

PLANTA DE PRODUCCIÓ D'ÀCID OXÀLIC EN FORMA DE DIHIDRAT A PARTIR D'ETILENGLICOL

Grau en Enginyeria Química



Marc Jurkiewicz Cortada
Miguel López Olid
Carla Gil Solano
Álvaro Grau Cuellas
Tania Marin Sánchez
Anna Ortiz Fort
Rafael Palacios Bosch (Tutor)

PLANTA DE PRODUCCIÓ D'ÀCID OXÀLIC EN FORMA DE DIHIDRAT A PARTIR D'ETILENGLICOL

CAPÍTOL 1: ESPECIFICACIONS DEL PROJECTE



Marc Jurkiewicz Cortada
Miguel López Olid
Carla Gil Solano
Álvaro Grau Cuellas
Tania Marin Sánchez
Anna Ortiz Fort
Rafael Palacios Bosch (Tutor)

Índex

1.Especificacions del projecte	7
1.1.Definició del projecte	7
1.1.1.Bases del projecte	7
1.1.2.Abast del projecte	8
1.1.3.Localització de la planta	8
1.1.4 Abreviacions	15
1.2. Avaluació de les comunicacions i accessibilitat de la planta.....	17
1.2.1.Comunicació viària	18
1.2.2.Comunicació ferroviària	19
1.2.3.Comunicació aèria.....	20
1.2.4.Comunicació marítima	21
1.2.5.Comunicació amb plantes productores de matèries primeres o receptors del producte	22
1.3. Mètodes d'obtenció d'àcid oxàlic	23
1.3.1. Oxidació de hidrats de carboni.....	23
1.3.2. Oxidació de l'etilenglicol	25
1.3.3. Oxidació del propè	27
1.3.4. Producció a partir del monòxid de carboni.....	28
1.3.5 Producció d'àcid oxàlic anhidre	30
1.4. Característiques dels compostos implicats en el procés.....	30
1.4.1.Matèries primeres.....	31
1.4.2. Catalitzadors i promotors de la transformació	32
1.4.3. Producte d'interès.....	34
1.4.4. Altres subproductes	35
1.4.5. Usos de l'àcid oxàlic	36
1.5.Descripció detallada del procés	37
1.5.1.Diagrama de blocs	37
1.5.2.Diagrama de procés i balanços de matèria	39
1.5.3.Descripció del procés	47
1.5.4.Les àrees de la planta	52
1.5.5.1.Descripció de les àrees.....	56
1.6.Especificacions i necessitats dels serveis de planta	61
1.6.1.Aigua de xarxa	62
1.6.2.Aigua contra incendis.....	63
1.6.3.Aigua descalcificada	63



1.6.4. Aigua de refrigeració	64
1.6.5. Etilenglicol per Chillers	66
1.6.6. Vapor d'aigua	67
1.6.7. Aire comprimit	68
1.6.8. Oli tèrmic	68
1.6.9. Electricitat	69
1.6.10. Gas natural	71
1.7. Plantilla de treballadors estimada a operar la planta	71
1.8. Planificació temporal.....	81
1.9. Bibliografia	84

1.Especificacions del projecte

1.1.Definició del projecte

1.1.1.Bases del projecte

L'objectiu principal del projecte que es detalla en aquesta memòria és el disseny d'una planta per a la producció d'àcid oxàlic a partir d'etilenglicol. Com s'indicarà en posteriors capítols, són molt nombrosos els diversos processos per a la fabricació d'aquest mateix producte que s'han vingut desenvolupant al llarg dels anys, diferint principalment en les matèries de partida. El procés dissenyat per OXALIN, S.L. i que és objecte de la present memòria es caracteritza per portar-se a terme en una sola etapa, oxidant-se l'etilenglicol amb oxigen i en presència d'àcid nítric, que actua com a catalitzador.

