.

3.3.5. Columna despentanitzadora: C-401

La columna C-401 separa la fracció C₅ per cap dels components més pesats per fons.

La fracció més lleugera és utilitzada per a la producció de gasolina.

El fons de la columna està relacionat amb el fons de la columna C-301 a través del bescanviador E-404. Aquest utilitza el fons la columna C-301 (Nº25 del PFD)³ per a escalfar el de la columna C-401 (Nº47 del PFD)³.

3.3.6. Columna C-501

La columna C-501 és l'encarregada de la separació de la fracció C₆-C₉ de la C₁₀-C₁₁. Presenta la peculiaritat de treballar al buit induït per un sistema d'ejectors.

La fracció C₁₀-C₁₁ es recircula cap a la planta d'olefines (Nº43 del PFD)³.

⁴ Apartat 16

4. ESTUDI D'ALTERNATIVES

S'ha realitzat un estudi d'alternatives per seleccionar la més adient per a la nova planta d'hidrogenació de gasolina de piròlisi.

4.1. Alternatives

4.1.1. Obtenció de benzè

S'ha considerat la possibilitat d'obtenir únicament benzè com a producte final. Aquesta proposta suposaria la construcció de tres columnes de separació.

El PFD seria:

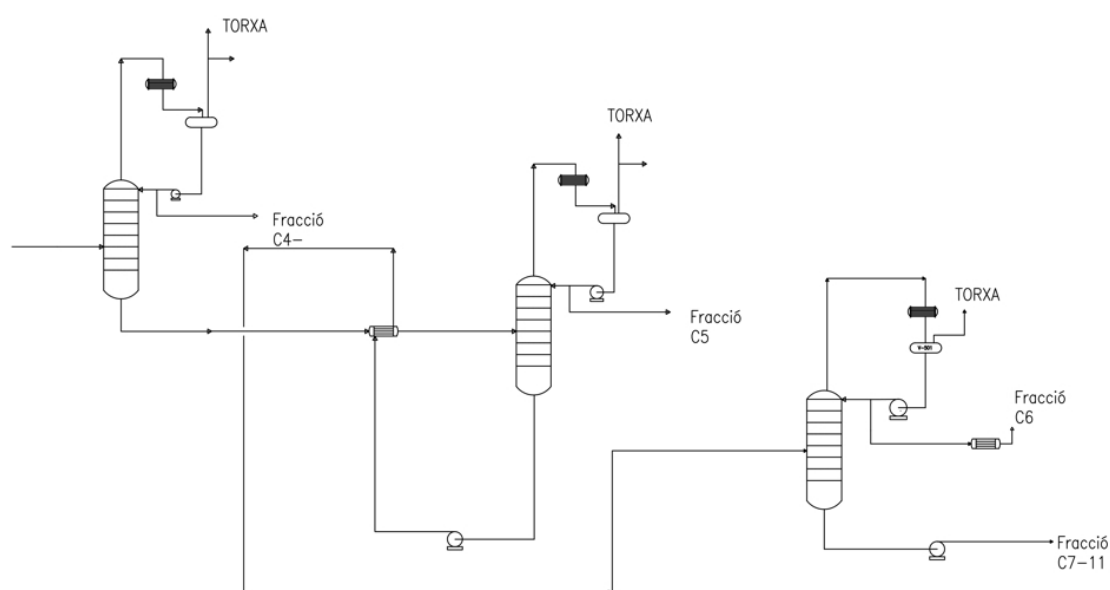


Figura 4.1. Alternativa 1.

4.1.2. Obtenció de benzè, fracció C₇ i fracció C₈-C₉

En aquesta consideració s'obté no solament el benzè, sinó també la fracció C₇ (Toluè) i C₈-C₉ (xilè). L'alternativa suposa quatre columnes de destil·lació on l'última té una subcolumna per l'obtenció de la fracció C₈-C₉.

El PFD seria:

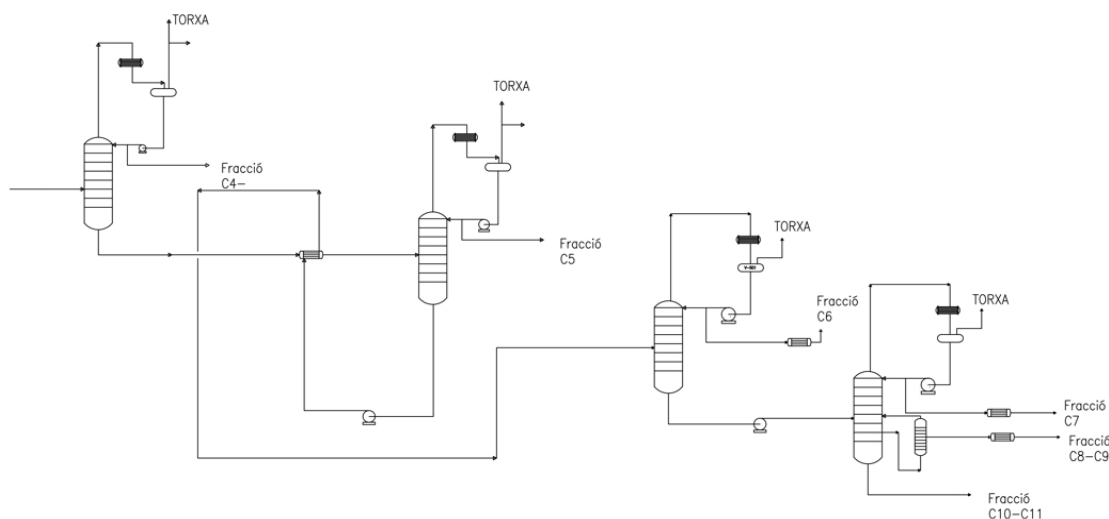


Figura 4.2. Alternativa 2.

4.1.3. Obtenció de dues fraccions: C₆-C₉ i C₁₀-C₁₁

Aquesta proposta consta de tres columnes on l'última separa les fraccions esmentades al títol de l'apartat.

El PFD seria:

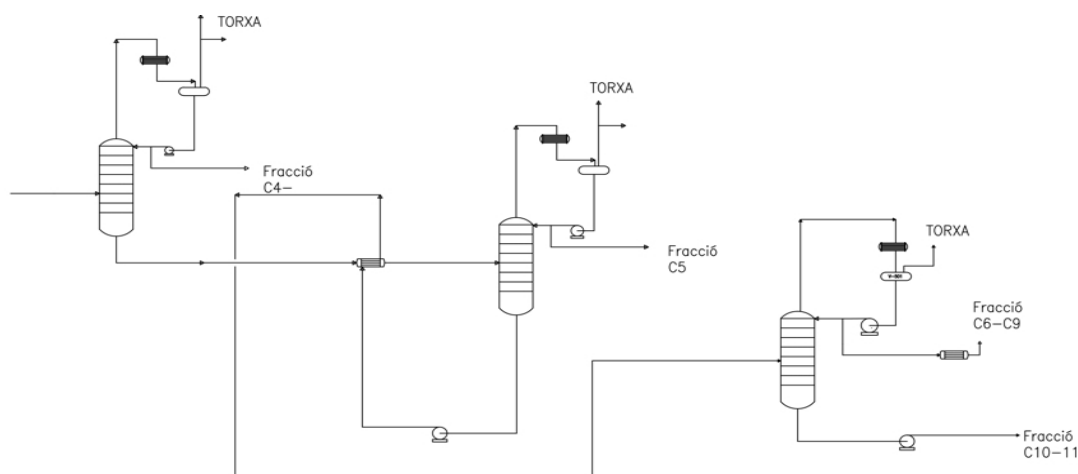


Figura 4.3. Alternativa 3.

4.2. Conclusions

Tenint en compte que el client té com a objectiu la reunificació dels corrents de la fracció C₆ fins a la fracció C₉, s'ha determinat que la millor opció és l'alternativa 3, perquè suposa un estalvi de diners a l'hora del disseny i de l'operació.

5. ANTECEDENTS

Repsol té instal·lada una planta d'hidrogenació de gasolina de piròlisis amb un sistema de refinament igual al de la figura 4.2. Degut a les ampliacions que s'han fet al llarg del temps, s'ha arribat a la conclusió que també es pot tractar la fracció C₇-C₉ amb el mateix post tractament que es s'hi fa a la fracció C₆.

Amb aquest antecedent com a referència s'explica el perquè de la decisió de basar el projecte sobre la alternativa 3, figura 4.3. Amb aquesta alternativa, s'estalvia la necessitat d'una quarta columna responsable de la separació de la fracció C₈-C₉. A canvi d'aquesta simplificació s'haurà de construir una nova columna capaç de separar la fracció C₆-C₉ de la C₁₀-C₁₁.

6. DISTRIBUCIÓ DEL PROJECTE

Per tal de realitzar el procés de manera individual s'ha subdividit el procés en quatre parts que són:

- Part I: Alimentació
- Part II: Columna estabilitzadora C-301
- Part III: Columna despentanitzadora C-401
- Part IV: Columna al buit C-501
- Part V: Enginyeria bàsica
- Part VI: Consideracions mediambientals
- Part VII: Seguretat Industrial
- Part VIII: Estudi econòmic

Tant la part I com la IV, V, VI, VII i VIII són generals al projecte, en canvi la part II és específica d'Omar Martínez i la part III és específica d'Anna Antón.

7. ORGANITZACIÓ

Per organitzar el treball i distribuir les tasques al llarg de la redacció del projecte s'ha utilitzat el diagrama de Gantt.

Aquest diagrama mostra el repartiment temporal previst a l'inici del projecte amb el temps real emprat en el mateix.

BASES DE DISSENY

8. DEMANDES DEL CLIENT

- La planta ha de ser capaç de processar 80 tones per hora de *Pygas*.
- S'ha de reduir l'índex de diens del valor inicial a un màxim de 5.
- Especificacions de producte esmentades a l'apartat 10.

9. ESPECIFICACIONS D'ALIMENTACIÓ

9.1. Alimentació al reactor

El procés està en sèrie amb altres processos perquè forma part d'un complex petroquímic, per tant l'alimentació ve fixada pel procés previ.

El client subministra el següent cabal d'alimentació.

Taula 9.1. Alimentació al reactor. PART I.

| Alimentació reactor | kg/h | Alimentació reactor | kg/h |
|----------------------------|-------------------|----------------------------|-------------------|
| Hidrogen | $1.5 \cdot 10^3$ | C7 Diolefines | 0.00 |
| Metà | 0.00 | C7 Cicloparafines | 398 |
| Età | 0.00 | C7 Toluè | $1.02 \cdot 10^4$ |
| Etilè | 0.00 | C8 Parafines | 31.0 |
| Propà | 0.00 | C8 olefines | 38.9 |
| Propilè | 0.00 | C8 Diolefines | 0.00 |
| Propadiè | 0.00 | C8 Xilè | $2.02 \cdot 10^3$ |
| Acetilè | 0.00 | C8 Etilbenzè | 768 |
| Metilacetilè | 0.30 | C8 Estirè | $2.67 \cdot 10^3$ |
| I-butà | 5.50 | C9 Parafines | 0.00 |
| N-butà | 146 | C9 Olefines | 8.00 |
| I-butè | 318 | C9 Diolefines | 0.00 |
| TR2 Butè | 404 | C9 alquilobenzè | 415 |
| Cis2 butè | 543 | C9 alquiloestirè | $1.60 \cdot 10^3$ |
| 1-Butè | 0.00 | C9 Indà | 0.00 |
| 1-3 butandiè | $1.07 \cdot 10^3$ | C9 Indè | $1.29 \cdot 10^3$ |
| C5 Parafines | $4.71 \cdot 10^3$ | C10 Alquins indens | $2.38 \cdot 10^3$ |
| C5 olefines | $2.38 \cdot 10^3$ | C10 Naftalè | 784 |
| C5 Diolefines | $6.18 \cdot 10^3$ | Fenil benzè | 690 |
| C5 Cicloparafines | 272 | C11+ | $1.57 \cdot 10^3$ |
| C5 Cicloolefines | 761 | Additiu | 10.0 |
| C5 Ciclodiolefines | $3.52 \cdot 10^3$ | Aigua | 0.00 |
| C6 Parafines | $1.66 \cdot 10^3$ | Nitrogen | 0.00 |
| C6 Olefines | $3.63 \cdot 10^3$ | | |
| C6 Diolefines | 558 | | |

Taula 9.1. Alimentació al reactor. PART II.

| Alimentació reactor | kg/h | Alimentació reactor | kg/h |
|----------------------------|-------------------|----------------------------|-------------|
| C6 Cicloparafines | 630 | | |
| C6 Benzè | $2.81 \cdot 10^4$ | | |
| C7 Parafines | 279 | | |
| C7 Olefines | 676 | | |

9.2. Sortida del reactor

El client ens ha proporcionat la informació per de la composició de sortida del reactor R-201.

Taula 9.2. Sortida del reactor.

| Alimentació reactor | kg/h | Alimentació reactor | kg/h |
|----------------------------|-------------------|----------------------------|-------------------|
| Hidrogen | 16.2 | C7 Diolefines | 0.00 |
| Metà | 223 | C7 Cicloparafines | 398 |
| Età | 0.00 | C7 Toluè | $1.02 \cdot 10^4$ |
| Etilè | 0.00 | C8 Parafines | 36.9 |
| Propà | 0.00 | C8 olefines | 33.1 |
| Propilè | 0.00 | C8 Diolefines | 0.00 |
| Propadiè | 0.00 | C8 Xilè | $2.02 \cdot 10^3$ |
| Acetilè | 0.00 | C8 Etilbenzè | $2.13 \cdot 10^3$ |
| Metilacetilè | 0.30 | C8 Estirè | $1.33 \cdot 10^3$ |
| I-butà | 54.8 | C9 Parafines | 1.20 |
| N-butà | 439 | C9 Olefines | 6.80 |
| I-butè | 254 | C9 Diolefines | 0.00 |
| TR2 Butè | 328 | C9 alquilobenzè | $1.28 \cdot 10^3$ |
| Cis2 butè | 443 | C9 alquiloestirè | 800 |
| 1-Butè | 765 | C9 Indà | 262 |
| 1-3 butandiè | 145 | C9 Indè | $1.03 \cdot 10^3$ |
| C5 Parafines | $5.86 \cdot 10^3$ | C10 Alquins indens | $2.51 \cdot 10^3$ |
| C5 olefines | $6.51 \cdot 10^3$ | C10 Naftalè | 784 |
| C5 Diolefines | 903 | Fenil benzè | 552 |
| C5 Cicloparafines | 867 | C11+ | $1.57 \cdot 10^3$ |
| C5 Cicloolefines | $3.24 \cdot 10^3$ | Additiu | 00.0 |
| C5 Ciclodiolefines | 516 | Aigua | 24.2 |
| C6 Parafines | $2.28 \cdot 10^3$ | Nitrogen | 10.2 |
| C6 Olefines | $3.48 \cdot 10^3$ | | |
| C6 Diolefines | 83.2 | | |
| C6 Cicloparafines | 627 | | |
| C6 Benzè | $2.80 \cdot 10^4$ | | |
| C7 Parafines | 382 | | |
| C7 Olefines | 573 | | |

10. ESPECIFICACIÓ DELS PRODUCTES

- Fracció C₅: el seu destí serà la formulació de gasolines
- Fracció C₆-C₉: refinament a la planta de benzè
- Fracció C₁₀-C₁₁: recirculació cap a la planta d'olefines

Condicions de sortida de la fracció C₅:

1. 5% ASTM D-86 : 30 °C
2. Menys d'1% en volum C₄
3. Menys d'1% en volum C₆

Condicions de sortida de la fracció C₆-C₉:

1. Menys d'0.5% en pes d'alquil indens

Condicions de sortida de la fracció C₁₀-C₁₁:

1. Menys d'un 0.5% en pes d'indè

Condicions de temperatura de fons (no superar en cap cas)

1. Columna estabilitzadora: 175°C
2. Columna despentanitzadora: 140°C
3. Columna al buit 160°C

11. FACTOR DE SERVEI I TEMPS D'OPERACIÓ

La planta ha de complir amb un factor de servei mínim de 0.6 durant el primer i el segon any de funcionament de la planta. A partir del tercer haurà d'operar 8000 h/any. Això implica que durant els dos primers anys la planta haurà d'operar un mínim d'un 60% de les hores programades.

12. NORMES DE DISSENY

Durant el disseny i fabricació de la planta s'utilitzaran les següents normes:

- Bescanviadors de calor: normativa TEMA
- Recipients a pressió: normativa ASME
- Canonades: normativa ASME

- Estudi de risc: estudi HAZOP
- Bombes centrífugues: API-ATEX:

Concretament s'utilitzarà el pla 53A. Aquest es caracteritza per no permetre fuites a l'atmosfera. S'utilitza per fluids bruts, abrasius o polimeritzants. A la següent figura es descriu el pla emprat:

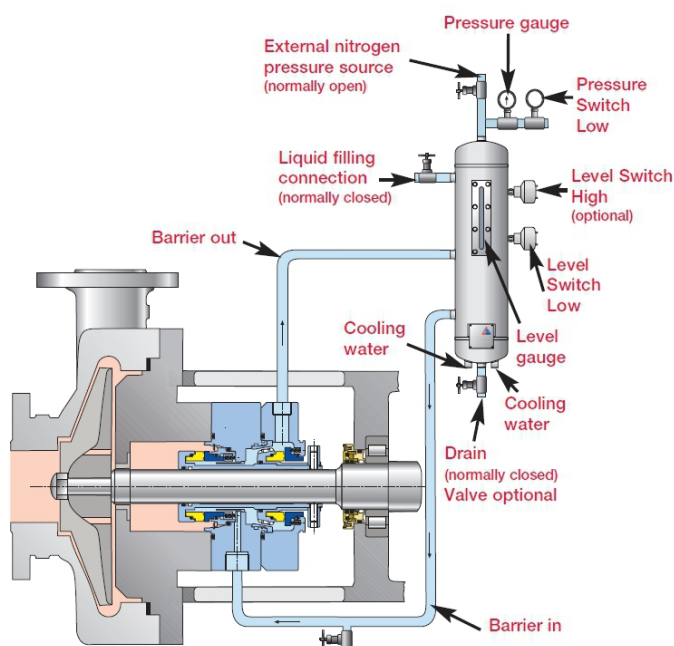


Figura 12.1. Pla API 53 A.

- Gestió de qualitat: normes ISO 9000
- Gestió ambiental: normes ISO 14001:2009
- Gestió mediambiental de les calderes de potencia nominal menor a 50 MW: Real Decret 319/98
- Gestió de residus: codi CER

DADES BÀSIQUES PER AL DESENVOLUPAMENT DE L'ENGINYERIA

13. SERVEIS DISPONIBLES

Els serveis dels que disposa es mostren resumits a les següents taules:

Taula 13.1. Aigua de refrigeració.

| Paràmetre | Unitat | Valor |
|------------------------------|----------------------|-------|
| Pressió subministrada | kg/cm ² g | 3.70 |
| Caiguda de pressió | Kg/ cm ² | 1.90 |
| Temperatura subministrada | °C | 30 |
| Temperatura màxima de retorn | °C | 45 |

Taula 13.2. Vapor.

| | Pressió (kg/cm ² g) | | | Temperatura (°C) | | |
|------------------------|--------------------------------|--------|--------|------------------|--------|--------|
| | Normal | Màxima | Mínima | Normal | Màxima | Mínima |
| SHH | 111 | 111.5 | 110.5 | 500 | 520 | 470 |
| SH | 40.5 | 41 | 40 | 370 | 390 | 340 |
| SM | 16.7 | 18.5 | 16.5 | 300 | 330 | 280 |
| SL | 4.2 | 4.5 | 3.8 | 223 | 250 | 210 |
| SLL⁵ | 1.3 | 2.0 | 1.2 | 127 | 130 | 125 |

Taula 13.3. Subministrament elèctric.

| Potència (HP) | Voltatge (V) | Funcionament |
|---------------|--------------|-------------------------------|
| 0 – 300 | 500 | 50 cps ⁶ / 3 fases |
| > 300 | 6000 | 50 cps / 3 fases |

Taula 13.4. Aire i nitrogen de planta i instrumental.

| Paràmetre | Aire instrumental | Aire de planta | Nitrogen |
|---------------------------------|-------------------|----------------|----------|
| Pressió (kg/cm ²) g | 7.1 | 6.6 | 6.0 |
| Punt de rosada (°C) | -35 | - | -40 |

14. PREUS DE LES ENERGIES

Els costos de les energies han estat subministrats per Repsol.

Taula 14.2. Preus de les energies. PART I.

| Energies | Preu | Valor |
|-----------|------|-------|
| Vapor SHH | \$/t | 71.5 |
| Vapor SH | \$/t | 55.9 |
| Vapor SM | \$/t | 49.4 |
| Vapor SL | \$/t | 41.3 |

⁵ S: steam; H:high; M:médium; L:low

⁶ Cps: cicles per segon

Taula 14.2. Preus de les energies. PART II.

| Energies | Preu | Valor |
|--------------------|-------------------|--------------|
| Vapor SLL | \$/t | 36.4 |
| Aigua refrigeració | \$/m ³ | 0.05 |
| Electricitat | \$/MWh | 123 |
| Fuel gas | \$/t | 1040 |
| Nitrogen | \$/kg | 0.09 |

15. DADES DE L'EMPLACAMENT

La construcció de la planta es localitza a la província de Tarragona, concretament al municipi de la Pobla de Mafumet. La Pobla de Mafumet es troba entre les poblacions del Morell i Constantí.



Figura 15.1. Imatge aèria de la situació de la planta

Els límits aproximats de referència segons l'Institut Nacional de Cartografia són els que es mostren a la taula 15.1.

Taula 15.1. Coordenades UTM Huso 30.

| Coordenada | Valor |
|-------------------|--------------|
| X | 3500 |
| Y | 45613 |

15.1. Medi socioeconòmic

En aquest apartat es determinarà la vessant socioeconòmica de la zona on s'ubicarà la planta.

15.1.1. Situació administrativa

Pel que fa la situació administrativa de la zona, s'ha de tenir en compte que la planta pot sortir beneficiada degut a que està situada a prop de la capital de la comarca i de la província, Tarragona. En aquesta ciutat es troba l'Ajuntament de Tarragona, el consell comarcal, així com la Diputació de Tarragona i per tant el moviment administratiu serà de gran valor.

15.1.2. Població

La planta estarà situada entre els pobles de Constantí, la Pobla de Mafumet i el Morell. A la taula 15.2 es mostren els valors característics de cada població.

Taula 15.2. Característiques poblacions.

| Població | Localització | Superfície (km²) | Habitants | Densitats (hab/km²) |
|---------------------|---------------------|--|------------------|---|
| Constantí | 5km nord de TGN | 31.0 | 5154 | 166 |
| La Pobla de Mafumet | 8km nord de TGN | 6.2 | 1018 | 155 |
| El Morell | 11km nord de TGN | 6.0 | 2338 | 390 |

15.1.3. Economia

En aquesta comarca les activitats econòmiques més destacades i per tant més importants són el sector terciari i la indústria. En el sector terciari destaquen les activitats relacionades amb el comerç i turisme, així com les activitats administratives i financeres.

En l'activitat comercial cal destacar que el Port de Tarragona és el segon port de l'Estat en quant al volum de mercaderies.

El turisme és molt present ja que el Tarragonès gaudeix d'un clima agradable i també d'unes platges de gran qualitat. També el passat històric i cultural de la ciutat de Tarragona ajuda a incrementar l'interès dels turistes. En aquest sector també s'ha de tenir en compte el parc temàtic, Port Aventura, el més gran de l'Estat.

15.1.4. Infraestructures i servis

El Tarragonès està ben comunicat tan per mar com per terra. Pel que fa les comunicacions marítimes cal destacar el port de la ciutat de Tarragona. En canvi, per les comunicacions per terra es pot optar per diverses línies de ferrocarril i també de les autopistes, autovies i carreteres nacionals.

Les línies ferroviàries destaquen les línies de Barcelona-Tarragona-Reus-Móra-Saragossa, Barcelona-Tarragona-Tortosa-València i Santi Vicenç-Roda de Barà-Valls-Lleida.

Pel que fa a les carreteres les més importants són la N-340 que comunica les dues ciutats de Barcelona i València, N-240 que uneix les dues ciutats de Tarragona i Reus per autovia, en canvi aquesta mateixa uneix Tarragona i Valls per nacional. També es disposa de l'autopista de peatge de l'AP-7 que comunica Tarragona amb València i Barcelona.

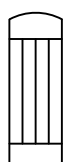
ENGINYERIA BÀSICA.

