

Grau en Enginyeria Química

Treball Final de Grau



# DISSENY D'UNA PLANTA DE PRODUCCIÓ DE MONOETILENGLICOL

Febrer 2021

Marina Martínez Moreno  
Albert Muñoz Palenciano  
Clàudia Prieto Ribera  
Albert Ramos Verdugo  
Rafael Rodríguez Jorge

Tutora: María Eugenia Suárez Ojeda



Grau en Enginyeria Química

Treball Final de Grau



# DISSENY D'UNA PLANTA DE PRODUCCIÓ DE MONOETILENGLICOL

Capítol 1.

Especificacions del projecte

**UAB**

Universitat Autònoma de Barcelona  
Escola d'Enginyeria



<b>1. Especificacions del Projecte .....</b>	<b>3</b>
<b>1.1. Definició del Projecte.....</b>	<b>3</b>
1.1.1. Bases.....	3
1.1.2. Abast del projecte .....	4
1.1.3. Localització de la planta .....	4
1.1.3.1 Paràmetres d'edificació.....	5
1.1.3.2 Avaluació de les comunicacions i accessibilitats de la planta .....	6
1.1.3.3 Característiques del medi físic.....	10
<b>1.2. Compostos presents al procés.....</b>	<b>12</b>
1.2.1. Matèries primeres .....	12
1.2.1.1. Aigua.....	12
1.2.1.2. Òxid d'etilè .....	13
1.2.2. Producte d'interés: Monoetilenglicol.....	14
1.2.3. Subproductes.....	15
<b>1.3. Descripció del procés .....</b>	<b>17</b>
1.3.1. Diagrama de blocs .....	17
1.3.2. Diagrama del procés per àrees.....	18
1.3.2.1. Àrea A-000.....	20
1.3.2.2. Etapa de condicionament de reactius. Àrea A-100.....	20
1.3.2.3. Etapa de reacció. Àrea A-200 .....	20
1.3.2.4. Etapa de deshidratació. Àrea A-300.....	21
1.3.2.5. Etapa de purificació. Àrea A-400.....	21
1.3.2.6. Etapa de recirculació. A-500.....	21
1.3.2.7. Condicionament i emmagatzemament de productes.....	22
1.3.3. Balanç de matèria.....	22
<b>1.4. Constitució de la planta .....</b>	<b>27</b>
1.4.1. Distribució per àrees .....	27
1.4.1.1. Àrees de procés. A-000 – A-600 .....	28
1.4.1.2. Àrea de control A-700 .....	29
1.4.1.3. Zona de serveis A-800 .....	29
1.4.1.4. Zona de càrrega i descàrrega A-900 .....	29
1.4.1.5. Oficines A-1000 .....	29
1.4.1.6. Laboratoris A-1100 .....	30
1.4.1.7. Aparcaments A-1200 .....	30

## 1. Especificacions del projecte

1.4.1.8.	Zona de manteniment A-1300 .....	30
1.4.1.9.	Vestuaris i cantina A-1400.....	30
1.4.1.10.	EDAR A-1500.....	30
1.4.2.	Plantilla de treballadors .....	31
<b>1.5.</b>	<b>Serveis a planta .....</b>	<b>34</b>
1.5.1.	Energies .....	34
1.5.1.1.	Electricitat.....	34
1.5.1.2.	Gas natural .....	34
1.5.2.	Fluids.....	35
1.5.2.1.	Aigua de procés .....	35
1.5.2.2.	Nitrogen.....	35
1.5.2.3.	Downtherm A .....	35
<b>1.6.</b>	<b>Referències bibliogràfiques.....</b>	<b>36</b>

# 1. ESPECIFICACIONS DEL PROJECTE

## 1.1. DEFINICIÓ DEL PROJECTE

### 1.1.1. BASES

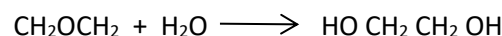
L'objecte del projecte és l'estudi de la viabilitat d'una planta de producció de monoetilenglicol a partir d'òxid d'etilè i aigua. Les especificacions d'aquesta planta són les següents:

- Localització: la planta estarà ubicada al terme municipal de La Canonja, Tarragona, al polígon industrial anomenat Gasos Nobles i, per tant, complirà la seva normativa urbanística i sectorial, tant pel que fa a la construcció i edificació com per les normes de seguretat, medi ambient i protecció contra incendis.
- Capacitat de producció: es fabricaran 150.000 tones/any de monoetilenglicol (MEG) líquid 99.95% en un procés en continu. La planta funcionarà 320 dies/any amb dues parades planificades.

El projecte, doncs, tindrà l'abast suficient per concretar el funcionament i necessitats de les àrees:

- Unitats de procés i reacció (reactors, columnes de separació, bescanviadors de calor, etc.) per fabricar i purificar el producte
- Emmagatzematge de les matèries primeres i del producte acabat
- Àrees de serveis i de càrrega i descàrrega
- Àrees de treball, com oficines, vestuaris, banys, laboratoris, i àrees auxiliars com depuradores, aparcaments, accessos, pla d'incendis, etc.

La producció de monoetilenglicol es duu a terme a través de la reacció d'hidròlisi d'òxid d'etilè:



Aquesta reacció, amb una entalpia de  $\Delta H = -80 \text{ kJ/mol}$ , es pot donar per dos vies diferents. La primera via, catalitzada, fa ús d'àcid sulfúric 0.5 %  $m/m$  per accelerar la formació de monoetilenglicol en condicions moderades de pressió (atmosfèrica) i temperatura (al voltant dels 60°C). D'aquesta manera, el catalitzador influeix en les condicions de pH del medi de reacció i, per tant, també en l'elecció d'equips i canonades de la planta.

La segona via és dur a terme la hidròlisi no-catalitzada en condicions d'alta pressió i temperatura (rondant les 30atm i els 200°C). Lògicament aquests valors també influiran notablement en el disseny de la planta i tots els equipaments.

La planta Glicat, presentada a aquest projecte, treballa en altes condicions de pressió i temperatura per fer reaccionar l'òxid d'etilè amb aigua sense necessitat de catalitzador. Aquesta decisió està basada majoritàriament en la bibliografia trobada del procés a nivell industrial, que aporta un *know-how* o uns coneixements específics de l'estat de l'art actual molt més extensos que no pas els trobats per la reacció catalitzada, que són més a escala laboratori o fan servir altres catalitzadors, com el CO<sub>2</sub>.

### 1.1.2. ABAST DEL PROJECTE

L'objectiu del projecte és dissenyar una planta de producció amb les bases especificades. Per a aconseguir-ho es considera que ha d'englobar el següent abast:

- Disseny i especificació del procés químic i les seves etapes
- Disseny de les unitats de producció i equips
- Disseny de les unitats d'emmagatzematge de les matèries primeres i els productes
- Disseny i especificacions de les diferents àrees de la planta, zones de procés, estacions de càrrega i descàrrega, oficines, aparcament, transport, laboratoris, etc
- Disseny i especificacions dels serveis de la planta
- Disseny i implementació de tot el sistema de control i alarmes del procés
- Especificació dels sistemes de canonades i vàlvules
- Disseny i implementació del sistema de seguretat i higiene de la planta
- Identificació dels impactes mediambientals i disseny del tractament de residus
- Avaluació econòmica del disseny de la planta i estudi de viabilitat. Anàlisi de sensibilitat econòmic
- Especificació del procés de posada en marxa i operació continua de la planta
- Consideració dels punts febles o millorables del disseny plantejat

### 1.1.3. LOCALITZACIÓ DE LA PLANTA

El polígon industrial on es localitza la planta s'anomena Polígon Industrial Gasos Nobles i es troba dins el terme municipal de La Canonja, Tarragona. Dins la comarca del Tarragonès, la fàbrica s'ubica al sud de Catalunya, des d'on seria capaç de gaudir de les seves facilitats de transport i comunicacions.



El seu clima mediterrani és suau i de poques plujes. La temperatura mitjana anual no supera els 20 °C i la zona gaudeix d'accés des de les carreteres N-340, C-318 i l'autopista AP-7. També és propera a la carretera E-15 i es troba a uns 80km del centre de Barcelona.

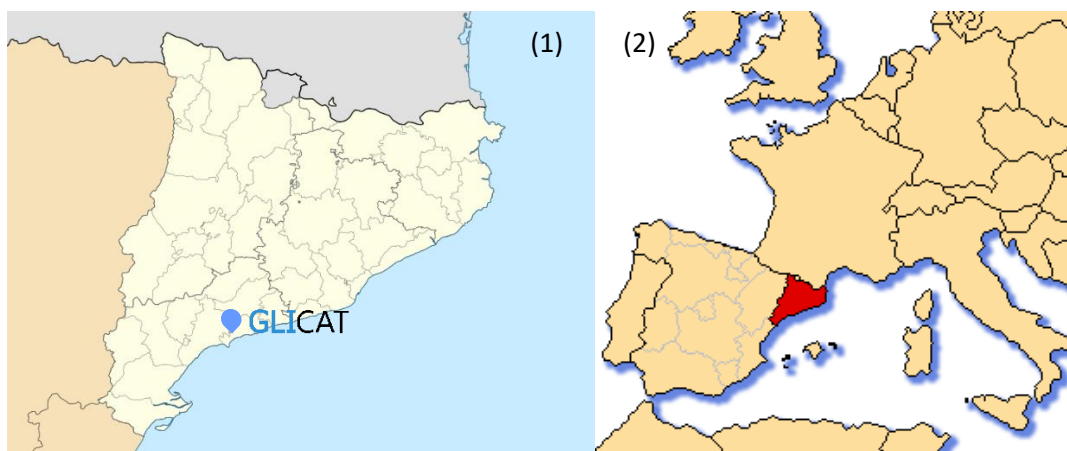


Figura 1.1 Localització de la planta Glicat a Catalunya (1), sud-oest d'Europa (2)

#### 1.1.3.1 PARÀMETRES D'EDIFICACIÓ

La normativa de cada municipi estableix uns certs paràmetres d'edificació a complir i són d'obligat compliment per tot aquell que vulgui edificar. Pel cas d'una parcel·la ubicada al polígon Gasos Nobles, els seus paràmetres d'edificació són aquells plasmats a la **Taula 1.1**.

Taula 1.1 Paràmetres d'edificabilitat de la parcel·la

<b>Edificabilitat</b>	1.5 m <sup>2</sup> sostre / m <sup>2</sup> sòl
<b>Ocupació màxima de la parcel·la</b>	75 %
<b>Ocupació mínima de la parcel·la</b>	20 % de l'ocupació màxima
<b>Reculades</b>	5 m a vies i veïns
<b>Alçada màxima edificable</b>	16 m i 3 nivells (a excepció de producció justificada per procés)
<b>Alçada mínima edificable</b>	4 m i 1 nivell
<b>Aparcaments</b>	1 plaça / 150 m <sup>2</sup> construïts
<b>Distància entre edificis</b>	½ de l'edifici més alt (i com a mínim 5 m)

La parcel·la ocupa una superfície de 53 235 m<sup>2</sup> i s'ocupa una àrea de sòl de 8 191 m<sup>2</sup>, pel que queda dins dels paràmetres d'edificabilitat i encara amb molt de marge per possibles ampliacions. Això equival a un mínim de 56 places d'aparcament, que es situen a l'àrea A-1200 (Veure Apartat **1.4.1**).

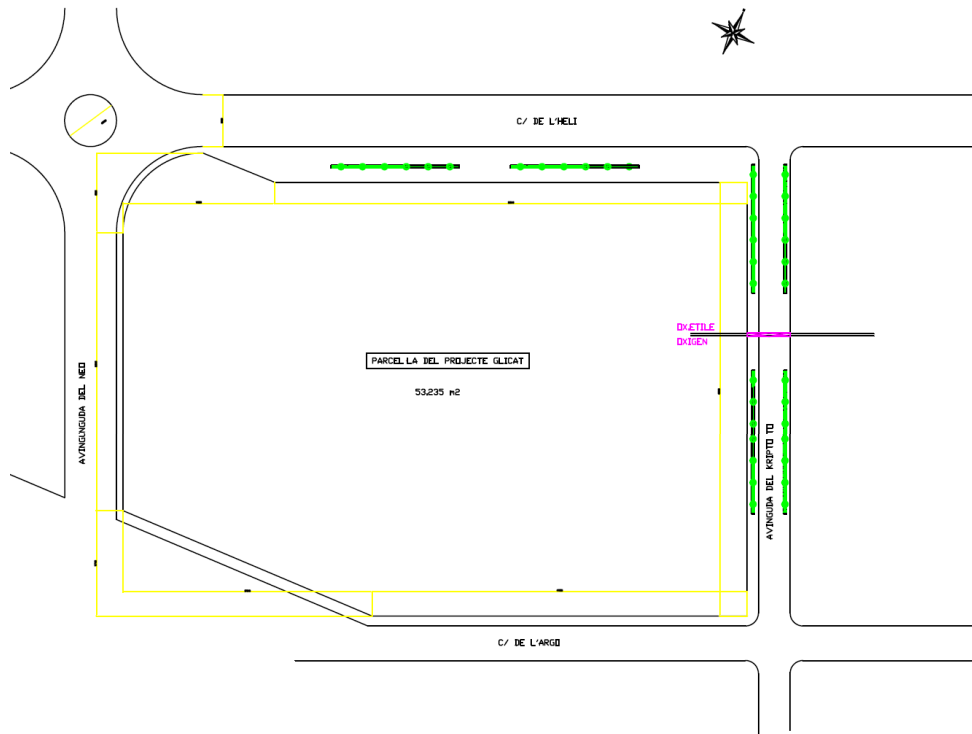


Figura 1. 2 Plànol de la parcel·la

1.1.3.2 AVALUACIÓ DE LES COMUNICACIONS I ACCESSIBILITATS DE LA PLANTA

Un dels punts clau que implica la localització de la planta és els accessos que aquesta suposa. La geografia i infraestructures dels voltants de la fàbrica són un punt d'anàlisi necessari i decisiu abans del seu disseny, ja que podria implicar dificultats severes de compra, venda o d'adquisició de serveis.