El disseny de la planta i del procés que s'hi portarà a terme venen condicionats per la normativa vigent en matèria de seguretat i prevenció de riscos, salut i medi ambient, així com pels preceptes d'assoliment de la qualitat global en tots els aspectes que governen o són part del funcionament de la planta. Així mateix, planta i procés hauran d'estar dissenyats de tal manera que s'acompleixin les següents especificacions:

- Capacitat de producció de la planta: 32.000 T/any d'àcid oxàlic en forma dihidrat i amb una puresa superior al 99,5%.
- Presentació del producte: en forma sòlida amb una granulometria inferior a 0,4 mm i en big-bags de 1.000 kg.
- Funcionament de la planta: producció durant 320 dies/any en continu amb parades d'un total de 45 dies/any per a la realització de tasques de manteniment. En tractar-se d'una planta que opera en continu i que per tant l'ideal és operar el màxim nombre de dies de forma ininterrompuda atenent al fet que aquest tipus de plantes es caracteritzen per la dificultat/complexitat de les posades en marxa, i al mateix temps tenint-se en compte els períodes festius habituals, es programen els següents períodes de parada: 3 setmanes durant el mes d'agost, 17 dies durant les festes de Nadal i Setmana Santa. Un estudi de la Universitat de Cartagena apunta que en aquest tipus d'indústries les tasques de neteja de bescanviadors de calor i de reactors governen la necessitat de les parades periòdiques i avala la freqüència de parades proposada.¹

L'empresa OXALIN, S.L., que elabora el projecte i que operarà la planta que s'hi dissenya declara que es respectaran en el disseny i concepció de la planta, en totes les etapes del procés i en les activitats que es desenvoluparan a la planta la normativa urbanística i la legislació sectorial en tots els àmbits pertinents.

1.1.2.Abast del projecte

A continuació, s'enumeren els principals aspectes que es desenvolupen en la present memòria i que, tots ells, són indispensables per a la completa justificació del projecte i l'anàlisi de la seva viabilitat:

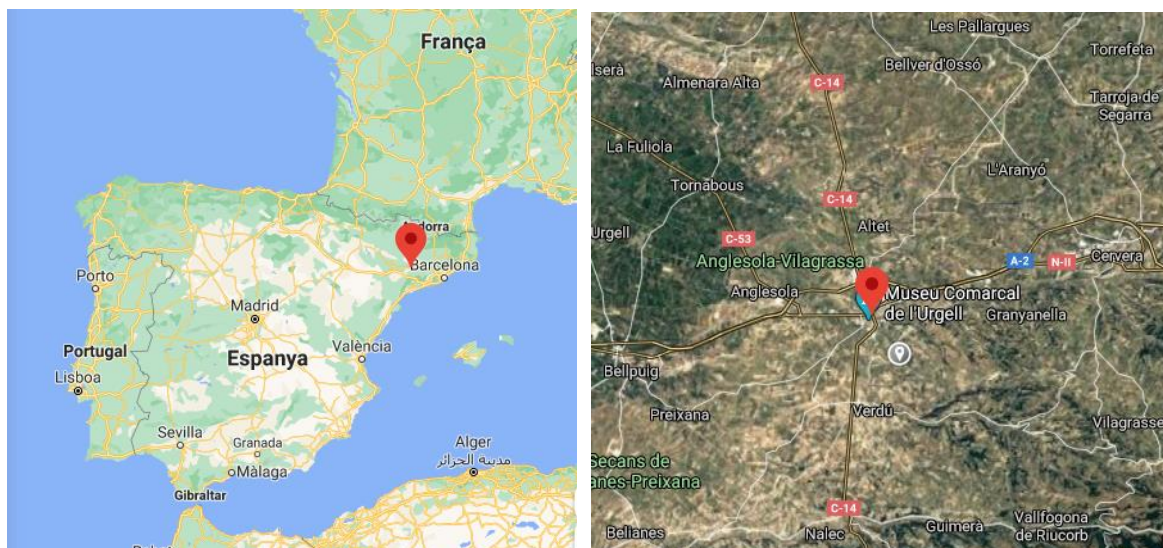
- Disseny i especificació de tots els equips requerits per a la producció, purificació i formulació del producte desitjat, l'àcid oxàlic.
- Disseny i especificació de les unitats d'emmagatzematge de matèries primeres i de l'estació de càrrega i descàrrega de productes.
- Disseny i especificació de les unitats d'emmagatzematge de producte acabat.
- Disseny de les àrees de serveis requerits per al correcte funcionament de la planta.
- Disseny de l'emplaçament de les oficines, laboratoris i vestuaris.
- Disseny de l'emplaçament de les àrees auxiliars (aparcament, control d'accessos, estació depuradora d'aigües i gasos, de lluita contra incendis).
- Disseny dels sistemes de prevenció de riscos en matèria de seguretat per les persones i l'entorn, salut i higiene i disseny dels sistemes encaminats a la minimització d'accidents i les seves conseqüències.
- Avaluació de l'impacte ambiental de l'activitat que es realitzarà en la planta objecte de disseny i disseny dels sistemes per al tractament de contaminants.
- Avaluació de la viabilitat econòmica del projecte.
- Especificació de les actuacions pertinents abans i durant la posada en marxa de la planta, les parades i en la seva operació normal.
- Elaboració dels plànols i diagrames pertinents per a comprendre la disposició de les diverses àrees de la planta i aportar de forma clara la informació necessària per a entendre el procés que s'hi porta a terme.
- Avaluació i projecció de les futures ampliacions i millores que es preveuen potencials respecte el projecte que es desenvolupa en la present memòria.