PART I

16. PROCESS FLOW DIAGRAM (PFD)

A continuació es presenta el diagrama de flux de la part d'alimentació.
Responsable del disseny: Anna Antón

AMB CONTROL
PER FLUX
D'AIRE(AE)



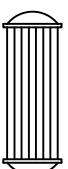
BESCANVIADOR
DE
TUBS
|
CARCASA(E)



DIPOSIT DECANTADOR (D)



COLUMNA DE
DESTIL·LACIÓ(C)



CONDENSADOR(E)

| | | | |
|------------------|-------------|------------|-------------------------------------|
| | <i>Data</i> | <i>Nom</i> | UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI |
| <i>Dibuixat</i> | 14/05/14 | Omar | |
| <i>Comprovat</i> | 14/05/14 | Omar | |
| <i>S.normes</i> | DIN | | |

Escala

SIMBOLOGIA: PFD

Nº 1B

Sostituïeix a

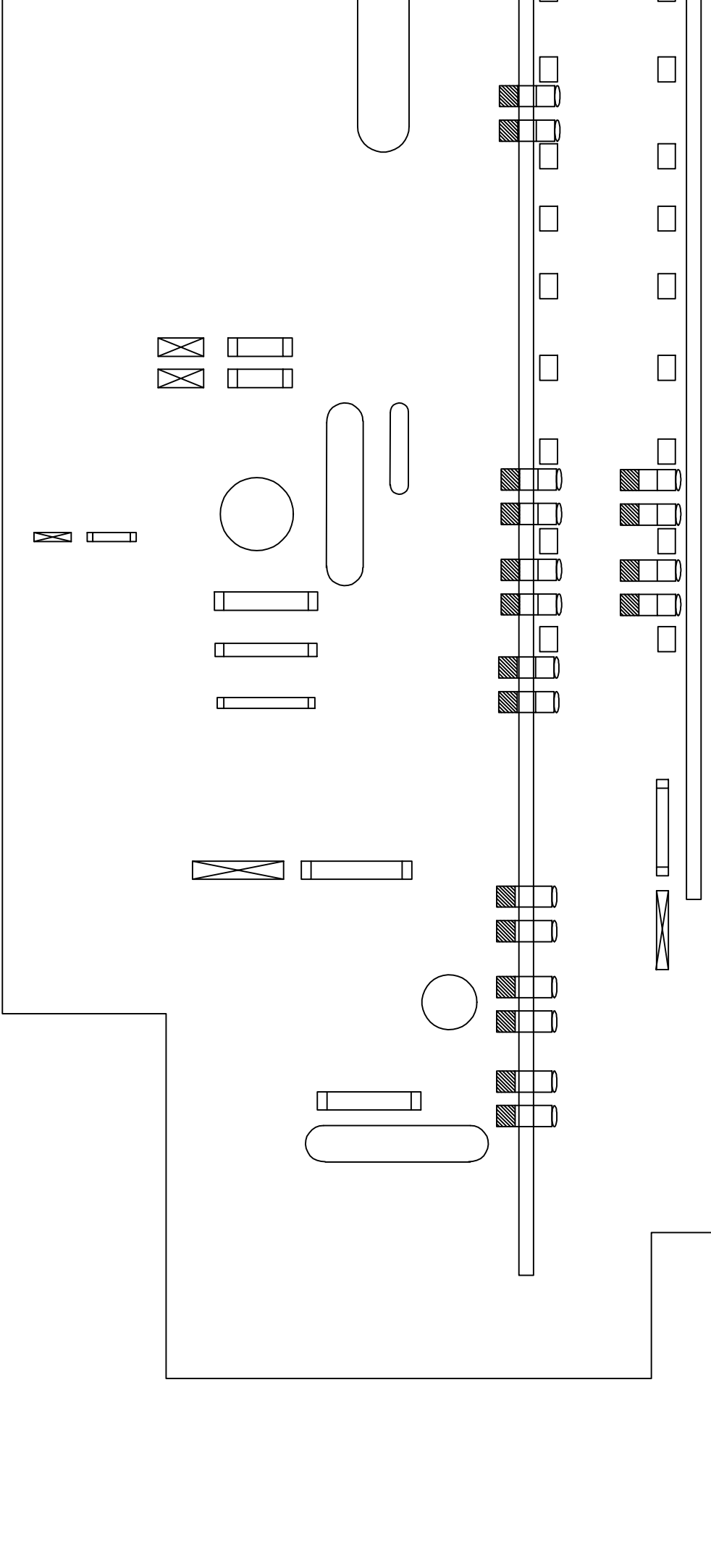
S substituït per

17. PLOT PLAN

A continuació es presenta la disposició dels equips a la planta. Es mostren una perspectiva aèria, on s'ha tingut en compte es següent:

- Facilitat d'arribada, muntatge i desmuntatge dels equips amb major manteniment: les bombes i el compressor .
- Les bombes es poden desmuntar de cara al carrer, per tal de tenir facilitat de maniobra (la grua encarregada de suportar el pes de l'equip).
- Les estructures (ponts, bastides on es troben certs dipòsits, etc.) tenen una alçada mínima de 5 metres per facilitar el pas de camions per sota.
- Es té present el vent predominant de cara a la futura ubicació de la sala de control i del moviment de les possibles fuites d'aire.
- El paviment té una pendent de 3% sempre de cara al drenatge.
- Hi ha detectors de mescles explosives a les zones on hi ha hidrogen.

Responsables: Anna Antón i Omar Martínez.



+ DETECTOR DE MESCLA EXPLOSIVA

| |
|--|
| |
|--|

| | <i>Data</i> | <i>Nom</i> | | <i>UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI</i> |
|------------------|-------------|------------|----------------------|-------------------------------------|
| <i>Dibuyat</i> | 13/05/14 | An. & Om. | <input type="text"/> | |
| <i>Comprovat</i> | 13/05/14 | An. & Om. | <input type="text"/> | |
| <i>S.normes</i> | DIN | | | |

Esclai

1:335

PLOT PLANT

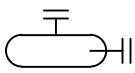
| |
|----------------------|
| |
| <i>Sustitueix a</i> |
| <i>Sustituit per</i> |

18. P&ID + CONTROL

A continuació es presenta el diagrama d'instrumentació i control de tota la planta.

S'ha de puntualitzar que els P&ID contenen les reduccions típiques de les controladores encara que en aquest projecte no es seleccionarà la vàlvula controladora, si no que es donarà solament el dimensionament.

Responsable: Omar Martínez.



Trampa de vapor



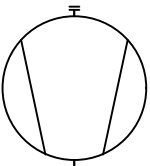
Ejectors



Bomba de desplaçament positiu




Reducció i ampliació de canonada, respectivament

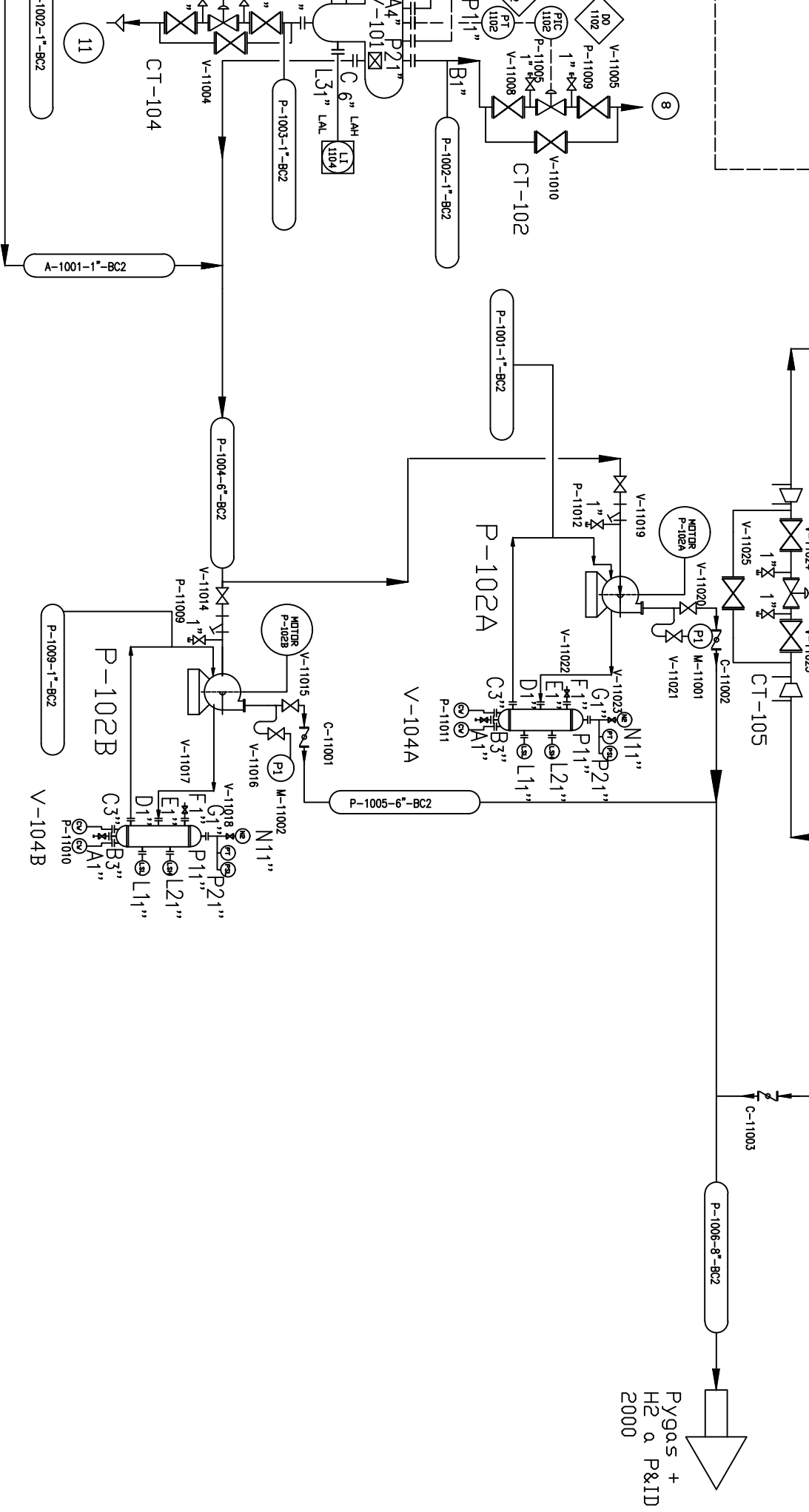


Compressor

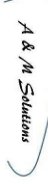


Vortex Breaker

| | | | | |
|-----------------------------|-------------|------------|---|-------------------------------------|
| | <i>Data</i> | <i>Nom</i> |  | UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI |
| <i>Dibuixat</i> | 02/12/13 | Omar | | |
| <i>Comprovat</i> | 14/05/14 | Omar | | |
| <i>S.normes</i> | DIN | | | |
| <i>Escala</i> | | | | |
| SIMBOLOGIA: P&ID | | | | |
| | | | | Nº 1A |
| | | | | Substitueix a |
| | | | | Substituit per |

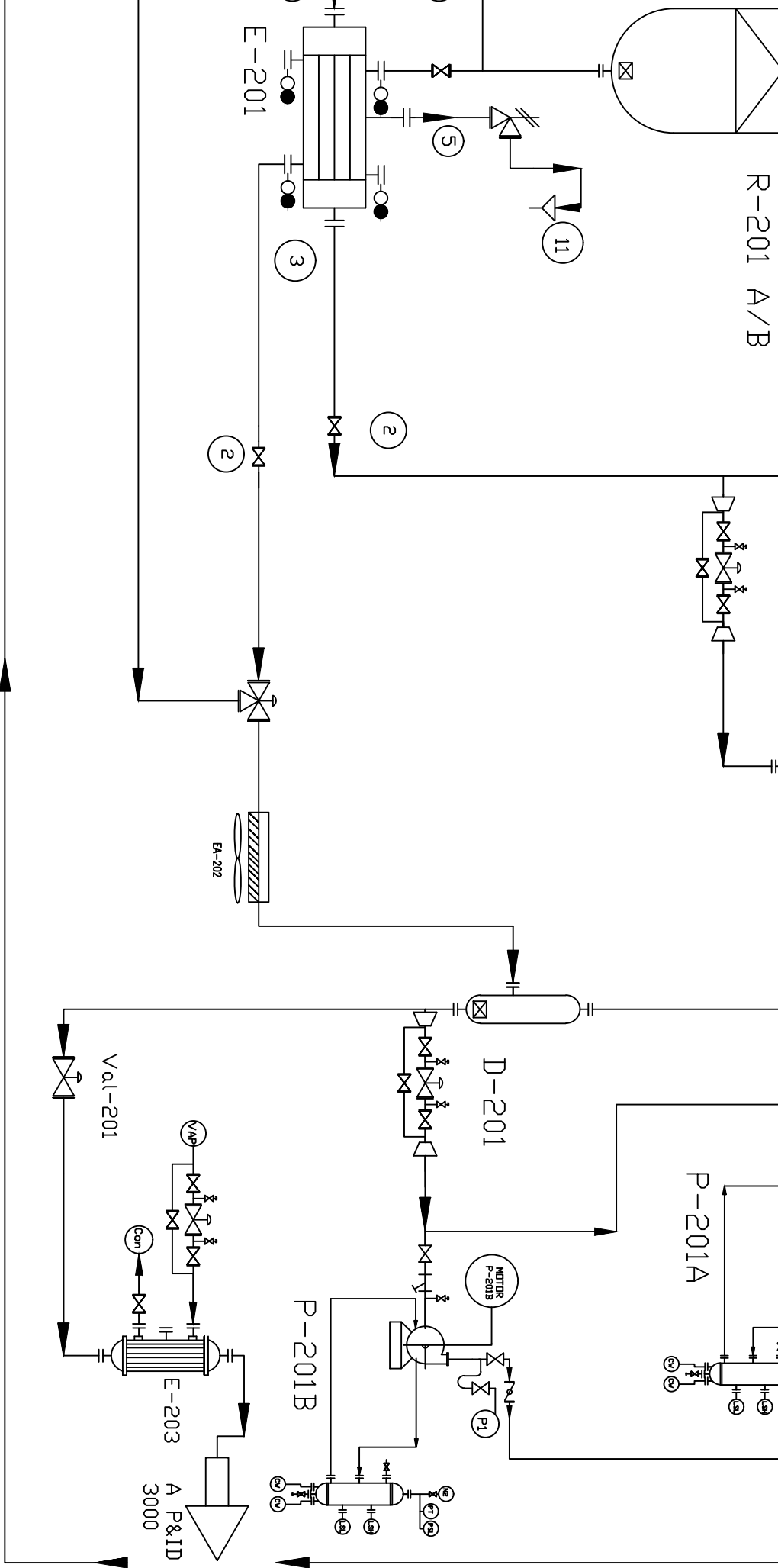


- 8 Torxa
- 9 Boca d'home
- 10 El vortex breaker serveix per a les dues sortides de fons de columna
- 11 Drenatge tancat

| Data | | Nom | |  | UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI |
|-----------|----------|------|--|---|-------------------------------------|
| Dibuixat | 30/05/14 | Omar | | | |
| Comprovat | 30/05/14 | Omar | | | |
| S.normes | | DIN | | | |
| Escala | | | | | |

P&ID + control 1000:
Alimentació Pygas

| | |
|-------------------|--|
| Nº 1004 | |
| Sustitueix a 1003 | |
| Sustituit per | |



- 7 Trocament
- 8 Torxa
- 9 Boca d'home
- 10 El vortex breaker serveix per a les dues sortides de fons de columna
- 11 Drenatge tancat

| | | |
|-----------|----------|------|
| Dibuixat | 25/04/14 | Omar |
| Comprovat | 13/05/14 | Omar |
| S.normes | DIN | |

Escala

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

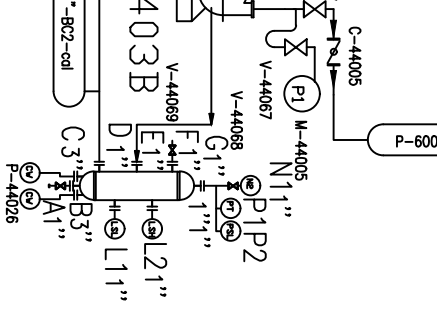
P&ID 2000: zona reactor

Nº 2002

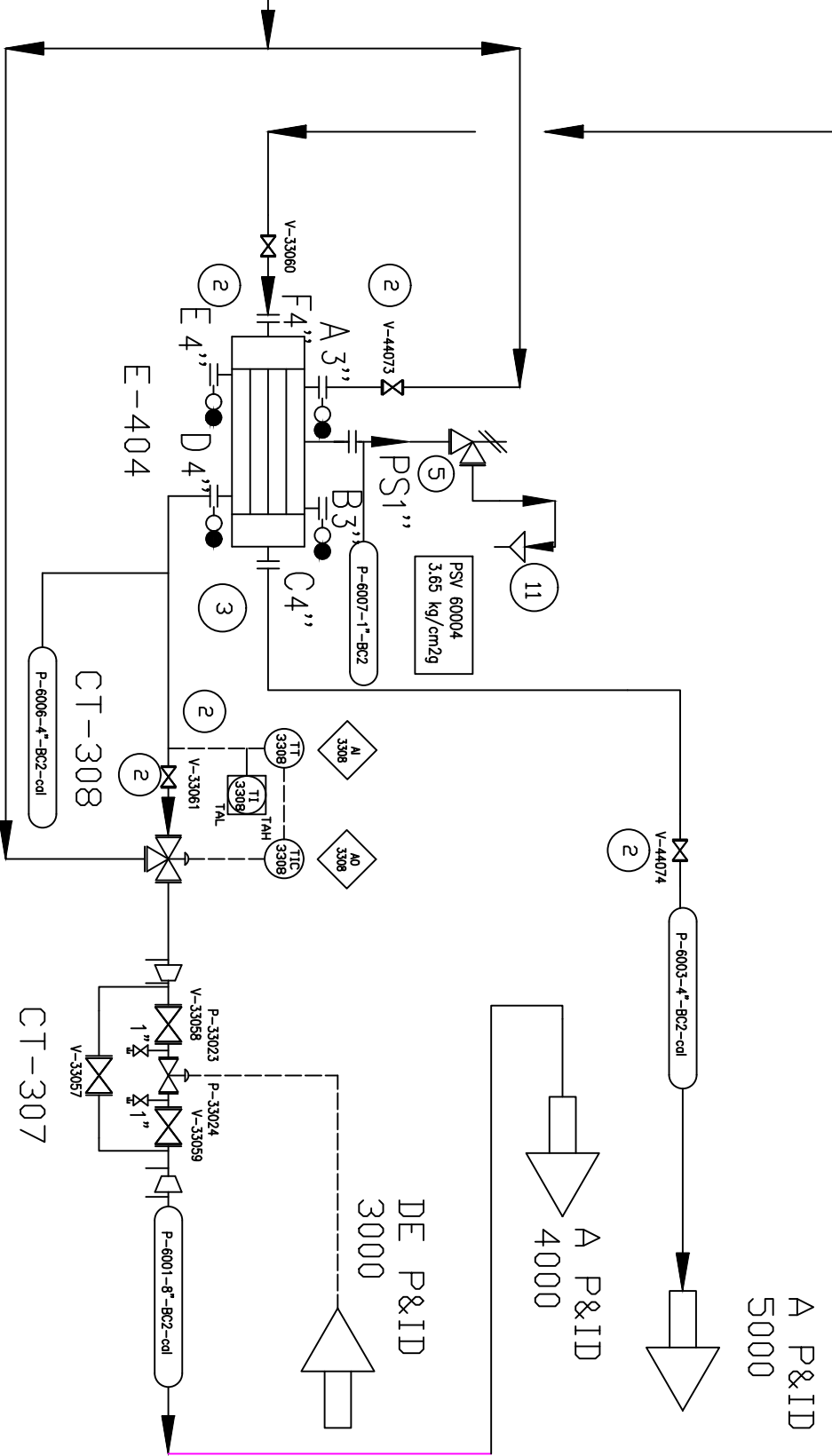
Sustitueix a 2001

Sustituït per





V-403A



DE P&ID
3000

A P&ID
4000

A P&ID
5000

- 7 Tractament
- 8 Torxa
- 9 Boca d'home
- 10 El vortex breaker serveix per a les dues sortides de fons de columna
- 11 Drenatge tancat

| Data | Nom |
|--------------|------|
| 31/05/14 | Omar |
| 31/05/14 | Omar |
| S.normes DIN | |

Escala P&ID + control 6000:

Fondos columnas

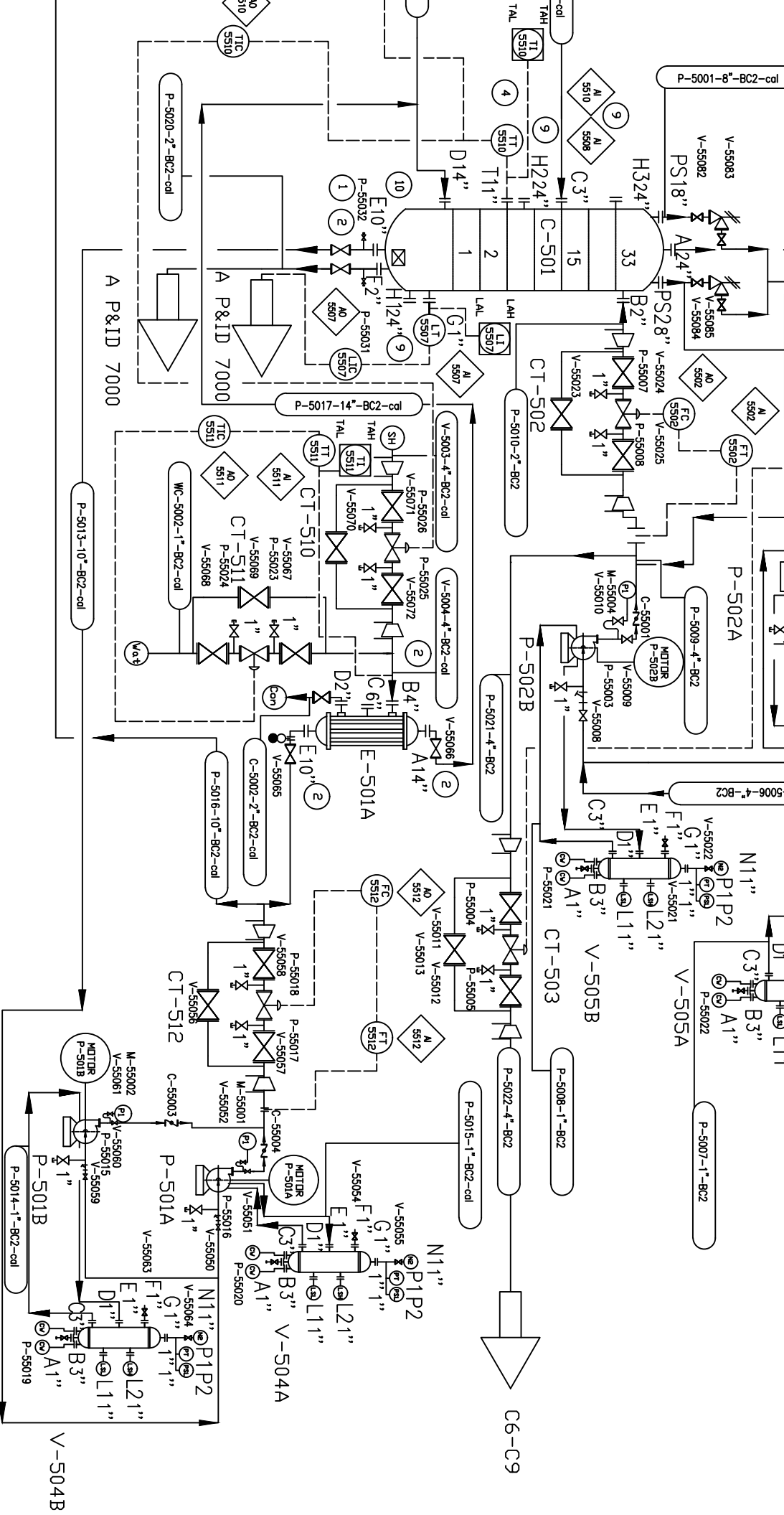
C-301/401

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

Nº 6003

Sustitueix a 6002

Sustituit per



- 7 Tractament
- 8 Torxo
- 9 Boca d'home

- 10 El vortex breaker serveix per a les dues sortides de fons de columna
- 11 Drenatge tancaat

| Data | Nom |
|---------------|-----------|
| 30/05/14 Omar | Dibuixat |
| 30/05/14 Omar | Comprovat |
| DIN | S.normes |

Escaló

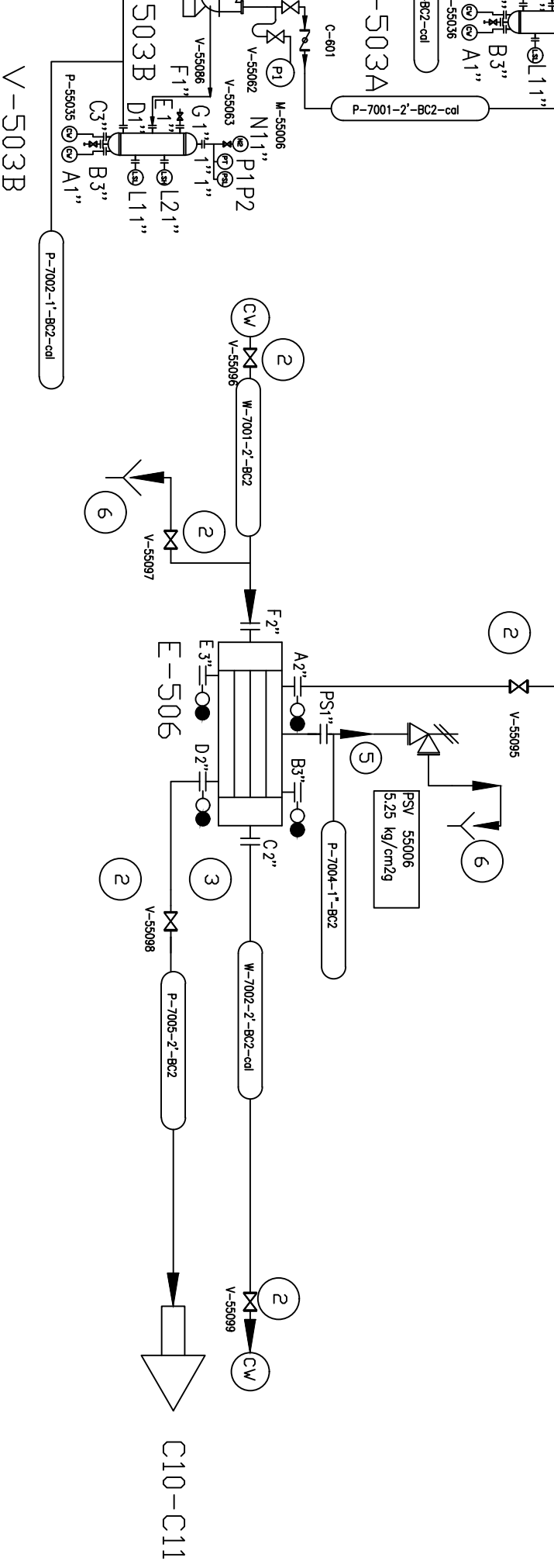
UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

