



DISSENY D'UNA UNITAT DE RENTAT DE PROPILÈ FCC

Treball de fi de grau

Identificador: TFG_1703

Membres: Marina Armengol Profitós

Nadia Hernandez Aldabo

Miguel Mansergas Collado

Grau: Enginyeria Química

Tutor: Josep Maria Chillida Rabada

Tarragona, 5 de juny del 2017

ÍNDEX

1. Introducció	7
1.1. Agraïments	7
2. Etapa preliminar	8
2.1. Definició i descripció del projecte	8
2.2. Abast del projecte	9
2.3. Estudi d'alternatives.....	10
2.3.1. Opció de regeneració amb doble tren d'adsorbidors (1).....	10
2.3.2. Opció de substitució (2)	11
2.3.3. Opció de regeneració amb un tren d'adsorbidors (3).....	12
2.3.4. Comparativa de resultats	12
2.4. Contextualització del projecte.....	14
2.4.1. Adsorció vs. Absorció.....	15
2.4.2. Consideracions en el disseny	17
2.4.3. Equilibri d'adsorció	17
2.4.4. Adsorbents ^[5]	19
2.4.5. Selecció de l'adsorbent	20
2.5. Planificació del projecte.....	21
3. Bases de disseny	24
3.1. Especificacions de l'alimentació i els productes.....	24
3.1.1. Especificació de l'alimentació	24
3.1.2. Especificació del producte	25
3.2. Capacitat operativa.....	26
3.3. Normes i codis de disseny.....	26
3.3.1. Canonades	26
3.3.2. Equips dinàmics	26
3.3.3. Intercanviador	26
3.3.4. Adsorbidor	26
3.3.5. Instrumentació.....	26

3.4. Especificacions de serveis disponibles.....	27
3.5. Localització	28
3.5.1. Descripció de l'àrea.....	28
3.5.2. Estructura del territori	28
3.5.3. Climatologia, pluviometria i sismologia	29
4. Enginyeria bàsica	30
4.1. Balanç de matèria i energia	30
4.2. Diagrames del procés	32
4.3. Disseny del sistema de control.....	40
4.3.1. Caracterització de l'estratègia de control.....	40
4.4. Disseny del sistema de canonades.....	47
4.5. Disseny i fitxes d'equips	53
4.5.1. Disseny de la bomba P-101A/B	53
4.5.2. Disseny del compressor C-101	57
4.5.3. Disseny del bescanviador de calor E-101	60
4.6. Sistema de recuperació de calor	64
5. Disseny dels adsorbidors.....	65
5.1. Part interna: selecció adsorbents, quantitat d'adsorbents, etc.	65
5.1.1. Secció A-101	65
5.1.2. Secció A-102.....	66
5.1.3. Secció A-103.....	67
5.1.4. Càlcul del volum d'adsorbent necessari.....	67
5.2. Part de recipient.....	69
5.2.1. Selecció del material	69
5.2.2. Càlcul de les dimensions òptimes	69
5.2.3. Pressió de disseny, pressió màxima de treball permesa i pressió de prova.....	72
5.2.4. Càlcul del gruix dels recipients	74
5.2.5. Càlcul del pes dels recipients	75
5.3. Mesures de protecció.....	76

5.3.1. Aïllament tèrmic	76
5.3.2. Soldadures.....	79
5.3.3. Suport de recipients.....	80
5.4. Caiguda de pressió	81
5.5. Fulls d'especificació dels adsorbidors	83
6. Seguretat	87
6.1. Estàndards de seguretat de procés.....	87
6.2. Elements de seguretat.....	87
6.3. Zones d'Atmosferes Explosives (ATEX)	89
6.4. Anàlisi preliminar de risc	91
6.4.1. Identificació de substàncies perilloses	91
6.4.2. Notificació d'establiment amb risc d'Accidents Greus (AG1).....	91
6.4.3. <i>Hazops</i>	92
6.4.4. Índex DOW d'incendi i explosió	101
6.5. Protecció dels equips a pressió	104
6.6. Seguretat laboral	105
7. Medi ambient	106
7.1. Detecció o identificació dels impactes.....	106
7.1.1. Fase de construcció	106
7.1.2. Fase d'exploració	106
7.2. Caracterització dels impactes.....	107
7.2.1. Impactes tipus I, de variació de Qualitat Ambiental.....	107
7.2.2. Impactes tipus II, de relació causa-efecte	108
7.2.3. Impactes tipus III, d'interrelacions d'accions i / o efectes.....	108
7.2.4. Impactes tipus IV, de moment de manifestació	109
7.2.5. Impactes tipus V, de persistència.....	109
7.2.6. Impactes tipus VI, de reversibilitat	110
7.2.7. Impactes tipus VII, de recuperabilitat	110
7.2.8. Impactes tipus VIII, per periodicitat	110
7.2.9. Caracterització dels impacte	111

7.3. Avaluació i valoració dels impactes.....	113
7.3.1. Mètode qualitatiu	113
7.3.2. Mètode quantitatiu	114
7.4. Mesures correctives.....	118
7.4.1. Mesures correctores fase de construcció.....	119
7.4.2. Mesures correctores fase d'exploració.....	120
8. Manuals d'operació.....	122
8.1. Procediment operatiu del sistema de la unitat de rentat.....	122
8.2. Procediment operatiu del sistema de regeneració.....	123
9. Manteniment	124
9.1. Manteniment correctiu	124
9.2. Manteniment preventiu	125
9.2.1. Vàlvules	125
9.2.2. Vàlvules de seguretat de pressió	125
9.2.3. Adsorbidors.....	125
9.3. Manteniment predictiu	126
10. Avaluació econòmica.....	127
10.1. Càlcul de la inversió inicial i amortització.....	127
10.2. Determinació de costos	128
10.3. Ingressos.....	128
10.4. Fluxos de caixa.....	129
10.5. Viabilitat del projecte.....	130
10.6. Estudi de sensibilitat	131
11. Bibliografia	136
ANNEXOS	
A.1. Especificació catàleg fabricant bomba P-101	139
A.2. Especificació catàleg fabricant compressor C-101	140
A.3. Especificació catàleg fabricant bescanviador E-101	141
A.4. Especificació catàleg fabricant aïllant.....	142

A.5. Especificació catàleg fabricant canonades	143
A.6. Notificació AG	144

1. INTRODUCCIÓ

Títol	Disseny d'una unitat de rentat de propilè FCC		
Identificador	TFG_1703		
Data	5 de juny de 2017	Localització	Tarragona
Autors	Marina Armengol Profitós	<i>(color blau)</i>	
	Nadia Hernández Aldabo	<i>(color vermell)</i>	
	Miguel Mansergas Collado	<i>(color groc)</i>	

1.1. Agraïments

En agraïment a tots aquells professors, companys, familiars i amics que han aportat el seu granet de sorra en aquest projecte i ens han donat ànims per poder arribar fins aquí.

2. ETAPA PRELIMINAR

2.1. Definició i descripció del projecte

El projecte que es presenta a continuació tracta d'una ampliació de la planta existent de deshidrogenació de *BASF SONATRACH PropanChem, S.A.*, en la qual es produeix propilè en grau polímer (99.5%) a partir de propà. Per entendre el projecte d'ampliació cal diferenciar dues parts d'aquest procés: la deshidrogenació; reactor on es forma el propilè, i l'*splitter*, on es separen els diferents gasos i part del propà no reaccionat es recircula cap al reactor.

L'ampliació que es tracta a continuació té com a objectiu aportar una nova matèria primera a aquest procés; propilè en grau refinaria, a part del propà que ja s'utilitza. Per a què aquest propilè sigui apte, s'ha de tractar i això es realitzarà per mitjà d'una unitat de rentat; unitat dissenyada en aquest document.

Aquest propilè des del qual es parteix, té un contingut aproximat d'un 77% vol. de propilè, mentre que la resta és majoritàriament propà. També conté traces de molts altres compostos entre els quals cal destacar: l'arsà, el diòxid de carboni, el monòxid de carboni, metanol i COS, tots ells amb concentracions molt baixes (varis ppms). Tots aquests compostos són els que s'han de reduir al màxim. El perquè de l'eliminació d'aquests compostos és que, un cop aquest propilè s'introdueix al procés de deshidrogenació (en l'*splitter*), alguns compostos podrien entrar en el sistema de reacció amb el propà recirculat, i l'arsà en concret, és un verí per al catalitzador utilitzat.

El corrent de propilè grau refinaria provinent de la refinaria de Castelló és transportat en vaixell fins al port de Tarragona, on serà emmagatzemat al parc de tancs exterior de l'empresa. Des d'allà, serà bombejat a través de les canonades, propietat de l'empresa *Dixquímics*, fins entrar a la planta de *BASF SONATRACH PropanChem, S.A.*

Quan el propilè entra en la planta es dirigeix a un tren de tres adsorbidors (A-101/102/103) en els quals s'adsorbiran tots els compostos abans anomenats. Els adsorbents seleccionats són de l'empresa *BASF* i cada un dels adsorbidors conté un adsorbent o una mescla de dos d'ells. En tots els casos, els adsorbents són alúmines. Un cop absorbits parts dels compostos, el propilè es dirigeix a ser introduït a l'*splitter* de la planta de *BASF SONATRACH PropanChem*.

Aquests adsorbidors, passat un determinat temps, deixaran de realitzar la seva funció, ja que l'interior dels adsorbents s'hauran saturat. Per aquesta raó, es realitzarà una regeneració mitjançant un procés anomenat *Temperature Swing Adsorption (TSA)*. Aquest procés es

realitza mitjançant un cicle de desadsorció a una temperatura més elevada que l'adsorció per tal de canviar l'equilibri i aconseguir que els compostos adherits a l'adsorbent, passin al corrent de nitrogen gas que circularà per la columna.

El nitrogen s'escalfa a una temperatura aproximada de 210°C en un forn (F-101) i es introduït a la columna en contra-corrent al flux natural d'adsorció.

2.2. Abast del projecte

A la planta de deshidrogenació de propà de l'empresa *BASF SONATRACH PropanChem, S.A.* es vol instal·lar una unitat de rentat de propilè grau refinaria per tal d'acondicional-lo per a la producció de propilè grau polímer. El compost principal a extreure és l'arsà (H_3As), i es farà per mitjà d'una adsorció, procés adequat que permet baixar la concentració del compost per sota de 20 ppb (parts per bilió) del H_3As del propilè procedent d'un procés FCC (*Fluid Catalytic Cracking*). L' H_3As és una impuresa i també un verí molt potent per al catalitzador en base de Pt del procés *Oleflex d'UOP*. La instal·lació té una capacitat productiva de 350 000 tones anuals de propilè grau polímer, aquest projecte suposaria un increment del 20% en la capacitat de producció anual, per tant, un total de 70 000 tones anuals de propilè.

La finalitat és utilitzar propilè grau refinaria amb un 75% vol. de propilè, un 21.6% vol. de propà i un 3.4 % vol. format per traces d'altres compostos com a co-matèria prima de la planta amb la finalitat d'abaratir el cost de producció.

El procés dissenyat consisteix en sotmetre el propilè grau refinaria a un procés de rentat, utilitzant una sèrie d'adsorbidors, que un cop saturats, són regenerats per un corrent de nitrogen prèviament escalfat per un forn.

Un cop surt de la unitat dissenyada, el corrent purificat entra a l'*splitter* de propà/propilè de la planta de deshidrogenació per recuperar el propà pel fons i reciclar-lo com a matèria prima de la planta i obtenir per cap del *splitter* el propilè en les especificacions 99.5% per ser mesclat amb la resta de la producció de la planta.

Aquest projecte suposarà un augment de la capacitat de producció de la planta amb una inversió inicial de 16.8 milions d'€, aprofitant el propilè grau refinaria per obtenir el producte més pur sense la operació del procés de deshidrogenació, a més a més de proporcionar propà al procés *Oleflex d'UOP*. El VAN resultant d'aquest projecte és de 29 milions d'€ amb una TIR del 41.5%.

2.3. Estudi d'alternatives

En aquest apartat es mostra l'estudi realitzat per tal de comprovar quina alternativa, de les plantejades, s'adapta millor a l'objectiu del projecte. Les opcions estudiades són:

- Tenir un sistema en servei i un altre en regeneració per tal de tenir un flux continu de propilè tractat.
- Tenir un únic tren d'adsorbidors i canviar els adsorbents del seu interior quan estiguin saturats.
- Tenir un únic sistema i quan aquest estigui saturat, aturar el servei i iniciar el regenerat; per tant, tenint un flux intermitent de propilè tractat.

Per comparar les tres opcions, es compara part de la inversió inicial de cadascuna i dels costos anuals d'operació. Tot això valorant aquells aspectes que depenen d'una mateixa variable; el temps de *breakthrough*, aquest afectarà a la quantitat d'adsorbent necessari, al volum del recipient i a la quantitat de material necessari per la construcció del recipient.

2.3.1. Opció de regeneració amb doble tren d'adsorbidors (1)

A continuació, en l'expressió 2.3.1 és mostra com ha estat calculada la part de la inversió inicial, I_R , en cas de voler regenerar els llits adsorbents, on C_M és el cost del material utilitzat en la construcció dels adsorbidors, Q_i és el pes de material necessari en l'adsorbidor i , on i correspondrà als adsorbidors A-101, A-102 i A-103. La inversió inicial dels adsorbidors es multiplicarà per dos degut a què mentre un sistema estigui operatiu, l'anàleg s'estarà regenerant. Passa de la mateixa manera amb la inversió inicial que s'haurà de fer en quant a material adsorbent: s'invertirà inicialment amb l'adsorbent que es necessita per tenir dos trens d'adsorbidors. En l'expressió, es representen les variables següents: S_j representa la quantitat d'adsorbent j i $C_{A,j}$ el cost de l'adsorbent j . Tota l'expressió es troba multiplicada per 1.2 suposant un 20% de sobrecost per fer la instal·lació.

$$I_1 = [C_M \cdot \sum Q_i \cdot 2 + [\sum S_j \cdot C_{A,j}] \cdot 2] \cdot 1.2 \quad (2.3.1)$$

A més de la inversió inicial, a l'estudi d'alternatives es tindrà en compte el cost anual de funcionament de la instal·lació C_F , expressió 2.3.2; en el cas de la regeneració, el cost més important serà el cabal de nitrogen que s'utilitzarà per tal de regenerar els adsorbents, on Q_N

és el cabal en m^3/any de nitrogen gas necessari per a la regeneració i C_N és el cost del nitrogen en $\text{€}/\text{m}^3$.

$$C_1 = Q_N \cdot C_N \quad (2.3.2)$$

2.3.2. Opció de substitució (2)

En aquest cas, també s'ha formulat una expressió per tal de poder representar la part de la inversió inicial analitzada i el cost de funcionament d'un sistema que funcioni per substitució dels adsorbents un cop aquests estiguin saturats. En l'expressió 2.3.3 és determina la inversió inicial, i en la 2.3.4, el cost d'operació que, en aquest cas, comptabilitzaria el cost anual dels canvis d'asorbents.

En l'expressió 2.3.3 de la inversió inicial, el principal canvi respecte l'opció anterior es troba en què no s'han de duplicar els equips, per tant, només tindriem 3 adsorbidors i els seus respectius adsorbents, també amb un sobrecost per instal·lació.

$$I_2 = [C_M \cdot \sum Q_i + [\sum S_j \cdot C_{A,j}]] \cdot 1.2 \quad (2.3.3)$$

L'expressió del cost de funcionament serà totalment diferent a la de la primera opció, ja que únicament es tindrà en compte el cost de l'adsorbent substituït, tants cops com canvis es realitzin en un any, variable representada per μ (nombre de canvis, any^{-1}). També s'ha tingut en compte la disminució en la producció de propilè apte per a produir propilè grau polímer, això es comptabilitzarà en quan a què la disminució en la producció serà un cost més, ja que són diners que es deixen de guanyar, on Q_{GP} és el cabal de propilè grau polímer que es produeix de més gràcies a la nova entrada de matèria primera, t és el temps previst d'aturada del sistema per tal de realitzar el canvi d'adsorbents i P_{GP} és el preu del propilè grau polímer produït.

$$C_2 = \mu \cdot [\sum_{j=4}^n S_j \cdot C_{A,j} + Q_{GP} \cdot t \cdot P_{GP}] \quad (2.3.4)$$

2.3.3. Opció de regeneració amb un tren d'adsorbidors (3)

En el cas de fer la regeneració aturant el procés, la inversió inicial vindrà descrita per l'expressió 2.3.5 on el preu dels adsorbidors i dels adsorbents es veurà augmentat en un 60% per tal de cobrir el sobrecost d'instal·lació i dels sistema de regenerat.

$$I_3 = \left[C_M \cdot \sum Q_i + \left[\sum S_j \cdot C_{A,j} \right] \right] \cdot 1.6 \quad (2.3.5)$$

L'expressió del cost anual d'operació serà una combinació de la dels dos casos anteriors. En primer llocs s'ha de considerar el cabal anual de nitrogen necessari per a realitzar la regeneració dels llits i també la disminució en la producció de propilè grau polímer tenint en compte que el tractament proporciona una matèria primera addicional al procés de deshidrogenació. Amb tot això, l'equació resultant és la 2.3.6.

$$C_3 = \mu \cdot [Q_{GP} \cdot t \cdot P_{GP} + Q_N \cdot C_N] \quad (2.3.6)$$

2.3.4. Comparativa de resultats

Mitjançant aquestes sis expressions es pot realitzar una comparativa de la part analitzada de la inversió inicial i dels costos anuals que representen les tres opcions, i així poder escollir quina de les tres representa una menor inversió i/o un menor cost anual, complint les tres amb la funció requerida.

En primer lloc, es presenta en la figura 2.3.1 una representació de la comparació de la inversió inicial de les tres opcions. Es pot veure la part de la inversió inicial analitzada, en milions d'euros, en front del temps de saturació, en mesos.

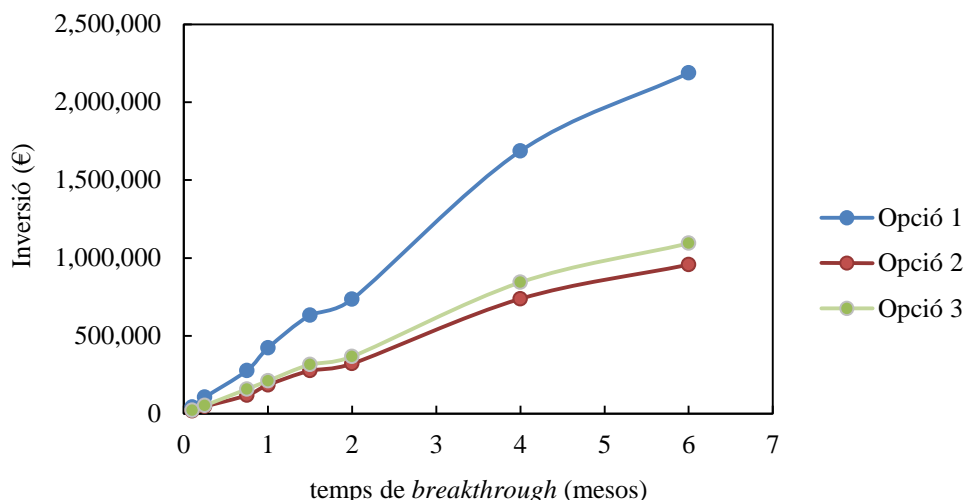


Figura 2.3.1. Representació comparativa de la inversió inicial de les tres opcions estudiades.

Com es pot observar, la inversió que es requereix en l'opció de tenir els equips doblats (1) és molts més gran que la resta. Pel que fa a les altres dues opcions, la inversió inicial resultant seria semblant per al que fa a la part depenen del temps de *breakthrough*.

Seguidament, en la figura 2.3.2 es troben representats els costos anuals comparats de dues de les opcions: la regeneració amb un únic tren d'adsorbidors i la regeneració amb dos trens d'adsorbidors. La tercera opció no es troba representada ja que canviar els adsorbents resulta entre 8 i 9 vegades més costós que regenerar. Per aquest motiu, en aquest punt queda descartada.

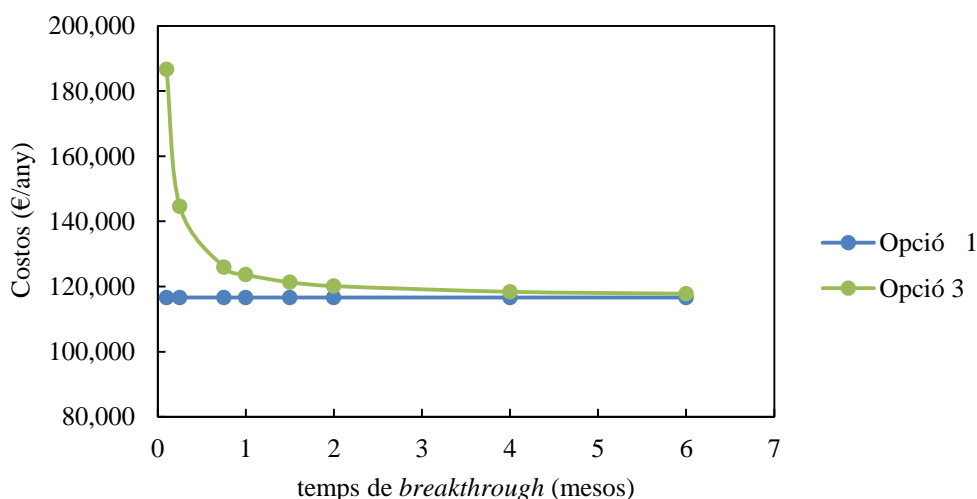


Figura 2.3.2. Representació dels costos de les dues opcions amb regeneració.

Les dues opcions comparades en la figura anterior tenen una gran diferència, en l'opció 2 hi haurà un flux continu de propilè rentat, en canvi, en la 3 no; hi haurà una aturada per a regenerar els equips, d'aproximadament 3 dies. Aquesta unitat és una font extra de matèria primera, cosa que permet que la seva disponibilitat pugui ser intermitent sense afectar la producció de propilè grau polímer. Tenint en compte que l'opció 2 (doblar equips) tindria una inversió inicial més gran, juntament amb l'argument anterior, s'ha decidit que l'alternativa escollida és tenir un únic sistema en servei i que, quan aquest estigui saturat, aturar-lo per a realitzar la regeneració.

A continuació, en la figura 2.3.3 es mostra la part de la inversió inicial dependent del temps de saturació i els costos d'operació.

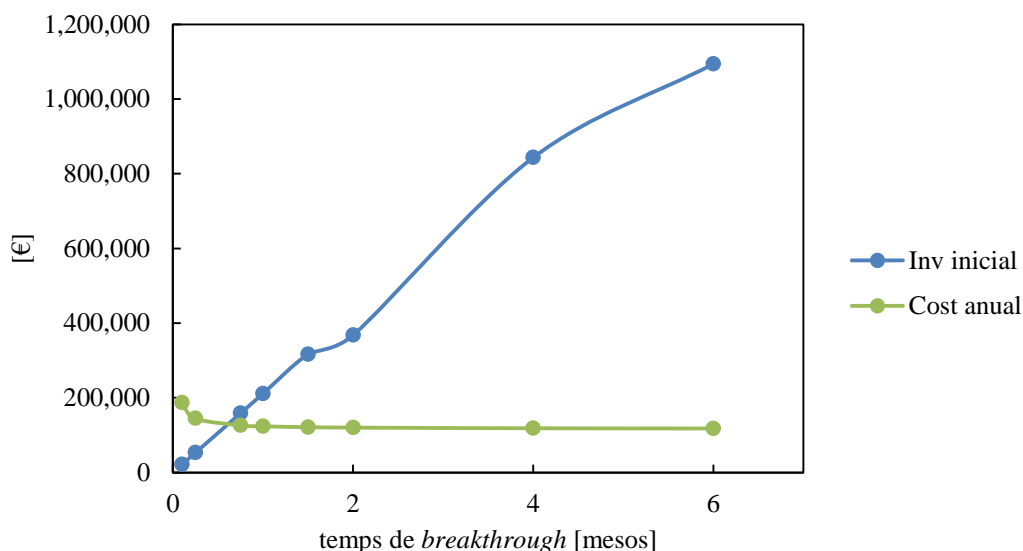


Figura 2.3.3. Inversió inicial i costos anuals de l'opció 3 (regeneració amb un tren).

Gràcies a la figura 2.3.3 es pot observar que el rang òptim de temps de *breakthrough* serà al voltant de 0.75 mesos. L'elecció final, d'acord amb els arguments anteriorment explicats, és dissenyar els adsorbidors amb un temps de *breakthrough* d'1 mes.

2.4. Contextualització del projecte

L'arsà o hidrur d'arsènic (AsH_3) és un compost inorgànic altament inflamable i molt tòxic, que a condicions normals es troba en estat gas i és incolor^[1]. A partir de la substitució dels àtoms d'hidrogen de la molècula d'arsà per radicals, es formen compostos anomenats

organoarsenicals que s'adequarien a la fórmula molecular $\text{AsH}_{3-x}\text{R}_x$, compostos que s'han utilitzat com a insecticides, herbicides i fungicides, així com en la medicina^[2].

Pel que fa a l'arsà, tot i la seva toxicitat, s'utilitza com a dopant en la indústria dels semiconductors i durant la Segona Guerra Mundial va ser proposat com a arma química^[2].

El motiu de què aquest compost hagi de ser eliminat del corrent de propilè és que, fins i tot a concentracions molt baixes, és un potent verí per al catalitzador. El catalitzador del procés de deshidrogenació és platí sobre una base d'alúmina i l'arsà afecta de manera que un mol d'aquest inutilitza un mol de platí. Un cop aquest catalitzador és enverinat, la regeneració d'aquest és pràcticament impossible^[3]. L'objectiu de reducció s'ha establert a 20 ppb (vol.) d'acord amb les indicacions de l'empresa *BASF SONATRACH PropanChem*.

La reducció de l'arsà fins als nivells requerits a unitats de ppb, clarament es pot aconseguir mitjançant una adsorció entre el contaminant i l'adsorbent.

2.4.1. Adsorció vs. Absorció

L'absorció i l'adsorció són processos utilitzats en la indústria per separar un o més components d'un determinat corrent. Però aquests processos es diferencien en el mecanisme de separació.

2.4.1.1. Absorció

L'absorció és un procés utilitzat per eliminar un o varis components d'un corrent gasós mitjançant un dissolvent. Aquest procés és utilitzat per recuperar un component gasós desitjat o bé eliminar-ne un de no desitjat.

En aquest procés participen, al menys, tres substàncies: el component gasós a separar (absorbat), el gas portador i el dissolvent (absorbent).

Segons la naturalesa del component gasós a separar, s'ha d'utilitzar un dissolvent que dissolgui selectivament dit component, és a dir, el dissolvent ha d'absorbir principalment el component o components a separar, i no el gas portador. Segons el tipus de dissolvent, el gas s'absorbeix per dissolució física o bé per reacció química.

Per a separar els components gasosos del dissolvent, l'etapa d'absorció va seguida, en la majoria dels casos d'una etapa de desorció per regenerar el dissolvent. En aquesta etapa es redueix, per efecte de temperatures elevades o pressions baixes, la solubilitat dels gasos en el dissolvent, eliminant-los del mateix. Per tant es pot reutilitzar el dissolvent.

2.4.1.2. Adsorció

L'adsorció és una operació de separació d'un o varis components d'una mescla fluida, gas o líquid, mitjançant un sòlid adsorbent de diferent naturalesa. Si la fase fluida és gasosa l'adsorció serà sòlid-gas, mentre que si és líquida serà sòlid-líquid.

El component a separar es lliga de manera química (quimisorció) o física (fisorció) a una superfície sòlida. Aquest component eliminat pot ser un producte desitjat o bé, una impuresa que pot perjudicar el procés que continua. El sòlid rep el nom d'adsorbent, mentre que el component que s'absorbeix és l'adsorbat. Per tal de què la separació sigui eficaç, l'adsorbent s'haurà de lligar, en tot el possible, a l'adsorbat desitjat i no a la resta de components de la mescla. Seguidament, en la taula 2.4.1 es poden observar les diferències entre els tipus d'adsorció.

Taula 2.4.1. Característiques distintives dels tipus d'adsorció^[4].

	Fisorció	Quimisorció
Forces involucrades	Són les mateixes responsables de la condensació d'un vapor o de les desviacions del comportament d'un gas respecte l'ideal.	Són essencialment les responsables de la formació de compostos químics.
Especificitat	És un fenomen general amb un grau relativament baix d'especificitat.	Depèn de la reactivitat de l'adsorbent i l'adsorbat.
Capa	A grans pressions relatives, té lloc normalment en multicapes.	Les molècules adsorbides s'enllacen amb les parts actives de la superfície i l'adsorció té lloc en una monocapa.
Identitat	La molècula adsorbida manté la seva identitat i a la desorció retorna al fluid en la forma original.	Involucra una reacció o dissociació, de manera que perd la identitat i no retorna en la desorció.
Energia	Sempre és exotèrmica, però l'energia involucrada és generalment menor a l'energia de condensació.	És del mateix ordre de magnitud que l'energia intercanviada en una reacció química comparable.
Energia d'activació	Generalment assoleix l'equilibri amb força rapidesa.	Implica energia d'activació, normalment a baixes temperatures no s'arriba a l'equilibri termodinàmic.

Per altra banda, la separació d'una o varies de les substàncies adsorbides sobre un sòlid mitjançant un fluid, gas o líquid, de naturalesa diferent al mateix, constituïria l'operació inversa de desadsorció sòlid-gas o sòlid-líquid respectivament.

2.4.2. Consideracions en el disseny

Per a realitzar el disseny del sistema d'adsorció són necessaris els següents aspectes:

- Coneixement de l'equilibri de sorció
- Tenir en compte el caràcter dinàmic del procés. Els processos de llit fix s'enfoquen a una condició periòdica anomenada *periodic state* o *cyclic steady state*, amb passos d'alimentació diferenciats que constitueixen un cicle. Per això es necessita coneixement de la transició, introduint-se en l'anàlisi les variables del temps i l'espai, en contrast a d'altres operacions que es poden analitzar en sistema estacionari i només depenen de la variable de l'espai. Per un bon disseny és crucial entendre la relació en el llit fix entre l'equilibri d'adsorció i el *rate behaviour*.
- Els aspectes específics del procés tractat, en cas de tenir un procés de regeneració, s'hauria de conèixer l'envelliment característic del material sorbet, amb els conseqüents canvis en l'equilibri de sorció.

2.4.3. Equilibri d'adsorció

La quantitat de solut adsorbit convencionalment ve donat en termes de mols o volum per unitat de massa o volum d'adsorbent, normalment les unitats són mols entre m^3 de fluid, per la concentració de la fase de fluid, c_i , i mol entre kg d'adsorbent net per la concentració de la fase de l'adsorbent, n_i . Pels gasos, la concentració es substitueix per la pressió parcial.

Existeixen molts models proposats per al càlcul de l'equilibri de l'adsorció, tot i això, cal utilitzar un model matemàtic acurat a tot el rang de condicions del procés.

A escala industrial, l'adsorció es duu a terme en llits adsorbents, normalment llits fixos tal i com és el cas que s'ocupa. Independentment de l'aplicació de l'adsorció (operació de separació o emmagatzematge de gasos) és fonamental conèixer les característiques de l'adsorbent i de l'equilibri d'adsorció entre ell i els compostos del corrent que es vol tractar. Conèixer aquest equilibri fa possible optimitzar el disseny de les condicions d'operació, pressió i temperatura de treball.

Una de les maneres més habituals de representar l'equilibri d'adsorció és mitjançant la relació entre la quantitat adsorbida i la pressió, en el cas de gasos, o la concentració en la fase

líquida, en el cas d'adsorció de líquids, tot per a una temperatura determinada. Aquesta relació és la isoterma d'adsorció.

La IUPAC ha classificat les isoterms de l'adsorció física en 6 categories, on les 5 primeres categories van ser proposades per *S. Brunauer, L. S. Deming, W. S. Deming* i *E. Teller* com la classificació BDDT i la sisena s'ha observat recentment. A part d'aquesta classificació, tres d'aquests tipus (I, II i IV) també tenen subclassificacions en els seu interior. Mitjançant aquesta classificació, es pot inferir les característiques dels materials porosos atenen a la forma de la isoterma.

- Tipus I: la principal característica d'aquesta isoterma reversible és el llarg altiplà, que indica relativament la petita quantitat de multicapes d'adsorció en una superfície oberta. És còncava cap a l'eix d'abscisses i la quantitat adsorbida s'aproxima a un valor constant a l'augmentar la pressió relativa. Correspon a sòlids porosos i el límit d'adsorció està determinat pel volum accessible en front a la mida del porus. Existeixen dos subtipus, però que tenen un ampli rang horitzontal damunt de la d'eix de la pressió parcial.
- Tipus II: és la forma normal de isoterma que s'obté amb un sòlid no porós o macroporós. Representa una adsorció en monocapa i multicapa, sense restriccions en la superfície externa de l'adsorbent en pols. El caràcter suau i no escalonat de la isoterma s'associa a l'heterogeneïtat energètica en les interaccions entre adsorbent i adsorbat. Existeix un punt en el que el valor de pressió relativa indica el recobriment complet de la monocapa i s'inicia el principi de l'adsorció per multicapa.
- Tipus III: la forma d'aquesta isoterma és convexa cap a l'eix d'abscisses per tot l'interval de pressió relativa. Aquest tipus d'isoterms es presenten en materials macroporosos o no porosos, quan existeix poca afinitat entre l'adsorbat i l'adsorbent. Aquesta poca afinitat fa que, a pressions relatives baixes, no s'observi cap força.
- Tipus IV: aquesta isoterma presenta un cicle d'histèresis, el qual s'associa a l'adsorció/desorció en mesoporus i un valor límit en la quantitat adsorbida per a l'interval superior de pressió relativa. La part inicial de la isoterma s'atribueix l'adsorció en la monocapa, d'acord a què coincideix amb la primera regió de la

isoterma tipus II. Aquest tipus de isoterma es presenta en els materials adsorbents mesoporus.

- Tipus V: aquest tipus de isoterma seria similar a la III, és a dir, quan existeix poca afinitat entre l'adsorbat i l'adsorbent, tot i que representat un cicle de histèresis com en la isoterma IV.
- Tipus VI: representa l'adsorció escalonada en multicapa sobre una superfície uniforme no porosa. Cada esglaió correspon a una capa adsorbida. Aquesta isoterma es dona en l'adsorció de molècules simples no-polars en superfícies uniformes, com per exemple, argó, criptó i xenó en una base de grafit.

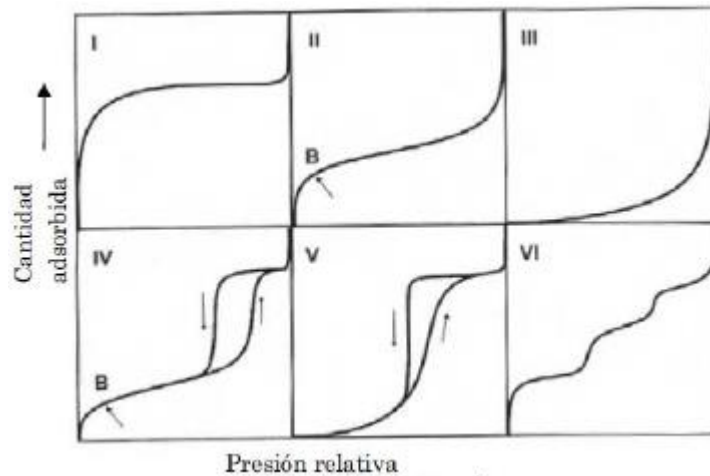


Figura. 2.4.1. Representació dels diferents tipus d'isotermes.

La forma d'aquestes isotermes pot ser de dues maneres: favorable o desfavorable, paraules que es referiran al comportament del llit fix per a l'etapa d'adsorció. En les isotermes favorables, la quantitat adsorbida adimensional sempre és major que la concentració adimensional en la fase fluida, mentre que en les isotermes desfavorables passa el contrari. Aquesta classificació ajuda a determinar la direcció de la transferència de matèria.

2.4.4. Adsorbents^[5]

El nom que rep el sòlid porós en el procés d'adsorció és adsorbent i és una variable crítica que pot duu a l'èxit el procés o fer-lo fallar, i d'ell depèn l'equilibri i la cinètica. Un sòlid amb bona capacitat, però una cinètica lenta, no és bona opció ja que fa que les molècules adsorbides triguin molt temps en aconseguir l'interior de la partícula. Això significa un llarg temps de residència en la columna, per tant, una baixa capacitat. D'altra banda, un sòlid amb

una cinètica ràpida, però baixa capacitat, no és bo tampoc, ja que es necessita una gran quantitat de sòlid. Per tant, un bon adsorbent ha de tenir una bona capacitat d'adsorció i també una bona cinètica. Per satisfer aquest dos requisits, s'han de satisfer els següents aspectes:

- El sòlid ha de tenir una àrea superficial o un volum microporós alts.
- El sòlid ha de tenir, relativament, una gran xarxa de porus per transportar les molècules a l'interior.

Per satisfer el primer requisit, el sòlid porós ha de tenir una mida de porus petita i una porositat raonable. Això suggereix que un bon sòlid ha de tenir una combinació de dos rangs de porus. La classificació de mida de porus recomanada per la IUPAC s'utilitza normalment per delinear el rangs de la mida de porus:

- Microporus: $d < 2 \text{ nm}$
- Mesoporus: $2 < d < 50 \text{ nm}$
- Macroporus: $d > 50 \text{ nm}$

Els adsorbents més comuns utilitzats en la indústria són: carbó actiu, zeolites, alúmines i silicats. A vegades es necessita discernir molècules únicament per sota d'un cert diàmetre, en aquest cas s'utilitzarien tamisos moleculars de zeolites o carbó actiu, els quals tenen una estreta distribució de microporus^[6].