Pel que fa al transport terrestre, ja s'ha menat el fàcil accés al municipi a través de l'autopista AP-7. Aquesta carretera comunica tota la costa mediterrània de l'estat fins a França. Connecta des de La Junquera fins Vera, Almeria, tot i que un altre tram arriba des de Màlaga fins Guadiaro, fent un total de 1007km de longitud. La nacional N-340 té un recorregut similar, però amb 1248km és la carretera nacional més llarga de l'estat. Aquestes dues carreteres són un avantatge clau per la planta, ja que permetrà el fàcil accés de turismes i camions d'arreu d'Espanya i amb Europa.

Per altra banda, el transport ferroviari de la Canonja no suposarà cap virtut, ja que l'estació més propera es troba al centre de Tarragona, a 6 km i mig.



Figura 1. 3 Mapa de carreteres de Tarragona

És per això que es descarta el transport ferroviari no mixt com a transport principal. Es podrà fer servir, però, pel personal que treballi a planta i oficines, ja que arriben trens de rodalies diaris que recullen gent de tot Catalunya. A més, les opcions de transport combinat entre tren i autobús suposen una bona alternativa als automòbils.

[4] El transport aeri de la zona vindrà donat pels aeroports de Reus i El Prat. L'aeroport de Reus, tot i que més petit, és el més proper a la planta i abans de l'impacte de la covid movia un nombre de passatgers de l'ordre del mil·lió, on el 99% dels viatges eren a l'estranger.

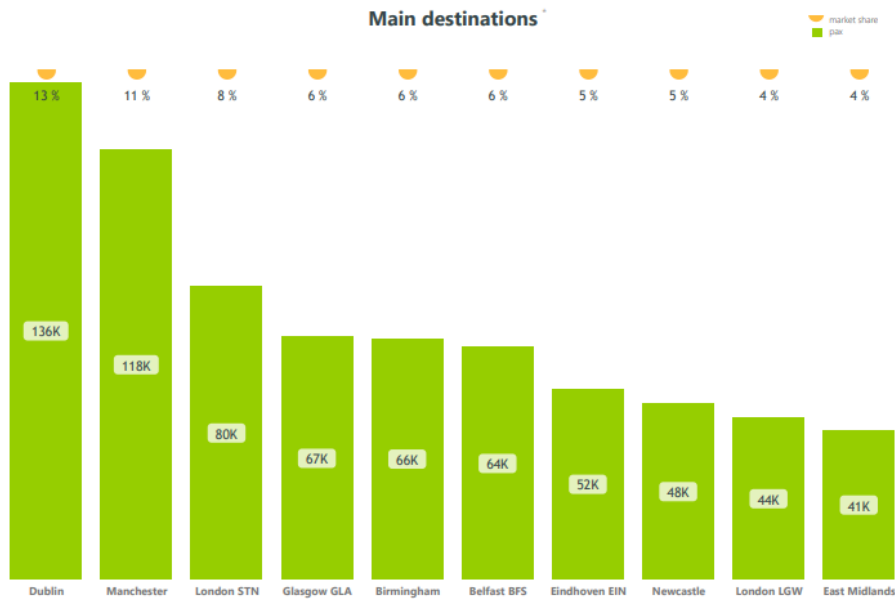


Figura 1. 4 Principals destinacions de l'aeroport de Reus (2019, segons Aena)

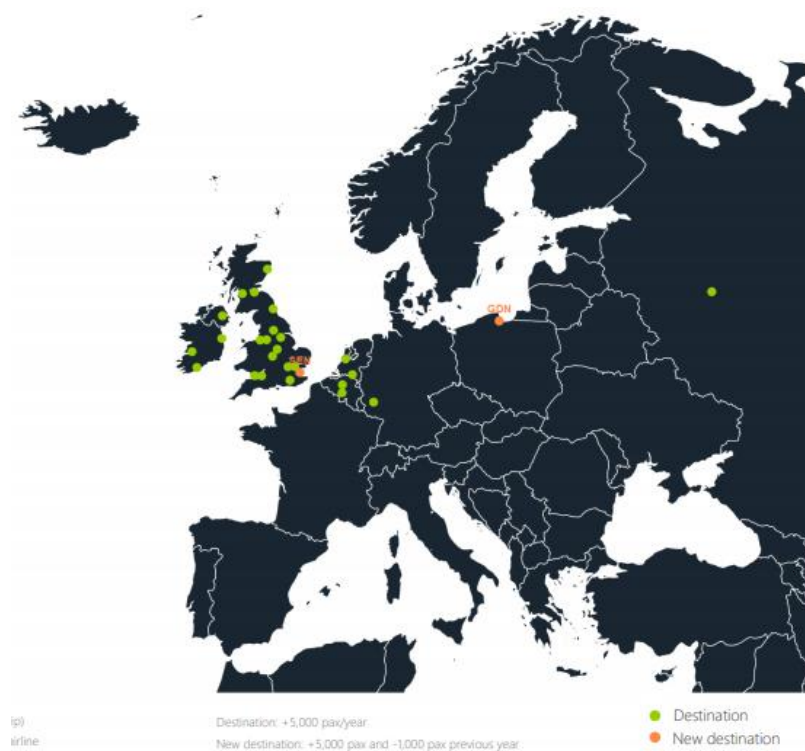


Figura 1. 5 Mapa de les destinacions aèries europees des de Reus

1. Especificacions del projecte

[5] Pel que fa a l'aeroport del Prat, aquest es troba a la província de Barcelona i a nivell nacional connecta amb els mateixos aeroports que fa el de Reus. Mou 50 vegades més passatgers i multiplica els seus destins internacionals per 8. Les seves destinacions no són només europees, sinó que compta amb connexions a Àfrica, amb l'Est Mitjà i Àsia, Nord Amèrica i Sud Amèrica.



Figura 1. 6 Mapa de les destinacions aèries europees des del Prat

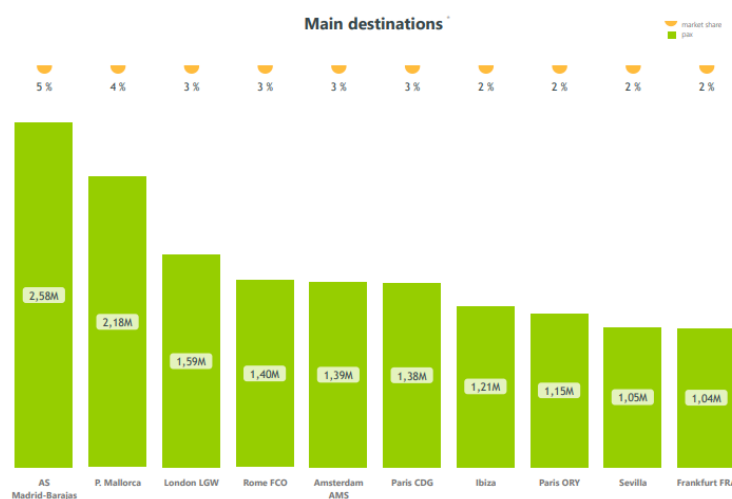


Figura 1. 7 Principals destinacions de l'aeroport del Prat (2019, segons Aena)

1. Especificacions del projecte

[6][7] L'últim tipus de transport a tenir en compte és el que es duu a terme pel mar. El transport marítim és molt important per les empreses químiques, ja que són la millor alternativa per enviar o rebre matèries de la manera més econòmica possible. La Canonja està a prop dels ports de Tarragona i el de Barcelona. El Port de Tarragona connecta de manera regular amb 60 països i les seves línies són capaces de fer arribar mercaderies a qualsevol lloc del món. D'igual forma, el port de Barcelona arriba a tenir dues terminals internacionals i un ampli ventall de grues i mou més de 6.3 milions de tones de productes químics anuals.

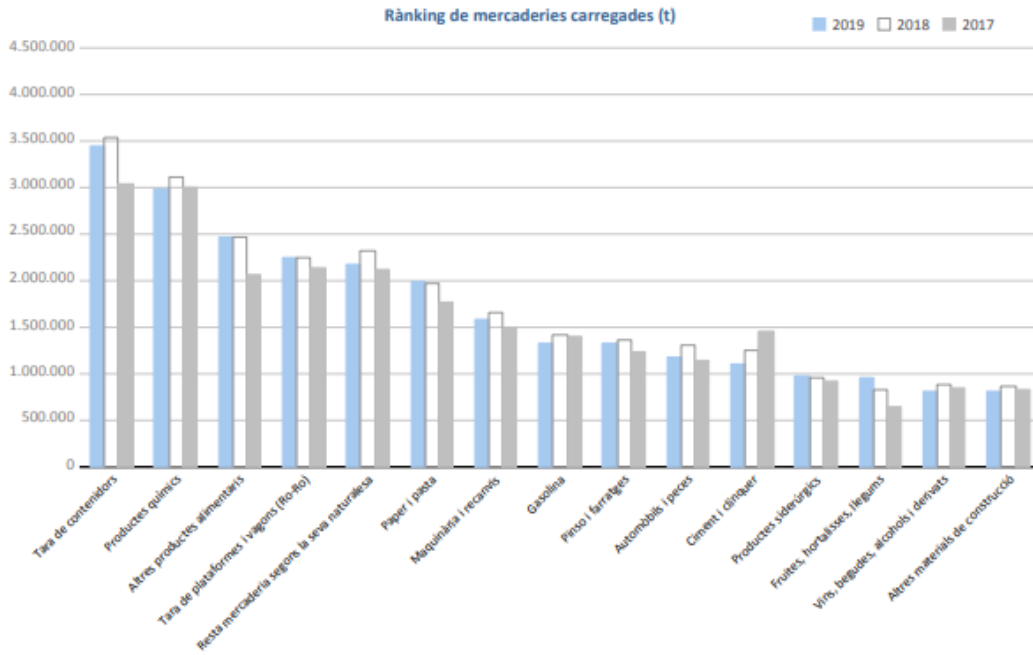


Figura 1. 8 Mercaderies (en tones) carregades al Port de Barcelona (segons el port de Barcelona)

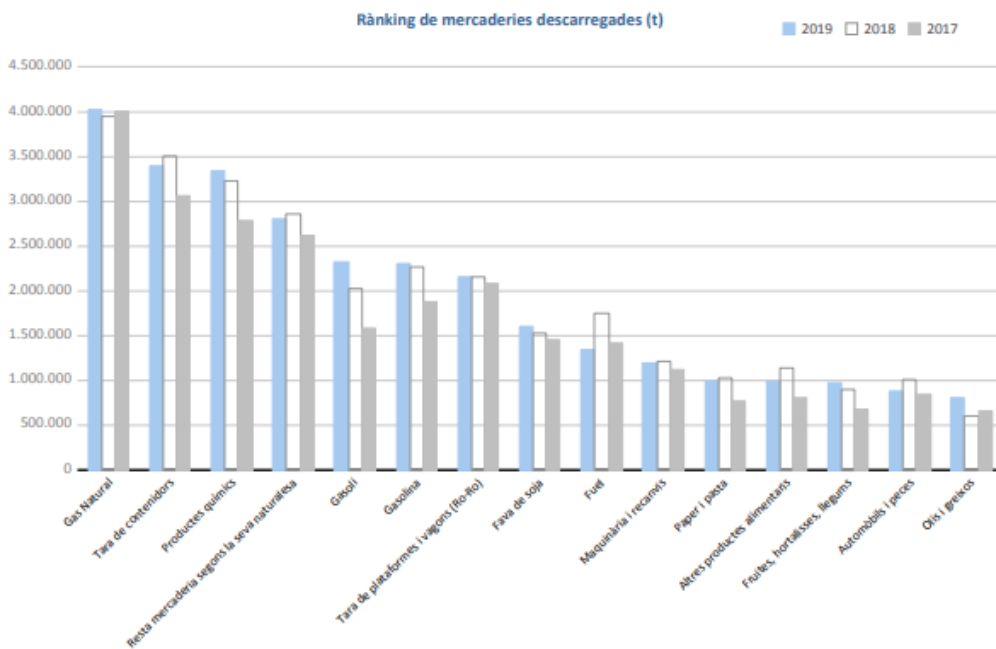


Figura 1. 9 Mercaderies (en tones) descarregades al Port de Barcelona (segons el port de Barcelona)

1.1.3.3 CARACTERÍSTIQUES DEL MEDI FÍSIC

[1] [2] [3] Amb una població de 5880 habitants, La Canonja és un municipi que es reparteix al llarg de 7.32 km<sup>2</sup> i s'alça a 40 m per sobre del nivell del mar. El seu clima suau i la seva proximitat al mar temperen les temperatures, encara que continua havent-hi un salt important en aquestes entre hivern i estiu. Els mesos compresos entre setembre i desembre són els més plujosos, amb major quantitat d'aigua de pluja precipitada. No obstant, no són els mesos més humits en termes de comoditat, ja que aquests es calculen en funció de la humitat en el seu punt de rosada. Aquests mesos de xafegor són sempre a l'estiu, entre juny i setembre.

L'època més humida per precipitacions exclou els mesos d'estiu i es concentra especialment a la tardor i finals d'any. Tot i així, el clima del municipi no sol patir gaires pluges, sent la seva probabilitat màxima diària d'un 20 %.

