



PLANTA DE PRODUCCIÓ D'ÒXID D'ETILÈ

Treball de fi de grau d'Enginyeria Química



Tommy Cassanello Andrea Grande Braven Pitargue
Ariadna Ramos Alexandre Ros Mònica Vidal



CAPÍTOL I

ESPECIFICACIONS DEL PROJECTE

Treball de fi de grau d'Enginyeria Química



Tommy Cassanello Andrea Grande Braven Pitargue
Ariadna Ramos Alexandre Ros Mònica Vidal

Índex

1	Definició del projecte	1
1.1	Bases del projecte	1
1.2	Abast del projecte	1
1.3	Localització de la planta	2
1.3.1	Paràmetres d'edificació i pla de parcel·la	3
1.3.2	Avaluació de les comunicacions i accessibilitat de la planta	4
1.3.3	Característiques del medi físic de la zona	10
2	Característiques i propietats dels compostos utilitzats	12
2.1	Matèries Primeres	12
2.1.1	Oxigen	12
2.1.2	Etilè	13
2.2	Producte	14
2.3	Altres compostos	15
2.3.1	Nitrogen	15
2.3.2	Diòxid de carboni	15
2.3.3	Catalitzador de plata amb suport α -alúmina	16
3	Descripció del procés de fabricació	18
3.1	Diagrama de blocs	18
3.2	Diagrama de procés	18
3.2.1	Adequació dels reactius	18
3.2.2	Reacció	19

3.2.3	Separació de l'òxid d'etilè de la resta de compostos	19
3.2.4	Eliminació del diòxid de carboni	19
3.2.5	Purificació de l'òxid d'etilè	20
4	Constitució de la planta	22
4.1	Distribució per àrees	22
4.2	Descripció detallada de les àrees	24
4.3	Planificació temporal	26
4.4	Plantilla de treballadors	27
5	Balanç de matèria	29
6	Serveis a la planta	32
6.1	Fluids	32
6.1.1	Aigua de xarxa	32
6.1.2	Aigua contra incendis	32
6.1.3	Aigua descalcificada	33
6.1.4	Aigua desionitzada	33
6.1.5	Aigua de refrigeració	33
6.1.6	Aire comprimit	34
6.1.7	Nitrogen	34
6.1.8	Fluids refrigerants/tèrmics	35
6.2	Energia	37
6.2.1	Electricitat	37
6.2.2	Gas natural	38

7 Programació Temporal

38

Bibliografia

41

1 Definició del projecte

Aquest primer capítol engloba l'objectiu i les principals especificacions del projecte. També es mostra la localització de la planta, una breu avaluació de la seva accessibilitat i una anàlisi del medi físic de la zona.

1.1 Bases del projecte

L'objectiu del projecte és dissenyar una planta química en continu per la producció d'òxid d'etilè a partir d'oxigen i etilè, utilitzant un catalitzador de plata.

Les especificacions del projecte són les següents:

- Capacitat de producció: 120.000 Tones/any d'òxid d'etilè.
- Funcionament: 320 dies/any de producció. Els períodes de parada de la planta per manteniment seran 25 dies a l'agost i 20 dies al Nadal.
- Presentació del producte: líquid en *bulk* en recipients a pressió.

La planta es situa al Polígon Industrial "Gasos Nobles". De tal manera, compleix la normativa urbanística pertinent a la localització. Així mateix el projecte compleix tota la normativa sectorial d'aplicació, amb especial aplicació en seguretat, medi ambient i protecció contra incendis. Tota la normativa està explicada als seus apartats corresponents.

1.2 Abast del projecte

En aquest apartat es recullen els punts principals que es tractaran i s'estudiaran al projecte. Es considerarà finalitzat el projecte quan s'hagin completat tots aquests punts.

- Disseny i especificacions de les unitats de procés per a la producció i purificació del producte.
- Disseny i especificacions de l'emmagatzematge del producte.
- Disseny i especificacions dels sistemes de control i automatismes.
- Especificacions i estudi de la posada en marxa de la planta.

- Especificacions de les àrees de servei de la planta.
- Disseny i elaboració de diagrames i plànols.
- Especificacions de les mesures de seguretat i higiene que s'aplicaran d'acord amb la normativa vigent de l'òxid d'etilè.
- Avaluació de l'impacte ambiental i possibles reduccions d'aquest.
- Avaluació econòmica del projecte.

1.3 Localització de la planta

La planta es situa al polígon industrial "Gasos Nobles" al terme municipal de La Canonja a Tarragona, una de les quatre províncies de la Comunitat Autònoma de Catalunya on comparteix el nom amb la seva capital.

La Canonja es troba a 6 kilòmetres del centre de la ciutat de Tarragona i a 105 kilòmetres de la capital de Catalunya, Barcelona.

A la **Figura 1** es pot observar la localització de la planta. A l'esquerra, amb una fletxa blanca està assenyalada la localització de La Canonja en un mapa de Catalunya, on tota l'àrea de la província de Tarragona es troba senyalitzada en blau. A la dreta hi ha representat un mapa de La Canonja.

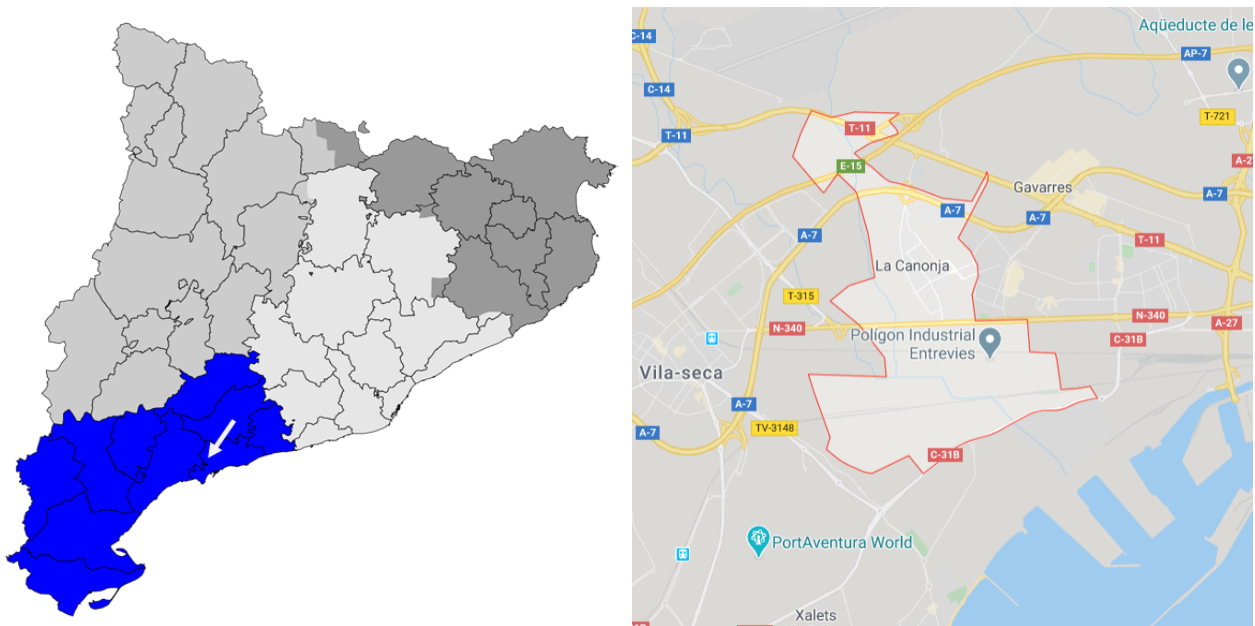


Figura 1: Localització de Tarragona en un mapa de Catalunya (esquerra) i mapa de La Canonja (dreta) [1].

1.3.1 Paràmetres d'edificació i pla de parcel·la

Els paràmetres d'edificació existeixen per a cada municipi i són d'obligat compliment. A la **Taula 1** es recullen els paràmetres d'edificació establerts per la normativa urbanística del polígon industrial dels "Gasos Nobles" a La Canonja, Tarragona.

Taula 1: Paràmetres d'edificació al polígon industrial "Gasos Nobles".

Edificabilitat	1.5 m ² sostre/m ² sòl
Ocupació màxima de la parcel·la	75%
Ocupació mínima de la parcel·la	20% de la superfície d'ocupació màxima
Reculades	5 m a vies i veïns
Alçada màxima	16 m i 3 plantes excepte en producció justificant la necessitat pel procés
Alçada mínima	4 m i una planta
Aparcaments	1 plaça/150 m ² construïts
Distància entre edifici	1/3 del edifici més alt amb un mínim de 5 m

A la **Figura 2** es representa el plànol de la parcel·la on es situarà la planta per a la producció d'òxid d'etilè. La parcel·la està formada per 53235 m² i el terreny té una resistència de 2 kg/cm² a 1.5 m de profunditat sobre graves.

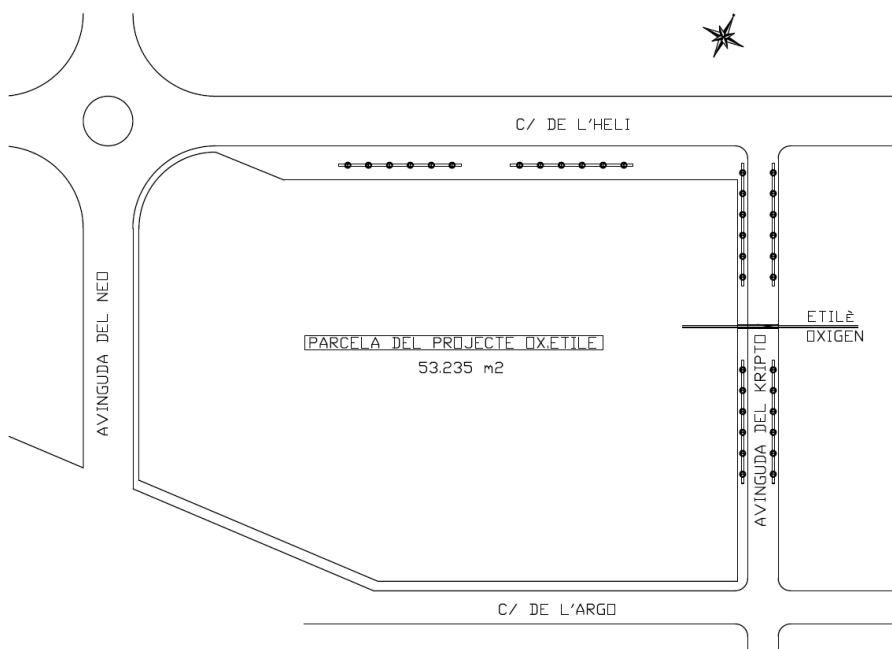


Figura 2: Plànol de la parcel·la de la planta de producció d'òxid d'etilè.

La parcel·la disposa de diferents serveis, els quals estan recollits a la **Taula 2**.

Taula 2: Serveis disponibles a la parcel·la.

Energia elèctrica	Connexió des de la línia de 20 kV a peu de parcel·la, cal preveure una estació transformadora (espai ja delimitat al plànol)
Gas natural	Connexió a peu de parcel·la a mitja pressió (1.5 kg/cm ²)
Clavegueram	Xarxa unitària al centre del carrer a una profunditat de 3.5 m (diàmetre del col·lector de 800 mm)
Aigua d'incendis	La màxima pressió es de 4 kg/cm ² , cal dissenyar una estació de bombament i reserva d'aigua
Aigua de xarxa	A peu de la parcel·la a 4 kg/cm ² amb un diàmetre de 200 mm

1.3.2 Avaluació de les comunicacions i accessibilitat de la planta

En aquest apartat s'analitzarà la comunicació i l'accessibilitat de la planta, és a dir, els accessos i infraestructures de comunicació. Aquestes són estratègiques pel funcionament de la planta, ja que, facilitaran la distribució del producte acabat per a la seva comercialització.

A continuació s'estudiaran les tres vies de transport més habituals: transport terrestre, marítim i aeri.

Transport terrestre

El transport terrestre està format per carreteres i per línies ferroviàries. La Canonja està comunicada per la carretera comarcal (C-14), la carretera nacional (N-340), l'autovia (A-7) i l'autopista (AP-7). Les dues últimes formen part de la xarxa de carreteres europees E-15. A la **Figura 3** es poden observar les principals vies de transport terrestre.

La carretera autonòmica de Catalunya C-14, comunica les ciutats de Salou (Tarragona) amb Adrall (Lleida). Des d'Adrall s'uneix amb la carretera nacional N-260 (Eix del Pirineu), fins a arribar a Andorra per la nacional N-145. La carretera N-340 (o carretera del Mediterrani) comunica Cadis amb Barcelona per tota la costa del Mediterrani, amb una longitud de 1284 km travessant deu províncies. L'autovia A-7 forma part de la xarxa de carreteres de l'estat espanyol, comunica Algesires amb Barcelona. L'autopista AP-7 o A-7, en els trams sense peatge, uneix la frontera amb França fins a Guadiaro (Cadis).