P&ID + control 5000: C-501

Nº 5003


Sustitueix a 5002

Sustituir per

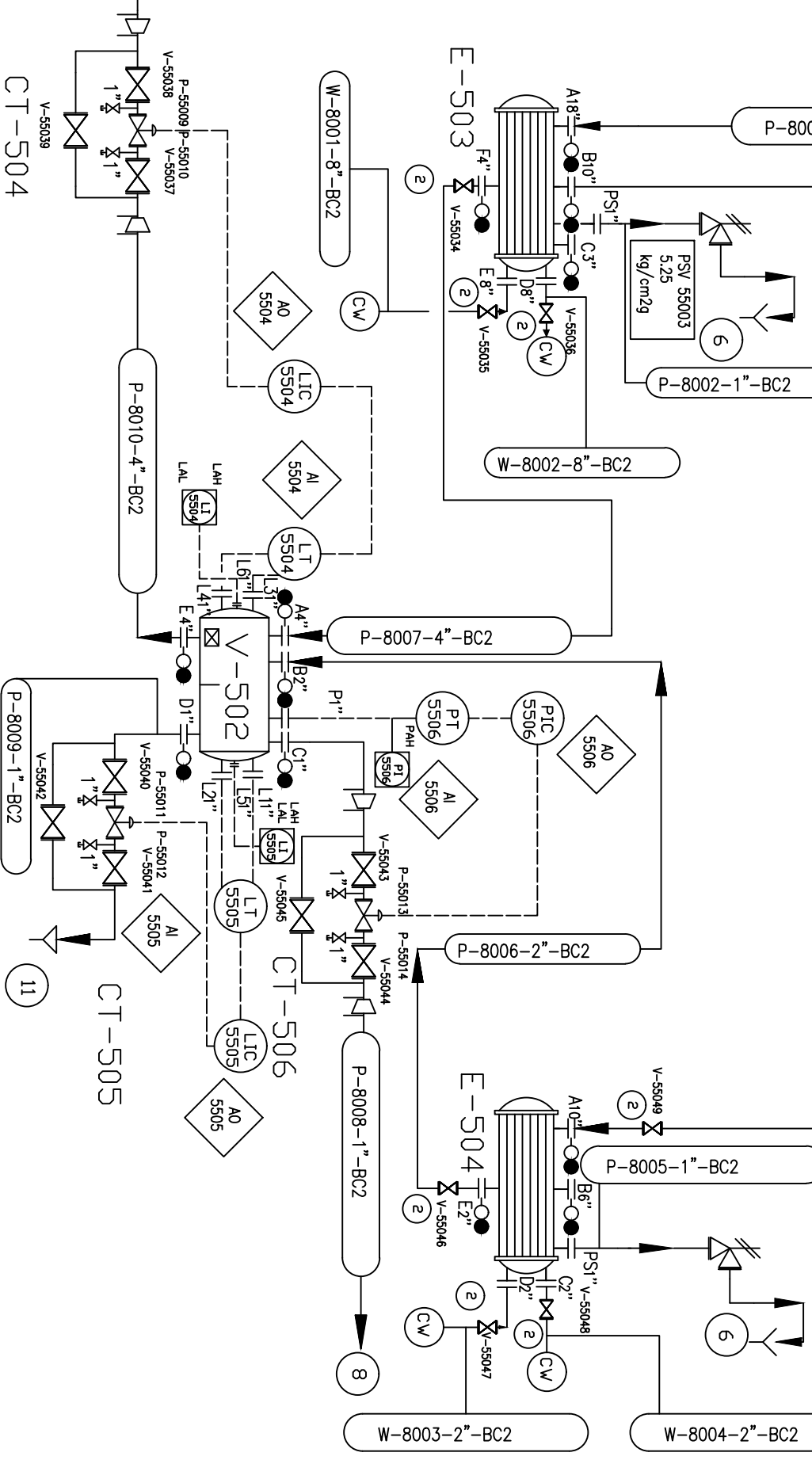


- 7 Tractament
- 8 Torxa
- 9 Boca d'home


- 10 El vortex breaker serveix per a les dues sortides de fons de columna
- 11 Drenatge tancat

| | Data | Nom |  | | UNIVERSITAT ROVIRA / VIRGILI |
|-----------|----------|------|---|--|-------------------------------------|
| Dibuixat | 31/05/14 | Omar | | | |
| Comprovat | 31/05/14 | Omar | | | |
| S.normes | DIN | | | | |

| | | | |
|--------|----------------------|--|----------------------|
| Escala | P&ID + control 7000: | | Nº 7002 |
| | Fondo columna C-501 | | |
| | Sustitueix a 7001 | | Sustituït per |
| | Sustituït per | | |



- 7 Tractament
- 8 Torxa
- 9 Boca d'home
- 10 El vortex breaker serveix per a les sortides de fons de columna
- 11 Drenatge tancat

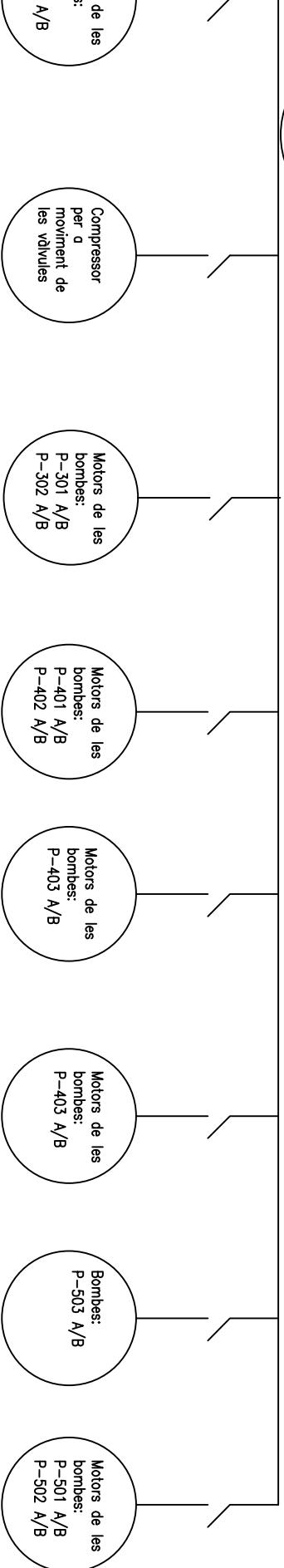
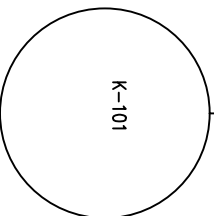
| Data | | Nom | |  | UNIVERSITAT ROVIRA / VIRGILI |
|-----------|----------|------|--|---|-------------------------------------|
| Dibuixat | 31/05/14 | Omar | | | |
| Comprovat | 31/05/14 | Omar | | | |
| S.normes | | DIN | | | |
| Escala | | | | | |

P&ID 8000:
Ejectors columna C-501

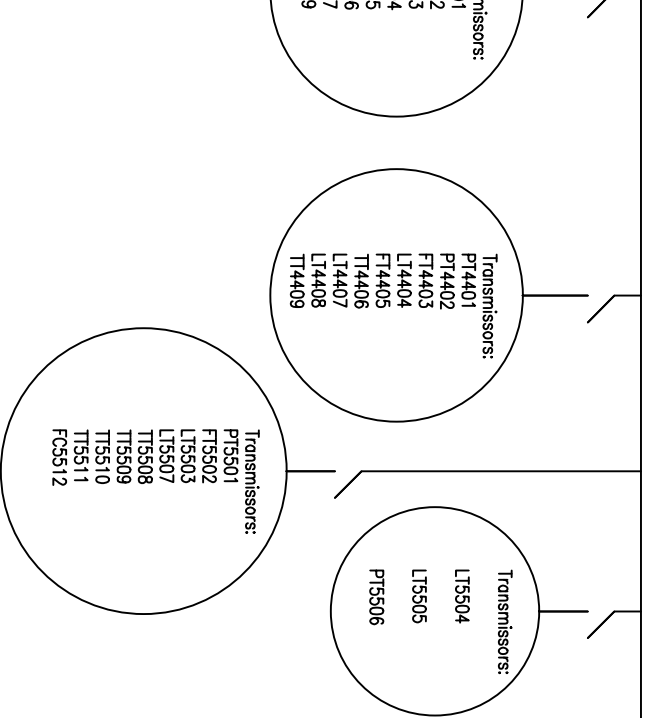
Nº 8002
 Substitueix a 8001
 Substituit per

19. DIAGRAMA UNIFILAR

A continuació es presenta la distribució elèctrica de la zona.
Responsable: Omar Martínez



Cuadre eléctrico



| | | | | | |
|------------------|-----------------|----------------------------|-------------|-------------------------------------|--|
| | | <i>A & M Solutions</i> | | UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI | |
| <i>Dibuixat</i> | <i>29/04/14</i> | <i>Nom</i> | <i>Omar</i> | | |
| <i>Comprovat</i> | <i>29/04/14</i> | <i>Omar</i> | | | |
| <i>S.normes</i> | | | | | |

Escala

PLÀNOL ELÈCTRIC

Planta de PyGas

Nº 1000

Sustitueix a

Sustituït per

20. DISSENY BÀSIC

20.1. Disseny de les canonades

El criteri per dissenyar les canonades es mostra a l'apartat d'annexos 1.

Els resultats es mostren a la taula 24.1.

20.2. Control de la planta

20.2.1. Introducció al sistema de control

El control d'aquesta planta funciona de la següent manera:

1. Un mesurador realitza una mesura i l'envia a la *junction box*⁷. Aquesta és una entrada (INPUT) que pot ser analògica (valor concret) o digital (0 o 1).
2. A la *junction box* s'envia un senyal cap als blocs *weidmuller*⁸ i d'aquests cap al programa d'anàlisi.
3. El programa d'anàlisi realitza dos anàlisi de la mateixa senyal, la *fox* i la *doc*, on totes dues comparen i envien una senyal única cap a la *junction box*.
4. La *junction box* envia un senyal al controlador. Aquesta senyal és una de sortida (OUTPUT) que pot ser analògica o digital.
5. La vàlvula actua.

Cal destacar que l'entrada i la sortida són sempre respecte a la *junction box*, això vol dir que un controlador sempre rep la comanda i per tant, és una sortida. En canvi, un transmissor és una entrada.

20.2.2. Control del P&ID 1000: alimentació

Introducció

A continuació s'explica de manera raonada el control de la zona d'alimentació de la gasolina de piròlisi i de la d'hidrogen.

Control

CT-101: aquesta vàlvula es controla a través del controlador PIC-1101 amb sortida digital DO-1101. La funció d'aquesta vàlvula és permetre l'entrada d'hidrogen, procedent de la recirculació del dipòsit decantador D-201, per evitar l'efecte del buit al dipòsit V-101. El buit es produeix quan hi ha una variació de temperatura en l'equip, concretament quan la

⁷ Junction box: caixes de connexió en camp

⁸ Blocs weidmuller: converteixen les senyals per a poder ser utilitzades pels ordenadors.

temperatura disminueix i condensen els gasos que hi ha en el dipòsit. Utilitza el mesurador de pressió PT-1101 amb digital DI-1101.

CT-102: aquesta vàlvula es controla a partir del controlador PIC-1102 amb sortida digital DO-1102. En obrir-se permet reduir la pressió del dipòsit V-101 en cas que superi una pressió de 1.3 atm. Aquest valor ve determinat per la pressió del dipòsit (atmosfèrica) i la necessitat de superar la pèrdua de càrrega relacionada amb la torxa (*knock out pot* i dipòsit d'aigua de la torxa). Utilitza el mesurador de pressió PT-1101 amb digital DI-1102.

CT-103: aquesta vàlvula controla el flux d'hidrogen que entra al dipòsit V-103 mitjançant el relacionador RL-1103. El cabal d'hidrogen s'estableix a partir de la relació entre la gasolina de piròlisis i aquest cabal d'hidrogen.

El cabal d'hidrogen es controla perquè l'excés d'aquest pot provocar un *runaway*⁹ al reactor, afectant així la seguretat de la planta.

Utilitza el controlador FC-1103 i el transmissor FT-1103, amb sortida i entrada analògica AO-1103 i AI-1103 respectivament.

CT-104: aquesta vàlvula permet purgar l'aigua del dipòsit V-101 mitjançant un sistema de nivell làser.

Utilitza el mesurador de nivell LT-1104 amb entrada digital DI-1104 i el controlador LIC amb sortida digital DO-1104.

PT-1005: el mesurador de pressió PT-1105 encara que no controla permet mesurar i assegurar que la pressió de sortida del compressor és l'adequada. Té entrada analògica AI-1105.

20.2.3. Dimensionament de les vàlvules controladores

El criteri per dimensionar les vàlvules de control es mostra a l'apartat 2 d'annexos.

A la taula 20.1 es mostren els valors obtinguts de la C_v de les vàlvules.

Taula 20.1. Pressions i C_v .

| Vàlvula | Diàmetre canonada (in) | P a.amunt (kg/cm ² g) | P a. avall (kg/cm ² g) | C_v |
|---------|------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-------|
| CT103 | 4 | 26.0 | 25.7 | 73.6 |
| CT102 | 1 | 1.40 | 1.15 | 36.7 |
| CT101 | 4 | 26.0 | 25.7 | 561 |
| CT104 | 1 | 1.00 | 0.75 | 8.40 |

*Segueix la numeració dels P&ID

⁹ Runaway: reacció fora de control

20.3. Disseny d'equips

20.3.1. Compressor K-101

A la línia P-1008-6''-BC2 es troba el compressor K-101 que dona una pressió de descàrrega de 38 kg/cm² g per entrar al reactor. El cabal que l'alimenta és de 4 t/h.

S'estudien dues possibilitats. En la primera el compressor és d'una etapa i en la segona de dues etapes. S'escull el compressor d'una etapa, perquè el salt de pressió no és excessivament gran i la temperatura que s'assoleix a la sortida de l'etapa és acceptable. Les característiques principals del compressor escollit es mostren a la taula 20.2.

Taula 20.2. K-101 resultats.

| Paràmetre | Unitat | Valor |
|------------------------|----------------------|-------|
| Pressió d'entrada | kg/cm ² g | 26.0 |
| Pressió de sortida | kg/cm ² g | 38.0 |
| Temperatura d'entrada | °C | 40.0 |
| Temperatura de sortida | °C | 87.8 |
| Eficiència politròpica | - | 0.730 |
| Treball | kW | 961 |
| Cost | MM\$ | 1.8 |

20.3.2. Dipòsit V-101

El dipòsit V-101 es troba a l'alimentació de la planta. Aquest dipòsit és on s'acumula gasolina de piròlisi i es decanta en cas de que s'hi contingui aigua. Es presenten dos resultats: en el primer cas, els resultats han estat optimitzats mitjançant la minimització de l'àrea del cilindre. En el segon cas, s'utilitza la relació de la longitud i el diàmetre la qual ha de ser aproximadament entre 2.5 i 3.5. Finalment, per dissenyar el dipòsit s'utilitza la relació de L/D.

Els paràmetres principals del disseny del dipòsit es mostren a la taula 20.3. El resultats obtinguts mitjançant la optimització de la superfície del tanc, es mostren a l'apartat 3 d'Annexos.

Taula 20.3. Dimensions i condicions d'operació dipòsit V-101.

| Paràmetre | Unitat | Valor |
|------------------------|--------------------|-------|
| Cabal | t/h | 80.7 |
| Temps residència | min | 15.0 |
| Volum dipòsit | m ³ | 37.9 |
| Longitud dipòsit | m | 7.9 |
| Radi dipòsit | m | 1.3 |
| Temperatura de disseny | °C | 65.0 |
| Pressió de disseny | kg/cm ² | 2.1 |
| Gruix dipòsit | mm | 5.4 |

20.3.3. Dipòsit V-103

El dipòsit V-103 es troba a l'alimentació de la planta. Aquest dipòsit permet mesclar la corrent de recirculació del decantador amb l'alimentació fresca d'hidrogen. Aquesta mescla permet que el compressor no treballi en línia amb l'hidrogen fresc, així s'assegura la vida del compressor.

Es presenten dos resultats: en el primer cas, els resultats han estat optimitzats mitjançant la minimització de l'àrea del cilindre. En el segon cas, s'utilitza la relació de la longitud i el diàmetre la qual ha de ser aproximadament entre 2.5 i 3.5. Finalment, per dissenyar el dipòsit s'utilitza la relació de L/D.

Els paràmetres principals del disseny del dipòsit es mostren a la taula 20.4. El resultats obtinguts mitjançant la optimització de la superfície del tanc, es mostren a l'apartat 4 d'Annexos.

Taula 20.4. Dimensions i condicions d'operació dipòsit V-103.

| Paràmetre | Unitat | Valor |
|------------------------|--------------------|-------|
| Cabal | t/h | 4.0 |
| Temps residència | min | 0.5 |
| Volum dipòsit | m ³ | 12.9 |
| Longitud dipòsit | m | 5.4 |
| Radi dipòsit | m | 0.9 |
| Temperatura de disseny | °C | 60.0 |
| Pressió de disseny | kg/cm ² | 27.7 |
| Gruix dipòsit | mm | 24.4 |

20.3.4. Bomba P-102 A/B

Aquesta bomba està situada a la línia P-1004-6"-BC2. Serveix per impulsar el cabal de l'alimentació de *Pygas* cap a la zona de reacció.

Les característiques d'aquesta bomba es mostren a la taula 20.5.

Taula 20.5. Característiques bomba P-102 A/B.

| P ₁ (kg/cm ²) | ΔP (kg/cm ²) | z ₁ (m) | z ₂ (m) | NPSH _d (m) | H (m) | Q (t/h) | P (kW) |
|--------------------------------------|--------------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|-------|---------|--------|
| 1.0 | 1.0 | 4 | 1 | 16.1 | 10.5 | 80.7 | 2.3 |

20.3.5. BESCOCANVIADOR E-203

Aquest bescanviador és l'encarregat d'escalfar el corrent d'entrada a la columna C-301 una vegada ha passat per la vàlvula d'expansió V-201.

Els resultats es mostren a la taula 22.4.

Taula 22.4. Resultat reboiler E-203.

| Paràmetre | Unitat | Shell side | | Tube side | |
|---|--------------------|------------|-------|----------------------|-------|
| Fluid | - | Vapor | | Producte | |
| Flux màssic | t/h | 5.22 | | 80.1 | |
| Flux màssic de entrada (Líquid/Vapor) | t/h | 0.00 | 5.22 | 80.1 | 0.00 |
| Flux màssic de sortida (Líquid/Vapor) | t/h | 5.22 | 0.00 | 80.1 | 0.00 |
| Temperatura (IN/OUT) | °C | 153 | 150 | 40.0 | 111 |
| Fracció de vapor | - | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Pressió (IN/OUT) | kg/cm ² | 5.20 | 5.02 | 10.3 | 9.96 |
| Caiguda de pressió (permesa / calculada) | kg/cm ² | 0.250 | 0.176 | 0.500 | 0.370 |
| Velocitat | m/s | 29.45 | | 2.97 | |
| Fouling | m ² K/W | - | | 2.0·10 ⁻⁴ | |
| Diàmetre extern tubs | mm | - | | 19.1 | |
| Gruix tubs | mm | - | | 2.11 | |
| Llargada tubs | m | - | | 4.05 | |
| Disposició tubs | - | - | | Triangular 30° | |
| Pitch | mm | - | | 23.8 | |
| Nº tubs | - | - | | 127 | |
| Diàmetre intern carcassa | mm | 336 | | - | |
| Diàmetre extern carcassa | mm | 356 | | - | |
| Disposició del bescanviador | - | - | | Horitzontal | |
| Bescanvi de calor | kW | - | | 3.18·10 ³ | |
| Pes (buit, carcassa + tubs) | t | - | | 1.63 | |
| Cost bescanviador | \$ | - | | 17900 | |

La fulla d'especificació de l'equip es troba a l'apartat 27.

ENGINYERIA BÀSICA.
PART II: COLUMNA
ESTABILITZADORA

21. DISSENY BÀSIC

21.1. Dimensionament de les canonades

El criteri per dissenyar les canonades es mostra a l'apartat d'annexos 1.

Els resultats es mostren a la taula 24.1.

21.2. Control de la planta

21.2.1. Control del P&ID 3000: columna estabilitzadora C-301

Introducció

A continuació s'explica el control relacionat amb la columna estabilitzadora C-301. La seva funció és acabar de separar els compostos lleugers dels pesats.

Control

CT-301: aquesta vàlvula permet a partir del controlador PIC-3301 amb sortida digital DO-3301 mantenir la pressió al dipòsit V-301. Si la pressió és superior al *set point*¹⁰, s'obre. El producte que se s'allibera és fuel gas que és reutilitzat a les calderes.

S'utilitza el mesurador PT-3301 amb entrada digital DI-3301.

CT-302: aquesta vàlvula regula el cabal, a partir de la diferència de pressió en el controlador FC-3302 amb sortida analògica AO-3302. El transmissor que utilitza és FT-3302 amb entrada digital AI-3302.

CT-303: és una controladora de nivell del dipòsit V-301 que garanteix el nivell necessari pel reflux. S'acciona mitjançant el controlador LIC-3303 amb sortida analògica AO-3303. Utilitza un mesurador de nivell LT-3303 amb entrada analògica AI-3303.

CT-304: aquesta vàlvula regula el cabal de vapor al reboiler E-303 a partir d'un mesurador de temperatura al plat sensible¹¹, mitjançant el TIC-3304 amb sortida analògica AO-3304.

El mesurador del plat sensible és el TT-3304 amb entrada analògica AI-3304.

CT-305: aquesta vàlvula regula el cabal de producte de fons de columna cap al reboiler.

El seu transmissor és el FT-3305 amb entrada analògica AI-3305 i amb el controlador FC-3305 que té sortida analògica AO-3305.

¹⁰ *Set point*: valor establert per l'obertura o tancament de la vàlvula.

¹¹ *Plat sensible*: és el plat de la columna que amb una menor disminució de la temperatura té un major impacte sobre l'equilibri de la mescla

CT-306: aquesta controladora permet el pas de l'aigua per saturar el vapor utilitzat en el reboiler E-303. D'aquesta manera es maximitza la quantitat d'energia alliberada en el canvi de fase. El seu controlador, TIC-3306 amb sortida analògica AO-3306, parteix d'un mesurador de temperatura a la entrada del vapor al reboiler que dóna la informació al controlador TIC-3306 que té sortida analògica AI-3306.

CT-309: aquesta vàlvula permet purgar l'aigua que es troba en el dipòsit V-301. S'utilitza un sistema de control de nivell làser. El transmissor és el LT-3309 amb entrada digital DI-3309, per tal d'obrir la vàlvula. El controlador LIC-3309 té sortida digital DO-3309.

21.2.2. Control del P&ID 6000: fons columna C-301 i C-401

Introducció

El control de la zona de fons de les columnes C-301 i C-401 garanteix la temperatura d'entrada a les columnes C-401 i C-501 a partir d'un aprofitament d'energia.

Control

CT-307: aquesta controladora es troba en el P&ID 3000. Assegura que el nivell al fons de la columna sigui suficient per garantir el reflux de producte del reboiler. Utilitza el controlador LIC-3307, que té assignada la sortida analògica AO-3307 i el mesurador LT-3307 amb entrada analògica AI-3307.

CT-308: és una controladora de tres vies que permet assolir la temperatura adequada de sortida del bescanviador E-404 utilitzant el cabal de fons de la columna C-301. Utilitza el controlador TIC-3308 i té assignat la sortida analògica AO-3308 i el mesurador TT-3308 amb entrada analògica AI-3308.

CT-407: controladora relacionada amb el P&ID 4000. Aquesta garanteix el nivell a la columna per assegurar el reflux de fons. Utilitza el controlador LIC-4407 que té assignat la sortida analògica AO-4407 i el mesurador LT-4407 amb entrada analògica AI-4407.

21.2.3. Dimensionament de les vàlvules controladores

El criteri per dimensionar les vàlvules de control es mostra a l'apartat 2 d'annexos.

A la taula 21.2 es mostren els valors obtinguts de la C_v de les vàlvules.

Taula 21.2. Pressions i C_v .

| Vàlvula | Diàmetre canonada(in) | P a.amunt (kg/cm ² g) | P a.avall (kg/cm ² g) | C_v |
|---------|-----------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------|
| CT302 | 3 | 9.00 | 8.75 | 56.6 |
| CT303 | 1 | 9.00 | 8.75 | 7.80 |
| CT305 | 8 | 10.1 | 9.85 | 479 |
| CT304 | 6 | 16.7 | 16.4 | 205 |
| CT307 | 4 | 9.00 | 8.75 | 224 |
| CT308 | 4 | 9.00 | 8.75 | 224 |

*Segueix la numeració dels P&ID

21.3. Disseny equips

21.3.1. Columna estabilitzadora C-301

La columna estabilitzadora C-301 ha de complir les característiques exposades a l'apartat 10. Per dissenyar-la segueix el mètode explicat a l'apartat 5 d'annexos.

El resultat obtingut es presenten a continuació, on es comparen els valors de la columna original (sense optimització) amb els de l'optimitzada.

Taula 21.3. Resultat columna C-301.

| Paràmetre de la columna | Unitat | Original | Optimitzat |
|--|----------------------|----------|------------|
| Nombre d'etapes ¹² | - | 24 | 38 |
| Eficiència de plat | % | 75 | 75 |
| Plat d'alimentació | - | 12 | 13 |
| Reflux màssic | - | 10.9 | 7.21 |
| Flux de destil·lat | t/h | 2.44 | 2.47 |
| Temperatura destil·lat | °C | 79.2 | 81.8 |
| Flux de fons | t/h | 77.8 | 77.8 |
| Temperatura de fons | °C | 165 | 165 |
| Pressió de treball | kg/cm ² g | 9.3 | 9.3 |
| Diàmetre de columna | m | 2.05 | 1.90 |
| Espai entre plats | m | 0.5 | 0.5 |
| Alçada plats ¹³ | m | 11.5 | 18.5 |
| Alçada des d'últim plat fins als fons | m | 6.40 | 5.50 |
| Alçada total de la columna ¹⁴ | m | 22.9 | 29 |
| Flux de reboiler | t/h | 192 | 164 |
| Percentatge en pes de C4 al destil·lat | - | 88.5 | 88.4 |
| Percentatge en pes de C5 al destil·lat | - | 11.4 | 11.5 |
| Percentatge en pes de C4 al fons | - | 0.340 | 0.299 |
| Percentatge en pes de benzè perdut per cap | - | 0.001 | 0.001 |

A la figura 21.1 es compara el reflux vers l'etapa d'alimentació en columnes de diferent nombre de plants. S'observa que en incrementar el nombre d'etapes a la columna, disminueix

¹² Inclou 1 etapa de reboiler i una altra de condensador

¹³ Són 0.5 m per plat i l'últim 0.5 fins la canonada per on s'extreu el vapor de destil·lat.

¹⁴ Inclou 5 metres d'alçada de faldó

el reflux necessari i per tant, també s'optimitza l'amplada de la columna i l'energia emprada en el reboiler i el condensador.

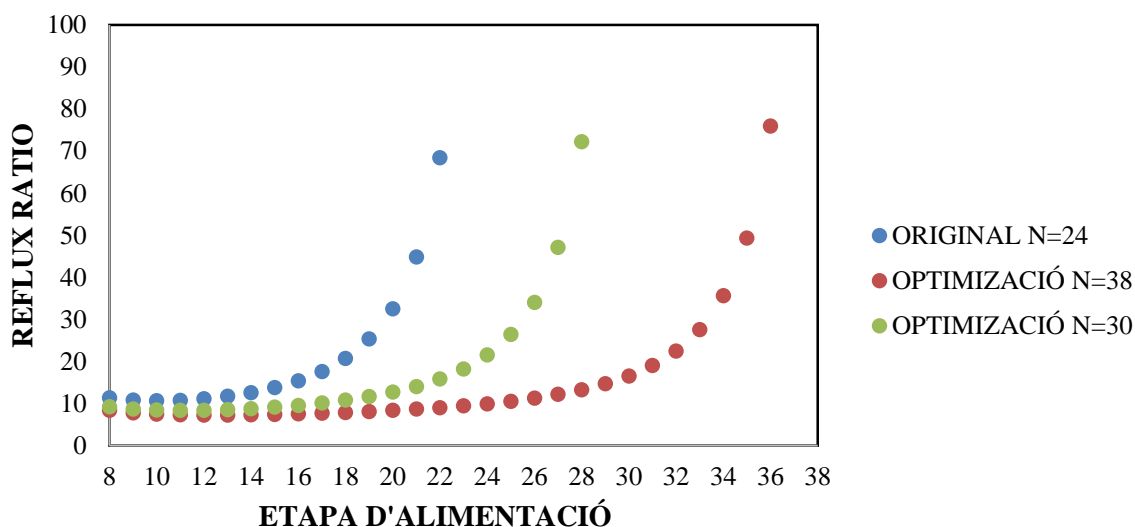


Figura 21.1. Variació del reflux per a tres nombre diferents d'etapes amb variació de l'etapa d'alimentació

21.3.2. Reboiler E-303 optimitzat

Per tal de dissenyar el reboiler, s'utilitzen les dades obtingudes en la simulació de la columna corresponent, que es mostren a l'apartat 21.3.1. Per dissenyar-lo segueix el criteri establert a l'apartat 6 d'annexos.