Taula 1. 2 Taula climàtica, dades climatològiques de La Canonja, 2020 (segons climate-data.org)

Climate-data.org	Gen	Feb	Març	Abr	Maig	Juny	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Des
<b>Temperatura mitjana (°C)</b>	9,2	10	12,2	14	17,1	20,8	23	24	22	17	13	11
<b>Temperatura mínima (°C)</b>	5,9	6,5	8,2	10	13,3	17	20	20	18	14	9,6	7
<b>Temperatura màxima</b>	13	14	16,3	18	21	24,7	27	28	26	21	16	14
<b>Precipitació (mm)</b>	27	31	39	43	54	39	17	42	74	77	50	58

La **Figura 1.10** és un bon exemple de les temperatures mitjanes a les que es trobaria la planta Glicat. Aquest gràfic mostra les temperatures mitjanes mensuals de l'any 2020, acotades en una zona ombrejada des de la mínima mensual fins la temperatura màxima mensual. Per aquest motiu és segur afirmar que la temperatura del municipi on es dissenya la planta oscil·la entre els 0 °C i els 32 °C.

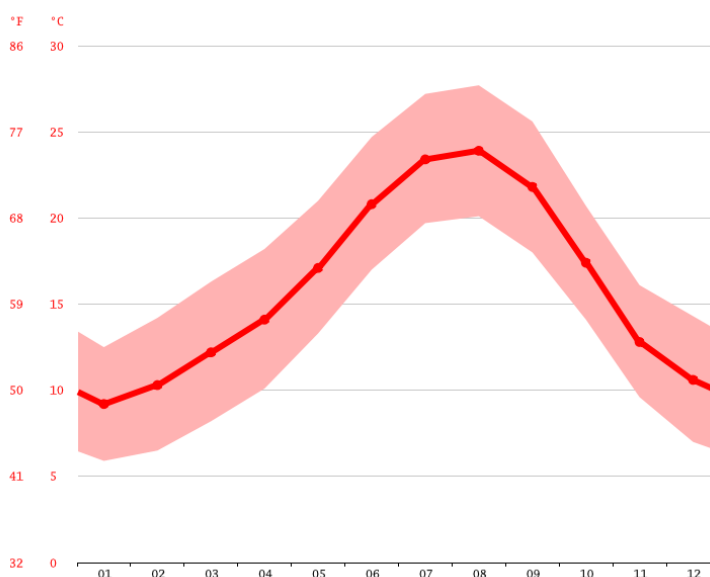


Figura 1. 10 Gràfic de temperatures mensuals a La Canonja durant el 2020 (segons climate-data.org)



Finalment, des del punt de vista del vent, l'any es divideix en dos: l'època de vents, compresa entre l'octubre i l'abril, porta aires d'una velocitat mitjana de 15 km/h i un màxim de 18 km/h, mentre que la resta de l'any no supera els 15.

<sup>[8]</sup> Geològicament, la planta es construirà sobre un terreny pla i de poca altura respecte el mar. El sòl té un pH bàsic degut al seu alt contingut en carbonats. A més, Tarragona està classificada com a zona sísmica 1 pel que la intensitat màxima que podria prendre un terratrèmol si succeís seria del nivell VI en escala MSK. Per tant, La Canonja és una zona d'activitat sísmica moderada, o sigui que no corre el risc de rebre danys en les línies vitals com bé podrien ser xarxes viàries o ferroviàries, instal·lacions elèctriques, gas natural i aigua, etc.

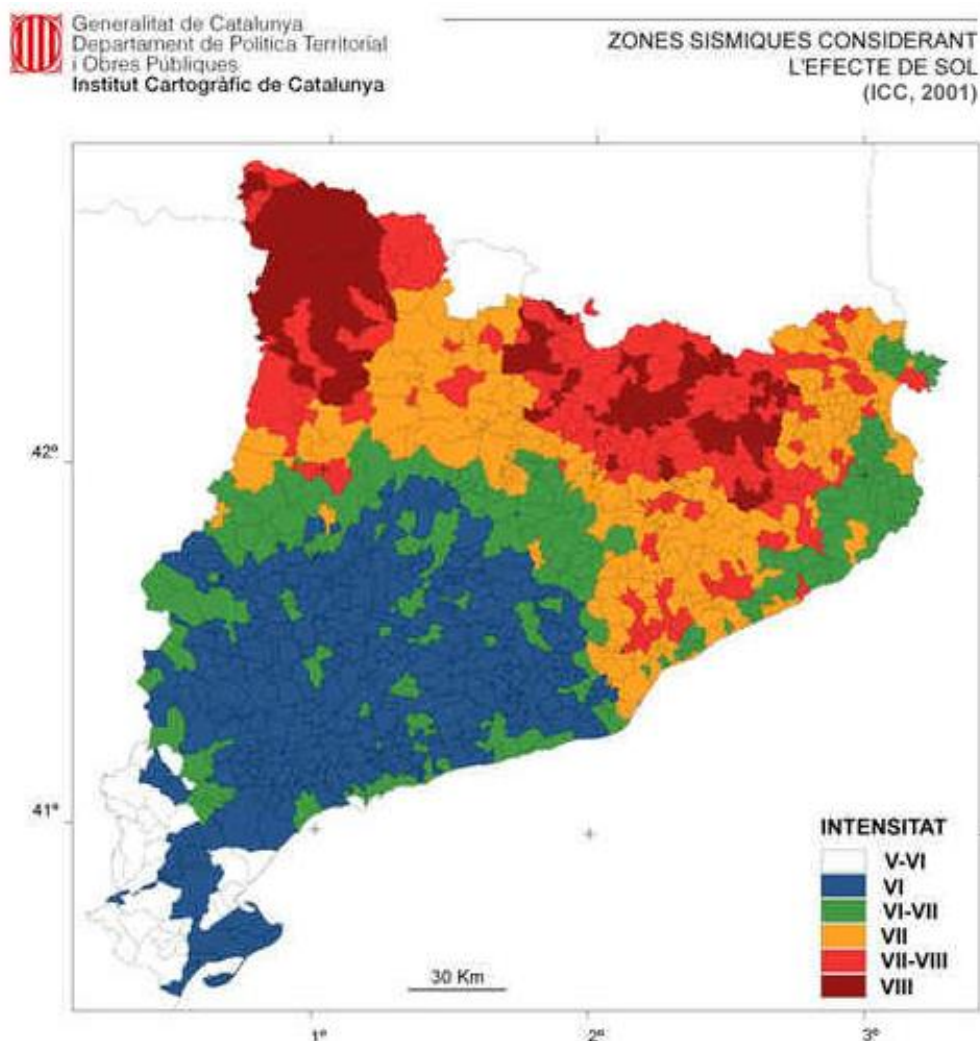
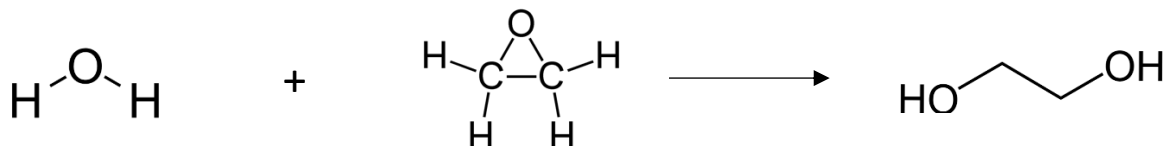


Figura 1. 11 Mapa de zones sísmiques de Catalunya (segons ICC)

En general, la zona no sofreix de cap climatologia extrema, pel que terratrèmols, vents forts i grans tempestes no suposen cap aspecte clau per la construcció de la planta.

## 1.2. COMPOSTOS PRESENTS AL PROCÉS

La reacció en la que es basa el procés, ja menada anteriorment, és una reacció d'hidròlisi de l'òxid d'etilè a partir d'aigua líquida. Aquests reactius entren en contacte en condicions d'altra pressió i temperatura per resultar en monoetilenglicol, tot i que també s'obtenen altres glicols com a subproductes.



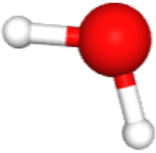
### 1.2.1. MATÈRIES PRIMERES

Les matèries primeres són aquelles que reaccionen entre elles per obtenir el producte desitjat. En el procés dut a terme a Glicat, les matèries primeres són aigua i òxid d'etilè, que venen subministrats en estat líquid per canonada.

#### 1.2.1.1. AIGUA

<sup>[10]</sup> L'aigua, de fórmula química H<sub>2</sub>O, es mostra en estat líquid a temperatura ambient i pressió atmosfèrica, tot i que és fàcil de trobar sòlida o en forma de vapor a la natura. Es tracta d'una molècula inorgànica i no tòxica que es fa servir com a dissolvent universal. És un fluid transparent, incolor i insípid i els seus àtoms queden units per enllaços covalents.

Taula 1. 3 Propietats físiques i químiques de la molècula d'aigua

PubChem	PROPIETATS DE LA MOLÈCULA D'AIGUA	
<b>Pes molecular</b>	18.015 g/mol	<b>Estructura molecular</b>
<b>Punt d'ebullició</b> <sup>[11]</sup>	99.974 °C	2 H
<b>Punt de fusió</b> <sup>[12]</sup>	0 °C	1 O
<b>Densitat</b> <sup>[12]</sup>	0.9950 g/mL	
<b>Corrosivitat</b>	No	

La molècula d'aigua està formada per un àtom d'oxigen i dos d'hidrogen que formen un angle de 104.45° entre si. Aquests s'uneixen per forces anomenades ponts d'hidrogen quan es troben en estat líquid, el que els proporciona una disposició espacial que els permet ocupar menys volum que a l'estat sòlid, on aquestes forces es trenquen al baixar de 0 °C.



## 1. Especificacions del projecte

En el cas del procés de producció de monoetilenglicol, l'aigua és el reactiu en excés, ja que es fa reaccionar en una proporció de 20:1 molar amb òxid d'etilè per tal d'assegurar la seguretat a la planta. A més, també es fa servir com el fluid bescanviador de calor pel procés perquè no suposarà un problema a nivell corrosió i proporcionarà suficient intercanvi d'energia calorífica com per refredar o escalfar els cabals del procés o els seus equips.

## 1.2.1.2. ÒXID D'ETILÈ

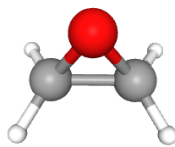

<sup>[13]</sup> L'altre reactiu necessari per obtenir monoetilenglicol és l'òxid d'etilè (també anomenat OE o EtO al llarg del projecte). Aquesta molècula cíclica pren forma triangular, formada per 4 àtoms d'hidrogen i dos de carboni que, enllaçats entre si, s'uneixen també al mateix àtom d'oxigen. La seva fórmula química és  $C_2H_4O$  i pren forma de gas incolor a temperatura ambient, d'olor dolç característic de l'èter.

Es tracta d'una substància perillosa degut, no només a les seves característiques nocives, sinó també a la seva inflamabilitat i les reaccions que desencadena a certes temperatures. Té propietats carcinogèniques, mutagèniques i irritants.

L'exposició davant l'òxid d'etilè pot afectar al sistema nerviós del cos, el sistema reproductiu, així com avortaments a embarassades, irritació de vies respiratòries i, si es tracta d'una exposició perllongada, pot arribar a perjudicar ronyons, músculs i glàndules adrenals.

Es tracta d'un gas inflamable i explosiu en mescla amb aire. És per això que és molt important mantenir els recipients d'òxid d'etilè allunyats de qualsevol focus de flama o espurna. A més, per evitar la polimerització del reactiu, que també pot resultar en explosió, s'ha d'excloure l'ús d'àcids, halurs covalents i materials bàsics com amines o potassi metàl·lic.

Taula 1. 4 Propietats físiques i químiques de la molècula d'òxid d'etilè

PubChem	PROPIETATS DE LA MOLÈCULA D'ÒXID D'ETILÈ			
<b>Pes molecular</b>	44.05 g/mol	<b>Estructura molecular</b>		
<b>Punt d'ebullició</b> <sup>[14]</sup>	99.974 °C	4 H	2 C	1 O
<b>Punt de fusió</b> <sup>[14]</sup>	-112.46 °C			
<b>Densitat</b> <sup>[15]</sup> 10 °C	0.882 g/mL			
<b>Viscositat</b> <sup>[14]</sup> 25 °C G	9.45 · 10 <sup>-3</sup> mPa s			
<b>Viscositat</b> <sup>[14]</sup> 10 °C L	0.254 mPa s			
<b>Corrosivitat</b>	Corrosiu a teixits humits			
<b>Pictogrames associats</b>				

1.2.2. PRODUCTE D'INTERÉS: MONOETILENGLICOL

[19][20] El monoetilenglicol (MEG) és el motiu de construcció de la planta Glicat, ja que es tracta del seu producte de venda. El MEG s'utilitza majoritàriament com anticongelant en motors, tot i que també és àmpliament usat en frens hidràulics i altres sistemes de climatització com torres de refredament, difusor de calor i fins i tot per fer fibres de polièster o com a dissolvent en pintures i plàstics.

Aquesta substància és el derivat de l'òxid d'etilè més important, amb una producció mundial de 35 milions de tones anuals (2016).

Taula 1. 5 Principals usos del MEG arreu del món

Escuela ingenierías Industriales UVa	PRINCIPALS USOS DEL MEG (% màssic)			
Producte derivat del MEG	EUA	Europa Occ	Japó	Mundial
Anticongelant	25	29	20	16
Fibres de polièster	32	35	61	57
Pel·lícules i resines de polièster	28	8		5
Altres	15	28	19	22
<b>TOTAL</b>	<b>1.20</b>	<b>1.03</b>	<b>0.30</b>	<b>13.60</b>

El major productor de monoetilenglicol és, igual que amb molts altres productes, Àsia. El mercat asiàtic és el més gran en quant a fabricació de fibres i tèxtils, pel que la demanda de polièster i altres predecessors de robes i plàstics és molt alta. La Xina, Índia i Taiwan encapçalen la llista, mentre l'Àfrica oriental lidera el mercat fora del continent asiàtic. Finalment, Nord Amèrica continua la llista de productors de monoetilenglicol, deixant Europa a la cua.