Figura 3: Mapa de les principals carreteres per accedir a La Canonja (Tarragona) [2].

Pel que fa a les línies ferroviàries, l'estació més propera a La Canonja és la de Tarragona d'Adif, que es troba a 7.4 km. A la **Figura 4** es pot observar la distribució de les línies ferroviàries disponibles des de Tarragona cap a la resta d'Espanya i Europa.

Per comunicar Tarragona amb la resta de Catalunya i part d'Espanya, es disposa d'un conjunt de línies de ferrocarrils de la companyia Renfe [3]. Aquestes són:

- RT1 (Tarragona - Reus)
- RT2 (L'Arboç - L'Hospitalet de l'infant)
- R4 (Sant Vicenç de Calders - Manresa)
- R14 (Barcelona Estació de França - Lleida)
- R15 (Barcelona Estació de França - Riba roja d'Ebre)
- R16 (Barcelona Estació de França - Tortosa/Ulldecona)

En relació a la unió amb la resta d'Espanya i Europa, les línies d'AVE (Alta Velocitat Espanyola), tenen una xarxa de vies ferroviàries que uneixen Barcelona amb Madrid, Toulouse, Marseille, Lyon i París.

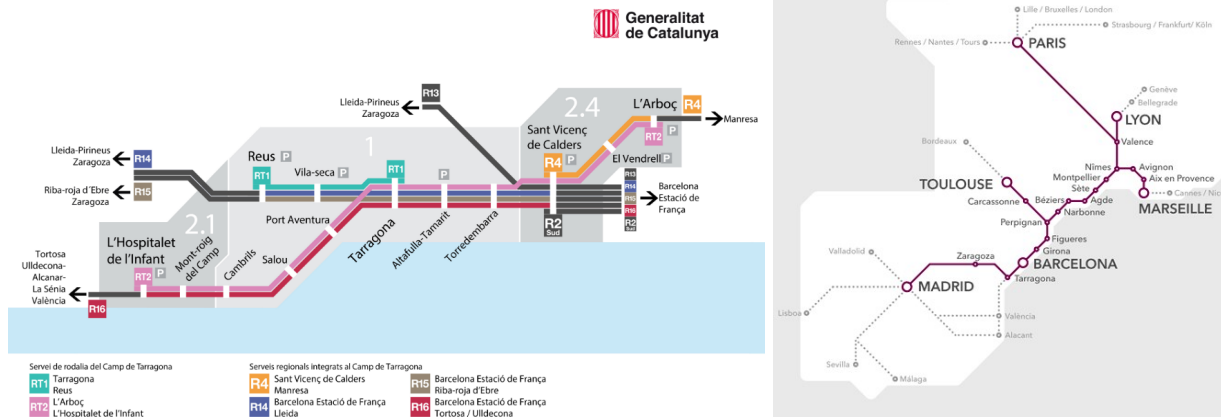


Figura 4: Mapa de les línies ferroviàries a Catalunya [4] (esquerra) i mapa de les línies de l'AVE cap a la resta d'Espanya i Europa [5] (dreta).

Cal tenir en compte que la planta no només ha de tindre una bona comunicació pel transport de mercaderies sinó que també ha de facilitar el desplaçament dels treballadors. Aquests poden utilitzar les carreteres i les línies ferroviàries ja esmentades i, a més a més, les diverses línies d'autobusos que arriben fins a Reus, Tarragona i Vilafranca del Penedès, entre d'altres.

Transport marítim

La Canonja es troba a prop de dos ports principals, els ports de Tarragona i de Barcelona, a 10 km i 107 km, respectivament. Per aquest motiu, s'analitzaran les mercaderies que es van transportar l'any 2019 al port de Tarragona i, seguidament, en al de Barcelona.

A la **Figura 5** es pot observar la distribució percentual del tràfic acumulat de mercaderies de l'any 2019. La distribució és semblant sobre el cru de petroli, altres petrolífers i els sòlids a lloure, al voltant d'un 29%. Pel que fa a químics i a altres líquids, només obtenen un 5.5% de la distribució. Per tant, al port de Tarragona majoritàriament es transporten derivats del petroli.

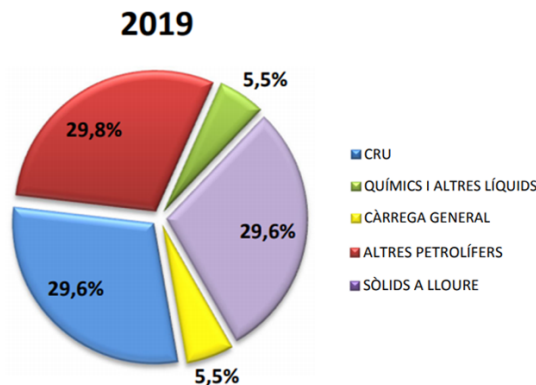


Figura 5: Gràfic de distribució percentual del tràfic acumulat de mercaderies durant l'any 2019 [6].

A la **Figura 6** es poden observar els quilograms de mercaderies que carreguen i descarreguen els vaixells entre el port de Tarragona i els diferents continents. Els més reincidents són l'Àfrica i Europa, tenint en compte que Espanya suposa una proporció molt elevada de l'activitat Europea. Per tant, des del port de Tarragona es podrien transportar mercaderies especialment a Espanya, Europa i Àfrica.

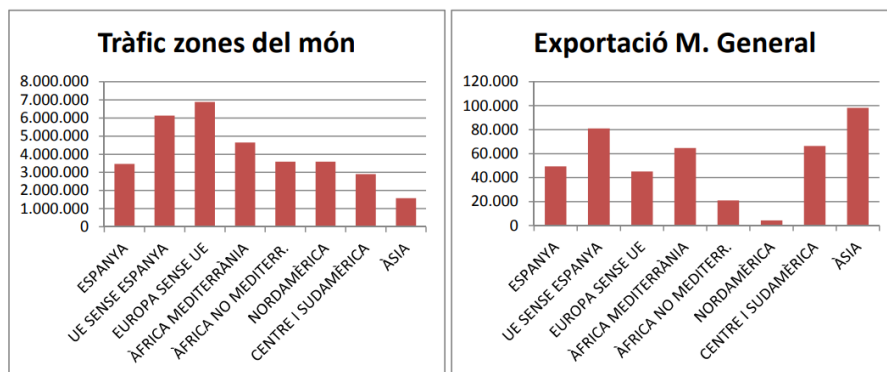


Figura 6: Continents amb activitat al port (esquerra) i continents amb tràfic de mercaderia general (dreta) [6].

Pel que fa al port de Barcelona, a la **Figura 7** es poden observar els diferents països on es pot realitzar el tràfic de mercaderies a curta distància. Des de Barcelona, el 28% de les mercaderies són transportades a Algèria, el 20% a la resta d'Espanya i el 15% a Turquia. Tot i que amb menys proporció, també es transporten per Europa, Àfrica i el Regne Unit.

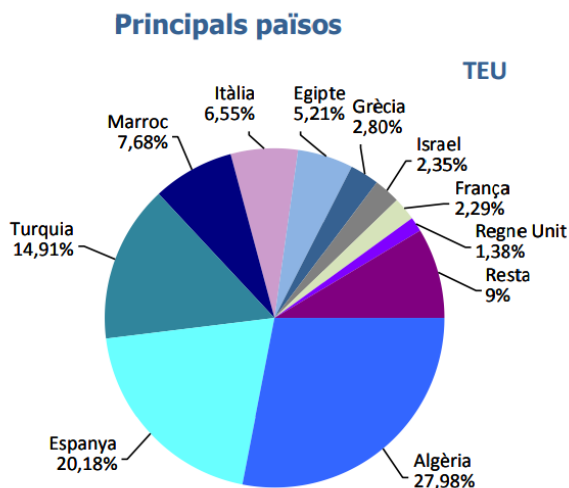


Figura 7: Tràfic Marítim de Curta Distància (TMCD) per a càrrega emmagatzemada en contenidors [7].

A la **Figura 8**, es pot observar la representació de les distribucions dels principals productes al port de Barcelona. Els productes químics són els majoritaris per càrrega i descàrrega, amb un 22% i un 25%, respectivament.

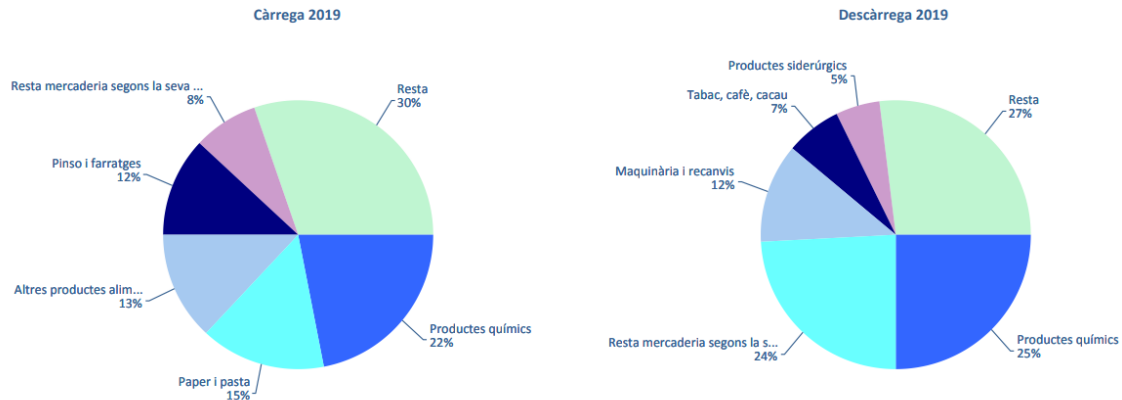


Figura 8: Tipus de productes importants i exportats al port de Barcelona. [7]

Després d'analitzar el transport marítim de mercaderies, es pot concloure que es podria transportar l'òxid d'etilè tant des del port de Tarragona com el de Barcelona. A més a més, es podrien transportar cap a la resta d'Espanya, Europa, Àfrica i Regne Unit.

Transport aeri

En el cas del transport aeri, a la zona pròxima a La Canonja, es troben els aeroports de Reus i Barcelona. L'aeroport de Reus es troba a 8 km del polígon industrial dels "Gasos Nobles" i l'aeroport de Barcelona a 100 km.

En el cas de l'aeroport de Reus, actualment no hi ha transport de mercaderies. Tot i això, a partir de la **Figura 9**, es pot veure com les possibles destinacions des de l'aeroport són Regne Unit i Europa.

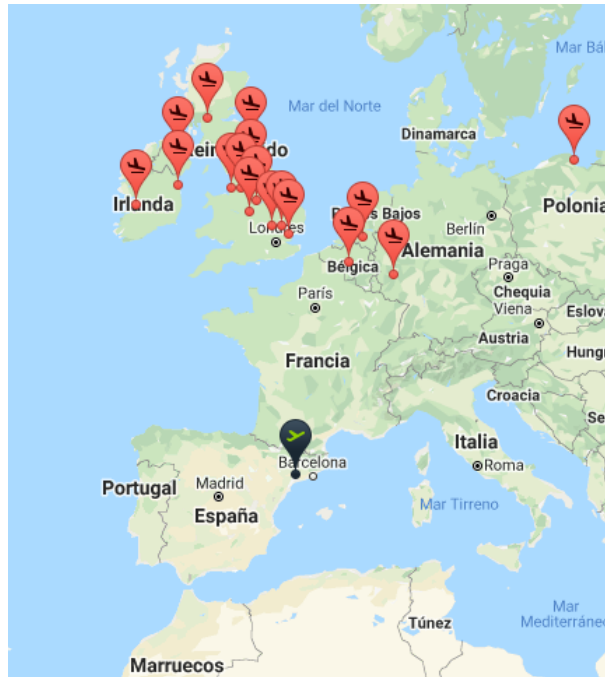


Figura 9: Possibles destinacions a partir de l'aeroport de Reus [8].

En el cas de l'aeroport de Barcelona, hi ha transport de mercaderies i de passatgers. A la **Figura 10** es pot observar com el nombre de destinacions és major al de l'aeroport de Reus. El rang de països europeus és considerablement més ampli i s'afegeixen destins com Àfrica, Amèrica del Nord, Amèrica del Sud i Àsia.