2.4.5. Selecció de l'adsorbent

Les indicacions per a la selecció de l'adsorbent són diferents depenen si el sistema és regeneratiu o no. Per un sistema no regeneratiu, normalment es busca una gran capacitat d'adsorció i una isoterma fortament favorable per a purificar, i addicionalment, d'alta selectivitat en la separació. Per un sistema regeneratiu, es desitja una alta capacitat global i una alta selectivitat, però també es necessita una regeneració rendible que condueixi a una influència raonable en la capacitat de treball, que es busca en termes de forma de la isoterma.

Un cop seleccionat l'adsorbent i decidit si es realitzarà desadsorció o no, s'ha d'escollir i dissenyar el procés d'adsorció i això dependrà en primer lloc de si la mescla a separa es troba en estat líquid o gas i si és un procés en continu o *batch*.

2.5. Planificació del projecte

Per tal d'organitzar el treball s'ha elaborat una planificació temporal del projecte. Per això és necessari inicialment, establir totes les tasques que componen el projecte a realitzar, d'aquesta manera s'organitzaran consecutivament, s'establirà quan s'ha de realitzar i qui la farà. S'ha utilitzat l'eina informàtica *Gantt Project* per realitzar aquesta planificació. Cal destacar que es tracta d'un document que s'ha d'anar modificant conforme s'avança en el projecte ja que es van produint canvis en el desenvolupament, com l'aplaçament o avanç d'algunes tasques, o bé l'addició o eliminació d'algunes altres.

Seguidament, en les figures 2.5.1 i 2.5.2 es mostren els dos diagrames de *Gantt* que s'han realitzat durant l'elaboració d'aquesta part del projecte. El primer és el que es va instaurar des d'un principi, i finalment en el segon ja es mostren les modificacions realitzades.

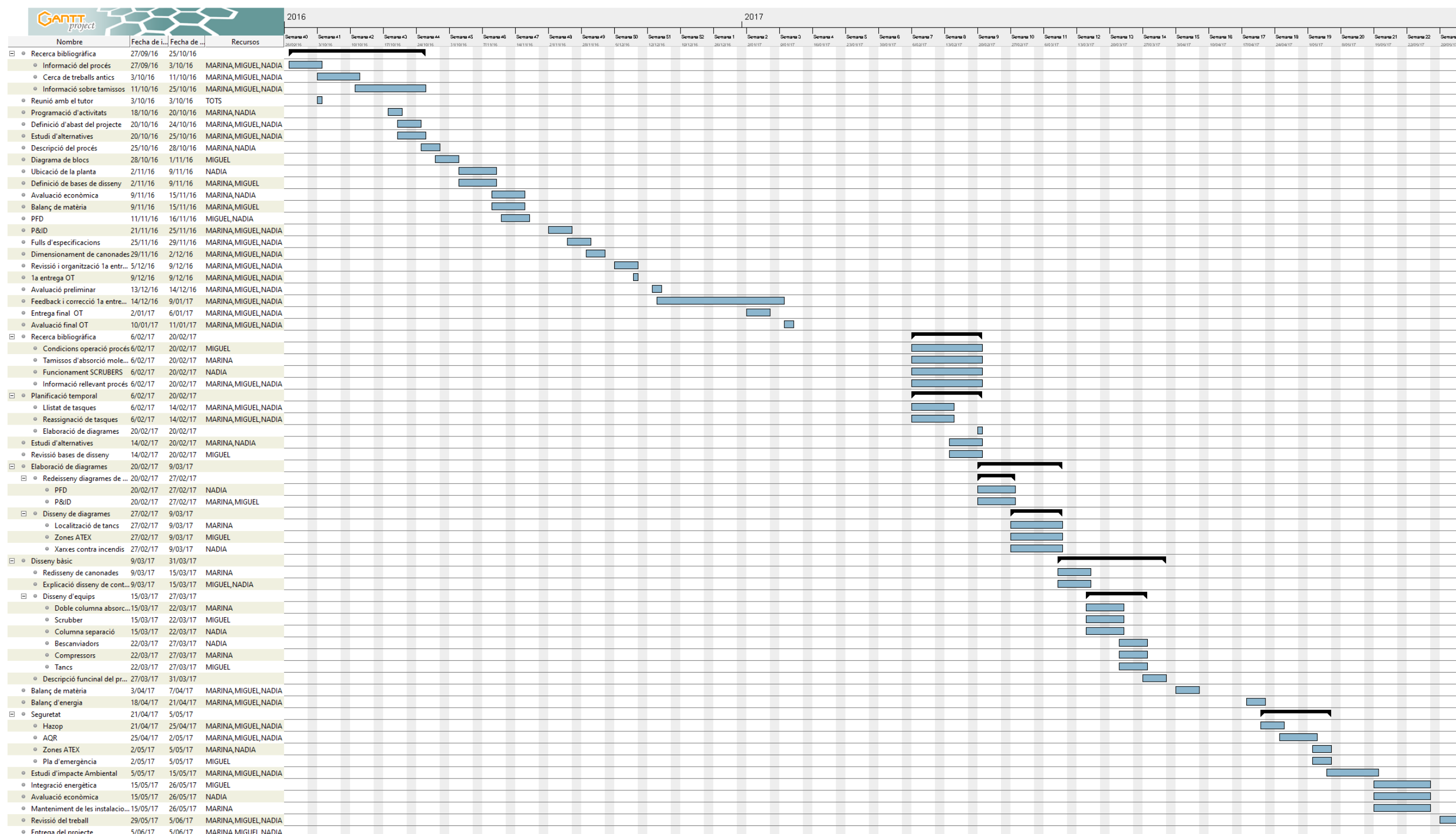


Figura 2.5.1. Diagrama de Gantt amb la planificació inicial.

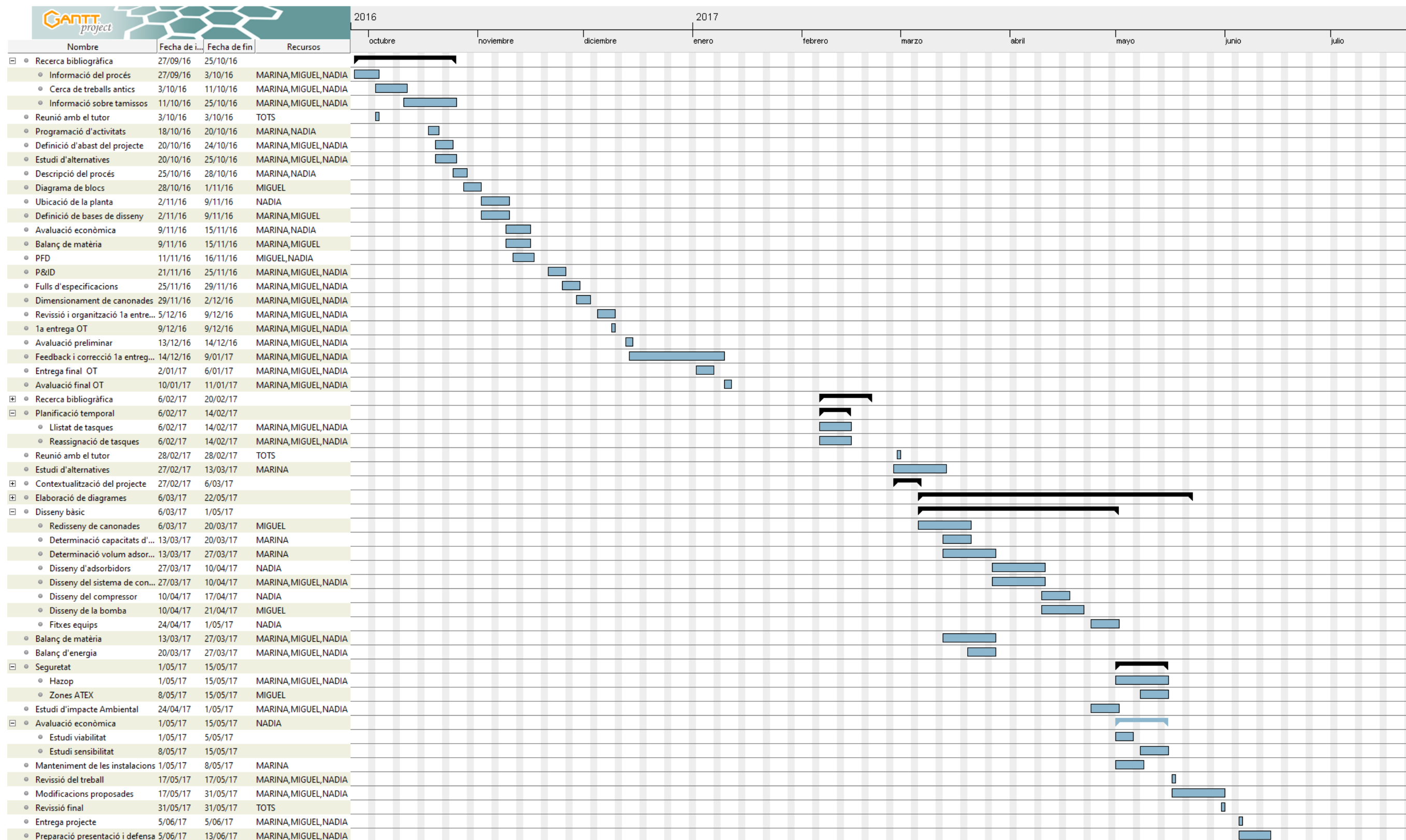


Figura 2.5.2. Diagrama de Gantt amb la planificació final.

3. BASES DE DISSENY

En aquesta secció s'estableixen els paràmetres bàsics utilitzats en el disseny preliminar de la unitat de rentat de propilè FCC: la capacitat de la unitat, les diferents especificacions, les *utilities* disponibles a la planta, la localització d'aquesta i els estàndards de disseny utilitzats.

3.1. Especificacions de l'alimentació i els productes

3.1.1. Especificació de l'alimentació

Pel que fa a la matèria primera, s'ha adquirit els valors resultants de tres anàlisis diferents (amb un mínim d'un mes de diferència) i s'ha determinat una especificació mínima i màxima. Tot i això, a l'hora de dissenyar els equips, s'ha seleccionat la pitjor de les situacions.

Taula 3.1.1. Especificació de la matèria primera.

Component	Màxim/mínim	% vol	Especificació seleccionada
Propilè	Mín	75	75.0 %
Propà	Màx	25	21.6 %
Ciclopropà	Màx	0.04	0.040 %
Età	Màx	3	3.00 %
Etilè	Màx	0.02	0.020 %
Propadiè	Màx	0.002	0.002 %
i-butà	Màx	0.1	0.100 %
n-butà	Màx	0.1	0.100 %
1-butè	Màx	0.004	0.004 %
i-butè	Màx	0.1	0.100 %
Monòxid de carboni	Màx	0.01	0.010 %
Diòxid de carboni	Màx	0.01	0.010 %
Hidrogen	Màx	0.021	0.021%
Oxigen	Màx	0.001	0.001 %
Aigua	Màx	0.012	0.012 %
Metanol	Màx	0.005	0.005 %
Etanol	Màx	0.001	0.001 %
Sulfurs	Màx	0.001	0.001 %

(“Cont.”) Taula 3.1.1. Especificació de la matèria primera.

Component	Màxim/mínim	% vol	Especificació seleccionada
Nitrogen orgànic	Màx	0.001	0.001 %
Arsina	Màx	0.001	0.001 %
Fosfina	Màx	0.001	0.001 %

3.1.2. Especificació del producte

Les especificacions requerides per a l'entrada de l'*splitter* es mostren en la taula 3.1.2.

Taula 3.1.2. Especificació del producte final.

Component	Màxim/mínim	Límit (% vol)	Especificació seleccionada
Propilè	Mín	75	77.6%
Propà	Màx	25	22.3%
Ciclopropà	Màx	0.01	0.01%
Età	Màx	$1 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-5}$ %
Etilè	Màx	0.001	0.001%
Propadiè	Màx	0.0002	0.0002%
i-butà	Màx	0.01	0.01%
n-butà	Màx	0.01	0.01%
1-butè	Màx	0.001	0.001%
i-butè	Màx	0.001	0.001%
Monòxid de carboni	Màx	$1 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-5}$ %
Diòxid de carboni	Màx	$1 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-5}$ %
Hidrogen	Màx	0.021	0.021%
Oxigen	Màx	0.001	0.001%
Aigua	Màx	0.001	0.001%
Metanol	Màx	0.0007	0.0007%
Etanol	Màx	0.0005	0.0005%
Sulfurs	Màx	$1.3 \cdot 10^{-5}$	$1.3 \cdot 10^{-5}$ %
Oxisulfid de carboni (COS)	Màx	$7 \cdot 10^{-6}$	$7 \cdot 10^{-6}$ %
Nitrogen orgànic	Màx	$1 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-5}$ %
Arsina	Màx	$2 \cdot 10^{-6}$	$2 \cdot 10^{-6}$ %
Fosfina	Màx	0.0013	0.0013%

3.2. Capacitat operativa

- Capacitat anual: producció 70 000 tones de propilè grau polímer. Capacitat de tractament d'aproximadament 93 000 tones anuals de propilè grau refinaria.
- Capacitat horària: suposant un factor de servei de 8 760 h/any (365 dies) (fixat per l'empresa) es tractaran 10.6 tones/h de propilè grau refinaria.

3.3. Normes i codis de disseny

Els components principals del sistema han estat dissenyats seguint els següents codis de disseny.

3.3.1. Canonades

Per realitzar el disseny del sistema de canonades del procés d'adsorció s'aplica la normativa ANSI, seguint el codi ASME amb les subdivisions B31.1 per al dimensionament de les canonades a pressió.

3.3.2. Equips dinàmics

Els equips dinàmics que s'utilitzen en el procés són bombes i compressors. En el cas de les bombes centrífugues s'ha seguit el codi de disseny API 610, per al compressor s'ha utilitzat l'API 617.

3.3.3. Intercanviador

L'intercanviador de calor utilitzat segueix la normativa TEMA, i s'ha dissenyat seguint el procediment del mètode *Kern*.

3.3.4. Adsorbidor

Els adsorbidors han estat dissenyats segons s'indica en la secció VIII, Divisió 1 del codi ASME per a recipients a pressió. Per a la selecció dels materials de construcció i protecció d'aquests equips, s'ha seguit la secció II de la mateixa normativa.

3.3.5. Instrumentació

Les vàlvules de seguretat es regeixen per la normativa ASME *boiler and pressure vessels code*, secció VIII.

3.4. Especificacions de serveis disponibles

Aquesta unitat està integrada dins d'un complex industrial, de manera que té accés a totes les infraestructures de servei ja existents. Les principals característiques d'aquest serveis, que s'han tingut en compte per al disseny de la unitat de rentat són:

- a) Aire per a instruments

Taula 3.3. Característiques principals per a l'aire d'instruments.

Característiques		
Pressió:	Mínima	4.5 kg/ cm ² g
	Normal	7.1 kg/ cm ² g
	Disseny	8.8 kg/ cm ² g
Temperatura		20 °C
Temperatura de rosada		-35 °C
Qualitat		Sec, sense pols ni olis.

- b) Nitrogen. El nitrogen arriba a una temperatura de 25 °C a les instal·lacions amb una pressió de 7 bar.
c) Gas Natural (metà)

Taula 3.4. Característiques principals del gas natural.

Propietats	Valors
Temperatura d'entrada	25 °C
Pressió	787.8 kPa
Cabal màssic	90 kg/h
Densitat	5.098 kg/m ³
Viscositat	1.139·10 ⁻⁵ Pa s
Entalpia màssica	-4669 kJ/kg

- d) Aigua de refrigeració.

Taula 3.5. Característiques de l'aigua de refrigeració.

Descripció	Valors
Font	Torre de refrigeració
Pressió de subministrament	7 kg/ cm ² g
Temperatura de subministrament	25 °C
Temperatura de retorn	50 °C
pH	7-7.5

3.5. Localització

L'ampliació de la planta per al rentat de propilè, propietat de *BASF Sonatrach* s'establirà dins del mateix complex de *BASF*, el qual es troba al Polígon Industrial Entrevies, a la carretera Nacional 340, km 1156, 43006, Tarragona.

A la figura 3.5.1 es mostra la situació de la planta en el mapa, concretament es troba situada el punt de color verd.



Figura 3.5.1. Localització de la planta.

3.5.1. Descripció de l'àrea

El terreny on es troba la planta està delimitat a l'est per l'autovia de Salou; a l'oest pel polígon químic Sud i el terme municipal de la Canonja; al nord per la via fèrria de Reus o Flix; i al sud per la via de València o Tortosa. El seu emplaçament dóna lloc a la interrelació empresarial entre l'àrea portuària i el polígon químic Sud de forma força estreta. Així com, a la terminal ferroviària de Classificació ubicada a l'oest del polígon.

La parcel·la actual és suficientment gran com per a afegir aquesta nova unitat, per tant es situarà al costat de zona de producció de propilè grau polímer.

3.5.2. Estructura del territori

La zona d'estudi es troba situada a nivell del mar, per la qual cosa no presenta accidents geogràfics importants. L'acció dels rius, sobretot el Francolí, han ajudat a què la zona sigui una plana extensa.

El polígon presenta pràcticament en tota la seva superfície una matriu formada per graves (amb sorres, llims i argiles). El sector de llevant del terme de Tarragona està dominat per calcarenites i sobretot per argiles.

3.5.3. Climatologia, pluviometria i sismologia

El clima de Tarragona, ve marcat per la influència mediterrània. La temperatura mitjana anual supera lleugerament els 16°C. Els hiverns són suaus i els estius calorosos. Les precipitacions són irregulars durant l'any, l'estació més seca és l'estiu seguida de l'hivern, mentre que durant la primavera i la tardor es solen donar la majoria de les precipitacions, especialment en aquesta última.

4. ENGINYERIA BÀSICA

4.1. Balanç de matèria i energia

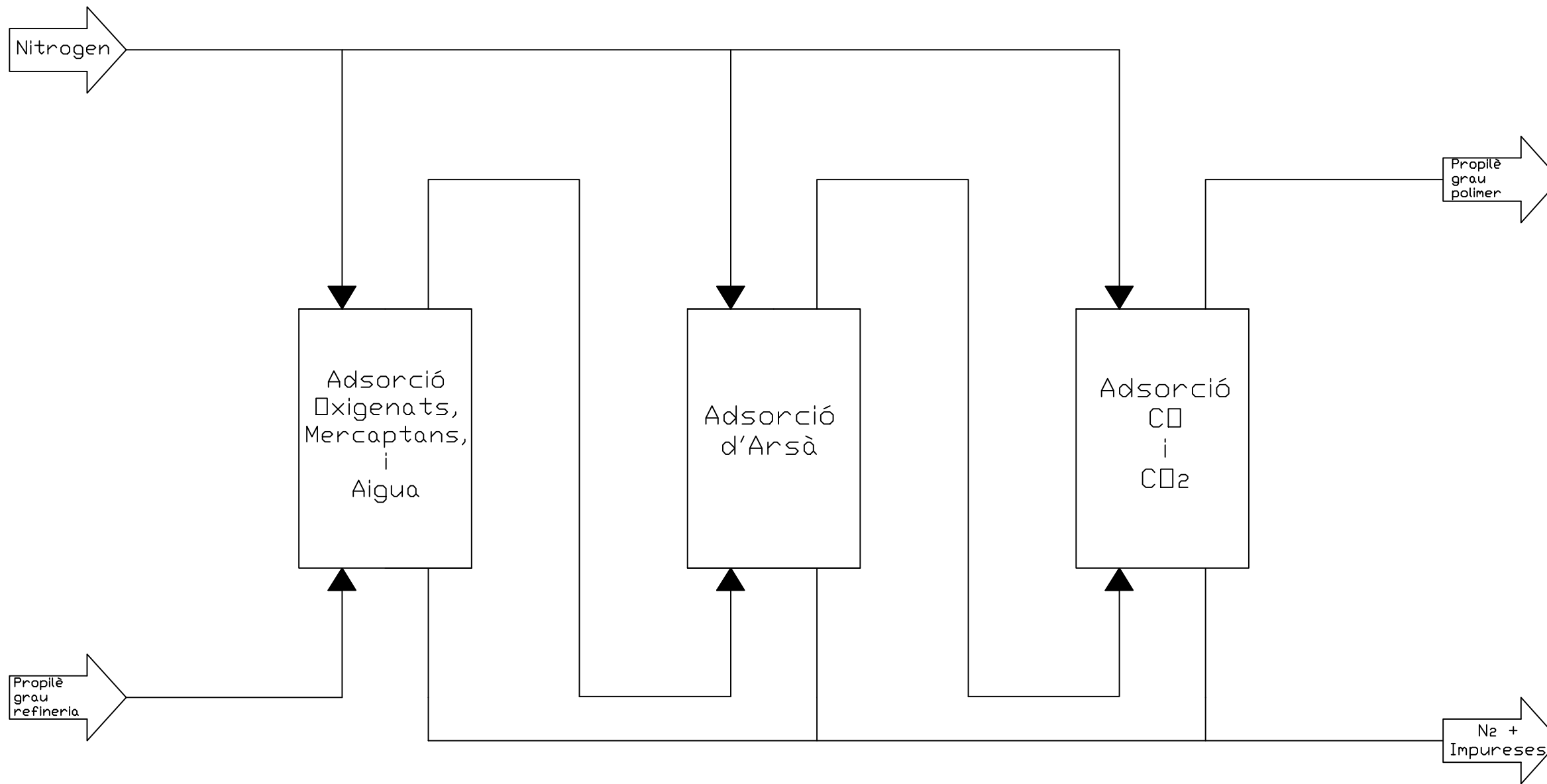
Seguidament, en la taula 4.1.1. es mostra l'especificació de cada corrent amb els cabals amb kg/h de totes les substàncies, així com el cabal total. També es poden observar les temperatures, pressions i estat de cadascun d'ells, així com la seva energia.

Taula 4.1.1. Balanç de matèria i d'energia.

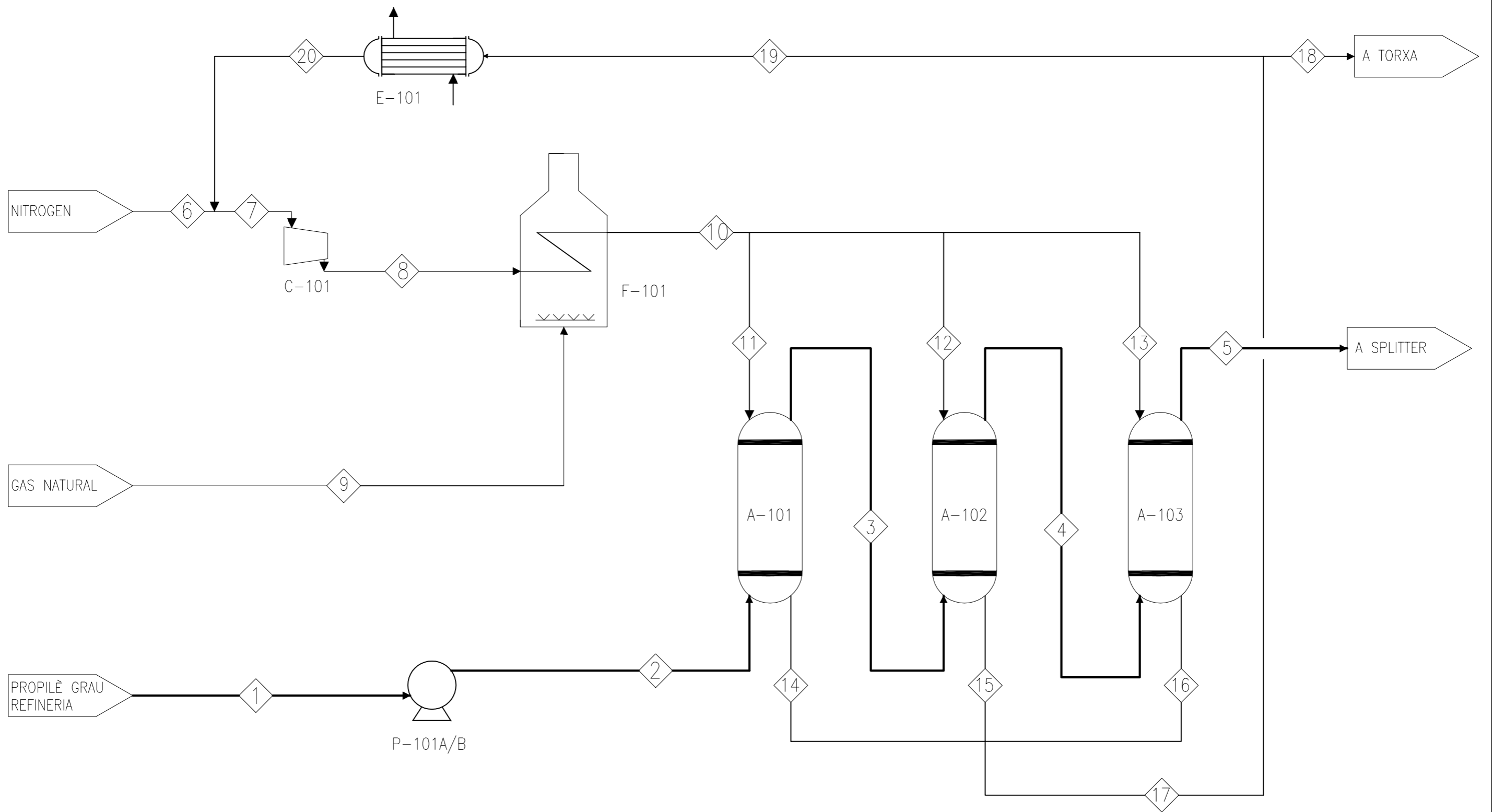
CORRENT	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Temperatura (°C)	25	25	25	25	25	25	87.5	93.0	25	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	60	
Pressió (bar)	9	18	17.8	17.6	17.4	15	15	18	40	18	18	18	18	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	
Estat (L/V)	L	L	L	L	L	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	
\dot{Q} total (kg/h)	10 616	10 616	10 613	10 612	10 610	187	3 867	3 867	206.7	3 867	425.4	2669	773.5	428.8	2 669	776.3	3 874	193.7	3680.1	1 550	
Propilè	8 326	8 326	8 326	8 326	8 326	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	
Propà	2 283	2 282	2 283	2 283	2 283	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	
Arsà	0.270	0.269	0.269	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.269	-	0.269	0.013	0.256	-	
Aigua	2.18	2.179	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.179	-	-	2.179	0.109	2.070	697.0	
Oxigenats	0.861	0.861	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.861	-	-	0.861	0.043	0.818	-	
Nitrils	0.143	0.143	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.143	-	-	0.143	0.007	0.136	-	
Mercaptans	0.172	0.172	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.172	-	-	0.172	0.009	0.164	-	
CO	1.448	1.448	1.448	1.448	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.448	1.448	0.072	1.376	-	
CO2	1.403	1.403	1.403	1.403	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.403	1.403	0.070	1.333	852.8	
Altres	1.880	1.880	1.880	1.880	1.880	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Nitrogen	-	-	-	-	-	1 937	38 870	38 870	-	38 870	4 276	26 820	7 774	4 276	26 820	7 774	38 870	1 944	36 927	-	
Gas natural	-	-	-	-	-	-	-	-	206.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Entalpia (kJ/kg)	-471	-469	-469	-469	-469	-	-	64.9	-37.6	193	193	193	193	193	193	193	193	193	0	193	54.3

4.2. Diagrames del procés

A continuació es mostren els diferents diagrames realitzats pel projecte: el diagrama de blocs, el *Process Flow Diagram* (PFD), el *Process Control Diagram* (PCD), el *Piping and Instrumentation Diagram* (P&ID) i el diagrama d'implantació (*Plot Plant*).



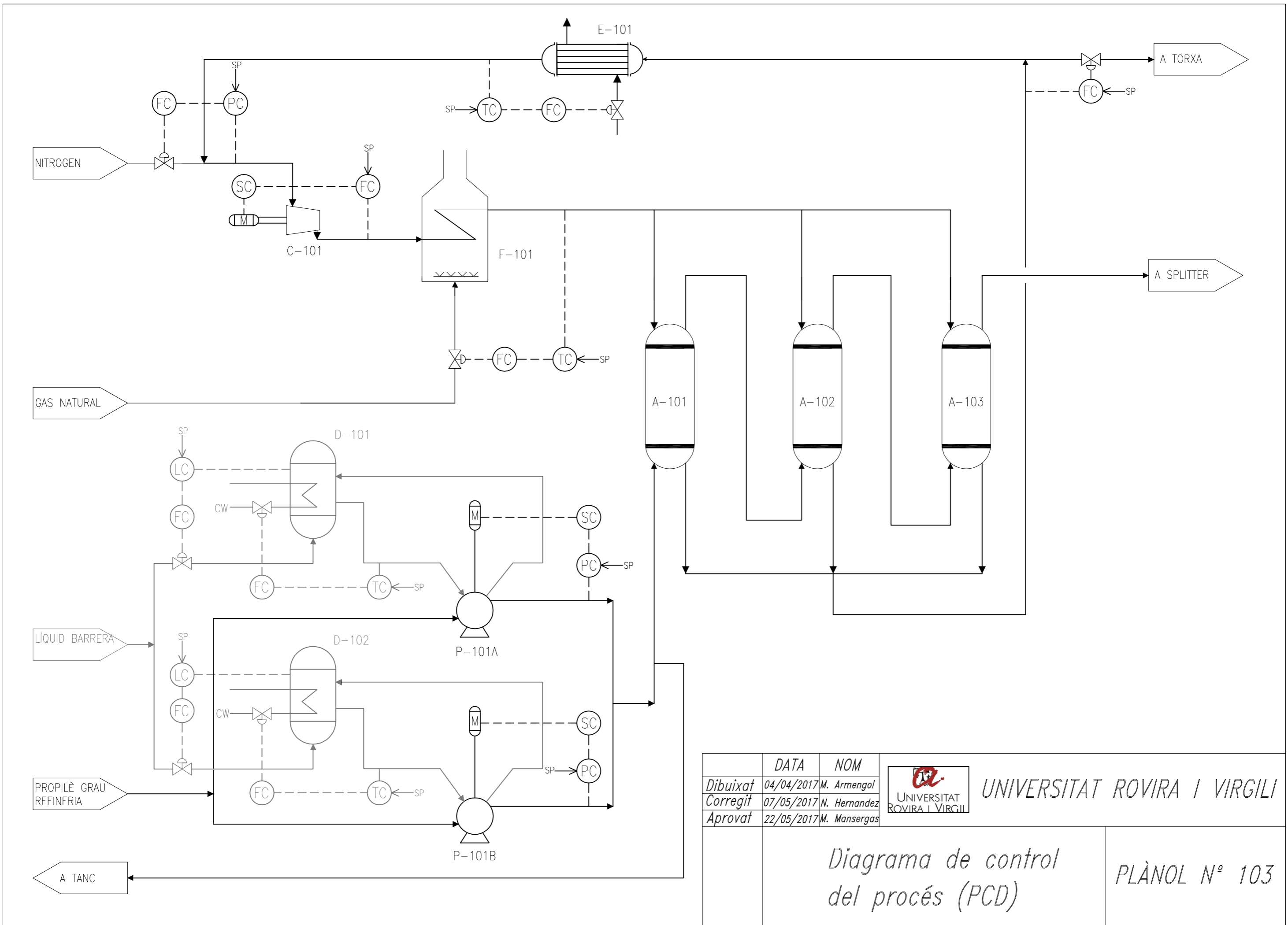
	DATA	NOM	UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
Dibuixat			
Corregit			
Aprovat			
	Diagrama de blocs		PLÀNOL N ^o 100



	DATA	NOM	 UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI	UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
Dibuixat	04/04/2017	N. Hernandez		
Corregit	07/05/2017	M. Armengol		
Aprovat	22/05/2017	M. Mansergas		

Diagrama de flux
del procés (PFD)

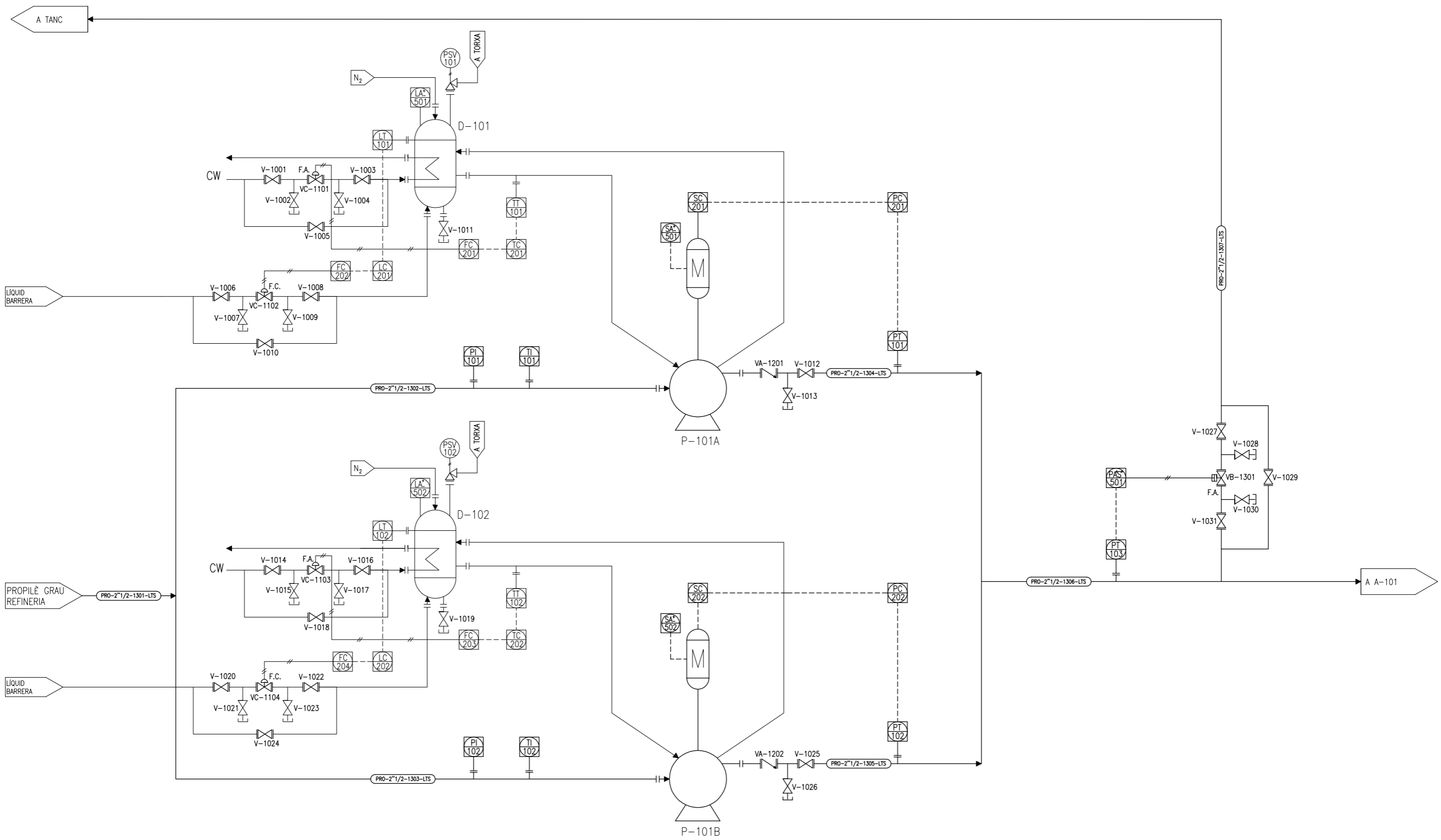
PLÀNOL N° 102



	DATA	NOM	 UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
Dibuixat	04/04/2017	M. Armengol	
Corregit	07/05/2017	N. Hernandez	
Aprovat	22/05/2017	M. Mansergas	

Diagrama de control del procés (PCD)