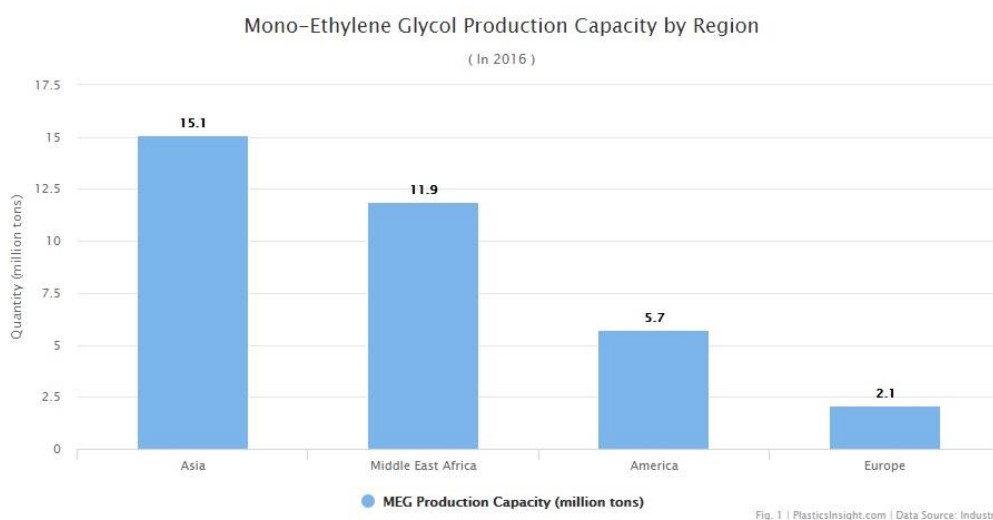
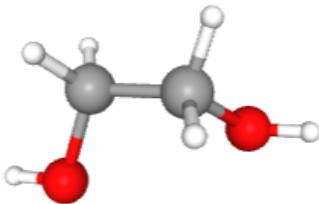



Figura 1. 12 Producció de monoetilenglicol per regions (2016)

Pel que fa a la molècula, aquesta és una petita cadena orgànica amb dos grups funcionals OH, en total es compon per dos carbonis, sis hidrògens i dos oxígens. Pren aspecte de líquid transparent, casi inodor, i hereta el gust dolç de l'òxid d'etilè.

El monoetilenglicol és irritant a la pell i és nociu en cas d'ingesta, tot i que els seus vapors no fan mal a ulls ni gola. Pot suposar una amenaça pel medi ambient, ja que la seva forma líquida penetra el sòl i s'adsorbeix a l'aigua, contaminant rius, mars, llacs i corrents subterranis.

Taula 1. 6 Propietats físiques i químiques de la molècula de monoetilenglicol

PubChem	PROPIETATS DE LA MOLÈCULA DE MONOETILENGLICOL		
<b>Pes molecular</b>	62.04 g/mol	<b>Estructura molecular</b>	
<b>Punt d'ebullició</b> <sup>[22]</sup>	197.61 °C	6 H	2 C
<b>Punt de fusió</b> <sup>[22]</sup>	-12.78 °C		
<b>Densitat</b> <sup>[23]</sup> 20 °C	1.114 g/mL		
<b>Viscositat</b> <sup>[24]</sup> 25 °C G	16.1 mPa s		
<b>Corrosivitat</b>	No		
<b>Pictogrames associats</b>			

### 1.2.3. SUBPRODUCTES

<sup>[25][26]</sup> Addicionalment a reactius i productes, hi ha altres matèries que són presents al procés, com bé poden ser els subproductes, residus i alguns dels serveis subministrats.

Com a subproducte de la reacció d'hidrogenació de l'òxid d'etilè es poden obtenir altres glicols no desitjats, com bé són el dietilenglicol (DEG) i el trietilenglicol (TEG).

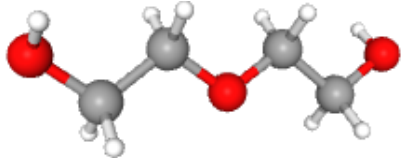

Els dos són líquids incoloros, inodors i de gust dolç igual que el MEG. Tots tres glicols són solubles en aigua i la seva principal diferència és el nombre de cadenes de dos carbonis que contenen.

Taula 1. 7 Principals usos dels subproductes de la planta

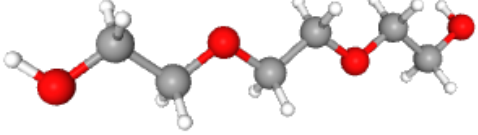

Dietilenglicol	Trietilenglicol
Matèria primera per producció polièsters	Matèria primera per producció polièsters
Humectant de tabac, tèxtils, papers, pells...	Humectant de tabac, tèxtils, papers, pells...
Dissolvent per tintes, colorants tèxtils i resines	Component per plastificants, resines sintètiques i emulsionants

A les **Taules 1.8 i 1.9** es poden observar les propietats dels dos subproductes obtinguts.

Taula 1. 8 Propietats de la molècula de dietilenglicol

PubChem	PROPIETATS DE LA MOLÈCULA DE DIETILENGLICOL		
<b>Pes molecular</b>	106.12 g/mol	<b>Estructura molecular</b>	
<b>Punt d'ebullició</b> <sup>[22]</sup>	245.8 °C	10 H	4 C
<b>Punt de fusió</b> <sup>[22]</sup>	-10.4 °C		
<b>Densitat</b> <sup>[27]</sup> 15 °C	1.1197 g/mL		
<b>Viscositat</b> <sup>[28]</sup> 25 °C G	0.30 mPa s		
<b>Corrosivitat</b>	No		
<b>Pictogrames associats</b>			

Taula 1. 9 Propietats de la molècula de trietilenglicol

PubChem	PROPIETATS DE LA MOLÈCULA DE TRIETILENGLICOL		
<b>Pes molecular</b>	150.17 g/mol	<b>Estructura molecular</b>	
<b>Punt d'ebullició</b> <sup>[22]</sup>	285.0 °C	14 H	6 C
<b>Punt de fusió</b> <sup>[22]</sup>	-7.0 °C		
<b>Densitat</b> <sup>[29]</sup> 15 °C	1.1274 g/mL		
<b>Viscositat</b> <sup>[29]</sup> 20 °C G	47.8 mPa s		
<b>Corrosivitat</b>	No		
<b>Pictogrames associats</b>			

### 1.3. DESCRIPCIÓ DEL PROCÉS

[9][19] El procés de producció de monoetilenglicol que es duu a terme consta de diverses etapes. La primera etapa és el condicionament de matèries primeres, on els corrents d'òxid d'etilè i d'aigua es comprimeixen i escalfen per tal de tenir les condicions d'operació al reactor. Una vegada arriben a aquestes condicions, els reactius entren al reactor on succeirà la reacció i, després, arribaran a la tercera etapa. Aquesta etapa és la primera etapa de separació, on s'extrau l'aigua sobrant del procés i, finalment, la quarta i última etapa és la purificació del producte, quan el corrent de monoetilenglicol es separa dels subproductes obtinguts a la reacció.

#### 1.3.1. DIAGRAMA DE BLOCS

El diagrama de blocs del procés mostra les 4 etapes explicades i els components de cada cabal. Com es pot veure, també existeix recirculació de l'aigua extreta del procés, que torna a l'inici d'aquest.

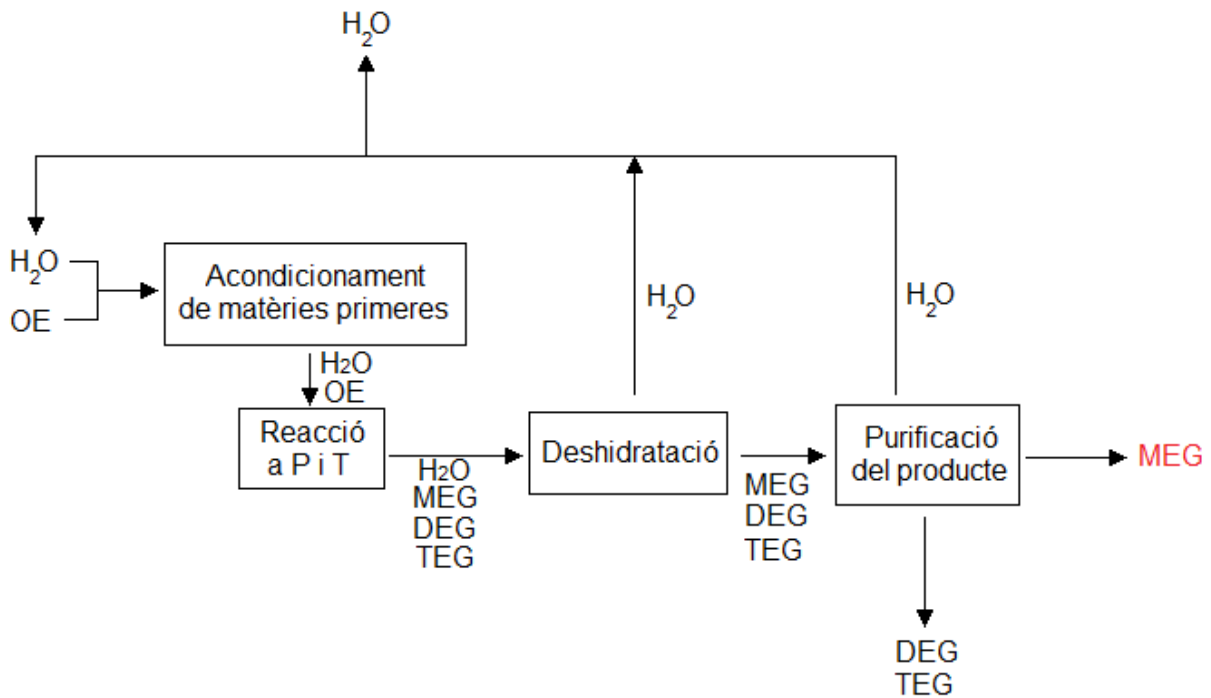


Figura 1. 13 Diagrama de blocs del procés

## 1.3.2. DIAGRAMA DEL PROCÉS PER ÀREES

La zona de procés engloba diverses àrees i prenen la nomenclatura de la mateixa forma que la resta de la planta. Cada etapa del procés de producció té una àrea adjudicada i en aquesta es troben tots els equips involucrats. A més de les quatre etapes explicades (condicionament de matèries primeres, reacció, deshidratació i purificació) també formarien part de la zona de producció i emmagatzematge el condicionament de producte, així com el seu emmagatzemament i el de matèries primeres.

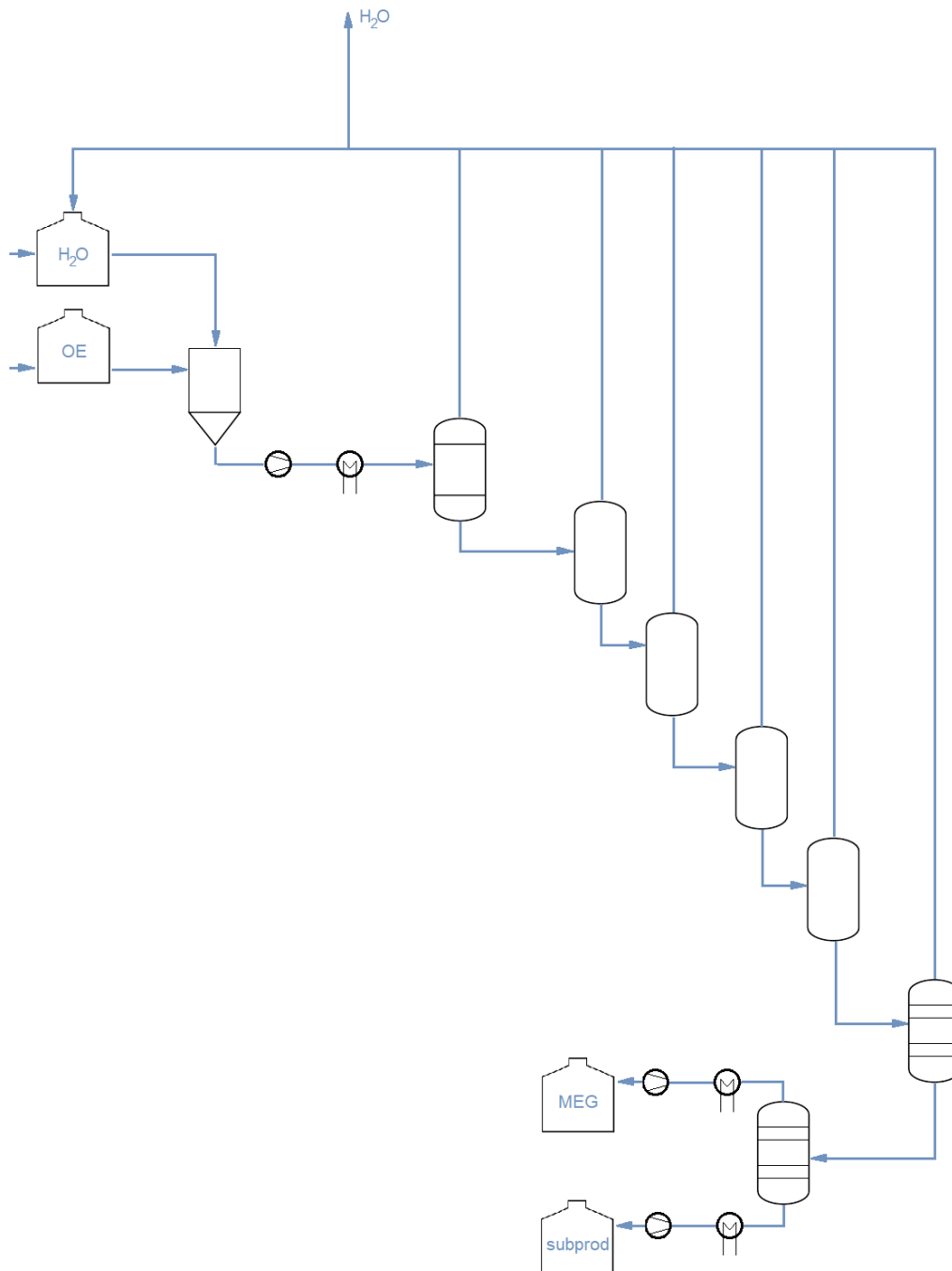


Figura 1. 14 Diagrama de procés

La **Figura 1.14** mostra el diagrama de procés de producció de Glicat des de l'emmagatzematge de matèries primeres, on es guarden suficients reactius com per continuar la producció durant un dia en cas que hi hagués escassetat, fins el condicionament i emmagatzematge dels productes obtinguts. La **Figura 1.15** mostra la divisió d'àrees pactada per aquest mateix procés.