1.1.3.Localització de la planta

La planta projectada en la present memòria es construirà als terrenys adquirits per OXALIN, S.L. al polígon industrial Gasos Nobles situat al terme municipal de Tàrraga, a la comarca d'Urgell -de la qual és capital-, província de Lleida. Tàrraga limita al nord amb les localitats de Puigvert d'Agramunt i Ossó de Sió, a l'est amb Els Plans de Sió, als sud-est, amb Granyanella i Granyena de Segarra, al sud, amb Verdú, a l'oest,

amb Vilagrassa, Anglesola i Barbens, i amb Tornabous al nord-oest, totes elles petites poblacions de no gaire més de 1.000 habitants.

Tàrrega es troba a 30 km de Lleida, a 107 km de Barcelona i a 200 km de Zaragoza, la capital de la comunitat autònoma veïna.



Figures 1 i 2. Localització de Tàrrega; Municipis veïns i entorn geogràfic. (Font: Google Maps)

1.1.3.1. Paràmetres d'edificació de la planta i plànol de la parcel·la

A continuació s'exposen les restriccions urbanístiques que afecten la zona on es localitzarà la planta projectada segons la categoria urbanística del terreny. Aquesta normativa municipal de compliment obligatori s'ha acomplert en la seva totalitat en el disseny de la instal·lació:

Taula 1. Paràmetres d'edificació al polígon industrial Gasos Nobles. (Font: Àrea d'Urbanisme i Serveis Municipals de l'Ajuntament de Tàrrega)

Edificabilitat	1,5 m ² de sostre/m ² de sòl
Ocupació màxima de parcel·la	75%
Ocupació mínima de parcel·la	20% de l'ocupació màxima
Reculades	5 m a vials i veïns
Alçada màxima	16 m i 3 plantes excepte en producció, justificada la necessitat pel procés
Alçada mínima	4 m i 1 planta
Aparcaments	1 plaça/150 m ² construïts
Distància entre edificis	1/3 de l'edifici més alts, amb un mínim de 5 m

La parcel·la que ocupen els terrenys adquirits per OXALIN, S.L. per a la construcció de la planta té una superfície total de 53.235 m². Tenint en compte les restriccions urbanístiques aplicables, la superfície màxima ocupada és de 39.926 m² i la

mínima, de 7985 m². El projecte preveu una ocupació total de 25.000 m³, el que suposa un percentatge sobre el total disponible del 47%. Aquest nivell d'ocupació permet, segons normativa, la disposició d'un espai d'aparcament d'automòbils d'un total de 136 places.