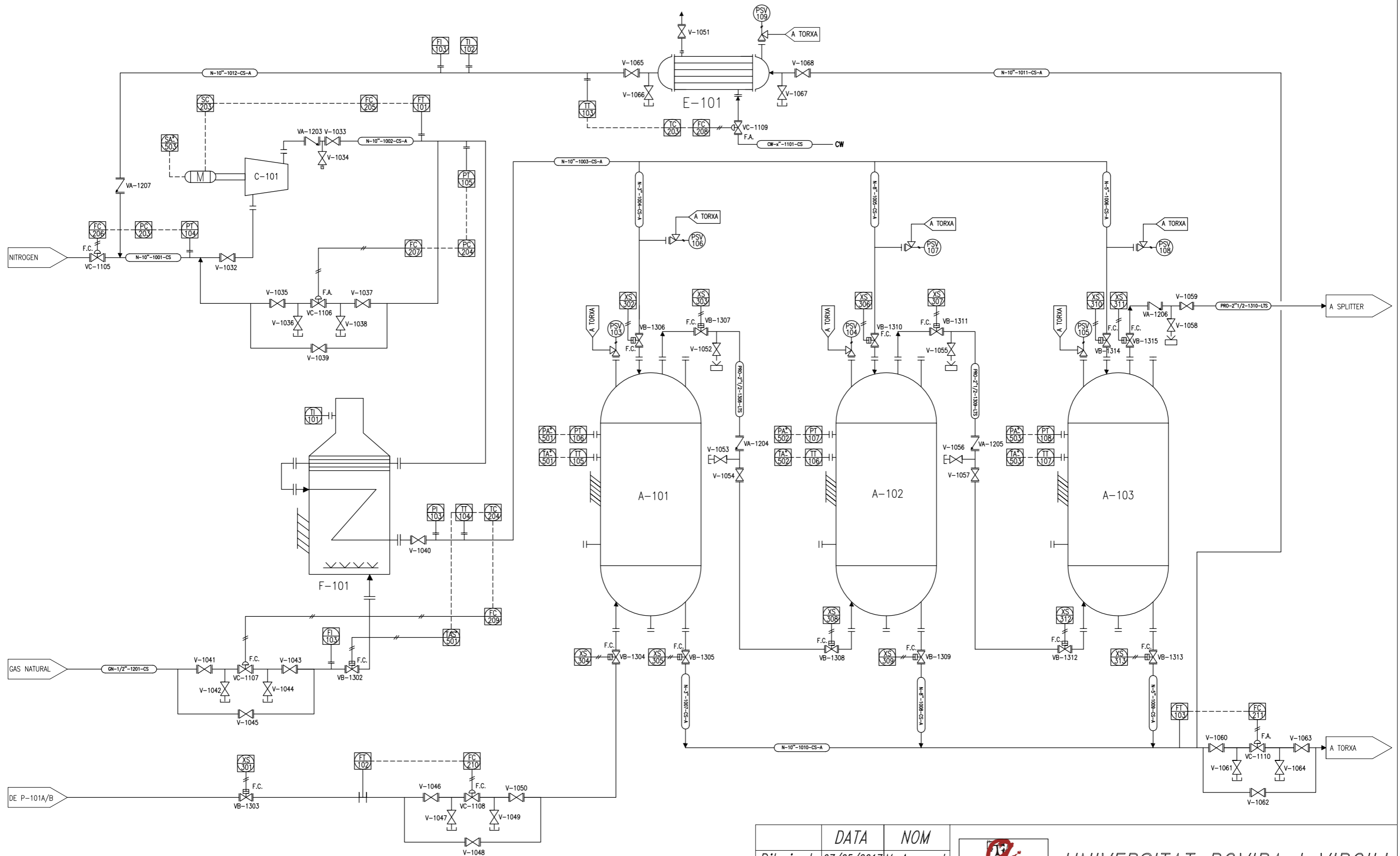
PLÀNOL N° 103



	DATA	NOM	 UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
Dibuixat	07/05/2017	M. Armengol	
Corregit	13/05/2017	N. Hernandez	
Aprovat	23/05/2017	M. Mansergas	

Diagrama de canonades
i instrumentació (P&Id)

PLÀNOL N^o 401



	DATA	NOM	 UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
Dibuixat	07/05/2017	M. Armengol	
Corregit	13/05/2017	N. Hernandez	
Aprovat	23/05/2017	M. Mansergas	

Diagrama de canonades
i instrumentació (P&Id)

PLÀNOL N° 402



Motor elèctric



Indicador



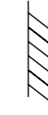
Alarma



Transmissor



Interruptor



Aïllament tèrmic



V-1000

Vàlvula manual



VC-1100

Vàlvula de control



VA-1200

Vàlvula antiretorn



VB-1300

Vàlvula de bloqueig



Vàlvula de seguretat

D-100

Dipòsit líquid barrera

P-100

Bomba centrífuga

C-100

Compressor

F-100

Forn de tir natural

A-100

Adsorbidor

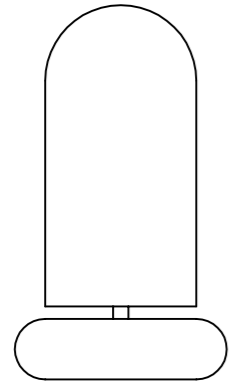
E-100

Intercanviador de calor

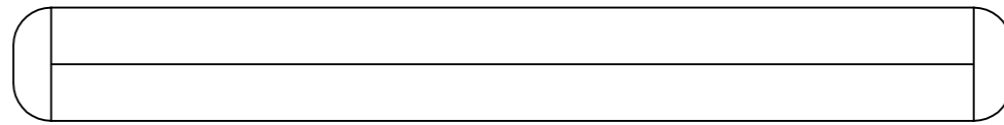
	DATA	NOM	 UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
Dibuixat	07/05/2017	M. Mansergas	
Corregit	13/05/2017	N. Hernandez	
Aprovat	23/05/2017	M. Armengol	

Plànol de simbologia

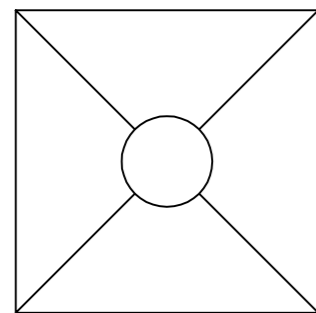
PLÀNOL N° 301



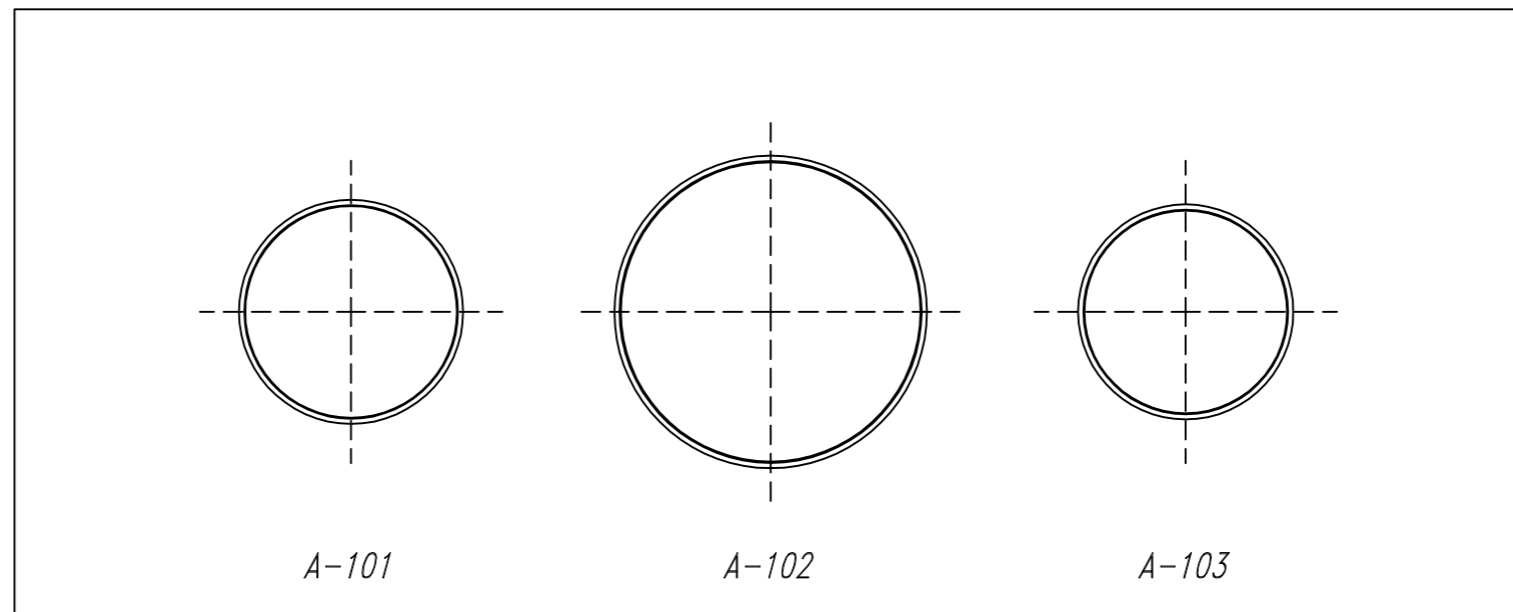
C-101



E-101



F-101



A-101

A-102

A-103



N

	DATA	NOM	 UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI	UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
Dibuixat	07-05-2017	M. Mansergas		
Corregit	13-05-2017	M. Armengol		
Aprovat	14-05-2017	N. Hernandez		
Escala	1:20		Plànol d'implantació	PLÀNOL N° 501

4.3. Disseny del sistema de control

En aquest apartat es detalla el sistema de control dissenyat per la unitat de rentat, així com tots els elements necessaris per dur-lo a terme: elements de mesura, de transmissió i de control. Aquest sistema de control ha estat desenvolupat en funció d'una estratègia, per tal de controlar les variables clau del procés, evitant que es posi en risc la seguretat. El destí final de totes les senyals produïdes en el procés és la sala de control de la planta d'on formarà part aquesta unitat.

4.3.1. Caracterització de l'estratègia de control

A continuació es mostra l'estratègia de control separant diferents parts de la unitat: les bombes situades al parc de tancs, el sistema de regeneració dels adsorbidors i del tren d'adsorbidors durant el rentat.

4.3.1.1. Bombes P-101A/B

La unitat conté dues bombes d'alta pressió en paral·lel, de les quals una estarà en servei i una estarà en repòs per tal d'assegurar, tant com sigui possible, la impulsió de propilè grau refinaria del tanc d'emmagatzematge fins als adsorbidors. Aquestes dues bombes disposen d'una doble tanca mecànica per tal d'evitar fugues de producte a l'exterior, amb un dipòsit de líquid barrera que separa l'exterior del procés. En aquest sistema de bombes hi ha diversos controls que s'expliquen a continuació.

Control de la pressió d'impulsió: aquest és el control principal que afecta al funcionament de la bomba. En la sortida de la bomba hi haurà un transmissor de pressió (PT-101/102) amb un controlador que regula les revolucions del motor de la bomba per tal d'assegurar una pressió determinada a la sortida d'aquesta. Hi ha un control de pressió que enllaça al variador; el *set point* estarà establert al PC-201/202. La bomba funcionarà amb un motor elèctric, que per permetre aquesta configuració, podrà ser un motor de corrent altern amb voltatge o freqüència ajustable o de corrent continu amb potència ajustable. Estarà equipat amb una alarma per si el motor arribés a unes revolucions excessivament elevades o, en el cas contrari, alguna circumstància el fes funcionar a baixes revolucions.

Control del nivell del dipòsit del líquid barrera: en el dipòsit D-101/102 hi haurà un controlador de nivell (LC-201/202) el qual se n'encarregarà d'obrir i tancar la vàlvula de l'alimentació del líquid barrera en cas que el dipòsit s'hagi d'omplir. En cas que augmenti o disminueixi substancialment el nivell pot ser causa de la ruptura d'una de les tanques de la

bomba, per això, el transmissor de nivell (LT-101/102) disposarà d'una alarma per nivell alt i baix que indicarà possibles indicis de pèrdua d'estanquitat.

Control de la temperatura del líquid barrera: a més d'evitar fugues del líquid de procés a l'atmosfera, el líquid barrera té una funció de refrigeració. Per aquest motiu, la temperatura d'aquest líquid estarà controlada pel controlador TC-201/202, on es llegirà la temperatura per mitjà de TT-101/102 i s'ajustarà la vàlvula VC-1101/1103 per a què la temperatura s'acosti al *set-point*. Aquest control té la finalitat de tenir unes condicions fixades del líquid barrera (oli mineral); la temperatura adequada reduirà l'oxidació de l'oli i, per tant, allargarà la vida útil dels components de la bomba, millorant la lubricació.

Protecció de la bomba: en la impulsió de la bomba hi haurà un transmissor de pressió (PT-103) per tal d'activar una alarma d'alta pressió i, en cas d'arribar a un punt determinat, per activar l'enclavament de protecció (PA⁺S⁺-501). Els casos en què es pot donar aquesta situació es poden veure en el *Hazop*. El *set point* d'aquest sistema serà més alt que en el PC-201/202. En cas de trobar-se en aquest cas, s'obriria la recirculació del propilè cap al tanc d'emmagatzematge, evitant així una possible expansió catastròfica del propilè. La vàlvula que s'activarà serà la VB-1301.

4.3.1.2. Sistema de regeneració

El sistema de regeneració està constituït per un compressor, un forn, un bescanviador i les diferents vàlvules en el corrent de nitrogen i el recicle d'aquest.

Control del flux de sortida del compressor C-101: en la sortida del compressor hi ha un transmissor de flux (FT-101) que variarà les revolucions del motor per mitjà del controlador SC-203 per tal de controlar el cabal de sortida del compressor i que sigui la determinada en el *set point* introduït en FC-205.

Control de l'aportació de nitrogen fresc al circuit tancat de regeneració: aquest control es farà per mitjà d'un control de pressió, per mantenir-la constant en aquest circuit tancat i evitar que vagi decaient degut a la purga. Es realitzarà per mitjà de PT-104 i PC-203, que actuarà sobre VC-1105. Aquesta vàlvula ha d'estar suficientment lluny del transmissor PT-104 per tal d'evitar que el canvi en la seva obertura afecti de manera que impossibiliti l'assoliment de l'estat estacionari.

Control de la temperatura del nitrogen: la temperatura del nitrogen estarà controlada pel llaç de control TC-204, on hi haurà un transmissor de temperatura (TT-104) situat a la sortida del forn (F-101), que farà que la vàlvula VC-1107 de gas natural es reguli en funció de la

temperatura del corrent de nitrogen. En cas que aquesta temperatura sigui excessivament alta, actuarà l'enclavament TA⁺S⁺-501 bloquejant l'entrada de gas natural mitjançant VB-1302.

Control de la temperatura de recirculació del nitrogen: en el corrent recirculat de nitrogen, un control en cascada de temperatura (TC-203) i cabal (FC-208) determinarà el cabal necessari d'aigua de refrigeració per tal que el nitrogen tingui una temperatura propera a la determinada pel *set point*.

Control de la purga de nitrogen: el control de la quantitat de nitrogen purgat es farà per mitjà d'un control de cabal (FC-211), el qual purgarà un percentatge determinat del cabal total de nitrogen detectat pel transmissor (FT-103).

Protecció antibombeig al C-101: s'ha establert un sistema de control per tal de protegir el compressor del bombeig. Això s'aconsegueix mitjançant un recicle, el qual està fixat que actui amb la consigna que el controlador asseguri el cabal mínim compatible amb la seguretat del compressor. S'aconseguirà amb un control de pressió a la sortida del compressor (PC-204), tenint en compte que la d'entrada és a pressió constant gràcies a un altre controlador, i sabent l'increment de pressió adaptarà el cabal (FC-207). El *set point* del controlador estarà per sobre el cabal mínim, i entre aquests dos valors es trobaran el valor d'alarma.

4.3.1.3. Adsorbidors durant el rentat

Mentre el tren d'adsorbidors opera en el rentat de propilè es controlarà el cabal d'entrada a la planta de propilè per mitjà un control de flux (FC-210).

Pel que fa als adsorbidors, estaran dotats de sistemes de seguretat on es controlarà la pressió i la temperatura amb alarmes per alta i baixa temperatura i pressió.

Taula 4.3.1. Llistat de controladors de la unitat.

Preparat	M. Armengol	Disseny d'una unitat de rentat de propilè FCC	UNITAT ROVIRA I VIRGILI		Rev. 1
Revisat	N. Hernández				Data 15/05/2017
Aprovat	M. Mansergas				ETSEQ
TFG_1703					
LLISTAT DE CONTROLADORS DE LA UNITAT					
Controlador	Variable controlada	Variable manipulada	Element	Transmissor	Set Point
PC-201	Pressió d'impulsió de P-101A	Revolucions del motor de P-101A	Variador de freqüència (M-1)	PT-101	18 bar
PC-202	Pressió d'impulsió de P-101B	Revolucions del motor de P-101B	Variador de freqüència (M-2)	PT-102	18 bar
PC-203	Pressió d'aspiració de C-101	Cabal d'entrada de nitrogen fresc al sistema	VC-1105	PT-104	11 bar
PC-204	Pressió a la impulsió de C-101	Cabal de recicle de nitrogen	VC-1106	PT-105	14 bar
FC-210	Cabal entrada propilè	Cabal propilè	VC-1108	FT-102	10 610 kg/h
FC-211	Cabal total nitrogen	Cabal purga nitrogen	VC-110	FT-103	195 kg/h
TC-201	Temperatura líquid barrera (P-101A)	Cabal d'entrada de <i>cold water</i> a D-101	VC-1101	TT-101	20 °C
TC-202	Temperatura líquid barrera (P-101B)	Cabal d'entrada de <i>cold water</i> a D-102	VC-1103	TT-102	20°C
TC-203	Temperatura de sortida de E-101	Cabal d'entrada de <i>cold water</i> en E-101	VC-1109	TT-103	60°C
TC-204	Temperatura sortida F-101	Cabal d'entrada a F-101 de gas natural	VC-1107	TT-104	210°C

Taula 4.3.2. Llistat de vàlvules de control de la unitat.

Preparat	M. Armengol	Disseny d'una unitat de rentat de propilè FCC	UNITAT ROVIRA I VIRGILI	Rev. 2	
Revisat	N. Hernández			Data 15/05/2017	
Aprovat	M. Mansergas			ETSEQ	
TFG_1703					
LLISTAT DE VÀLVULES DE CONTROL DE LA UNITAT					
Vàlvula	Tipus	Component	P _{entrada} (barg)	D _{línia} (in)	Fallada
VC-1105	Papallona	Nitrogen	11.0	10	F.C.
VC-1106	Papallona	Nitrogen	18.0	10	F.A.
VC-1107	Papallona	Gas natural	40.0	½	F.C.
VC-1108	Papallona	Propilè	18.0	2 ½	F.C.
VC-1109	Papallona	CW	1.013	5	F.A.
VC-1110	Papallona	Nitrogen (purga)	18.0	10	F.A.
VB-1301	Bola	Propilè	18.0	2 ½	F.A.
VB-1302	Bola	Gas natural	40.0	2 ½	F.C.
VB-1303	Bola	Propilè	18.0	2 ½	F.C.
VB-1304	Bola	Propilè	18.0	2 ½	F.C.
VB-1305	Bola	Nitrogen	18.0	3	F.C.
VB-1306	Bola	Nitrogen	18.0	3	F.C.
VB-1307	Bola	Propilè	18.0	2 ½	F.C.
VB-1308	Bola	Propilè	18.0	2 ½	F.C.
VB-1309	Bola	Nitrogen	18.0	8	F.C.
VB-1310	Bola	Nitrogen	18.0	8	F.C.
VB-1311	Bola	Propilè	18.0	2 ½	F.C.
VB-1312	Bola	Propilè	18.0	2 ½	F.C.

(Cont.) Taula 4.3.2. Llistat de vàlvules de control de la unitat.

Preparat	M. Armengol	Disseny d'una unitat de rentat de propilè FCC	UNITAT ROVIRA I VIRGILI	Rev. 2	
Revisat	N. Hernández			Data 15/05/2017	
Aprovat	M. Mansergas			ETSEQ	
TFG_1703					
LLISTAT DE VÀLVULES DE CONTROL DE LA UNITAT					
Vàlvula	Tipus	Component	P _{entrada} (barg)	D _{linia} (in)	Fallada
VB-1313	Bola	Nitrogen	18.0	5	F.C.
VB-1314	Bola	Nitrogen	18.0	5	F.C.
VB-1315	Bola	Propilè	18.0	2 ½	F.C.

Taula 4.3.3. Llistat d'alarmes i transmissors de la unitat.

Preparat	M. Armengol	Disseny d'una unitat de rentat de propilè FCC	UNITAT ROVIRA I VIRGILI	Rev. 1
Revisat	N. Hernández			Data 15/05/2017
Aprovat	M. Mansergas			ETSEQ
TFG_1703	M. Armengol			
LLISTAT D'ALARMES I TRASMISSORS DE LA UNITAT				
Transmissor	Descripció	Equip	Acció	
SA-501	Alarma d'alta i baixa freqüència	Motor (P-101A)	-	
SA-502	Alarma d'alta i baixa freqüència	Motor (P-101B)	-	
SA-503	Alarma d'alta i baixa freqüència	Motor (C-101)	-	
LA-501	Alarma de nivell alt i baix	D-101	-	
LA-502	Alarma de nivell alt i baix	D-102	-	
PAS-501	Alarma d'alta pressió	Línia PRO-2'' ½-1306-LTS	Obrir enclavament (VB-1301)	
TAS-501	Alarma d'alta temperatura	Línia N-10''-1003-CS-A	Obrir enclavament (VB-1302)	
PA-501	Alarma d'alta i baixa pressió	A-101	-	
PA-502	Alarma d'alta i baixa pressió	A-102	-	
PA-503	Alarma d'alta i baixa pressió	A-103	-	
TA-501	Alarma d'alta i baixa temperatura	A-101	-	
TA-502	Alarma d'alta i baixa temperatura	A-102	-	
TA-503	Alarma d'alta i baixa temperatura	A-103	-	

4.4. Disseny del sistema de canonades

Un aspecte molt important a tenir en compte per al disseny del sistema de canonades és el de la velocitat que aconsegueix el fluid per l'interior de les conduccions. Aquesta velocitat ve determinada pel cabal i el diàmetre de la secció interna de la conducció, i per a cada fluid té un valor màxim que no ha de ser sobrepassat, ja que en cas contrari es pot produir un deteriorament del producte per tractament mecànic inadequat.

Per a les canonades de procés, la velocitat suposada és de 2 m/s, en canvi per a les canonades de corrents gasos com el de nitrogen o gas natural, la velocitat és molt més elevada, fins a 20 m/s.

Així, per a un cabal determinat de fluid a bombejar, mitjançant l'expressió 4.4.1., i imposant la velocitat màxima del mateix, es determina de manera immediata el diàmetre mínim de la conducció. El diàmetre escollit és el normalitzat immediatament superior al valor mínim. Aquest valor és el que es coneix com el diàmetre òptim de la conducció.

$$Q = A \cdot v \quad (4.4.1)$$

La selecció del material es realitza segons la temperatura de disseny del fluid, s'ha de tenir en compte que la canonada mai haurà de treballar a temperatures per sobre del valor màxim acceptable del material.

Els materials acceptats per la normativa ANSI (ASME B31.1) apareixen en els apèndixs de la mateixa. S'utilitza un acer de baixa temperatura ASTM A333 GR 6 per les canonades d'alta pressió dels corrents procés. Per les canonades de nitrogen i gas natural que no requereixen suportar baixes temperatures s'utilitza un acer al carboni ASTM A587.

Taula 4.4.1. Propietats dels diferents corrents per al disseny de canonades.

Corrent	Cabal (m ³ /h)	Velocitat (m/s)	Temperatura (°C)	Pressió (bar)	Temperatura de disseny (°C)	Pressió de disseny (bar)	Velocitat recalculada (m/s)
Propilè	18.2	2	25	18	45	19.8	1.63
Nitrogen	3 127	20	25	11	45	12.1	17.1
	3 097	20	210	18	230	19.8	16.9
	2 311	20	90	18	110	19.8	12.6
	340.7	20	210	18	230	19.8	19.9
	2 137	20	210	18	230	19.8	18.4
	619.4	20	210	18	230	19.8	13.3
	2 942	20	210	18	230	19.8	16.1
Gas natural	6.5	20	25	40	45	44	9.21
Aigua de refrigeració	59.8	2	50	7	70	8	1.29

Taula 4.4.2. Característiques de disseny de les canonades.

Corrent	DN		<i>Schedule</i>	Material	Aïllant	
	(in)	(mm)			SI/NO	Gruix (mm)
Propilè	2" 1/2	65	40	ASTM A333	NO	-
Nitrogen	10"	250	40		NO	-
	10"	250	40		SI	70
	10"	250	40		SI	70
	3"	80	40	ASTM A587	SI	70
	8"	200	40		SI	70
	5"	100	40		SI	70
	10"	250	40		SI	70
Gas natural	½"	15	40	ASTM A587	NO	-
Aigua de refrigeració	5	125	40	ASTM A587	NO	-

A continuació es presenta la taula 4.4.3 amb totes les canonades de la unitat de rentat.

Les canonades utilitzen la nomenclatura descrita a continuació: AAA-X"-Yyyy-BB-C

- AAA: En aquest apartat està indicat la línia que correspon, ja sigui propilè (PRO), nitrogen (N), gas natural (GN) o aigua de refrigeració (CW).

- X": Indica el diàmetre de la canonada en polsades.

- Yyyy: Indica la numeració assignada a la canonada en funció del plànol en el que es localitza i de la línia.

-
- *BBB*: En aquest apartat està indicat el material de la canonada, on CS vol dir *Carbon Steel* i LTS acer de baixa temperatura (*Low Temperature Steel*).
 - *C*: Aquesta indicació només apareix si la canonada està aïllada tèrmicament, en cas de que estigui aïllada es representa amb una A, en cas de que no estigui aïllada simplement no apareix aquesta referència.

Taula 4.4.3. Llistat de canonades de la unitat

Preparat	M. Mansergas	Disseny d'una unitat de rentat de propilè FCC					UNITAT ROVIRA I VIRGILI			Rev. 1	
Revisat	M. Armengol									Data 15/05/2017	
Aprovat	N. Hernandez									ETSEQ	
TFG_1703											
LLISTAT DE CANONADES DE LA UNITAT											
Línia	Fluid	Q (kg/h)	T _{op} (°C)	P _{op} (bar)	T _{disseny} (°C)	P _{disseny} (bar)	DN (in.)	Sch.	Material	Aïllant/Gruix (mm)	
N-10"-1001-CS	Nitrogen	3 867	25	11	45	12.1	10	40	ASTM A587	NO/-	
N-10"-1002-CS-A	Nitrogen	2 858	90	18	110	19.8	10	40	ASTM A587	SI/70	
N-10"-1003-CS-A	Nitrogen	3 830	210	18	230	19.8	10	40	ASTM A587	SI/70	
N-3"-1004-CS-A	Nitrogen	421.3	210	18	230	19.8	3	40	ASTM A587	SI/70	
N-8"-1005-CS-A	Nitrogen	2 643	210	18	230	19.8	8	40	ASTM A587	SI/70	
N-5"-1006-CS-A	Nitrogen	766.1	210	18	230	19.8	5	40	ASTM A587	SI/70	
N-3"-1007-CS-A	Nitrogen	421.3	210	18	230	19.8	3	40	ASTM A587	SI/70	
N-8"-1008-CS-A	Nitrogen	2 643	210	18	230	19.8	8	40	ASTM A587	SI/70	

(Cont.) Taula 4.4.3. Llistat de canonades de la unitat

Preparat	M. Mansergas	Disseny d'una unitat de rentat de propilè FCC					UNITAT ROVIRA I VIRGILI			Rev. 1	
Revisat	M. Armengol									Data 15/05/2017	
Aprovat	N. Hernandez									ETSEQ	
TFG_1703											
LLISTAT DE CANONADES DE LA UNITAT											
Línia	Fluid	Q (kg/h)	T _{op} (°C)	P _{op} (bar)	T _{disseny} (°C)	P _{disseny} (bar)	DN (in.)	Sch.	Material	Aïllant/Gruix (mm)	
N-5"-1009-CS-A	Nitrogen	766.1	210	18	230	19.8	5	40	ASTM A587	SI/70	
N-10"-1010-CS-A	Nitrogen	2830	210	18	230	19.8	10	40	ASTM A587	SI/70	
N-10"-1011-CS-A	Nitrogen	2639	210	18	230	19.8	10	40	ASTM A587	SI/70	
N-10"-1012-CS-A	Nitrogen	2639	60	18	80	19.8	10	40	ASTM A587	NO/-	
CW-5"-1101-CS	Aigua de refrigeració	59120	50	7	70	8	5	40	ASTM A587	NO/-	
GN-1/2"-1201-CS	Gas Natural	206.8	25	40	45	44	½	40	ASTM A587	NO/-	
PRO-2"1/2-1301-LTS	Propilè	10620	25	9	45	10	2" 1/2	40	ASTM A333	NO/-	
PRO-2"1/2-1302-LTS	Propilè	10620	25	9	45	10	2" 1/2	40	ASTM A333	NO/-	
PRO-2"1/2-1303-LTS	Propilè	10620	25	9	45	10	2" 1/2	40	ASTM A333	NO/-	

(Cont.) Taula 4.4.3. Llistat de canonades de la unitat.

Preparat	M. Mansergas	Disseny d'una unitat de rentat de propilè FCC				UNITAT ROVIRA I VIRGILI			Rev. 1	
Revisat	M. Armengol								Data 15/05/2017	
Aprovat	N. Hernandez								ETSEQ	
TFG_1703										
LLISTAT DE CANONADES DE LA UNITAT										
Línia	Fluid	Q (kg/h)	T _{op} (°C)	P _{op} (bar)	T _{disseny} (°C)	P _{disseny} (bar)	DN (in.)	Sch.	Material	Aïllant/Gruix (mm)
PRO-2"1/2-1304-LTS	Propilè	10620	25	18	45	19.8	2" 1/2	40	ASTM A333	NO/-
PRO-2"1/2-1305-LTS	Propilè	10620	25	18	45	19.8	2" 1/2	40	ASTM A333	NO/-
PRO-2"1/2-1306-LTS	Propilè	10620	25	18	45	19.8	2" 1/2	40	ASTM A333	NO/-
PRO-2"1/2-1307-LTS	Propilè	10620	25	18	45	19.8	2" 1/2	40	ASTM A333	NO/-
PRO-2"1/2-1308-LTS	Propilè	10620	25	18	45	19.8	2" 1/2	40	ASTM A333	NO/-
PRO-2"1/2-1309-LTS	Propilè	10620	25	18	45	19.8	2" 1/2	40	ASTM A333	NO/-
PRO-2"1/2-1310-LTS	Propilè	10620	25	18	45	19.8	2" 1/2	40	ASTM A333	NO/-

4.5. Disseny i fitxes d'equips

4.5.1. Disseny de la bomba P-101A/B

Per a seleccionar un equip de bombeig s'ha de tenir un coneixement complet del sistema en el que treballarà la bomba, en el cas contrari una selecció errònia causaria el mal funcionament de la bomba, afectant l'eficiència del sistema.

El procediment bàsic seguit per l'elecció del tipus de bomba ha sigut el següent:

1. Estudi de la disposició de la bomba i el sistema de canonades.
2. Determinar el cabal de bombeig.
3. Calcular l'altura manomètrica total.
4. Escollir la classe i tipus de bomba adequada.

4.5.1.1. Estudi de la disposició de la bomba i el sistema de canonades

L'esfera de propilè grau refinaria es troba situada al Parc de Tancs Exterior (PTE) de BASF, des de les mateixes instal·lacions es bombeja el propilè. Aquest propilè es troba emmagatzemat entre 7 i 11 bar de pressió en dues esferes de 2 300 m³. El sistema d'adsorció es troba a 4 000 m del PTE, a més, se li suma la caiguda de pressió provocada pels adsorbidors de 0.2 bar i els 75 metres de columna per introduir el propilè al *splitter*.

4.5.1.2. Determinació del cabal de bombeig

Per seleccionar equips de bombeig, s'ha de determinar el cabal amb el que treballarà aquest equip durant la seva vida útil, en aquest cas es tracta d'un cabal de 18.2 m³/h de propilè grau refinaria.

Un aspecte molt important a tenir en compte per al disseny és la velocitat que aconseguix el fluid per l'interior de les canonades, en aquest cas s'ha suposat una velocitat mitjana de 2 m/s.

Si la bomba seleccionada treballa amb cabals superiors al nominal, pot haver-hi sobrecàrrega del motor i cavitació, a part la bomba treballarà amb baix rendiment. En canvi, si la bomba treballa amb cabals menors al nominal, la bomba treballaria amb un baix rendiment i, en cas de capacitat extremadament baixa, podria presentar escalfament excessiu.

4.5.1.3. Altura manomètrica total

L' alçada manomètrica total h_A és aquella contra la qual treballarà la bomba durant el seu funcionament. La diferència entre les altures totals d'impulsió i d'aspiració és la càrrega de la bomba, és a dir, l'energia que ha de ser conferida al fluid.

$$h_A = \frac{p_B - p_A}{\rho \cdot g} + (z_B - z_A) + \frac{v_B^2 - v_A^2}{2 \cdot g} + h_f \quad (4.5.1)$$

Tenint en compte els 4 000 m d'impulsió, més la pèrdua de càrrega dels adsorbidors, com l'energia perduda pel sistema (h_f), considerant el factor de fricció (f) extret del diagrama de *Moodly* [7] i la columna de líquid a l'*splitter* de 75 m, l'alçada manomètrica total expressada en metres és de 270 m.

La zona d'aspiració està compresa entre el tanc des d'on es bombeja el líquid fins a la bomba. Per l'altra banda, el tram situat a la sortida de la bomba és el que es coneix com a línia o zona d'impulsió.

$$\frac{p_A}{\rho \cdot g} = \frac{p_1}{\rho \cdot g} + z_1 - h_f \quad (4.5.2)$$

On p_1 és la pressió a la sortida del tanc esfèric, amb una pressió de 9 bar i p_A la pressió d'aspiració. Si a l'expressió anterior li restem la pressió de vapor tindrem la Càrrega Neta Positiva d'Aspiració Disponible ($NPSH_{dis}$):

$$NPSH_{dis} = \frac{p_A - p_v}{\rho \cdot g} \quad (4.5.3)$$

El NPSH és la pressió proveïda pel sistema hidràulic extern a la bomba i depèn exclusivament de les característiques hidràuliques de la xarxa externa de succió connectada a la bomba, la bomba aporta un NPSH de 16.68 m. Perquè la instal·lació operi satisfactòriament, sense fallades hidràuliques ni mecàniques, el NPSH disponible al sistema ha de ser major al NPSH requerit per la bomba.

De manera que la pressió a la sortida de la bomba (alçada total d'impulsió), en metres de columna de líquid, és la següent:

$$\frac{p_B}{\rho \cdot g} = \frac{p_2}{\rho \cdot g} + z_2 + h_f \quad (4.5.4)$$

On p_2 és la pressió requerida, amb una pressió de 18 bar i p_B la pressió d'impulsió.

4.5.1.4. Selecció del model de bomba adequat

Per a la selecció del model adequat de la bomba s'expressa amb la corba característiques de la bomba, aportada pel fabricant. En aquest cas, el fabricant només permet l'accés de la corba de cabal i càrrega de la bomba, adjuntada en el full d'especificacions.

En l'Annex A.1. es poden consultar les especificacions de la bomba proporcionades pel fabricant.

PUMP CALCULATION SUMMARY SHEET					
1	Nº OF PUMPS	RUN:	1	SPARE:	1
2	SERVICE				
3					
4					
5	FLUID PUMPED	Propilè			
6	OPER. TEMP	25 °C			
7	DENSITY	580 kg/m3			
8	VISCOSITY	0.09 cP			
9	VAPOR PRESS.	11.5 bar			
10	NORM. CAPACITY	20 m3/h			
11	MAX. CAPACITY	42 m3/h			
12					
SUCTION CONDITIONS					
14	TOTAL SUCT. PR.,	9 bar			
15	NPSH (m.w.c.)	16.68 m			
16					
DISCHARGE CONDITIONS					
18	LIQUID HEAD	kg/cm ² g			
19	TOTAL DISCH. PR.,	18 barg			
20	DIFF. PRESSURE	9 barg			
21	DIFF. HEAD (m.w.c.)	300 m			
22	PUMP REQUIREMENTS				
23	TYPE PUMP	Bomba Sundyne LMV-322			
24	ESTIMATED EFF.	%			
25	ESTIMATED Rot. freq.	50 Hz			
26	ESTIMATED Power	37 kW			
27	TYPE DRIVER				
28	STEAM (abs.)	kg/cm ² g		°C	
29	ELECTRICITY	V:	PH:	Hz	
30					
31					
PUMP MATERIALS					
33	CASE				
34	IMPELLER				
35	SHAFT				
36	SHAFT SLEEVE				
37	SEAL/PACKING				
38	PISTON				
39					
40	Nozzles	Mark	Nº	Dia.	Rating
41	Suction				
42	Discharge				
43					
44		10/04/2017			N.Hernandez
45	0	02/04/2017	M.Mansergas		
46	REV.	DATE	PREP.	APPR.	
47					

CORBA SELECCIÓ DE LA BOMBA

ESQUEMA DE LA BOMBA

Sundyne LMV-322 Pump

Gen. Arr. Drawin

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

4.5.2. Disseny del compressor C-101

Per tal de què es produeixi la regeneració en els adsorbidors de manera eficaç, és necessari que el nitrogen arribi en unes condicions d'operació específiques. El corrent gasós de nitrogen arriba a la planta a una pressió de 15 bar, mentre que per a la regeneració és necessari que aquest estigui a 18 bar. És per aquest motiu que s'ha decidit instal·lar un compressor centrífug.

Aquest ha sigut dissenyat considerant que es tracta d'un sistema tancat isoentròpic en el qual hi ha variació de pressió i de temperatura, però la densitat, i per tant, el volum específic es mantenen constants. A més a més, s'ha tingut en compte que el rendiment és del 85%. Així doncs, seguint aquestes consideracions, s'ha determinat la potència que ha de tenir el compressor utilitzant l'expressió 4.5.5.

$$W = \dot{m} \cdot \int_{P_1}^{P_2} V \cdot \partial P = \frac{1}{\rho} \cdot (P_2 - P_1) \quad (4.5.5)$$

On m és el cabal de nitrogen a comprimir, ρ és la densitat d'aquest a les condicions d'entrada; i P_2 i P_1 són les pressions a la sortida i a l'entrada, respectivament.

Finalment, s'ha obtingut que és necessària una potència de 191 kW, per a comprimir aquest cabal 3 bar.