Els resultats expressats a continuació són un resum orientatiu, el resultat detallat es troba a l'apartat 27 amb el full d'especificació. A l'apartat 12 d'annexos es troba el resultat del bescanviador no optimitzat amb el qual es realitza la comparació.

Taula 21.4. Resultat reboiler E-303.PART I.

| Paràmetre | Unitat | Shell side | | Tube side | |
|--|--------------------|------------|--------|--------------------|-------|
| Fluid | - | Vapor | | Producte | |
| Flux màssic | t/h | 8.00 | | 164 | |
| Flux màssic de entrada (Liquid/Vapor) | t/h | 0.00 | 8.00 | 164 | 0.00 |
| Flux màssic de sortida (Liquid/Vapor) | t/h | 8.00 | 0.00 | 116 | 48.5 |
| Temperatura (IN/OUT) | °C | 204 | 201.05 | 165 | 171 |
| Fracció de vapor | - | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 0.295 |
| Pressió (IN/OUT) | kg/cm ² | 17.2 | 17.1 | 10.3 | 9.92 |
| Caiguda de pressió (permesa / calculada) | kg/cm ² | 0.250 | 0.086 | 0.500 | 0.411 |
| Velocitat | m/s | 11.3 | | 13.3 ¹⁵ | |

¹⁵ Aquesta velocitat que sembla elevada és degut a que el programa mostra la velocitat màxima a cada costat. A més, al haver vaporització mostra la velocitat del vapor, amb les dades del programa com percentatge de vapor i àrea ocupada per vapor es determina que la velocitat del líquid en cap cas supera els 5 m/s.

Taula 21.4. Resultat reboiler E-303.PART II.

| Paràmetre | Unitat | Shell side | Tube side |
|--|--------------------|------------|----------------------|
| Fouling | m ² K/W | - | 2.0·10 ⁻⁴ |
| Diàmetre extern tubs | mm | - | 19.1 |
| Gruix tubs | mm | - | 2.11 |
| Llargada tubs | m | - | 4.88 |
| Disposició tubs | - | - | Triangular 30° |
| Pitch | mm | - | 23.8 |
| Nº tubs | - | - | 259 |
| Diàmetre intern carcassa | mm | 438 | - |
| Diàmetre extern carcassa | mm | 458 | - |
| Disposició del bescanviador | - | - | Vertical |
| Bescanvi de calor | kW | - | 4.47·10 ³ |
| Pes (buit, carcassa + tubs) | t | - | 3.36 |
| Cost bescanviador | \$ | - | 26400 |
| Estalvi de construcció respecte a l'original | \$ | - | 8600 |
| Estalvi d'operació respecte a l'original ¹⁶ | \$/h | - | 71.1 |

21.3.3. Condensador E-301 optimitzat

Per dissenyar el condensador, s'utilitzarà les dades extretes de la simulació de les columnes corresponents, exposades a l'apartat 21.3.1. Per dissenyar-lo es segueix el criteri establert a l'apartat 7 d'annexos.

A l'apartat 12 d'annexos es troba el resultat del bescanviador no optimitzat amb el qual es realitza la comparació. A la taula 21.5 es mostren els resultats del condensador optimitzat.

Taula 21.5. Resultat condensador E-301 optimitzat. PART I.

| Paràmetre | Unitat | Shell side | Tube side |
|--|--------------------|-----------------|----------------------|
| Fluid | - | Vapor de procés | Refrigeració |
| Flux màssic | t/h | 20.0 | 124 |
| Flux màssic de entrada (Líquid/Vapor) | t/h | 0.00 | 20.0 |
| Flux màssic de sortida (Líquid/Vapor) | t/h | 20.0 | 0.00 |
| Temperatura (IN/OUT) | °C | 81.8 | 39.8 |
| Fracció de vapor | - | 1.00 | 0.00 |
| Pressió (IN/OUT) | kg/cm ² | 10.1 | 9.88 |
| Caiguda de pressió (permesa / calculada) | kg/cm ² | 0.250 | 0.150 |
| Velocitat | m/s | 8.91 | 0.96 |
| Fouling | m ² K/W | - | 2.0·10 ⁻⁴ |
| Diàmetre extern tubs | mm | - | 19.1 |
| Gruix tubs | mm | - | 2.11 |
| Llargada tubs | m | - | 5.50 |

¹⁶ Vapor consumit

Taula 21.5. Resultat condensador E-301 optimitzat. PART II.

| Paràmetre | Unitat | Shell side | Tube side |
|--|--------|----------------------|----------------|
| Disposició tubs | - | - | Triangular 30° |
| Pitch | mm | - | 23.8 |
| Nº tubs | - | - | 214 |
| Diàmetre intern carcassa | mm | 438 | - |
| Diàmetre extern carcassa | mm | 458 | - |
| Disposició del bescanviador | - | Horitzontal | |
| Bescanvi de calor | kW | 2.33·10 ³ | |
| Pes (buit, carcassa + tubs) | t | 3.31 | |
| Cost bescanviador | \$ | 25650 | |
| Estalvi de construcció respecte a l'original | \$ | 4150 | |
| Estalvi d'operació respecte a l'original ¹⁷ | \$/h | 2.91 | |

21.3.4. Bescanviador E-404

El bescanviador E-404 té com a funció maximitzar l'estalvi energètic. Això s'aconsegueix perquè augmenta la temperatura d'entrada a la columna T-501 i permet utilitzar vapor de menys pressió en el reboiler d'aquesta.

Taula 21.6. Resultat bescanviador E-404. PART I.

| Paràmetre | Unitat | Shell side | | Tube side | |
|--|--------------------|----------------------|-------|----------------------|-------|
| Fluid | - | Fons T-301 | | Fons T-401 | |
| Flux màssic | t/h | 25.7 | | 60.2 | |
| Flux màssic de entrada (Líquid/Vapor) | t/h | 25.7 | 0 | 60.2 | 0 |
| Flux màssic de sortida (Líquid/Vapor) | t/h | 25.7 | 0 | 60.2 | 0 |
| Temperatura (IN/OUT) | °C | 165 | 155 | 106 | 111 |
| Fracció de vapor | - | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Pressió (IN/OUT) | kg/cm ² | 10.3 | 10.1 | 2.79 | 2.72 |
| Caiguda de pressió (permesa / calculada) | kg/cm ² | 0.500 | 0.203 | 0.255 | 0.074 |
| Velocitat | m/s | 1.26 | | 3.13 | |
| Fouling | m ² K/W | 2.0·10 ⁻⁴ | | 2.0·10 ⁻⁴ | |
| Diàmetre extern tubs | mm | - | | 25 | |
| Gruix tubs | mm | - | | 2.11 | |
| Llargada tubs | m | - | | 3.05 | |
| Disposició tubs | - | - | | Quadrada 90° | |
| Pitch | mm | - | | 23.8 | |
| Nº tubs | - | - | | 21 | |
| Diàmetre intern carcassa | mm | 220 | | - | |
| Diàmetre extern carcassa | mm | 205 | | - | |
| Disposició del bescanviador | - | Horitzontal | | | |

¹⁷ Vapor consumit

Taula 21.6. Resultat bescanviador E-404. PART II.

| Paràmetre | Unitat | Shell side | Tube side |
|-----------------------------|--------|------------|-----------|
| Bescanvi de calor | kW | | 172 |
| Pes (buit, carcassa + tubs) | kg | | 497 |
| Cost bescanviador | \$ | | 10000 |

21.3.5. Dipòsit V-301

A la columna C-301 es troba el dipòsit d'acumulació del reflux. Aquest està ubicat després del condensador E-301. Aquest dipòsit és cilíndric amb les tapes semiesfèriques. A la taula 21.7 es mostren les dimensions d'aquest. Es presenten dos resultats: en el primer cas, els resultats han estat optimitzats mitjançant la minimització de l'àrea del cilindre. En el segon cas, s'utilitza la relació de la longitud i el diàmetre la qual ha de ser aproximadament entre 2.5 i 3.5. Finalment, per dissenyar el dipòsit s'utilitza la relació de L/D.

Els paràmetres principals del disseny del dipòsit es mostren a la taula 21.7. El resultats obtinguts mitjançant la optimització de la superfície del tanc, es mostren a l'apartat 8 d'Annexos.

Taula 21.7. Dimensions i condicions d'operació dipòsit V-301.

| Paràmetre | Unitat | Valor |
|------------------------|--------------------|-------|
| Cabal | t/h | 20.3 |
| Temps residència | min | 15.0 |
| Volum dipòsit | m ³ | 17.3 |
| Longitud dipòsit | m | 6.0 |
| Radi dipòsit | m | 1.0 |
| Temperatura de disseny | °C | 59.8 |
| Pressió de disseny | kg/cm ² | 10.7 |
| Gruix dipòsit | mm | 12.1 |

21.3.6. Bomba P-301 A/B

Aquesta bomba està situada a la línia P-3005-3"BC2. Serveix per impulsar el cabal del destil·lat de la columna T-301 el qual es dirigeix a reflux i a sortida de producte.

Les característiques d'aquesta bomba es mostren a la taula 21.8.

Taula 21.8. Característiques bomba P-301 A/B.

| P ₁ (kg/cm ²) | ΔP (kg/cm ²) | z ₁ (m) | z ₂ (m) | NPSH _d (m) | H (m) | Q (t/h) | P (kW) |
|--------------------------------------|--------------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|-------|---------|--------|
| 9.8 | 1.0 | 22.0 | 27.9 | 36.1 | 27.4 | 20.3 | 1.5 |

21.3.7. Bomba P-302 A/B

Aquesta bomba està situada a la línia P-3014-8"-BC2-cal. Serveix per impulsar el cabal de fons de la columna C-301 el qual es dirigeix al reboiler E-303.

Les característiques d'aquesta bomba es mostren a la taula 21.9.

Taula 21.9. Característiques bomba P-302 A/B.

| P₁ (kg/cm²) | ΔP (kg/cm²) | z₁ (m) | z₂ (m) | NPSH_d (m) | H (m) | Q (t/h) | P (kW) |
|--|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|--------------|----------------|---------------|
| 10.0 | 1.0 | 10.0 | 11.4 | 100.5 | 17.8 | 16.4 | 8.0 |

ENGINYERIA BÀSICA.

PART III: COLUMNA

DESPENTANITZADORA ¹⁸

¹⁸ Aquest apartat es troba al treball d'Anna Antón

ENGINYERIA BÀSICA.

PART IV: COLUMNA AL BUIT

22. DISSENY BÀSIC

22.1. Dimensionament de canonades

El criteri per dissenyar les canonades es mostra a l'apartat d'annexos 1.

Els resultats es mostren a la taula 24.1.

22.2. Control de la planta

22.2.1. Control del P&ID 5000: columna C-501

Introducció

La columna C-501 és la última del procés i l'encarregada de separar les fraccions C₆-C₉ de les C₁₀-C₁₁. El seu control s'explica a continuació.

Control

CT-501: aquesta vàlvula evita la sobrepressió al dipòsit V-501 utilitzant el controlador PIC-5501 amb sortida digital DO-5501 i el mesurador PT-5501 amb entrada digital DI-5501.

CT-502: aquesta vàlvula regula el reflux de cap de la columna. El controlador és el FC-5502 amb sortida analògica AO-5502. És un controlador de plaques per diferència de pressió. Utilitza el mesurador FT-5502 amb entrada analògica AI-5502.

CT-503: aquesta vàlvula regula el nivell del dipòsit V-501 garantint sempre el nivell adequat. Està accionada pel controlador LIC-5503 amb sortida analògica AO-5503. El mesurador és el LT-5503 amb entrada analògica AI-5503.

CT-508 i CT-510: aquestes vàlvules regulen el cabal de vapor als reboiler de la columna T-501. Els seus controladors són TIC-5508 i CT-5510 respectivament i tots dos amb sortida analògica AO-5508 i AO-5510. Els transmissors TT-5508 i TT-5510 realitzen la mesura de la temperatura al plat sensible, amb la corresponent entrada analògica AI-5508 i AI-5510 respectivament.

CT-509 i CT-511: aquestes vàlvules són les encarregades de subministrar aigua al cabal de vapor dels reboilers de la columna C-501. D'aquesta manera saturen el vapor per tal de maximitzar la calor bescanviada.

Els seus controladors parteixen d'un mesurador de temperatura a la entrada de vapor als reboilers que donen la informació als controladors TIC-5509 i TIC-5511 amb les sortides analògiques AO-5509 i AO-5511. Utilitzen els mesuradors TT-5508 i TT-5510 amb la corresponent entrada analògica AI-5509 i AI-5511.

CT-512: aquesta vàlvula regula el cabal de producte de fons de columna cap al reboiler.

El seu transmissor és el FT-5512 amb entrada analògica AI-5512 i amb el controlador FC-5512 que té sortida analògica AO-5512.

22.2.2. Control del P&ID 7000: fons de la columna C-501

Introducció

El control de la zona de fons de la columna C-501 on s'obté la fracció C₁₀-C₁₁.

Control

CT-507: controladora relacionada amb el P&ID 5000. Aquesta vàlvula garanteix el nivell al fons de la columna T-501 i així mateix disposa del cabal de producte de fons necessari per escalfar-lo als reboilers.

Utilitza el controlador LIC-5507. Té assignat la sortida analògica AO-5507. El mesurador és el LT-5507 amb entrada analògica AI-5507.

22.2.3. Control del P&ID 8000: ejectors columna C-501

Control

CT-504: aquesta vàlvula garanteix el nivell necessari al dipòsit V-502, mitjançant el controlador LIC-5504 amb sortida analògica AO-5504 i el mesurador LT-5504 amb entrada analògica AI-5504.

CT-505: aquesta vàlvula permet purgar l'aigua del dipòsit V-502 procedents del vapor dels ejectors. Utilitza el controlador de nivell LIC-5505 i sortida digital DO-5505 i el mesurador de nivell LT-5505 amb entrada digital DI-5505.

CT-506: controladora de disminució de pressió dels gasos no condensats als condensadors dels ejectors, utilitza el controlador PIC-5506 amb sortida digital DO-5506 i el mesurador PT-5506 amb entrada digital DI-5506.

22.2.4. Dimensionament vàlvules

El criteri per dimensionar les vàlvules de control es mostra a l'apartat 2 d'annexos.

A la taula 23.2 es mostren els valors obtinguts de la C_v de les vàlvules.

Taula 23.2. Pressions i C_v. PART I.

| Vàlvula | Diàmetre canonada(in) | P a.amunt (kg/cm ² g) | P a.avall (kg/cm ² g) | C _v |
|--------------|-----------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------|
| CT501 | 1 | -0.9 | -1.15 | 57.7 |
| CT502 | 2 | -0.2 | -0.45 | 30.5 |
| CT503 | 4 | -0.2 | -0.45 | 132.6 |

Taula 23.2. Pressions i C_v . PART II.

| Vàlvula | Diàmetre canonada(in) | P a.amunt (kg/cm ² g) | P a.avall (kg/cm ² g) | C_v |
|---------|-----------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------|
| CT507 | 1.00 | -0.70 | -0.95 | 6.70 |
| CT512 | 10.0 | -0.70 | -0.95 | 115 |
| CT510 | 4.00 | 40.5 | 40.2 | 236 |
| CT508 | 4.00 | 40.5 | 40.2 | 236 |

*Segueix la numeració dels P&ID

22.3. Disseny d'equips

22.3.1. Columna al buit C-501

La C-501 ha de complir les característiques escrites a l'apartat 10. Els criteris de disseny de la columna es troben a l'apartat 5 d'annexos.

Els resultats obtinguts es mostren a la taula 23.3.

Taula 23.3. Resultat columna C-501.

| Paràmetre de la columna | Unitat | T-501 |
|--|----------------------|-------|
| Nombre d'etapes ¹⁹ | - | 35 |
| Eficiència de plat | % | 75 |
| Plat d'alimentació | - | 15 |
| Reflux màssic | - | 0.23 |
| Flux de destil·lat | t/h | 57.7 |
| Temperatura Destil·lat | °C | 45.0 |
| Flux de fons | t/h | 2.44 |
| Temperatura de fons | °C | 155 |
| Pressió de treball | kg/cm ² g | -0.8 |
| Diàmetre de columna | m | 4.35 |
| Espai entre plats | m | 0.500 |
| Alçada plats | m | 17.0 |
| Alçada des d'últim plat fins als fons | m | 3.00 |
| Alçada total de la columna ²⁰ | m | 28.0 |
| Flux del reboiler | t/h | 266 |
| Percentatge en pes de C ₁₀ -C ₁₁ al destil·lat | - | 4.76 |
| Percentatge en pes de C ₉ al fons | - | 2.12 |

22.3.2. Reboiler E-501 A/B

Per dissenyar el reboiler, s'utilitzen les dades, extretes de la simulació de la columna corresponent, exposades a l'apartat 23.3.1. Els criteris de disseny del reboiler es mostren a l'apartat 6 d'annexos.

¹⁹ Inclou 1 etapa de reboiler i una altra de condensador

²⁰ Inclou 5 metres d'alçada de faldó

Existeix dos reboiler, un l'A i l'altre el B, perquè el producte és molt brut i els reboilers s'han de netejar sovint. D'aquesta manera quan un està fora de servei, l'altre està en funcionament. Els resultats expressats a continuació són un resum orientatiu, els resultats detallats es troba a l'apartat 27 amb el full d'especificació.

Taula 23.4. Resultat reboiler E-501.

| Paràmetre | Unitat | Shell side | | Tube side | |
|---|--------------------|------------|-------|----------------------|-------|
| Fluid | - | Vapor | | Producte | |
| Flux màssic | t/h | 13.3 | | 266 | |
| Flux màssic de entrada (Líquid/Vapor) | t/h | 0.00 | 13.3 | 266 | 0.00 |
| Flux màssic de sortida (Líquid/Vapor) | t/h | 13.3 | 0.00 | 186 | 79.5 |
| Temperatura (IN/OUT) | °C | 252 | 246 | 153 | 155 |
| Fracció de vapor | - | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 0.299 |
| Pressió (IN/OUT) | kg/cm ² | 41.5 | 41.4 | 0.4 | 0.35 |
| Caiguda de pressió (permesa / calculada) | kg/cm ² | 0.250 | 0.017 | 0.100 | 0.049 |
| Velocitat | m/s | 2.07 | | 23.43 ²¹ | |
| Fouling | m ² K/W | - | | 2.0·10 ⁻⁴ | |
| Diàmetre extern tubs | mm | - | | 19.1 | |
| Gruix tubs | mm | - | | 2.11 | |
| Llargada tubs | m | - | | 2.18 | |
| Disposició tubs | - | - | | Triangular 30° | |
| Pitch | mm | - | | 23.8 | |
| Nº tubs | - | - | | 1783 | |
| Diàmetre intern carcassa | mm | 1092 | | - | |
| Diàmetre extern carcassa | mm | 1143 | | - | |
| Disposició del bescanviador | - | - | | Horitzontal | |
| Bescanvi de calor | kW | - | | 6.76·10 ³ | |
| Pes (buit, carcassa + tubs) | t | - | | 17.5 | |
| Cost bescanviador | \$ | - | | 95000 | |

22.3.3. Condensadors E-502, E-503 i E-504

Al conjunt de la columna C-501 s'hi identifiquen tres condensadors.

El condensador E-502 serveix per condensar el corrent de cap de la columna. En canvi, el condensador E-503 i E-504 formen part del sistema d'ejectors. El resum dels resultats dels condensadors es mostren a continuació.

²¹ Aquesta velocitat que sembla elevada es degut a que el programa mostra la velocitat màxima a cada costat. A més, al haver vaporització mostra la velocitat del vapor. Amb les dades del programa com percentatge de vapor i àrea ocupada per vapor es determina que la velocitat del líquid en cap cas superava els 5 m/s.

Taula 23.5. Resultat condensador E-502.

| Paràmetre | Unitat | Shell side | | Tube side | |
|---|--------------------|----------------------|------|----------------------|------|
| Fluid | - | Vapor de procés | | Refrigeració | |
| Flux màssic | t/h | 87.1 | | 407 | |
| Flux màssic de entrada (Líquid/Vapor) | t/h | 0 | 87.1 | 407 | 0.00 |
| Flux màssic de sortida (Líquid/Vapor) | t/h | 43.5 | 43.5 | 407 | 0.00 |
| Temperatura (IN/OUT) | °C | 44.6 | 30 | 25 | 35 |
| Fracció de vapor | - | 1.00 | 0.5 | 0.00 | 0.00 |
| Pressió (IN/OUT) | kg/cm ² | 0.103 | | 4.7 | |
| Caiguda de pressió (permesa / calculada) | kg/cm ² | | | | |
| Velocitat | m/s | 2.36 | | 0.428 | |
| Fouling | m ² K/W | 2.0·10 ⁻⁴ | | - | |
| Diàmetre extern tubs | mm | - | | 19.1 | |
| Gruix tubs | mm | - | | 2.11 | |
| Llargada tubs | m | - | | 4.80 | |
| Disposició tubs | - | - | | Quadrada 90° | |
| Pitch | mm | - | | 23.8 | |
| Nº tubs | - | - | | 1864 | |
| Diàmetre intern carcassa | mm | 1219 | | - | |
| Diàmetre extern carcassa | mm | 1245 | | - | |
| Disposició del bescanviador | - | | | Horitzontal | |
| Bescanvi de calor | kW | | | 4.72·10 ³ | |
| Pes (buit, carcassa + tubs) | t | | | | |
| Cost bescanviador | \$ | | | | |

Taula 23.6. Resultat condensador E-503. Part I.

| Paràmetre | Unitat | Shell side | | Tube side | |
|---|--------------------|----------------------|------|--------------|------|
| Fluid | - | Vapor de procés | | Refrigeració | |
| Flux màssic | t/h | 43.5 | | 302 | |
| Flux màssic de entrada (Líquid/Vapor) | t/h | 0 | 43.5 | 302 | 0.00 |
| Flux màssic de sortida (Líquid/Vapor) | t/h | 32.6 | 10.9 | 302 | 0.00 |
| Temperatura (IN/OUT) | °C | 42 | 30 | 25 | 35 |
| Fracció de vapor | - | 1.00 | 0.25 | 0.00 | 0.00 |
| Pressió (IN/OUT) | kg/cm ² | 0.103 | | 4.7 | |
| Caiguda de pressió (permesa / calculada) | kg/cm ² | | | | |
| Velocitat | m/s | 2.33 | | 0.342 | |
| Fouling | m ² K/W | 2.0·10 ⁻⁴ | | - | |
| Diàmetre extern tubs | mm | - | | 19.1 | |
| Gruix tubs | mm | - | | 2.11 | |
| Llargada tubs | m | - | | 4.80 | |
| Disposició tubs | - | - | | Quadrada 90° | |
| Pitch | mm | - | | 23.8 | |
| Nº tubs | - | - | | 1421 | |
| Diàmetre intern carcassa | mm | 1067 | | - | |

Taula 23.6. Resultat condensador E-503. Part II.

| Paràmetre | Unitat | Shell side | Tube side |
|-----------------------------|--------|-------------------|-----------|
| Diàmetre extern carcassa | mm | 1093 | - |
| Disposició del bescanviador | - | Horitzontal | |
| Bescanvi de calor | kW | $3.51 \cdot 10^3$ | |
| Pes (buit, carcassa + tubs) | t | | |
| Cost bescanviador | \$ | | |

Taula 23.7. Resultat condensador E-504.

| Paràmetre | Unitat | Shell side | | Tube side | |
|---|--------------------|---------------------|------|-------------------|------|
| Fluid | - | Vapor de procés | | Refrigeració | |
| Flux màssic | t/h | 10.9 | | 101 | |
| Flux màssic de entrada (Líquid/Vapor) | t/h | 0.00 | 10.9 | 101 | 0.00 |
| Flux màssic de sortida (Líquid/Vapor) | t/h | 10.9 | 0.00 | 101 | 0.00 |
| Temperatura (IN/OUT) | °C | 42 | 30 | 25 | 35 |
| Fracció de vapor | - | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Pressió (IN/OUT) | kg/cm ² | 1.2 | | 4.7 | |
| Caiguda de pressió (permesa / calculada) | kg/cm ² | | | | |
| Velocitat | m/s | 2.36 | | 0.420 | |
| Fouling | m ² K/W | $2.0 \cdot 10^{-4}$ | | - | |
| Diàmetre extern tubs | mm | - | | 19.1 | |
| Gruix tubs | mm | - | | 2.11 | |
| Llargada tubs | m | - | | 4.80 | |
| Disposició tubs | - | - | | Quadrada 90° | |
| Pitch | mm | - | | 23.8 | |
| Nº tubs | - | - | | 576 | |
| Diàmetre intern carcassa | mm | 686 | | - | |
| Diàmetre extern carcassa | mm | 706 | | - | |
| Disposició del bescanviador | - | | | Horitzontal | |
| Bescanvi de calor | kW | | | $1.17 \cdot 10^3$ | |
| Pes (buit, carcassa + tubs) | t | | | | |
| Cost bescanviador | \$ | | | | |

22.3.1. Bescanviador E-506

Bescanviador que refreda la sortida de fons de la columna C-501 fins a 60°C. Els resultats s'expressen a la següent taula:

Taula 23.8. Bescanviador E-506. PART I.

| Paràmetre | Unitat | Shell side | | Tube side | |
|--|--------|------------|------|--------------|------|
| Fluid | - | Procés | | Refrigeració | |
| Flux màssic | t/h | 2.45 | | 7.40 | |
| Flux màssic de entrada (Líquid/Vapor) | t/h | 2.45 | 0.00 | 7.40 | 0.00 |
| Flux màssic de sortida (Líquid/Vapor) | t/h | 2.45 | 0.00 | 7.40 | 0.00 |

Taula 23.8. Bescanviador E-506. PART II.

| Paràmetre | Unitat | Shell side | | Tube side | |
|--|--------------------|----------------------|-------|----------------|------|
| Temperatura (IN/OUT) | °C | 155 | 60 | 25 | 45 |
| Fracció de vapor | - | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Pressió (IN/OUT) | kg/cm ² | 0.7 | 0.679 | 4.7 | 4.65 |
| Caiguda de pressió (permesa / calculada) | kg/cm ² | 0.05 | 0.021 | 1.9 | 0.05 |
| Velocitat | m/s | 0.41 | | 0.53 | |
| Fouling | m ² K/W | 2.0·10 ⁻⁴ | | - | |
| Diàmetre extern tubs | mm | - | | 19.1 | |
| Gruix tubs | mm | - | | 2.11 | |
| Llargada tubs | m | - | | 1.83 | |
| Disposició tubs | - | - | | Triangular 30° | |
| Pitch | mm | - | | 23.8 | |
| Nº tubs | - | - | | 46 | |
| Diàmetre intern carcassa | mm | 205 | | - | |
| Diàmetre extern carcassa | mm | 219 | | - | |
| Disposició del bescanviador | - | - | | Horitzontal | |
| Bescanvi de calor | kW | - | | 139 | |
| Pes (buit, carcassa + tubs) | t | - | | 0.406 | |
| Cost bescanviador | \$ | - | | 10300 | |

A l'apartat 27 es troba la fulla d'especificació de l'equip.