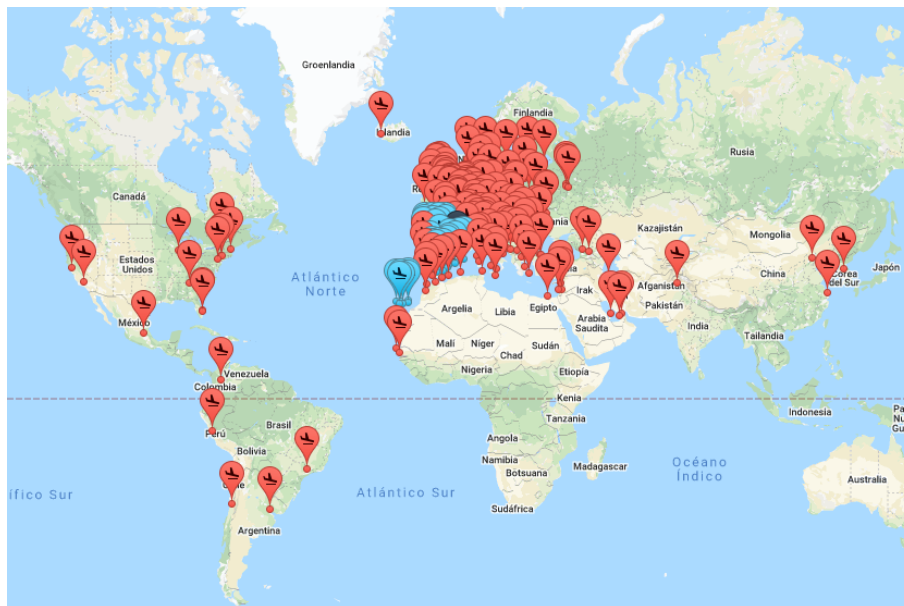


Figura 10: Distribució dels principals productes a l'aeroport de Barcelona [8].

Després d'analitzar les vies de transport més habituals s'ha arribat a la següent conclusió. El polígon industrial "Gasos Nobles", situat a La Canonja (Tarragona), està ben comunicat pel que fa a la via marítima i a la via terrestre, a causa de la proximitat del port marítim de Tarragona, d'autovies i autopistes i xarxes ferroviàries. Però en canvi, la via aèria no disposa d'una bona comunicació, ja que, l'aeroport més proper té destinacions limitades i no transporta mercaderies.

1.3.3 Característiques del medi físic de la zona

En aquest apartat s'analitzen les característiques del medi físic de La Canonja, ja que, aquestes poden afectar tant en el disseny de la planta com en els materials utilitzats a la construcció d'aquesta.

Climatologia

Segons la classificació climàtica de Köppen-Geiger, La Canonja té un clima temperat i un estiu sec i calorós. A partir d'un estudi de la climatologia de la zona durant els últims trenta anys, s'ha obtingut una mitjana de les temperatures i precipitacions al llarg d'un any a Tarragona. Aquestes es troben representades a la **Figura 11**. A partir de la **Figura 11**, es pot observar com les temperatures més baixes corresponen als mesos d'hivern (desembre i gener), arribant fins a un mínim de 4°C. Per l'altra banda, les temperatures més altes són durant els mesos d'estiu (juny, juliol i agost), arribant a un màxim de 31°C. En el cas de les precipitacions, els mesos d'estiu són els més secs, arribant a un màxim de 15 mm. Els mesos més plujosos, són els mesos d'abril, octubre i novembre arribant a uns mínims de 60 mm. La humitat relativa a Tarragona, sol ser del 69%.

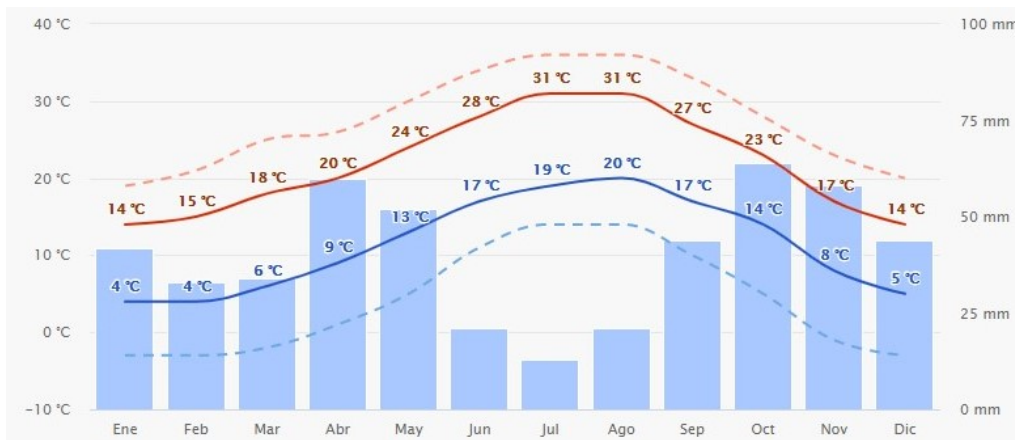


Figura 11: Dades termo-pluviomètriques anuals (mitjana) a Tarragona [9].

A més a més, les gelades no són freqüents i el vent predominant és el Mestral (N-O), sent un vent sec i fred si prové del nord o més calent si prové de l'oest. Aquest pot arribar a tenir una velocitat de 2.4 m/s. En conclusió, la comarca de Tarragona presenta un clima típic del Mediterrani.

Sismologia

L'estudi realitzat per l'Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICGC), considera Catalunya com una zona d'activitat sísmica moderada, és a dir, pot haver-hi terratrèmols que poden causar danys greus.

A la **Figura 12** es pot observar la classificació sísmica de les diferents zones de Catalunya. Concretament, la zona de La Canonja forma part de la zona sísmica 1 amb una intensitat màxima de VI a l'escala MSK. A partir d'aquesta classificació es pot considerar a La Canonja com un municipi lleugerament danyat, menys del 20% dels seus edificis es veurien afectats en el cas d'un terratrèmol.

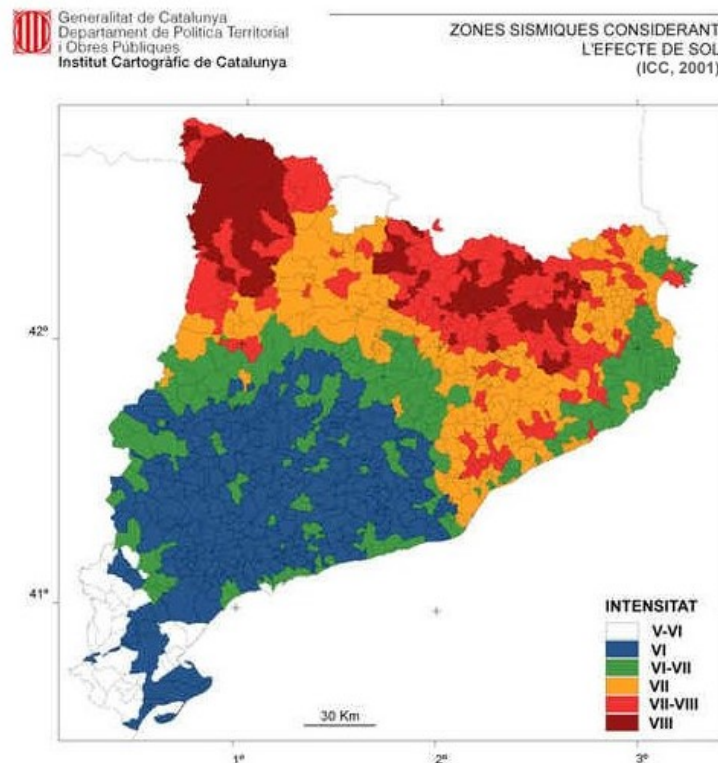


Figura 12: Mapa de zones sísmiques de Catalunya [10].

Geologia

La Canonja és un municipi de la comarca del Tarragonès. Aquest municipi és pla amb una petita inclinació cap al mar, amb una altitud de 60 metres sobre el nivell del mar. La Canonja té una superfície de 7.33 km². Els sòls són horitzons càlcics. Són bàsics amb un baix contingut de matèria orgànica i elevat de carbonats. El relleu es troba poc accidentat.

A Tarragona no acostuma a haver-hi inundacions. Però en el cas que augmentessin les precipitacions, la petita inclinació a prop del mar faria que l'aigua torrencial drenés adequadament causant mals inapreciables.

2 Característiques i propietats dels compostos utilitzats

2.1 Matèries Primeres

Les matèries primeres necessàries per la producció de l'òxid d'etilè són l'oxigen i l'etilè.

2.1.1 Oxigen

L'oxigen és l'element més abundant de la superfície terrestre i és essencial per a la vida dels organismes. La proporció d'oxigen en volum a l'atmosfera és del 21% i a l'aigua del mar del 89% en pes. És un element químic no metàl·lic del grup 16 de la Taula Periòdica. És un gas incolor, inodor i insípid, que forma compostos reaccionant amb pràcticament tots els altres elements.

L'oxigen va ser descobert al voltant de l'any 1772 per Carl Wilhelm Scheele, un químic suec, el qual, el va obtenir a l'escalfar nitrats de potassi i òxid de mercuri. De totes maneres, Joseph Priestley, un químic anglès que també va descobrir l'oxigen al descompondre tèrmicament l'òxid de mercuri l'any 1774, sol ser considerat com el descobridor de l'element degut a que va esdevenir el primer en publicar la troballa. Tot i així, va ser Antoine-Laurent Lavoisier, un químic francès, qui va donar nom a l'oxigen. Antoine va saber interpretar el rol de l'oxigen a la respiració i a la combustió, i la seva tendència a formar àcids en combinar-lo amb diverses substàncies. De fet, d'aquí prové el nom, "oxygène" del Grec, "formador d'àcids".

L'oxigen es troba en dues formes al·lotròpiques. Primerament, s'aprecia en forma de diatòmic (O_2), conegut com oxigen atmosfèric, així com en forma de triatòmic (O_3), anomenat Ozó. Per a la producció d'òxid d'etilè es necessita oxigen atmosfèric. La **Figura 13** mostra l'estructura de Lewis de l'oxigen atmosfèric.

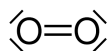


Figura 13: Estructura de Lewis de l'oxigen atmosfèric.

La via d'obtenció d'oxigen a la indústria es porta a terme mitjançant la destil·lació fraccionària d'aire líquid. Cal destacar que a la indústria química, a l'hora de dur a terme oxidacions, l'aire ha estat substituït per l'oxigen comercial, com és en el cas de la producció d'òxid d'etilè [11].

La **Taula 3** mostra les propietats de l'oxigen atmosfèric.

Taula 3: Propietats de l'oxigen a 20 °C i 1 atm.

Pes molecular [g/mol]	32
Temperatura d'ebullició a 1 atm [°C]	-183.2
Densitat [kg/m ³]	1.332

2.1.2 Etilè

L'etilè és el component alquè orgànic més simple. És un gas inflamable, incolor i té gust i olor dolç. Els recursos naturals d'etilè són el gas natural i el petroli. Industrialment és produït per craqueig del gas natural o de les fraccions de destil·lació lleugeres del petroli. És un procés que es realitza en un forn a 800-900 °C, donant lloc a una barreja de gasos de la qual pot ser extret mitjançant una instal·lació de fraccionament.

L'etilè és un component orgànic molt important a la indústria que és destinat per a dues aplicacions diferents. La principal aplicació és polimeritzar-lo i produir polietilè, un plàstic de molta resistència física i química amb diversos usos com poden ser la fabricació de bosses i articles d'emalatge o protecció. La segona aplicació és emprar-lo com a matèria primera per a la producció d'altres compostos de dos carbonis com l'etanol, l'òxid d'etilè, acetaldehid o el clorur de vinil [12] [13].

La **Figura 14** mostra l'estructura de Lewis de l'etilè.

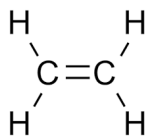


Figura 14: Estructura de Lewis de l'etilè.

La **Taula 4** mostra les propietats de l'etilè

Taula 4: Propietats de l'etilè a 20 °C i 1 atm.

Pes molecular [g/mol]	28.05
Temperatura d'ebullició a 1 atm [°C]	-104.3
Densitat [kg/m ³]	1.174

2.2 Producte

L'òxid d'etilè és un compost orgànic amb fórmula química C_2H_4O . A temperatura ambient, és un gas incolor, inflamable i té una olor dolça. És l'epòxid més senzill i degut a la seva estructura particular participa fàcilment en moltes reaccions d'addició.

Tot i ser una matèria primera vital amb moltes aplicacions, també és una substància molt perillosa, a part de ser inflamable, és cancerigen, mutagènic, irritant i un gas anestèsic.

El primer a informar de l'òxid d'etilè va ser el químic Charles-Adolphe Wurtz, que l'any 1859 el va preparar eliminant àcid clorhídric de la etilenoclorhidrina, utilitzant una solució d'hidròxid de potassi. Més tard, l'any 1931, Theodore Lefort va descobrir l'oxidació catalítica directa de l'etilè, que poc a poc, va suprimir el procés de clorhidrina [14].

L'òxid d'etilè s'utilitza com a desinfectant, agent esterilitzador, fumigant i per produir altres substàncies químiques, com anticongelants. En quantitats petites, l'òxid d'etilè s'utilitza com agent per fumigació i esterilització. El poder de l'òxid d'etilè per danyar l'ADN el converteix en un eficaç agent per esterilització, però és per aquesta mateixa propietat el que el fa cancerigen.

La **Figura 15** mostra l'estructura de Lewis de l'òxid d'etilè.

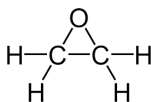


Figura 15: Estructura de Lewis de l'òxid d'etilè.

La **Taula 5** mostra les propietats de l'òxid d'etilè [15].

Taula 5: Propietats de l'òxid d'etilè a 20 °C i 1 atm.