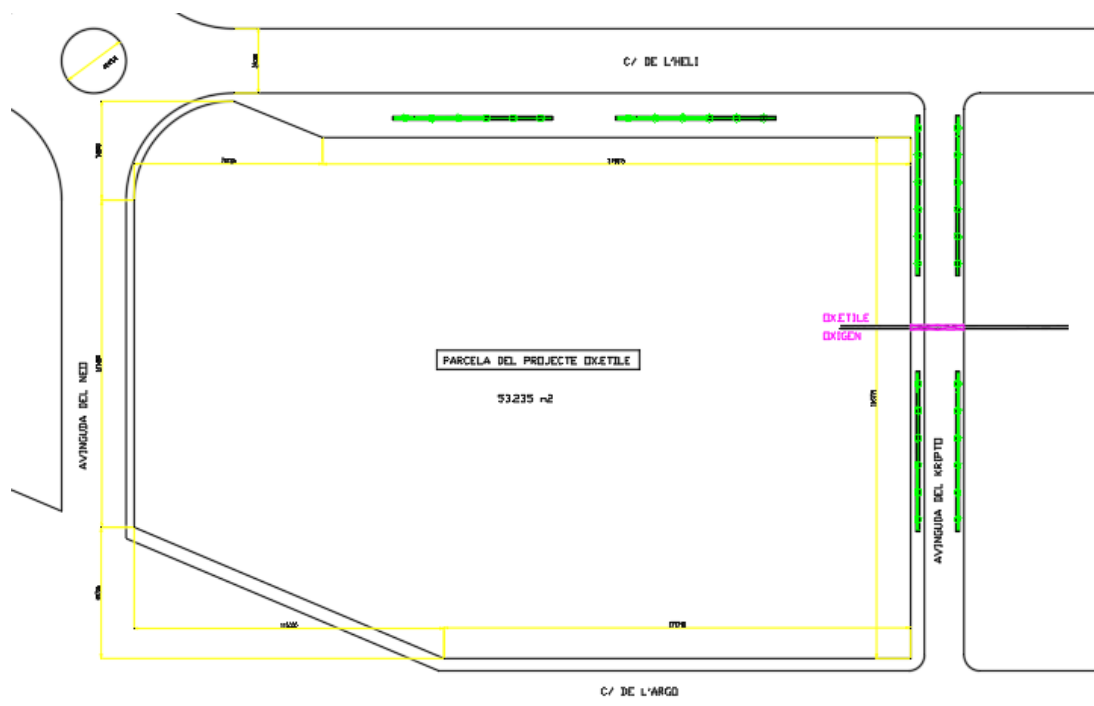


Figura 3. Plànol de la parcel·la al polígon Gasos Nobles. (Font: Ajuntament de Tàrraga)

1.1.3.2. Serveis disponibles a planta

Per al correcte funcionament del procés que es portarà a terme a la instal·lació dissenyada i per tal que s'hi puguin desenvolupar les activitats pròpies de l'operació de la planta, cal disposar d'una sèrie de serveis auxiliars, la disponibilitat dels quals s'exposa a continuació i que és la mateixa per a totes les plantes del complex:

Taula 2. Serveis disponibles a planta. (Font: Àrea d'Urbanisme i Serveis Municipals de l'Ajuntament de Tàrraga)

Electricitat	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	Escomesa a peu de parcel·la a 4 kg/cm ² amb un diàmetre de 200 mm.
Terreny	Resistència del terreny de 2 kg/cm ² a 1,5 m de profunditat sobre graves.

En aquest mateix Capítol 1, s'especificarà el dimensionament dels equips que conformaran la xarxa de serveis auxiliars i que s'alimentarà i farà ús dels serveis disponibles a planta exposats a la *taula 2*. D'altra banda, en el disseny dels equips i estructures que conformaran la planta serà una restricció la dada sobre la resistència del terreny.

1.1.3.2. Característiques del medi físic

Conèixer les característiques geogràfiques i climatològiques de la zona on es construirà la planta és indispensable, no només perquè hi ha certa normativa -com la de Construcció Sismoresistent- amb diferent aplicació en funció del territori, sinó també perquè en funció d'aquestes dades caldrà prendre certes decisions que afectaran el sí del procés, per exemple, valorar la necessitat d'afegir anticongelant a l'aigua de servei si la climatologia és adversa durant l'hivern o aïllar les canonades que circulen per l'exterior de la planta.

1.1.3.2.1. Temperatures

El terme municipal de Tàrraga es troba a la Catalunya interior i a 367 m sobre el nivell del mar. Aquesta localització confereix al territori de referència unes característiques pròpies de la zona climàtica mediterrani-continental de Catalunya amb influència mediterrània.