22.3.2. Dipòsit V-501

A la columna C-501 es troba el dipòsit d'acumulació del reflux. Aquest està ubicat després del condensador E-502. Aquest dipòsit és cilíndric amb les tapes semiesfèriques. A la taula 23.8 es mostren les dimensions d'aquest. Es presenten dos resultats: en el primer cas, els resultats han estat optimitzats mitjançant la minimització de l'àrea del cilindre. En el segon cas, s'utilitza la relació de la longitud i el diàmetre la qual ha de ser aproximadament entre 2.5 i 3.5. Finalment, per dissenyar el dipòsit s'utilitza la relació de L/D.

El resultat obtingut mitjançant la optimització de la superfície del tanc, es mostren a l'apartat 10 d'Annexos.

Taula 23.8. Dimensions i condicions d'operació dipòsit V-501.

| Paràmetre | Unitat | Valor |
|------------------------|--------------------|-------|
| Cabal | t/h | 71.0 |
| Temps residència | min | 10.0 |
| Volum dipòsit | m ³ | 17.0 |
| Longitud dipòsit | m | 6.10 |
| Radi dipòsit | m | 1.00 |
| Temperatura de disseny | °C | 64.6 |
| Pressió de disseny | kg/cm ² | 1.00 |
| Gruix dipòsit | mm | 33.0 |

22.3.3. Bomba P-501 A/B

Aquesta bomba està situada a la línia P-5013-10"-BC2-cal. Serveix per impulsar el cabal de fons de la columna C-501 el qual es dirigeix al reboiler E-501 A/B.

Les característiques d'aquesta bomba es mostren a la taula 23.9.

Taula 23.9. Característiques bomba P-501 A/B.

| P_1 (kg/cm ²) | ΔP (kg/cm ²) | z_1 (m) | z_2 (m) | NPSH _d (m) | H (m) | Q (t/h) | P (kW) |
|-----------------------------|----------------------------------|-----------|-----------|-----------------------|-------|---------|--------|
| 1.61 | 1.00 | 8.00 | 8.00 | 27.30 | 14.7 | 0.376 | 10.6 |

22.3.4. Bomba P-502 A/B

Aquesta bomba està situada a la línia P-5006-4"-BC2. Serveix per impulsar el cabal de destil·lat de la columna C-501 el qual es dirigeix a reflux i a sortida de producte.

Les característiques d'aquesta bomba es mostren a la taula 23.10.

Taula 23.10. Característiques bomba P-502 A/B.

| P_1 (kg/cm ²) | ΔP (kg/cm ²) | z_1 (m) | z_2 (m) | NPSH _d (m) | H (m) | Q (t/h) | P (kW) |
|-----------------------------|----------------------------------|-----------|-----------|-----------------------|-------|---------|--------|
| 3.02 | 1.00 | 25.0 | 27.7 | 61.5 | 15.5 | 71.0 | 3.00 |

22.3.5. Bomba P-503 A/B

Aquesta bomba està situada a la línia P-5020-2"-BC2-cal. Serveix per impulsar el cabal de fons de la columna C-501.

Les característiques d'aquesta bomba es mostren a la taula 23.11.

Taula 23.11. Característiques bomba P-503 A/B.

| P_1 (kg/cm ²) | ΔP (kg/cm ²) | z_1 (m) | z_2 (m) | NPSH _d (m) | H (m) | Q (t/h) | P (W) |
|-----------------------------|----------------------------------|-----------|-----------|-----------------------|-------|---------|-------|
| 1.61 | 1.00 | 8.00 | 5.00 | 27.3 | 11.7 | 2.40 | 80.0 |

ENGINYERIA BÀSICA.

PART V

23. LLISTAT DE LÍNIES

A la taula següent es mostra el llistat de línies amb el nom del P&ID que corresponen.

Taula 24.1. Llistat de línies. PART I.

| P&ID | Línea | Tipo | DIÀMETRE (IN) | T(°C) | P (kg/cm ² g) | Sch |
|--------------|--------------------|------|------------------|-----------|-----------------------------|-----|
| CONTROL+1000 | P-1001-1"-BC2-cal | P | 1 | | | |
| CONTROL+1000 | P-0001-6"-BC2 | P | 6 | 45 | 1 | 10 |
| CONTROL+1000 | P-2010-4"-BC2 | P | 4 | 60 | 26 | 30 |
| CONTROL+1000 | P-1002-1"-BC2 | P | 1 | 45 | 1 | 10 |
| CONTROL+1000 | P-1003-1"-BC2 | P | 1 | 45 | 1 | 10 |
| CONTROL+1000 | P-1004-6"-BC2 | P | 6 | 45 | 1 | 10 |
| CONTROL+1000 | P-1005-6"-BC2 | P | 6 | 45 | 35 | 40 |
| CONTROL+1000 | P-1006-8"-BC2 | P | 8 | 45 | 38 | 40 |
| CONTROL+1000 | P-1007-6"-BC2-cal | P | 8 | 86 | 38 | 40 |
| CONTROL+1000 | P-1008-6"-BC2 | P | 6 | 60 | 26 | 40 |
| CONTROL+1000 | P-1009-1"-BC2-cal | P | 1 | | | |
| CONTROL+1000 | P-2011-4"-BC2 | P | 4 | 60 | 26 | 40 |
| CONTROL+1000 | P-1010-6"-BC2-cal | P | 6 | 86 | 38 | 40 |
| CONTROL+1000 | P-1011-1"-BC2-cal | P | 1 | | 42 | 40 |
| CONTROL+1000 | A-1001-1"-BC2 | A | 1 | | | |
| CONTROL+1000 | A-1002-1"-BC2 | A | 1 | | | |
| CONTROL+3000 | P-3001-6"-BC2-cal | P | 6 | 111 | 9.3 | 10 |
| CONTROL+3000 | P-3002-4"-BC2-cal | P | 4 | | 9.2 | 10 |
| CONTROL+3000 | P-3003-3"-BC2 | P | 3 | 39.8 | 9.1 | 10 |
| CONTROL+3000 | P-3004-1"-BC2 | P | 1 | | | |
| CONTROL+3000 | P-3005-3"-BC2 | P | 3 | 39.8 | 9.1 | 10 |
| CONTROL+3000 | P-3006-1"-BC2 | P | 1 | | | |
| CONTROL+3000 | P-3007-3"-BC2 | P | 3 | 39.8 | 10.13 | 10 |
| CONTROL+3000 | P-3008-1"-BC2 | P | 1 | | | |
| CONTROL+3000 | P-3009-1"-BC2 | P | 1 | | | |
| CONTROL+6000 | P-3010-3"-BC2 | P | 3 | 39.8 | 10.13 | 10 |
| CONTROL+3000 | P-3012-1"-BC2 | P | 1 | 39.8 | 10.13 | 10 |
| CONTROL+3000 | P-3013-6"-BC2-cal | P | 6 | 165.1 | 9.3 | 10 |
| CONTROL+3000 | P-3014-8"-BC2-cal | P | 8 | 165.1 | 9.3 | 10 |
| CONTROL+3000 | P-3015-1"-BC2 | P | 1 | | | |
| CONTROL+3000 | P-3016-1"-BC2 | P | 1 | | | |
| CONTROL+3000 | P-3017-8"-BC2-cal | P | 8 | 165.1 | 10.3 | 10 |
| CONTROL+3000 | P-3018-12"-BC2-cal | P | 12 | 171 | 9.3 | 10 |
| CONTROL+3000 | P-3019-4"-BC2-cal | P | 4 | | 11 | 10 |
| CONTROL+3000 | P-3020-4"-BC2-cal | P | 4 | | 11 | 10 |
| CONTROL+3000 | P-3021-1"-BC2 | P | 1 | | 5.25 | 10 |
| CONTROL+3000 | WC-3001-1"-BC2 | WC | 1 | | | |
| CONTROL+3000 | C-3001-2"-BC2-cal | C | 2 | 201 | 16.1 | 20 |
| CONTROL+3000 | V-3001-6"-BC2-cal | V | 6 | 202 | 16.2 | 20 |
| CONTROL+3000 | V-3002-6"-BC2-cal | V | 6 | 202 | 16.2 | 20 |

Taula 24.1. Llistat de línies. PART II.

| P&ID | Línea | Tipo | DIÀMETRE (IN) | T(°C) | P (kg/cm ² g) | Sc h |
|--------------|--------------------|------|------------------|-------|-----------------------------|---------|
| CONTROL+3000 | W-3001-6"-BC2 | W | 6 | 30 | 3.7 | 10 |
| CONTROL+3000 | W-3002-6"-BC2 | W | 6 | 45 | 3.6 | 10 |
| CONTROL+4000 | P-4001-20"-BC2 | P | 20 | 50.7 | 0.8 | 10 |
| CONTROL+4000 | P-4002-1"-BC2 | P | 1 | | 5.25 | 10 |
| CONTROL+4000 | P-4003-6"-BC2 | P | 6 | 40 | 0.7 | 10 |
| CONTROL+4000 | P-4004-1"-BC2 | P | 1 | 40 | 0.7 | 10 |
| CONTROL+4000 | P-4005-1"-BC2 | P | 1 | | | |
| CONTROL+4000 | P-4006-6"-BC2 | P | 6 | 40 | 0.7 | 10 |
| CONTROL+4000 | P-4007-1"-BC2 | P | 1 | 40 | | |
| CONTROL+4000 | P-4008-1"-BC2-cal | P | 1 | | | |
| CONTROL+4000 | P-4009-1"-BC2-cal | P | 1 | | | |
| CONTROL+4000 | P-4010-6"-BC2 | P | 6 | 40 | 1.7 | 10 |
| CONTROL+4000 | P-4011-6"-BC2 | P | 6 | 40 | 1.7 | 10 |
| CONTROL+4000 | P-4012-3"-BC2 | P | 3 | 40 | 1.7 | 10 |
| CONTROL+4000 | P-4014-8"-BC2-cal | P | 8 | 106.2 | 0.74 | 10 |
| CONTROL+4000 | P-4015-1"-BC2-cal | P | 1 | | | |
| CONTROL+4000 | P-4016-1"-BC2-cal | P | 1 | | | |
| CONTROL+4000 | P-4017-8"-BC2-cal | P | 8 | 106.2 | 1.74 | 10 |
| CONTROL+4000 | P-4018-14"-BC2-cal | P | 14 | 122 | 1.74 | 10 |
| CONTROL+4000 | P-4019-4"-BC2-cal | P | 4 | | 1.5 | 10 |
| CONTROL+4000 | P-4020-4"-BC2-cal | P | 4 | | 1.5 | 10 |
| CONTROL+4000 | P-4021-4"-BC2-cal | P | 4 | 106.2 | 0.74 | 10 |
| CONTROL+4000 | WC-4001-1"-BC2 | WC | 1 | | | |
| CONTROL+4000 | W-4001-10"-BC2 | W | 1 | 25 | 3.7 | 10 |
| CONTROL+4000 | W-4002-10"-BC2 | W | 1 | 40 | 2.8 | 10 |
| CONTROL+4000 | C-4001-2"-BC2-cal | C | 2 | 152 | 4.2 | 10 |
| CONTROL+4000 | V-4001-10"-BC2-cal | V | 10 | 154 | 4.2 | 10 |
| CONTROL+4000 | V-4002-10"-BC2-cal | V | 10 | 154 | 4.2 | 10 |
| CONTROL+6000 | P-3010-3"-BC2 | P | 3 | 39.8 | 10.13 | 10 |
| CONTROL+6000 | P-4021-4"-BC2-cal | P | 4 | 106.2 | 0.74 | 10 |
| CONTROL+6000 | P-6001-8"-BC2-cal | P | 8 | 92 | 9.3 | 10 |
| CONTROL+6000 | P-6002-4"-BC2-cal | P | 4 | 106.2 | 1.74 | 10 |
| CONTROL+6000 | P-6003-4"-BC2-cal | P | 4 | 110 | 0.74 | 10 |
| CONTROL+6000 | P-6004-1"-BC2-cal | P | 1 | | | |
| CONTROL+6000 | P-6005-1"-BC2-cal | P | 1 | | | |
| CONTROL+6000 | P-6006-4"-BC2-cal | P | 4 | 155 | | |
| CONTROL+6000 | P-6007-1"-BC2 | P | 1 | | 3.65 | 10 |
| CONTROL+5000 | P-5001-8"-BC2-cal | P | 8 | | 1.5 | 10 |
| CONTROL+5000 | P-5002-8"-BC2-cal | P | 8 | | 1.5 | 10 |
| CONTROL+5000 | P-5003-24"-BC2 | P | 24 | 50.7 | -0.9 | 10 |
| CONTROL+5000 | P-5004-4"-BC2 | P | 4 | 40 | -0.9 | 10 |
| CONTROL+5000 | P-5005-1"-BC2 | P | 1 | 40 | | |

Taula 24.1. Llistat de línies. PART III.

| P&ID | Línea | Tipo | DIÀMETRE (IN) | T(°C) | P (kg/cm ² g) | Sch |
|--------------|--------------------|------|------------------|-----------|-----------------------------|-----|
| CONTROL+5000 | P-5006-4"-BC2 | P | 4 | 40 | | |
| CONTROL+5000 | P-5007-1"-BC2-cal | P | 1 | | | |
| CONTROL+5000 | P-5008-1"-BC2-cal | P | 1 | | | |
| CONTROL+5000 | P-5009-4"-BC2 | P | 4 | 40 | | |
| CONTROL+5000 | P-5010-2"-BC2 | P | 2 | 40 | | |
| CONTROL+5000 | P-5011-1"-BC2 | P | 1 | | 5.25 | 10 |
| CONTROL+5000 | P-5013-10"-BC2-cal | P | 10 | 153 | -0.5 | 10 |
| CONTROL+5000 | P-5014-1"-BC2-cal | P | 1 | | | |
| CONTROL+5000 | P-5015-1"-BC2-cal | P | 1 | | | |
| CONTROL+5000 | P-5016-10"-BC2-cal | P | 10 | 153 | -0.5 | 10 |
| CONTROL+5000 | P-5017-14"-BC2-cal | P | 14 | 155 | -0.7 | 10 |
| CONTROL+5000 | P-5018-14"-BC2-cal | P | 14 | 155 | -0.7 | 10 |
| CONTROL+5000 | P-5019-18"-BC2 | P | 18 | 42.2 | -0.9 | 10 |
| CONTROL+8000 | P-8010-4"-BC2 | P | 4 | 30 | -0.9 | 10 |
| CONTROL+5000 | P-5020-2"-BC2-cal | P | 2 | 153 | -0.5 | 10 |
| CONTROL+5000 | P-6003-4"-BC2-cal | P | 4 | 110 | 0.74 | 10 |
| CONTROL+5000 | V-5001-4"-BC2-cal | V | 4 | 252 | 41.5 | 40 |
| CONTROL+5000 | V-5002-4"-BC2-cal | V | 4 | 252 | 41.5 | 40 |
| CONTROL+5000 | V-5003-4"-BC2-cal | V | 4 | 252 | 40.5 | 40 |
| CONTROL+5000 | V-5004-4"-BC2-cal | V | 4 | 252 | 40.5 | 40 |
| CONTROL+5000 | WC-5001-1"-BC2 | WC | 1 | | | |
| CONTROL+5000 | WC-5002-1"-BC2 | WC | 1 | | | |
| CONTROL+5000 | W-5001-10"-BC2 | W | 10 | 25 | 4.7 | 10 |
| CONTROL+5000 | W-5002-10"-BC2 | W | 10 | 35 | 4.6 | 10 |
| CONTROL+5000 | C-5001-2"-BC2-cal | C | 2 | 246 | 40.4 | 40 |
| CONTROL+5000 | C-5002-2"-BC2-cal | C | 2 | 246 | 40.4 | 40 |
| CONTROL+8000 | P-5019-18"-BC2 | P | 18 | 42.2 | -0.9 | 10 |
| CONTROL+8000 | P-8001-18"-BC2 | P | 18 | 42.2 | -0.9 | 10 |
| CONTROL+8000 | P-8002-1"-BC2 | P | 1 | | 5.25 | 10 |
| CONTROL+8000 | P-8003-10"-BC2 | P | 10 | 42 | -0.9 | 10 |
| CONTROL+8000 | P-8004-10"-BC2 | P | 10 | 42 | -0.9 | 10 |
| CONTROL+8000 | P-8005-1"-BC2 | P | 1 | | 5.25 | 10 |
| CONTROL+8000 | P-8006-2"-BC2 | P | 2 | 30 | -0.9 | 10 |
| CONTROL+8000 | P-8007-4"-BC2 | P | 4 | 30 | -0.9 | 10 |
| CONTROL+8000 | P-8008-1"-BC2 | P | 2 | | | |
| CONTROL+8000 | P-8009-1"-BC2 | P | 1 | | | |
| CONTROL+8000 | P-8010-4"-BC2 | P | 4 | 30 | -0.9 | 10 |
| CONTROL+8000 | W-8001-8"-BC2 | W | 8 | 25 | 4.7 | 10 |
| CONTROL+8000 | W-8002-8"-BC2 | W | 8 | 35 | 4.7 | 10 |
| CONTROL+8000 | W-8003-2"-BC2 | W | 2 | 25 | 4.7 | 10 |
| CONTROL+8000 | W-8004-2"-BC2 | W | 2 | 35 | 4.7 | 10 |

Taula 24.1. Llistat de línies. PART IV.

| P&ID | Línea | Tipo | DIÀMETRE (IN) | T(°C) | P (kg/cm ² _g) | Sch |
|--------------|-----------------------|------|------------------|-----------|--------------------------------------|-----|
| CONTROL+7000 | P-7001-2"-BC2 | P | 2 | 155 | 0.7 | 10 |
| CONTROL+7000 | P-7002-1"-BC2- cal | P | 1 | | | |
| CONTROL+7000 | P-7003-1"-BC2- cal | P | 1 | | | |
| CONTROL+7000 | P-7004-1"-BC2 | P | 1 | | 5.25 | 10 |
| CONTROL+7000 | P-7005-2"-BC2 | P | 2 | 60 | 0.7 | 10 |
| CONTROL+7000 | P-5020-2"-BC2- cal | P | 2 | 153 | -0.5 | 10 |
| CONTROL+7000 | W-7001-2"-BC2 | W | 2 | 30 | 4.7 | 10 |
| CONTROL+7000 | W-7002-2"-BC2 | W | 2 | 45 | 4.6 | 10 |

24. LLISTAT D'EQUIPS

Taula 25.1. Resum equips. PART I.

| Nom | P&ID | Descripció | P disseny (kg/cm ²) | T disseny (°C) |
|-----------------|------|--|---------------------------------|-------------------------|
| V-101 | 1000 | Dipòsit de gasolines | 2.26 | 65 |
| V-102 | 1000 | Dipòsit d'additiu | | |
| V-103 | 1000 | Dipòsit d'hidrogen | 28.5 | 60 |
| V-104A/B | 1000 | Dipòsits de bomba Plan API 52 | | |
| K-101 | 1000 | Compressor d'hidrogen | | |
| P-101 | 1000 | Bomba de pistó per l'additiu | | |
| P-102A/B | 1000 | Bomba centrífuga per a les gasolines | | |
| E-203 | 2000 | Bescanviador previ a la columna C-301 | Tubs: 13,5 Carcassa: 7,25 | Tubs: 150 Carcassa: 190 |
| V-301 | 3000 | Dipòsit post condensador E-301 | 10.9 | 60 |
| E-301 | 3000 | Condensador columna C-301 | Tubs: 7,25 Carcassa: 12,5 | Tubs: 120 Carcassa: 120 |
| C-301 | 3000 | Columna estabilitzador | 12 | 220 |
| P-301A/B | 3000 | Bombes centrífugues de reflux i destí. | | |
| V-303A/B | 3000 | Dipòsits de bomba Plan API 52 | | |
| P-302A/B | 3000 | Bombes centrífugues del reboiler | | |
| V-302A/B | 3000 | Dipòsits de bomba Plan API 52 | | |
| E-303 | 3000 | Reboiler de l'estabilitzadora | Tubs: 13,5 Carcassa: 20,5 | Tubs: 240 Carcassa: 240 |
| V-401 | 4000 | Dipòsit post condensador E-401 | 2.9 | 60 |

Taula 25.1. Resum equips. PART II.

| Nom | P&ID | Descripció | P disseny (kg/cm ²) | | T disseny (°C) | |
|-----------------|------|--|---------------------------------|----------------|----------------|---------------|
| E-401 | 4000 | Condensador columna C-401 | Tubs: 7.25 | Carcassa: 4.25 | Tubs: 75 | Carcassa: 90 |
| C-401 | 4000 | Columna despentanitzadora | | 3.5 | | 150 |
| P-401A/B | 4000 | Bombes centrífugues de reflux i desti. | | | | |
| V-404A/B | 4000 | Dipòsits de bomba Plan API 52 | | | | |
| P-402A/B | 4000 | Bombes centrífugues del reboiler | | | | |
| V-402A/B | 4000 | Dipòsits de bomba Plan API 52 | | | | |
| E-403 | 4000 | Reboiler de la despentanitzadora | Tubs: 4.1 | Carcassa: 7.25 | Tubs: 190 | Carcassa: 190 |
| V-501 | 5000 | Dipòsit post condensador E-502 | | 1.03 | | 65 |
| E-502 | 5000 | Condensadora 1 | Tubs: 4.1 | Carcassa: 7.25 | Tubs: 90 | Carcassa: 90 |
| C-501 | 5000 | Columna al buit | | | | |
| P-502A/B | 5000 | Bombes centrífugues de reflux i desti. | | | | |
| V-505A/B | 5000 | Dipòsits de bomba Plan API 52 | | | | |
| E-501A/B | 5000 | Reboilers de la columna al buit | Tubs: 3 | Carcassa: 46 | Tubs: 290 | Carcassa: 290 |
| P-501A/B | 5000 | Bombes centrífugues del reboiler | | | | |
| V-504A/B | 5000 | Dipòsits de bomba Plan API 52 | | | | |

Taula 25.1. Resum equips. PART III.

| Nom | P&I D | Descripció | P disseny (kg/cm ²) | | T disseny (°C) | |
|-----------------|----------|------------------------------------|---------------------------------|----------------|----------------|-----------|
| P-403A/B | 6000 | Bombes de fons de la columna C-401 | | | | |
| V403A/B | 6000 | Dipòsits de bomba Plan API 52 | | | | |
| E-404 | 6000 | Bescanviador dels fons T-301/401 | | | | |
| P-503A/B | 7000 | Bombes de fons de la columna C-501 | | | | |
| V-503A/B | 7000 | Dipòsits de bomba Plan API 52 | | | | |
| E-506 | 7000 | Bescanviador de fons de C-501 | Tubs: 7.25 | Carcassa: 4.5 | Tubs: 120 | Carca 200 |
| E-503 | 8000 | Condensador 2 | Tubs: 4.1 | Carcassa: 7.25 | Tubs: 90 | Carca 90 |
| E-504 | 8000 | Condensador 3 | Tubs: 4.1 | Carcassa: 3.25 | Tubs: 90 | Carca 90 |
| V-502 | 8000 | Dipòsit post condensador E-503/504 | | | | |
| VT-501 | 8000 | Trampa de vapor | | | | |
| EY-501 | 8000 | Ejector 1 | | | | |
| EY-502 | 8000 | Ejector 2 | | | | |

Taula 25.2. Resum equips. PART I.

| Nom | P&ID | Descripció | T operació (°C) | PT (kW) | P in |
|-----------------|-----------------|--|-------------------------|----------------|-------------|
| V-101 | 1000 | Dipòsit de gasolines | 45 | | |
| V-102 | 1000 | Dipòsit d'additiu | | | |
| V-103 | 1000 | Dipòsit d'hidrogen | 40 | | |
| V-104A/B | 1000 | Dipòsits de bomba Plan API 52 | | | |
| K-101 | 1000 | Compressor d'hidrogen | | 961 | |
| P-101 | 1000 | Bomba de pistó per l'additiu | | | |
| P-102A/B | 1000 | Bomba centrífuga per a les gasolines | | 2.3 | |
| E-203 | 2000 | Bescanviador previ a la columna C-301 | Tubs: 111 Carcassa: 153 | | |
| V-301 | 3000 | Dipòsit post condensador E-301 | 40 | | |
| E-301 | 3000 | Condensador columna C-301 | Tubs: 45 carcassa: 81.8 | | |
| C-301 | 3000 | Columna estabilitzador | 81.8 | | |
| P-301A/B | 3000 | Bombes centrífugues de reflux i destí. | | 1.5 | |
| V-303A/B | 3000 | Dipòsits de bomba Plan API 52 | | | |
| P-302A/B | 3000 | Bombes centrífugues del reboiler | | 8 | |
| V-302A/B | 3000 | Dipòsits de bomba Plan API 52 | | | |
| E-303 | 3000 | Reboiler de l'estabilitzadora | Tubs: 171 Carcassa: 204 | | |
| V-401 | 4000 | Dipòsit post condensador E-401 | 40 | | |
| E-401 | 4000 | Condensador columna C-401 | Tubs: 40 Carcassa: 52.7 | | |
| C-401 | 4000 | Columna despentanzadora | 50.7 | | |
| P-401A/B | 4000 | Bombes centrífugues de reflux i destí. | | 5.5 | |
| V-404A/B | 4000 | Dipòsits de bomba Plan API 52 | | | |
| P-402A/B | 4000 | Bombes centrífugues del reboiler | | 12.9 | |
| V-402A/B | 4000 | Dipòsits de bomba Plan API 52 | | | |
| E-403 | 4000 | Reboiler de la despentanzadora | Tubs: 122 Carcassa: 154 | | |
| V-501 | 5000 | Dipòsit post condensador E-502 | | 45 | |
| E-502 | 5000 | Condensadora 1 | Tubs: 35 Carcassa: 44.9 | | |

Taula 25.2. Resum equips. PART II.

| Nom | P&ID | Descripció | T operació (°C) |
|-----------------|-----------------|--|-------------------------|
| C-501 | 5000 | Columna al buit | |
| P-502A/B | 5000 | Bombes centrífugues de reflux i destí. | 3 |
| V-505A/B | 5000 | Dipòsits de bomba Plan API 52 | |
| E-501A/B | 5000 | Reboilers de la columna al buit | Tubs: 155 Carcassa: 252 |
| P-501A/B | 5000 | Bombes centrífugues del reboiler | 5.3 |
| V-504A/B | 5000 | Dipòsits de bomba Plan API 52 | |
| P-403A/B | 6000 | Bombes de fons de la columna C-401 | 2.4 |
| V403A/B | 6000 | Dipòsits de bomba Plan API 52 | |
| E-404 | 6000 | Bescanviador dels fons C-301/401 | |
| P-503A/B | 7000 | Bombes de fons de la columna C-501 | 0.03 |
| V-503A/B | 7000 | Dipòsits de bomba Plan API 52 | |
| E-506 | 7000 | Bescanviador de fons de C-501 | Tubs: 45 Carcassa: 150 |
| E-503 | 8000 | Condensador 2 | Tubs: 35 Carcassa: 42 |
| E-504 | 8000 | Condensador 3 | Tubs: 35 Carcassa: 42 |
| V-502 | 8000 | Dipòsit post condensador E-503/504 | |
| VT-501 | 8000 | Trampa de vapor | |
| EY-501 | 8000 | Ejector 1 | |
| EY-502 | 8000 | Ejector 2 | |

25. LLISTAT D'INSTRUMENTACIÓ

A continuació es mostra el llistat dels instruments presents als P&IDs: reguladors, transmissors i indicadors.