Pes molecular [g/mol]	44.05
Temperatura d'ebullició a 1 atm [°C]	10.43
Densitat [kg/m ³]	1.869

2.3 Altres compostos

2.3.1 Nitrogen

El nitrogen és un gas incolor i inodor. Constitueix una gran part de l'atmosfera, l'aire sec en conté un 78.09% en volum. En estat combinat és un dels principals constituents de les proteïnes animals i vegetals i d'un gran nombre de substàncies orgàniques.

La producció industrial de nitrogen es dur a terme mitjançant la destil·lació fraccionada d'aire líquid. Per una altra banda, l'aplicació comercial més important del nitrogen és la síntesi d'amoníac a partir dels seus elements, a través del mètode Harber. L'amoníac té moltes aplicacions com la fabricació de fertilitzants i àcid nítric.

A la indústria química, és utilitzat com a preventiu d'oxidació o altres possibles deterioraments, com a inert diluent d'un gas reactiu, o com a inhibidor de foc o explosions. A la indústria alimentària, el nitrogen gas s'empra per prevenir l'oxidació, fongs o insectes i el nitrogen líquid per als sistemes de refrigeració. Com a gas no reactiu, és utilitzat per a plàstics, elastòmers o per pressuritzar líquids [16].

Tal com es pot veure a la **Figura 16**, la qual mostra l'estructura de Lewis del nitrogen, aquest forma una molècula diatòmica de dos àtoms de nitrogen units mitjançant un triple enllaç de tipus covalent.



Figura 16: Estructura de Lewis del nitrogen.

La **Taula 6** mostra les propietats del diòxid de carboni.

Taula 6: Propietats del nitrogen a 20 °C i 1 atm.

Pes molecular [g/mol]	28.01
Temperatura d'ebullició a 1 atm [°C]	-191.1
Densitat [kg/m ³]	1.165

2.3.2 Diòxid de carboni

El diòxid de carboni és un gas estable, incolor d'olor picant, gust àcid i és soluble en aigua. Es forma per la combustió del carbó, a la fermentació i a la respiració dels animals. És imprescindible per a la vida, ja que és emprat per les plantes en el procés de la fotosíntesi. És present a la natura com a component menor de l'atmosfera, en la proporció del 0.3% en volum, però pel fet que és un dels gasos d'efecte hivernacle, la seva concentració a l'atmosfera ha augmentat notablement des de l'any 1750.

És utilitzat a la indústria química com a primera matèria de la fabricació de la sosa pel procediment Solvay. a la indústria alimentaria, s'injecta en begudes per proporcionar efervescència. També és emprat com a fluid de refrigeració, com a intermediari químic per a obtenir atmosferes inertes i com a càrrega d'extintors d'incendis degut a que no és combustible.

És obtingut industrialment com a subproducte en diverses indústries com la síntesi de l'amoníac, la fermentació alcohòlica dels sucres i la fabricació de la calç. Per separar-lo dels gasos amb els quals és barrejat s'ha de dur a terme una dissolució en aigua a pressió i descomprimir després la solució [17].

La **Figura 17** mostra l'estructura de Lewis del diòxid de carboni.

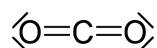


Figura 17: Estructura de Lewis del diòxid de carboni.

La **Taula 7** mostra les propietats del diòxid de carboni.

Taula 7: Propietats del diòxid de carboni a 20 °C i 1 atm.

Pes molecular [g/mol]	44.01
Temperatura d'ebullició a 1 atm [°C]	-88.68
Densitat [kg/m ³]	1.840

2.3.3 Catalitzador de plata amb suport α -alúmina

Fins ara no s'ha trobat cap altre metall que pugui competir amb la plata a la catàlisi de l'oxidació directa de l'etilè a òxid d'etilè.

La tria de catalitzador més adequat per al procés de producció d'òxid d'etilè es basa tant en consideracions tècniques com econòmiques. Des del punt de vista tècnic, s'ha de tenir en compte que el comportament del sistema ve condicionat per les dimensions de la partícula catalítica. Es considerarà un diàmetre de partícula que permeti obtenir una fracció de llit del 50% i sense caigudes de pressió considerables, ja que es treballa en un sistema de reacció amb un reactor de llit fix. Des del punt de vista econòmic, es descarta l'ús de catalitzadors compostos amb més de 20% en pes de plata perquè són innecessàriament cars. Es prefereix l'ús de catalitzadors amb selectivitats no molt altes, perquè com més selectiu és el catalitzador, menys temps de vida té [14].

El catalitzador que s'utilitza és un catalitzador de plata, amb 15% en pes de plata, que conté una combinació promotora constituïda per una quantitat crítica de component de metall alcalí, cesi (300 ppm), conjuntament amb sofre (67 ppm), i un component de fluor (34 ppm) amb N₂ com a atmosfera de calcinació i a una temperatura de 219 °C. Amb aquesta combinació s'obté una selectivitat al voltant del 90%.

Les **Taules 8 i 9** mostren les característiques del catalitzador de plata sobre alumina alfa triat [14] [18].

Taula 8: Característiques del catalitzador de plata.

Forma	Esferes o Anells
Diàmetre [mm]	3-10
Selectivitat [%]	80-90

Taula 9: Característiques del suport d'alfa-alúmina

Porositat [kg/cm²]	0.1-1.0
Àrea de superfície [m²/g]	0.2-2.0
Forma	Esferes o Anells
Diàmetre nominal [mm]	3-10

A la **Figura 18** mostra el procés de com l'oxigen s'adsorbeix molecularment a la plata i d'aquesta forma reacciona amb l'etilè per produir òxid d'etilè.

Existeixen dos mecanismes de reacció. El primer mecanisme postula que només reacciona oxigen molecular amb l'etilè per formar òxid d'etilè, mentre que l'oxigen atòmic només reacciona per formar diòxid de carboni i aigua. La màxima selectivitat a la que es pot arribar amb aquest mecanisme és del 85.7%. En el segon mecanisme, l'oxigen atòmic és l'únic responsable que depèn de l'entorn on estigui absorbit, pot donar-se lloc l'oxidació parcial (la formació d'òxid d'etilè) o de l'oxidació total (diòxid de carboni i aigua com a producte). La màxima selectivitat arriba al 90% en aquest segon mecanisme [14].

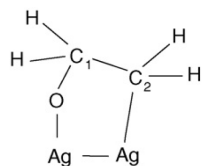


Figura 18: Mecanisme de reacció a la superfície catalítica.

3 Descripció del procés de fabricació

El procés per a la producció d'òxid d'etilè consisteix en cinc etapes. En primer lloc es condicionen les matèries primeres. Tot seguit, es produeix la reacció parcial per la qual s'obtenen l'òxid d'etilè i els subproductes no desitjats. A continuació, es realitza la separació de l'òxid d'etilè de la resta de compostos i, seguidament, s'elimina el diòxid de carboni del corrent de recirculació. Per acabar, es destil·la el producte obtingut per obtenir una major purificació.

3.1 Diagrama de blocs

A la **Figura 19** es mostra el diagrama de blocs del procés. Cadascun dels blocs corresponen a una etapa de les quals s'havien especificat anteriorment. A cada corrent s'indiquen els compostos que hi circulen.

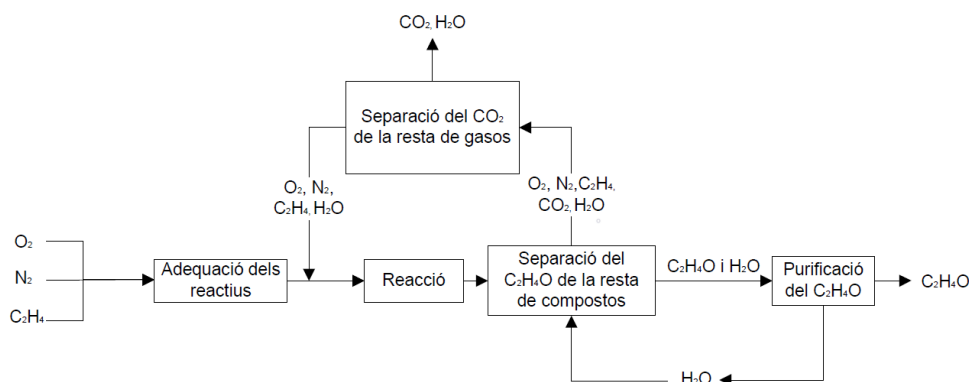


Figura 19: Diagrama de blocs del procés de producció d'òxid d'etilè.

3.2 Diagrama de procés

En aquest apartat estan explicades en detall cadascuna de les fases del procés. Com a suport visual s'inclou el diagrama de procés al final de l'explicació.

3.2.1 Adequació dels reactius

Aquesta primera etapa consisteix en condicionar les matèries primeres abans d'iniciar l'etapa de reacció. Aquesta part del procés és essencial pel fet que les matèries primeres han d'entrar al reactor a les condicions de pressió i temperatura que permetin afavorir la cinètica de la reacció desitjada.

L'oxigen i l'etilè provenen d'una altra planta del polígon a través d'unes canonades a 101.3 kPa i 25°C. El nitrogen, el qual actua com a inert, prové de l'àrea de serveis de la mateixa planta. L'adequació dels reactius es realitza mitjançant un compressor i un evaporador. El corrent d'entrada de matèries primeres, prèviament a entrar als reactors, s'uneix amb el corrent de recirculació que prové de l'àrea de tractament del diòxid de carboni. Aquest corrent conté etilè i oxigen, que no han reaccionat, i nitrogen.

3.2.2 Reacció

L'etapa de reacció es realitza mitjançant dos reactors multitubulars de flux pistó en paral·lel. Cadascun dels reactors disposa d'un sistema de refrigeració, ja que la reacció que es duu a terme és altament exotèrmica. Per aquest mateix fet, s'han instal·lat dos reactors, així s'augmenta l'àrea de transferència de calor i, en conseqüència, l'eficàcia.

El reactor opera de forma isoterma a 240 °C i 1925 KPa. Les condicions de treball han estat triades per evitar la formació de productes no desitjats, ja que l'oxigen i l'etilè poden donar a tres possibles reaccions diferents. La reacció desitjada genera com a únic producte l'òxid d'etilè. Una de les reaccions no desitjades genera aigua i diòxid de carboni, els quals hauran de ser separats de l'òxid d'etilè en les següents etapes del procés. La tercera reacció, pel fet que el reactor estigui a una temperatura inferior a 300 °C queda inhibida.

3.2.3 Separació de l'òxid d'etilè de la resta de compostos

Per poder purificar l'òxid d'etilè, s'ha de separar prèviament de la resta de components gasosos. Aquest procés es dur a terme mitjançant l'absorció d'òxid d'etilè en aigua líquida a la columna d'absorció AC-201-2. El contacte entre la fase gas i la fase líquida determina l'eficàcia de la separació, de tal manera, la columna és empacada amb rebliment per augmentar la superfície de contacte. El material i el tipus de rebliment també tenen un paper clau.

3.2.4 Eliminació del diòxid de carboni

Aquesta etapa està constituïda per la columna d'absorció AC-201-4, la columna *flash* FC-201-4 i la columna de destil·lació DC-201-4.

La columna d'absorció separa el diòxid de carboni de la resta de compostos gasosos. Aquesta separació permet poder recircular les matèries primeres que no han reaccionat a l'entrada del reactor. En aquest cas l'absorbent és una dissolució d'amina que prové de l'àrea de serveis.