Per tal de determinar la temperatura a la sortida del compressor, inicialment s'ha utilitzat l'expressió 4.5.6 per calcular la temperatura de sortida en cas que es tractes d'un sistema ideal (T_{2S}), és a dir, que el rendiment del compressor fos del 100%. A partir d'aquí, sabent que el rendiment real és del 85%, mitjançant la relació 4.5.7 s'ha pogut establir la temperatura exacta a la sortida, T_2 .

$$\frac{T_1}{T_{2S}} = \left(\frac{P_1}{P_2} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \quad (4.5.6)$$

$$\eta = \frac{T_{2S} - T_1}{T_2 - T_1} \quad (4.5.7)$$

On γ és la relació entre el coeficient de calor específic del nitrogen a pressió constant (C_p) i a volum constant (C_v), i que s'ha determinat a partir de les condicions d'entrada. ($\gamma = C_p/C_v$).

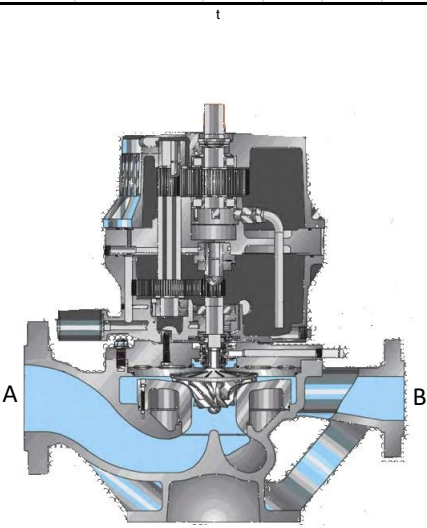


Finalment s'ha obtingut que la temperatura a la sortida del compressor és de 26.6°C.

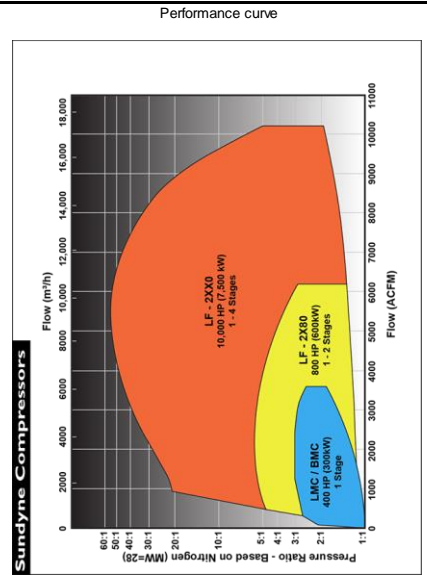
Seguidament, a la taula 4.5.1 es mostren els diferents valors de les variables utilitzades per al càlcul a les condicions d'entrada i sortida. Totes elles han sigut determinades a partir del programa de dades *EES*.

Taula 4.5.1. Condicions d'entrada i de sortida del compressor.

	Entrada (1)	Sortida (2)
Temperatura (°C)	87.5	93.0
Pressió (bar)	15.0	18.0
Cabal (kg/h)		38 900
Densitat (kg/m ³)		17.0
Cp (kJ/kg)		1.06
Cv (kJ/kg)		0.747

Un cop s'ha realitzat el disseny del compressor, s'ha de buscar un fabricant que s'ajusti a les condicions d'operació necessàries d'aquest. S'ha decidit que el model que s'instal·larà és el C51 que proporciona la companyia *Solar Turbines*, el qual és un compressor centrífug que proporciona una elevada eficiència i pot treballar dins un ampli rang de condicions. El full d'especificacions del qual es troba a continuació, i el catàleg proporcionat pel proveïdor es mostra en l'Annex A.2.

1	GENERAL	Item:	C-101					
2		Service:	Compressor de nitrogen					
3		Manufacturer:	SUNDYNE					
4		Quantity:	1					
5		Type:	Centrifugal Compressor	Model:	LMC / BMC-333			
6	SERVICE	Vapor or Gas Handled						
7		Nitrogen		100	%			
8		Component 2		0	%			
9		Component 3		0	%			
10		Component 4		0	%			
11		Molecular wt.		28.01	kg/kmol			
12		Density		16.99	kg/m ³			
13		Viscosity		0.02	cP			
14		Critical Press. (eff.)		33.96	bar			
15		Critical Temp.		-147	°C			
16		Cp/Cv		1.425				
17		Compressibility		0.9975				
18		Suction Conditions						
19		Weight Flow		38 871	kg/h			
20		Volume Flow		31 096	Nm ³ /h			
21		Pressure		15.3	kg/cm ² g			
22		Temperature		87.5	°C			
23		Discharge Conditions						
24		Pressure		18.35	kg/cm ² g			
25		Dif. Pressure		3.05	kg/cm ²			
26		Estim.Mechanical Efficiency		0.85	%			
27		Power (including Gear Loss)		190.7	kW			
28		Rot. freq.			s ⁻¹			
29		Surge at capacity			%			
30		Number of Stages		1				
31	Code							
32	Case Design Pressure		70	bar				
33	Impeller Type							
34	Diameter		38.1	mm				
35	Seal Type							
36	Lubrication System:							
37	Cooling Water Required on:	5	Casing: <input type="checkbox"/> Stuffing Box: <input type="checkbox"/>	105	bar			
38	Hydrostatic Test Pressure (eff.)							
39	Casing & Covers:	Thick. / Dia.	19.05 mm	Mat'1 Class	Carbon Steel			
40	Shaft:		38.1 mm		Carbon Steel			
41	Shaft Sleeves:		mm					
42	Impeller Hubs & Covers:		mm		17-4PHSS Titanium			
43	Impeller Vanes:		mm		17-4PHSS Titanium			
44	Intercooler:							
45	Aftercooler:							
46	NOZZLES	Service	Mark	Nº	Size (in)	Rating		
47		Suction	A	1	6	#600		
48		Discharge	B	1	4	#600		
49		Cooling Water	C					
50			D					
51			E					
52		F						
53	UTILITIES	Steam (Driver)						
54		Pressure				kg/cm ² g		
55		Temperature				°C		
56		Electricity (Motor Driver)						
57		Mechanical Data:						
58		Estimated Power Req'd:		190.7	kW			
59		Proposed Motor Size		298	kW			
60		Rot. freq.			s ⁻¹			
61		Electrical Data:						
62		Voltage			V			
63		Phase						
64		Frequency		50	Hz			
65	Full load Current			A				
66	Cooling Water							
67	Temp.Inlet			°C				
68	Temp.Outlet			°C				
69	Pressure, Normal			kg/cm ² g				
70	Design			kg/cm ² g				
71	MISCEL	Wt. of Compressor (Less Base)			kg			
72		Wt. of Driver			kg			
73								
74								
75								
76								
0	24/05/2017		Marina Armengol					
REV.	DATE	PREP.	APPR.			 UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química Departament d'Enginyeria Química		



4.5.3. Disseny del bescanviador de calor E-101

El corrent de purga de nitrogen provinent dels adsorbidors durant la regeneració s'ha de refredar abans que aquest torni a entrar de nou al forn, per aquest motiu s'ha decidit instal·lar un bescanviador. Un cop ha tingut lloc la regeneració de tots els adsorbidors, el nitrogen surt a una temperatura de 210°C i el qual ha de ser refredat fins aproximadament 60°C, per aconseguir-ho s'utilitzarà un bescanviador de tubs i carcassa amb aigua com a refrigerant. Aquest aigua prové d'un circuit tancat d'aigua de torre, entra al bescanviador a 25°C i surt a 50°C.

Seguidament, en la figura 4.5.1 es pot observar el perfil de temperatures dels dos fluids que circulen.

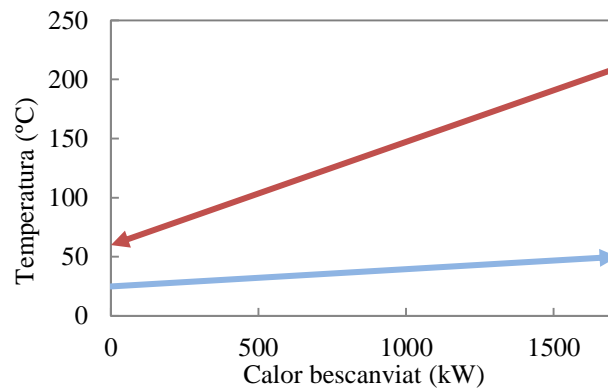


Figura 4.5.1. Perfil de temperatures del bescanviador

La línia de color vermell fa referència al nitrogen que és el fluid calent, mentre que la de color blau és la de l'aigua, el fluid fred; la calor total bescanviada és de 1716 kW.

4.5.3.1. Consideracions de disseny

Per tal de realitzar el disseny del bescanviador s'ha seguit el mètode *Kern*^[14] i la normativa TEMA. Inicialment, s'han establert una sèrie de consideracions:

- El nitrogen, com és el fluid gasós circularà per la carcassa, mentre que el líquid anirà pels tubs.
- La diferència de temperatures entre la entrada i la sortida del bescanviador és elevada, per tal d'evitar que els esforços tèrmics produeixin fractures, la placa del capçal de tubs serà flotant, tipus "T" segons la normativa.
- El capçal serà de tipus "B", per tant la tapa i el distribuïdor estaran en una sola peça.

- N'hi haurà un sol pas per carcassa, així que serà de tipus "E", mentre que pels tubs hi haurà 4 passos.
- Tant els tubs com la carcassa estaran fets d'acer al carboni.
- La disposició dels tubs en el feix serà triangular ja que així es pot posar un major nombre de tubs dins del casc. A més la neteja d'aquests serà més senzilla, ja que es podrà realitzar per mitjans químics.
- Totes les dimensions seleccionades són dimensions estàndard per tal d'economitzar el disseny.

4.5.3.2. Procediment de càlcul

A continuació s'explicarà de manera breu el procediment de càlcul seguit (mètode Kern) per tal de dissenyar el bescanviador.

Inicialment, s'ha determinat, a partir de les temperatures d'entrada i sortida dels fluids la variació de temperatura total en el bescanviador (ΔT) i s'ha vist afectat per un factor corrector que depèn del tipus de bescanviador així com de les temperatures d'entrada i sortida.

$$\Delta T = \frac{(T_{e,c} - T_{s,f}) - (T_{s,c} - T_{e,f})}{\ln\left(\frac{(T_{e,c} - T_{s,f})}{(T_{s,c} - T_{e,f})}\right)} \quad (4.5.8)$$

Els subíndex e, s, f i c , fan referència a: entrada, sortida, fred i calent, respectivament.

Seguidament, s'ha pogut determinar l'àrea de bescanvi de calor disponible, suposant un coeficient global de transferència de calor (U_i) i tenint en compte el calor bescanviat, \dot{q} (kJ/kg).

$$A = \frac{\dot{q}}{U_i \cdot \Delta T} \quad (5.4.9)$$

Aquest àrea es veurà modificada en funció del nombre de tubs que s'instal·laran. A continuació, s'han calculat els coeficients de convecció tant del costat dels tubs com al costat de la carcassa per poder així conèixer el coeficient global de transferència de calor del bescanviador, i finalment així determinar l'àrea d'intercanvi requerida. Aquests coeficients depenen de diversos factors com són les velocitats dels fluids, el *Reynolds*, *Prandtl*, *Nusselt* i els diàmetres de tubs i carcassa.

Finalment, a partir del coeficient de convecció global (h_o) s'ha pogut determinar el coeficient global de servei del bescanviador i així, aplicant l'expressió 5.4.9, trobar l'àrea requerida.

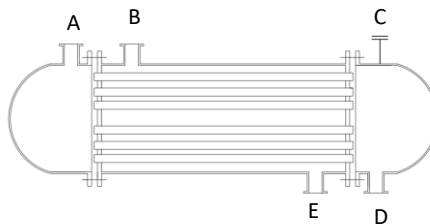
És necessari que l'àrea d'intercanvi disponible sigui major que la requerida, però la diferència entre aquestes no pot ser superior al 15%, de no ser així s'ha de redimensionar el bescanviador, canviant alguns paràmetres com el diàmetre de la carcassa, el nombre de tubs o el diàmetre d'aquests.

També ha estat necessari calcular la caiguda de pressió tant en el costat de la carcassa com en els tubs ja que aquesta no pot ser superior a 0.5 bar.

Finalment, es poden observar les dimensions, condicions d'operació, propietats del fluid, i altres característiques del bescanviador en el full d'especificació que es mostra a continuació.

El fabricant d'aquest equip és *Standard Xchange* i el model seleccionat és el C100CENTURY, es pot consultar el catàleg en l'Annex. A.3.

ITEM No.: E-101					
Service: Refrigeració de nitrogen					
Type:	BET	Position:	Horizontal	Total surface / unit:	314 (m ²)
No. Shell:	1	Flux a contracorrent			
PERFORMANCE OF UNIT					
		Shell side		Tube side	
		Inlet	Outlet	Inlet	Outlet
Fluid name		Nitrogen		Aigua	
Fluid total flow	kg/h	38 870		59 120	
Vapour	kg/h	38 870		0	
Liquid	kg/h	0		59 120	
Steam	kg/h				
Water	kg/h				
Temperature	°C	210	60	25	50
Density	kg/m ³	10.4	15.2	997	988
Viscosity	cP	0.03	0.02	1.31	0.42
Vapour molecular weight					
Specific heat	kJ/kg K	1.058	1.06	4.18	4.18
Thermal conductivity	W/m K	0.038	0.029	0.595	0.631
Latent heat	kcal/kg				
Inlet pressure	bar	15		7	
Velocity	m/s	20.4		0.34	
Pressure drop (allowable / calculated)	bar	0.5	0.3	0.5	0.04
Fouling resistance	h.m ² .°C/kcal	0.0001		0.0001	
Heat exchanged:	(kW)	1 716			
Heat transfer rate (kcal/h.m ² .°C)	Fouled:			Clean:	
CONSTRUCTION PER SHELL					
Codes:	TEMA	Shell side	Tube side		
Design pressure	bar	25	25		
Design temperature	°C	300	300		
No. of passes		1	4		
Stress relief	mm				
Radiograph.					
Corrosion allowance	mm				
Nozzles	Service	Mark	Dia. (")	Rating	
	Entrada nitrogen	A	10		
	Sortida aigua	B	5		
	PSV	C	-		
	Sortida nitrogen	D	10		
	Entrada aigua	E	5		
MATERIALS			SKETCH		
Shell:	mm	Dia.	Thick. (mm.)	Spec. Mat.	
Channel:		838	10	Carbon Steel	
Tubesheets:				Carbon Steel	
Baffles: n° / mat.			0		
Baffles spacing:			- mm.		
Tubes:					
N°		859			
OD		19.05 mm			
BWG		10			
Length		6100 mm.			
Pitch:		23.8 mm	△		
NOTES:					
		05/05/2017		M. Armengol	
		02/05/2017	N.Hernandez		
		DATE	PREP.	APPR.	



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

4.6. Sistema de recuperació de calor

Per tal d'aprofitar el calor dels fums que surten del forn s'instal·larà un sistema d'aprofitament de calor. El forn seleccionat funcionarà per tir natural i es poden diferenciar dues zones en funció del mecanisme d'intercanvi de calor: la zona més baixa, zona de radiació i la zona superior, la de convecció.

Aquest sistema recuperador es trobarà en la zona de convecció i consistirà en un feix tubular que envoltarà el forn per la part de sortida dels fums aprofitant el calor que desprenen aquests.

El corrent de nitrogen provinent del bescanviador E-101 entrarà al feix tubular per tal de pre-escalfar-se i seguidament entrarà en el forn.

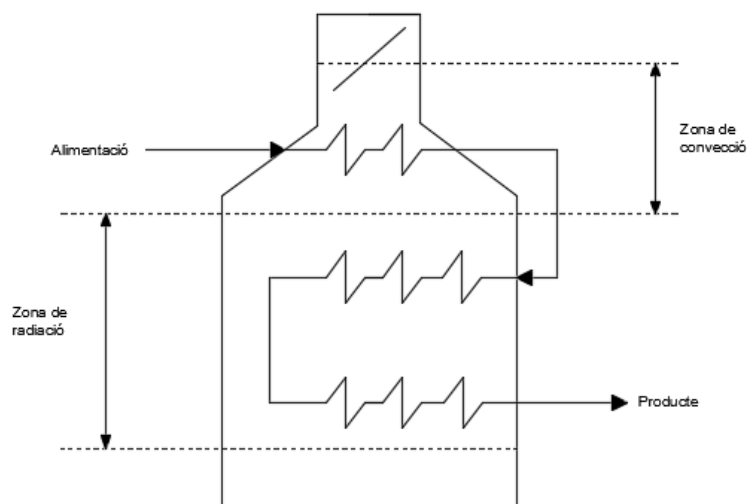


Figura 4.6.1. Esquema de les zones d'intercanvi de calor del forn (F-101).

5. DISSENY DELS ADSORBIDORS

5.1. Part interna: selecció adsorbents, quantitat d'adsorbents, etc.

El projecte parteix de dues especificacions: les de partida del propilè grau refinaria i la de l'entrada de l'*splitter*, per tant, comparant ambdós especificacions resulten tots aquells compostos que s'han d'eliminar i en quines proporcions. Aquests compostos i la disminució en les seves concentracions es mostren en la taula 5.1.1.

Taula 5.1.1. Components per reduir i les especificacions.

Compost	Concentració inicial (% vol)	Concentració final (% vol)
Monòxid de carboni (CO)	0.010	$1 \cdot 10^{-4}$
Diòxid de carboni (CO ₂)	0.010	$1 \cdot 10^{-4}$
Aigua (H ₂ O)	0.012	0.001
Metanol (CH ₃ OH)	0.005	0.001
Etanol (CH ₃ CH ₂ OH)	0.001	$5 \cdot 10^{-4}$
Sulfurs	0.001	$1 \cdot 10^{-5}$
Nitrogen orgànic	0.001	$1 \cdot 10^{-5}$
Arsà (AsH ₃)	0.001	$2 \cdot 10^{-6}$
Fosfina (H ₃ P)	0.001	0.001

Per eliminar tots aquests compostos és necessària la utilització de diversos tipus d'adsorbents; cada adsorbent aconseguirà atrapar un o diversos compostos concrets i mitjançant la combinació d'aquests, es podrà complir amb les especificacions del producte. Es podran distingir tres zones d'adsorció, on l'adsorbent o adsorbents es dipositaran en un tanc en llit fix. Les seccions d'adsorció seran tres i cadascuna s'explica en els subapartats següents.

5.1.1. Secció A-101

En el primer sistema d'adsorció s'utilitzarà l'adsorbent *Selexorb CDX*, producte de l'empresa BASF, el qual permet adsorbir l'aigua, compostos oxigenats, mercaptans i nitrils. Les propietats de l'adsorbent es mostren en la taula 5.1.2.

Taula 5.1.2. Propietats de l'adsorbent *Selexsorb CDX*.

Propietat	Valor
Densitat aparent (kg/m^3)	665
Àrea superficial (m^2/m^3)	460

S'ha suposat una capacitat d'adsorció diferent per cada un dels compostos a adsorbir en aquesta secció, per tal d'assimilar-se tant com sigui possible a la realitat.

Taula 5.1.3. Capacitat d'adsorció de *Selexsorb CDX* de diferents compostos.

Compost	Capacitat d'adsorció ($\text{kg}_{\text{adsorbat}}/\text{kg}_{\text{adsorbent}}$)
Aigua	0.200
Oxigenats	0.150
Mercaptans	0.170
Nitrils	0.200

Aquest adsorbent és un adsorbent esfèric en una base d'alúmina, compost d'òxid d'alumini (Al_2O_3) en un 95.1%; la composició exacta es desconeix degut a què és un producte comercial.

5.1.2. Secció A-102

En el següent sistema d'adsorció s'utilitzarà l'adsorbent *Selexsorb AS*. Aquest producte adsorbirà el producte més important d'eliminar, l'arsà, així com la fosfina. Les propietats de l'adsorbent es mostren en la taula 5.1.4.

Taula 5.1.4. Propietats de l'adsorbent *Selexsorb AS*.

Propietat	Valor
Capacitat d'adsorció (kg/kg)	0.250
Densitat aparent (kg/m^3)	800
Àrea superficial (m^2/g)	190

Aquest és un adsorbent esfèric a base d'alúmina i impregnat amb un compost per tal de proporcionar una òptima capacitat d'adsorció, la composició exacta del qual es desconeix degut a què és un producte comercial; la composició química és en un 96.1% Al_2O_3 més el modificador de propietats. Des de l'empresa que comercialitza l'adsorbent es recomana fer un condicionament de l'adsorbent escalfant el llit amb nitrogen sec a 200°C per tal de desadsorbir l'aigua que pugui retenir.

5.1.3. Secció A-103

En aquest sistema d'adsorció s'utilitzaran dos adsorbents col·locats en un mateix llit, per tal de reduir costos en la inversió de les instal·lacions, ja que així s'evitarà la instal·lació d'un altre adsorbidor. En aquesta secció s'adsorbirà el monòxid de carboni (CO) i el diòxid de carboni (CO₂), amb dos adsorbents diferents, l'adsorbent *Prosorb* pel CO i el *Selexorb COS* pel CO₂. Les propietats del primer adsorbent es mostren en la taula 5.1.5, mentre que les del segon es mostren en la taula 5.1.6.

Taula 5.1.5. Propietats de l'adsorbent *Prosorb E1/16'' 3F*.

Propietat	Valor
Capacitat d'adsorció (kg/kg)	0.220
Densitat aparent (kg/m ³)	750
Àrea superficial (m ² /g)	150

Aquest adsorbent està compost en un 50% de níquel; la composició exacta del qual es desconeix degut a què és un producte comercial. Es produeix en forma de producte extruït amb un diàmetre nominal de 1/16'', aproximadament 1.6 mm. Típicament, aquest adsorbent s'utilitza a temperatura ambient.

Taula 5.1.6. Propietats de l'adsorbent *Selexorb COS*.

Propietat	Valor
Capacitat d'adsorció (kg/kg)	0.250
Densitat aparent (kg/m ³)	275
Àrea superficial (m ² /g)	785

Aquest adsorbent està compost d'òxid d'alumini (Al₂O₃) en un 93.1%; la composició exacta del qual es desconeix degut a què és un producte comercial.

5.1.4. Càlcul del volum d'adsorbent necessari

Per determinar la quantitat necessària d'adsorbent es requereixen totes les dades mostrades en les seccions 5.1.1, 5.1.2 i 5.1.3, així com les concentracions de cadascun dels compostos a adsorbir. En l'expressió 5.1.1 es representa el *breakthrough time* (t_B^*), on es pot observar que depèn de les següents variables: la massa d'adsorbent (S), la capacitat d'adsorció específica de l'adsorbent davant el compost que es vol eliminar (X_i), el cabal volumètric a tractar (V_i) i la concentració en l'entrada del contaminant a eliminar ($C_{0,i}$).

$$t_B^* = \frac{S \cdot X_i}{\dot{V} \cdot c_{0,i}} \quad (5.1.1)$$

L'estratègia seguida per al disseny dels adsorbidors és la selecció d'un temps de *breakthrough* per tal de calcular la massa d'adsorbent necessària en un cas determinat. La resta de variables són fixes, ja que el cabal volumètric a tractar és 20.2 m³/h, la capacitat d'adsorció específica de l'adsorbent davant el compost que es vol eliminar depèn de l'adsorbent i la concentració en l'entrada del contaminant a eliminar depèn exclusivament del compost que s'estigui adsorbint.

Per tant, s'aplicarà aquesta expressió a cada compost que sigui adsorbit i es determinarà la massa d'adsorbent necessària. Llavors, en el cas de què un adsorbent capturi més d'un compost, es sumaran aquestes masses d'adsorbent necessàries per donar el total d'adsorbent del tipus determinat. Finalment, es tindrà la quantitat necessària dels quatre tipus d'adsorbents.

Amb la massa de cada adsorbent i la seva densitat, fàcilment es podrà determinar el volum d'adsorbent necessari i el que ocuparà dins el llit fix.

A continuació, en la taula 5.1.7 es mostren els resultats dels càlculs realitzats.

Taula 5.1.7. Resultats del càlcul del volum d'adsorbent necessari.

Paràmetre	Massa d'adsorbent necessària (kg)	Volum de l'adsorbent necessari (m ³)
<i>Selexsorb CDX</i>	5 098	9.27
<i>Selexsorb AS</i>	32 320	37.0
<i>Prosorb EI/16</i>	5 264	6.23
<i>Selexsorb COS</i>	4 490	5.20

5.2. Part de recipient

El fet que els adsorbidors operin a una pressió diferent a la pressió atmosfèrica, fa que aquests es considerin recipients a pressió. Per aquest motiu, s'ha realitzat el dimensionament i càlcul d'aquests equips tal i com estableix la normativa ASME per a recipients a pressió.

Tots els adsorbidors treballen a una pressió superior a la exterior, tant quan es troben en el procés d'adsorció com en el de regeneració, així doncs s'han seguit les normes establertes per a recipients a pressió interna.

5.2.1. Selecció del material

Un dels aspectes clau a l'hora de construir un recipient és la selecció del material amb el que es fabricarà. És necessari que aquest sigui adient per a les condicions en les que el recipient ha de treballar, el fluid que ha de contenir i les condicions ambientals a les que estarà sotmès.

En el cas que s'estudia, tots els adsorbidors a dissenyar contindran una mescla de propà i propilè amb restes de impureses, mentre està adsorbint, i contindran nitrogen gas per a la regeneració. En cap dels dos casos es presenten grans problemes de corrosió, a pesar d'això es construiran amb un sobre gruix per seguretat.

Per altra banda, s'ha de tenir en compte que el propilè està líquid, aquest fet pot provocar que al entrar el fluid en els adsorbidors es produeixi una expansió al refredar-se de sobte, donant lloc a la destrucció del recipient. Els acers al carboni de baix aliatge són una bona opció per tal d'evitar aquest incident ja que proporcionen una elevada resistència estructural, i a més són resistents a les baixes temperatures.

Així doncs, tenint en compte el llistat de materials proposats pel codi ASME s'ha seleccionat un acer al carboni de baix aliatge que conté també níquel, el qual millora la tenacitat a baixes temperatures i també la resistència a la corrosió; a més de molibdè i manganès. Exactament, s'utilitzarà un acer grau A 203 tipus C específic per a plaques, en funció d'aquest material i la temperatura a la que hagin d'operar els recipients, vindrà donat el valor l'esforç del material (S).

5.2.2. Càlcul de les dimensions òptimes

Un cop s'han determinat els volums necessaris de cada adsorbent en l'apartat 5.1 i tenint en compte que per seguretat, el volum del disseny de cada adsorbidor serà un 20% superior del requerit, és necessari determinar quines seran les dimensions òptimes de cadascun d'ells.

S'ha considerat que cada adsorbidor serà un tanc de caps el·lipsoïdals, la longitud i el diàmetre de cadascun d'ells s'ha determinat seguint el procediment que estableix la normativa, i que s'explica a continuació.

S'ha considerat que cada adsorbidor serà un tanc el·lipsoïdal, dissenyat seguint el procediment que estableix la normativa^[12], i que s'explica a continuació.

Per tal de construir un recipient amb una capacitat determinada amb un mínim de material, s'ha de determinar la relació correcta entre la longitud i el diàmetre, i que es determinarà a continuació.

Inicialment, seguint l'expressió 5.2.1., es determina el factor F .

$$F = \frac{P}{C \cdot S \cdot E} \quad (5.2.1)$$

On, P és la pressió de disseny, C el marge per corrosió, S el valor de l'esforç del material i E , l'eficiència de la junta.

S'ha considerat una pressió de disseny inicial d'un 10% major que la d'operació, posteriorment un cop conegudes les dimensions dels adsorbidors, es calcularà la pressió de disseny de cadascun tenint en compte el pes de la columna de líquid.

Com ja s'ha comentat amb anterioritat, tots els recipients seran d'acer al carboni de baix aliatge, el valor de l'esforç d'aquest material tant a la temperatura d'adsorció (25°C), com a la de regeneració (200°C), és de 184 MPa.

Pel que fa el valor de l'eficiència de la junta s'ha considerat un valor de E de 0.85, ja que les soldadures seran tipus 1 radiografiades parcialment.

Conegut el valor del factor F i en funció del volum de cada adsorbidor, es determina mitjançant el gràfic de la figura 5.2.1^[12] el diàmetre del recipient.

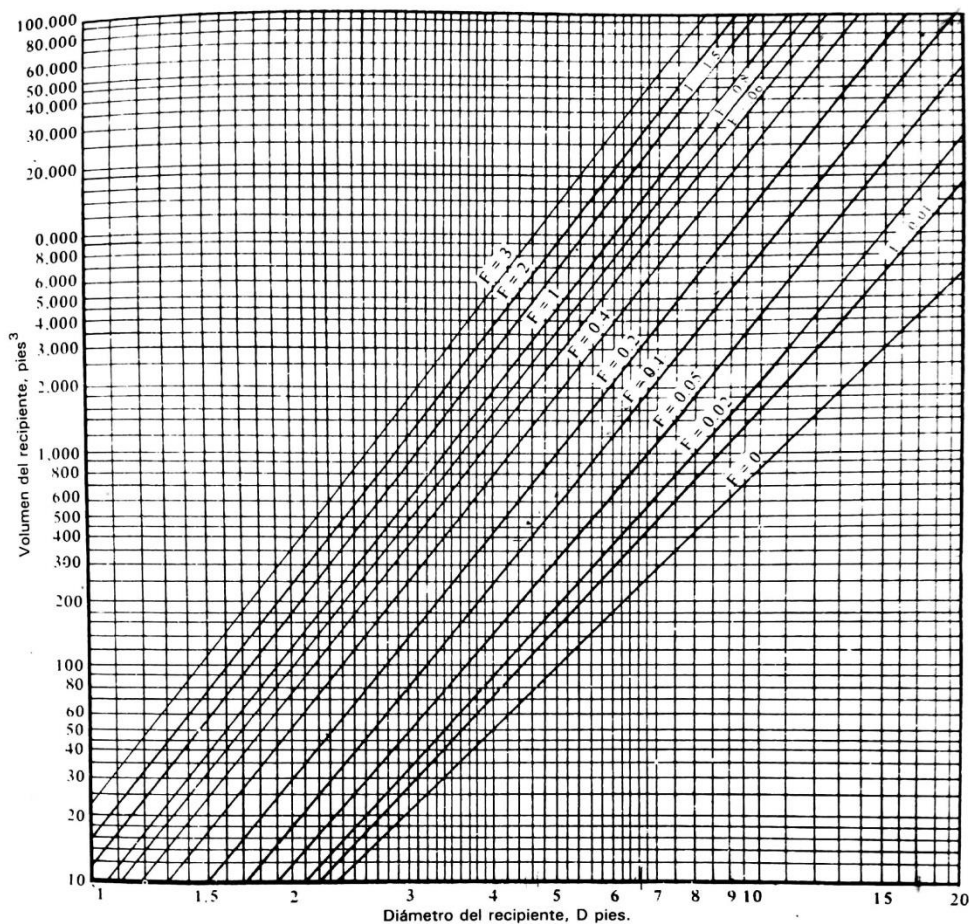


Figura 5.2.1. Determinació del diàmetre òptim.

Finalment, per determinar el valor de la longitud del recipient s'utilitza l'expressió 5.2.2.

$$L = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot D^2} \tag{5.2.2}$$

On V és el volum del recipient en peus cúbics i D el diàmetre en peus.

Finalment, en la taula 5.2.1. es poden observar totes les dimensions i dades de cadascun dels adsorbidors.

Taula 5.2.1. Dimensions i condicions d'operació dels adsorbidors.

	Adsorbidor A-101	Adsorbidor A-102	Adsorbidor A-103
Pressió, P (bar)	18.0	18.0	18.0
Marge per corrosió, C (mm)	3.00	3.00	3.00
Esforç, S (MPa)	184	184	184
Eficiència juntes, E	0.85	0.85	0.85
Factor F	0.12	0.12	0.12
Volum, V (m ³)	11.1	44.4	13.7
Diàmetre, D (m)	1.37	1.98	1.34
Longitud, L (m)	7.53	14.4	9.71
Relació L/D	5.49	7.28	7.24

5.2.3. Pressió de disseny, pressió màxima de treball permesa i pressió de prova

La pressió de disseny és aquella amb la qual es dissenyarà el recipient tal que asseguri unes condicions òptimes de funcionament. Per tal de realitzar el càlcul de la pressió de disseny de cada adsorbidor, s'ha determinat inicialment la pressió de cadascuna de les parts: caps i casc, tenint en compte la pressió manomètrica en cada punt de l'adsorbidor més la sobrepressió que exerceix la columna de líquid. Finalment, s'ha agafat com a pressió de disseny de tot l'equip el valor superior dels tres casos.

Quan l'adsorbidor es troba en el procés d'adsorció, el líquid que conté en el seu interior és la mescla de propà-propilè, mentre que quan es produeix la regeneració conté nitrogen. Així doncs, s'ha determinat la pressió en els dos casos, i s'ha triat el valor superior per al disseny.

Anteriorment, s'ha considerat una pressió de disseny amb un valor un 10% superior a la pressió d'operació de l'equip per tal de realitzar els càlculs del dimensionament; però el valor per a cada part del recipient serà el calculat a continuació mitjançant l'expressió 5.2.3.

$$P_{\text{disseny}} = P_{\text{treball}} + 0.1 P_{\text{treball}} + \rho g h \quad (5.2.3)$$

On, ρ és la densitat del fluid que conté l'adsorbidor, 525 kg/m³ per al propilè grau refinaria i 12.9 kg/m³ per al nitrogen. S'ha considerat un valor de la constant de la gravitació de 9.8 m/s², i h és l'alçada en cada part.

Per altra banda, un altre paràmetre important a considerar és la pressió màxima de treball permesa (*MAWP*). Es tracta de la pressió de certificació ASME, la que constarà a la placa de disseny del recipient i es defineix com la mínima de les pressions de disseny.

Abans de posar en funcionament cadascun dels adsorbidors, és necessari realitzar una prova amb pressió hidràulica un cop s'ha construït el recipient. Per tal de determinar aqueta pressió a la que es provarà, es segueix l'expressió 5.2.4.

$$P_{\text{prova}} = 1.3 \cdot \text{MAWP} \quad (5.2.4)$$

Seguidament, es mostren les pressions de disseny, prova i la màxima pressió de treball permesa de cadascuna de les parts dels adsorbidors, el casc i els caps, tenint en compte la pressió que exerceix la columna de fluid en cadascuna d'elles. En la taula 5.2.2 es troben els resultats obtinguts quan té lloc l'adsorció i en la taula 5.2.3 per a la regeneració.

Taula 5.2.2. Pressions de disseny dels adsorbidors en adsorció.

		Pressió disseny (bar)	MAWP (bar)	Pressió prova (bar)
Adsorbidor A-101	Cap el·lipsoïdal superior	20.2	19.8	25.8
	Cos cilíndric	20.2		
	Cap el·lipsoïdal inferior	19.8		
Adsorbidor A-102	Cap el·lipsoïdal superior	20.6	19.8	25.8
	Cos cilíndric	20.6		
	Cap el·lipsoïdal inferior	19.8		
Adsorbidor A-103	Cap el·lipsoïdal superior	20.3	19.8	25.8
	Cos cilíndric	20.3		
	Cap el·lipsoïdal inferior	19.8		

Taula 5.2.3. Pressions de disseny dels adsorbidors en regeneració.

		Pressió disseny (bar)	MAWP (bar)	Pressió prova (bar)
Adsorbidor A-101	Cap el·lipsoïdal superior	19.8	19.8	25.8
	Cos cilíndric	19.8		
	Cap el·lipsoïdal inferior	19.8		
Adsorbidor A-102	Cap el·lipsoïdal superior	19.8	19.8	25.8
	Cos cilíndric	19.8		
	Cap el·lipsoïdal inferior	19.8		
Adsorbidor A-103	Cap el·lipsoïdal superior	19.8	19.8	25.8
	Cos cilíndric	19.8		
	Cap el·lipsoïdal inferior	19.8		

Finalment, s'ha decidit que els adsorbidors es dissenyaran a una pressió de 20.2 bar el A-101; 20.6 bar el A-102 i 20.3 bar el A-103.

5.2.4. Càlcul del gruix dels recipients

Com els adsorbidors estan sotmesos a pressió interna, han de tenir un gruix determinat per garantir la seguretat i el correcte funcionament d'aquests. S'ha d'establir un gruix específic per a cadascuna de les parts del recipient en funció de la seva forma. Cadascun dels recipients es pot dividir en 3 parts, un casc cilíndric i dos caps el·lipsoïdals, tal i com es mostren en les figures 5.2.2 i 5.2.3. D'aquesta manera, s'ha determinat el gruix (t) de cada part utilitzant l'expressió 5.2.5 per al casc cilíndric i la 5.2.6 per al dels caps.

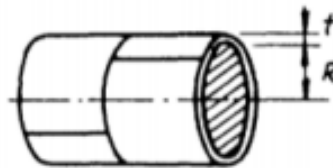


Figura 5.2.2. Representació gràfica del casc cilíndric de l'adsorbidor.

$$t = \frac{PR}{2SE-0.6P} \quad (5.2.5)$$

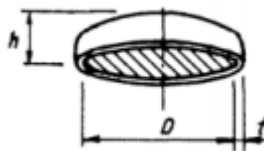


Figura 5.2.3. Representació gràfica dels caps de l'adsorbidor.

$$t = \frac{PD}{2SE-0.2P} \quad (5.2.6)$$

Finalment, en la taula 5.2.4 es troben els gruixos de les parets necessaris de cadascun dels adsorbidors, tenint en compte que a més a més s'ha afegit un sobre gruix de 3 mm per resistir els possibles efectes de la corrosió sobre el material. Cal destacar que, s'ha realitzat el càlcul del gruix dels adsorbidors tant per a l'adsorció com per a la regeneració però els resultats obtinguts eren ben bé iguals i per tant en la taula es mostren ja per als dos casos.