Taula 26.1. Llistat de canonades. PART I.

| Identificació | P&ID | Descripció del instrument | Nombre de línia o equip |
|---------------|------|---|-------------------------|
| PIC 1101 | 1000 | Regulador de pressió | P-2010-4"-BC2 |
| PIC 1102 | 1000 | Regulador de pressió | P-1002-1"-BC2 |
| FC 1103 | 1000 | Regulador de flux | H-0001-4"-BC2 |
| LIC 1104 | 1000 | Regulador de nivell | P-1003-1"-BC2 |
| PIC 1105 | 1000 | Regulador de pressió | P-1010-6"-BC2-cal |
| PT 1101 | 1000 | Transmissor de pressió | V-101 |
| PT 1102 | 1000 | Transmissor de pressió | V-101 |
| FT 1103 | 1000 | Transmissor de flux (pressió diferencial) | P-0001-6"-BC2 |
| LT 1104 | 1000 | Transmissor de nivell (tipo Switch) | V-101 |
| PT 1105 | 1000 | Transmissor de pressió | P-1007-6"-BC2-cal |
| PI 1101 | 1000 | Indicador de pressió | V-101 |
| LI 1104 | 1000 | Indicador de nivell | V-101 |
| PI 1105 | 1000 | Indicador de pressió | P-1007-6"-BC2-cal |
| PIC 3301 | 3000 | Regulador de pressió | P-3004-1"-BC2 |
| FC 3302 | 3000 | Regulador de flux | P-3010-3"-BC2 |
| LIC 3303 | 3000 | Regulador de nivell | P-3012-1"-BC2 |
| TIC 3304 | 3000 | Regulador de temperatura | V-3001-6"-BC2-cal |
| FC 3305 | 3000 | Regulador de flux | P-3017-8"-BC2-cal |
| TIC 3306 | 3000 | Regulador de temperatura | WC-3001-1"-BC2 |
| LIC 3307 | 3000 | Regulador de nivell | P-6001-8"-BC2-cal |
| LIC 3309 | 3000 | Regulador de nivell | P-3006-1"-BC2 |
| PT 3301 | 3000 | Transmissor de pressió | V-301 |
| FT 3302 | 3000 | Transmissor de flux (pressió diferencial) | P-3010-3"-BC2 |
| LT 3303 | 3000 | Transmissor de nivell (tipus radar) | V-301 |
| TT 3304 | 3000 | Transmissor de temperatura | C-301 |
| FT 3305 | 3000 | Transmissor de flux (pressió diferencial) | P-3017-8"-BC2-cal |
| TT 3306 | 3000 | Transmissor de temperatura | V-3002-6"-BC2-cal |
| LT 3307 | 3000 | Transmissor de nivell (tipus radar) | C-301 |
| LT 3309 | 3000 | Transmissor de nivell (tipus Switch) | V-301 |
| PI 3301 | 3000 | Indicador de pressió | V-301 |
| LI 3303 | 3000 | Indicador de nivell | V-301 |
| TI 3304 | 3000 | Indicador de temperatura | C-301 |
| TI 3306 | 3000 | Indicador de temperatura | V-3002-6"-BC2-cal |
| LI 3307 | 3000 | Indicador de nivell | C-301 |
| LI 3309 | 3000 | Indicador de nivell | V-301 |
| PIC 4401 | 4000 | Regulador de pressió | P-4004-1"-BC2 |

Taula 26.1. Llistat de canonades. PART II.

| Identificació | P&ID | Descripció del instrument | Nombre de línia o equip |
|----------------------|-----------------|---|--------------------------------|
| PIC 4402 | 4000 | Regulador de pressió | P-4005-1"-BC2 |
| FC 4403 | 4000 | Regulador de flux | P-4011-6"-BC2 |
| LIC 4404 | 4000 | Regulador de nivell | P-4012-3"-BC2 |
| FC 4405 | 4000 | Regulador de flux | P-4017-8"-BC2-cal |
| TIC 4406 | 4000 | Regulador de temperatura | V-4001-10"-BC2-cal |
| LIC 4407 | 4000 | Regulador de nivell | P-6002-4"-BC2-cal |
| LIC 4408 | 4000 | Regulador de nivell | P-4006-6"-BC2 |
| TIC 4409 | 4000 | Regulador de temperatura | WC-4001-1"-BC2 |
| PT 4401 | 4000 | Transmissor de pressió | V-401 |
| PT 4402 | 4000 | Transmissor de pressió | V-401 |
| FT 4403 | 4000 | Transmissor de flux (pressió diferencial) | P-4010-6"-BC2 |
| LT 4404 | 4000 | Transmissor de nivell | V-401 |
| FT 4405 | 4000 | Transmissor de flux (pressió diferencial) | P-4017-8"-BC2-cal |
| TT 4406 | 4000 | Transmissor de temperatura | C-401 |
| LT 4407 | 4000 | Transmissor de nivell (tipus radar) | C-401 |
| LT 4408 | 4000 | Transmissor de nivell (tipus Switch) | V-401 |
| TT 4409 | 4000 | Transmissor de temperatura | V-4002-10"-BC2-cal |
| PI 4402 | 4000 | Indicador de pressió | V-401 |
| LI 4404 | 4000 | Indicador de nivell | V-401 |
| TI 4406 | 4000 | Indicador de temperatura | C-401 |
| LI 4407 | 4000 | Indicador de nivell | C-401 |
| LI 4408 | 4000 | Indicador de nivell | V-401 |
| TI 4409 | 4000 | Indicador de temperatura | V-4002-10"-BC2-cal |
| PIC 5501 | 5000 | Regulador de pressió | V-501 |
| FC 5502 | 5000 | Regulador de flux | P-5010-2"-BC2 |
| LIC 5503 | 5000 | Regulador de nivell | P-5021-4"-BC2 |
| LIC 5507 | 5000 | Regulador de nivell | C-501 |
| TIC 5508 | 5000 | Regulador de temperatura | V-5001-4"-BC2-cal |
| TIC 5509 | 5000 | Regulador de temperatura | WC-5001-1"-BC2-cal |
| TIC 5510 | 5000 | Regulador de temperatura | WC-5002-1"-BC2-cal |
| TIC 5511 | 5000 | Regulador de temperatura | V-5003-4"-BC2-cal |
| FC 5512 | 5000 | Regulador de flux | P-5013-10"-BC2-cal |
| PT 5501 | 5000 | Transmissor de pressió | V-501 |
| FT 5502 | 5000 | Transmissor de flux (pressió diferencial) | P-5010-2"-BC2 |
| LT 5503 | 5000 | Transmissor de nivell (tipus Switch) | V-501 |
| LT 5507 | 5000 | Transmissor de nivell (tipus radar) | P-7001-2"-BC2-cal |
| TT 5508 | 5000 | Transmissor de temperatura | C-501 |
| TT 5509 | 5000 | Transmissor de temperatura | V-5002-4"-BC2-cal |
| TT 5510 | 5000 | Transmissor de temperatura | C-501 |
| TT 5511 | 5000 | Transmissor de temperatura | V-5004-4"-BC2-cal |
| FT 5512 | 5000 | Transmissor de flux (D.P) | P-5013-10"-BC2-cal |

Taula 26.1. Llistat de canonades. PART III.

| Identificació | P&ID | Descripció del instrument | Nombre de línia o equip |
|----------------------|-----------------|--------------------------------------|--------------------------------|
| PI 5501 | 5000 | Indicador de pressió | V-501 |
| LI 5503 | 5000 | Indicador de nivell | V-501 |
| LI 5507 | 5000 | Indicador de nivell | C-501 |
| TI 5509 | 5000 | Indicador de temperatura | V-5002-4"-BC2-cal |
| TI 5510 | 5000 | Indicador de temperatura | C-501 |
| TI 5511 | 5000 | Indicador de temperatura | V-5004-4"-BC2-cal |
| TIC 3308 | 6000 | Regulador de temperatura | P-6006-4"-BC2-cal |
| TI 3308 | 6000 | Indicador de temperatura | P-6006-4"-BC2-cal |
| TT 3308 | 6000 | Transmissor de temperatura | P-6006-4"-BC2-cal |
| LIC 5504 | 8000 | Regulador de nivell | P-8010-4"-BC2 |
| LIC 5505 | 8000 | Regulador de nivell | P-8009-1"-BC2 |
| PIC 5506 | 8000 | Regulador de pressió | P-8008-1"-BC2 |
| LT 5504 | 8000 | Transmissor de nivell (tipus Switch) | V-502 |
| LT 5505 | 8000 | Transmissor de nivell (tipus Switch) | V-502 |
| PT 5506 | 8000 | Transmissor de pressió | V-502 |
| LI 5504 | 8000 | Indicador de nivell | V-502 |
| LI 5505 | 8000 | Indicador de nivell | V-502 |
| PI 5506 | 8000 | Indicador de pressió | V-502 |

26. FULLS D'ESPECIFICACIÓ

Els fulls d'especificació es troben al CD adjunt amb el projecte.

**CONSIDERACIONS
MEDIAMBIENTALS.
PART VI**

27. ASPECTES AMBIENTALS AL DISSENY DE LES INSTAL·LACIONS

27.1. Identificació i avaluació de les emissions a l'aire, aigua i sòl

27.1.1. Emissions atmosfèriques

L'impacte que té la planta sobre les emissions atmosfèriques són degut a la combustió de la caldera. Els compostos que s'emeten són bàsicament CO₂, CO, NO_x i SO_x.

Altres emissions de gasos són el VOC degut a l'evaporació de compostos en els dipòsits de reflux de les columnes i també altres gasos procedents de l'obertura de les PSV en cas d'accident. Tots ells són canalitzats cap a les torxes. Per tant, les substàncies que s'emeten a l'atmosfera seran de la combustió de la torxa. Aquests també són CO₂, CO, i NO_x.

27.1.2. Emissions líquides

Les emissions líquides que són causades per la planta de *Pygas* són les corrents de purgues les quals són dirigides a l'EDAR per ser tractades.

27.1.3. Emissions sòlides

Les emissions sòlides s'enumeren a l'apartat 28.2 de continuació.

27.2. Identificació i avaluació dels residus sòlids produïts

Els residus sòlids que es poden generar a la planta d'hidrogenació de *Pygas*, tan a nivell de procés com de manteniment, són: el catalitzador, plàstics, envasos i embalatges de plàstic, envasos i embalatge de compostos, materials de filtració, draps de neteja, roba protectora bruta, residus de calorifugat, fibra i llana de vidre, pols d'extintors i cables.

Aquests residus es poden classificar mitjançant el catàleg de residus de la Generalitat de Catalunya. A la taula 28.1 es mostra la seva classificació, el tractament que ha de seguir i la seva possible valorització si s'escau.

Taula 28.1. Classificació de residus sòlids. PART I.²²

| Codi residu | Descripció | Origen | CLA | VAL | TDR |
|--------------------|----------------------|--|------------|------------|------------|
| 070302 | Altres catalitzadors | R. síntesi i regeneració. Esgotament material | NE | V48 | T33/T12 |
| 070713 | Plàstics | Procés fora d'especificacions | IN | V12 | T11 |

²² La nomenclatura de la classificació de residus segueix la de la Generalitat de Catalunya dels catàleg de residus. <http://www.arc.cat/ca/publicacions/pdf/agencia/cataleg.pdf>

Taula 28.1. Classificació de residus sòlids. PART II.

| Codi residu | Descripció | Origen | CLA | VAL | TDR |
|-------------|--|---------------------------------------|-----|-----|-------------|
| 150102 | Envasos i embalatges de compostos | Rebuig, estocs i neteges | ES | V51 | T13/T21 |
| 150299 | Altres absorbents, materials de filtració, draps de neteja i roba protectora bruta | Absorció, filtració i descontaminació | NE | - | T21/T24/T12 |
| 150403 | Residus de calorifugació | Manteniment | IN | - | T11 |
| 150404 | Fibra i llana de vidre | Manteniment | IN | - | T13 |
| 150406 | Pols d'extintors | Extinció incendis i manteniment | NE | - | T31/T35/T21 |
| 160106 | Cables | Manteniment. Fora d'especificació | IN | V45 | T11 |

Tots aquests residus sòlids poden ser tractats mitjançant diversos mètodes, com bé indica el catàleg de residus de la Generalitat de Catalunya. A més, alguns d'ells poden ser valoritzats mitjançant la seva comercialització, la seva reutilització o el seu reciclatge.

El tractament d'aquests residus es farà a les següents instal·lacions supervisades per la Generalitat de Catalunya:

- *GRECAT* (E-466.97) (Gestió de Residus Especials de Catalunya): incineració i valorització com a combustible.
- *TRISA* (E-03.85) (Tratamientos y recuperaciones industriales, S.A): tractament per evaporació, tractament físico-químic i biològic, tractament específic, estabilització i oxidació humida.
- *Integració i gestió de residus, S.L* (E-1275.11): tractament físico-químic i biològic, estabilització i recuperació d'hidrocarburs.
- *NCG Iberia Reconditioning, S.L* (E-1268.11): reciclatge de plàstics, recuperació, reutilització i regeneració d'envasos.

27.3. Consum d'energia i de recursos naturals

La matèria primera que s'utilitza per obtenir energia és bàsicament fuel gas. Una part d'aquest procedeix de la mateixa generació a la planta de *Pygas*.

27.4. Generació de gasos d'efecte hivernacle

Els gasos d'efecte hivernacle que es poden generar a la planta de *Pygas* són el metà en cas de que hi hagués una fuga i el CO₂, NO_x i CO que emet la caldera i les torxes on hi ha combustió.

De les emissions de la caldera s'ha de considerar la part proporcional corresponent a aquesta planta.

27.5. Altres impactes

Altres impactes ambientals com per exemple l'acústic i les olors, no es tenen en consideració perquè l'impacte és menyspreable.

27.6. Millores mediambientals

Una de les millores que podria minimitzar l'impacte ambiental, és el tractament dels gasos de la caldera. En aquest cas es podria realitzar una absorció de gasos per via humida i prèviament millorar la combustió mitjançant la optimització de l'estequiometria.

SEGURETAT INDUSTRIAL.

PART VII

28. SEGURETAT INDUSTRIAL

28.1. Anàlisi de risc preliminar

Per tal d'analitzar el risc de la planta, es realitza un anàlisi de risc en les zones on hi ha acumulació de matèria, així com els dipòsits V-301, V-401, V-501, V-101 i V-103 i també les columnes C-301, C-401 i C-501. Per dur a terme aquest anàlisi qualitatiu, es realitza seguint el decret 948/2005. Aquestes zones de la planta podran no estar afectades per cap risc o podran estar afectades per risc baix o alt.

28.1.1. Anàlisi de risc V-101

Els valors obtinguts en la determinació del risc d'aquesta zona es mostren a la taula 29.1. La quantitat total de substància és l'actual de la planta si el temps de residència del dipòsit és de 15 minuts.

Taula 29.1. Anàlisi de risc V-101.

| Substància | Quantitat (t) | Llindar Baix | Llindar Alt | qx/Q Baix | qx/Q Alt |
|-------------------|----------------------|---------------------|--------------------|------------------|-----------------|
| Benzè | 7.02 | 10 | 50 | 0.70 | 0.14 |
| 1,3-pentadiè | 1.54 | 10 | 50 | 0.15 | 0.03 |
| Pentà | 1.17 | 10 | 50 | 0.11 | 0.02 |
| Altres | 10.43 | - | - | 0.70 | 0.14 |
| TOTAL | 20.17 | - | - | 1.67 | 0.33 |

Aquest equip està afectat per risc baix. Per tal de que no estigui afectat per risc baix, és a dir que el paràmetre qx/Q total no superi la unitat, la quantitat de substància total hauria de ser de 11.4 tones. A continuació es mostren els valors.

Taula 29.2. Anàlisi de risc V-101 sense risc.

| Substància | Quantitat (t) | Llindar Baix | Llindar Alt | qx/Q Baix | qx/Q Alt |
|-------------------|----------------------|---------------------|--------------------|------------------|-----------------|
| Benzè | 3.98 | 10 | 50 | 0.39 | 0.08 |
| 1,3-pentadiè | 0.87 | 10 | 50 | 0.09 | 0.02 |
| Pentà | 0.66 | 10 | 50 | 0.06 | 0.01 |
| Altres | 5.91 | - | - | 0.39 | 0.08 |
| TOTAL | 11.43 | - | - | 0.95 | 0.19 |

28.1.2. Anàlisi de risc V-103

Els valors obtinguts en la determinació del risc d'aquest dipòsit es mostren a la taula 29.3. La quantitat total de substància és l'actual de la planta si el temps de residència del dipòsit V-103 és de 1 minut.

Taula 29.3. Anàlisi de risc V-103.

| Substància | Quantitat (t) | Llindar Baix | Llindar Alt | qx/Q Baix | qx/Q Alt |
|--------------|---------------|--------------|-------------|--------------|--------------|
| Metà | 0.043 | 10 | 50 | 0.004 | 0.0008 |
| Hidrogen | 0.023 | 5 | 50 | 0.005 | 0.0005 |
| TOTAL | 0.066 | - | - | 0.009 | 0.001 |

Aquest equip no està afectat per cap risc.

La quantitat màxima, que es podria emmagatzemar en un dipòsit de dimensions adequades per tal que com a molt aquest estigués afectat per risc baix, seria de 7.4 tones. Els valors es mostren a la següent taula.

Taula 29.4. Anàlisi de risc V-103 amb risc baix.

| Substància | Quantitat (t) | Llindar Baix | Llindar Alt | qx/Q Baix | qx/Q Alt |
|--------------|---------------|--------------|-------------|-------------|-------------|
| Metà | 4.76 | 10 | 50 | 0.47 | 0.09 |
| Hidrogen | 2.63 | 5 | 50 | 0.53 | 0.05 |
| TOTAL | 7.4 | - | - | 1.00 | 0.15 |

28.1.3. Anàlisi de risc V-301

Els valors obtinguts en la determinació del risc d'aquesta zona es mostren a la taula 29.5. La quantitat de substància és l'actual de la planta si el temps de residència del dipòsit és de 10 minuts.

Taula 29.5. Anàlisi de risc V-301.

| Substància | Quantitat (t) | Llindar Baix | Llindar Alt | qx/Q Baix | qx/Q Alt |
|--------------|---------------|--------------|-------------|-------------|-------------|
| 1-butè | 1.01 | 10 | 50 | 0.10 | 0.02 |
| N-butà | 0.54 | 50 | 200 | 0.01 | 0.002 |
| Cis2-butè | 0.45 | 10 | 50 | 0.04 | 0.009 |
| Altres | 1.39 | - | - | 0.07 | 0.01 |
| TOTAL | 3.4 | - | - | 0.22 | 0.04 |

Es pot concloure que aquest equip no està afectat per cap risc.

La quantitat màxima, que es podria emmagatzemar en un dipòsit de dimensions adequades per tal que com a molt aquest estigués afectat per risc baix, seria de 15.3 tones. Els valors es mostren a la següent taula.

Taula 28.6. Anàlisi de risc V-301 per llindar de risc baix.

| Substància | Quantitat (t) | Llindar Baix | Llindar Alt | qx/Q Baix | qx/Q Alt |
|--------------|---------------|--------------|-------------|-------------|-------------|
| 1-butè | 4.55 | 10 | 50 | 0.45 | 0.09 |
| N-butà | 2.43 | 50 | 200 | 0.05 | 0.01 |
| Cis2-butè | 2.02 | 10 | 50 | 0.20 | 0.04 |
| Altres | 6.24 | - | - | 0.30 | 0.06 |
| TOTAL | 15.3 | - | - | 1.01 | 0.21 |

28.1.4. Anàlisi de risc V-401

Els valors obtinguts en la determinació del risc d'aquesta zona, del tanc V-401, es mostren a la taula 29.7. La quantitat de substància és l'actual de la planta si el temps de residència del dipòsit és de 5 minuts.

Taula 29.7. Anàlisi de risc V-401.

| Substància | Quantitat (t) | Llindar Baix | Llindar Alt | qx/Q Baix | qx/Q Alt |
|--------------|---------------|--------------|-------------|-------------|-------------|
| Pentè | 2.89 | 50 | 200 | 0.05 | 0.01 |
| Pentà | 2.65 | 10 | 50 | 0.26 | 0.05 |
| Ciclopentè | 1.45 | 10 | 50 | 0.14 | 0.03 |
| Altres | 1.11 | - | - | 0.11 | 0.09 |
| TOTAL | 8.10 | - | - | 0.57 | 0.12 |

Es pot concloure que el dipòsit V-401 no està afectat per cap risc.

La quantitat màxima, que es podria emmagatzemar en un dipòsit de dimensions adequades per tal que com a molt aquest estigués afectat per risc baix, seria de 14.6 tones. Els valors es mostren a la següent taula.

Taula 29.8. Anàlisi de risc V-401 per llindar de risc baix.

| Substància | Quantitat (t) | Llindar Baix | Llindar Alt | qx/Q Baix | qx/Q Alt |
|--------------|---------------|--------------|-------------|-------------|-------------|
| Pentè | 5.21 | 50 | 200 | 0.10 | 0.02 |
| Pentà | 4.78 | 10 | 50 | 0.47 | 0.09 |
| Ciclopentè | 2.60 | 10 | 50 | 0.26 | 0.05 |
| Altres | 1.98 | - | - | 0.19 | 0.04 |
| TOTAL | 14.6 | - | - | 1.03 | 0.21 |

28.1.5. Anàlisi de risc V-501

Els valors obtinguts en la determinació del risc d'aquesta zona es mostren a la taula 28.9. La quantitat de substància és l'actual de la planta si el temps de residència del dipòsit és de 10 minuts.

Taula 29.9. Anàlisi de risc V-501.

| Substància | Quantitat (t) | Llindar Baix | Llindar Alt | qx/Q Baix | qx/Q Alt |
|--------------|---------------|--------------|-------------|-------------|-------------|
| Benzè | 5.73 | 10 | 50 | 0.57 | 0.11 |
| Toluè | 2.09 | 10 | 50 | 0.21 | 0.04 |
| 1-hexè | 0.70 | 10 | 50 | 0.07 | 0.01 |
| Altres | 3.31 | - | - | 0.20 | 0.04 |
| TOTAL | 11.83 | - | - | 1.05 | 0.21 |

Es pot concloure que aquest equip està afectat per risc baix.

La quantitat màxima que es podria emmagatzemar en un dipòsit de les dimensions adequades per tal que aquest equip no estigués afectat per cap risc, seria de 10.65 tones amb un temps de residència de 9 minuts. Els valors es mostren a la següent taula.

Taula 29.10. Anàlisi de risc V-501 per no risc.

| Substància | Quantitat (t) | Llindar Baix | Llindar Alt | qx/Q Baix | qx/Q Alt |
|--------------|---------------|--------------|-------------|-------------|-------------|
| Benzè | 5.16 | 10 | 50 | 0.52 | 0.10 |
| Toluè | 1.88 | 10 | 50 | 0.18 | 0.04 |
| 1-hexè | 0.63 | 10 | 50 | 0.06 | 0.01 |
| Altres | 2.97 | - | - | 0.18 | 0.04 |
| TOTAL | 10.65 | - | - | 0.95 | 0.19 |

28.1.6. Anàlisi de risc C-301

Els valors obtinguts en la determinació del risc d'aquesta zona, de la columna C-301, es mostren a la taula 29.11. La quantitat de substància és la que s'acumula al fons de la columna si el temps de residència és de 2 minuts.

Taula 29.11. Anàlisi de risc C-301.

| Substància | Quantitat (t) | Llindar Baix | Llindar Alt | qx/Q Baix | qx/Q Alt |
|--------------|---------------|--------------|-------------|-------------|-------------|
| Benzè | 2.90 | 10 | 50 | 0.29 | 0.05 |
| Toluè | 1.06 | 10 | 50 | 0.11 | 0.02 |
| Pentè | 0.65 | 50 | 200 | 0.01 | 0.003 |
| Altres | 3.46 | - | - | 0.65 | 0.05 |
| TOTAL | 8.07 | - | - | 0.65 | 0.13 |

Es pot concloure que aquest equip no està per cap tipus de risc.

La quantitat màxima, que es podria romandre al fons de la columna per tal que com a molt aquesta estigués afectada per risc baix, seria de 12.51 tones amb un temps de residència de 3.1 minuts. Els valors es mostren a la següent taula.

Taula 29.12. Anàlisi de risc C-301 per risc baix.

| Substància | Quantitat (t) | Llindar Baix | Llindar Alt | qx/Q Baix | qx/Q Alt |
|--------------|---------------|--------------|-------------|-------------|-------------|
| Benzè | 4.50 | 10 | 50 | 0.45 | 0.09 |
| Toluè | 1.64 | 10 | 50 | 0.16 | 0.03 |
| Pentè | 1.01 | 50 | 200 | 0.02 | 0.005 |
| Altres | 5.36 | - | - | 0.38 | 0.08 |
| TOTAL | 12.51 | - | - | 1.01 | 0.20 |

28.1.7. Anàlisi de risc C-401

Els valors obtinguts en la determinació del risc d'aquesta zona, de la columna C-401, es mostren a la taula 29.13. La quantitat de substància és l'actual que s'acumula al fons de la columna si el temps de residència al fons és de 2 minuts.

Taula 29.13. Anàlisi de risc C-401.

| Substància | Quantitat (t) | Llindar Baix | Llindar Alt | qx/Q Baix | qx/Q Alt |
|-------------------|----------------------|---------------------|--------------------|------------------|-----------------|
| Benzè | 5.91 | 10 | 50 | 0.59 | 0.12 |
| Toluè | 2.16 | 10 | 50 | 0.21 | 0.04 |
| Pentè | 0.72 | 50 | 200 | 0.07 | 0.02 |
| Altres | 3.93 | - | - | 0.28 | 0.05 |
| TOTAL | 12.72 | - | - | 1.15 | 0.23 |

Es pot concloure que aquest equip està afectat per risc baix. Per tal d'evitar el risc en aquesta instal·lació es redueix la quantitat de matèria i per tant, el temps de residència. La quantitat és de 10.8 tones i el temps de residència de 1.7 minuts. Els valors de l'anàlisi de risc es mostren a la taula 29.14.