Taula 3. Temperatures al terme municipal de Tàrraga. Dades des de l'any 1950. (Font: climate-data.org)

	Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny
Temperatura mitjana (°C)	4,9	6,1	9,6	12,6	16,7	21,6
Temperatura mínima (°C)	0,9	1,5	4,2	7	10,7	15,2
Temperatura màxima (°C)	9,8	11,5	15,6	18,5	22,8	28,1
	Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre
Temperatura mitjana (°C)	24,2	23,7	19,6	15,3	9	5,4
Temperatura mínima (°C)	18,1	18,2	14,7	11,1	4,9	1,5
Temperatura màxima (°C)	30,8	30,1	25,3	20,4	13,7	10

Aquest clima es caracteritza per notables diferències de temperatura entre les estacions de fred i les de calor. Tàrraga es caracteritza per tant per l'amplitud tèrmica, essent aquest fenomen no només estacional, sinó que també és freqüent observar-lo al llarg del dia, entre el matí i la nit.² El canvi brusc de temperatura es deu a la

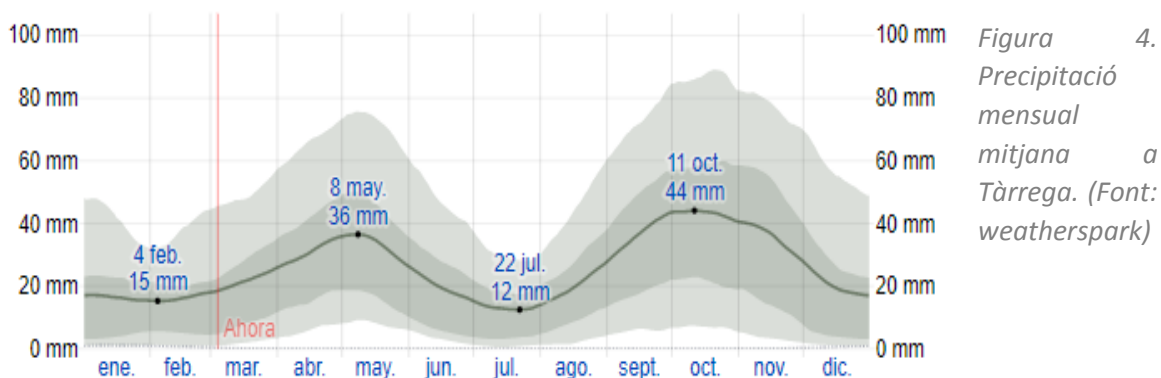
continentalitat, és a dir, a la llunyania del territori respecte del mar, el qual exerceix a la costa de regulador de la climatologia. Tot i això, el fet de ser un territori amb homogeneïtat en quant a alçada sobre el nivell del mar fa que l'amplitud tèrmica no sigui tant destacada com en d'altres territoris del mateix meridià.

Com s'observa a la *taula 3*, la temperatura màxima esperada al llarg de l'any es troba entorn als 31°C, factor que caldrà tenir en compte en el disseny de la climatització de les zones de treball i d'emmagatzematge de substàncies, així com, en la selecció de la torre de refrigeració. Així mateix, la temperatura mínima es troba entorn els 0°C, per la qual cosa serà necessari incorporar al disseny del procés l'aïllament de canonades exteriors o l'addició d'anticongelant en els líquids com ara l'aigua que es podrien congelar comportant conseqüències devastadores per a la instal·lació, com el bloqueig, desgast i trencament de canonades i equips.

1.1.3.2.1. Pluviometria i humitat

Segons la classificació de zones climàtiques Köppen i Geigger, Tàrraga es classifica com a zona CFA, és a dir, subtropical humida sense estació seca i amb estiu càlid. És una zona caracteritzada per una precipitació abundant.

El percentatge de cel cobert a Tàrraga varia considerablement al llarg de l'any. La temporada més seca comença aproximadament el 16 de juny i dura aproximadament fins el 5 de setembre. El cel sol trobar-se parcialment ennuvolat o no ennuvolat el 84% d'aquesta època i ennuvolat, el 16% restant. Durant l'època plujosa, el 50% del temps el cel es troba ennuvolat i l'altre 50%, parcialment ennuvolat.³



La humitat a Tàrraga al llarg de l'any varia molt lleument, oscil·lant entre el 50% i el 80%. El període més humit dura entorn a dos mesos, des de mitjans de juliol fins a mitjans de setembre.

1.1.3.2.3.Vent

Conèixer el grau de ventositat de la zona també serà cabdal alhora de dissenyar certes estructures de les edificacions. La direcció del vent a Tàrraga pot variar al llarg de l'any però mostra una preponderància per les direccions sud i oest. La intensitat del vent, en canvi, es manté relativament constant al llarg de l'any.