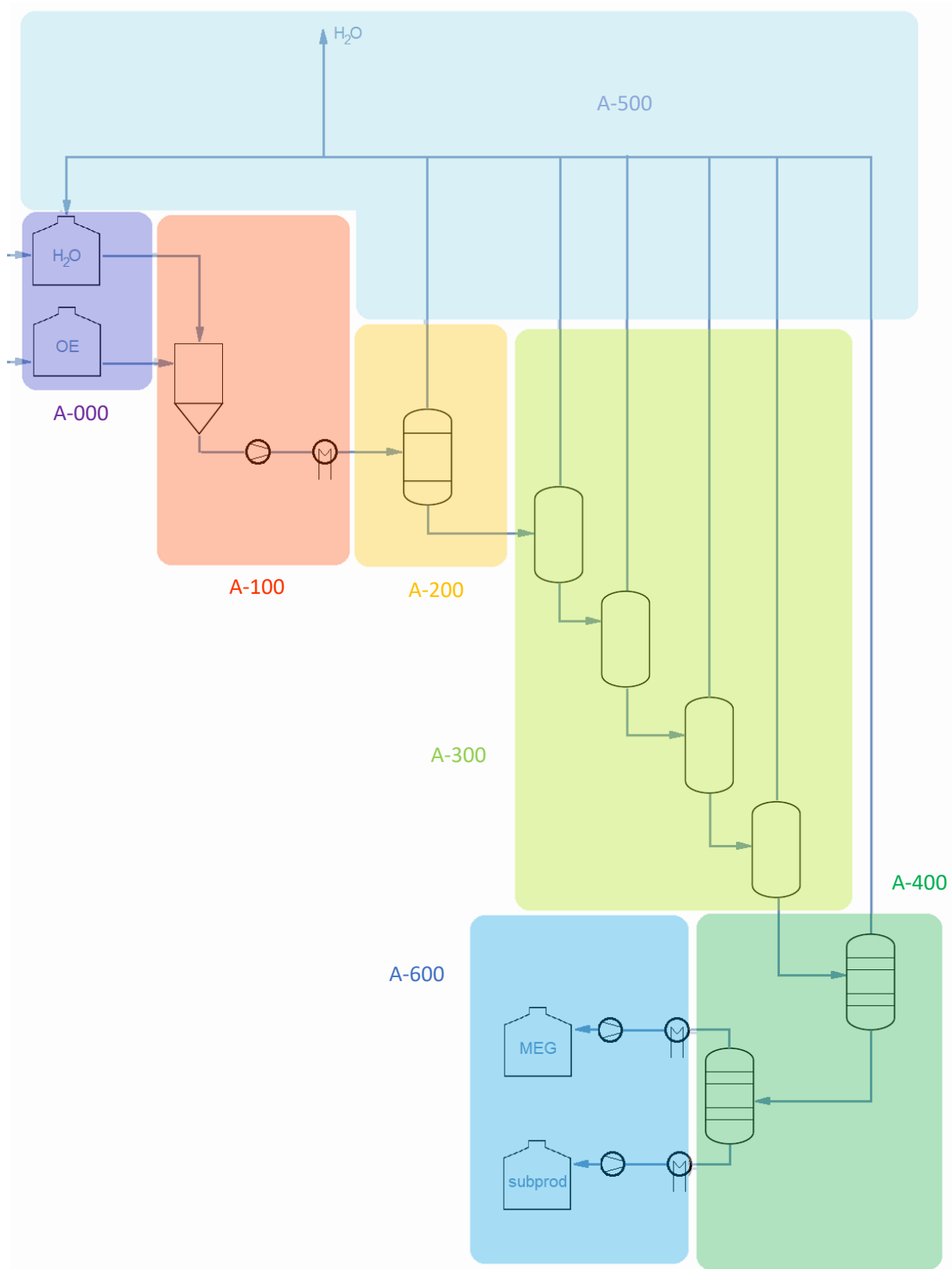


Figura 1. 15 Diagrama de procés per àrees

## 1. Especificacions del projecte

## 1.3.2.1. ÀREA A-000

A l'àrea A-000 s'emmagatzemen les matèries primeres del procés. Aquestes venen per canonada en estat líquid o líquid pressuritzat com és el cas de l'òxid d'etilè. S'instal·laran sis tanc en total, dos per l'aigua i quatre per l'OE, que estarà refrigerat i controlat per sistemes que mantinguin el reactiu a pressió i temperatura segures per la planta.

## 1.3.2.2. ETAPA DE CONDICIONAMENT DE REACTIUS. ÀREA A-100

La reacció de formació de monoetilenglicol es duu a terme en condicions d'alta pressió i temperatura, pel que és necessari adequar els reactius abans de transportat-los al reactor. És per això que els dos cabals entraran en un tanc mixer en les proporcions de reacció que, com ja s'ha dit anteriorment, diferirà molt de la relació estequiomètrica per qüestions de seguretat. El cabal mescla es comprimirà fins arribar a les 30 atm i després entrarà a un bescanviador de calor. Dins aquest, s'aportarà el calor necessari per que la matèria primera arribi als 200°C de temperatura necessaris per que es dugui a terme la reacció.

## 1.3.2.3. ETAPA DE REACCIÓ. ÀREA A-200

El punt central del procés és la reacció. Succeeix sense necessitat de catalitzador, a 30 atm i 200°C. L'òxid d'etilè s'hidrolitza tèrmicament i trenca el seu anell, deixant una cadena de dos carbonis i un oxigen als que s'uneixen un grup OH i l'àtom restant d'hidrogen mitjançant enllaç covalent.

En la reacció també es formen altres glicols de cadena més llarga de forma inevitable, ja que la reacció entre etilenglicol i òxid d'etilè és més ràpida que la de l'aigua amb OE. És per això que es fa servir un excés d'aigua al reactor, el que afavoreix la formació de MEG i redueix la formació d'homòlegs superiors. S'aproxima que d'aquesta manera s'aconsegueix que un 90% de les matèries primeres reaccionin al producte desitjat i la resta de subproductes comparteixi l'altre 10%.

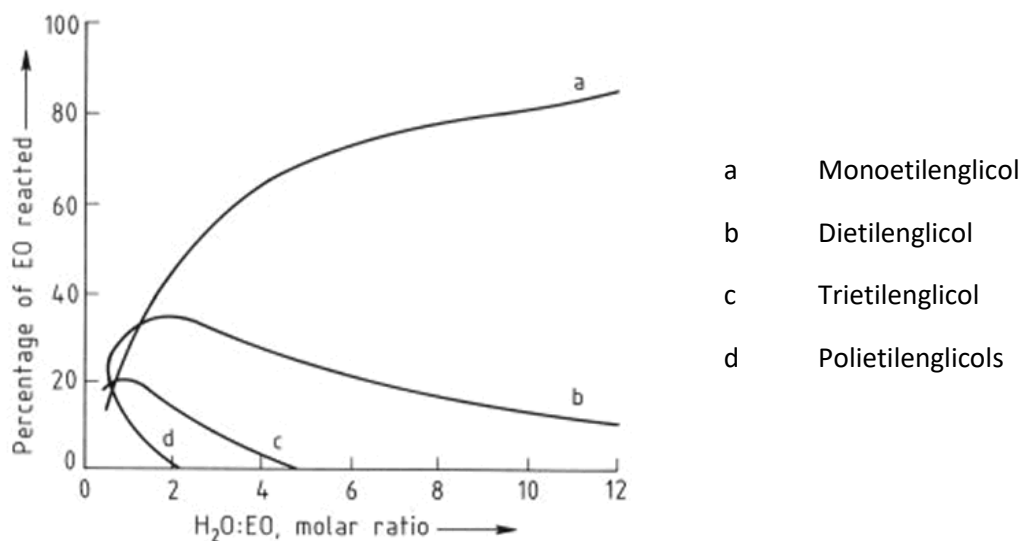
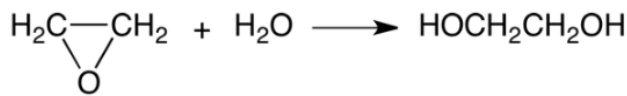
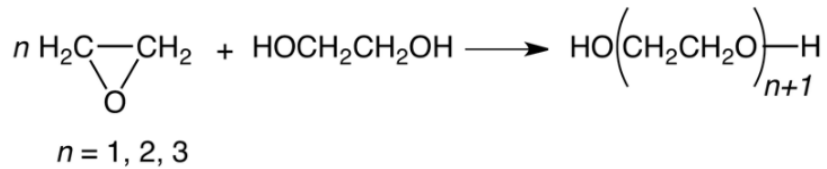


Figura 1. 16 Quantitat d'OE reaccionat i productes segons composició



La **Figura 1.16** serveix per veure la tendència de reacció de l'òxid d'etilè segons la seva proporció amb l'aigua i, per tant, la proporció de productes i subproductes que es poden obtenir al reactor.

**Reacció 1.1****Reacció 1.2**

A major quantitat d'aigua per mol d'OE, més s'afavorirà la **Reacció 1.1** i menys òxid d'etilè quedarà disponible per reaccionar amb etilenglicols com a la **Reacció 1.2**. Totes dues reaccions són altament exotèrmiques i per tant és important mantenir una bona refrigeració del tanc de reacció, especialment en presència d'OE.

#### 1.3.2.4. ETAPA DE DESHIDRATACIÓ. ÀREA A-300

Com la reacció s'ha dut a terme en excés d'aigua i la seva estequiometria és 1 a 1, el corrent de producte de sortida del reactor contindrà una enorme quantitat d'aigua sense reaccionar. Per extreure aquesta aigua, el cabal obtingut a l'àrea A-200 s'introduirà a una etapa de deshidratació, on quatre columnes flash evaporaran la majoria d'H<sub>2</sub>O continguda al corrent.

#### 1.3.2.5. ETAPA DE PURIFICACIÓ. ÀREA A-400

Després d'extreure grans quantitats d'aigua, el cabal principal es porta a l'última etapa a la que es sotmetrà el producte: purificació. Aquesta es durà a terme en dues columnes de separació, la primera a pressió atmosfèrica i la segona a 0.8atm per tal d'assegurar una bona separació.

La primera columna de separació evaporarà aigua per caps i glicols d'etilè sortiran per cues, mentre que la segona obtindrà MEG, el producte desitjat, per caps. La pressió d'aquesta columna és inferior a l'atmosfèrica per tal d'aconseguir la puresa de MEG marcada i assegurar que tots els etilenglicols de major pes s'obtidran per cues.

#### 1.3.2.6. ETAPA DE RECIRCULACIÓ. A-500

L'etapa de recirculació és la que fa l'aigua una vegada ha estat extreta del corrent principal de producte. Per tal de minimitzar l'impacte mediambiental i reduir els gestos econòmics de la planta, tots aquells cabals d'aigua que surten quan es purifica el producte es mesclen. Aquesta mescla es divideix en dos: un corrent que es recircula a l'àrea d'emmagatzemament de matèries primeres A-000,

després de la qual es condicionarà i repetirà les etapes de procés, i un altre corrent que es pot anomenar de purga. Aquest corrent es separa del procés i s'elimina per poder renovar l'aigua que reacciona i eliminar possibles impureses que hagi pogut arrossegar i perjudicarien conversió i seguretat a la llarga.

#### 1.3.2.7. CONDICIONAMENT I EMMAGATZEMAMENT DE PRODUCTES

Finalment, l'última zona ubicada a la planta de producció és l'àrea A-600. Aquesta es troba a la sortida de les columnes de separació i comprèn dos cabals: producte i subproductes. Tots dos corrents líquids s'atemperen i adequen a les condicions d'emmagatzematge per tal de poder ser guardats en tancs sense problemes.

#### 1.3.3. BALANÇ DE MATÈRIA

Tot procés químic compleix la Llei de conservació de la matèria, que manté constant la quantitat de massa a un sistema. En aquest cas, com es tracta d'un procés en continu amb reacció química, el balanç de matèria segueix la següent equació:

$$\text{Entrada} + \text{Generació} = \text{Sortida}$$

És a dir, la quantitat de substància acumulada és 0. L'entrada al procés són les matèries primeres, aigua i òxid d'etilè, mentre que la sortida seran productes, subproductes i el corrent de purga d'aigua.

En les següents pàgines es mostra un diagrama de procés amb la nomenclatura de tots els corrents involucrats en ell. La **Figura 1.17** s'ha obtingut en una simulació amb el programa *Hysys*. Aquest programari és capaç de simular el procés químic de la reacció i totes les condicions de pressió, temperatura, viscositats, composicions, etc. De cadascun dels corrents generats en la producció. És per això que el nom dels cabals varia en cada etapa del procés.

Les **Taules 10, 11 i 12** mostren el balanç de matèria del sistema a través de les composicions dels cabals, a més de les condicions en les que es troben cadascun dels fluids de procés.