Taula 29.14. Anàlisi de risc C-401 per no risc.

| Substància | Quantitat (t) | Llindar Baix | Llindar Alt | qx/Q Baix | qx/Q Alt |
|-------------------|----------------------|---------------------|--------------------|------------------|-----------------|
| Benzè | 5.02 | 10 | 50 | 0.50 | 0.10 |
| Toluè | 1.83 | 10 | 50 | 0.18 | 0.04 |
| Pentè | 0.61 | 50 | 200 | 0.06 | 0.01 |
| Altres | 3.34 | - | - | 0.23 | 0.05 |
| TOTAL | 10.8 | - | - | 0.98 | 0.19 |

28.1.8. Anàlisi de risc C-501

Els valors obtinguts en la determinació del risc d'aquesta zona, de la columna C-301, es mostren a la taula 29.15. La quantitat de substància és l'actual que s'acumula al fons de la columna si el temps de residència del dipòsit és de 2 minuts.

Taula 29.15. Anàlisi de risc C-501.

| Substància | Quantitat (t) | Llindar Baix | Llindar Alt | qx/Q Baix | qx/Q Alt |
|-------------------|----------------------|---------------------|--------------------|------------------|-----------------|
| C11+ | 5.72 | 5000 | 50000 | 0.00 | 0.00 |
| Naftalè | 2.86 | 10 | 50 | 0.29 | 0.06 |
| Indè | 0.18 | 10 | 50 | 0.02 | 0.00 |
| Altres | 0.15 | - | - | 0.00 | 0.00 |
| TOTAL | 8.93 | - | - | 0.31 | 0.06 |

Es pot concloure que aquest equip no està afectat per cap risc. La quantitat de matèria per tal de que aquest equip tingués risc baix és de 31.27 tones amb un temps de residència de 7 minuts. Els resultats es mostren a la taula 29.16.

Taula 29.16. Anàlisi de risc C-501 per no risc.

| Substància | Quantitat (t) | Llindar Baix | Llindar Alt | qx/Q Baix | qx/Q Alt |
|-------------------|----------------------|---------------------|--------------------|------------------|-----------------|
| C11+ | 20.03 | 5000 | 50000 | 0.00 | 0.00 |
| Naftalè | 10.03 | 10 | 50 | 1.00 | 0.2 |
| Indè | 0.66 | 10 | 50 | 0.07 | 0.01 |
| Altres | 0.55 | - | - | 0.00 | 0.00 |
| TOTAL | 31.27 | - | - | 1.07 | 0.21 |

28.1.9. Conclusions anàlisi de risc

Els equips V-103, V-301, V-401, C-301 i C-501 no estan afectats per cap tipus de risc. Per tant, el seu disseny no es modifica.

En canvi, els equips V-101, V-501 i C-401 estan afectats per risc baix.

Pel que fa al V-101 no es factible la modificació del model actual degut a que si es redueix la quantitat de producte, és a dir el temps de residència, en cas que hi hagués un problema de subministrament de *Pygas* suposaria una parada immediata de la planta.

Analitzant el dipòsit V-501, la seva modificació respecte al disseny d'enginyeria bàsica seria factible, ja que reduir el temps de residència en un minut no suposa cap problema per la producció dins dels paràmetres d'especificació.

La columna de destil·lació C-401, la seva modificació no seria factible perquè la reducció de la quantitat de producte en el fons de la columna suposa el no compliment de les especificacions establertes.

28.2. Zones ATEX

Per determinar les zones ATEX de la planta és necessari determinar quin serà el radi d'afectació dels principals equips de la planta que es troben a la perifèria d'aquesta. Es determina els radis d'afectació per un diàmetre d'orifici de 3mm, es considera un factor de seguretat de 0.5 ja que el grau d'escapament és secundari. La última zona de la planta on es troba la C-501 no aplica perquè treballa al buit. Els valors obtinguts es mostren a les taula 29.17 i 29.18.

Taula 29.17. Valors classificació de zones columnes i bombes.

| | C-301 | P-301 | P-302 | C-401 | P-401 | P-402 | P-403 |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Taxa d'escapament (kg/s) | 0.19 | 0.18 | 0.20 | 0.060 | 0.08 | 0.09 | 0.09 |
| Grau de la fuga* | S | S | S | S | S | S | S |
| Coefficient de seguretat | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| LIE % vol | 1.15 | 1.62 | 1.152 | 1.10 | 1.10 | 1.10 | 1.10 |
| LIE (kg/m³) | 0.03 | 0.03 | 0.032 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 |
| T (K) | 438 | 351 | 438 | 379 | 324 | 379 | 379 |
| Factor temperatura | 1.50 | 1.20 | 1.50 | 1.29 | 1.11 | 1.29 | 1.29 |
| Cabal de ventilació (m³/s) | 0.50 | 0.27 | 0.52 | 0.14 | 0.17 | 0.22 | 0.22 |
| Volum ATEX (m³) | 8.31 | 4.51 | 8.75 | 2.33 | 2.80 | 3.59 | 3.59 |
| Radi esfera (m) | 1.26 | 1.02 | 1.28 | 0.82 | 0.87 | 0.95 | 0.95 |

*Grau de fuga S indica secundari

Taula 29.18. Valors classificació de zones dipòsits.

| | V-101 | V-103 | V-301 | V-401 |
|--|---------------------|--------------|--------------|--------------|
| Taxa d'escapament (kg/s) | $3.6 \cdot 10^{-2}$ | 0.02 | 0.17 | 0.05 |
| Grau de la fuga* | S | S | S | S |
| Coefficient de seguretat | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| LIE % vol | 1.17 | 7.8 | 1.62 | 1.36 |
| LIE (kg/m³) | 0.05 | 0.03 | 0.03 | 0.04 |
| T (K) | 298 | 318 | 351 | 323 |
| Factor temperatura | 1.01 | 1.08 | 1.19 | 1.10 |
| Cabal de ventilació (m³/s) | 0.06 | 0.01 | 0.26 | 0.09 |
| Volum ATEX (m³) | 1.04 | 0.12 | 4.32 | 1.48 |
| Radi esfera (m) | 0.63 | 0.31 | 1.01 | 0.71 |

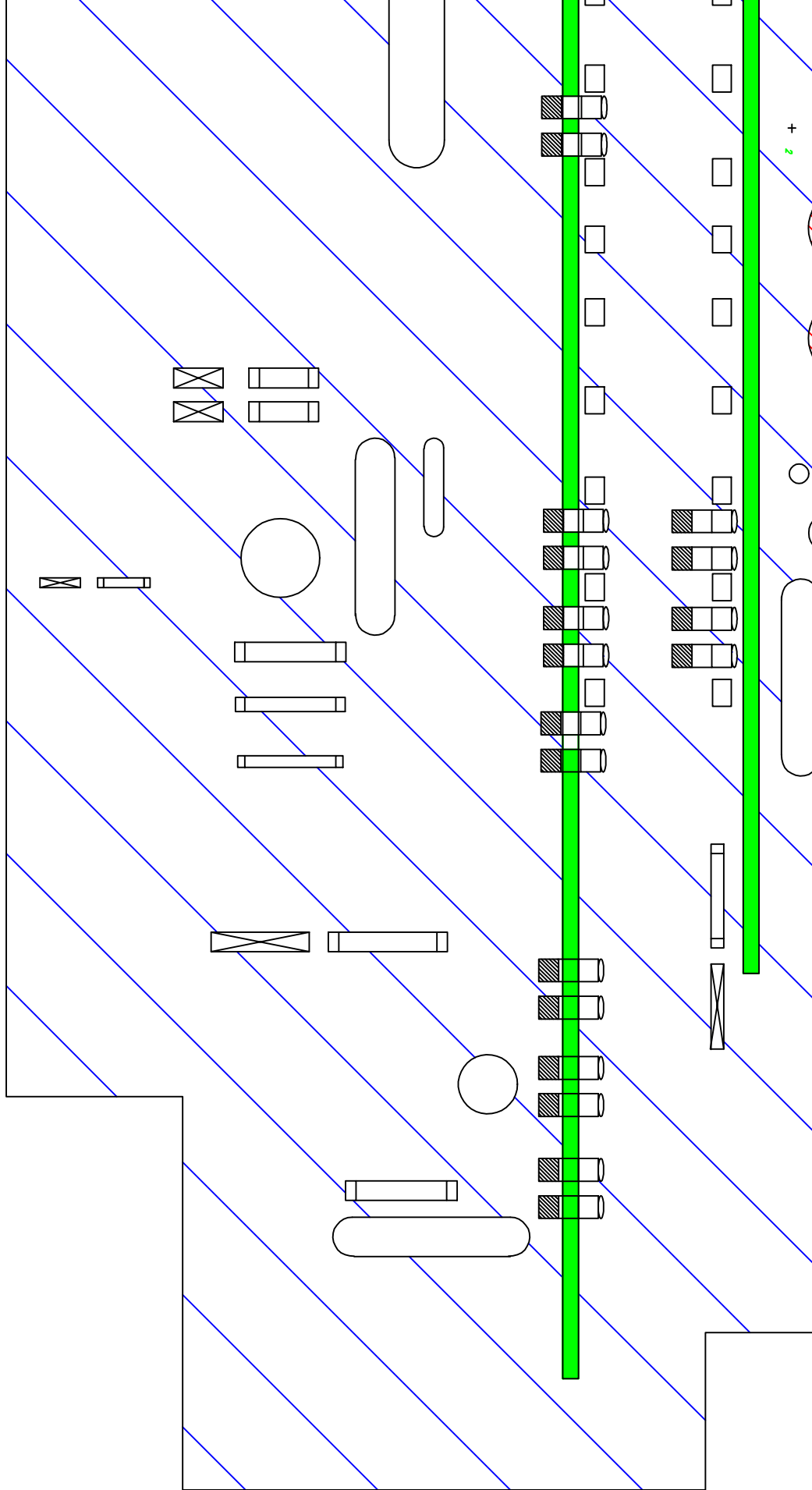
*Grau de fuga S indica secundari

Observant els resultats, es determina que els radis dels equips de la perifèria no sobresurten del límit establert per la planta.

La planta es considera tota zona 2 gasos IIAT₁. Zona 2 perquè la planta està sotmesa a atmosfera explosiva menys de 10 hores/any, grup IIA perquè l'ambient industrial de la planta no és mineria i l'EMI és superior a 250 µJ i T₁ perquè la temperatura d'autoignició és superior de 450°C. La única excepció són el dipòsit V-103 que conté hidrogen i per tant és zona 2 gasos IICT₁ i el drenatge que és zona 1 gasos IIBT₁.

A l'apartat 29.3 es mostra el plànol de d'afectació de les zones ATEX.

28.3. Plànol zones ATEX



+ DETECTOR DE MESCA EPLOSMA

| | | | |
|-------------------------------------|-------------|------------|--|
| | <i>Data</i> | <i>Nom</i> | |
| <i>Dibuixat</i> | 13/05/14 | An. & Om. | |
| <i>Comprovat</i> | 13/05/14 | An. & Om. | |
| <i>S.normes</i> | DIN | | |
| <i>Escala</i> | | | |
| 1:335 | | | |
| UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI | | | |
| ZONES ATEX | | | |
| Sustitueix a | | | |
| Sustituit per | | | |

28.4. HAZOP

S'ha realitzat el HAZOP dels dos equips més perillosos de la planta, però s'hauria de realitzar un HAZOP de

Taula 29.19. Hazop compressor K-101. PART I.

| P. GUIA | DESVIACIÓ | POSSIBLES CAUSES | CONSEQÜÈNCIES | RESPONSA DEL SISTEMA |
|--------------|--|--|--|----------------------|
| més | més pressió a sortida de K-101 | | Ruptura catastròfica | |
| | més pressió a K-101 | Foc extern | Augment pressió Ruptura catastròfica de K-101. Possibilitat escapament hidrogen i incendi | |
| | més pressió a K-101 | Vàlvula a la sortida del compressor tancada | Ruptura catastròfica de K-101. Possibilitat escapament hidrogen. Possible incendi i fragilització material | |
| més | més temperatura a K-101 | Vàlvula a la sortida del E-201 tancada | Sense conseqüències per la seguretat. | |
| més | més temperatura a K-101 més flux d'hidrogen a K-101 | Foc extern Funcionament incorrecte de la vàlvula CT-103 | Estudiat a més pressió. Possible runaway al reactor | |
| no | no pressió a PT-1005 | Doble entrada al compressor | No aplica | |
| menys | menys pressió K-101 | error CT-103 FT1003 llegeix més del real | No conseqüències per la seguretat | |
| menys | menys pressió K-101 | fuita subministrament | Possible incendi amb | CT-103 obrirà m |

Taula 29.19. Hazop compressor K-101. PART II.

| P. GUIA | DESVIACIÓ | POSSIBLES CAUSES | CONSEQÜÈNCIES | RESPONSA |
|---------------------|-------------------------|---|--|---|
| menys | menys flux a K-101 | hidrogen a les línies d'alimentació Sense conseqüències per la seguretat | possibles danys materials i humans | |
| revers | flux revers | Baixada de pressió a K-101 | Ruptura catastròfica | Instal·lació de la vàlvula 11003 |
| | flux revers | No funcionament K-101 | No aplica | |
| as well as | corrosió | augment de T a 500°C degut runaway | Fragilització de l'equip i canonades. Possibilitat de ruptura catastròfica | Increment de la temperatura |
| no utilities | no electricitat a K-101 | tall d'electricitat | No conseqüències per la seguretat | Parada de K-101 |
| | no electricitat a K-101 | curtcircuit | No conseqüències per la seguretat | Tancar subministrament d'hidrogen a PYGAS Recirculació total quench reactor |
| | | | | Tancar subministrament d'hidrogen a PYGAS Recirculació total |

Taula 29.19. Hazop compressor K-101. PART III.

| P. GUIA | DESVIACIÓ | POSSIBLES CAUSES | CONSEQÜÈNCIES | RESPONSA DEL SISTEMA |
|-------------------|------------------|--|----------------------|-----------------------------|
| as well as | hot start | Variació condicions equip | Variació producció | quench reactor |
| | miss-operations | P/T inadequades Vàlvules posició incorrecta | Variació producció | |

Taula 29.20. HAZOP columna C-501. PART I.

| P. GUIA | DESVIACIÓ | POSSIBLES CAUSES | CONSEQÜÈNCIES | RESPOSTA SIST |
|----------------|-------------------------|---|---|----------------------------------|
| més | més nivell a C-501 | Error en LT5507 llegeix menys del real | Inundació columna i reboiler. | CT-507 obre |
| | més nivell a C-501 | No funcionament de P-503 A/B | Idem | Idem |
| | més nivell a C-501 | Mal funcionament a CT-507 | Idem | Idem |
| més | més temperatura a C-501 | Ruptura de tub del reboiler | Entrada vapor directe a la columna i augment de pressió. Possible caiguda dels plants de la columna. | PSV 55001 A/B obre |
| | més temperatura a C-501 | Error TIC 5508 | Augment entrada de vapor en el reboiler. Possible augment de pressió. | Possible obertura PSV 55001 A/B |
| més | més pressió a C-501 | Ruptura de tub del reboiler | Idem | Idem |
| | més pressió en C-501 | Foc extern | Ruptura catastròfica de C-501 i V-501, possibilitat escapament d'inflamables Explosió | CT501 obrirà PSV5001 A/B obre |
| | més pressió en C-501 | Fallada bomba P-502 A/B | V-501 i E-502 s'inundaran Inundació columna | PSV 55001 A/B obre |

Taula 29.20. HAZOP columna C-501. PART II.

| P. GUIA | DESVIACIÓ | POSSIBLES CAUSES | CONSEQÜÈNCIES | RESPOSTA SISTEMA |
|------------------|---------------------------|--|--------------------------------------|---|
| no | més pressió a C-501 | Mal funcionament vàlvules refrigeració condensador | Producte fora d'especificació | Idem |
| | no flux C-501 | Parada bomba P-403 A/B | Enviament producte a torxa | |
| | | | No conseqüències de seguretat | |
| | no flux en reflux | CT502 no obre o parada bomba P-502 A/B | Idem | |
| | no nivell a C-501 | No funcionament P-501 A/B | Idem | |
| menys | menys nivell C-501 | error en LT5507 | Danys a les bombes P-501 A/B | i P-503 A/B |
| | | llegeix més del real | | |
| menys | menys nivell V-501 | error en LT5503 | Danys a les bombes P-502 A/B | i possible producte fora especificació. |
| | | llegeix més del real | | |
| menys | menys pressió a C-501 | | No aplica | |
| menys | menys temperatura a C-501 | Error en el sistema de vapor al reboiler E-501 A/B | Sense conseqüències per la seguretat | |
| revers | flux revers en C-501 | | No aplica | |
| una altra | una altra composició | Matèria primera | Composició sortida | |

Taula 29.20. HAZOP columna C-501. PART III.

| P. GUIA | DESVIACIÓ | POSSIBLES CAUSES | CONSEQÜÈNCIES | RESPOSTA SISTEMA |
|---------------------|--------------------|--|--|---|
| | en T501 | diferent | indesitjada. Sense conseqüències per la seguretat | composició entrada |
| as well as | corrosió | Corrosió sota dipòsits | Deteriorament del sistema de canonades i dipòsits Deteriorament columna | |
| no utilities | vapor | Fallada E-501 | Composició inadequada a C-501 A/B | |
| no utilities | electricitat | Sobrecàrrega | No conseqüències per la seguretat | |
| no utilities | aigua refrigeració | Baixada tensió Ruptura E-502 | Pujada P/T. | Si s'arriba a pressió |
| as well as | emergency shutdown | Entrada d'aire per ruptura de les línies de buit | Possible mescla explosiva | de disseny PSV obert Alarma per pèrdua de buit |
| as well as | hot start | Variació condicions equip | Variació producció No conseqüències de seguretat | |
| as well as | miss-operations | P/T inadequades Concentració/fase inadeq Vàlvules posició incorrecta | Variació producció No conseqüències de seguretat | |

28.5. Protecció d'equips a sobrepressió

Les vàlvules de seguretat s'han dissenyat seguint la normativa exposada per el catàleg de vàlvules Nacional.

Els casos que poden afectar la planta són incendis (columnes) i *thermal expansion* (bescanviadors).

Es suposa que els valor de la contra pressió és de 2.5kg/cm^2 , perquè en cas de que totes les PSV obrissin al mateix temps la pressió d'un equip faria de contra per a les altres.

El resultats són els següents:

Taula 29.21. Llistat de vàlvules de seguretat.

| Nom PSV | P&ID | Descripció | P * | Pd** | S(%)** | Or" | A |
|-----------|------|---------------------------|------|------|--------|-----|-------|
| 11001 | 1000 | PSV post bomba de pistó | 3 | 3.75 | 25 | C | 0.31 |
| | | PSV post compressor | | | | | |
| 11002 | 1000 | alternatiu | 38 | 41.8 | 10 | C | 0.31 |
| | | PSV de la columna | | | | | |
| 33001 A/B | 3000 | estabilitzadora | 11 | 12.1 | 10 | Q | 71.3 |
| | | PSV Thermal Relief a | | | | | |
| 33002 | 3000 | E-301 | 5.25 | 6.56 | 25 | C | 0.31 |
| | | PSV de la columna | | | | | |
| 44001 A/B | 4000 | despentanitzadora | 1.5 | 1.75 | 10 | Q | 71.3 |
| | | PSV Thermal Relief a | | | | | |
| 44002 | 4000 | E-401 | 5.25 | 6.8 | 25 | C | 0.31 |
| 55001 A/B | 5000 | PSV de la columna al buit | 1.5 | 1.75 | 10 | T | 167.5 |
| | | PSV Thermal Relief a | | | | | |
| 55002 | 5000 | E-502 | 5.25 | 6.8 | 25 | C | 0.31 |
| | | PSV Thermal Relief | | | | | |
| 60004 | 6000 | E-404 | 2.75 | 3.65 | 25 | C | 0.31 |
| | | PSV Thermal Relief | | | | | |
| 50006 | 7000 | E-506 | 5.25 | 6.8 | 25 | C | 0.31 |
| | | PSV Thermal Relief | | | | | |
| 55003 | 8000 | E-503 | 5.25 | 6.8 | 25 | C | 0.31 |
| | | PSV Thermal Relief | | | | | |
| 55004 | 8000 | E-504 | 5.25 | 6.8 | 25 | C | 0.31 |

*P= Pressió de disparo ($\text{kg/cm}^2\text{g}$),
 **Pd= Pressió de descarrega($\text{kg/cm}^2\text{g}$),
 ***S= sobrepressió,
 "Or= Tipus d'orifici, A= àrea (cm^2)

28.6. Plans d'emergència interior o plans d'autoprotecció

Aquesta planta està sotmesa al pla d'emergència de *Repsol Petroleo*.

28.7. Seguretat laboral

Aquesta planta està sotmesa a la normativa de *Repsol Petroleo*.

ESTUDI ECONÒMIC.

PART VIII

29. ESTUDI ECONÒMIC

Per tal d'estudiar la viabilitat del projecte es confecciona un pressupost preliminar, el compte de resultats i l'avaluació global de la inversió.

29.1. Pressupost d'execució del projecte

Per estimar els costos dels equips principals de la planta, així com les despeses de trasllat, la seva instal·lació i la instrumentació necessària s'utilitza com a referència el mètode Guthrie, aplicant una correcció final amb l'índex *Chemical Engineering Plant Cost Index* (CEPCI). A les taules següents es mostren els costos estimats del equips.

Taula 30.1. Cost columnes de destil·lació.

| Equip | Unitats | Cost (MM\$) |
|--------------|----------------|--------------------|
| C-301 | 1 | 0.47 |
| C-401 | 1 | 0.43 |
| C-501 | 1 | 0.67 |
| TOTAL | - | 1.57 |

Taula 30.2. Cost dipòsits.

| Equip | Unitats | Cost (MM\$) |
|--------------|----------------|--------------------|
| V-301 | 1 | 0.07 |
| V-401 | 1 | 0.04 |
| V-501 | 1 | 0.06 |
| V-101 | 1 | 0.07 |
| V-103 | 1 | 0.11 |
| TOTAL | - | 0.35 |

Taula 30.3. Cost bombes.

| Equip | Unitats | Cost unitari (MM\$) | Cost total (MM\$) |
|--------------|----------------|----------------------------|--------------------------|
| P-102 | 2 | 0.01 | 0.02 |
| P-301 | 2 | 0.02 | 0.04 |
| P-302 | 2 | 0.04 | 0.07 |
| P-401 | 2 | 0.02 | 0.03 |
| P-403 | 2 | 0.01 | 0.03 |
| P-402 | 2 | 0.02 | 0.05 |
| P-502 | 2 | 0.01 | 0.02 |
| P-503 | 2 | 0.00 | 0.01 |
| P-501 | 2 | 0.02 | 0.04 |
| TOTAL | - | - | 0.31 |

Taula 30.4. Cost bescanviadors.

| Equip | Unitats | Cost unitari (MM\$) | Cost total (MM\$) |
|--------------|----------------|----------------------------|--------------------------|
| E-203 | 1 | 0.02 | 0.02 |
| E-303 | 1 | 0.03 | 0.03 |
| E-301 | 1 | 0.03 | 0.03 |
| E-404 | 1 | 0.01 | 0.01 |
| E-403 | 1 | 0.05 | 0.05 |
| E-401 | 1 | 0.12 | 0.12 |
| E-501 | 2 | 0.07 | 0.13 |
| E-502 | 1 | 0.10 | 0.10 |
| E-503 | 1 | 0.07 | 0.07 |
| E-504 | 1 | 0.05 | 0.05 |
| E-506 | 1 | 0.02 | 0.02 |
| TOTAL | - | - | 0.64 |

Taula 30.5. Cost compressor.

| Equip | Unitats | Cost (MM\$) |
|--------------|----------------|--------------------|
| K-101 | 1 | 1.885 |
| TOTAL | - | 1.885 |

A la taula 30.6 es mostra el cost calculat de tots els equips al 1996 i el cost corregit a l'any 2014.

Taula 30.6. Cost total dels equips.

| Equip | Cost (MM\$) | Cost actual (MM\$) |
|---------------|--------------------|---------------------------|
| Columnnes | 1.57 | 2.42 |
| Dipòstits | 0.35 | 0.54 |
| Bombes | 0.31 | 0.48 |
| Bescanviadors | 0.64 | 0.98 |
| Compressor | 1.89 | 2.91 |
| TOTAL | 4.75 | 7.33 |

El cost total de la planta es pot estimar a partir del cost dels equips multiplicat pel *lang factor*. Aquest factor, per les plantes que processen fluids, té un valor estimat de 4.74. Per tant, el cost d'inversió inicial és de **34.76 MM\$**.

29.2. Compte de resultats

En aquest apartat s'estima el que es guanya en cada exercici. En el primer exercici es suposa que les hores d'operació són de 5000 a l'any degut a la posta en funcionament de la planta i els possibles problemes per assolir les especificacions. En canvi, a partir del segon exercici es considera 8000 hores l'any d'operació.

A les taules 30.8 i 30.9 es mostra els beneficis estimats per cada exercici. Aquests s'obtenen de la diferència entre les vendes i els costos d'operació. Els costos d'operació (COM) s'obtenen a partir de l'expressió següent:

$$COM = C_{matèries\ primes} + C_{utilities} + 1.35 \cdot C_{ma\ d'obra} + 0.053 \cdot C_{capital\ inicial} \quad (30.1)$$

Taula 30.8. Compte de resultats del primer exercici.

| Costos | Valor (MM\$) |
|-------------------------|---------------------|
| Cost ma d'obra | 0.84 |
| Cost utilities | 20.49 |
| Cost matèries primeres | 339.82 |
| Capital inicial | 34.76 |
| Cost operació | 363.60 |
| Vendes | 390.02 |
| TOTAL (benefici) | 26.42 |

Taula 30.9. Compte de resultats del segon exercici.

| Costos | Valor (MM\$) |
|-------------------------|---------------------|
| Cost ma d'obra | 0.84 |
| Cost utilities | 32.78 |
| Cost matèries primeres | 543.71 |
| Capital inicial | 34.76 |
| Cost operació | 579.78 |
| Vendes | 624.03 |
| TOTAL (benefici) | 44.25 |

29.3. Avaluació global de la inversió

S'inicia l'estudi amb la determinació del *cash flow* i del *pyback*. Per tal de realitzar aquests càlculs es suposa que:

- els terrenys són propietat de l'empresa
- els costos de la posta en funcionament són un 15% del capital inicial d'inversió
- l'amortització de la planta és de 10 anys
- la deflació és lineal i repartida en 7 anys
- l'impost de societats és del 30%
- el temps d'execució del projecte i de la posta en funcionament de la planta és de dos anys

A la figura 30.1 es mostra el diagrama de *cash flow* acumulat. Aquest indica en cada moment els diners acumulats. Així doncs, als 10 anys d'operació de la planta el valor acumulat és de **267.71 MM\$**.