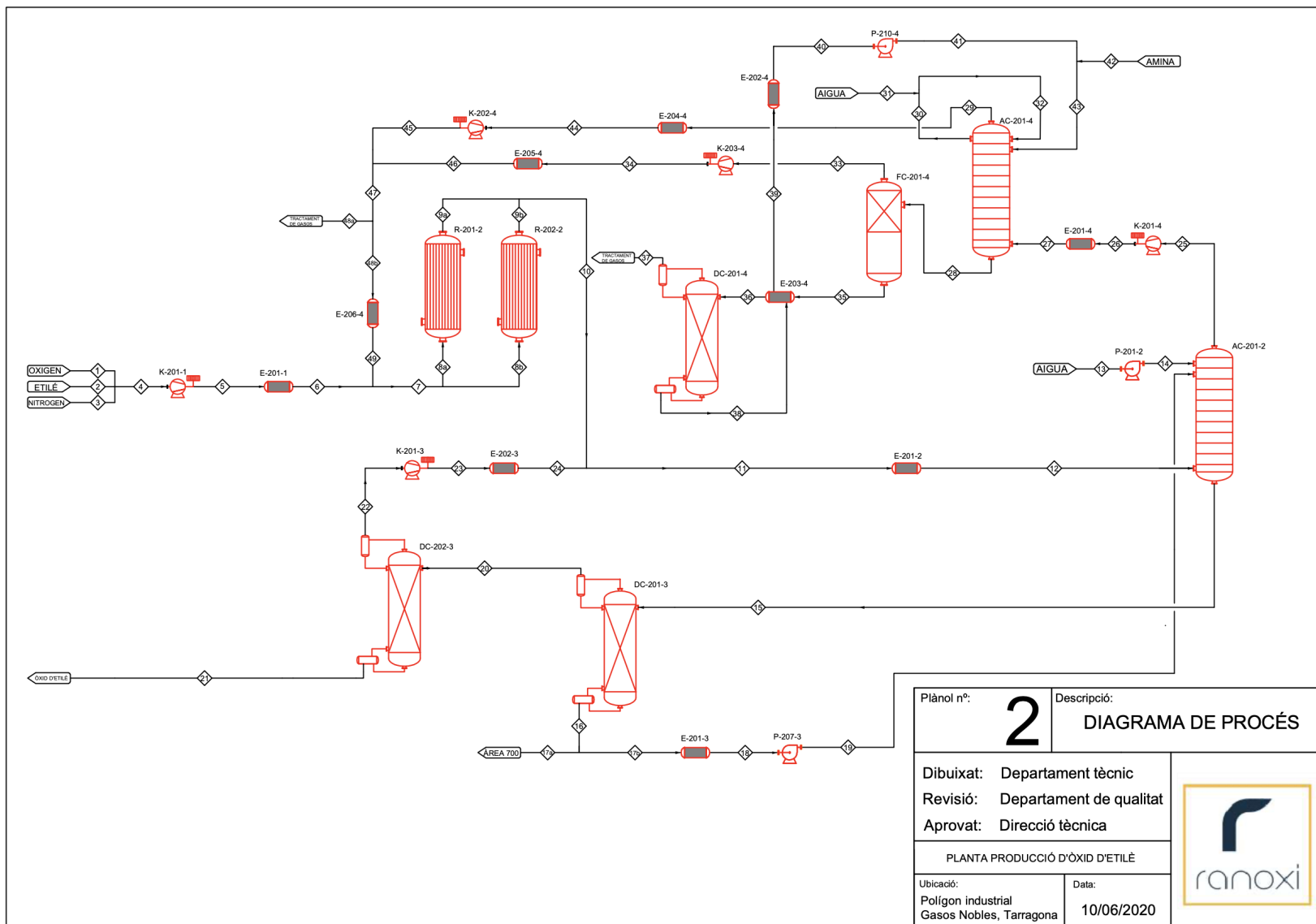
Tot seguit, a la columna *flash* entra absorbit en l'amina, el diòxid de carboni i una quantitat reduïda d'etilè, oxigen i nitrogen. L'objectiu és assegurar una bona separació del diòxid de carboni dels altres compostos.

Per últim, la columna de destil·lació té com a objectiu separar el diòxid de carboni de l'amina. D'aquesta manera, l'amina es recircula a la columna d'absorció AC-201-4 i el diòxid de carboni es dur a tractament.

3.2.5 Purificació de l'òxid d'etilè

L'objectiu de l'última etapa és purificar l'òxid d'etilè, ja que aquest s'obté diluït en aigua. Per assolir la purificació es requereixen dues columnes de destil·lació (DC-201-3 i DC-202-3).

Una part de l'aigua extreta de la primera destil·lació es recircula a la columna d'absorció AC-201-2, la qual opera amb aigua com a absorbent. L'altra part de l'aigua extreta es purga. En canvi, el corrent obtingut per la part superior de la segona destil·lació s'uneix amb el corrent que surt dels reactors i inicia un altre cop el procés des de la tercera etapa.



Plànol n°:	2	Descripció:	DIAGRAMA DE PROCÉS
Dibuixat:	Departament tècnic	Revisió:	Departament de qualitat
Aprovat:	Direcció tècnica		
PLANTA PRODUCCIÓ D'ÒXID D'ETILÈ			
Ubicació:	Polígon industrial Gasos Nobles, Tarragona	Data:	10/06/2020

4 Constitució de la planta

En aquest apartat es troba la representació de la distribució, la nomenclatura i la descripció detallada de cadascuna de les àrees de la planta.

La parcel·la de la planta presenta una àrea de 53235 m². S'ha dividit el terreny en catorze zones diferenciades, amb les seves àrees i subàrees. Les subàrees pertanyen a la zona dedicada a la producció d'òxid d'etilè. S'ha decidit dividir aquesta àrea en quatre per així poder gestionar millor cadascuna de les seves etapes, degut a que aquesta part del procés és molt extensa.

La distribució de les àrees s'ha realitzat amb l'objectiu de minimitzar el risc d'accidents, així assegurant la seguretat dels treballadors. També s'ha tingut en compte l'optimització de l'espai i dels desplaçaments.

4.1 Distribució per àrees

La planta està dividida en deu àrees i quatre subàrees. La nomenclatura emprada consta de tres nombres amb l'excepció de l'àrea contra incendis que en té quatre. En el cas de les subàrees, es manté el codi de l'àrea pertinent i s'inclou el número de la subàrea tot seguit separat amb un guió. La **Taula 10** recull la nomenclatura de cadascuna de les àrees de la planta i la **Taula 11** mostra les subàrees de la zona de dedicada la producció d'òxid d'etilè.

Taula 10: Nomenclatura de les àrees de la planta.

Àrea	Descripció
100	Àrea d'emmagatzematge
200	Producció d'òxid d'etilè
300	Manteniment
400	Sales de control
500	Laboratoris
600	Serveis
700	Tractament de residus
800	Oficines, vestuaris i menjadors
900	Pàrquing
1000	Bassa contra incendis

Taula 11: Subàrees de l'àrea de producció d'òxid d'etilè.

Subàrea	Descripció
200-1	Condicionament de les matèries primeres
200-2	Reacció de l'òxid d'etilè
200-3	Purificació de l'òxid d'etilè
200-4	Tractament del diòxid de carboni

A la **Figura 20** es pot observar la distribució de cadascuna de les àrees esmentades anteriorment, a partir del terreny d'edificació disponible. A l'hora de distribuir les diferents àrees s'ha tingut en compte la seguretat dels treballadors i de la planta, a més a més, s'ha intentat optimitzar l'espai i l'organització d'aquest.

Existeixen tres entrades a la planta, dues per a mercaderies i serveis i l'altre pel personal de la planta. Les dues primeres es troben al carrer de l'Heli i a l'avinguda del Kriptó i l'entrada pel personal es troba al carrer de l'Argó. Per aquest motiu, les àrees de les oficines i el pàrquing per a treballadors es troben properes a l'entrada per aquests. D'aquesta manera s'evita que els treballadors hagin de passar per les zones del procés o pròximes a aquestes.

Pel que fa a les entrades de mercaderies, la primera es troba a prop de l'àrea de serveis, ja que és necessari tindre un bon excés per al subministrament de l'amina i el nitrogen, i per a possibles canvis o reparacions en el procés. La segona entrada es troba a prop de l'àrea d'emmagatzematge de l'òxid d'etilè, pel fet que així es facilita la càrrega d'aquest i per tant, la seva comercialització. Tal com es pot observar a la llegenda de la **Figura 20**, les zones de càrrega i descàrrega estan ombrejades amb línies en diagonal.

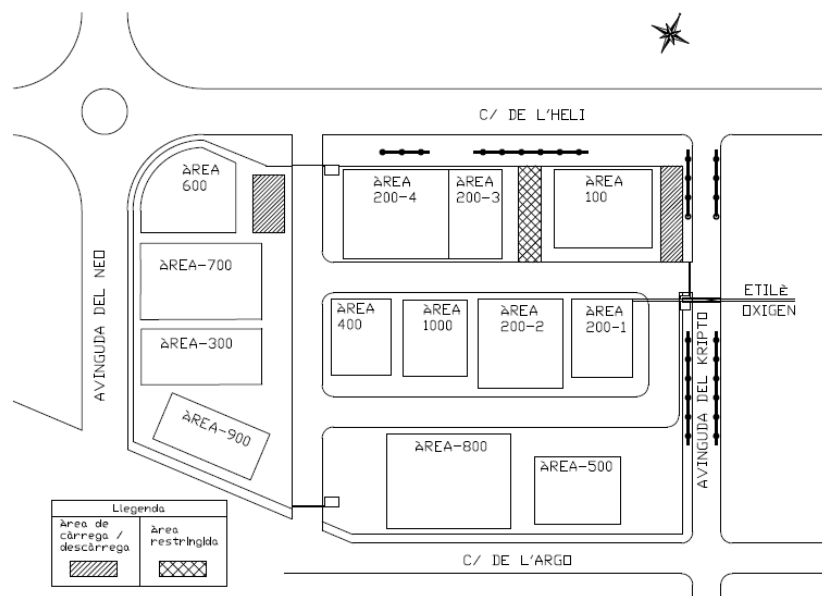


Figura 20: Distribució de les diferents àrees.

El procés per a la producció de l'òxid d'etilè, es separa en 4 subàrees diferents. La primera és el condicionament de matèries primeres. Aquesta està localitzada a una zona propera a l'entrada de les matèries primeres. Per tant, es troba al costat de les canonades provinents d'una altra planta. L'àrea on es produeix la reacció es troba al costat de la primera àrea, per facilitar la continuïtat del procés. La purificació i tractament del diòxid de carboni es troben enfront de la segona àrea. L'àrea per al tractament del diòxid de carboni es troba pròxima a la zona de serveis, per facilitar el subministrament d'amina. Pel que fa a l'àrea de purificació, es troba pròxima a l'àrea d'emmagatzematge de l'òxid d'etilè. Entre aquestes dues àrees hi ha una zona restringida per a aïllar la zona d'emmagatzematge i així evitar possibles riscos i accidents.

A prop de les àrees del procés, es troben la sala de control i l'àrea contra incendis. D'aquesta manera, en cas d'accident, la sala contra incendis es trobarà entre les àrees de procés i la sala de control on hi haurà els treballadors.

Per últim, les àrees de manteniment i els laboratoris, on també hi hauran treballadors, estan prou allunyades del procés, però alhora, es pot accedir a aquestes a partir de les carreteres interiors de la planta. L'àrea per al tractament de residus es troba a prop d'una entrada de mercaderies i de la zona de manteniment.

4.2 Descripció detallada de les àrees

Àrea d'emmagatzematge

A l'àrea 100 s'emmagatzema l'òxid d'etilè produït. L'òxid d'etilè és una substància extremadament perillosa perquè és explosiva, altament reactiva i summament inflamable. De tal manera, és imprescindible que la zona d'emmagatzematge compleixi amb la normativa ITC MIE APQ-2 [15], la qual fa especial referència a l'emmagatzematge d'òxid d'etilè.

L'òxid d'etilè s'emmagatzemarà en estat líquid a 4 bars i 20°C. Concretament hi haurà 6 tancs cilíndrics verticals, els quals es mantindran a pressió constant mitjançant l'aportació de nitrogen de puresa 99.99%. Els tancs també disposaran d'un sistema de refrigeració i una xarxa de drenatge.

Producció d'òxid d'etilè

L'àrea 200 està dividida en tres subàrees. A continuació es mostra quina part del procés de producció es duu a terme en cadascuna d'elles.

– 200-1 Condicionament de les matèries primeres

En aquesta subàrea es troben els compressors i bescanviadors necessaris per assegurar que les matèries primeres es troben en les condicions de pressió i temperatura en les que es durà a terme la reacció dintre dels reactors.

– **200-2: Àrea de reacció de l'òxid d'etilè**

En aquesta subàrea es troben tots els equips necessaris per dur a terme la reacció de la producció de l'òxid d'etilè. Els equips principals són els dos reactors catalítics (R-201-2 i R-202-2) de llit empaquet multitubular, que treballen en continu i en paral·lel. A més dels reactors, és imprescindible l'ús d'una columna d'absorció (AC-201-2) per a poder separar del corrent gasos l'òxid d'etilè, per a la seva posterior purificació.

– **200-3: Purificació de l'òxid d'etilè**

En aquesta subàrea, es troben tots els equips necessaris per dur a terme la part de purificació del procés. Després de la reacció i separació de l'òxid d'etilè del corrent gasós, el producte està molt diluït. Per això, cal utilitzar dues columnes de destil·lació (DC-201-3 i DC-202-3) per poder separar l'òxid d'etilè de l'aigua, que s'havia utilitzat a la columna d'absorció. A més, serà necessari utilitzar compressors i bescanviadors per mantenir el fluid del procés a les condicions de pressió i temperatures desitjades en cada moment.

– **200-4: Eliminació del diòxid de carboni**

En aquesta àrea, es troben tots els equips necessaris per separar el diòxid de carboni de la resta de gasos que surten de la reacció. Per tant, es disposa d'una columna d'absorció (AC-201-4) per poder absorbir el diòxid de carboni a partir d'amina. Després d'aquest absorbidor, hi ha una columna flash (FC-201-4) i una columna de destil·lació (DC-201-4). Aquests dos equips serveixen per a poder separar el diòxid de carboni de l'amina.

Manteniment

A l'àrea 300 és on estan situades totes les eines i maquinàries necessàries per al manteniment de la planta, com per exemple, els recanvis d'equips, de vàlvules, de bombes, de canonades o de compressors.