Taula 5.2.4. Gruix requerit dels adsorbidors.

		<i>t</i> amb sobre gruix (mm)
Adsorbidor A-101	Cap el·lipsoïdal superior	11.7
	Cos cilíndric	11.9
	Cap el·lipsoïdal inferior	11.9
Adsorbidor A-102	Cap el·lipsoïdal superior	15.6
	Cos cilíndric	16.1
	Cap el·lipsoïdal inferior	16.1
Adsorbidor A-103	Cap el·lipsoïdal superior	11.5
	Cos cilíndric	11.8
	Cap el·lipsoïdal inferior	11.8

El gruix de l'adsorbidor serà el mateix per a tot l'equip, així que s'ha triat el major requerit i normalitzat en cadascun d'ells per al disseny, 12 mm en l'adsorbidor A-101, 16.5 mm per a l'adsorbidor A-102 i 12.5 mm per a l'A-103.

5.2.5. Càlcul del pes dels recipients

Per tal de determinar quin és el pes total de cada adsorbidor tan quan està ple com quan està buit, s'ha determinat inicialment quin és el pes de cadascuna de les tres parts considerant els seus volums respectius i la densitat del material del que estaran construïts.

En primer lloc, per determinar el pes de la part cilíndrica, s'ha seguit l'expressió 5.2.7, en la que es considera la densitat (ρ) del material, i el volum del cilindre tenint en compte el gruix, i així poder determinar solament el pes del casc cilíndric.

$$\text{Massa casc} = V_{\text{cilindre}} \cdot \rho = \pi \cdot ((R + t)^2 - R^2) \cdot L \cdot \rho \quad (5.2.7)$$

On R és el radi del cilindre, L l'alçada i t el gruix determinat.

D'altra banda, per al pes dels caps dels recipients s'ha considerat que aquestes tenen forma de semiesfera, i per determinar-ho s'ha seguit l'expressió 5.2.8, en la qual es considera també la densitat del material però en aquest cas el volum és el d'una semi esfera.

$$\text{Massa cap} = V_{\text{casc semiesfèric}} \cdot \rho = \frac{2}{3} \cdot \pi \cdot ((R + t)^3 - R^3) \cdot \rho \quad (5.2.8)$$

Cal tenir en compte que s'ha considerat una densitat de l'acer de $7\,850 \text{ kg/m}^3$. D'aquesta manera s'obté el pes de cadascuna de les parts i finalment sumades, el pes total. També s'ha

determinat el pes de cada adsorbidor quan aquests es troben plens, tant de propilè grau refineria com de nitrogen.

Seguidament, en la taula 5.2.5 es poden observar els pesos de tots els adsorbidors, tant quan estan buits, com quan estan omplerts en l'adsorció i en la regeneració.

Taula 5.2.5. Pesos dels adsorbidors

	Pes buit (kg)	Pes ple en adsorció (kg)	Pes ple en regeneració (kg)
Adsorbidor A-101	3 621	8 488	3 741
Adsorbidor A-102	13 015	32 460	13 490
Adsorbidor A-103	4 340	10 340	4 490

5.3. Mesures de protecció

5.3.1. Aïllament tèrmic

La temperatura a la que arriben els adsorbidors durant el procés de regeneració és molt elevada. Per garantir la seguretat del personal d'operació i de l'empresa, es col·locarà un aïllant tèrmic per tal de reduir la temperatura de la superfície dels adsorbidors, evitant així possibles accidents.

S'ha seleccionat un aïllant de llana de roca, degut a la gran resistència que presenta aquest material a les elevades temperatures que s'assoleixen en els adsorbidors. En el catàleg proporcionat pel proveïdor, i que es troba en l'Annex A.4., es poden trobar les propietats que aquest presenta. Concretament, es posarà una manta armada (Manta armada 160), que es tracta d'un feltre de llana de roca cosit per una cara a una malla d'acer galvanitzat. A més a més, és un material incombustible el qual no contribueix en les càrregues de foc, proporcionant una certa protecció addicional a l'equip en cas d'incendi.

A part de proporcionar seguretat personal, l'aïllant disminuirà el risc a què l'equip pateixi corrosió ja que és un material repel·lent a l'aigua i humitat.

El fabricant, proporciona diferents espessors d'aïllant fins a 120 mm, de manera que s'ha de calcular quin serà el gruix requerit per a cada adsorbidor. S'ha seguit el criteri de càlcul que proporciona el gruix òptim per a garantir la seguretat personal. A continuació, s'explica el procediment seguit.

En la figura 5.3.1, es mostra una representació del tall longitudinal de l'adsorbidor per explicar i identificar els paràmetres necessaris per al càlcul.

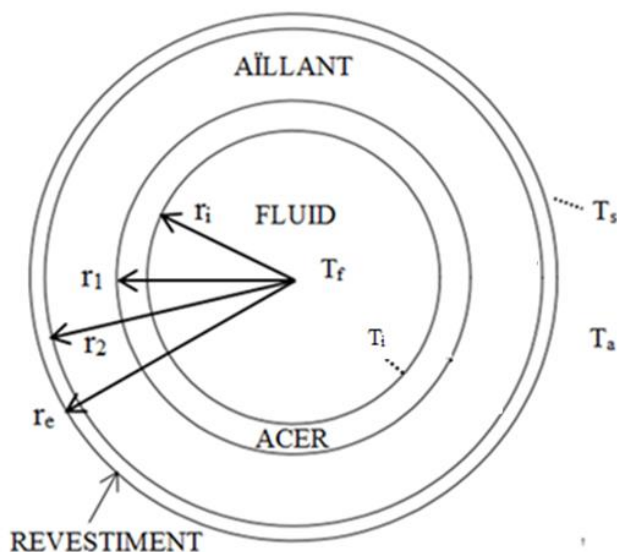


Figura 5.3.1. Representació tall longitudinal de l'adsorbidor.

Com es pot observar en la figura, el transport de calor, es dona per conducció en la part de l'aïllant, acer i revestiment; mentre que en el fluid es dona per convecció, i per radiació en l'ambient. Així doncs, s'ha utilitzat l'expressió 5.3.1 per determinar \$r_2\$ que és el radi tenint en compte l'aïllant i poder determinar finalment el seu gruix.

$$T_s = \frac{(T_f - T_a)}{r_e h_a \left(\frac{1}{r_i h_f} + \frac{\ln\left(\frac{r_1}{r_i}\right)}{k_1} + \frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{k_2} + \frac{\ln\left(\frac{r_e}{r_2}\right)}{k_3} + \frac{1}{r_e h_a} \right)} + T_a \tag{5.3.1}$$

On \$T\$ són les temperatures en els diferents punts, \$r\$ són els radis de l'adsorbidor tenint en compte el gruix del tanc, l'aïllament i el revestiment; \$h_f\$ és el coeficient de transport de calor en el fluid, i les \$k\$ són les conductivitats tèrmiques dels materials que conformen el tanc.

Per tal de determinar el valor del coeficient de transport de calor de la paret exterior a l'ambient (\$h_a\$) s'ha seguit la relació 5.3.2.

$$h_a = B + 0.09(T_s - T_a) \tag{5.3.2}$$

Aquest paràmetre varia en funció del factor \$B\$, el qual ve donat segons el revestiment que se li aplica a l'aïllant. Es posarà un recobriment d'acer inoxidable per a protegir l'equip i el material aïllant de l'abús mecànic, amenaces per foc, condicions ambientals extremes, etc.; i que per al qual el valor de \$B\$ és de 3.4.

Per tal de facilitar el càlcul, s'han tingut en compte les següents consideracions:

- La temperatura del fluid (T_f) és igual a la temperatura de la paret interna de l'adsorbidor (T_i), i per tant s'ha menyspreat el terme $\frac{1}{r_i h_f}$.
- S'ha menyspreat el terme de conducció a través del recobriment extern. Així que es considera que r_e és igual a r_2 i que $\frac{\ln(\frac{r_e}{r_2})}{k_3} = 0$.
- El valor de la conductivitat tèrmica de l'aïllant s'ha agafat a una temperatura mitjana: $T_m = (T_i + T_s) / 2$

Totes les dades necessàries per a realitzar el càlcul es mostren en la taula 5.3.1.

Taula 5.3.1. Dades i paràmetres requerits per al càlcul.

Paràmetre	Adsorbidor A-101	Adsorbidor A-102	Adsorbidor A-103
$T_{\text{fluid (f)}} (^\circ\text{C})$	200	200	200
$T_{\text{superfície (s)}} (^\circ\text{C})$	40	40	40
$T_{\text{ambient (a)}} (^\circ\text{C})$	17	17	17
Radi intern, r_i (m)	0.685	0.99	0.670
Radi + gruix, r_1 (m)	0.697	1.01	0.683
k acer, k_1 (W/m K)	52	52	52
k aïllant, k_2 (W/m K)	0.0502	0.0502	0.0502

Per a realitzar el càlcul, s'ha establert una temperatura superficial de 40°C, per tal d'evitar cremades en el cas que es toqui la superfície. El càlcul s'ha realitzat tenint en compte les condicions d'operació en la regeneració, ja que és el cas més extrem.

A continuació, en la taula 5.3.2 es mostren els resultats obtinguts dels radis de cada adsorbidor tenint en compte l'espessor de l'aïllant (r_2), el gruix requerit de cada aïllant (t_a) i el gruix final normalitzat (t_n).

Taula 5.3.2. Gruix de l'aïllament tèrmic.

	Adsorbidor A-101	Adsorbidor A-102	Adsorbidor A-103
r_2 (m)	0.762	1.076	0.745
t_a (mm)	64.9	66.0	62.0
t_n (mm)	70.0	70.0	70.0

Finalment, tots els adsorbidors estaran recoberts amb unes mantes aïllants de llana de roca amb unes dimensions de 1 m d'amplada, 4.8 m d'alçada i 70 mm d'espessor, segons les mesures normalitzades proporcionades pel fabricant.

Per a realitzar el càlcul de l'aïllament a les canonades de nitrogen s'ha seguit el mateix procediment descrit anteriorment, totes les dades necessàries per a realitzar el càlcul es mostren en la taula 5.3.3.

Taula 5.3.3. Dades i paràmetres requerits per al càlcul.

Paràmetre	Línia de 10"	Línia de 3"	Línia de 8"	Línia de 5"
$T_{\text{fluid (f)}} (^{\circ}\text{C})$	200	200	200	200
$T_{\text{superfície (s)}} (^{\circ}\text{C})$	40	40	40	40
$T_{\text{ambient (a)}} (^{\circ}\text{C})$	17	17	17	17
Radi intern, r_i (mm)	127	39	101	64
Radi + gruix, r_l (mm)	137	45	110	71
k acer, k_1 (W/mK)	52	52	52	52
k aïllant, k_2 (W/mK)	0.0502	0.0502	0.0502	0.0502

A continuació, en la taula 5.3.4 es mostren els resultats obtinguts dels radis de cada canonada tenint en compte l'espessor de l'aïllant (r_2), el gruix requerit de cada aïllant (t_a) i el gruix final normalitzat (t_n) que estaran recoberts amb unes mantes d'aïllants de llana de roca (Fieltros Manta 129). En l'Annex A.5 es poden observar les especificacions i característiques que ofereix el proveïdor d'aquest aïllant.

Taula 5.3.4. Gruix de l'aïllament tèrmic.

	Línia de 10"	Línia de 3"	Línia de 8"	Línia de 5"
t_a (mm)	202.8	99.6	173.8	114.9
t_n (mm)	70	70	70	70

5.3.2. Soldadures

Els adsorbidors estàn formats per 3 parts diferenciades, cap superior, cap inferior i casc; les quals s'han d'unir mitjançant juntes soldades o juntes mecàniques.

El codi ASME diferencia entre quatre categories de soldadures segons siguin de direcció axial o en direcció angular, i el tipus d'elements que uneixen, tal i com es pot observar en la figura 5.3.2.

També es classifiquen les soldadures en 5 tipus a cadascun dels quals se'ls hi assigna un factor d'eficiència (E) el qual ve donat segons la norma UW-12 del codi.

Totes les juntes que uneixen les diferents parts dels adsorbidors seran de tipus 1, és a dir, les parts es troben soldades tant per la part interior com per la part exterior de la superfície, i el radiografiat serà parcial. Així doncs, com ja s'ha comentat amb anterioritat el factor d'eficiència utilitzat per al càlcul del recipient tindrà un valor de 0.85.

Aquelles parts que tinguin que separar-se de manera més freqüent degut a l'operació de l'equip o manteniment, aniran unides mitjançant brides, tubuladures, perns i torques o plaques de reforç segons convingui, i procurant que la possibilitat de fugues sigui mínima.

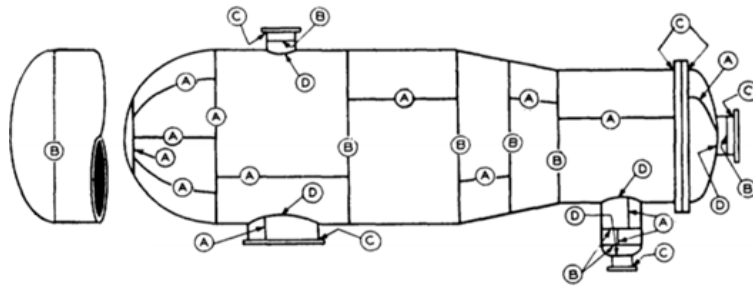


Figura 5.3.2. Classificació de soldadures segons codi ASME.

5.3.3. Suport de recipients

Els adsorbidors estan disposats de manera vertical, aquest fet junt a les seves dimensions i pes, fa que tinguin que ser suportats per faldons cilíndrics que es troben soldats al fons del recipient. Amb aquest tipus de suport, la càrrega es distribueix de manera uniforme al llarg del perímetre de la circumferència de soldadura.

A més a més, hi haurà 4 perns d'ancoratge situats al llarg de la circumferència de suport. És important que hi hagi un accés a dins el faldó per tal de poder accedir-hi per a realitzar el manteniment, i també unes ventilacions per evitar l'acumulació de gasos en la seva part interna.

5.4. Caiguda de pressió

Per fer el càlcul de la caiguda de pressió a l'adsorbidor s'han de tenir present consideracions importants com: seleccionar la mida de les partícules adsorbents, l'efecte de la mida en la transferència de massa, l'efecte de la mida en la caiguda de pressió i l'efecte de la mida en la dispersió axial, entre d'altres.

Es poden reduir les caigudes de pressió en els llits fixos seleccionant mides de partícula més grans. No obstant això, les mides de partícules grans poden donar lloc a baixes taxes de transferència de massa, el que conduiria a un augment de la mida dels llits, en canvi les partícules petites poden augmentar l'efecte de la dispersió axial. Per tant, cal establir un equilibri entre la necessitat de mantenir baixa la inversió de capital garantint una alta taxa d'adsorció sense una elevada dispersió axial. La caiguda de pressió tampoc ha de ser massa baixa, ja que podria produir-se una mala distribució del flux al llit.

La caiguda de pressió més alta és probable que passi durant l'etapa de regeneració, ja que en aquesta etapa el fluid està usualment a la seva temperatura més alta. Per tant, per als processos de llit fix cíclic com el d'estudi és important que es dugui a terme una anàlisi de la caiguda de pressió per a cada etapa del cicle.

El nombre de Reynolds, que ve definit en l'expressió 5.4.1, es requereix generalment en les diverses correlacions que estan disponibles per estimar la caiguda de pressió:

$$Re = \frac{d_p G}{\mu} \quad (5.4.1)$$

On d_p és el diàmetre de partícula, G és el flux de massa, i μ és la viscositat del fluid.

Un factor de fricció adimensional, f , es defineix per:

$$\frac{\Delta P}{L} = \frac{f G^2}{2 d_p \rho} \quad (5.4.2)$$

On ΔP és la caiguda de pressió, L és la longitud del llit, i ρ és la densitat del fluid.

El diàmetre de partícula d_p es defineixi com el diàmetre equivalent d'una esfera que té la mateixa àrea de superfície específica (és a dir, l'àrea de partícula/volum de partícula).

A la correlació de Leva^[8] el factor de fricció f es deriva d'un altre factor f' que és una altra funció que només depèn del Re i del factor de forma Φ_s :

$$f = \frac{f_r(1-e)^{3-n}}{\Phi_s^{3-n}e^3} \quad (5.4.3)$$

En aquesta correlació, el diàmetre de partícula és el diàmetre equivalent d'una esfera que té el mateix volum que la partícula. El valor del coeficient n augmenta d'1 a 2 a mesura que el flux canvia de règims laminars a règims turbulents. Amb la finalitat de tenir en compte l'efecte del cabal sobre la caiguda de pressió. *Chilton i Colburn*^[8] proporcionen dues correlacions per al factor de fricció, depenent del valor de Re :

$$f = \frac{805}{Re} \text{ for } Re < 40 \quad (5.4.4)$$

$$f = \frac{38}{Re^{0.15}} \text{ for } Re > 40 \quad (5.4.5)$$

Per les aplicacions en fase gasosa de baixa pressió com regeneració o recuperació de dissolvent, és probable que es produeixi una alta caiguda de pressió a causa de la baixa densitat i alta velocitat del fluid, en aquest cas, la caiguda de pressió total dels tres adsorbidors és de 0.480 bar en l'etapa de regeneració, en comparació amb la caiguda de pressió durant l'adsorció, que és de 0.009 bar. Per superar aquest problema s'utilitza uns llits d'adsorció molt superficials. Aquests poden donar lloc a problemes de distribució de flux, i per tant cal l'addició de sistemes de distribució de flux com col·lectors, bafles o pantalles.

Seguidament en les taules 5.4.1. i 5.4.2. es mostren els valors dels paràmetres requerits per determinar la caiguda de pressió en cada adsorbidor,.

Taula 5.4.1. Caiguda de pressió durant l'etapa d'adsorció amb corrent de procés.

	Adsorbidor A-101	Adsorbidor A-102	Adsorbidor A-103
Diàmetre de part. (m)	0.005	0.005	0.005
Flux de massa G (kg/s)	2.95	2.95	2.95
Densitat (kg/m ³)	584.72	584.72	584.72
Viscositat (Pa·s)	9E-5	9E-5	9E-5
Re	163.8	163.8	163.8
Factor de fricció f	17.69	17.69	17.69
Longitud L (m)	7.53	14.40	9.71
ΔP (bar)	0.002	0.004	0.003


Taula 5.4.2. Caiguda de pressió durant l'etapa de regeneració.

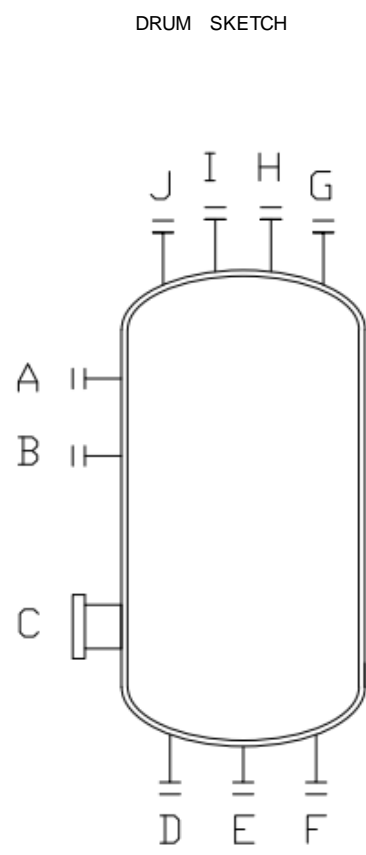
	Adsorbidor A-101	Adsorbidor A-102	Adsorbidor A-103
Diàmetre de part. (m)	0.005	0.005	0.005
Flux de massa G (kg/s)	1.07	1.07	1.07
Densitat (kg/m ³)	1.24	1.24	1.24
Viscositat (Pa·s)	1.78E-5	1.78E-5	1.78E-5
Re	301.76	301.76	301.76
Factor de fricció f	16.14	16.14	16.14
Longitud L (m)	7.53	14.40	9.71
ΔP (bar)	0.11	0.22	0.15

Totes les correlacions descrites anteriorment per la caiguda de pressió s'obtenen a partir d'un mesurament de flux constant, per tant, poden no ser aplicables per les situacions en les que les velocitats estan canviant ràpidament amb el temps.

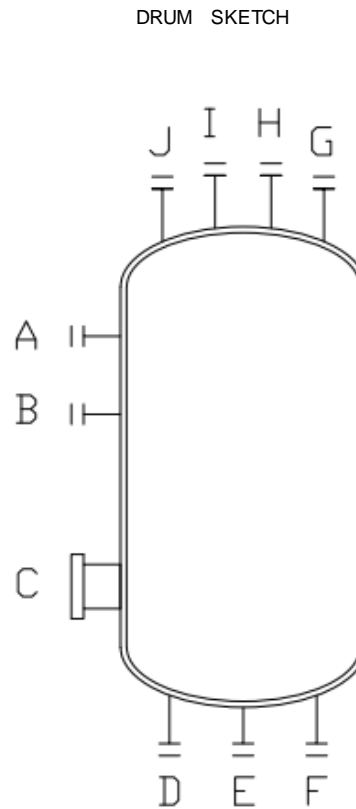
5.5. Fulls d'especificació dels adsorbidors


Seguidament, es presenten les fitxes tècniques dels tres adsorbidors dissenyats amb les dades característiques estimades de cadascun d'ells.

1	Fabricant:		HENAN HZZ IRON AND STEEL CO.,LTD		
2	Item:		A-101		
3	Description:		Adsorbidor	Posició:	Horiz. <input type="checkbox"/> Vertical <input checked="" type="checkbox"/>
4	Product: (ads./reg.)		Propilè grau refinaria / Nitrogen		
5	Pressió d'operació (eff.)		18.36	kg/cm ² g	
6	Temperatura d'operació (ads./reg.)		25 / 200	°C	
7	Densitat del líquid (ads./reg.)		512 / 12.9	kg/m ³	
8	Pressió de disseny (eff.)		20.6	kg/cm ² g	
9	Temperatura de disseny		220	°C	
10	Prova hidrostàtica (eff.)		26.8	kg/cm ² g	
11	Corr. Allow.	Shell / Heads	3	mm	
12	Junta Efic.	Shell / Heads	0.85		
13	Code:				
14	Radiografiat:		Parcial		
15	Stress Relieve:		Si <input type="checkbox"/>	No <input checked="" type="checkbox"/>	X
16	Seismic:				
17	Wind Load:			N/m ²	
18	Hidrostatic Test (eff.)		26.8	kg/cm ² g	
19	Thickness		Mat 1 Class		
20	Shell	12 mm	Acer A302 C		
21	Heads	12 mm	Acer A302 C		
22	Lining	70 mm	Llana de roca		
23	Nozzle Necks				
24	Flanges				
25	Dia.		L / H	Material	
26	Shell	1.4	5.5	Acer A203 Grau C	
27	Heads	1.4	-	Acer A203 Grau C	
28	Insulation:		X Yes	No	<input type="checkbox"/>
29	Fireproofing:		Yes	No	X <input checked="" type="checkbox"/>
30	Sandblast:		Yes	No	X <input checked="" type="checkbox"/>
31	Paint:		X Yes	No	<input type="checkbox"/>
32	Wt. Empty:			3621 kg	
33	Wt. Full Water:			12891 kg	
34	Service	Mark	Nº	Size (")	Rating
35	Control Pressió	A		-	
36	Control Temperatura	B		-	
37	Boca d'home	C		30	
38	Entrada de producte	D		2 1/2	
39	Buidatge	E		20	
40	Sortida de producte	F		3	
41	Buidatge	G		20	
42	Sortida de producte	H		2 1/2	
43	Entrada de producte	I		3	
44	Vàlvula de seguretat	J		-	
45	NOTES:				
46					
47					
48					
49					
0	30/04/2017			Miguel Mansergas	
REV.	DATE	PREP.	APPR.	 UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Químic Departament d'Enginyeria Químic	



1	Fabricant:		HENAN HZZ IRON AND STEEL CO.,LTD		
2	Item:		A-102		
3	Description:		Adsorbidor	Posició:	Horiz. <input type="checkbox"/> Vertical <input checked="" type="checkbox"/>
4	Product: (ads./reg.)		Propilè grau refinaria / Nitrogen		
5	Pressió d'operació (eff.)		18.36 kg/cm ² g		
6	Temperatura d'operació (ads./reg.)		25 / 200 °C		
7	Densitat del líquid (ads./reg.)		512 / 12.9 kg/m ³		
8	Pressió de disseny (eff.)		kg/cm ² g		
9	Temperatura de disseny		220 °C		
10	Prova hidrostàtica (eff.)		kg/cm ² g		
11	Corr. Allow.	Shell / Heads	3 mm		
12	Junta Efic.	Shell / Heads	0.85		
13	Code:				
14	Radiografiat:		Parcial		
15	Stress Relieve:		Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	X <input checked="" type="checkbox"/>
16	Seismic:				
17	Wind Load:		N/m ²		
18	Hidrostatic Test (eff.)		kg/cm ² g		
19	Thickness		Mat 1 Class		
20	Shell	16.5 mm	Acer A302 C		
21	Heads	16.5 mm	Acer A302 C		
22	Lining	70 mm	Llana de roca		
23	Nozzle Necks				
24	Flanges				
25	Dia.		L / H	Material	
26	Shell		1.98	7.28	Acer A203 Grau C
27	Heads		1.98		Acer A203 Grau C
28	Insulation:		X	Yes	No <input type="checkbox"/>
29	Fireproofing:			Yes	No <input checked="" type="checkbox"/>
30	Sandblast:			Yes	No <input checked="" type="checkbox"/>
31	Paint:		X	Yes	No <input type="checkbox"/>
32	Wt. Empty:		13010 kg		
33	Wt. Full Water:		50050 kg		
34	Service	Mark	Nº	Size (")	Rating
35	Control Pressió	A		-	
36	Control Temperatura	B		-	
37	Boca d'home	C		30	
38	Entrada de producte	D		2 1/2	
39	Buidatge	E		20	
40	Sortida de producte	F		3	
41	Buidatge	G		20	
42	Sortida de producte	H		2 1/2	
43	Entrada de producte	I		3	
44	Vàlvula de seguretat	J		-	
45	NOTES:				
46					
47					
48					
49					
	30/04/2017			Marina Armengol	
0	18/04/2017	Nadia Hernandez		UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química Departament d'Enginyeria Química	
REV.	DATE	PREP.	APPR.		



1	GENERAL		Fabricant:	HENAN HZZ IRON AND STEEL CO.,LTD					
2	GENERAL		Item:	A-103					
3	GENERAL		Description:	Adsorbidor	Posició:	<table border="1"> <tr> <td>Horiz.</td> <td>X</td> <td>Vertical</td> </tr> </table>	Horiz.	X	Vertical
Horiz.	X	Vertical							
4	OPERACIÓ		Product: (ads./reg.)	Propilè grau refinèria / Nitrogen					
5	OPERACIÓ		Pressió d'operació (eff.)	18.36	kg/cm ² g	<p style="text-align: center;">DRUM SKETCH</p>			
6	OPERACIÓ		Temperatura d'operació (ads./reg.)	25 / 200	°C				
7	OPERACIÓ		Densitat del líquid (ads./reg.)	512 / 12.9	kg/m ³				
8	DESIGN DATA		Pressió de disseny (eff.)		kg/cm ² g				
9	DESIGN DATA		Temperatura de disseny	220	°C				
10	DESIGN DATA		Prova hidrostàtica (eff.)		kg/cm ² g				
11	DESIGN DATA		Corr. Allow.	Shell / Heads	3 mm				
12	DESIGN DATA		Junta Efic.	Shell / Heads	0.85				
13	DESIGN DATA		Code:						
14	DESIGN DATA		Radiografiat:	Parcial					
15	DESIGN DATA		Stress Relieve:	Si	No		X		
16	DESIGN DATA		Seismic:						
17	DESIGN DATA		Wind Load:		N/m ²				
18	DESIGN DATA		Hidrostatic Test (eff.)		kg/cm ² g				
19	MATERIALS		Thickness	Mat'l Class					
20	MATERIALS		Shell	12.5 mm	Acer A302 C				
21	MATERIALS		Heads	12.5 mm	Acer A302 C				
22	MATERIALS		Lining	70 mm	Llana de roca				
23	MATERIALS		Nozzle Necks						
24	MATERIALS		Flanges						
25	CONSTRUCTION		Dia.	L / H	Material				
26	CONSTRUCTION		Shell	1.34	7.24	Acer A203 Grau C			
27	CONSTRUCTION		Heads	1.34		Acer A203 Grau C			
28	CONSTRUCTION		Insulation:	X	Yes	No			
29	CONSTRUCTION		Fireproofing:		Yes	No			
30	CONSTRUCTION		Sandblast:		Yes	No			
31	CONSTRUCTION		Paint:	X	Yes	No			
32	CONSTRUCTION		Wt. Empty:		4340	kg			
33	CONSTRUCTION		Wt. Full Water:		15770	kg			
34	EQUIPMENT		Service	Mark	Nº	Size			
35	EQUIPMENT		Control Pressió	A		-			
36	EQUIPMENT		Control Temperatura	B		-			
37	EQUIPMENT		Boca d'home	C		30			
38	EQUIPMENT		Entrada de producte	D		2 1/2			
39	EQUIPMENT		Buidatge	E		20			
40	EQUIPMENT		Sortida de producte	F		3			
41	EQUIPMENT		Buidatge	G		20			
42	EQUIPMENT		Sortida de producte	H		2 1/2			
43	EQUIPMENT		Entrada de producte	I		3			
44	EQUIPMENT		Vàlvula de seguretat	J		-			
45	EQUIPMENT								
46	EQUIPMENT								
47	EQUIPMENT								
48	EQUIPMENT								
49	EQUIPMENT								
	30/04/2017		Marina Armengol						
0	18/04/2017	Nadia Hernandez							
REV.	DATE	PREP.	APPR.						
			 UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química Departament d'Enginyeria Química						

6. SEGURETAT

En el disseny inicial d'un procés industrial, és imprescindible que la seguretat sigui una variable a tenir en compte inequívocament. Per aquest motiu, la unitat de rentat de propilè ha estat dissenyada tenint en compte la seguretat del procés. A continuació es mostren tots aquells apartats involucrats en ella.

6.1. Estàndards de seguretat de procés

Inicialment, s'han establert uns estàndards de seguretat bàsics però rellevants, que són de necessari compliment per a garantir la seguretat en la instal·lació industrial.

- Mantenir l'ordre i la neteja tant en el lloc de treball com en tota la planta.
- Utilitzar la vestimenta de protecció adequada per al lloc de treball. En cas que s'indiqui, utilitzar els Equips de Protecció Individual (ulleres, bata, taps auditius, etc.) en els llocs de la planta on sigui necessari.
- No utilitzar màquines o conduir vehicles per als quals no s'hi estigui autoritzat.
- Corregir, protegir o avisar de qualsevol situació de risc que s'observi.
- Utilitzar de manera correcta tota la maquinària i eines de treball requerides. Un cop s'hagi finalitzat el seu ús, tornar i guardar al seu lloc corresponent.
- Per al desplaçament per dins la planta, bé amb vehicles o bé a peu, seguir i respectar els senyals i zones de pas establerts.
- Respectar i ajudar als companys, mantenint un ambient de treball adequat.
- En cas d'incendi o accident, seguir els plans d'evacuació indicats.
- Prestar atenció al treball que s'està realitzant, evitant distraccions.
- Menjar, beure o fumar, solament en aquelles àrees on estigui permès.

És de necessari compliment aquests estàndards per part de tots els treballadors i operaris de la planta així com de tota persona aliena que accedeixi.

6.2. Elements de seguretat

Per tal d'assegurar la seguretat del procés, a més dels estàndards descrits anteriorment, s'ha dotat tot el procés d'una sèrie d'elements claus en els possibles esdeveniments de perill que puguin ocórrer durant l'operació de la unitat de rentat. A continuació es descriuen aquests elements seleccionats, els quals poden actuar evitant esdeveniments de perill o quan aquesta situació s'ha iniciat per mitigar els danys, com podrien ser salvaguardes.

- Els tres adsorbidors dissenyats disposen de vàlvules de seguretat seleccionades depenen de les necessitats del recipient, així com tenint en compte les dues operativitats (rentat i regeneració). Les vàlvules de seguretat són PSV-103, PSV-104 i PSV-105 per a quan s'opera en rentat, i PSV-106, PSV-107 i PSV-108 quan els adsorbidors s'estiguin regenerant.
- S'instal·laran detectors d'explosivitat en l'entorn dels adsorbidors, a diferents altures, per tal de poder detectar fugites i evitar la formació d'atmosferes explosives que puguin desencadenar en accidents que afectin la integritat de la instal·lació o siguin un risc per a les persones.
- Durant el disseny de la unitat es va creure que la minimització del risc de fugues era un punt molt important, per aquesta raó s'han pres una sèrie de decisions per tal de minimitzar possibles fugues:
 - o Les bombes d'alta velocitat utilitzades per impulsar el propilè grau refinaria de la zona d'emmagatzematge fins a la unitat tenen una doble tanca mecànica, amb un líquid barrera que separa el fluid de procés de l'exterior. Si una tanca es trenca, existeix un sistema de control que notificarà la ruptura i podrà ser reparada abans que la segona tanca es trenqui.
 - o En els recipients que actuaran com a adsorbidors, totes les juntes seran soldades amb els materials més adients per a la seva operació, evitant així brides que puguin originar fugues.
- Sistema de buidatge d'emergència: sistema per garantir el buidatge dels adsorbidors en cas de què hi hagi la possibilitat d'accident greu. Constarà d'una sortida dels adsorbidors cap a un tanc soterrat, on es dipositarà el contingut dels tres adsorbidors i es podrà alliberar el propilè cap a la torxa de manera segura, passant abans per un bescanviador.

Per determinar la classificació dels adsorbidors en quant al nivell de protecció exigida s'ha seguit l'annex I i II del RD 400/1996^[9] el qual s'aplica en aparells i sistemes de protecció d'ús en atmosferes potencialment explosives o en dispositius de seguretat i control destinats a utilitzar-se fora d'atmosferes explosives, però que són necessàries, o que contribueixen en el funcionament segur dels aparells i sistemes de protecció.

L'annex I del RD 400/1996 determina la classificació dels aparells en categories, els adsorbidors formen part de la categoria 1 del grup d'aparells II, que comprèn els aparells

dissenyats per a poder funcionar dins dels paràmetres operatius fixats pel fabricant i assegurar un nivell de protecció molt alt. Els aparells d'aquesta categoria estan previstos per utilitzar-se en un entorn en el qual es produeixin de forma constant, duradora o freqüent atmosferes explosives degudes a barreges d'aire amb gasos, vapors, boires o barreges pols aire.

Els aparells d'aquesta categoria han d'assegurar el nivell de protecció requerit, fins i tot en cas d'avaría infreqüent de l'aparell, i es caracteritzen per tenir mitjans de protecció tals que:

- En cas de fallada d'un dels mitjans de protecció, almenys un segon mitjà independent assegni el nivell de protecció requerit.
- En cas que es produeixin fallades independents l'un de l'altre, estigui assegurat el nivell de protecció requerit.

L'annex II del RD 400/1996 determina aquests requisits sobre seguretat i salut relatius al disseny i fabricació d'aparells i sistemes de protecció d'ús en atmosferes explosives, els adsorbidors al formar part de la categoria 1 compleixen els requisits esmentats a l'apartat II.2 de l'annex II.

6.3. Zones d'Atmosferes Explosives (ATEX)

Segons el RD 681/2003^[10] es defineix com atmosfera explosiva a la mescla amb l'aire, en condicions atmosfèriques, de substàncies inflamables en forma de gasos, vapors, boires o pols, en les que, després d'una ignició, la combustió es propaga a la totalitat de la mescla no cremada.

Per tal de determinar les àrees en les que es poden formar atmosferes explosives s'ha seguit lo establert en l'article 7 del RD 681/2003, i classificar-les així en zones segons s'indica en l'annex I.

S'ha determinat que els adsorbidors no es disposaran en la zona 0, àrea de treball en la que una atmosfera explosiva consistent en una mescla amb aire de substàncies inflamables en forma de gas, vapor o boira està present de manera permanent, per un període de temps prolongat, o amb freqüència. Ja que una petita fuga de propilè pot provocar una atmosfera explosiva consistent, però a l'interior del recipient no hi ha oxigen, per tant, no es considera una zona ATEX. No obstant, com es possible que per les brides del recipient pugui haver-hi alguna fuga, es considera que l'exterior que envolta l'adsorbidor és zona 2, ja que és molt poc freqüent.

Es defineix com a zona 2 tota aquella àrea de treball en la que no és probable, en condicions normals d'exploració, la formació d'una atmosfera explosiva consistent en una mescla amb aire de substàncies inflamables en forma de gas, vapor o boira en la que, en cas de formar-se, anomenada atmosfera explosiva sols roman durant breus períodes de temps.

Així doncs, i seguint l'Annex II part B del RD 681/2003, es disposaran els aparells de la zona 2, els de categoria 3.

Segons s'indica en l'Annex III del RD 681/2003 totes les zones de risc d'atmosfera s'han de senyalitzar amb el cartell tal i com s'indica en la figura 6.3.1. Ha de tenir les lletres negres sobre un fons de color groc (que cobreixi com a mínim el 50% de la superfície de la senyal) i amb costats negres.