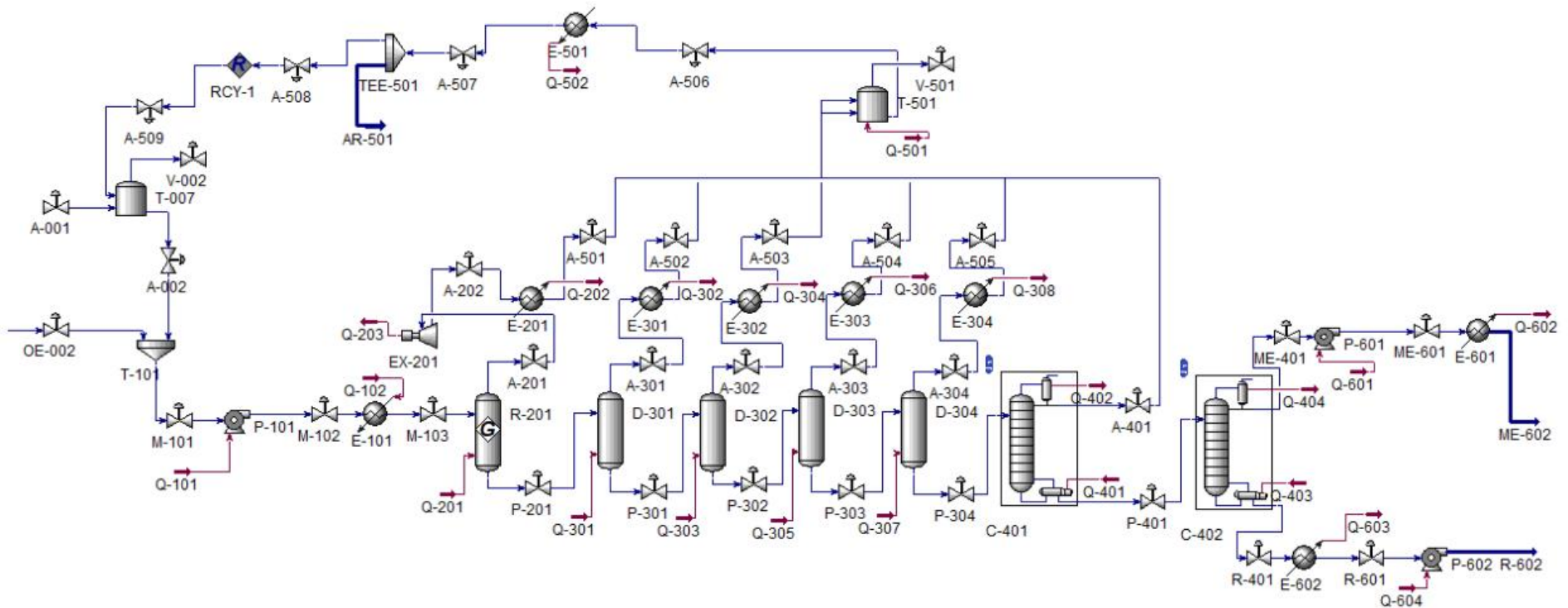


Figura 1. 17 Diagrama de procés segons cabals

Taula 1. 10 Composicions i condicions dels cabals (pàgina 1 de 3)

	Unit	A-001	A-002	OE-001	OE-002	M-101	M-102	M-103
Vapour Fraction		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Temperature	C	25,00	25,00	10,00	10,00	24,15	24,53	201,13
Pressure	bar	1,01	1,01	4,00	4,00	1,01	30,40	30,40
Molar Flow	kgmole/h	3900,00	7485,74	380,00	380,00	7865,74	7865,74	7865,74
Mass Flow	kg/h	70258,89	135322,47	16740,52	16740,52	152062,99	152062,99	152062,99
Liquid Volume Flow	m3/h	70,40	135,53	18,98	18,98	154,51	154,51	154,51
Heat Flow	kcal/h	-265564684,80	-510161910,42	-7190102,49	-7190102,49	-517352012,91	-517209184,59	-491134894,47
Viscosity	cP	0,89	0,92	0,32	0,32	0,85	0,84	0,10
Mass Density	kg/m3	1007,34	1007,98	885,18	885,18	996,95	997,64	832,44
Comp Mole Frac (H2O)		1	0,9986	0,0000	0,0000	0,9504	0,9504	0,9504
Comp Mole Frac (EGlycol)		0	0,0014	0,0000	0,0000	0,0013	0,0013	0,0013
Comp Mole Frac (C2Oxide)		0	0,0000	1,0000	1,0000	0,0483	0,0483	0,0483
Comp Mole Frac (DEGlycol)		0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Comp Mole Frac (TEGlycol)		0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Comp Mole Frac (TtrC2=Glycol)		0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Unit	P-201	A-201	A-202	A-501	P-301	A-301	A-502
Vapour Fraction		0,00	1,00	0,89	0,00	0,00	1,00	0,00
Temperature	C	237,21	237,21	102,16	87,16	215,98	188,31	88,31
Pressure	bar	30,40	30,40	1,01	1,01	20,40	1,01	1,01
Molar Flow	kgmole/h	7214,38	271,36	271,36	271,36	6797,51	416,87	416,87
Mass Flow	kg/h	147054,58	5008,32	5008,32	5008,32	139403,18	7651,40	7651,40
Liquid Volume Flow	m3/h	144,91	5,00	5,00	5,00	137,27	7,65	7,65
Heat Flow	kcal/h	-476121698,68	-15393120,70	-15905413,47	-18279206,95	-452474836,11	-23646842,77	-28033880,47
Viscosity	cP	0,10	0,01	-	0,35	0,10	0,01	0,34
Mass Density	kg/m3	825,81	15,06	0,68	962,57	852,48	0,49	960,72
Comp Mole Frac (H2O)		0,9483	0,9903	0,9903	0,9903	0,9455	0,9925	0,9925
Comp Mole Frac (EGlycol)		0,0506	0,0095	0,0095	0,0095	0,0532	0,0074	0,0074
Comp Mole Frac (C2Oxide)		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Comp Mole Frac (DEGlycol)		0,0003	0,0001	0,0001	0,0001	0,0003	0,0001	0,0001
Comp Mole Frac (TEGlycol)		0,0009	0,0001	0,0001	0,0001	0,0009	0,0000	0,0000
Comp Mole Frac (TtrC2=Glycol)		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Taula 1. 11 Composicions i condicions dels cabals (pàgina 2 de 3)

	<b>Unit</b>	<b>P-302</b>	<b>A-302</b>	<b>A-503</b>	<b>P-303</b>	<b>A-303</b>	<b>A-504</b>	<b>P-304</b>
<b>Vapour Fraction</b>		0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
<b>Temperature</b>	<i>C</i>	195,59	177,04	87,04	163,86	155,05	85,05	111,49
<b>Pressure</b>	<i>bar</i>	13,40	1,01	1,01	6,40	1,01	1,01	1,40
<b>Molar Flow</b>	<i>kgmole/h</i>	6313,67	483,84	483,84	5722,49	591,18	591,18	4989,08
<b>Mass Flow</b>	<i>kg/h</i>	130556,93	8846,24	8846,24	119798,90	10758,03	10758,03	106521,43
<b>Liquid Volume Flow</b>	<i>m3/h</i>	128,42	8,85	8,85	117,66	10,76	10,76	104,36
<b>Heat Flow</b>	<i>kcal/h</i>	-423928080,99	-27466655,12	-32518004,10	-389296338,14	-33631742,85	-39708041,44	-346555405,51
<b>Viscosity</b>	<i>cP</i>	0,10	0,01	0,34	0,18	0,01	0,35	0,34
<b>Mass Density</b>	<i>kg/m3</i>	876,59	0,50	961,13	911,34	0,52	962,05	963,32
<b>Comp Mole Frac (H2O)</b>		0,9418	0,9940	0,9940	0,9362	0,9959	0,9959	0,9272
<b>Comp Mole Frac (EGlycol)</b>		0,0569	0,0059	0,0059	0,0623	0,0040	0,0040	0,0712
<b>Comp Mole Frac (C2Oxide)</b>		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
<b>Comp Mole Frac (DEGlycol)</b>		0,0003	0,0001	0,0001	0,0003	0,0001	0,0001	0,0004
<b>Comp Mole Frac (TEGlycol)</b>		0,0010	0,0000	0,0000	0,0011	0,0000	0,0000	0,0012
<b>Comp Mole Frac (TtrC2=Glycol)</b>		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	<b>Unit</b>	<b>A-304</b>	<b>A-505</b>	<b>P-401</b>	<b>A-401</b>	<b>A-506</b>	<b>A-507</b>	<b>A-508</b>
<b>Vapour Fraction</b>		1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Temperature</b>	<i>C</i>	110,74	70,74	203,74	100,03	93,71	25,00	25,00
<b>Pressure</b>	<i>bar</i>	1,01	1,01	1,20	1,01	1,01	1,01	1,01
<b>Molar Flow</b>	<i>kgmole/h</i>	733,41	733,41	354,58	4634,50	7131,16	7131,16	3565,58
<b>Mass Flow</b>	<i>kg/h</i>	13277,47	13277,47	22639,75	83881,68	129423,15	129423,15	64711,57
<b>Liquid Volume Flow</b>	<i>m3/h</i>	13,29	13,29	20,37	83,99	129,55	129,55	64,77
<b>Heat Flow</b>	<i>kcal/h</i>	-41940932,62	-49389738,16	-36235212,44	-309622460,82	-477451331,93	-486469554,20	-243234777,10
<b>Viscosity</b>	<i>cP</i>	0,01	0,43	0,35	0,28	0,31	0,93	0,93
<b>Mass Density</b>	<i>kg/m3</i>	0,58	972,74	954,88	948,63	954,40	1008,72	1008,72
<b>Comp Mole Frac (H2O)</b>		0,9980	0,9980	0,0000	0,9981	0,9970	0,9970	0,9970
<b>Comp Mole Frac (EGlycol)</b>		0,0020	0,0020	0,9770	0,0019	0,0030	0,0030	0,0030
<b>Comp Mole Frac (C2Oxide)</b>		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
<b>Comp Mole Frac (DEGlycol)</b>		0,0000	0,0000	0,0056	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
<b>Comp Mole Frac (TEGlycol)</b>		0,0000	0,0000	0,0174	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
<b>Comp Mole Frac (TtrC2=Glycol)</b>		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Taula 1. 12 Composicions i condicions dels cabals (pàgina 3 de 3)

	Unit	AR-501	A-509	ME-401	ME-601
<b>Vapour Fraction</b>		0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Temperature</b>	C	25,00	25,00	189,83	189,84
<b>Pressure</b>	bar	1,01	1,01	0,80	1,01
<b>Molar Flow</b>	kgmole/h	3565,58	3585,74	346,50	346,50
<b>Mass Flow</b>	kg/h	64711,57	65063,57	21510,50	21510,50
<b>Liquid Volume Flow</b>	m3/h	64,77	65,13	19,37	19,37
<b>Heat Flow</b>	kcal/h	-243234777,10	-244597225,62	-35114613,75	-35114464,11
<b>Viscosity</b>	cP	0,93	0,93	0,41	0,41
<b>Mass Density</b>	kg/m3	1008,72	1008,68	975,75	975,78
<b>Comp Mole Frac (H2O)</b>		0,9970	0,9971	0,0000	0,0000
<b>Comp Mole Frac (EGlycol)</b>		0,0030	0,0029	0,9998	0,9998
<b>Comp Mole Frac (C2Oxide)</b>		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
<b>Comp Mole Frac (DEGlycol)</b>		0,0000	0,0000	0,0002	0,0002
<b>Comp Mole Frac (TEGlycol)</b>		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
<b>Comp Mole Frac (TtrC2=Glycol)</b>		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Unit	ME-602	R-401	R-601	R-602
<b>Vapour Fraction</b>		0,00	0,03	0,00	0,00
<b>Temperature</b>	C	25,00	266,83	24,99	25,00
<b>Pressure</b>	bar	1,01	0,80	0,80	1,01
<b>Molar Flow</b>	kgmole/h	346,50	8,08	8,08	8,08
<b>Mass Flow</b>	kg/h	21510,50	1129,25	1129,25	1129,25
<b>Liquid Volume Flow</b>	m3/h	19,37	1,00	1,00	1,00
<b>Heat Flow</b>	kcal/h	-37706433,20	-1315743,63	-1511072,81	-1511065,78
<b>Viscosity</b>	cP	14,06	-	31,80	31,79
<b>Mass Density</b>	kg/m3	1110,73	74,64	1089,48	1089,50
<b>Comp Mole Frac (H2O)</b>		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
<b>Comp Mole Frac (EGlycol)</b>		0,9998	0,0000	0,0000	0,0000
<b>Comp Mole Frac (C2Oxide)</b>		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
<b>Comp Mole Frac (DEGlycol)</b>		0,0002	0,2356	0,2356	0,2356
<b>Comp Mole Frac (TEGlycol)</b>		0,0000	0,7644	0,7644	0,7644
<b>Comp Mole Frac (TtrC2=Glycol)</b>		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

## 1.4. CONSTITUCIÓ DE LA PLANTA

Tot i que el punt central de la planta és el procés químic i la producció de monoetilenglicol, és necessari definir el seu funcionament i distribució. Físicament la parcel·la està distribuïda en zones o àrees, cadascuna de les quals està pensada per dur a terme una activitat essencial i necessària. A més, també cal especificar els recursos que s'han de destinar pel correcte funcionament de la fàbrica i tots els seus recursos.

### 1.4.1. DISTRIBUCIÓ PER ÀREES

Cadascuna de les funcions que s'han de dur a terme a la planta Glicat està delimitada en una zona específica segons mostra la **Figura 1.18**. Com es pot veure, aquest plànol conté tant les àrees de procés com noves zones de treball.