Sales de control

A l'àrea 400 és des d'on es realitza el control de tota la planta i on es realitzen les tasques de gestió de producció. Des d'aquesta àrea es monitoritzen i es manipulen, en cas que sigui necessari, tots els paràmetres i variables del procés. Està situat al centre de la planta per facilitar l'accés des de qualsevol àrea.

Laboratoris

A l'àrea 500 és on es situen els laboratoris de la planta. En aquest sector d'investigació es realitza el control de qualitat, anàlisis dels processos i l'avaluació de tots els productes que entren i surten de la planta. A més a més, també es duu a terme la recerca del departament de I+D.

Serveis

A l'àrea 600 es disposa de tots els serveis auxiliars necessaris per la producció de l'òxid d'etilè. Alguns dels serveis necessaris són el nitrogen, per mantenir constant la pressió dels tancs d'emmagatzematge, o l'amina, per absorbir el diòxid de carboni. Aquesta àrea està explicada amb detall a l'apartat de serveis d'aquest mateix capítol.

Tractament de residus

Dins de l'àrea 700 es troben els diferents processos pel tractament de residus produïts a partir de la fabricació de l'òxid d'etilè. Aquests residus podran ser líquids, sòlids i gasosos. Els líquids es tractaran a la mateixa planta amb una depuradora. Pel fet que els residus líquids no estaran a altes concentracions, s'ha decidit realitzar un procés d'absorció dels compostos volàtils que puguin haver-hi en aquesta mena de corrents. En el cas dels gasosos, es tractaran tots els gasos de sortida de manera que es compleixi amb la normativa d'emissions (veure apartat de medi ambient), procurant ser més restrictius que el que indica la mateixa.

En el cas dels residus sòlids, s'inclouen tots aquells residus ordinaris com poden ser el paper, cartró, plàstics, etc. A més està contemplat el principal residu de procés, com és el catalitzador per a dur a terme la reacció. Tots aquests residus tindran el seu gestor i transportista extern assignat.

Oficines, vestuaris i menjadors

A l'àrea 800 es troben tots els espais necessaris per a la gestió administrativa de la planta. També s'inclouen els vestuaris i els menjadors dels treballadors, ja que és necessari diferenciar correctament aquestes zones. En els vestuaris els treballadors hauran de canviar-se la roba de carrer per la roba de treball quan arriben i al revés quan marxen. D'aquesta manera, s'eviten possibles contaminacions.

Pàrquing

A l'àrea 900 és on se situa el pàrquing destinat al personal de la planta i als visitants. Cadascuna de les places estarà numerada i a l'entrada d'aquest, hi haurà un control del accés. D'aquesta manera es tindrà un registre de les entrades i sortides i del número de vehicles.

Bassa contra incendis

L'àrea 1000 és on es troba la bassa d'incendis. La finalitat d'aquesta és abastir als equips de protecció contra incendis perquè, en cas d'accident, es pugui actuar ràpidament.

4.3 Planificació temporal

Tal i com s'ha mencionat prèviament a l'apartat 1, la planta està dissenyada per treballar durant 320 dies amb aturades de 25 dies a l'agost i 20 dies al Nadal. Per aconseguir l'objectiu de 120.000 Tones/any de producció d'òxid d'etilè, la planta operarà els set dies de la setmana durant 24 hores al dia.

S'aprofitaran els períodes de parada de la planta per netejar, realitzar les tasques de supervisió de les instal·lacions, i en cas de que sigui necessari, substituir els equips afectats. També, s'aprofitarà per realitzar possibles canvis i millores en el procés i que hagin estat acordats per l'equip directiu de l'empresa.

La **Taula 12** mostra els diferents torns de producció rotatoris i l'únic torn d'oficines de la planta amb una hora de descans.

Taula 12: Tornos de producció i d'oficines.

Torns de producció	
Dilluns - Diumenge	
Torn	Horari
1	05:00 - 13:00
2	13:00 - 21:00
3	21:00 - 05:00
Torns d'oficina	
Dilluns - Divendres	
Torn	Horari
4	09:00-18:00

4.4 Plantilla de treballadors

La plantilla de treballadors de la planta es divideix en diferents grups per cobrir totes les àrees esmentades prèviament. Aquest grup de professionals estarà jerarquitzat per mantenir una bona organització dintre de l'empresa. A continuació s'expliquen els diferents departaments on el personal es troba repartit.

- **Direcció General.** La Direcció General s'encarrega de formular plans, estratègies i programes de desenvolupament institucional que permetin aconseguir l'objectiu de formar investigadors especialistes a nivell de postgrau i experts en diverses disciplines científiques i tecnològiques, així com la realització de recerca bàsica i aplicada de caràcter científic i tecnològic.
- **Compres.** S'encarreguen de la cerca i de la negociació amb proveïdors, de l'anàlisi de preus, de minimitzar els costos de compra dels diferents departaments, de mantenir la quantitat òptima dels inventaris, de gestionar comandes i compres i de buscar alternatives de fonts de subministrament.
- **Magatzem.** S'encarreguen de la recepció de mercaderies, d'emmagatzematge, de la conservació i manteniment de la mercaderia, de la gestió i control de l'inventari i sortida de mercaderia.
- **Logística.** S'encarreguen de cerca i negociació d'empreses de logística i de gestió d'expedicions.

- **Producció.** S'encarreguen de la identificació de la matèria primera, de la planificació de la producció, de l'execució del procés productiu i del control d'aquest.
- **Marketing.** S'encarreguen de la creació, desenvolupament, disseny i implantació de l'estratègia de *marketing*, de gestió del *Branding* (marca personal), de l'estudi del mercat, de la mesura i seguiment de l'estratègia marcada, de l'estratègia del producte, del preu, de la distribució i de la comunicació i del control de pressupost.
- **Comercial.** S'encarreguen del pressupost de vendes (junt amb Finances), de l'anàlisi de cicles de vida de productes, de la realització de campanyes i promocions (junt amb *Marketing*) i de establir atenció al client i serveis de post-venda.
- **I+D.** S'encarreguen d'identificar oportunitats de millora, de planificar la innovació, de desenvolupament de nous projectes, de gestió de pressupost i de fer una transformació digital de l'empresa (selecció i formació de persones, d'eines i tecnologia i externalització), a més de supervisar aspectes tècnics del procés.
- **Administració i Comptabilitat.** L'administració s'encarrega de rebre les factures de proveïdors, de l'emissió de les factures de clients, de control de moviments de bancs i de gestió de cobraments i pagaments. La comptabilitat s'encarrega del control d'apunts comptables i de les obligacions registrals.
- **Finances i Control de gestió.** El departament de finances s'encarrega de planificar, analitzar i avaluar la comptabilitat, de la gestió de costos i pressupostos, de la cerca de finançament, del gestió de bancs, de les subvencions i de l'anàlisi i control de desviacions. El de control de gestió s'encarrega del quadre de comandament, de l'administració de riscos, supervisa el compliment d'objectius, i aconsella directament a la Direcció general.
- **Seguretat i Medi ambient.** S'encarreguen d'assegurar el compliment de totes les mesures de seguretat i mediambientals de la planta i de la legislació corresponent. També s'encarregaran d'introduir millores per a que el procés sigui més respectuós amb el medi ambient.
- **Recursos Humans - RRHH.** S'encarreguen de la gestió administrativa de personal (nòmines, seguretat social, contractes, acomiadaments, etc.), del reclutament i selecció de candidats (realitzar les proves de selecció, acollida del nou treballador, etc.), de formació i desenvolupament (incorporació dels nous empleats, promocions, actualització i reciclatge de coneixements, etc.), de les relacions laborals, dels beneficis socials, de la planificació de la plantilla i de l'anàlisi de llocs de treball.
- **Manteniment.** S'encarreguen de realitzar totes les tasques de manteniment per a assegurar la producció. En els mesos de parada, aquest departament s'encarrega de realitzar les diferents comprovacions dels equips i canviar-los en cas de ser necessari.

- **Qualitat.** S'encarreguen de realitzar totes les tasques de qualitat, comprovar que el producte es trobi dintre dels paràmetres establerts.
- **Control.** S'encarreguen del supervisar el control de la planta i assegurar el bon funcionament de tots els sistemes de control.

Amb els diferents departaments explicats, a continuació, s'especifiquen els diferents càrrecs que existeixen a la planta.

- Operaris
- Manteniment
- Seguretat
- Tractament de residus
- Comptables i administratius
- Laboratoris, control de qualitat i I+D
- Informàtics
- Logística
- Magatzem
- Comercials
- Recursos Humans
- Caps de departament
- Directius

5 Balanç de matèria

A continuació, a les **Figures 21 i 22** es presenta el balanç de matèria del procés. Aquest inclou, de cada corrent, l'estat físic, la pressió, la temperatura, el cabal molar, màssic i volumètric i la seva composició en fracció molar. Les dades s'han obtingut una vegada desenvolupat tot el procés mitjançant l'eina de simulació Aspen HYSYS. La numeració dels corrents coincideix amb la nomenclatura del diagrama de procés. Cal destacar que les composicions amb valors inferiors a 10^{-3} han estat considerades zero, amb l'excepció de nou casos, els quals s'han mantingut en notació científica per quadrar el balanç de matèria.

Corrent	1	2	3	4	5	6	7	8a	8b	9a	9b	10	11	12
Estat del corrent	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
Temperatura [°C]	25	25	25	25	363	240	240	240	240	240	240	240	240	100
Pressió [kPa]	101	101	101	101	1950	1950	1950	1950	1950	1818	1818	1818	1818	1850
Cabal Molar [kmol/h]	370	650	700	1720	1720	1720	11554	5777	5777	5686	5686	11372	11378	11378
Cabal Màssic [kg/h]	11840	18235	19609	49684	49684	49684	326906	163453	163453	163453	163453	326906	327098	327098
Cabal volumètric [m³/h]	9044	15802	17111	41963	4683	3761	25322	12661	12661	13354	13354	26708	26724	18853
Fracció Molar														
Aigua	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.002	0.002	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
Òxid d'etilè	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032
Etilè	0.000	1.000	0.000	0.378	0.378	0.378	0.262	0.262	0.262	0.230	0.230	0.230	0.230	0.230
Diòxid de carboni	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008
Oxigen	1.000	0.000	0.000	0.215	0.215	0.215	0.072	0.072	0.072	0.045	0.045	0.045	0.045	0.045
Nitrogen	0.000	0.000	1.000	0.407	0.407	0.407	0.663	0.663	0.663	0.674	0.674	0.674	0.674	0.674
MEA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Corrent	13	14	15	16	17a	17b	18	19	20	21	22	23	24
Estat del corrent	L	L	L	L	L	L	L	L	G	L	G	G	G
Temperatura [°C]	25	25	43	100	100	100	25	25	11	11	-49	247	100
Pressió [kPa]	101	1500	1500	101	101	101	101	1500	101	101	101	1900	1842
Cabal Molar [kmol/h]	14956	14956	30460	30092	15044	15044	15044	15044	372	366	6	6	6
Cabal Màssic [kg/h]	540453	540453	558308	542030	271015	271015	271015	271015	16270	16078	192	192	192
Cabal volumètric [m³/h]	542	542	562	543	272	272	272	272	8447	18	112	13	9
Fracció Molar													
Aigua	1.000	1.000	0.988	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.005	0.005	0.000	0.000	0.000
Òxid d'etilè	0.000	0.000	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.980	0.995	0.046	0.046	0.046
Etilè	0.000	0.000	$2.23 \cdot 10^{-5}$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.117	0.117	0.117
Diòxid de carboni	0.000	0.000	$4.84 \cdot 10^{-5}$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.254	0.254	0.254
Oxigen	0.000	0.000	$1.24 \cdot 10^{-5}$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.065	0.065	0.065
Nitrogen	0.000	0.000	$9.84 \cdot 10^{-5}$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.000	0.517	0.517	0.517
MEA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Figura 21: Balanç de matèria del procés, dels corrents 1 al 24.