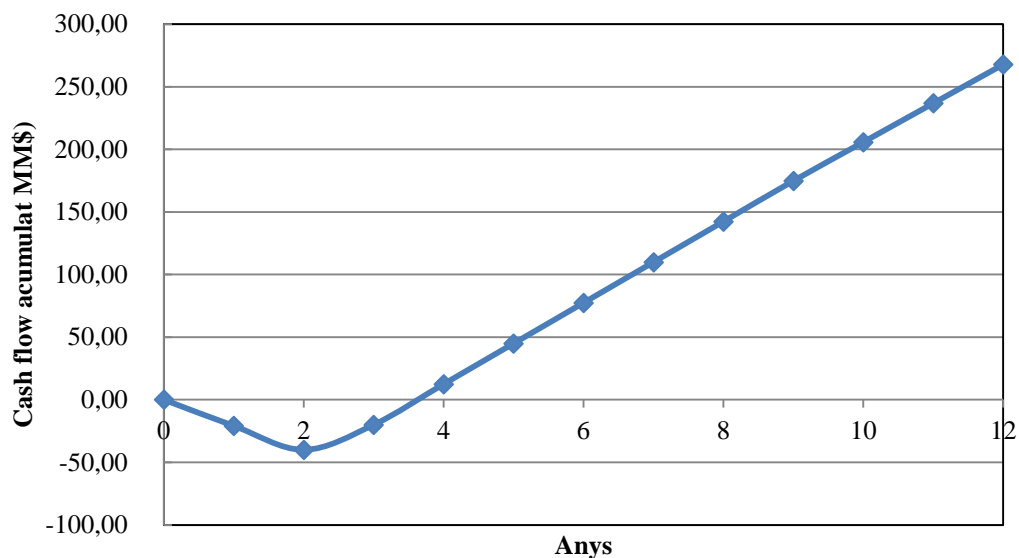


Figura 30.1. Diagrama de *cash flow* acumulat.

A partir de la figura 30.1, s'observa que el *payback* es situa entre 1.3 i 1.4 anys un cop iniciada la producció.

Per tal d'avaluar la viabilitat del projecte s'utilitza el valor actual net (VAN) i la taxa de rendibilitat interna (TIR).

El VAN és un índex que reflexa els fluxos de caixa futurs amb el valor de diners actuals.

El TIR és la taxa de rendibilitat mitjana anual que el projecte (empresa) paga als inversors per invertir en els seus fons.

Els valors obtinguts es mostren a la taula 30.10.

Taula 30.10. VAN i TIR.

| | Unitats | Valor |
|-----------------|---------|-------|
| VAN (5%) | MM\$ | 187 |
| TIR | % | 68.0 |

29.3.1. Variacions de l'estudi econòmic

Per tal de completar l'estudi econòmic i poder predir que passaria si hi hagués algun canvi en l'estudi principal, s'estudia 5 situacions:

- Augment del capital inicial en un 10% (*FCI augment 10%*)
- Augment del preu de primeres matèries en un 5% (*RM augment 5%*)
- Augment de les vendes en un 5% (*Vendes augment 5%*)
- Disminució de les vendes en un 5% (*Vendes disminució 5%*)
- Augment de l'interès bancari a un 10%

A la figura 30.2 es representa el *cash flow* acumulat de les anteriors hipòtesis, juntament amb el cas principal d'estudi.

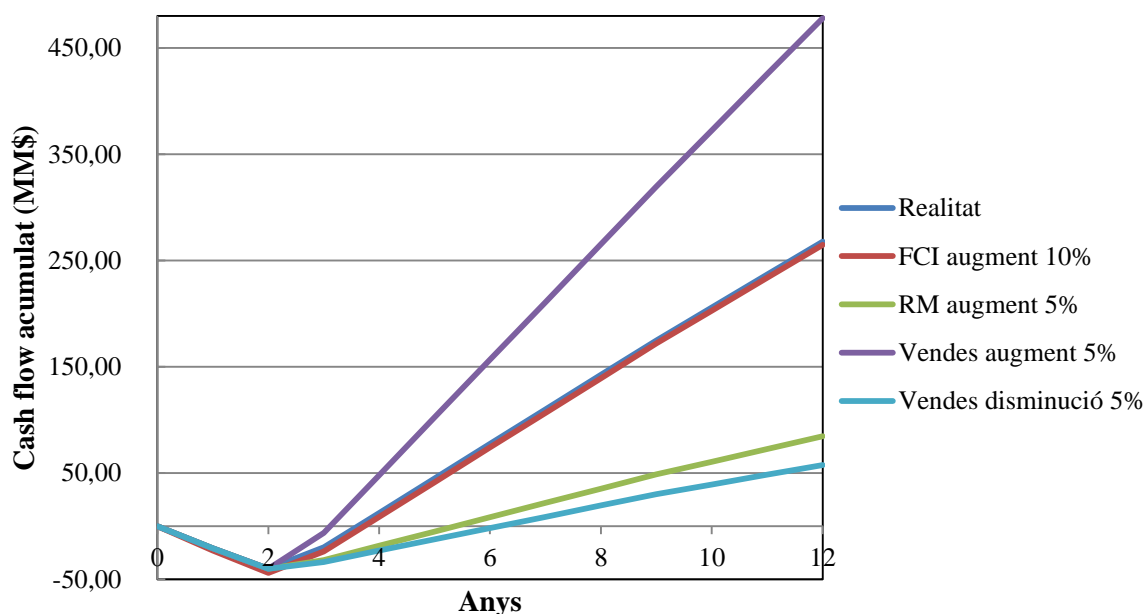


Figura 30.2. Comparació de *cash flow* acumulat.

En cas que hi hagi una desviació en el capital d'inversió inicial d'un 10%, el *cash flow* acumulat no varia pràcticament, tenint un *payback* també de 1.3 – 1.4 anys des de l'inici de producció de la planta. En canvi, en els altres casos els fluxos de caixa varien consideradament.

En cas d'augmentar el cost de les primeres matèries en un 5%, el *payback* que s'obté és de 3.3 anys. Si les vendes disminueixen en un 5% el *payback* és 4.1 anys.

Per altra part, si les vendes augmentes en un 5%, s'obté un *payback* 0.8 – 0.9 anys.

En cadascuna de les hipòtesis també varia el TIR. Aquest s'ha de tenir present ja que és important a l'hora de dur a terme l'execució del projecte. A la taula 30.11 es mostra aquests paràmetres.

Taula 30.11. Comparació de TIR.

| | Unitat | TIR |
|---------------------------------|---------------|------------|
| Real | % | 68.0 |
| FCI augment 10% | % | 63.0 |
| RM augment 5% | % | 27.0 |
| Vendes augment 5% | % | 109 |
| Vendes disminució 5% | % | 20.0 |
| Augment Interès banc 10% | % | 68.0 |

Els valors mostrats a la taula anterior demostren que en qualsevol dels casos el TIR és superior a l'interès bancari. Per tant, el projecte seria rentable tot i que el guany seria inferior en tots els casos excepte quan les vendes augmenten.

30. BIBLIOGRAFIA

La bibliografia consultada és:

- NIST & CHEMA Base Data from Aspen Hysys
- Carl Branan, *Rules of Thumb for Chemical Engineers*. Pag 3-19. (apartat 29.1)
- Catàleg vàlvules Nacional (apartat 29.1)
- Turton, R et Al. *Analysis, Synthesis, and Design of Chemical Processes*. Ed. Prentice Hall International Series. (apartat 30)

Les webs consultades han estat:

- <http://www.distillationgroup.com/questions/question016.htm> (apartat 5 annexos)
- Wolfram Alpha
- <http://www.arc.cat/ca/publicacions/pdf/agencia/cataleg.pdf> (apartat 29)
- <http://www20.gencat.cat/> (apartat 28)

ANNEXOS

1. DISSENY DE LES CANONADES

1.1. Criteris per al dimensionament de les canonades

Per tal d'evitar una pèrdua de càrrega massa elevada s'ha determinat que les velocitats màxima pels fluids siguin:

1. 3 m/s pels líquids
2. 30 m/s pels gasos
3. 17 m/s pels cabals mixtes

1.2. Dimensionament

S'ha determinat el diàmetre intern de les canonades a partir de l'equació 1.1.

$$Q = V \cdot A \quad (1.1)$$

On Q és el cabal volumètric en m^3/s , V la velocitat en m/s i A l'àrea en m^2 .

El cabal s'extreu del balanç de matèria i les densitats del programa *AspenPlus*. Per tant, amb el flux màssic dividit de la densitat s'obté el flux volumètric.

$$Q = \frac{\dot{m}}{\rho} \quad (1.2)$$

On \dot{m} és el flux màssic en kg/s i ρ la densitat en kg/m^3 .

1.3. Material

El material de construcció de les canonades és acer al carboni. Basant-se en l'experiència del polígon industrial de Tarragona, zona pròxima on es situa la planta, s'ha determinat que l'ambient marí no és una font preocupant de corrosió.

El material seleccionat és el SA-266. Segons els codi ASME té una tensió admissible de 118 MPa en un rang de temperatura dels 0 °C fins als 250°C, a partir dels 250 °C comença a disminuir la seva resistència.

1.4. Schedule

Determinat el diàmetre intern mínim necessari per a les canonades, s'ha de determinar el gruix de la canonada que suporti una pressió a una temperatura determinada, és a dir, el schedule.

La fórmula emprada és:

$$N^{\circ} \text{ Schedule} = 1000 \cdot \frac{P}{S} \quad (1.3)$$

On P és la pressió interna en psi i S la tensió admissible a la temperatura de treball en psi.

2. DIMENSIONAMENT DE LES VÀLVULES CONTROLADORES

El dimensionament és determinar el diàmetre de l'orifici de la vàlvula que permeti que la apertura de la vàlvula es trobi entre un 30% i un 70% durant el mínim i màxim cabal.

La formula és la següent:

$$C_V = Q \cdot \sqrt{\frac{\gamma}{\Delta P}} \quad (2.1)$$

On Q és el cabal volumètric en galons per minut, γ és la densitat relativa i ΔP és la variació de pressió entre l'entrada i la sortida de la vàlvula en psi. La densitat relativa, és la relació entre la densitat del corrent a estudiar i la de l'aigua.

Per tal d'obtenir el cabal en galons/minut, primer de tot és necessari determinar les densitats dels corrents implicats. És per això que s'utilitza el programa *AspenPlus V.8*, el qual dóna la informació precisa de la densitat en funció de la temperatura i la pressió.

A continuació, s'estipula de manera aproximada que la caiguda de pressió en totes les vàlvules serà de 0.25 kg/cm², és a dir de 3.6 psi.

3. ALTERNATIVES DIPÒSIT V-101

Les dimensions optimitzades del tanc V-101 per tal que la superfície sigui la mínima es mostren a la taula 3.1.

Taula 3.1. Dimensions i condicions d'operació dipòsit V-101.

| Paràmetre | Unitat | Valor |
|------------------------|--------------------|--------------|
| Cabal | t/h | 80.7 |
| Temps residència | min | 15.0 |
| Volum dipòsit | m ³ | 43.9 |
| Longitud dipòsit | m | 6.4 |
| Radi dipòsit | m | 1.6 |
| Temperatura de disseny | °C | 65.0 |
| Pressió de disseny | kg/cm ² | 2.1 |
| Gruix dipòsit | mm | 5.4 |

4. **ALTERNATIVA DIPÒSIT V-103**

Les dimensions optimitzades del tanc V-103 per tal que la superfície sigui la mínima es mostren a la taula 4.1.

Taula 4.1. Dimensions i condicions d'operació dipòsit V-103.

| Paràmetre | Unitat | Valor |
|------------------------|--------------------|--------------|
| Cabal | t/h | 4.0 |
| Temps residència | min | 0.5 |
| Volum dipòsit | m ³ | 12.5 |
| Longitud dipòsit | m | 3.2 |
| Radi dipòsit | m | 1.1 |
| Temperatura de disseny | °C | 60 |
| Pressió de disseny | kg/cm ² | 27.7 |
| Gruix dipòsit | mm | 24.4 |

5. **CRITERI DE DISSENY DE LES COLUMNES**

Per al disseny de les columnes s'han utilitzat dos models de càlculs anomenats model *Short-cut* o DSTWU i el model rigorós o *RadFrac*, mitjançant el programa *AspenPlus V.8*.

El DSTWU proporciona les dades bàsiques per a poder realitzar un model més correcte com: nombre d'etapes, etapa d'alimentació, temperatures i flux màssic de destil·lat i de fons.

Una vegada obtingudes les dades del model *Short-cut* s'utilitzen en el model rigorós on varien lleugerament, però la major utilitat del model rigorós es poder introduir paràmetres variables com el reflux per aconseguir complir les especificacions.

A partir de la bibliografia²³ s'ha determinat que la vaporització als reboilers sigui d'un 30%.

Per altra part s'obté també informació bàsica pel disseny del reboiler i del condensador de la mateixa. Aquestes dades són orientatives i canviaran de cara al disseny real.

Aquestes dades obtingudes s'han posat a prova amb un anàlisi de sensibilitat per tal de poder optimitzar la columna. El resultat obtingut es presenta a continuació en una comparació entre l'original (sense optimització) i l'optimitzat.

²³ Límit de vaporització: <http://www.distillationgroup.com/questions/question016.htm> data de consulta 10/03/2014.

Per tal de reduir el reflux encara més s'ha optat per a reduir la puresa de cap, d'aquesta manera s'estalvia especialment en els condensadors. Per tant, a la següent columna s'observa la modelació original, la seva optimització i una optimització variant la puresa.

6. CRITERI DE DISSENY DELS REBOILERS

El programa utilitzat pel disseny dels reboilers és l'*AspenPlus Heat Exchangers*.

Els criteris de disseny són:

- El fluid calent, vapor d'aigua, circula per la carcassa
- El fluid fred, producte de fons de columna, circula pels tubs
- Els reboilers seran termosifons verticals, estil B.E.M
- El tipus de distribució del feix de tubs és triangular 30°
- El fouling es suposa que és de $2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ pel producte de fons columna
- La caiguda de pressió màxima permesa és de 0.25 i 0.5 kg/cm² per carcassa i tubs respectivament
- S'ha determinat que el vapor condensa totalment per tal d'establir el cabal del mateix.
- El material de construcció és acer al carboni SA-266.

7. CRITERI DE DISSENY DELS CONDENSADORS

El programa utilitzat pel disseny dels condensadors és l'*AspenPlus Heat Exchangers*.

Els criteris de disseny són:

- El fluid calent, vapor de procés, està del costat carcassa
- El fluid fred, aigua de torre, està del costat tubs
- Els condensadors seran B.E.M horitzontals
- El tipus de distribució del as de tubs és quadrada 90°
- El fouling s'ha suposat a $2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ pel producte de cap columna
- La caiguda de pressió màxima permesa s'ha suposat 0.25 kg/cm² per carcassa

- S'ha determinat que el vapor es condensarà totalment per tal d'establir el cabal d'aigua de torre
- El material de construcció ha estat acer al carboni SA-266

8. ALTERNATIVA DIPÒSIT V-301

Les dimensions optimitzades del tanc V-301 per tal que la superfície sigui la mínima es mostren a la taula 8.1.

Taula 8.1. Dimensions i condicions d'operació dipòsit V-301.

| Paràmetre | Unitat | Valor |
|------------------------|--------------------|--------------|
| Cabal | t/h | 20.3 |
| Temps residència | min | 15.0 |
| Volum dipòsit | m ³ | 16.1 |
| Longitud dipòsit | m | 4.6 |
| Radi dipòsit | m | 1.1 |
| Temperatura de disseny | °C | 59.8 |
| Pressió de disseny | kg/cm ² | 10.7 |
| Gruix dipòsit | mm | 12.1 |

9. ALTERNATIVA DIPÒSIT V-401

Les dimensions optimitzades del tanc V-401 per tal que la superfície sigui la mínima es mostren a la taula 9.1.

Taula 9.1. Dimensions i condicions d'operació dipòsit V-401.

| Paràmetre | Unitat | Valor |
|------------------------|--------------------|--------------|
| Cabal | t/h | 97.2 |
| Temps residència | min | 5.0 |
| Volum dipòsit | m ³ | 21.2 |
| Longitud dipòsit | m | 5.0 |
| Radi dipòsit | m | 1.2 |
| Temperatura de disseny | °C | 60.0 |
| Pressió de disseny | kg/cm ² | 2.8 |
| Gruix dipòsit | mm | 5.4 |

10. ALTERNATIVA DIPÒSIT V-501

Les dimensions optimitzades del tanc V-501 per tal que la superfície sigui la mínima es mostren a la taula 11.1.

Taula 11.1. Dimensions i condicions d'operació dipòsit V-501.

| Paràmetre | Unitat | Valor |
|------------------------|--------------------|--------------|
| Cabal | t/h | 71.0 |
| Temps residència | min | 10.0 |
| Volum dipòsit | m ³ | 24.30 |
| Longitud dipòsit | m | 5.3 |
| Radi dipòsit | m | 1.3 |
| Temperatura de disseny | °C | 64.6 |
| Pressió de disseny | kg/cm ² | 1.03 |
| Gruix dipòsit | mm | 33.0 |

11. SEGURETAT EN EL DISSENY DE LES INSTAL·LACIONS

11.1. Zones ATEX

11.1.1. Taxa d'escapament

$$Q_{E,MAX} = 1.13 \cdot a \cdot (\sigma_L(P - 10^5))^{0.5} \quad (11.1)$$

On a és l'àrea del forat en m², σ_L és la densitat del líquid en kg/m³ i P és la pressió en Pa.

11.1.2. Límit d'explosivtat inferior de la mescla

$$LIE_{\%,vol} = \frac{1}{\sum \frac{x_i}{LIE_i}} \quad (11.2)$$

On x_i és la fracció volumètrica de cada compost de la mescla i LIE_i és el límit d'explosivtat inferior de cada compost de la mescla.

11.1.3. Factor de temperatura

$$f_t = \frac{1}{T} \quad (11.3)$$

On T és la temperatura de la mescla en K.

11.1.4. Límit d'explosivitat inferior en massa per unitat de volum

$$LIE = \frac{LIE_{\%,vol}}{100} \cdot M \cdot \frac{1}{22.4 \frac{l_N \cdot T}{mol \cdot 293}} \quad (11.4)$$

On $LIE_{\%,vol}$ és el límit d'explosivitat inferior en %, M és la massa molecular de la mescla en g/mol i T és la temperatura en K.

11.1.5. Cabal de ventilació

$$Q_{v,min} = \frac{Q_{E,MAX}}{k \cdot LIE} \cdot f_t \quad (11.5)$$

On $Q_{E,MAX}$ és la taxa d'escapament en kg/s, k és el factor de seguretat, LIE és el límit d'explosivitat inferior en massa per unitat de volum en kg/m³.

11.1.6. Volum ATEX

$$V_Z = \frac{Q_{v,min}}{0.03 \cdot f_v} \quad (11.6)$$

On $Q_{v,min}$ és el cabal de ventilació en m³/s i f_v indica la ineficiència de la ventilació.

11.1.7. Radi de l'esfera

$$R = \sqrt[3]{V_Z \cdot \frac{3}{4 \cdot \pi}} \quad (11.7)$$

On V_z és el volum ATEX en m³.

12. COMPARATIVA DE BESCANVIADORS

Els resultats expressats en les part de enginyeria bàsica tenen com a comparativa els següents bescanviadors.

Taula 12.1. Comparativa reboiler E-303.

| Paràmetre | Unitat | Shell side | | Tube side | |
|---|--------------------|------------|------|----------------------|-------|
| Fluid | - | Vapor | | Producte | |
| Flux màssic | t/h | 9.44 | | 192 | |
| Flux màssic de entrada (Líquid/Vapor) | t/h | 0 | 9.44 | 192 | 0 |
| Flux màssic de sortida (Líquid/Vapor) | t/h | 9.44 | 0 | 132 | 60.5 |
| Temperatura (IN/OUT) | °C | 202 | 175 | 165 | 172 |
| Fracció de vapor | - | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 0.311 |
| Pressió (IN/OUT) | kg/cm ² | 17.2 | 17.0 | 10.3 | 10.0 |
| Caiguda de pressió (permesa / calculada) | kg/cm ² | 0.25 | 0.04 | 0.500 | 0.278 |
| Velocitat | m/s | 7.03 | | 10.57 ¹ | |
| Fouling | m ² K/W | - | | 2.0·10 ⁻⁴ | |
| Diàmetre extern tubs | mm | - | | 19.1 | |
| Gruix tubs | mm | - | | 2.11 | |
| Llargada tubs | m | - | | 5.25 | |
| Disposició tubs | - | - | | Triangular 30° | |
| Pitch | mm | - | | 23.8 | |
| Nº tubs | - | - | | 400 | |
| Diàmetre intern carcassa | mm | 540 | | - | |
| Diàmetre extern carcassa | mm | 560 | | - | |
| Disposició del bescanviador | - | - | | Vertical | |
| Bescanvi de calor | kW | - | | 5.70·10 ³ | |
| Pes (buit, carcassa + tubs) | t | - | | 5.31 | |
| Cost bescanviador | \$ | - | | 35000 | |

Taula 12.2. Comparativa condensador E-301.PART I.

| Paràmetre | Unitat | Shell side | | Tube side | |
|--|--------------------|----------------------|-------|-----------------------|-------|
| Fluid | - | Vapor de procés | | Aigua de refrigeració | |
| Flux màssic | t/h | 29.0 | | 180 | |
| Flux màssic de entrada (Líquid/Vapor) | t/h | 0 | 29.0 | 180 | 0 |
| Flux màssic de sortida (Líquid/Vapor) | t/h | 29.0 | 0 | 180 | 0 |
| Temperatura (IN/OUT) | °C | 81.7 | 39.8 | 30.0 | 44.9 |
| Fracció de vapor | - | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Pressió (IN/OUT) | kg/cm ² | 10.1 | 9.94 | 4.70 | 4.58 |
| Caiguda de pressió (admesa / calculada) | kg/cm ² | 0.250 | 0.194 | 1.90 | 0.119 |
| Velocitat | m/s | 9.75 | | 1.14 | |
| Fouling | m ² K/W | 2.0·10 ⁻⁴ | | - | |

Taula 12.2. Comparativa condensador E-301.PART II.

| Paràmetre | Unitat | Shell side | Tube side |
|-----------------------------|--------|----------------------|----------------|
| Diàmetre extern tubs | mm | - | 19.1 |
| Gruix tubs | mm | - | 2.11 |
| Llargada tubs | m | - | 6.00 |
| Disposició tubs | - | - | Triangular 30° |
| Pitch | mm | - | 23.8 |
| Nº tubs | - | - | 260 |
| Diàmetre intern carcassa | mm | 489 | - |
| Diàmetre extern carcassa | mm | 508 | - |
| Disposició del bescanviador | - | Horitzontal | |
| Bescanvi de calor | kW | 3.39·10 ³ | |
| Pes (buit, carcassa + tubs) | t | 4.22 | |
| Cost bescanviador | \$ | 29800 | |

Taula 12.3. Comparativa reboiler 1 E-403.

| Paràmetre | Unitat | Shell side | | Tube side | |
|---|--------------------|----------------------|-------|----------------------|-------|
| Fluid | - | Vapor | | Producte | |
| Flux màssic | t/h | 24.6 | | 407 | |
| Flux màssic de entrada (Líquid/Vapor) | t/h | 0 | 24.6 | 407 | 0 |
| Flux màssic de sortida (Líquid/Vapor) | t/h | 24.6 | 0 | 281 | 126 |
| Temperatura (IN/OUT) | °C | 153 | 145 | 106 | 121 |
| Fracció de vapor | - | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 0.310 |
| Pressió (IN/OUT) | kg/cm ² | 5.20 | 5.10 | 2.78 | 2.30 |
| Caiguda de pressió (permesa / calculada) | kg/cm ² | 0.250 | 0.095 | 0.500 | 0.476 |
| Velocitat | m/s | 19.8 | | 30.5 ¹ | |
| Fouling | m ² K/W | - | | 2.0·10 ⁻⁴ | |
| Diàmetre extern tubs | mm | - | | 19.1 | |
| Gruix tubs | mm | - | | 2.11 | |
| Llargada tubs | m | - | | 4.80 | |
| Disposició tubs | - | - | | Triangular 30° | |
| Pitch | mm | - | | 23.8 | |
| Nº tubs | - | - | | 1076 | |
| Diàmetre intern carcassa | mm | 899 | | - | |
| Diàmetre extern carcassa | mm | 875 | | - | |
| Disposició del bescanviador | - | Horitzontal | | | |
| Bescanvi de calor | kW | 15.2·10 ³ | | | |
| Pes (buit, carcassa + tubs) | t | 12.3 | | | |
| Cost bescanviador | \$ | 65900 | | | |

Taula 12.4. Resultat reboiler 2 E-403.

| Paràmetre | Unitat | Shell side | | Tube side | |
|---|--------------------|------------|-------|----------------------|-------|
| Fluid | - | Vapor | | Producte | |
| Flux màssic | t/h | 19.6 | | 321 | |
| Flux màssic de entrada (Líquid/Vapor) | t/h | 0.00 | 19.6 | 321 | 0.00 |
| Flux màssic de sortida (Líquid/Vapor) | t/h | 19.6 | 0.00 | 227 | 94.1 |
| Temperatura (IN/OUT) | °C | 153 | 152 | 106 | 122 |
| Fracció de vapor | - | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 0.293 |
| Pressió (IN/OUT) | kg/cm ² | 5.20 | 5.11 | 2.77 | 2.37 |
| Caiguda de pressió (permesa / calculada) | kg/cm ² | 0.250 | 0.091 | 0.500 | 0.409 |
| Velocitat | m/s | 22.5 | | 27.4 ²⁴ | |
| Fouling | m ² K/W | - | | 2.0·10 ⁻⁴ | |
| Diàmetre extern tubs | mm | - | | 19.1 | |
| Gruix tubs | mm | - | | 2.11 | |
| Llargada tubs | m | - | | 4.95 | |
| Disposició tubs | - | - | | Triangular 30° | |
| Pitch | mm | - | | 23.8 | |
| Nº tubs | - | - | | 894 | |
| Diàmetre intern carcassa | mm | 824 | | - | |
| Diàmetre extern carcassa | mm | 800 | | - | |
| Disposició del bescanviador | - | - | | Horitzontal | |
| Bescanvi de calor | kW | - | | 11.9·10 ³ | |
| Pes (buit, carcassa + tubs) | t | - | | 10.7 | |
| Cost bescanviador | \$ | - | | 57700 | |
| Estalvi de construcció respecte a l'original | \$ | - | | 8200 | |

²⁴ Aquesta velocitat que sembla elevada és degut a que el programa mostra la velocitat màxima a cada costat. A més, al haver vaporització mostra la velocitat del vapor. Amb les dades del programa com percentatge de vapor i àrea ocupada per vapor es va determinar que la velocitat del líquid en cap cas superava els 5 m/s.



Disseny bàsic d'una planta d'hidrogenació de gasolina de pirolisi by [Martínez Barreras, Héctor Omar Gutierrez de Lama, Ángel](#) is licensed under a [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional License](#).

Puede hallar permisos más allá de los concedidos con esta licencia en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.ca>