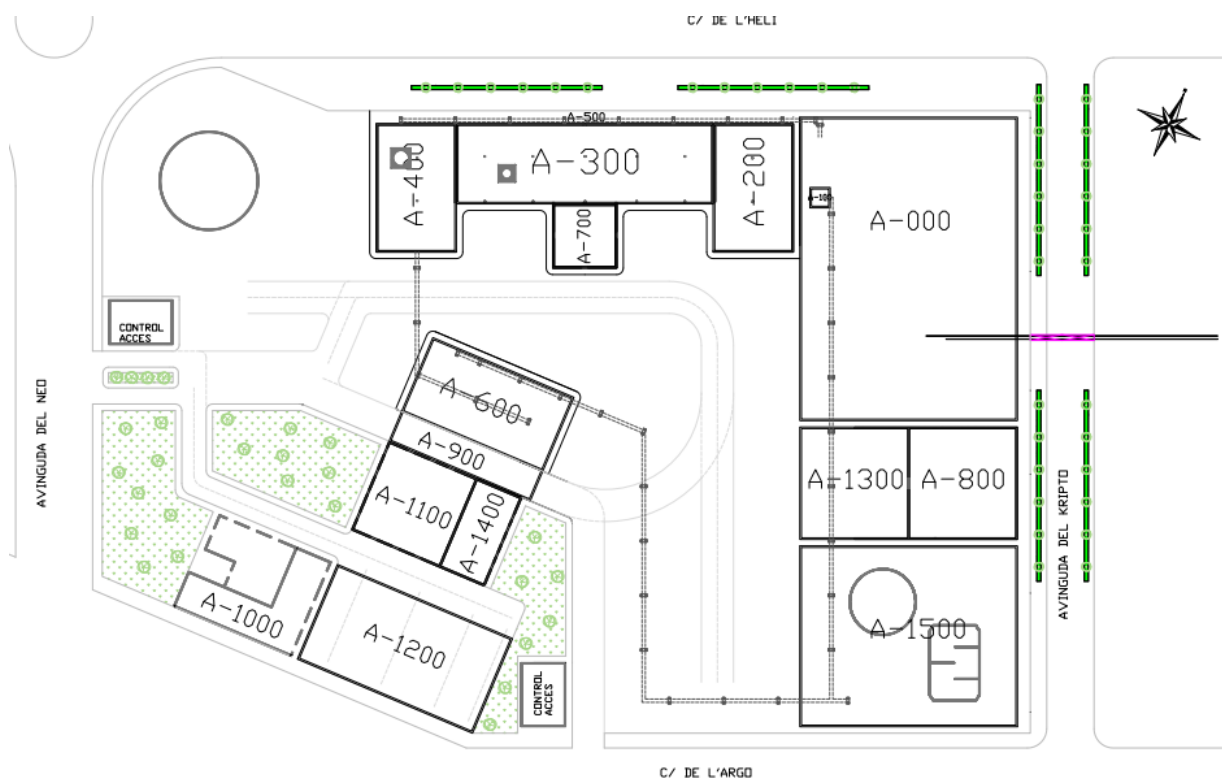


Figura 1. 18 Plànol de la parcel·la per àrees

El llistat d'àrees i la seva funció són a la **Taula 1.13**. A continuació es detalla la descripció i els principals objectius de les funcions que es duen a terme en aquestes zones.

Taula 1. 13 Llistat d'àrees de la planta

Àrea	Funció
A-000	Emmagatzematge de matèries primeres
A-100	Condicionament de matèries primeres
A-200	Reacció
A-300	Deshidratació
A-400	Separació i purificació del producte
A-500	Recirculació
A-600	Condicionament i emmagatzematge de productes
A-700	Zona de control
A-800	Zona de serveis
A-900	Zona de càrrega i descàrrega
A-1000	Oficines
A-1100	Laboratoris
A-1200	Aparcaments
A-1300	Zona manteniment
A-1400	Vestuaris i cantina
A-1500	EDAR

#### 1.4.1.1. ÀREES DE PROCÉS. A-000 – A-600

Les àrees A-000, A-100, A-200, A-300, A-400, A-500 i A-600 es consideren àrees de procés. En elles es duen a terme les etapes explicades a l'apartat **1.3.2.** que formen part de la producció de monoetilenglicol, des de matèries primeres fins a productes i subproductes.

L'àrea A-000 és la que ocupa més superfície, ja que és la responsable d'emmagatzemar 1 dia de marge de matèries primeres en cas que un problema o imprevist desencadenés en escassetat per part de proveïdors. A la **Figura 1.13** també es poden observar les canonades que fan recircular l'aigua al procés i construeixen l'àrea A-500.



#### 1.4.1.2. ÀREA DE CONTROL A-700

El sistema de control és un dels punts més importants del procés, ja que és l'encarregat de mantenir els paràmetres d'operació i de seguretat dins els límits acceptables. Per això és necessari disposar d'una sala de control, ubicada a l'àrea A-700.

En aquesta zona es poden trobar els ordinadors clients del SCADA implementat a la planta, de manera que els treballadors tinguin accés al seu historial, monitoreig i puguin fer canvis si s'escau. També es situa en aquesta cabina l'armari de control, on targetes d'adquisició de dades i PLCs treballen amb els senyals que van i venen de les diferents àrees de procés.

L'àrea de control està estratègicament ubicada a prop del procés i en absència d'armaris elèctrics que podrien suposar problemes.

#### 1.4.1.3. ZONA DE SERVEIS A-800

Els serveis necessaris per la planta (que es veuran a l'**Apartat 1.5. Serveis a planta**) es localitzen entre l'emmagatzematge de matèries primeres i l'EDAR. Entre aquests es troben les necessitats d'aigua de xarxa, gas natural i les instal·lacions de chillers i torres de refrigeració.

#### 1.4.1.4. ZONA DE CÀRREGA I DESCÀRREGA A-900

La zona de càrrega i descàrrega correspon a l'àrea A-900. Aquesta es situa adjacent a l'àrea A-600, ja que d'aquesta manera es minimitzen els metres de transport entre els tancs d'emmagatzematge de monoetilenglicol i els camions cisterna que se l'enduran.

Aquesta àrea és de fàcil accés per vehicles pesats, que més endavant poden sortir de la parcel·la per Carrer de l'Argó sense fer maniobres o bé fer la volta envoltant l'àrea de productes i sortir per Avinguda del Neó si així o prefereixen.

#### 1.4.1.5. OFICINES A-1000

A l'àrea A-1000 es situen les oficines, lloc de treball de gran part del personal de Glicat. Les oficines, obertes, estaran separades per departaments i càrrecs per tal de fer el dia a dia més còmode. En aquesta zona també es situen sales de reunions i una zona d'esbarjo pel cafè.

## 1. Especificacions del projecte

### 1.4.1.6. LABORATORIS A-1100

Els laboratoris corresponen a l'àrea A-1100. En aquests es duran a terme diverses de les tasques del departament de qualitat, com bé són les proves de qualitat, i també feines d'I+D. El departament d'I+D de la planta treballarà investigant el procés actual i altres vies catalitzades per tal de fer el projecte el més rentable, econòmic i ecològic possible.

### 1.4.1.7. APARCAMENTS A-1200

Com qualsevol planta de producció química, Glicat està situada a un polígon industrial. Tot i que hi ha bones opcions de transport públic per accedir al lloc de treball, és innegable que molts dels treballadors recorreran al vehicle propi com a principal mitjà de transport, especialment els operaris en torn de nit. Per tant, i com bé especifiquen els paràmetres d'edificabilitat a la **Taula 1.1**, una zona de la parcel·la queda destinada a l'aparcament per que treballadors, auditors i visites puguin deixar el seu vehicle dins el recinte de forma segura i còmode. El nombre de places d'aparcament serà de 60.

### 1.4.1.8. ZONA DE MANTENIMENT A-1300

A l'àrea A-1300 es situa el taller de manteniment. En aquesta zona es trobaran els estris necessaris per dur a terme el manteniment preventiu dels equips i canonades, així com per arreglar instruments de procés o mobiliari de la planta. Serà on s'emmagatzemin tots els recanvis i el lloc de treball principal del personal de manteniment.

### 1.4.1.9. VESTUARIS I CANTINA A-1400

Com és típic a les fàbriques químiques, gran part del seu personal farà servir un vestuari especial de treball, des dels operaris de producció i manteniment fins el personal de qualitat i I+D, que hauran de complir amb la normativa dels laboratoris. Així doncs, a l'àrea A-1400 es situen els vestuaris, on es podrà comptar amb taquilles personals i dutxes, per tal que els treballadors tinguin un espai destinat al canvi de roba.

En aquesta zona es situa també la cantina o menjador. Es tracta d'un espai habilitat com a zona d'esbarjo on hi ha màquines de vànding, de cafè, microones i piques d'aigua per que el personal pugui fer el seu descans en la jornada laboral.

### 1.4.1.10. EDAR A-1500

L'àrea A-1500 està destinada al tractament de residus. En aquesta zona es tracta l'aigua residual obtinguda durant el procés de producció per tal de minimitzar el seu impacte mediambiental i reduir la petjada ecològica que la fàbrica genera.

### 1.4.2. PLANTILLA DE TREBALLADORS

Una vegada la planta estigui dissenyada, aquesta funcionarà gràcies al treball de la seva plantilla. Cal especificar, no només els departaments amb els que comptarà Glicat, sinó també el nombre de treballadors, els seus horaris i períodes de vacances.

Cada departament estarà format per un grup de treballadors entre els quals s'inclouen supervisors i caps de departament. Les diferents àrees en les que s'organitzen les tasques de la fàbrica són les següents:

- **Producció:** en aquest departament s'inclouen els operaris, enginyers de procés i supervisors. El seu objectiu és assegurar un bon ús dels equips i un correcte funcionament de la planta per convertir les matèries primeres en la major quantitat de producte possible en les condicions més segures.
- **Enginyeria i millora continua:** el personal d'aquesta àrea controlarà el procés de producció, el sistema de control i supervisarà la resta de departaments, oferint el seu suport per qualsevol tema tecnològic o actualitzacions. És la tasca del departament d'enginyeria i millora continua mantenir la planta al dia de les millores tecnològiques i dins el mercat competitiu.
- **Seguretat i medi ambient:** tot i que podria dividir-se en dos departaments individuals, seguretat i medi ambient són tòpics lligats, ja que la seguretat mediambiental és un aspecte molt important. Els treballadors d'aquesta àrea vetllaran pel compliment de l'ús dels APIs, les normatives i legislacions i intentaran sempre minimitzar l'impacte ambiental de la planta, així com promocionar la iniciativa de *zero accidents*.
- **Logística i compres:** serà l'encarregat de contactar amb els proveïdors de matèries primeres, contractar transports i gestionar moviments de productes. En aquest departament s'inclou també tot el personal de magatzem, que s'assegurarà d'optimitzar l'espai disponible per l'emmagatzematge de bidons i petits tancs.
- **Manteniment:** és un altre dels departaments que es relacionen de manera directa amb el procés de producció. En aquest cas, la seva tasca és assegurar el bon estat de les màquines, instruments i equips, realitzant manteniments preventius i arreglant tot allò que no presenti un correcte funcionament. És per això que, al igual que els operaris i supervisors de producció, és necessari que sempre hi hagi personal de manteniment present a la planta durant les 24h.
- **Comercial i finances:** s'encarregaran dels pressupostos, estudiaran els preus de venda i compra i controlaran tota la comptabilitat de la planta. Per tant, aquesta àrea és la que gestionarà tot el tema econòmic i de rendibilitat.
- **IT:** és necessari un departament encarregat de softwares i tecnologies per tal de donar suport a tots aquells treballadors llurs tasques estiguin relacionades amb l'ús d'ordinadors i programaris especials com l'SCADA, Aspen Hysys o AutoCAD.

## 1. Especificacions del projecte

- **Màrqueting:** serà l'àrea encarregada de totes aquelles campanyes estratègiques, internes o externes, que tenen com a objectiu mantenir la planta en la millor posició possible dins el mercat. Tindran control sobre la marca personal de l'empresa i seran els responsables de la seva reputació. Aquest departament estarà alineat amb el departament d'IT per donar la millor imatge possible a la pàgina web de la planta.
- **Qualitat:** és un altre de les àrees clau per tal d'oferir un producte en condicions òptimes. Serà el departament encarregat de les proves de qualitat i les validacions de producte i fabricacions. No només testejarà la qualitat de matèries primeres, productes i intermedis, sinó que també serà l'encarregat de comprovar que el tractament de residus que es duu a terme en l'EDAR és l'adequat i, per tant, que es compleixen els límits d'abocament.
- **I+D:** serà un equip format en la seva majoria per professionals químics i enginyers. Aquests s'encarregaran d'estudiar el procés actual per tal de millorar-lo, així com altres possibles processos o vies. Desenvoluparan nous projectes i iniciatives que la planta adoptarà per tal de mantenir el procés sempre en condicions òptimes de forma continua.
- **Recursos humans:** és l'àrea encarregada de la gestió de persones i administració del personal. Controlaran nòmines, contractes, seguretat social i demés gestions, així com la selecció del personal i els cursos de formació per treballadors.
- **Direcció:** en el departament directiu s'inclouen totes aquelles persones amb un càrrec de responsabilitat notable per l'empresa. Aquest equip serà l'encarregat d'assegurar una bona comunicació entre els departaments per tal que tota l'empresa estigui unida davant els mateixos objectius sense deixar de banda les tasques individuals de cadascú.

Pel que fa al departament de producció i manteniment, els seus operaris treballaran en torns rotatius per tal de poder donar suport a les 24h de procés diàries. Aquest personal s'organitzarà de la manera descrita a la **Taula 1.14**.

Taula 1. 14 Organització dels torns de treball dels departaments de producció i manteniment

	Horari	Caps de torn	Operaris	Tècnics de manteniment
<b>Torn A</b>	DI-Dv 06:00-14:00	1	6	1
<b>Torn B</b>	DI-Dv 14:00-22:00	1	6	1
<b>Torn C</b>	DI-Dv 22:00-06:00	1	6	1
<b>Torn D</b>	Ds-Dg 06:00-18:00	1	6	1
<b>Torn E</b>	Ds-Dg 18:00-06:00	1	6	1

Finalment, el càlcul de plantilla necessària pel correcte funcionament de la planta Glicat segons els departaments descrits es troba a la **Taula 1.15**.