Corrent	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
Estat del corrent	G	G	G	L	G	L	L	L	G	G	L	L	G
Temperatura [°C]	25	161	60	53	41	41	41	41	54	361	54	102	98
Pressió [kPa]	1500	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	110	1960	110	110	110
Cabal Molar [kmol/h]	10918	10918	10918	16525	10904	1639	2	1642	14	14	16511	16511	603
Cabal Màssic [kg/h]	309243	309243	309243	381780	304645	29762	42	29801	376	376	381403	381403	13273
Cabal volumètric [m³/h]	17661	7861	5826	385	5398	30	0.04	30	344	37.4	384	384	16758
Fracció Molar													
Aigua	0.002	0.002	0.002	0.873	0.002	0.997	1.000	0.997	0.124	0.124	0.873	0.873	0.845
Òxid d'etilè	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Etilè	0.240	0.240	0.240	$4.96 \cdot 10^{-4}$	0.242	0.000	0.000	0.000	0.525	0.525	$5.36 \cdot 10^{-5}$	$5.36 \cdot 10^{-5}$	0.001
Diòxid de carboni	0.009	0.009	0.009	0.022	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.022	0.022	0.153
Oxigen	0.047	0.047	0.047	$3.26 \cdot 10^{-5}$	0.048	0.000	0.000	0.000	0.037	0.037	0.000	0.000	0.000
Nitrogen	0.702	0.702	0.702	$2.72 \cdot 10^{-4}$	0.709	0.000	0.000	0.000	0.315	0.315	0.000	0.000	0.000
MEA	0.000	0.000	0.000	0.105	0.000	0.003	0.000	0.003	0.000	0.000	0.105	0.105	0.000

Corrent	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48b	48a	49
Estat del corrent	L	L	L	L	L	L	G	G	G	G	G	G	G
Temperatura [°C]	105	56	40	41	41	41	250	175	132	175	175	175	240
Pressió [kPa]	110	110	110	5000	5000	5000	4950	1950	1955	1950	1950	1950	1950
Cabal Molar [kmol/h]	15909	15909	15909	15909	0.41	16412	10904	10904	14	10918	9834	1084	9834
Cabal Màssic [kg/h]	368131	368131	368131	368131	25	377220	304645	304645	376	305021	277222	30802	277222
Cabal volumètric [m³/h]	369	369	369	369	0.025	378	9577	20612	23	20637	18757	2084	21574
Fracció Molar													
Aigua	0.874	0.874	0.874	0.874	0.000	0.878	0.002	0.002	0.124	0.002	0.002	0.002	0.002
Òxid d'etilè	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Etilè	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.242	0.242	0.525	0.241	0.242	0.242	0.242
Diòxid de carboni	0.017	0.017	0.017	0.017	0.000	0.016	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Oxigen	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.048	0.048	0.037	0.048	0.048	0.048	0.048
Nitrogen	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.709	0.709	0.315	0.708	0.708	0.708	0.708
MEA	0.109	0.109	0.109	0.109	1.000	0.105	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Figura 22: Balanç de matèria del procés, dels corrents 25 al 49.

6 Serveis a la planta

Per garantir un bon funcionament de la planta de producció d'òxid d'etilè, es requereixen una sèrie de serveis complementaris. Dintre d'aquests serveis es poden trobar tant fluids com energia. A més a més, és important garantir el subministrament d'aquests per evitar possibles complicacions que puguin interferir a la producció. En aquest apartat, s'estudien els diferents serveis, les seves característiques i les seves fonts d'obtenció.

6.1 Fluids

6.1.1 Aigua de xarxa

L'aigua de xarxa prové directament del subministrament extern de la parcel·la. S'utilitzarà per obtenir vapor d'aigua, aigua de refrigeració i aigua desionitzada, després de ser tractada. És necessària per fer funcionar els equips del procés, el laboratori, els vestuaris i les oficines. A la **Taula 13** s'ha determinat aproximadament el cabal total dels diferents tipus d'aplicacions de l'aigua de xarxa pel funcionament de la planta. El càlcul del consum d'aigua potable s'ha realitzat tenint en compte un consum mitjà de 20 m³ al mes per treballador, sent aquest consum menyspreable en comparació amb les altres despeses d'aigua.

Taula 13: Quantitat d'aigua i el seu ús.

Tipus	Cabal [m ³ /h]
Aigua descalcificada per bescanviadors	1300
Aigua desionitzada pel procés	700
Aigua potable	15
Total	2015

L'aigua de xarxa ve subministrada per una canonada amb un diàmetre de 200 mm i a una pressió màxima de 4 kg/cm². L'aigua es distribuirà a través d'una xarxa de canonades fins l'àrea de serveis, aquestes no es troben aïllades i són regulades per vàlvules. No caldran bombes, ja que la pressió a la qual es subministra és suficient.

6.1.2 Aigua contra incendis

L'aigua contra incendis prové de l'aigua de xarxa. Subministra els equips d'extinció, per tant és considerada una mesura de seguretat. Aquesta s'emmagatzemarà en una bassa de reserva i serà impulsada per realitzar la seva distribució, fins als llocs propers a les zones amb risc d'incendi.

Tot i que l'aigua de xarxa arriba a una pressió màxima de 4 kg/cm², cal emmagatzemar-la perquè, en el moment de necessitat, es pugui abastir la gran quantitat d'aigua a pressió necessària per extingir els possibles focs.

6.1.3 Aigua descalcificada

L'aigua de xarxa pot provocar incrustacions a les canonades degut a les sals de calci que conté. Aquestes incrustacions poden suposar un augment en el consum d'energia, fer que els equips s'hagin de canviar més sovint i deixar-los fora de servei en cas que sigui necessari portar a terme una neteja. Per aquests motius és necessari descalcificar-la.

6.1.4 Aigua desionitzada

L'aigua desionitzada és pràcticament pura i s'utilitza per abastir a diferents punts de la planta. A la **Taula 14** s'ha determinat de forma aproximada el consum d'aigua desionitzada per a cadascun dels principals equips de producció quan es troben en estat estacionari en condicions òptimes.

Taula 14: Consum d'aigua desionitzada.

Equip	Cabal [m ³ /h]
AC-201-2	542
AC-201-4	2
Total	544

6.1.5 Aigua de refrigeració

L'aigua de refrigeració s'utilitza com a fluid refrigerant en alguns equips de la planta, més concretament, en els reactors, els tancs d'emmagatzematge i part dels bescanviadors.

Per a aconseguir baixar la temperatura dels fluids provinents d'haver realitzat un intercanvi de temperatura en el procés, es poden utilitzar dos tipus d'equips depenent de la temperatura que es vulgui obtenir. Per obtenir temperatures pròximes als 20 °C s'usen torres de refrigeració i per temperatures més fredes s'utilitzaran *chillers*.

Per determinar el cabal total d'aigua i de vapor d'aigua necessari, s'ha fet un recull dels cabals per al subministrament de tots els bescanviadors. Aquests es troben recollits a la **Taula 15**.

Cal destacar que els reactors utilitzaran aigua per mantenir la temperatura de la reacció controlada de manera que generaran vapor que es podrà aprofitar en altres parts de la planta. Així, es contribuirà en l'estalvi d'energia.

Taula 15: Cabal d'aigua necessari per a cada bescanviador.

Equip	Cabal m³/h
E-201-1	15
E-201-2	354
E-202-3	0.5
E-201-4	250
E-202-4	250
E-205-4	0.2
E-203-4	368
R-201-2	20
R-202-2	20
Total	1028

6.1.6 Aire comprimit

L'aire comprimit s'utilitza pel funcionament de les vàlvules de control. En el sistema d'aire comprimit és important una bona distribució, ja que, un error en el disseny pot provocar una caiguda de pressió.

Per determinar la quantitat d'aire comprimit, cal partir del nombre de vàlvules de control necessàries. Aquesta planta disposa d'aproximadament 600 vàlvules. Per tant, aquest equip ha de ser capaç de subministrar aire al sistema neumàtic a totes les vàlvules del procés i a tots els equip que en requereixin, alhora.

6.1.7 Nitrogen

Per la producció de l'òxid d'etilè, és necessari l'ús de nitrogen en estat gasós tant pels tancs d'emmagatzematge com pel procés de producció. Una empresa externa subministra el nitrogen requerit a la planta.

Pel que fa a l'emmagatzematge, es col·locaran controladors de pressió dintre dels tancs, i en cas que aquesta disminueixi, es subministrarà nitrogen. En el cas del procés de producció, les pèrdues de nitrogen s'hauran d'anar reposant. Per tant, s'utilitzaran tancs criogènics per mantenir el nitrogen en estat líquid, ja que d'aquesta manera s'obté una major quantitat de nitrogen per un espai més reduït. Per a tornar a disposar nitrogen gas, el nitrogen líquid s'introduirà en un evaporador i passarà de l'estat líquid a l'estat gasós.

6.1.8 Fluids refrigerants/tèrmics

En el cas d'alguns equips s'ha determinat que no és viable utilitzar aigua com a fluid refrigerant. La viabilitat ve indicada per la quantitat de cabal de refrigerant necessari i les seves propietats, ja que en el cas de l'aigua, a temperatures menors a 0 °C, es congela.

A l'hora d'escollir el tipus de refrigerant, s'han tingut en compte les característiques de cadascun d'ells. Aquells equips que treballen a temperatures molt elevades s'ha utilitzat el fluid refrigerant DOWTERM™ A. En el cas d'aquells equips que treballen a temperatures més baixes s'ha utilitzat dos refrigerants diferents: DOWTERM™ J i SYLTHERM XLT [19].

A la **Taula 16**, es troben els equips que utilitzen un fluid diferent de l'aigua com a fluid refrigerant o tèrmic.

Taula 16: Llistat d'equips amb els respectius refrigerants utilitzats.

Equip	Refrigerant/tèrmic
Columna de destil·lació (DC-201-3)	
Condensador (C-201-3)	SLYTHERM XLT
<i>Reboiler</i> (RB-201-3)	DOWTHERM A
Columna de destil·lació (DC-202-3)	
Condensador (C-202-3)	SLYTHERM XLT
Columna de destil·lació (DC-201-4)	
Condensador (C-201-4)	DOWTHERM J
<i>Reboiler</i> (RB-201-4)	DOWTHERM A
Bescanviadors	
E-201-3	DOWTHERM J
E-204-4	DOWTHERM A
E-206-4	DOWTHERM A

Per poder determinar els cabals dels refrigerants, és necessari conèixer les propietats de cadascun d'ells. A les **Taules 17, 18 i 19** es troben recollides les propietats de cada refrigerant [19].

Taula 17: Característiques del fluid tèrmic Dowtherm A.

Rang de temperatures [°C] (líquid/vapor)	15 , 400 / 257 , 400
Pressió de vapor [bar abs]	10.6
Conductivitat tèrmica [W/m·K] (Tmin/Tmàx)	0.139 / 0.078
Calor específica, líquid [kJ/kg·K] (Tmin/Tmàx)	1.558 / 2.702
Viscositat [mPa(s)] (Tmin/Tmàx)	5.0 / 0.13
Densitat, líquid [kg/m³] (Tmin/Tmàx)	1063.5 / 680.2
Punt de congelació [°C]	12
Punt d'inflamabilitat [°C]	113
Temperatura d'autoignició [°C]	615

Taula 18: Característiques del fluid refrigerant Dowtherm J.

Rang de temperatures [°C] (líquid/vapor)	-80 , 315 / 181 , 315
Pressió de vapor [bar abs]	11.9
Conductivitat tèrmica [W/m·K]	0.15 / 0.066
Calor específica, líquid [kJ/kg·K] (Tmin/Tmàx)	0.1485 / 2.983
Viscositat [mPa(s)] (Tmin/Tmàx)	8.43 / 0.16
Densitat, líquid [kg/m³] (Tmin/Tmàx)	931.3 / 568.2
Punt de congelació [°C]	<-81
Punt d'inflamabilitat [°C]	57
Temperatura d'autoignició [°C]	420

Taula 19: Característiques del fluid refrigerant Syltherm XLT.

Rang de temperatures [°C] (líquid)	-100 , 260
Pressió de vapor [bar abs]	5.2
Conductivitat tèrmica [W/m·K]	0.134 / 0.051
Calor específica, líquid [kJ/kg·K] (Tmin/Tmàx)	1.506 / 2.276
Viscositat [mPa(s)] (Tmin/Tmàx)	78.63 / 0.18
Densitat, líquid [kg/m³] (Tmin/Tmàx)	990.6 / 547.0
Punt de congelació [°C]	<-40
Punt d'inflamabilitat [°C]	160
Temperatura d'autoignició [°C]	385

6.2 Energia

6.2.1 Electricitat

L'electricitat és subministrada tant als equips com a les instal·lacions, laboratoris, sales de control, oficines, vestuaris, entre d'altres. L'electricitat es subministra a partir de la xarxa elèctrica, amb una línia de connexió de 20 kV. A més, es disposa d'un transformador que redueix la tensió fins a 380 o 220 V a 50 Hz. D'aquesta manera s'eviten possibles sobrecàrregues de tensió que podrien arribar a trencar equips o provocar un incendi. El consum anual aproximat de la planta és de 576000 MWh, on la major part del consum es realitza amb les bombes (268800 MWh) i compressors (153600 MWh). Per tant es necessita un transformador de distribució d'acord amb el consum de la planta. A la **Figura 23** es pot observar el centre de transformació per poder disposar del voltatge de treball. Aquest està format per cel·les de mitja tensió, un quadre de baixa tensió i el transformador.