Zona con riesgos de atmósferas explosivas

Figura 6.3.1. Senyalització zones ATEX.

6.4. Anàlisi preliminar de risc

6.4.1. Identificació de substàncies perilloses

El primer pas per a la correcta identificació dels perills en la planta és la identificació i caracterització de les substàncies involucrades en el procés. Les principals dades d'interès són les propietats de les substàncies perilloses, les quals es mostren en la taula 6.4.1. Dins de totes les substàncies presents en la planta de purificació, s'ha considerat que tan sols el propilè és una substància perillosa.

Taula 6.4.1. Propietats substàncies perilloses.

Propietats	Propilè
Número CAS	115-07-01
Pes molecular (g/mol)	42.1
Classificació	Extremadament Inflamable
Densitat relativa (aigua = 1)	0.50
Densitat relativa de vapor (aire = 1)	1.50
Densitat a 20°C (kg/m ³)	1.78
Punt d'ebullició normal (°C)	- 48
Punt de fusió (°C)	- 158
Punt d'inflamació (°C)	- 108
Límit inferior d'inflamabilitat (%)	2.40
Límit superior d'inflamabilitat (%)	10.3
Frases R	12.0
Frases H	280-220
Frases S	2-9-16-33
Punt d'autoignició (°C)	20
Pressió de vapor a 20°C (kPa)	1 012

6.4.2. Notificació d'establiment amb risc d'Accidents Greus (AG1)

Tenint en compte el perill de les substàncies químiques i coneixent la quantitat total de cada unitat d'adsorció, s'ha realitzat la Notificació d'Accidents Greus, els resultats obtinguts demostren que l'àrea es veu afectada pel nivell baix de la Directiva.

A la taula 6.4.2 s'inclouen les substàncies perilloses nominades a la part 2 del Annex I del RD 840/2015 ^[11], així com la quantitat total.

Taula 6.4.2. Substàncies perilloses nominades a la part 2 del Annex I del RD 840/2015.

Substància	Quantitats màximes estimades (t)	Classificació RE 1272/2008 rellevant a efectes de la Directiva	Classificació RE 1272/2008 rellevant a efectes de la Directiva (Càlcul de ratis)	Indicació de perill (Codis H)	Subsecció corresponent
Propilè	36.4	Part 2 (Ítem 18)	Gas inflamable Categoria 1 Gas a pressió – Gas líquat	H220 H280	Subsecció P2

Taula 6.4.3. Càlcul dels ratis de la substància.

	Substàncies	Quantitat estimada (t)	Llindar (t)		q_x/Q_x	
			Baix	Alt	Baix	Alt
Suma de categories de perill físic	Propilè	36.4	50	200	0.728	0.182

En l'annex A.6 es mostra la notificació AG.

6.4.3. Hazops

S'ha utilitzat metodologia *HAZOP* per tal d'avaluar els riscos dels adsorbents.

Taula 6.4.4. Anàlisi *Hazop* de la unitat de rentat de propilè.

Nus	Paraula guia	Desviació	Possibles causes	Conseqüències	Salvaguardes	Accions a emprendre
Unitat de rentat	Més nivell	Més nivell en D-101 i D-102.	Trencament de la tanca mecànica.	Entrada de producte al dipòsit D-101 o D-102 i sortida de producte al exterior.	Si la pressió del D-101 o D-102 supera la pressió de disseny, la vàlvula de sobrepressió PSV-101 o PSV-102 s'obrirà.	
	Menys nivell	Menys nivell en D-101 i D-102.	Falta de subministrament d'oli mineral.	Possible trencament de la tanca mecànica i sortida del producte al exterior.	Si la pressió del D-101 o D-102 supera la pressió de disseny, la vàlvula de sobrepressió PSV-101 o PSV-102 s'obrirà.	
	No flux	No flux d'alimentació en l'A-101.	Tall del subministrament. Aturada de la bomba P-101 A/B.	Possible cop d'ariet en la bomba P-101 A/B.	Vàlvula antiretorn V-1202.	
Bloqueig de la vàlvula VB-1304, VC-1108 i/o VB-1303.			Possible cavitació de la bomba P-101 A/B, trencament de la tanca mecànica i sortida del producte		Control de cabal per cabal mínim.	

(Cont.) Taula 6.4.4. Anàlisi *Hazop* de la unitat de rentat de propilè.

Nus	Paraula guia	Desviació	Possibles causes	Conseqüències	Salvaguardes	Accions a emprendre
				al exterior.		
		No flux d'alimentació en l'A-102.	Bloqueig de la vàlvula VB-1308.	Possible cavitació de la bomba P-101 A/B, trencament de la tanca mecànica i sortida del producte al exterior.	Si la pressió de l'adsorbidor A-101 supera la pressió de disseny, la vàlvula de sobrepressió PSV-103 s'obrirà.	
		No flux d'alimentació en l'A-103.	Bloqueig de la vàlvula VB-1312.	Possible cavitació de la bomba P-101 A/B, trencament de la tanca mecànica i sortida del producte al exterior.	Si la pressió de l'adsorbidor A-102 supera la pressió de disseny, la vàlvula de sobrepressió PSV-104 s'obrirà.	
		No flux bomba P-101 A/B.	Falta de producte en el tanc.	Possible cavitació de la bomba P-101 A/B. En el cas més desfavorable pèrdua de la integritat de la bomba.		Sistema d'aturada de la bomba si no detecta nivell suficient al tanc.
		No flux del corrent de nitrogen a A-101, A-102, A-103.	Fallada del compressor C-101.	Possible cop d'ariet en la bomba P-101 A/B.	Vàlvula antiretorn V-1203.	
			Bloqueig de la vàlvula VB-1306/VB-	El compressor C-101 entra en zona de	Apertura de la vàlvula de control VC-1106 i	

(Cont.) Taula 6.4.4. Anàlisi *Hazop* de la unitat de rentat de propilè.

Nus	Paraula guia	Desviació	Possibles causes	Conseqüències	Salvaguardes	Accions a emprendre
			1310/VB-1314.	bombeig amb trencament dels àleps i sortida del producte al exterior.	recirculació del nitrogen al compressor.	
		No flux del corrent de gas natural.		No conseqüències de seguretat.		
		No flux a la sortida de l'adsorbidor A-103.	Bloqueig de la vàlvula VB-1315.	Augment de pressió en els adsorbidors A-101, A-102 i A-103 amb possible trencament catastròfic.	Si la pressió de l'adsorbidors A-101, A-102 i A-103 supera la pressió de disseny, les vàlvules de sobrepressió PSV-103, PSV-104 o PSV-105 s'obriran.	
	Menys flux	Menys flux de procés en l'A-101.	Menys flux de l'esperat a A-101. Fallada de la bomba P-101 A/B.	No conseqüències de seguretat.		
			Fallada de la vàlvula de bloqueig VB-1304.	En el cas més desfavorable conseqüències ídem "No flux		

(Cont.) Taula 6.4.4. Anàlisi *Hazop* de la unitat de rentat de propilè.

Nus	Paraula guia	Desviació	Possibles causes	Conseqüències	Salvaguardes	Accions a emprendre
				d'alimentació en l'A-101.”		
		Menys flux de procés en l'A-102.	Fallada de la vàlvula de bloqueig VB-1308.	En el cas més desfavorable conseqüències ídem “No flux d'alimentació en l'A-102.”		
		Menys flux de procés en l'A-103.	Fallada de la vàlvula de bloqueig VB-1312.	En el cas més desfavorable conseqüències ídem “No flux d'alimentació en l'A-103.”		
		Menys flux de nitrogen.	Fallada de la vàlvula de control VC-1106, obre completament la recirculació.	No regeneració de l'adsorbidor. No conseqüències de seguretat.		
	Més flux	Més flux de procés a A-101.	El variador de freqüència de la bomba P-101 A/B al màxim de potència.	No conseqüències de seguretat.		
		Més flux de procés a A-102.	El variador de freqüència de la	No conseqüències de seguretat.		

(Cont.) Taula 6.4.4. Anàlisi *Hazop* de la unitat de rentat de propilè.

Nus	Paraula guia	Desviació	Possibles causes	Conseqüències	Salvaguardes	Accions a emprendre
			bomba P-101 A/B al màxim de potència.			
		Més flux de procés a A-103.	El variador de freqüència de la bomba P-101 A/B al màxim de potència.	No conseqüències de seguretat.		
		Més flux del corrent de nitrogen.	El variador de freqüència del compressor C-101 al màxim de potència.	No conseqüències de seguretat.		
			Fallada del llaç de control FC-205 (llegeix menys flux del real).	No conseqüències de seguretat.		
		Més flux de gas natural.	Fallada de la vàlvula de control VC-1107.	Augment de la temperatura del nitrogen, temperatura dels adsorbidors per sobre de la de disseny amb trencament del equip.	Alarmes TA ⁺ -501/502/503, alarma d'alta temperatura, seguit d'un procés administratiu.	
	Flux revers	Flux revers en el sistema.	Ídem no flux.			
	Més pressió	Més pressió en	Bloqueig de les	El compressor C-101	Apertura de la vàlvula	

(Cont.) Taula 6.4.4. Anàlisi *Hazop* de la unitat de rentat de propilè.

Nus	Paraula guia	Desviació	Possibles causes	Conseqüències	Salvaguardes	Accions a emprendre
		l'A-101, A-102, A-103.	vàlvula VB-1305/VB-1309/VB-1313 durant la regeneració.	entra en zona de bombeig amb trencament dels àleps i sortida del producte al exterior.	de control VC-1106 i recirculació del nitrogen al compressor. Si la pressió dels adsorbidors supera la pressió de disseny, la vàlvula de sobrepressió s'obrirà.	
			Bloqueig de les vàlvula VB-1307/VB-1311/VB-1315.	La bomba P-101 A/B treballa en <i>shut off</i> .		
			El variador de freqüència del compressor C-101 al màxim de potència.	No conseqüències de seguretat. En el cas més desfavorable la vàlvula de sobrepressió obrirà.		
	Menys pressió	Menys pressió	No hi ha casos rellevants.			
	Més temperatura	Més temperatura en l'A-101, A-102, A-103.	Incendi exterior propers als adsorbidors.	Sobrepressió en els adsorbidors seguit de trencament catastròfic i sortida de producte a l'exterior.	Alarma, alerta d'alta temperatura a sala de control. Buidatge d'emergència a tanc subterrani.	

(Cont.) Taula 6.4.4. Anàlisi *Hazop* de la unitat de rentat de propilè.

Nus	Paraula guia	Desviació	Possibles causes	Conseqüències	Salvaguardes	Accions a emprendre
		Més temperatura en F-101.	Fallada de la vàlvula de control VC-1107. Obre completament.	Augment de la temperatura del nitrogen, temperatura dels adsorbidors per sobre de la de disseny amb trencament dels equips.	Alarma, alarma d'alta temperatura, seguit d'un procediment operatiu.	
		Més temperatura en C-101.	Bloqueig de la vàlvula VC-1109.	Augment de la temperatura a l'entrada del compressor. Possible dany de l'estructura mecànica del compressor.		Sistema d'aturada del compressor si detecta una temperatura elevada a l'aspiració.
	Menys temperatura	Menys temperatura en F-101.	Fallada de la vàlvula de control VC-1107. Tanca completament.	No conseqüències de seguretat.		
		Menys temperatura en A-101, A-102, A-103.	Possible fuga per trencament del recipient amb autorefrigeració de l'acer.	Trencament fràgil dels adsorbidors amb sortida de producte al exterior.	Material d'acer adequat que suporta baixes temperatures.	
	Una altra composició	Una altra composició en	No hi ha casos rellevants.			

(Cont.) Taula 6.4.4. Anàlisi *Hazop* de la unitat de rentat de propilè.

Nus	Paraula guia	Desviació	Possibles causes	Conseqüències	Salvaguardes	Accions a emprendre
		l'A-101, A-102, A-103.				
	Una altra fase	Una altra fase en l'A-101, A-102, A-103.	No hi ha casos rellevants.			
	As well as corrosió	As well as corrosió.	Corrosió sota aïllament tèrmic.	Pèrdua de la integritat mecànica d'A-101, A-102 o A-103 amb sortida de producte a l'exterior.	Disseny de l'adsorbidor amb un marge de corrosió acceptable. Programa de supervisió CUI.	
	As well as erosió	As well as erosió.	No hi ha casos rellevants.			
	No utilities	No utilities	Fallada d'energia elèctrica.	Bomba P-101 A/B deixarà de funcionar. Compressor C-101 deixarà de funcionar. Ídem "No flux".		
	No contenció	No contenció	No hi ha casos rellevants.			

6.4.4. Índex DOW d'incendi i explosió

A continuació, es mostren les taules pertinents per a realitzar el càlcul de l'índex DOW d'incendi i explosió amb els valors utilitzats i sota, la seva justificació.

El "material factor" és el valor bàsic per tal d'iniciar el càlcul de l'índex; és una mesura de la taxa intrínseca de l'energia potencial a ser alliberada d'un foc o explosió produïda per una combustió o reacció química.

Taula 6.4.5. Càlcul de l'índex DOW d'incendi i explosió.

MATERIAL FACTOR					40
1. General Process Hazards					
Base Factor					1
A. Exothermic Chemical Reactions					0
B. Endothermic Processes					0
C. Material Handling and Transfer					0
D. Enclosed or Indoor Process Units					0
E. Access					0
F. Drainage and Spill Control					0
General Process Hazards Factor (F1)					1
2. Special Process Hazards					
Base Factor					1
A. Toxic Material(s)					0.8
B. Sub-Atmospheric Pressure (<500 mm Hg)					0
C. Operation In or Near Flammable Range					0
1. Tank Farms Storage Flammable Liquids					
2. Process Upset or Purge Failure					
3. Always in Flammable Range					
D. Dust Explosion					0
E. Pressure	Operating Pressure	14.69 psig			0.4945
	Relief Setting	-			
F. Low Temperature					0
G. Quantity of Flammable/Unstable Material	Quantity	57 750	lb		1.7498
	Hc	4.39·10 ⁸	BTU/lb		
1. Liquids or Gases in Process					
2. Liquids or Gases in Storage					0
3. Combustible Solids in Storage, Dust in Process					0
H. Corrosion and Erosion					0.1
I. Leakage - Joints and Packing					0.1
J. Use of Fired Equipment					0
K. Hot Oil Heat Exchange System					0
L. Rotating Equipment					
Special Process Hazards Factor (F2)					4.244
Process Unit Hazards Factor (F1 x F2) = F3					4.244
Fire and Explosion Index (F3 X MF = F&EI)					169.8

Taula 6.4.6. Loss Control Credit Factors

1. Process control credit factor (C_1)

Feature	Credit Factor Used
a. Emergency power	0.98
b. Cooling	1.00
c. Explosion Control	0.98
d. Emergency Shutdown	0.98
e. Computer Control	0.93
f. Inert Gas	0.94
g. Operating Instructions/Procedures	0.91
h. Reactive Chemical Review	0.98
i. Other Process Hazard Analysis	0.94
C_1 Value	0.689

2. Material Isolation Credit Factor (C_2)

Feature	Credit Factor Used
a. Remote Control Valves	0.98
b. Dump/Blowdown	0.96
c. Drainage	0.91
d. Interlock	0.98
C_2	0.8390

3. Fire Protection Credit Factor (C_3)

Feature	Credit Factor Used
a. Leak Detection	0.98
b. Structural Steel	0.95
c. Fire Water Supply	0.94
d. Special Systems	1.00
e. Sprinkler Systems	0.97
f. Water Curtains	1.00
g. Foam	1.00
h. Hand Extinguishers/Monitors	0.95
i. Cable Protection	0.98
C_3	0.7903

$$\text{Loss Control Credit Factor} = C_1 \times C_2 \times C_3 = \boxed{0.4573}$$

A continuació es mostrarà la taula 6.4.7 amb el resum de l'anàlisi.

Taula 6.4.7. *Process Unit Risk Analysis Summary*

PROCESS UNIT RISK ANALYSIS SUMMARY

1. Fire & Explosion Index (F&EI)	169.8
2. Radius of Exposure (m)	142.6
3. Area of Exposure (m ²)	63 891
4. Value of Area of Exposure (M€)	5.500
5. Damage Factor	0.670
6. Base Maximum Probable Property Damage (M€)	3.685
7. Loss Control Credit Factor	0.457
8. Actual Maximum Probable Property Damage (M€)	1.685
9. Maximum Probable Days Outage	4.904
10. Business Interruption (M€)	-

6.5. Protecció dels equips a pressió

El fet que alguns equips operin a una pressió diferent a la pressió exterior pot causar problemes en el funcionament d'aquests si no tenen les dimensions correctes, donant lloc a greus accidents. Tots els adsorbidors de la planta treballen a una pressió superior a la pressió atmosfèrica, i és per això que han estat dimensionats amb un gruix determinat per proporcionar seguretat i evitar el risc d'accident, tal i com s'estableix en la normativa ASME.

És un factor clau també en el disseny d'equips a pressió, la selecció del material correcte, de no ser així el risc a patir accidents és elevat. El material pot ser deteriorat per l'ambient atmosfèric o pel fluid que conté en el seu interior patint corrosió, a més a més, ha de suportar les condicions d'operació dels equips. S'ha seleccionat un acer de baix aliatge i resistent a baixes temperatures com a material de construcció dels adsorbidors. Aquest no té risc de sofrir corrosió quan es troba en contacte amb el propilè o el nitrogen en el seu interior, però de totes maneres s'ha dimensionat amb un sobregruix de 3 mm per tal de minimitzar el perill. Respecte a la part dels equips en contacte amb l'exterior, aquests, s'han recobert amb un aïllant tèrmic de llana de roca, el qual disminuirà el risc de patir corrosió a causa de les condicions ambientals. Per altra banda, aquest aïllant tèrmic també proporcionarà seguretat personal evitant accidents a causa de les elevades temperatures a les que operen els adsorbidors durant la regeneració. S'ha determinat el gruix necessari d'aïllant en cada cas per a què la temperatura de la superfície exterior no superi els 40°C.

Un altre aspecte a considerar en els equips a pressió són les soldadures i juntes mitjançant les quals s'uniran les diferents parts dels recipients. Solament aquells tancaments que tinguin que ser oberts amb més freqüència, com són les boques d'home, per fer el manteniment correcte de l'equip, s'uniran amb perns i tanques, la resta seran units per soldadura, tenint així una major superfície de l'estructura a prova de fuites.

6.6. Seguretat laboral

Un dels aspectes claus per garantir la seguretat en tota la planta, és la seguretat dels treballadors. Per garantir aquesta, inicialment s'han d'identificar tots els possibles riscos d'accident que hi poden haver en la planta.

Un cop s'ha determinat quins són els perills, s'han d'adoptar i instaurar les mesures de prevenció adients. Segons la zona de la planta on s'estigui realitzant el treball, serà necessari utilitzar els equips de protecció personal individuals proporcionats per l'empresa.

D'aquesta manera, per a garantir la seguretat laboral, l'empresa *BASF SONATRACH PropanChem, S.A.* proporciona un manuals EHSQUI en el qual s'inclouen els procediments per a cada equip. Els procediments es divideixen en diferents subapartats: procediments d'operació, descripció dels llocs de treball amb avaluació de riscos, seguretat, salut, medi ambient i qualitat.

7. MEDI AMBIENT

A continuació es presenten parts de l'estudi d'impacte ambiental realitzat sobre la unitat de rentat. Aquest estudi es fa d'acord amb el RD 1/2008, en el qual s'han d'incloure parts com la descripció del projecte, del medi i estudi d'alternatives, que ja s'han fet en apartats anteriors.

7.1. Detecció o identificació dels impactes

7.1.1. Fase de construcció

El fet que el projecte sigui una ampliació d'una planta existent, implica que la fase de construcció no sigui tant extensa com podria ser per una planta de les mateixes característiques en un terreny nou. L'ampliació anirà col·locada en un sector del *site* que no està condicionat, però que ja conté els edificis necessaris per al funcionament (oficines, sala de control, laboratori, tallers, parcs de vehicles i maquinària, entre altres).

Les accions que s'hauran de dur a terme en aquesta fase i els seus corresponents impactes són:

- Explanació i moviment de terres: en aquesta acció es realitzarà un desbrossament, excavació i ompliment de terra de la zona seleccionada, durant les quals es produirà pols i soroll.
- Instal·lacions: construcció i muntatge de les diferents estructures metàl·liques necessàries per a sostenir els equips i serveis. Es produirà soroll i pols.
- Obres i feines auxiliars: també es realitzarà la construcció de tancaments, camins de serveis secundaris i il·luminació. Es produirà pols durant la construcció.

7.1.2. Fase d'exploració

Aquesta fase s'expliquen les accions i els efectes que provoquen canvis en l'entorn.

- Transport de la matèria primera: la matèria primera es portarà del port de Castelló on està situada la refinaria, fins al port de Tarragona en vaixell. El vaixell produirà emissions de gasos d'efecte hivernacle.
- Operació: durant el funcionament regular de la planta auxiliar de rentat de propilè hi haurà un punt d'emissió classificat; la xemeneia de sortida de gasos que serà la mateixa que en la planta de *BASF SONATRACH PropanChem* (torxa ME-6401); la

qual emetrà gasos d'efecte hivernacle. També el gasos de combustió del forn (F-101).

- Manteniment: durant el manteniment de la planta es realitzaran neteges de canonades, equips i instal·lacions, gastant un cabal d'aigua important.
- Presència d'edificacions i elements industrials: aquest fet implicarà un canvi en l'impacte visual de l'entorn, tot i que després es valorarà si és substancial.

De manera resum, a continuació es mostra una taula on es relaciona cada acció amb els impactes que produeixen en l'entorn.

Taula 7.1.1. Impactes de les diferents accions que es duran a terme.

	Impacte acústic	Impacte visual	Emissió de gasos	Consum d'aigua	Producció de pols	Contaminació lumínica
Fase de construcció						
Explanació i moviment de terres	X				X	
Instal·lacions	X				X	
Obres i feines auxiliars					X	
Fase d'explotació						
Transport de matèries primeres			X			
Operació			X	X		
Manteniment				X		
Presència d'edificacions		X				X

7.2. Caracterització dels impactes

Tot seguit es caracteritzen els impactes d'acord amb els conceptes que estableix el RD 1131/1988.

7.2.1. Impactes tipus I, de variació de Qualitat Ambiental

- **Impacte positiu:** aquell admès com a tal, tant per la comunitat tècnica i científica, com per la població en general, en el context d'una anàlisi completa dels costos i dels beneficis genèrics i de les externalitats de l'actuació prevista.

- **Impacte negatiu:** aquell que es tradueix en una pèrdua de valor natural, estètic-cultural, paisatgístic, de productivitat ecològica, o en una augment dels perjudicis derivats de la contaminació.

En aquest cas, s'han considerat tots els impactes com a negatius ja que tots ells es tradueixen en conseqüències no desitjables.

7.2.2. Impactes tipus II, de relació causa-efecte

En aquest apartat, existeixen dues classificacions. D'una banda es distingeix entre:

- **Efecte notable:** aquell que es manifesta com una modificació del medi, dels recursos naturals o dels seus processos fonamentals de funcionament i que produeix o pot produir en el futur repercussions apreciables en aquests.

- **Efecte mínim:** aquell del que pot demostrar-se que no és notable.

Per exemple, l'impacte visual seria un efecte notable, ja que la construcció de quatre columnes alteraria, tot i que en poca mesura, la vista panoràmica de l'emplaçament. D'altra banda, l'impacte acústic es podria classificar com a mínim, ja que el seu efecte sobre les persones i el medi afectat no és notable.

D'altra banda, es classifiquen també:

- **Efecte directe:** aquell que té una incidència immediata sobre algun aspecte ambiental.

- **Efecte indirecte:** aquell que suposa una incidència immediata respecte a la interdependència o, en general, respecte de la relació d'un sector ambiental amb un altre.

En aquest sentit, l'impacte visual i acústic serien un bon exemple d'efectes directes. En ambdós casos la seva incidència és immediata sobre un aspecte concret, les persones que s'hi veuen afectades, ja siguin els habitants de les zones residencials més properes o els propis treballadors de l'empresa.

7.2.3. Impactes tipus III, d'interrelacions d'accions i / o efectes

- **Efecte simple:** aquell que es manifesta sobre un sol component ambiental, o la forma d'actuació és individualitzada

- **Efecte acumulatiu:** aquell que al perllongar en el temps l'acció de l'agent inductor, incrementa progressivament la seva gravetat.

- **Efecte sinèrgic:** aquell que es produeix quan l'efecte conjunt de la presència simultània de diversos agents suposa una incidència ambiental més gran que l'efecte de la suma de les incidències individuals contemplades de forma aïllada.

En el marc d'efectes simples s'ha classificat l'impacte visual, entre d'altres.

Com a efecte acumulatiu, en canvi, es troba l'impacte acústic, ja que els possibles efectes derivats depenen de la intensitat del soroll i el temps d'exposició.

Per últim, com a exemple d'efecte sinèrgic es troba la contaminació lumínica. Aquest fenomen estaria, en part, relacionat amb l'augment d'emissions de CO₂, ja que degut a què per produir llum es necessita electricitat i per produir electricitat es necessiten, per exemple, centrals tèrmiques, aquest fet col·laboraria en l'augment de la contaminació ambiental.

7.2.4. Impactes tipus IV, de moment de manifestació

- **Efecte a curt termini:** aquell que pot manifestar la seva incidència en un període de temps comprès en un cicle anual.

- **Efecte a mig termini:** aquell que pot manifestar la seva incidència abans de 5 anys.

- **Efecte a llarg termini:** aquell que pot manifestar la seva incidència en un període superior a 5 anys.

Tenint en compte de moment de manifestació, la producció de pols seria un efecte temporal, es contempla durant el procés de construcció, degut a l'explanació i moviment de terres i altres obres i feines auxiliars, i els seus efectes són immediats a la seva generació.

Per contra, els efectes derivats de l'emissió de gasos poden manifestar-se en un període superior a 5 anys, per tant, es classificaria com un efecte a llarg termini.

7.2.5. Impactes tipus V, de persistència

- **Efecte permanent:** aquell que suposa una alteració indefinida en el temps de factors d'acció predominant en l'estructura o en la funció dels sistemes de relacions ecològiques o ambientals presents al lloc.

- **Efecte temporal:** aquell que suposa una alteració no permanent en el temps, amb un període temporal de manifestació que pot ser estimat o determinat.

En aquest particular es troba, d'una banda, l'impacte visual com a efecte permanent, ja que l'alteració que provoca és indefinida en el temps, fins que l'empresa decideixi desmuntar la instal·lació; d'altra banda, la producció de pols com a efecte temporal, ja que només es

contempla durant el procés de construcció, degut a l'explanació i moviment de terres i altres obres i feines auxiliars.

7.2.6. Impactes tipus VI, de reversibilitat

- **Efecte reversible:** aquell en què l'alteració que suposa pot ser assimilada per l'entorn de forma mesurable, a mig termini, a causa del funcionament dels processos naturals de la successió ecològica i dels mecanismes d'autodepuració del medi.

- **Efecte irreversible:** aquell que suposa la impossibilitat o la dificultat extrema de retornar a la situació anterior a l'acció que el produeix.

Classificarem tots els efectes com reversibles, ja que tots podrien ser assimilats per l'entorn i en cap cas suposaria una dificultat extrema per retornar a la situació anterior.

7.2.7. Impactes tipus VII, de recuperabilitat

- **Efecte recuperable:** aquell en què l'alteració o pèrdua que suposa pot eliminar-se per l'acció natural o l'acció humana i així mateix, aquell en què l'alteració que suposa pot ser reemplaçable.

- **Efecte irrecuperable:** aquell en què l'alteració o pèrdua que suposa és impossible de reparar o restaurar, tant per l'acció natural com per l'acció de l'home.

En referència als efectes recuperables es troba el consum d'aigua, ja que després del seu ús industrial es tracta en una EDAR, deixant-la en les condicions adequades per abocar-la i retornar-la al medi. D'altra banda, l'impacte visual és irrecuperable. L'estructura romandrà instal·lada per un temps indefinit, a més, quan l'empresa decideixi desmuntar-la, el paisatge mai quedarà tal i com estava abans de la construcció.

7.2.8. Impactes tipus VIII, per periodicitat

En aquest apartat, existeixen dues classificacions. D'una banda es distingeix entre:

- **Impacte continu:** aquell que es manifesta amb una alteració constant en el temps, acumulada o no.

- **Impacte discontinu:** aquell que es manifesta mitjançant alteracions irregulars o intermitents en la seva permanència.

En aquest cas, tots els impactes serien classificats com a continus, ja que tots són alteracions constants en el temps.

D'altra banda, es classifiquen també:

- **Impacte periòdic**: aquell que es manifesta com una forma d'actuació intermitent i contínua en el temps.

- **Impacte d'aparició irregular**: aquell que es manifesta de forma imprevisible en el temps, per circumstàncies no periòdiques ni contínues però de gravetat excepcional.

D'altra banda, també serien classificats com a periòdics. Per exemple, si es parla de l'impacte acústic, aquest sorgirà de manera intermitent, ja que tindrà lloc quan es posin en marxa equips com el compressor i parará quan deixi de funcionar, però alhora també és continu en el temps.

7.2.9. Caracterització dels impactes

En els apartats anteriors s'ha justificat la caracterització d'alguns impactes a tall d'exemple. A continuació es mostra la taula 7.2.1 que recull la caracterització de tots els impactes que apliquen en aquest estudi d'acord amb el RD 1131/1988.

Taula 7.2.1. Caracterització dels impactes.

	Tipus I		Tipus II				Tipus III			Tipus IV		
	Variació de Qualitat Ambiental		Relació Causa-efecte				Interrelacions d'accions i/o efectes			Moment de manifestació		
	Positiu	Negatiu	Notable	Mínim	Directe	Indirecte	Simple	Acumulatiu	Sinèrgic	A curt termini	A mig termini	A llarg termini
Impacte acústic		X		X	X			X		X		
Impacte visual		X	X		X		X			X		
Emissió de gasos		X		X		X			X			X
Consum d'aigua		X		X	X		X			X		
Producció de pols		X		X	X		X			X		
Contaminació lumínica		X	X			X			X			X

(“Cont.”) Taula 7.2.1. Caracterització dels impactes

	Tipus V		Tipus VI		Tipus VII		Tipus VIII			
	Persistència		Reversibilitat		Recuperabilitat		Periodicitat			
	Permanent	Temporal	Reversible	Irreversible	Recuperable	Irrecuperable	Continu	Discontinu	Periòdic	D'aparició irregular
Impacte acústic	X		X		X		X		X	
Impacte visual	X		X		X		X		X	
Emissió de gasos	X		X			X	X		X	
Consum d'aigua	X		X		X		X		X	
Producció de pols		X	X		X		X		X	
Contaminació lumínica	X		X			X	X		X	

7.3. Avaluació i valoració dels impactes

Coneguts els impactes i caracteritzats els seus efectes, s'han de valorar qualitativament i quantitativament segons les necessitats i possibilitats.

7.3.1. Mètode qualitatiu

Com a mètode qualitatiu s'ha considerat classificar la magnitud de l'impacte d'acord el RD 1131/1988. Es diferencia entre compatible, moderat, sever i crític.

L'impacte acústic i visual s'han considerat com a compatibles ja que una vegada finalitzada l'activitat, tenen una recuperació immediata i no requereixen de pràctiques correctores o protectores.

L'emissió de gasos i la contaminació lumínica requereixen l'adequació de mesures protectores o correctores i, tot i aquestes mesures, la seva recuperació exigeix un període llarg de temps i, per tant, es consideren com a sever.

El consum d'aigua i la producció de pols s'han considerat moderats, no requereixen de pràctiques correctores intensives i la consecució de les condicions ambientals inicials requereixen cert temps.

No existeix cap magnitud superior al límit acceptable, per tant, cap impacte es classifica com a crític.

Tot seguit es mostra la taula 7.3.1 que recull un resum de la classificació dels diferents impactes d'acord amb el RD 1131/1988.

Taula 7.3.1. Classificació de la magnitud dels diferents impactes d'acord amb el RD 1131/1988.

	Impacte acústic	Impacte visual	Emissió de gasos	Consum d'aigua	Producció de pols	Contaminació lumínica
Compatible	X	X				
Moderat				X	X	
Sever			X			X
Crític						

Un cop avaluats tots els impactes concrets de les accions, s'ha valorat l'impacte global que presenta la realització del projecte. Tal i com es mostra en la taula anterior, cap dels diferents impactes es classifica com a crític. Així doncs, la magnitud de l'impacte del projecte és positiva i, per tant, és realitzable.

7.3.2. Mètode quantitatiu

Com a mètode quantitatiu s'ha considerat la matriu de Leopold. Cal tenir en compte que es tracta d'un mètode qualitatiu, basat en una matriu de relació causa-efecte, però en aquest cas s'ha decidit considerar-lo com a quantitatiu ja que s'han d'assignar unes ponderacions.

Es tracta d'un quadre de doble entrada; en una de les entrades es disposen les accions del projecte que poden causar impacte i en l'altra entrada es disposen els elements o factors ambientals rellevants, receptors dels efectes.

S'ha construït una matriu reduïda que conté només les accions i factors escollits com les més rellevants, 13 dels 88 factors i 12 de les 100 accions disponibles, marcant amb una línia diagonal cadascuna de les caselles d'intersecció que identifiquin un impacte.

A la meitat superior de la casella s'ha estimat la magnitud, que fa referència a la intensitat o dimensió de l'impacte, mentre que a la part inferior de la casella, s'ha estimat la importància, valor ponderat que dóna el pes relatiu de l'impacte potencial sobre la qualitat del medi i l'extensió o zona territorial afectada.

Aquests marcatges de les quadrícules es ponderen de 1 a 10, segons si l'impacte té menor o major impacte, respectivament. Cal tenir en compte que a la part que fa referència a la magnitud s'ha d'afegir el signe + o -, en funció si l'impacte és positiu o negatiu.

L'assignació de valors es fa d'acord amb el criteri de l'avaluador, cosa que fa que el resultat de la matriu estigui subjecte a un criteri no estandarditzat. Els valors no són sumables, encara que la mitjana per files o columnes pot donar una idea de l'agressivitat d'una acció o afecció a un valor.

A continuació es mostra la matriu de Leopold amb els valors determinats (taula 7.3.1) i a continuació d'aquesta, una breu explicació del perquè de cada un dels valors.

Taula 7.3.1. Matriu de Leopold.

		Fase de construcció						Fase d'exploració					
		Alteració de la coberta terrestre	Pavimentació o reconeixement de superfícies	Sorolls i vibracions	Emplaçaments industrials i edificis	Línies de transmissió elèctrica	Voladures i perforacions	Emmagatzematge de productes	Operació i manteniment	Transport en vaixell	Explosions (possible accident)	Fugues (possibles accidents)	Tractament de residus gasosos
Terra	Ús de materials de construcció		-1 / 1										
	Sòl	-2 / 2	-2 / 2				-1 / 3						
Aigua	Continental							-3 / 6					
	Qualitat							-2 / 5					
Atmosfera	Qualitat (gasos, partícules)							-4 / 8	-1 / 5	-2 / 8	-2 / 8	-1 / 9	
	Temperatura							-1 / 3					
Fauna	Ocells (aus)			-2 / 3	-4 / 3	-2 / 3							
	Insectes	-8 / 2	-8 / 2										
Factors culturals/ humans	Ús del territori	-1 / 1											
	Vista panoràmica i paisatge	-5 / 3			-2 / 4	-1 / 3		-2 / 4					
	Espais oberts	-3 / 3											
	Salut i seguretat			-1 / 5	-1 / 7			-3 / 7	-1 / 6		-3 / 7	-3 / 7	
	Feina				+1 / 7								

Començant per la fase de construcció es troben les següents accions (ampliació de les accions enumerades en l'apartat 7.1):

- Alteracions de la coberta terrestre: l'extensió que ocuparà l'ampliació per tal de fer el rentat del propilè és relativament petita, per tant, la coberta de sòl afectada serà poca i l'impacte sobre el sòl, s'ha quantificat com petit. Tot i això, els insectes que fins llavors es trobaven en aquell terreny veuran completament afectat el seu habitat fins al moment de construcció. Pel que fa a l'ús del territori, l'impacte serà petit, ja que es troba en una zona ja industrialitzada que no es veurà més que lleugerament ampliada. L'impacte més important pel que fa a l'alteració del sòl, serà en quant a les vistes panoràmiques; hi haurà 4 nous grans equips (columnes d'adsorció) que canviaran la visió de l'espai i ocuparan un espai lleugerament obert fins al moment.
- Pavimentació i recobriment de superfícies: al recobrir la superfície de treball s'utilitzaran materials de construcció comuns, per tant hi haurà un impacte tot i que no molt significatiu. De la mateixa manera que en l'acció anterior, el sòl es veurà afectat, però en poca extensió, i s'impossibilitarà l'habitabilitat per a la majoria d'insectes.
- Sorolls i vibracions: la planta treballa amb un corrent gasós i per tant és necessari l'ús d'un compressors. Aquest tipus d'aparells provoquen soroll i vibracions que poden afectar les aus del voltant i la salut dels treballadors i habitants propers. Els equips comprats tenen una emissió de sorolls reduïda, però tot i així els ocells es veuran afectats. Les persones en canvi, es veuran afectades mínimament, ja que els nuclis urbans es troben allunyats de la planta.
- Emplaçament industrial i edificis: no es construiran instal·lacions industrials (no es requereixen nous edificis) que tinguin gran envergadura. Les vistes panoràmiques es veuran alterades mínimament per la construcció de les columnes, però sí la seguretat, ja que tota nova instal·lació química involucra un cert risc. Tot i això, la seguretat es veurà afectada mínimament ja que l'emplaçament és un complex químic que disposa de sistemes de seguretat molt fiables a més d'estar allunyat de nuclis urbans. Fins ara totes les magnituds dels impactes han estat negatives, però en aquesta acció tenim com a positiu la feina; la construcció de la instal·lació requerirà mà d'obra, tot i no ser una obra de gran envergadura.