Taula 1. 15 Detall de la plantilla

Departament Glicat	Lloc de treball	N. de treballadors
<b>Direcció General</b>	Gerent	1
<b>Producció</b>	Director de planta	1
	Enginyers de producció	2
	Caps de torn	5
	Operaris de producció	30
<b>Enginyeria i Control (QC)</b>	Director de control	1
	Operaris de control	3
<b>Qualitat (QA)</b>	Director de qualitat	1
	Personal de qualitat	3
<b>I+D</b>	Director de I+D	1
	Enginyers de projectes	3
<b>Manteniment</b>	Director Manteniment	1
	Tècnics manteniment	5
<b>Recursos humans</b>	Director Recursos humans	1
	Personal RRHH	2
<b>Operacions</b>	Director d'Operació	2
<b>Comercial i finances</b>	Director Comercial	1
	Tècnics comercials	3
<b>Neteja</b>	Personal de Neteja	8
<b>Seguretat i medi ambient</b>	Director EHS	1
	Personal EHS	1
<b>Logística i compres</b>	Director LC	1
	Personal logístic i magatzem	5
	Personal compres	2
<b>IT</b>	Tècnics IT	2
<b>TOTAL</b>		<b>86</b>

## 1.5. SERVEIS A PLANTA

Els serveis a planta són essencials per la producció. Aquests s'encarreguen del funcionament dels diversos equips del procés i, per tant, el seu abastiment i manteniment és de vital importància pel la fabricació. Els serveis a planta es poden classificar en dos principals categories: energies i fluids.

### 1.5.1. ENERGIES

Les dues fonts d'energia utilitzades a la planta són calorífica i elèctrica, la primera subministrada gràcies a l'ús de gas natural i la segona mitjançant la xarxa elèctrica.

#### 1.5.1.1. ELECTRICITAT

Aquesta energia és essencial, no només pel procés de producció, sinó també per les oficines, il·luminació, laboratoris, etc. L'energia elèctrica subministrada a la planta vindrà de la xarxa elèctrica a 20kV, per obtenir les tensions típiques d'ús d'equips amb corrent elèctrica s'utilitza un transformador per modificar el voltatge.

Per la selecció d'aquest transformador s'ha calculat la potència total de la planta que és d'aproximadament uns 5100 kW i finalment s'escull un transformador de la marca Siemens<sup>[30]</sup>, amb una capacitat de fins a 1000 MVA.

També s'ha de considerar una alternativa elèctrica per possibles talls en el subministrament de la xarxa habitual. Per poder cobrir les necessitats elèctriques de la planta en cas d'emergència s'ha seleccionat un generador auxiliar de la marca Schneider Electric amb una capacitat de fins a 60 MVA.

#### 1.5.1.2. GAS NATURAL

De la mateixa manera que l'energia elèctrica, el cabal de gas natural també procedeix de l'exterior, es disposa d'una connexió de gas natural a la planta de 1,5 kg/cm<sup>2</sup> de pressió. Aquest gas s'utilitza en planta com a font d'energia calorífica mitjançant el seu ús com a combustible per la caldera d'aigua sobreescalfada.

Per realitzar una estimació del cabal de gas natural requerit per hora s'utilitza la potència de la caldera per aproximar les necessitats energètiques. El cabal de gas natural estimat és de 1012 Nm<sup>3</sup>/h.

Els càlculs detallats dels requeriments de gas natural i d'energia elèctrica queden detallats al **Capítol 11. Manual de càlculs**.

### 1.5.2. FLUIDS

La planta de producció requereix de diversos fluids materials classificats com serveis de la planta.

#### 1.5.2.1. AIGUA DE PROCÉS

La producció de monoetilenglicol té aigua com a matèria primera per la seva reacció. El requeriment d'aigua necessari per dur a terme la reacció en les condicions de proporció és de 70 260 kg/h.

El cabal d'aigua requerit per l'abastiment de tota la planta, però, és molt superior a aquest, principalment perquè l'aigua és el fluid transmissor escollit per la refrigeració de la majoria de cabals de procés. S'ha escollit l'aigua perquè és econòmica, no requereix de condicions especials per operar i es pot fer servir un subministrament directe de xarxa amb un tractament intern en la planta.

El cabal d'aigua de refrigeració necessària per cobrir les necessitats de refredament del reactor i dels 9 bescanviadors de la planta és de 93 142 kg/h. Considerant també el cabal requerit per la reacció i el cabal estimat pel consum del personal dels 86 treballadors de la planta s'obté un total de 1002498 kg/h d'aigua.

#### 1.5.2.2. NITROGEN

El nitrogen és un servei necessari per la seguretat de la planta. Per una banda, l'emmagatzematge d'òxid d'etilè s'ha de trobar sempre sota la pressió del nitrogen per assegurar l'estabilitat i inertització en aquests tancs. Per altra banda, en la posada en marxa de la planta també es requereix de nitrogen per inertitzar tots els equips, alliberant-los d'oxigen per evitar possibles reaccions de combustió al interior d'aquests. El volum necessari per realitzar aquesta inertització és de 1399 m<sup>3</sup> de nitrogen gas, que s'emmagatzemarà en fase líquida ja que el volum necessari de nitrogen líquid és molt inferior, concretament d'1.9 m<sup>3</sup>.

#### 1.5.2.3. DOWNTHERM A

Finalment, l'últim servei subministrat a planta és el Downtherm A, que es fa servir per transmetre calor als cabals que requereixen escalfament. El circuit d'aquest fluid és tancat i el seu recorregut passa primer pel bescanviador de calor E-101 i després es dirigeix a les columnes flash.

Com la transferència de calor requerida en aquest bescanviador no és gaire alta, el fluid continuarà dotat de la temperatura necessària per escalfar l'etapa de deshidratació del procés sense tornar encara a la caldera.

El Downtherm A ve subministrat en fase líquida emmagatzemada en barrils i, una vegada en la caldera, s'evapora per tal de començar el circuit. Durant aquest, la seva despesa de calor el condensa en estat líquid una altra vegada fins que es recircula a la caldera i el seu procés es torna a iniciar.

## 1.6. REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

- [1] *La Canonja. Dades de la localitat* per Ajuntament de La Canonja. Consultat en Novembre 2020 a <https://www.lacanonja.cat/coneixer-la-canonja/dades-de-la-localitat>
- [2] *La Canonja, municipi* per Diputació de Tarragona. Consultat en Novembre 2020 a <https://www.dipta.cat/es/municipios/la-canonja>
- [3] *El clima promedio en Tarragona* per Weather Spark. Consultat en Gener 2021 a <https://es.weatherspark.com/y/45958/Clima-promedio-en-Tarragona-Espa%C3%B1a-durante-todo-el-a%C3%B1o>
- [4] *Reus Airport (presentation and statistics)* per Aena. Consultat en Gener 2021 a <http://www.aena.es/es/aeropuerto-reus/presentacion.html>
- [5] *Josep Tarradellas Barcelona – El Prat Airport (presentation and statistics)* per Aena. Consultat en Gener 2021 a <http://www.aena.es/es/aeropuerto-barcelona/presentacion.html>
- [6] *Líneas Regulares. El Port de Tarragona: conexión con 60 países* per Port Tarragona, seu electrònica. Consultat en Gener 2021 a <https://www.porttarragona.cat/es/servicio-negocio/negocio/lineas-regulares>
- [7] *Estadístiques de tràfic del Port de Barcelona. Dades acumulades desembre 2019* per Servei d'Estadística. Dades de Gener 2020 consultades a [https://contentv5.portdebarcelona.cat/cntmng/gd/d/workspace/SpacesStore/68194946-91f5-42e3-bb55-aaecd5fbe688/PortBcnTrafic2019\\_12\\_es.pdf](https://contentv5.portdebarcelona.cat/cntmng/gd/d/workspace/SpacesStore/68194946-91f5-42e3-bb55-aaecd5fbe688/PortBcnTrafic2019_12_es.pdf)
- [8] *Avaluació del risc sísmic a Catalunya* per Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya. Consultat en Novembre 2020 a <https://www.icgc.cat/Administracio-i-empresa/Descarregues/Cartografia-geologica-i-geotematica/Mapes-geofisics-i-sismics/Avaluacio-del-risc-sismic-a-Catalunya>



## 1. Especificacions del projecte

[9] *Producción de etilenglicol* per Textos científicos. Actualitzat en Novembre 2014 i consultat a <https://www.textoscientificos.com/quimica/etilenglicol/produccion#:~:text=Este%20m%C3%A9todo%20se%20basa%20en,con%20aire%20o%20con%20ox%C3%ADgeno.&text=La%20mezcla%20%C3%B3xido%20de%20etileno,etileno%20se%20convierte%20en%20etilenglicol>.

[10] PubChem *Compound Summary for CID 962, Water* per National Center for Biotechnology Information. Consultat en Novembre 2020 a <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Water>

[11] Haynes, W.M. (ed.). *CRC Handbook of Chemistry and Physics. 94th Edition*. CRC Press LLC, Boca Raton: FL 2013-2014, p. 4-98

[12] O'Neil, M.J. (ed.). *The Merck Index – An Encyclopedia of Chemicals, Drugs, and Biologicals*. Cambridge, UK: Royal Society of Chemistry, 2013, p.1868

[13] PubChem *Compound Summary for CID 13000640, Ethylene oxide* per National Center for Biotechnology Information. Consultat en Novembre 2020 a [https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/2\\_3-13C2\\_Oxirane](https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/2_3-13C2_Oxirane)

[14] U.S. Environmental Protection Agency. 1998. *Extremely Hazardous Substances (EHS) Chemical Profiles and Emergency First Aid Guides*. Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office.

[15] Lide, D.R., G.W.A. Milne (eds.). *Handbook of Data on Organic Compounds. Volume I. 3rd ed.* CRC Press, Inc. Boca Raton, FL. 1994., p. V4: 3793

[16] *Ficha técnica de seguridad del óxido de etileno*. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. Ministerio de Trabajo, Migraciones y Seguridad Social., ed. (Julio de 2015). [«ICSC 0155 - ÓXIDO DE ETILENO»](#). International Labour Organization.

[17] *Ficha técnica de monoetilenglicol*. CH Química SL. Consultat en Novembre 2020 a [https://chquimica.com/documentacion/fichastecnicas/MONOETILENGLICOL\\_FT.pdf](https://chquimica.com/documentacion/fichastecnicas/MONOETILENGLICOL_FT.pdf)

## 1. Especificacions del projecte

**[18]** *Ficha de Datos de Seguridad de monoetilenglicol*. IDESA Petroquímica (Mayo del 2017). [http://www.idesapetroquimica.com/data/nuestros\\_productos/hoja\\_seguridad/es\\_producto\\_06/MSDS%20%20%20MEG%20%20ES%202016.pdf](http://www.idesapetroquimica.com/data/nuestros_productos/hoja_seguridad/es_producto_06/MSDS%20%20%20MEG%20%20ES%202016.pdf)

**[19]** *Productos de interés industrial derivados del etileno*, per A. Sanz Tejedor en Escuela de Ingenierías Industriales UVA. Consultat en Novembre 2020 a <https://www.eii.uva.es/organica/qoi/tema-05.php>

**[20]** *Mono-Ethylene Glycol (MEG): Production, Market, Price and its Properties* per Plastic Insight. Consultat en Nomebre 2020 a <https://www.plasticsinsight.com/resin-intelligence/resin-prices/mono-ethyleneglycolmeg/#:~:text=China%2C%20India%20%26%20Taiwan%20are%20the,capacity%20of%2011.9%20million%20tons>

**[21]** *Hoja de Seguridad de producto: Etilenglicol*, per Ladco. Consultat en Novembre 2020 a <https://ladco.com.ar/MSDS/Etilenglicol.pdf>

**[22]** *National Toxicology Program, Institute of Environmental Health Sciences, National Institutes of Health (NTP)*. 1992. National Toxicology Program Chemical Repository Database. Research Triangle Park, North Carolina.

**[23]** Haynes, W.M. (ed.) *CRC Handbook of Chemistry and Physics*. 91st ed. Boca Raton, FL: CRC Press Inc., 2010-2011, p. 3-232

**[24]** Haynes, W.M. (ed.) *CRC Handbook of Chemistry and Physics*. 91st ed. Boca Raton, FL: CRC Press Inc., 2010-2011, p. 6-230

**[25]** *Producto Dietilenglicol* per Industrias Químicas del Óxido de Etileno, Grupo Industrial. Consultat en Novembre 2020 a <https://www.iqoxe.com/es/productos-y-servicios/glicoles/dietilenglicol-grado-especial>

1. Especificacions del projecte

**[26]** *Producto Trietilenglicol* per Industrias Químicas del Óxido de Etileno, Grupo Industrial. Consultat en Novembre 2020 a <https://www.iqoxe.com/es/productos-y-servicios/glicoles/trietilenglicol>

**[27]** Lide, D.R. *CRC Handbook of Chemistry and Physics 88TH Edition 2007-2008*. CRC Press, Taylor & Francis, Boca Raton, FL 2007, p. 3-166

**[28]** Lewis, R.J. Sr.; *Hawley's Condensed Chemical Dictionary 15th Edition*. John Wiley & Sons, Inc. New York, NY 2007., p. 418

**[29]** O'Neil, M.J. (ed.). *The Merck Index – An Encyclopedia of Chemicals, Drugs, and Biologicals*. Cambridge, UK: Royal Society of Chemistry, 2013, p.1723

**[30]** *Transformers for Hazardous 60MVA, 36kV*. Transformador elèctric *Schneider Electric*, consultat en Gener 2021 a <https://www.se.com/ww/en/product-range-presentation/60728-minera-ex/>