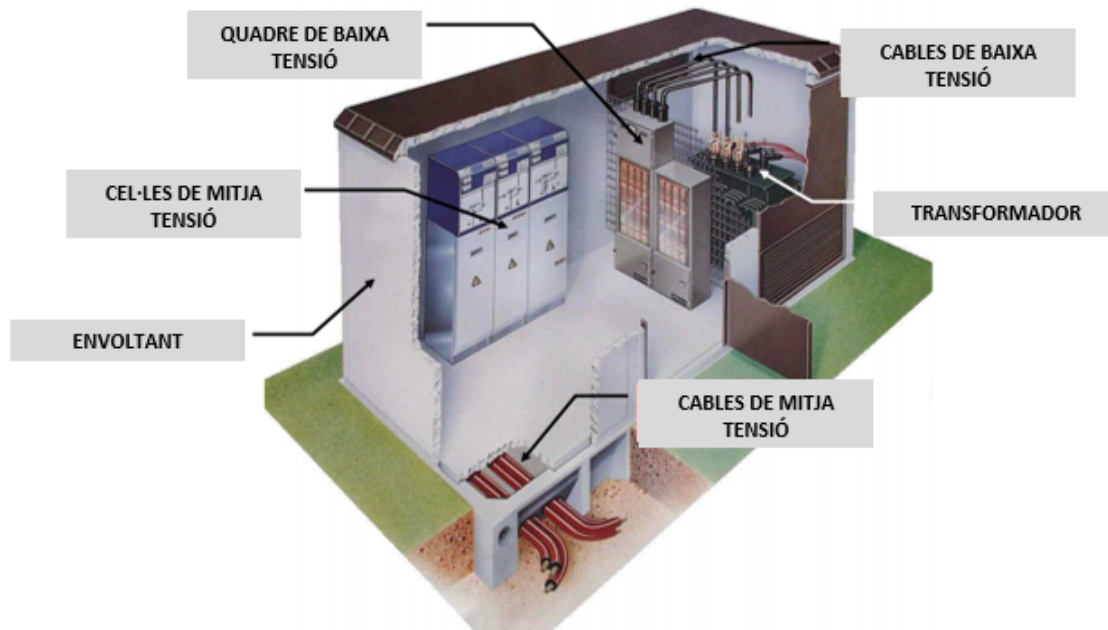


Figura 23: Centre de transformació [20].

Si hi hagués un cas d'emergència on no es pogués disposar de la xarxa elèctrica, s'utilitzaria una instal·lació d'un grup electrogen. Aquest subministraria energia a partir de combustible, en aquest cas, gas natural. A la **Figura 24** es troba representat el grup electrogen que s'utilitzaria en cas d'emergència.



Figura 24: Grup electrogen [21].

L'electricitat serà subministrada per línies elèctriques de coure, recobertes amb un aïllant per evitar possibles accidents.

6.2.2 Gas natural

El gas natural és una font d'energia a base d'una barreja de gasos lleugers d'origen natural. Aquests gasos són majoritàriament metà, i la resta són d'età, butà, pentà, anhídrid carbònic i nitrogen. Per l'obtenció d'aquest gas natural, es disposa d'una connexió a peu de la parcel·la. Aquest ve amb una pressió d'1.5 (km/cm²). Principalment, aquesta font d'energia es subministra a la caldera per elevar la temperatura dels fluids tèrmics.

El consum d'aquesta mena de calderes es pot calcular a partir del poder calorífic del gas natural, si es necessiten de forma aproximada uns 537600 MWh/any i al gas natural té un poder calorífic de 10.67 kWh/Nm³ [22], el volum a condicions normals de pressió i temperatura del gas natural serà de 50400 Nm³/any.

7 Programació Temporal

Per construir la planta de forma ordenada, és necessari emprar un mètode de planificació temporal, coneixent així els terminis estimats per a cada tasca. En aquest apartat, es mostra un diagrama de Gantt dissenyat mitjançant el programa informàtic OpenProject. A la **Taula 20** s'especifiquen totes les tasques que s'han de realitzar, amb el seu ordre de precedència i duració, per tenir tota la infraestructura llesta per la producció. La duració de les tasques és estimada.

Taula 20: Programació temporal del muntatge de la planta per a la producció d'òxid d'etilè.

Número	Tasca	Duració (dies)	Precedència
1	Enginyeria al detall	110	0:1
2	Obtenció dels permisos d'obres/activitats	130	1:2
3	Demanda dels equips	70	2:3
4	Neteja del terreny	25	2:4
5	Excavacions i fonaments	65	2;4:5
6	Instal·lació dels subministres	40	5:6
7	Vials i voreres	30	5:6
8	Edificació d'oficines i aparcaments	60	6;7:8
9	Construcció planta de producció i laboratori	115	5:6
10	Construcció de serveis	20	5:6
11	Instal·lació d'equips	45	9;10:11
12	Instal·lació de canonades de procés	35	9;11:12
13	Calibratge d'equips	15	12:13
14	Connexió canonades de procés amb els equips	20	11;12:14
15	Instal·lació de canonades de servei	30	9:15
16	Connexió canonades de servei amb els equips	20	11;15:16
17	Instal·lació d'Instrumentació	25	14;16:17
18	Connexió d'instrumentació amb els equips	10	11;17:18
19	Instal·lació dels sistemes de control	30	9-18:19
20	Aïllament d'equips	20	11:20
21	Aïllament de canonades	15	14;16:21
22	Pintura	35	1-21:22
23	Senyalitzacions obligatòries	5	1-22:23
24	Neteja	10	1-23:24
25	Posada en marxa	15	1-24:25

A la **Figura 25** es mostra la successió de tasques en el temps. El camí crític, és a dir la successió de tasques que marquen la duració final del projecte, es troba marcat en color vermell per a la seva fàcil identificació, mentre que les blaves es troben exemptes d'aquest camí crític. La duració total estimada per al projecte de construcció i muntatge de la planta és de 648 dies. Respectant un horari de treball de 8 hores diàries tal i com es mostra a la **Taula 21**.

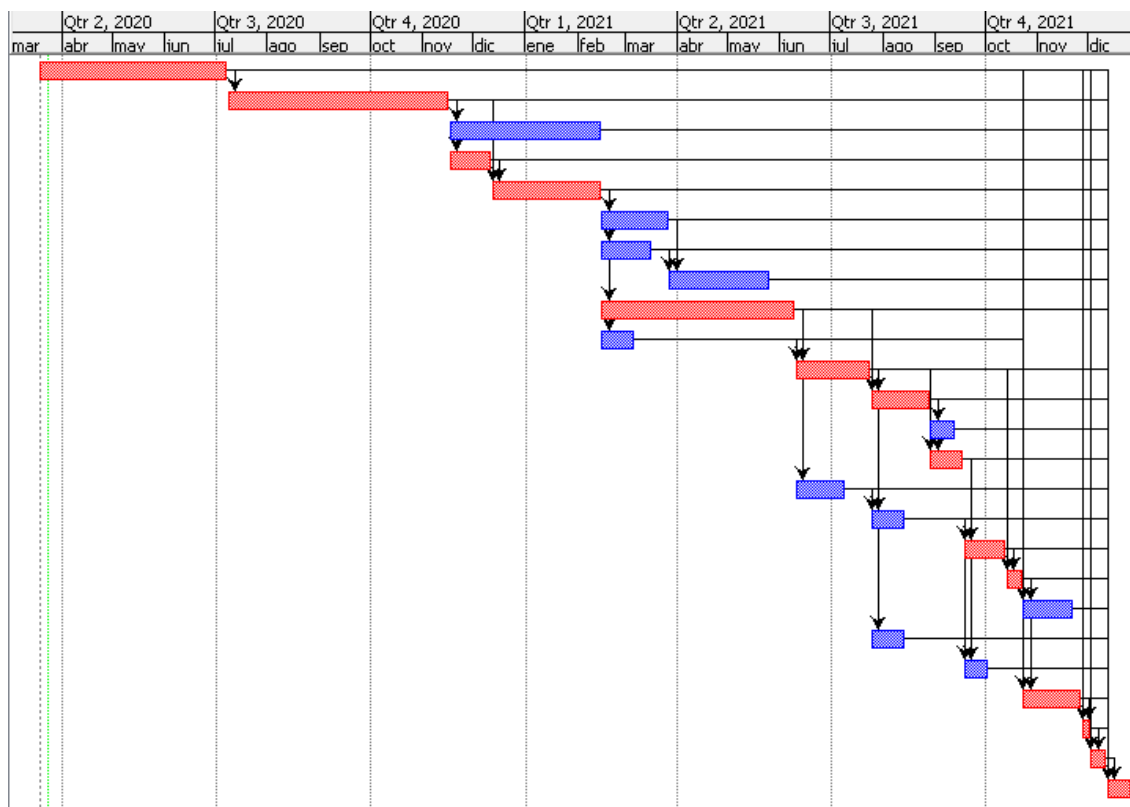


Figura 25: Diagrama de Gantt.

La **Taula 21** mostra l'horari que realitzaran els treballadors en fase de construcció, el qual difereix de l'horari dels treballadors de la planta un cop el procés productiu s'iniciï.

Taula 21: Horari dels treballadors.

Torn	Horari	
Matí	9:30	14:00
Tarda	15:00	18:30

Bibliografia

- [1] *La Canonja, Tarragona*. <https://www.google.com/maps/place/La+Canonja,+Tarragona/@41.1179417,1.150111,13z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x12a15788c2dcbeeb:0x400fae021a5c8d0!8m2!3d41.1088656!4d1.1881076>. Visitat 18-03-2020. 2020.
- [2] *Mapa de les carrateres de Tarragona*. https://www.viamichelin.es/web/Mapas-Planos/Mapa_Plano-La_Canonja-43006-Tarragona-Espana. Visitat 19-03-2020. 2020.
- [3] *Línies de tren a Tarragona*. https://moovitapp.com/index/es/transporte_pC3BAblico-lines-Tarragona-2840-852883. Visitat 19-03-2020. 2020.
- [4] *Línies de renfe a Catalunya (Renfe)*. <https://tarragonadigital.com/baix-penedes/cunit-calafell-reclamen-integracio-bitllets-tren-atm-tarragona>. Visitat 19-03-2020. 2020.
- [5] *Línies d'ave (Renfe)*. https://www.renfe.com/viajeros/larga_distancia/productos/AVEFrancia/. Visitat 19-03-2020. 2020.
- [6] *Estadístiques tràfic portuari del Port de Tarragona*. https://www.porttarragona.cat/files/docs/Serveis_Negoci/Negoci/Trafics_Estadistiques/Estadistiques/2019/12_Desembre.pdf. Visitat 25-03-2020. 2020.
- [7] *Estadístiques del tràfic del Port de Barcelona*. https://contentv5.portdebarcelona.cat/cntmng/gd/d/workspace/SpacesStore/68194946-91f5-42e3-bb55-aaecd5f6e688/PortBcnTrafic2019_12_es.pdf. Visitat 25-03-2020. 2020.
- [8] *Destinacions aeroport de Reus (Aena)*. <http://www.aena.es/csee/Satellite/DestinosEspana/es/>. Visitat 27-03-2020. 2020.
- [9] *Dades termo-pluviomètriques de Tarragona (meteocat)*. <https://www.meteo.cat/observacions/xema/dades?codi=XE>. Visitat 20-03-2020. 2020.
- [10] *Dades termo-pluviomètriques de Tarragona (Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya)*. <https://www.icgc.cat/Administracio-i-empresa/Descarregues/Cartografia-geologica-i-geotematica/Mapes-geofisics-i-sismics/Avaluacio-del-risc-sismic-a-Catalunya>. Visitat 20-03-2020. 2020.
- [11] *Oxygen, Chemical Element*. <https://www.britannica.com/science/oxygen>. Visitat 17-03-2020. 2020.
- [12] *Ethylene, Chemical Compound*. <https://www.britannica.com/science/ethylene>. Visitat 17-03-2020. 2020.
- [13] *Etilè*. <https://www.encyclopedia.cat/ec-gec-0232102.xml>. Visitat 17-03-2020. 2020.
- [14] S. Rebsdats i D. Mayer. *Ethylene Oxide, Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. English. Wiley Online Library, 2000.
- [15] *ITC MIE APQ-2: « Almacenamiento de óxido de etileno »*. <http://www.apici.es/wp-download/legislacion/ITCMIEAPQ2.pdf>. Visitat 04-06-2020. 2020.

- [16] *Nitrogen, Chemical Element*. <https://www.britannica.com/science/nitrogen>. Visitat 22-03-2020. 2020.
- [17] *Diòxid de carboni*. <https://www.encyclopedia.cat/ec-gec-0224694.xml>. Visitat 22-03-2020. 2020.
- [18] R. Klein i S. Milne N. Rizkalla. *Catalizador de óxido de etileno*. ES2310420T3. 1998.
- [19] *Fluids refrigerants (DOWTHERM SYLTHERM DOWFROST Heat Transfer Fluids)*. <https://www.dow.com/content/dam/dcc/documents/en-us/catalog-selguide/176/176-01419-01-heat-transfer-fluids-selection-guide.pdf?iframe=true>. Visitat 16-03-2020. 2020.
- [20] *Centre de transformació (Àrea tecnologia)*. <https://areatecnologia.com/electricidad/centro-de-transformacion.html>. Visitat 29-03-2020. 2020.
- [21] *Grup electrògen (Dagartech)*. <https://www.dagartech.com/es/grupos-electrogenos/dgvs-770-me>. Visitat 29-03-2020. 2020.
- [22] *Gas natural, ventajas y desventajas*. https://www.naturgy.es/empresas/blog/gas_natural_ventajas_y_desventajas. Visitat 04-06-2020. 2020.