- Línies de transmissió elèctrica: s'haurà de portar electricitat a l'emplaçament de la instal·lació, construint una nova línia de transmissió elèctrica amb la qual poden topar els ocells i rebre descàrregues. També es veurà afectada la vista panoràmica en poca quantitat.
- Voladures i perforacions: s'hauran de realitzar diverses tasques de perforació, tot i que en principi sense realitzar voladures amb explosius. Això afectarà el sòl en baixa mesura degut a l'extensió de la instal·lació.

A continuació es mostren les accions que es duran a terme en la fase d'explotació.

- Emmagatzematge de productes: el propilè que arribi en vaixell des de la refineria de Castelló, s'emmagatzemarà en tancs esfèrics com a gas líquid. Els tancs seran de grans dimensions per assegurar l'abastiment de la planta, fet que alterarà la vista panoràmica i la seguretat; és un compost inflamable que en cas de fuga o explosió pot provocar danys greus en l'entorn. Tot i això, es troba a un lloc allunyat de nuclis urbans i amb mesures de protecció altes.
- Operació i manteniment: l'operació requerirà un consum d'aigua continental (provinent de rius) i quan aquesta s'hagi utilitzat, un descens de la seva qualitat, tot i que la planta disposa d'una estació de tractament d'aigües. Com a impacte més important, es troba l'emissió de gasos residuals un cop realitzada la combustió; emissió de traces de gasos d'efecte hivernacle (sempre dins els límits permesos) i d'altres compostos que poden alterar la qualitat de l'atmosfera. Tots aquests gasos s'emeten a una temperatura més elevada que l'ambient, fet que pot alterar lleugerament la temperatura de l'entorn més immediat. Tota operació té un cert risc, per aquest motiu la seguretat de l'entorn es veurà disminuïda.
- Transport en vaixell: la matèria primera serà transportada en vaixell des de Castelló fins al port de Tarragona. Aquest augment en el tràfic de vaixells (molt petit) implicarà certa emissió de gasos a l'atmosfera; també petit.
- Possibles accidents: aquí es troba la possibilitat d'accidents com són explosions i fugues de gasos, que en aquest cas, són inflamables. Si es presenta algun d'aquests escenaris pot afectar la qualitat de l'atmosfera més propera i la salut i seguretat de l'entorn (altres indústries) i fins i tot, la seguretat d'algun dels nuclis urbans més propers.

- Tractament de residus: per últim, el tractament dels residus es realitzarà mitjançant la combustió d'alguns compostos, alliberant gasos d'efecte hivernacle en poca quantitat.

Pel que fa a la importància de cada un dels impactes, s'ha valorat com menys importants els impactes en la fauna, concretament insectes, i l'ús del territori; ja que el fet de trobar-se en un emplaçament ja industrialitzat l'impacte no és molt significatiu. De manera més significativa que els impactes anteriors, però amb un valor màxim de 4, s'ha valorat la importància dels impactes en la terra (ús de materials de construcció i dels sòl) i dels factors culturals/humans com les vistes panoràmiques i d'espais oberts.

Les espècies d'aus de la zona no són excepcional, per tant l'impacte no serà considerat com d'alta importància. Pel que fa a l'aigua, és un lloc on l'escassetat d'aquest recurs no és molt gran, però amb una visió global del món, es considerarà un bé que cal racionalitzar; la importància en l'impacte sobre l'aigua serà considerada mitjana.

Com a més significatius, s'han considerat els factors humans de la salut i seguretat i la feina, que impacten de manera contundent en l'entorn més proper. Així com la qualitat de l'atmosfera.

7.4. Mesures correctives

Les mesures correctores a aplicar tenen com a finalitat reduir o evitar l'impacte ambiental produït per una determinada actuació; en aquest cas, es tracta d'una indústria química.

De l'anàlisi dels impactes s'observa que sobre un mateix factor ambiental poden incidir diverses causes o agents, amb idèntiques conseqüències i que es poden minimitzar amb l'aplicació d'una mateixa mesura correctora, o bé un mateix agent o causa pot incidir sobre diversos factors ambientals, amb diferents conseqüències, i que poden corregir-se amb una sola acció.

7.4.1. Mesures correctores fase de construcció

7.4.1.1. Emissions atmosfèriques

Les mesures a aplicar per la prevenció de la generació de pols i altres emissions durant les obres són:

- Abans de l'inici de les obres, es delimitarà de manera clara tota l'àrea d'actuació, per tal de no afectar més superfície de l'estrictament necessària.
- Programa de recs periòdics del terreny on es realitza la obra, realitzant-se quan entri la maquinària pels camins.
- Limitació de la velocitat de la maquinària i els camions en la obra amb un màxim de 30 km/h.
- Neteja de les vies d'accés a obra per acumulació de fangs.
- Les operacions de excavacions, carga i descàrrega de materials susceptibles d'emetre pols es realitzarà en dies amb condicions atmosfèriques favorables (velocitat de vent adequada) o bé es regarà prèviament els materials i la zona a tractar.
- Es comprovarà que la maquinària utilitzada en la obra disposi de la targeta de la inspecció tècnica de vehicles o altres que necessiten en regla assegurant-se així que els límits d'emissió són els indicats per la normativa vigent.

7.4.1.2. Emissions soroll

- Les maquinàries generadores de soroll s'utilitzarà en hores diürnes.
- La maquinària que s'utilitzi a l'aire lliure haurà de complimentar el Reial Decret 524/2006, per tal de regular les emissions sonores generades.

7.4.1.3. Sòl

- Es delimitarà de manera clara tota l'àrea d'actuació, per tal de no afectar més superfície de l'estrictament necessària.
- A nivell de correcció general, s'executaran les obres seguint criteris que respectin al medi i la edafologia del terreny.
- Es regenerarà i replantarà les àrees no utilitzades.

7.4.1.4. Hidrologia

- Vessament accidental de combustibles i olis procedents de la maquinària utilitzada. La neteja es realitzarà seguint la normativa de l'empresa.
- La neteja de la maquinària utilitzada es realitzarà en una zona protegida o delimitada pel seu posterior tractament.
- Disposició inadequada de residus perillosos o procedents de tasques de construcció que són arrossegats en cas de pluja o neteja inadequada. En cas de pluja, es disposarà de xarxes per pluvials.
- Dissenyar un sistema de neteja de les possibles fuites o vessaments d'aquest.

7.4.1.5. Vegetació, usos del sòl i paisatge

En la fase de construcció l'impacte visual, com altres no es veurà molt afectat ja que la zona de la construcció està integrat en un polígon industrial.

- Es senyalitzarà i s'utilitzarà elements protectors per tal de preservar la vegetació existent i paisatge existent.
- Es limitarà les velocitats per tal de generar la menor quantitat d'emissions possibles.
- Mesures de disseny de les vies, i altres elements per tal de minimitzar al màxim els residus generats.

7.4.2. Mesures correctores fase d'exploració

7.4.2.1. Emissions atmosfèriques i presència de substàncies perilloses

Les mesures a aplicar per la prevenció de la generació de pols i altres emissions durant la fase d'operació són:

- Les emissions puntuals de hidrocarburs són les procedents de les vàlvules de seguretat, es generarà en cas d'emergència, mal funcionament de l'equip, posada en marxa o parada del procés. En aquest cas els gasos es ventejaran cap a torxa.

En el procés pot existir emissions puntuals de compostos orgànics volàtils (COVs) com d'altres tipus que poden ser perilloses en certs valors de concentracions. Algunes operacions generadores poden ser:

- Purgat de les línies per tasques de manteniment.

- Petites fuites accidentals de producte i evaporació del producte del toll format.
- Fuites causat per una unió no correcta o funcionament incorrecte de juntes i unions.

Es realitzarà mesures de detecció (analitzadors de la qualitat de l'aire, operadors en cas de fuga de tolls, etc.), prevenció i control per tal d'evitar les emissions puntual .

- La propietat realitzarà un estudi que indica el RD 840/2015 de prevenció d'accidents greus, per demostrar que s'han pres totes les mesures necessàries per prevenir i minimitzar els riscos derivats a la producció de les substàncies.
- Protecció contra incendis de la planta: anirà equipada d'acord amb l'establert en el reglament de seguretat contra incendis en els establiments industrials, en funció del risc intrínsecs de les diferents zones.

7.4.2.2. Soroll

Durant la fase d'operació, el soroll i les vibracions generades procedents d'equips amb motors com bombes, compressors i operacions de manteniment, construcció d'andamis ,etc.

Tots els equips s'instal·laran de manera adequada per tal d'evitar la generació de soroll i la transmissió a altres equips.

Donat que el nivell de soroll màxim generat es troba minimitzat i la distància que hi ha a la ciutat és de l'ordre de kilòmetres, no es superarà els límits establerts de decibels.

7.4.2.3. Efluents de líquids i vessaments accidentals

- Durant la fase d'operació, la recollida d'aigües pluvials i de procés es realitzarà amb drenatges situats a les àrees de circulació, pavimentades amb la pendent corresponent a aquest drenatge.
- Els materials de les conduccions i accessoris hauran de ser adequats per resistir el possible atac químic dels productes que hauran de transportar.
- Les aigües sanitàries procedents de les persones que treballen a la planta i oficines són conduïdes a una línia de tractament, línia formada per un decantador, abans de ser abocar a la xarxa general sanitària de l'ajuntament.

7.4.2.4. Població humana

- S'analitzarà els beneficis (com ara generació de treball, aprofitament de productes secundaris produïts per una altre empresa o per l'empresa en si en altres processos del polígon industrial, etc.).

8. MANUALS D'OPERACIÓ

En el procés es diferencien dos procediments operatius per separat. El prioritari és el del sistema d'adsorció, el qual està en funcionament la majoria del temps, no obstant durant un petit període de temps, aquests adsorbents han de ser regenerats per poder continuar amb el seu funcionament normal, per aquest motiu s'ha de seguir un procediment específic on s'aturarà la purificació del corrent de propilè per introduir nitrogen als adsorbents. Aquest canvi requereix un procediment específic, en aquest apartat s'especifica part del detall d'aquests dos mètodes.

8.1. Procediment operatiu del sistema de la unitat de rentat

Per assegurar un bon funcionament del sistema de rentat, les vàlvules de bloqueig VB-1304 i VB-1307 de l'adsorbidor A-101, les vàlvules de bloqueig VB-1308 i VB-1311 de l'adsorbidor A-102 i les vàlvules de bloqueig VB-1312 i VB-1315 de l'últim adsorbidor A-103 han d'estar obertes, a diferència de les que s'especifiquen en l'apartat 8.2.

En cas d'accident o d'una possible fallada del sistema, aquestes vàlvules quedarien tancades proporcionant seguretat als equips del voltant, en cas de foc extern s'obriria una vàlvula del sistema d'emergència que descarregaria tot el contingut a un tanc subterrani.

En aquesta posició, el procés ha d'assegurar el funcionament de tots els equips relacionats amb el procés de neteja del propilè, en aquest cas es tracta dels tres adsorbidors i la bomba P-101 A/B situada al Parc de Tancs Exterior.

Per tal de posar en marxa una bomba centrífuga cal seguir tres passos: alinear la bomba al procés, arrancar el motor elèctric i comprovar el funcionament d'aquesta, per tal de fer això, a continuació es detalla els diferents passos.

- Alinear la bomba al procés:
 - Comprovar que totes les purgues i els venteigs del procés estiguin tancats
 - Obrir lentament la vàlvula de l'aspiració i pressionar la bomba comprovant que no hi hagi fugues.
 - Desgasificar el cos de la bomba per mitjà dels venteigs.
 - Esperar mentre s'escalfa
 - Obrir la vàlvula poc a poc de bloqueig de la impulsió
- Arrancar el motor elèctric de la bomba:
 - La vàlvula d'impulsió es trobarà parcialment tancada

- S'obrirà lentament la vàlvula d'impulsió amb el motor en marxa, donant temps per a que el sistema de control vagi corregint l'augment del cabal.
- Comprovació del funcionament:

Cal comprovar les diferents variables de la bomba com són el consum elèctric, el sentit de gir, el cabal, la pressió, les fugues i el soroll.

8.2. Procediment operatiu del sistema de regeneració

Durant el funcionament del sistema de regeneració, s'especifica que les vàlvules anteriorment esmentades en l'apartat 8.1 estiguin tancades, en canvi en aquest cas, per afavorir el pas del corrent de nitrogen pels adsorbidors les vàlvules de bloqueig VB-1306 i VB-1305 de l'adsorbidor A-101, les vàlvules de bloqueig VB-1310 i VB-1309 de l'adsorbidor A-102 i les vàlvules de bloqueig VB-1314 i VB-1313 de l'últim adsorbidor A-103 han d'estar obertes.

Quan es tracta de regenerar els tres adsorbidors, hi ha una sèrie d'equips involucrats en el procés per assegurar un bon funcionament del sistema de regeneració, es tracta del compressor C-101 que aporta la pressió requerida al sistema, el forn F-101 i l'intercanviador E-101. Per tant, a part dels adsorbidors, aquest procés requereix un bon sistema de posada en marxa.

Tant si es realitza de manera manual com automàtica, la posada en marxa del compressor s'ha de realitzar amb la vàlvula de descàrrega oberta i la vàlvula d'aspiració al voltant del 50%. Això fa que el parell d'arrancada necessari pel motor sigui el més petit possible. Un cop arrencat el compressor es pot tancar la vàlvula de descàrrega, modificant la d'aspiració per adaptar-la a les necessitats de consum.

9. MANTENIMENT

El manteniment de la planta inclou tots accions tècniques, administratives i de gestió aplicades a la planta per evitar avaries i per a garantir la funció que desenvolupa cada ítem. L'objectiu principal d'un bon manteniment és preservar la funció requerida dels elements i allargar la vida útil dels equips, de la manera més econòmica possible i eficientment.

Aquest apartat es centra en els adsorbents, equips que treballen a altes pressions i amb un corrent de propilè grau refinaria, substància extremadament inflamable.

L'estratègia de manteniment escollida dependrà dels objectius que es fixin i, en aquest cas, són els següents:

- Evitar accidents i garantir la seguretat de la unitat.
- Ampliar la vida útil dels equips i de les instal·lacions.
- Assegurar que l'equip funciona en condicions òptimes.
- Definir procediments que permetin reparacions d'emergència ràpides i dur a terme les reparacions sistemàtiques dels equips involucrats.

A continuació s'expliquen els tipus de manteniments que s'aplicaran quan la unitat estigui en actiu.

9.1. Manteniment correctiu

Aquest tipus de manteniment s'aplicarà un cop el sistema hagi fallat. Aquesta mesura es portarà a terme quan el cost de l'equip sigui menor que el cost de la reparació, a decisió del personal responsable.

S'implantaran dos tipus de mètodes correctius:

- Reparació immediata de l'equip, sense una correcció de la font de l'averia. Té baixos costos relacionats amb la mà d'obra, no obstant, grans costos de la peça de recanvi i poca qualitat del manteniment degut al poc temps disponible per a la reparació.
- Serveis de reparació, mitjançant la correcció de la font d'averia. Es tracta d'un gran cost de mà d'obra, però, requereix baixos costos relacionats amb els materials i recanvis.

9.2. Manteniment preventiu

Aquesta metodologia consisteix en el pla de revisions periòdiques per tal de reduir la descomposició i mal funcionament de les instal·lacions.

Durant el procés de revisió és necessari per comprovar els aspectes crítics de les instal·lacions en funció del tipus d'equip, el perill relacionat amb el seu funcionament i el seu caràcter crític, tenint en compte les revisions necessàries a nivell legal i les necessàries per tal de que les condicions d'operació sigui les òptimes.

Les següents seccions mostren les inspeccions i proves que es realitzen en l'equip de la planta d'acord amb la legislació i amb els paràmetres a controlar.

9.2.1. Vàlvules

El manteniment de les vàlvules és necessari per assegurar que no tenen cap fuita, important en un procés amb gasos líquats, i que els pistons estan lubricat per tal d'assegurar que funcionen correctament.

9.2.2. Vàlvules de seguretat de pressió

Les vàlvules de seguretat de pressió es poden desmuntar i ajustar quan un equip d'inspecció ha de ser utilitzat. A més, s'ha de netejar acuradament per assegurar que no hi ha brutícia que podria bloquejar el fluid a través de la vàlvula, tasca molt important per tal d'assegurar la protecció dels equips.

9.2.3. Adsorbidors

A més de les inspeccions periòdiques indicades en el Reglament d'equips a pressió i en l'Instrucció Tècnica Completaria (ITC EP-3), s'han de fer controls, inspeccions o proves, les que es considerin necessàries per garantir la integritat dels equips i instal·lacions. En aquest sentit, s'han de tenir en compte les indicacions del fabricant dels equips i els criteris d'inspecció de les normes de reconegut prestigi o els internacionalment acceptats en el sector.

L'usuari ha d'aprofitar les aturades tècniques programades (aturades generals d'unitats per a manteniment, canvi de tamisos, condicions de mercat, etc.) o provocades per averies, per fer inspeccions, comprovacions o proves.

El servei d'inspecció de l'usuari de mantenir informada la direcció de la planta química de l'estat dels equips o sistemes, ha de recomanar la posada fora de servei d'aquells en els quals s'hagi detectat que la seguretat exigible no es compleix. Expressament, el servei d'inspecció no pot dependre ni de producció ni de manteniment.

9.3. Manteniment predictiu

El manteniment predictiu es basa en la determinació de l'estat d'operativitat de la màquina, instal·lació i equip. Hi haurà un advertiment abans de l'averia de l'equip a tenir en compte amb la finalitat de prendre, llavors, mesures.

Consta de fer proves no destructives, com anàlisi d'oli o anàlisi de partícules, mesures de vibracions, mesures de temperatura, mesures de pressió, etc.

Aquest tipus de manteniment s'aplicarà als equips rotatius. Tant les bombes com el compressor necessitaran lubricació per tal de lubricar, refrigerar, protegir i netejar totes aquelles zones on hi pot haver desgast. Aquests lubricants seran olis minerals dels quals es controlarà la temperatura en el cas de les bombes, per tal d'evitar l'oxidació i assegurar una bona refrigeració, i periòdicament, les partícules sòlides que contenen.

10. AVALUACIÓ ECONÒMICA

Per tal de determinar la viabilitat de tot projecte s'ha de realitzar una avaluació econòmica i així establir si aquest aportarà guanys o per altra banda, causarà pèrdues. Així doncs s'ha proposat el càlcul de dos indicadors dinàmics com són el VAN (Valor Actual Net) i la TIR (Taxa Interna de Retorn), que indicaran si el projecte a desenvolupar és econòmicament viable o no.

Inicialment, per poder iniciar l'estudi de la viabilitat econòmica del projecte, s'han d'identificar quines seran les despeses inicials així com els costos i guanys anuals.

10.1. Càlcul de la inversió inicial i amortització

Primerament, cal establir un llistat de tots els equips necessaris per el desenvolupament del projecte, d'aquesta manera es podrà determinar el cost d'inversió inicial. En aquest projecte, no hi ha cost d'inversió de terreny ja que no es tracta de la instal·lació d'una nova planta, sinó una ampliació d'una ja existent. D'aquesta manera el cost d'inversió inicial serà la suma del cost de compra de tots els equips nous necessaris. El preu d'instal·lació i instrumentació dels equips s'ha tingut en compte aplicant un factor multiplicador que té un valor de 4.

Mitjançant el procediment de càlcul de cost d'equips que apareix en el *Turton*^[13], s'ha determinat el preu d'aquests, i ve donat en funció de les seves dimensions i el material del que estan construïts.

S'ha determinat el preu dels equips principals com són els adsorbidors (A-101) (A-102) i (A-103), el compressor (C-101), la bomba (P-101), el bescanviador (E-101), el forn (F-101) i les canonades, i s'ha considerat un valor de compra aproximat total per altres equips com vàlvules, controladors, transmissors, etc.

El preu calculat seguint aquest procediment ve donat en dòlars, per tal de realitzar els càlculs amb euros, s'ha considerat una conversió de divisa d'1.1\$/€.

Per tal d'estimar el cost total de les canonades s'ha establert que el preu de compra d'aquestes és de 825 \$/tona, tenint en compte que es requereixen 4.1 kilòmetres de canonada i amb les dimensions d'aquestes s'ha estimat el seu cost total. De tal manera, s'obté que és necessària una inversió inicial de 16.8 milions d'euros.

Per tal d'amortitzar aquesta inversió inicial, s'ha considerat que la vida útil, tant de la maquinaria com la de la construcció, serà de 10 anys, la qual suposa una amortització anual de 1.68 milions d'€.

10.2. Determinació de costos

Segons la relació dels costos amb el producte, s'ha de diferenciar entre costos fixos i costos variables. Els costos fixos són aquells costos que no són sensibles a canvis menors en l'activitat productiva, és a dir, no depenen del nivell de producció i d'activitat de l'empresa. Es consideren costos fixos el salari dels operaris, el cost de manteniment, lloguers, etc.

En aquest projecte no hi ha cost d'operació, és a dir no es requereix la contractació de nous operaris, així doncs no s'ha de tenir en compte l'increment salarial. Solament es tindran en compte com costos fixos el cost de manteniment, el qual s'ha suposat que serà un 3% de la inversió total del projecte.

Per altra banda, s'entén per cost variable tot aquell que sí és sensible a canvis menors en l'activitat productiva, que sí depèn del nivell de l'activitat de l'empresa. S'engloben en aquest grup els costos de matèries primeres i *utilities*.

La principal matèria primera que s'ha de comprar és el propilè grau refinèria, aquest conté un 72% de propilè i un 28% propà. S'ha de tenir en compte a més a més, que s'aplica un descompte a la compra del 15% i que la quantitat de propà és gratis. Així doncs, el cost total de matèries primeres, s'ha determinat mitjançant l'expressió 10.2.1.

$$\text{Cost MP} = \dot{Q} \cdot 0.72 \cdot (1 - \% \text{descompte}) \cdot \text{Preu compra propilè} \quad (10.2.1)$$

On, \dot{Q} és el cabal que es tracta en tones/any, i tenint en compte que s'ha considerat un preu de compra del propilè de 880 €/tona.

El cost de l'electricitat, aigua de refrigeració, aire sec necessaris per al procés, i el del nitrogen i gas natural requerits per a la regeneració s'inclouran com a *utilities*, i formaran part dels costos variables

Finalment, els costos totals anuals són de 52.3 milions d'euros.

10.3. Ingressos

El producte principal d'aquest procés és el propilè grau refinèria sense impureses que s'ha netejat i que s'utilitzarà posteriorment en el procés de producció de propilè grau polímer. De no donar-se l'adsorció dels contaminants en la planta, aquest propilè s'hauria de produir per mitjà de propà comprat, per tant s'ha considerat que el benefici obtingut és la quantitat de propilè que es purificat. Tenint en compte que el cabal conté un 72% de propilè, el preu de venda d'aquest és de 880€/tona i s'aplica una taxa de descompte del 10%, es poden

determinar els ingressos anuals seguint l'expressió 10.2.1, però aplicant el descompte corresponent.

A més a més, també s'ha tingut en compte com a benefici la quantitat de propà que ve junt amb el corrent de propilè grau refinaria que és gratis, s'ha considerat que el preu de compra/venda de propà és de 350 \$/tona. D'aquesta manera s'obtenen uns ingressos anuals de 61.3 milions d'euros.

10.4. Fluxos de caixa

Per tal de poder realitzar el càlcul dels indicadors econòmics, s'ha de determinar el flux de caixa de cada any, que serà el mateix per a tots els anys ja que s'han considerat constants els costos i els ingressos, i la amortització és lineal.

El procediment que s'ha seguit per determinar el flux de caixa de cada any és el compte de resultats com es mostra en la figura 10.1.1.

$$\begin{array}{r}
 + \text{INGRESSOS} \\
 - \text{DESPESES} \\
 - \text{AMORTITZACIÓ} \\
 \hline
 = \text{BAI} \\
 - \text{IMPOSTOS} \\
 \hline
 = \text{BDI} \\
 \text{FLUX DE CAIXA} = \text{BDI} + \text{AMORTITZACIÓ}
 \end{array}$$

Figura 10.4.1. Compte de resultats.

En la figura anterior, *BAI* i *BDI* fan referència al balanç abans i després d'impostos respectivament. S'ha considerat que els impostos són del 25%.

Seguidament, en la taula 10.1.2 es mostren els resultats de de cadascuna de les parts del compte de resultats. Per determinar posteriorment els indicadors econòmics VAN i TIR, s'ha de calcular el flux de caixa dels 10 anys, però sol es mostra el d'un any ja que com s'ha comentat, seran els mateixos.

Taula 10.4.1. Determinació dels fluxos de caixa anuals (M€).

Ingressos	Costos fixos	Costos variables	Amortització	BAI	Impostos	BDI	CF
61.3	50.1	2.21	1.68	7.34	1.84	5.51	7.18

10.5. Viabilitat del projecte

Per tal de determinar la viabilitat del projecte, s'han determinat dos indicadors dinàmics com són el VAN i la TIR.

El VAN és el valor actual dels fluxos que un projecte genera descomptats al cost d'oportunitat. Un valor del VAN major a zero indicarà que es pot invertir en el projecte, ja que aquest aportarà beneficis; si aquest és igual a zero també es pot invertir però no hi haurà cap benefici, contràriament, un valor negatiu indicarà que no s'ha d'invertir en el projecte ja que el projecte no serà econòmicament viable. Per al càlcul d'aquest paràmetre és necessari conèixer el valor de la taxa de descompte, k , que ve donada pel mercat financer, en aquest projecte se li ha donat un valor del 8%. Seguint l'expressió 10.5.1, s'ha determinat el valor del VAN.

$$\text{VAN} = -I_0 + \sum_{i=1}^n \frac{\text{CF}_i}{(1+k)^i} \quad (10.5.1)$$

On, I_0 és la inversió inicial i n és igual a 10 que és el nombre d'anys que durarà la inversió.

Per altra banda, la TIR és la taxa de descompte que fa zero el valor actual dels fluxos que un projecte genera, és a dir, és la taxa de rendibilitat que iguala el VAN a zero. En funció d'aquest indicador, serà convenient invertir sempre que la TIR sigui major a la k que s'ha considerat en el càlcul del VAN; si es dona el cas contrari, no s'invertirà ja que no s'obtidran beneficis.

Seguidament en la taula 10.5.1 es mostren els resultats obtinguts. Es pot afirmar que el projecte és econòmicament viable, ja que s'ha obtingut un valor positiu del VAN i la taxa de descompte calculada és major a la k .

Taula 10.5.1. Resultats obtinguts dels indicadors de viabilitat econòmica.

Indicador	Resultat
VAN (M€)	29.1
TIR (%)	41.5

10.6. Estudi de sensibilitat

Per tal d'estudiar l'efecte que causaran petites variacions de factors econòmics externs en la viabilitat econòmica de la planta, s'ha realitzat un estudi de sensibilitat.

Inicialment, s'ha considerat un preu de compra/venda de propilè mitjà de 880€ la tona, però aquest pot variar en funció del mercat, per tant s'ha estudiat com afectaran aquestes variacions en el VAN i la TIR. Seguidament, en les figures 10.6.1, 10.6.2 es mostren gràficament els resultats obtinguts. S'ha estudiat un augment i una disminució del 15% i del 30% d'aquest preu inicial.

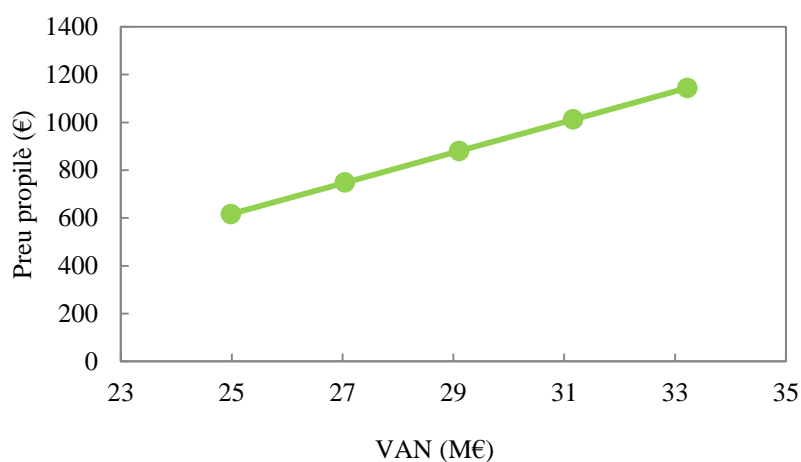


Figura 10.6.1. Variació del VAN en funció del preu del propilè.

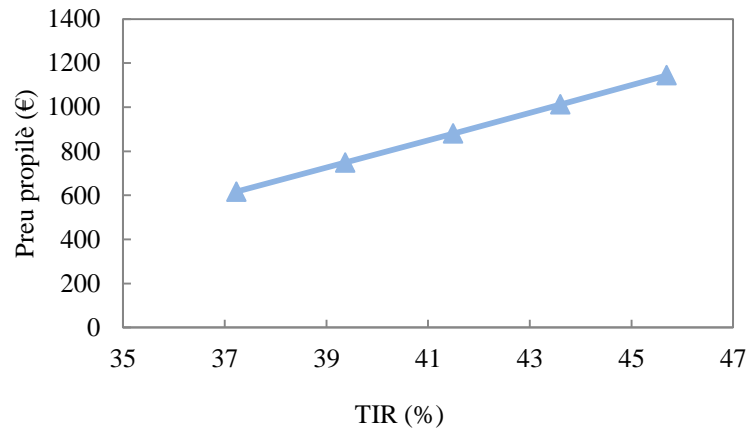


Figura 10.6.2. Variació de la TIR en funció del preu del propilè.

Com es pot observar, petites variacions en el preu de compra/venda del propilè afecten augmentant o disminuint el VAN uns 4 milions d'euros aproximadament, mentre que la TIR es veu afectada un 4%.

A l'hora de determinar els ingressos anuals, també es té en compte el propà que arriba de manera gratuïta a la planta. Així doncs, s'ha determinat també com afectaran als indicadors econòmics les possibles oscil·lacions que pugui haver-hi en el preu de compra/venda de propà. Al igual que en el preu del propilè, s'han estimat variacions del $\pm 15\%$ i $\pm 30\%$, els resultats es mostren en les figures 10.6.3 i 10.4.6.

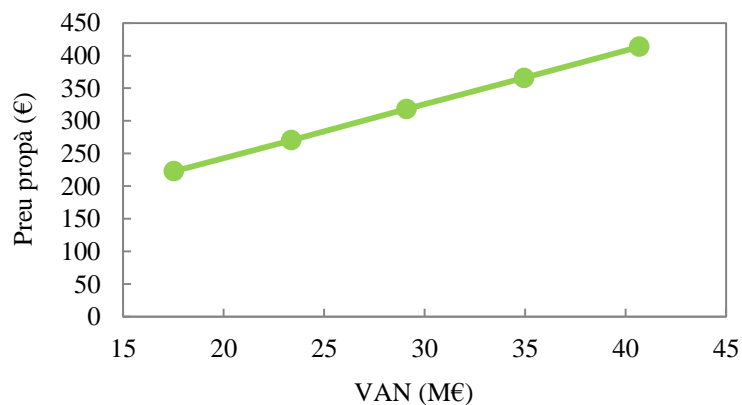


Figura 10.6.3. Variació del VAN en funció del preu del propà.

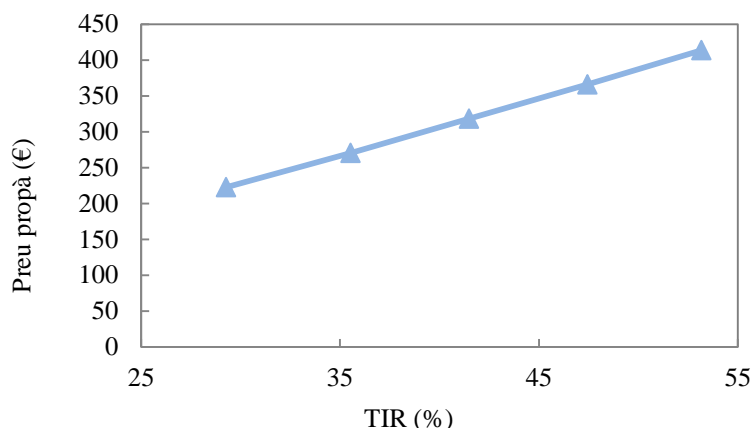


Figura 10.6.4. Variació de la TIR en funció del preu del propà.

Com es pot observar en aquest segon cas, la variable preu de propà afecta molt més a la viabilitat del projecte que el preu del propilè, doncs una disminució del 30% d'aquest ocasiona una disminució del VAN de més de 10 milions d'euros i d'un 20% de la TIR. En el cas que el preu de compra/venda de propà augmenti, la viabilitat del projecte augmentarà també notablement ja que amb un augment del 30% el VAN creixerà fins a 40 M€.

Uns altres dos factors que també poden influenciar de manera crítica en la viabilitat econòmica del projecte són les taxes imposades en la compra i venda de propilè. Inicialment s'ha establert que la taxa de descompte en la compra de propilè grau refinaria serà del 15% mentre que la taxa de descompte del preu de venda del propilè purificat serà del 10%. S'han estudiat variacions d'un 15% i 30% de ambdues per conèixer quin efecte tindrà en els indicadors, tal i com es mostren en les figures 10.6.5, 10.6.6, 10.6.7 i 10.6.8.

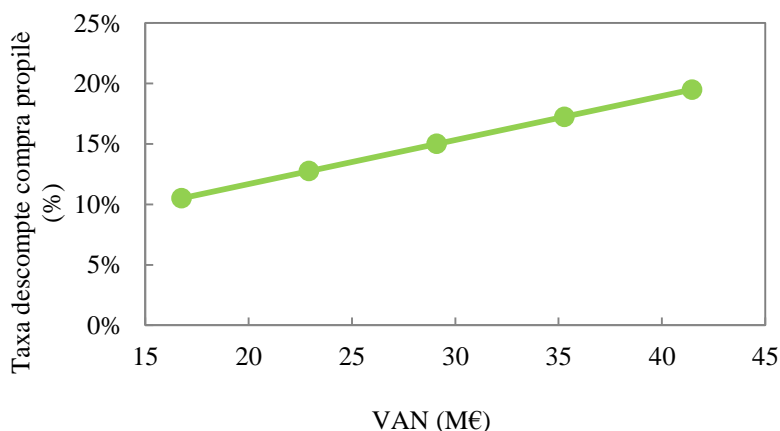


Figura 10.6.5. Variació del VAN en funció de la taxa de descompte en la compra de propilè.

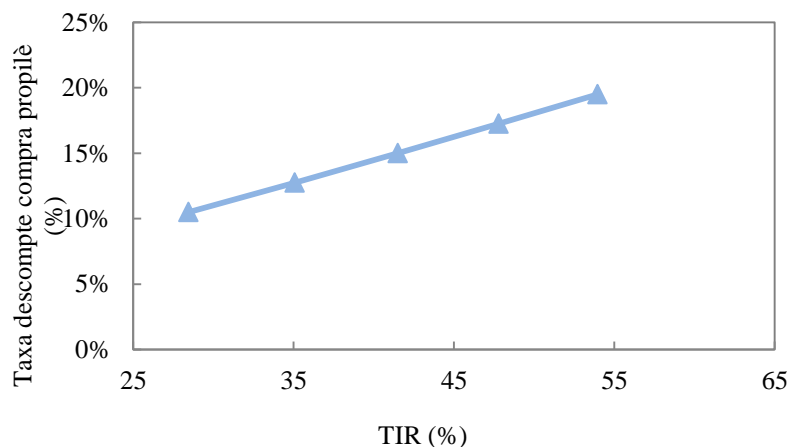


Figura 10.6.6. Variació de la TIR en funció de la taxa de descompte en la compra de propilè.

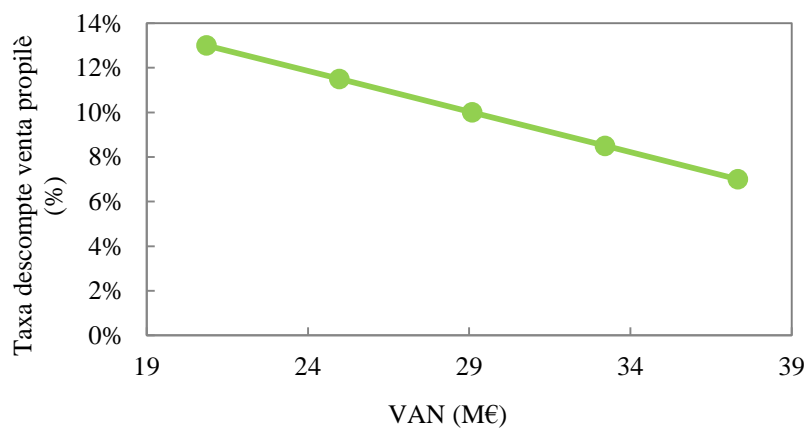


Figura 10.6.7. Variació del VAN en funció de la taxa de descompte en la venda de propilè.

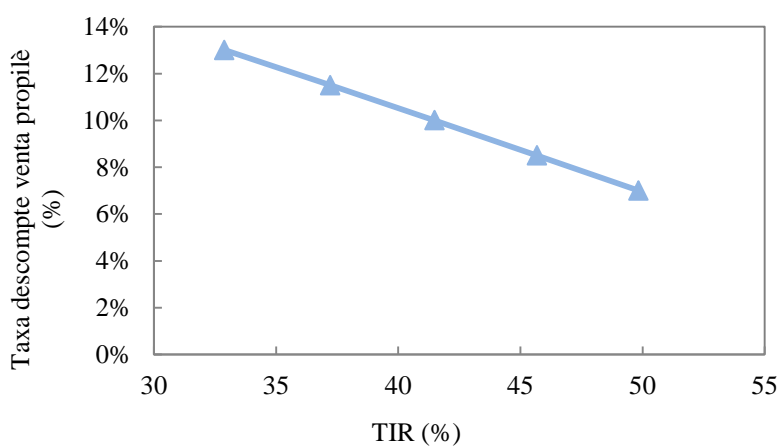


Figura 10.6.8. Variació de la TIR en funció de la taxa de descompte en la venda de propilè.

Segons es mostra en les figures 10.6.5 i 10.6.6. un increment en la taxa de descompte de compra del propilè serà molt favorable, ja que els indicadors econòmics augmentaran notablement, degut a una disminució dels costos. D'igual manera, una disminució d'aquesta taxa provocarà una baixada d'aquests indicadors. En relació amb els dos paràmetres variables estudiats anteriorment, aquest és el que més variacions provoca.

En les figures 10.6.7 i 10.6.8 es mostra l'efecte que causa la variació de la taxa de descompte de venda de propilè, que des d'un inici s'ha determinat que serà del 10%. Si es dóna el cas que aquesta taxa augmenti, la viabilitat econòmica es veu afectada negativament, en el cas contrari es donaran més ingressos i per tant més beneficis. Les variacions que provoca aquest paràmetre són inferiors a les que es donen quan varia la taxa de descompte de compra de propilè i el preu de propà, però majors que quan canvia el preu de compra/venta de propilè.

Així doncs, finalment podem dir que dels quatre paràmetres estudiats el més sensible és la taxa de descompte en la compra de propilè, ja que al aplicar-li unes variacions del 30% el VAN i la TIR es veuen més afectats. Contràriament, el paràmetre que menys influeix és el preu del propilè.

11. BIBLIOGRAFIA

[1] *Fitxes Internacionals de Seguretat Química*. Arsina. Març 2001. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT)

[2] *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*, John Wiley and Sons. Vol 4, Arsenic and Arsenic Compounds, pàgines 224-225.

[3] Process for Reducing the Arsenic Content of Gaseous Hydrocarbon Streams by Use of Supported Lead Oxide, U.S. Patent 3.782.076, 1974. Carr, N.L.; Massoth, F.E.; Stahdeld, D.L; Young, J.E.

[4] *Adsorption by powders & porous solids*, F. Rouquerol, J. Rouquerol, K. Sing, pàgina 10.

[5] *Adsorption Analysis: Equilibria and Kinetics*, Doung D. Do, Chapter 1

[6] *Ullmann's Processes and Process Engineering, Separation Processes*, Wiley-VCH, pàgina 413

[7] *Mecanica de Fluidos Aplicada*, Robert L. Mott, pàgina 241

[8] *Adsorption Technology & Design*, W.J. Thomas, Barry Crittenden, pàgina 175

[9] Real Decreto 400/1996, de 1 de marzo, por el que se dicta las disposiciones de aplicación de la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo 94/9/CE, relativa a los aparatos y sistemas de protección para uso en atmosferas potencialmente explosivas.

[10] Real Decreto 681/2003, de 12 de junio, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo.

[11] Real Decreto 840/2015, de 21 de septiembre, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas.

[12] *Manual de Recipientes a Presión, Diseño y Cálculo*, Eugene F. Megyesy. Ed. Limusa.

[13] *Analysis, Synthesis and Design of Chemical Processes*. Turton R., Bailie., Whiting W., Shaeiwitz J. Cuarta Edició, Editorial Penitence Hall. Upper Saddle River, 2009.

[14] *Heat exchangers: selection, rating, and thermal design*. Sadik Kakaç, Hongtan Liu, Anchasa Pramuanjaroenkij. 3a Edició.

[15] *Control Avanzado de Procesos. Teoría y práctica*. J. Acedo Sánchez. Ediciones Diaz de Santos, 2003

[16] *Instrumentación y control básico de procesos*. J. Acedo Sánchez. Ediciones Diaz de Santos, 2006

ANNEX

A.1. ESPECIFICACIÓ CATÀLEG FABRICANT BOMBA P-101

8/5/2017

Model Locator



Home > Products > Model Locator

LMV-322

Integrally geared centrifugal ISO 13709, API 610, 10th Edition, OH6 pump. Flows to 230gpm (52 m³/hr), Heads to 3,000ft (915 m)



The Sundyne LMV-322 is a gear driven centrifugal ISO 13709, API 610, 10th Edition, OH6 pump.

- Flows to 230 gpm (52 m³/hr)
- Heads to 3,000 ft (915 m)

The LMV-322 is engineered for heavy-duty services within the HPI, CPI, gas, and specialty processing industries.

[High Resolution Image](#)



Specifications

Heads To	100 to 3,000ft	22 to 641m	60HZ: 32 to 915m
Flows To	1 to 230gpm	8 to 42m ³ /hr	60HZ: 10 to 52m ³ /hr
Max Power	50	37	
Temp Range	-200 to 650°F	-130 to 340°C	
Number of Stages	1,0		
Max Case Working Pressure	1,440 psi	101 kg/cm ²	
Max Suction Pressure	450psi (32kg/cm ²)		
Differential Head	3,000 ft	915 m	
HP Dependent on Diff. Head	50 hp	37 KW	
Standard Delivery	8 Weeks		
Speed Range	6,000 to 20,000rpm-60Hz		
Materials of Construction	Carbon Steel, 316 SS, 4140 Steel, Fluorocarbon, Teflon		
Bearing Materials Available	Ball Bearings, Journal Bearings		
Hydrotest Pressure	2,160 psi	152 kg/cm ²	
Max Viscosity	750 cp		
Industry Standard	API-610		
Solids Range	0.015" (0.381mm), 400 microns		
Mounting Configurations	Vertical		
Number of Available Hydraulics...	1,0		
Seal Configurations Available	Single, Double, Tandem		
Available Inducer	Yes		
Available Flanges	600# ANSI RF		
Pump Case Corrosion Allowance	0.125" (3.17mm)		
Suction and Discharge Size	3" X 2"		
API Plans for Sundyne Pumps	11, 12, 13, 21, 23, 31, 32, 41, 52, 53, 54, 61, 62, J		

■ ■

A.2. ESPECIFICACIÓ CATÀLEG FABRICANT COMPRESSOR C-101



Home > Products > Model Locator

LMC/BMC-333

A single-stage integrally geared centrifugal compressor with flows to 2,100ACFM (3,570AM³/hr); Max. working pressure 1,000 psia (70 bar).



[High Resolution Image](#)

The LMC/BMC-333 is a single-stage integrally geared centrifugal compressor.

- Flows to 2,100 ACFM (3,570 AM³/hr)
- Max. working pressure 1,000 psia (70 bar)

Based on more than 50 years of technological innovation, the Sundyne family of LMC / BMC integrally geared centrifugal compressors are precision engineered to provide pulsation- and vibration-free operation. Built to meet exacting API-617 / ISO 10439 standards, the BMC will run continuously for 5 years, delivering oil-free process gas with no emissions. These compressors are designed to meet the unique Best Efficiency Point (BEP) of each

customer's application, resulting in a tailor made solution that reduces process loss and eliminates emissions. Additionally, these horizontally configured compressors are ideal for skid packaging — due to their unique modular baseplate — and are easy to install into any process environment. Backed by our global network of Authorized Service Centers, Sundyne LMC and BMC compressors are the ideal solution for handling the most demanding high-head, low-flow applications in the refining, petrochemical, LNG, power and mining industries.



Specifications

Maximum Flow	2,100 acfm	3,570 am ³ /hr
Maximum Speed	34,200 rpm-60Hz	33,600 rpm-50Hz
Maximum Working Pressure	1,000 psi	70 bar
Temperature Range	-200 to 500°F	-130 to 260°C
Maximum Motor Size	400 hp	298 kW
Hydro Test Pressure	1.5 Times Maximum Working Pressure	
Min Casing Thickness	0.75 in	19.05 mm
Corrosion Allowance	0.125 in	3.18 mm
Impeller Clearance	0.03 to 0.05in	.76 to 1.27mm
Shaft Diameter at Bearings	1.5in (38.1mm)	
Mechanical Seal Sizes-Outboard...	1.25 in	31.8 mm
Mechanical Seal Sizes-Inboard	1.5 in	38.1 mm
Mounting	Vertical or Horizontal	
Flanges	600# ANSI RF standard, other ratings available	
Suction Flange	6 inches	
Discharge Flange	4 inches	
Gearbox Oil Temp Range (normal...	120 to 180°F	49 to 82°C
Minimum Gearbox Starting Temp	32°F (0°C) with light turbine oil - lower with approved synthetic oil	
Gearbox Lubricant	ISO VG-46 General Purpose Oil	
Gearbox Sump Capacity	7 Quarts (6.6 Liters)	
Gearbox Lube System	Pressurized	
Gears	Hardened and precision ground, helical and/or spur	
Input and Idler Bearings	Deep groove, angular contact or solid journal as required	
Output Bearings	Solid Journal or tilt pad thrust and radial as required	
Coupling	Spline, standard flexible or spacer type	
Materials of Construction	Castings (carbon steel, stainless steel); Impeller (17-4PHSS, Titanium)	

A.3. ESPECIFICACIÓ CATÀLEG FABRICANT BESCOCANVIADOR E-101

Intercambiadores de Calor

C100 CENTURY®

DETALLES:

- Tubo recto, haz de tubos removible, placa tubular flotante con empaquetadura exterior.
- Arreglos de un solo paso o de pasos múltiples para lograr una máxima eficiencia con una amplia variedad de caudales del lado de los tubos.
- Tamaños estándar de carcasa de 8 pulgadas a 42 pulgadas de diámetro; diseños a la medida hasta 60 pulgadas de diámetro.
- Disponible para montaje horizontal o vertical.

VENTAJAS:

La placa tubular flotante permite la expansión diferencial entre carcasa y tubos.

El lado de la carcasa puede limpiarse mecánicamente o con vapor.

El haz de tubos puede reemplazarse o repararse fácilmente.

Menos costoso que los de cabezal flotante interno.

Sólo los fluidos del lado de la carcasa están expuestos a la empaquetadura.

Se pueden usar fluidos volátiles o tóxicos en el lado de los tubos.

Proporciona un área amplia de entrada al haz de tubos.

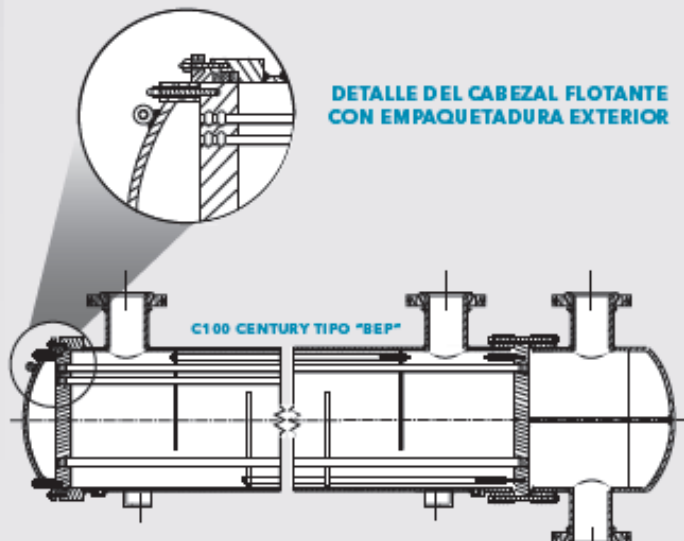
LIMITACIONES:

El lado de la carcasa está limitado a fluidos no volátiles y/o no tóxicos.

La empaquetadura del lado de la carcasa limita la presión y la temperatura de diseño.

Menos superficie por tamaño dado de carcasa y tubos que los diseños TEMA tipo AEW o BEW.

Tipo TEMA, AEP o BEP.
Puede cumplir con TEMA "B", "C" y "R",
ASME Sección VIII Div. 1 y
ASME Sección III "N" stamp



DETALLE DEL CABEZAL FLOTANTE CON EMPAQUETADURA EXTERIOR

C100 CENTURY TIPO "BEP"

CAPACIDAD DE DISEÑO ESTÁNDAR DE C100 CENTURY®

	PRESIÓN DE DISEÑO	TEMPERATURA DE DISEÑO
Lado de tubos	75 - 450 psi 517 - 3,102 kPa	-20 - 650°F -29 - 343°C
Lado de carcasa	75 - 300 psi 517 - 2,068 kPa	-20 - 650°F -29 - 343°C

Nota: los diseños a la medida a 3,600 psi/24,816 kPa y 1000°F/538°C, dependiendo del diámetro de la carcasa y de la temperatura de diseño.

El nuevo estándar en intercambiadores de calor de carcasa y tubos **5**

A.4. ESPECIFICACIÓ CATÀLEG FABRICANT AÏLLANT

Mantas armadas

MANTA ARMADA 159

DESCRIPCIÓ

Fieltro de lana de roca cosido por una cara a una malla de acero galvanizado. Todos los espesores presentados en una sola capa. Temperatura máxima 680°C (750°C en punta).

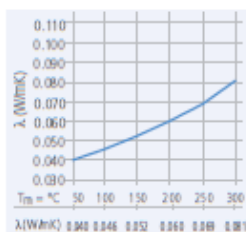


APLICACIONES

Aislamiento térmico y acústico de canalizaciones de gran sección, de paredes planas y de aparatos. Especialmente adecuados para superficies de forma irregular.

Densidad nominal
100 kg/m³

Conductividad térmica
Ensayo realizado según norma UNE-EN 12667



Temperatura de trabajo
680°C en régimen continuo.
Norma UNE-EN 12667, 750°C en punta. Norma ASTM C411.

Calor específico
0.84 kJ/kg K a 20°C

Comportamiento al agua
Los productos de lana de roca no retienen el agua y poseen una estructura no capilar.

Resistencia al paso del vapor de agua
Similar al del aire $\mu \pm 1.3$
Absorción al vapor de agua según ASTM C1104 / C1104M, es de $\pm 0,02\%$ de su volumen.

Reacción al fuego
Euroclase: A1 (incombustible)
Según norma DIN 4102-1

Dimensiones (mm)

LARGO x ANCHO	4.800 x 1.000
ESPESOR (mm)	40 50 60 70
LARGO x ANCHO	2.400 x 1.000
ESPESOR (mm)	80 100

Concentración de cloruros
< 10 mg/kg.
Calificado como AS, lo que permite su uso sobre superficies de acero inoxidable.

MANTA ARMADA 160

DESCRIPCIÓN

Fieltro de lana de roca cosido por una cara a una malla de acero galvanizado. Todos los espesores presentados en una sola capa. Temperatura máxima 650°C (750°C en punta).

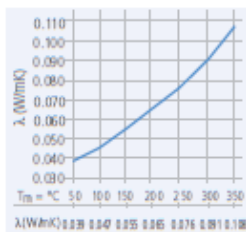


APLICACIONES

Aislamiento térmico y acústico de conductos de gran diámetro, depósitos, tanques de almacenamiento y equipos industriales con superficies irregulares.

Densidad nominal
70 kg/m³

Conductividad térmica
Ensayo realizado según norma UNE-EN 12667



Temperatura de trabajo
600°C en régimen continuo.
Norma EN 14706, 750°C en punta. Norma ASTM C411.

Calor específico
0.84 kJ/kg K a 20°C

Comportamiento al agua
Los productos de lana de roca no retienen el agua y poseen una estructura no capilar.

Resistencia al paso del vapor de agua
Similar al del aire $\mu \pm 1.3$
Absorción al vapor de agua según ASTM C1104 / C1104M, es de $\pm 0,02\%$ de su volumen.

Reacción al fuego
Euroclase: A1 (incombustible)
Según norma 13501.1

Dimensiones (mm)

LARGO x ANCHO	4.800 x 1.000
ESPESOR (mm)	40 50 60 70
LARGO x ANCHO	2.400 x 1.000
ESPESOR (mm)	80 100

Aislamiento acústico
La aplicación de mantas armadas contribuye a la reducción del ruido generado por el transporte de fluidos en tuberías.

Concentración de cloruros
< 10 mg/kg.
Calificado como AS, lo que permite su uso sobre superficies de acero inoxidable.

VENTAJAS MANTA 159 - 160

- Excelentes prestaciones de aislamiento térmico, acústico y prevención contra el fuego.
- Resistencia a altas temperaturas
- Facilidad de instalación
- No hidrófilo
- Químicamente inerte
- Libre de CFC y HCFC, respetuoso con el medio ambiente
- Bajo contenido en cloro soluble

INSTALACIÓN MANTA 159 - 160

Las mantas se desenrollan, se cortan a la longitud adecuada según el desarrollo del elemento a aislar, y se fija mediante una lazada de hilo de acero de las extremidades de la malla.

En caso de aparatos o tuberías verticales, debe preverse el sostén mecánico de las mantas, mediante anillos o elementos similares. La colocación de los productos debe realizarse en seco. Las normas recomiendan el revestimiento del aislante. Consúltenos su problema particular.

A.5. ESPECIFICACIÓ CATÀLEG FABRICANT CANONADES

Fieltros

MANTA 129

DESCRIPCIÓ

Fieltro de lana de roca revestido por una de sus caras por una lámina de aluminio. Temperatura máxima 300°C.



APLICACIONES

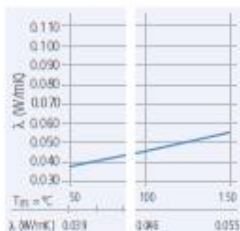
Aplicación en el calor fugado de equipos industriales como: intercambiadores de calor, reactores, tanques de almacenamiento y en general en la industria en aislamiento térmico y acústico.

Densidad nominal

70 kg/m³

Conductividad térmica

Ensayo realizado según norma EN 12667.



Temperatura de trabajo

300°C en régimen continuo. Norma UNE-EN 14706.

Calor específico

0.84 kJ/kg K a : °C

Comportamiento al agua

Los productos de lana de roca no retienen el agua y poseen una estructura capilar.

Resistencia al paso del vapor de agua

Similar al del aire λ ± 1.3
Absorción al vapor de agua según ASTM C104 / C1104 M, es de ± 0,20 % de su volumen.

Reacción al fuego

Euroclase: MO (no combustible)
Según norma EN 13501

Dimensiones (mm)

LARGO x ANCHO	6.000 x 1.200
ESPESOR (mm)	40
LARGO x ANCHO	5.000 x 1.200
ESPESOR (mm)	50
LARGO x ANCHO	4.000 x 1.200
ESPESOR (mm)	60
LARGO x ANCHO	3.000 x 1.200
ESPESOR (mm)	80
LARGO x ANCHO	2.500 x 1.200
ESPESOR (mm)	100

Instalación

Las mantas se desenrollan, se cortan a la longitud adecuada según el desarrollo del elemento a aislar.

Pueden fijarse mediante puntas soldadas o simplemente mediante cinta adhesiva si la temperatura externa permite. En caso de aparatos o tuberías verticales, debe preverse el sostén mecánico de las mantas, mediante anillos o elementos similares.

La colocación de los productos deben colocarse en seco. Las normas recomiendan el revestimiento del aislante. Consulten su problema particular.

VENTAJAS MANTA 129

- Excelentes prestaciones de aislamiento térmico, acústico y prevención contra el fuego
- Resistencia a altas temperaturas
- Facilidad de instalación
- No hidrófilo
- Químicamente inerte
- Libre de CFC y HCFC, respetuoso con el medio ambiente
- Bajo contenido en cloro soluble

Coquillas



A.6. NOTIFICACIÓ AG

Notificació d'establiment amb risc d'accidents greus

Obligatòria per totes les activitats amb risc d'accident greu (arts. 7, 8 i 10 Directiva 2012/18/UE)

1. Empresa o titular de l'establiment

Nom o raó social		NIF
Domicili social	Municipi	Codi postal
Telèfon	Fax	Adreça de correu electrònic

2. Representant i adreça per a notificacions

Nom i cognoms		Càrrec
Adreça	Municipi	Codi postal
Telèfon	Fax	Adreça de correu electrònic

3. Emplaçament de l'establiment

Adreça	Municipi	Codi postal
Telèfon	Fax	Adreça de correu electrònic
Activitat principal de l'establiment	CNAE	

4. Responsable de l'establiment (informació necessària per a la seva localització les 24 h)

Nom i cognoms		Càrrec
Adreça 1	Municipi	Codi postal
Telèfon 1	Fax	Adreça de correu electrònic
Adreça 2	Municipi	Codi postal
Telèfon 2	Fax	Adreça de correu electrònic
Altres informacions /telèfons		

5. Solars, edificacions i elements vulnerables

Superfície total de solars en m ² :	Edificacions: superfície en planta m ²
Distàncies des del límit de l'establiment més proper a altres edificis	Altres edificis industrials a <100 m <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
	< 100 m <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
	< 250 m <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
	Elements molt vulnerables o vulnerables a
	< 500 m <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
	< 750 m <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No

- Cal indicar si existeixen elements molt vulnerables o vulnerables d'acord amb la instrucció 8/2007 DGEMSI a menys de 100 m, 250 m, 500 m o 750 m a mesurar des del límit extern de l'establiment més proper a l'element. En el cas d'existir més d'un element a distàncies diferents 100, 250, 500 o 750 m es consignarà un SI a la casella corresponent.
- Cal indicar també en annex –veure punt 8–, quan siguin disponibles, detalls dels establiments Seveso veïns, d'emplaçament que quedin fora de l'àmbit d'aplicació de la Directiva, zones i obres que puguin originar o incrementar el risc o les conseqüències d'un accident greu o d'efecte dòmino.

6. Substàncies perilloses
6.1 Annex I. Part 1: Substàncies per seccions i subseccions²

Secció "H" Perills per a la salut						
<input type="checkbox"/> H1 Toxicitat aguda <ul style="list-style-type: none"> Categoria 1 totes les vies d'exposició (H330/H310/H300) 						
	Nom de les tres substàncies en major quantitat ³				Via d'exposició (Ih/C/I) ⁴	Quantitat màx. substància (tones) ⁵
1						
2						
3						
Resta de substàncies						
Total subsecció ⁶						
<input type="checkbox"/> H2 Toxicitat aguda <ul style="list-style-type: none"> Categoria 2 totes les vies d'exposició (H330/H310/H300) Categoria 3 inhalació (H331) 						
	Nom de les tres substàncies en major quantitat ³			Categoria (2 o 3) ⁷	Via d'exposició (Ih/C/I) ⁴	Quantitat màx. substància (tones) ⁵
1						
2						
3						
Resta de substàncies						
Total subsecció ⁶						
<input type="checkbox"/> H3 Toxicitat específica en determinats òrgans exposició única <ul style="list-style-type: none"> STOT SE Categoria 1 (H370) 						
	Nom de les tres substàncies en major quantitat ³					Quantitat màx. substància (tones) ⁵
1						
2						
3						
Resta de substàncies						
Total subsecció ⁶						
Secció "P" Perills físics						
<input type="checkbox"/> P1a Explosius <ul style="list-style-type: none"> Explosius inestables (i) (H200) Explosius divisions 1.1, 1.2, 1.3, 1.5 o 1.6 (divisió) Substàncies/barreges amb propietats explosives d'acord mètode A.14 RE 440/2008 no incloses en P6a o P6b (a14) 				<input type="checkbox"/> P1b Explosius <ul style="list-style-type: none"> Explosius divisió 1.4. 		
	Nom de les tres substàncies en major quantitat ³	Tipus (I o divisió o A.14) ⁸	Quantitat màx. substància (tones) ⁵		Nom de les tres substàncies en major quantitat ³	Quantitat màx. substància (tones) ⁵
1				1		
2				2		
3				3		
Resta de substàncies						
Total subsecció ⁶						
<input type="checkbox"/> P2 Gasos inflamables <ul style="list-style-type: none"> Categoria 1 (H220) Categoria 2 (H221) 				<input type="checkbox"/> P3a Aerosols inflamables <ul style="list-style-type: none"> Categoria 1 o 2 amb gasos inflamables de les categories 1 o 2 (i) o líquids inflamables de la categoria 1 (ii) (H222/H223) 		
	Nom de les tres substàncies en major quantitat ³	Categoria (1 o 2)	Quantitat màx. substància (tones) ⁵		Nom de les tres substàncies en major quantitat ³	Tipus (i o ii)
1				1		
2				2		
3				3		
Resta de substàncies						
Total subsecció ⁶						



<input type="checkbox"/> P3b Aerosols inflamables <ul style="list-style-type: none"> Categoria 1 o 2 <u>sense</u> gasos inflamables de les categories 1 o 2 o líquids inflamables de la categoria 1 (H222/H223) 				<input type="checkbox"/> P4 Gasos comburents <ul style="list-style-type: none"> Categoria 1 (H270) 			
Nom de les tres substàncies en major quantitat ³		Quantitat màx. substància (tones) ⁵		Nom de les tres substàncies en major quantitat ³		Quantitat màx. substància (tones) ⁵	
1				1			
2				2			
3				3			
Resta de substàncies				Resta de substàncies			
Total subsecció ⁶				Total subsecció ⁶			
<input type="checkbox"/> P5a Líquids inflamables <ul style="list-style-type: none"> Categoria 1 (i) (H224) Categoria 2 o 3 mantinguts a T > TEB. (ii) (H225) Altres amb Tl ≤ 60°C mantinguts a T > TEB (iii) (H226) 				<input type="checkbox"/> P5b Líquids inflamables <ul style="list-style-type: none"> Categoria 2 o 3 amb condicions de procés que poden crear un risc AG (i). (H225/H226) Altres amb Tl ≤ 60°C amb condicions de procés que poden crear un risc AG (ii) 			
Nom de les tres substàncies en major quantitat ³		Tipus (i o ii o iii)	Quantitat màx. substància (tones) ⁵	Nom de les tres substàncies en major quantitat ³		Tipus (i o ii)	Quantitat màx. substància (tones) ⁵
1				1			
2				2			
3				3			
Resta de substàncies				Resta de substàncies			
Total subsecció ⁶				Total subsecció ⁶			
<input type="checkbox"/> P5c Líquids inflamables <ul style="list-style-type: none"> Categoria 2 o 3 no inclosos a P5a o P5b (H225/H226) 				<input type="checkbox"/> P6a Substàncies i barreges que reaccionen espontàniament i peròxids orgànics <ul style="list-style-type: none"> Substàncies i barreges de reacció espontàniament tipus a o b (i) (H240/H241) Peròxids orgànics tipus A o B (ii) (H240/H241) 			
Nom de les tres substàncies en major quantitat ³		Quantitat màx. substància (tones) ⁵		Nom de les tres substàncies en major quantitat ³		Tipus (i/ii A/B)	Quantitat màx. substància (tones) ⁵
1				1			
2				2			
3				3			
Resta de substàncies				Resta de substàncies			
Total subsecció ⁶				Total subsecció ⁶			
<input type="checkbox"/> P6b Substàncies i barreges que reaccionen espontàniament i peròxids orgànics <ul style="list-style-type: none"> Substàncies i barreges de reacció espontàniament tipus C, D, E o F (i) (H242) Peròxids orgànics C, D, E o F (ii) (H242) 				<input type="checkbox"/> P7 Líquids i sòlids pirofòrics <ul style="list-style-type: none"> Líquids pirofòrics categoria 1 (i) (H250) Sòlids pirofòrics categoria 1 (ii) (H250). 			
Nom de les tres substàncies en major quantitat ³		Tipus (i/ii C/D/E/ F)	Quantitat màx. substància (tones) ⁵	Nom de les tres substàncies en major quantitat ³		Tipus (i o ii)	Quantitat màx. substància (tones) ⁵
1				1			
2				2			
3				3			
Resta de substàncies				Resta de substàncies			
Total subsecció ⁶				Total subsecció ⁶			
<input type="checkbox"/> P8 Líquids i sòlids comburents <ul style="list-style-type: none"> Líquids comburents categoria 1, 2 o 3 (i) (H271/H272). Sòlids comburents categoria 1, 2 o 3 (ii) (H271/H272). 							
Nom de les tres substàncies en major quantitat ³		Tipus (i/ii 1/2/3)	Quantitat màx. substància (tones) ⁵				
1							
2							
3							
Resta de substàncies							
Total subsecció ⁶							

6.3 Agrupació per seccions i subseccions tenint en compte les múltiples classificacions per tipologia de perill de les substàncies de la part 1 de l'annex I¹².

Secció "H" Perills per a la salut - quantitats globals -càlcul dels ratis/canvis			
	Quantitat màxima (tones) ⁵		Quantitat màxima (tones) ⁵
<ul style="list-style-type: none"> H2 – Toxicitat aguda categoria 2, 3 totes les vies d'exposició o categoria 3 (inhalació) (H330/310/H300) 		<ul style="list-style-type: none"> H3 – toxicitat aguda STOT (H370) 	
Declarades en la subsecció ¹³		Declarades en la subsecció ¹³	
Declarades en altres subseccions (multi classificació) ¹⁴		Declarades en altres subseccions (multi classificació) ¹⁴	
Total (t):		Total (t):	

Secció "P" Perills físics - quantitats globals - càlcul dels ratis/canvis			
	Quantitat màxima (tones) ⁵		Quantitat màxima (tones) ⁵
<ul style="list-style-type: none"> P1a – Explosius 		<ul style="list-style-type: none"> P1b – Explosius 	
Declarades en la subsecció ¹³		Declarades en la subsecció ¹³	
Declarades en altres subseccions (multi classificació) ¹⁴		Declarades en altres subseccions (multi classificació) ¹⁴	
Total (t):		Total (t):	
<ul style="list-style-type: none"> P2 – Gasos inflamables (H220/H221) 		<ul style="list-style-type: none"> P3a – Aerosols inflamables (H222/H223) 	
Declarades en la subsecció ¹³		Declarades en la subsecció ¹³	
Declarades en altres subseccions (multi classificació) ¹⁴		Declarades en altres subseccions (multi classificació) ¹⁴	
Total (t):		Total (t):	
<ul style="list-style-type: none"> P3b – Aerosols inflamables (H222/H223) 		<ul style="list-style-type: none"> P4 - Gasos comburents (H270) 	
Declarades en la subsecció ¹³		Declarades en la subsecció ¹³	
Declarades en altres subseccions (multi classificació) ¹⁴		Declarades en altres subseccions (multi classificació) ¹⁴	
Total (t):		Total (t):	
<ul style="list-style-type: none"> P5a – Líquids inflamables (H224/H225/H226) 		<ul style="list-style-type: none"> P5b – Líquids inflamables (H225/H226) 	
Declarades en la subsecció ¹³		Declarades en la subsecció ¹³	
Declarades en altres subseccions (multi classificació) ¹⁴		Declarades en altres subseccions (multi classificació) ¹⁴	
Total (t):		Total (t):	
<ul style="list-style-type: none"> P5c – Líquids inflamables (H225/226) 		<ul style="list-style-type: none"> P6a – Reacció espontània/peròxids orgànics (H240/H241) 	
Declarades en la subsecció ¹³		Declarades en la subsecció ¹³	
Declarades en altres subseccions (multi classificació) ¹⁴		Declarades en altres subseccions (multi classificació) ¹⁴	
Total (t):		Total (t):	
<ul style="list-style-type: none"> P6b – Reacció espontània/peròxids orgànics (H240/H241) 		<ul style="list-style-type: none"> P7 – Líquids i sòlids pirofòrics (H250) 	
Declarades en la subsecció ¹³		Declarades en la subsecció ¹³	
Declarades en altres subseccions (multi classificació) ¹⁴		Declarades en altres subseccions (multi classificació) ¹⁴	
Total (t):		Total (t):	
<ul style="list-style-type: none"> P8- Líquids i sòlids comburents (H271/272) 			
Declarades en la subsecció ¹³			
Declarades en altres subseccions (multi classificació) ¹⁴			
Total (t):			

Secció "E" Perills pel medi ambient - quantitats globals - càlcul dels ratis/canvis			
	Quantitat màxima (tones) ⁵		Quantitat màxima (tones) ⁵
<ul style="list-style-type: none"> E 1 - Categoria 1 Aguda (H400/410) 		<ul style="list-style-type: none"> E2- Categoria 2 crònica (H411) 	
Declarades en la subsecció ¹³		Declarades en la subsecció ¹³	
Declarades en altres subseccions (multi classificació) ¹⁴		Declarades en altres subseccions (multi classificació) ¹⁴	
Total (t):		Total (t):	



6.4 Ràtio de substàncies¹⁵

	Respecte del llindar inferior (columna 2)	Respecte del llindar superior (columna 3)
Ràtio de substàncies amb perill per la salut Seccions H1, H2, H3 i explícitament citades		
Ràtio de substàncies amb perills físics Seccions P1a/b, P2, P3a/b, P4, P5a/b/c, P6a/b, P7, P8 i explícitament citades		
Ràtio de substàncies perilloses pel medi ambient Seccions E1, E2 i explícitament citades		

7. Processos tecnològic

Feu-ne una breu descripció, amb especial menció d'aquells que poden originar accidents greus

8. Documentació que s'adjunta

<input type="checkbox"/> Pla topogràfic d'emplaçament.	escala 1:1000 o superior. S'inclouran com a mínim el municipi o municipis, la demarcació dels límits de propietat, la identificació del nord geogràfic, carreteres, línies de ferrocarril i corrents d'aigua que travessin la zona. Un dels punts com a mínim haurà d'estar referit a coordenades UTM sistema TRS 89.
<input type="checkbox"/> Pla d'ubicació de l'activitat	escala entre 1:1000 i 1:5000. S'inclouran els accessos d'entrada i sortida, els edificis de control dels accessos i les barreres naturals o artificials (rases, tanques, murs). S'indicarà sobre el pla les coordenades UTM del centre de l'establiment
<input type="checkbox"/> Pla d'implantació de la instal·lació industrial	escala entre 1:500 i 1:5000. S'inclouran com a mínim els accessos a l'establiment i les àrees generals principals: edificis, naus, delimitació general de les zones de procés, d'emmagatzematge, càrrega/descàrrega, serveis, etc.
<input type="checkbox"/> Descripció de l'entorn immediat de l'establiment	En especial dels elements capaços de causar un accident greu o d'agreujar les seves conseqüències: elements molt vulnerables o vulnerables segons instrucció 8/2007 DGEMSI. Indicar quan siguin disponibles, detalls dels establiments Seveso veïns, d'emplaçament que quedin fora de l'àmbit d'aplicació de la Directiva, zones i obres que puguin originar o incrementar el risc o les conseqüències d'un accident greu o d'efecte dòmino.
<input type="checkbox"/> Pla de situació de les substàncies perilloses dins de l'establiment	Contindrà una delimitació de les àrees on s'ubiquen les substàncies perilloses amb indicació de les categories (part 1 annex I de la directiva Seveso) i nom de les substàncies (part 2 annex I de la directiva Seveso i posteriors modificacions), quantitats màximes presents, ús de l'àrea (procés, emmagatzematge, càrrega/descàrrega o altres), formes d'emmagatzematge (fix o mòbil) i característiques d'aquestes (pressió, temperatura).
<input type="checkbox"/> Fulls/fitxes amb la descripció de substàncies	Per a cada substància perillosa declarada, ja sigui de la part 2 o que pertany a una categoria de substància o barreges de la part 1 de l'annex I caldrà presentar la fitxa amb informació relativa a les propietats fisicoquímiques i toxicològiques d'acord amb el RE 453/2010 de 20 de maig de 2010 que modifica el RE 1907/2006 (REACH). En el cas d'activitats afectades que presentin simultàniament la notificació i l'informe de seguretat o el pla d'autoprotecció, aquestes fitxes poden ser substituïdes per un escrit indicant les pàgines de l'estudi de seguretat o del pla d'autoprotecció on estan contingudes
<input type="checkbox"/> Fulls complementaris. Nombre de fulls: _____	Si no hi ha prou espai en un requadre, utilitzar fulls complementaris en blanc numerats, en els quals hi figuri a l'encapçalament el titular i el número d'identificació de l'establiment.



Declaració

DECLARO

que als efectes previstos en la normativa d'Accidents Greus d'aplicació les dades que figuren en aquests fulls coincideixen amb les de l'establiment descrit.

Signatura del/de la responsable de l'establiment

Nom i cognoms

Càrrec

DNI

Signatura ¹⁶

Lloc i data

LOPD: segons la Llei orgànica 15/1999, de 13 de desembre, de protecció de dades de caràcter personal, les dades de les persones que es comuniquin seran incorporades al fitxer *Plans de seguretat i emergència* del qual és responsable la *Direcció General d'Energia, Mines i Seguretat Industrial* amb la finalitat de gestionar les dades personals referents a propietaris i propietàries o persones representants de les entitats amb les quals cal posar-se en contacte en cas d'haver d'activar els plans de seguretat i emergència. Podeu exercir els vostres drets d'accés, rectificació, cancel·lació i oposició mitjançant un escrit dirigit a la Subdirecció General de Personal, Organització i Prevenció de Riscos Laborals, Passeig de Gràcia, 105, 08008 Barcelona. Adreça electrònica: bustia@protecciondedades.emo@gencat.cat