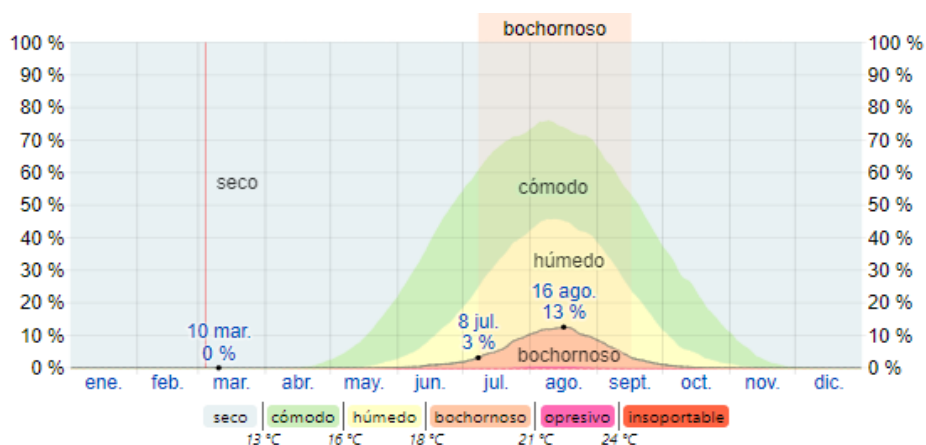


Figura 5. Nivell de comoditat respecte la humitat a Tàrraga. (Font: weatherspark)

La temporada més ventosa s'estén durant més de cinc mesos, des de desembre a maig. La velocitat del vent mitjana és d'11,8 km/h, observant-se un màxim en el darrer registre de 13,4 km/h, no essent intensitats de perill considerable per a les estructures comunes de la planta dissenyada. No obstant això, sí es poden assolir velocitats d'entorn als 100 km/h en ràfegues puntuals i poc habituals en diferents períodes de l'any.³

1.1.3.2.4.Sismologia

La sismicitat de Catalunya és considerada moderada i per tant, no es pot obviar en la planificació i disseny d'estructures, com es també el cas que ocupa la present memòria, i en especial d'aquelles edificacions sensibles per la naturalesa de les activitats que s'hi porten a terme. Catalunya no es troba ni en una zona de confluència entre plaques tectòniques ni en una zona intraplaca, per la qual cosa malgrat no ser destructors sí poden succeir episodis sísmics.⁴

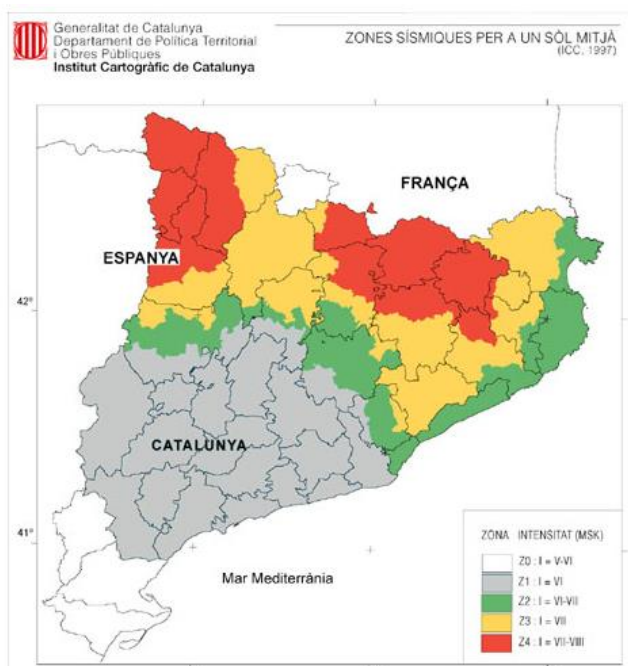


Figura 6. Mapa de risc per episodis sísmics de Catalunya. (Font: Institut Cartogràfic de Catalunya)

Tàrraga es troba en un territori amb una intensitat sísmica de grau VI, segons l'escala MSK. Els territoris inclosos en aquesta categoria podrien patir efectes tals com la producció d'esquerdes en parets d'edificis en cas que es produís un sisme.

Segons el que es disposa al Reial Decret 997/2002, de setembre, Tàrraga no figura entre els municipis amb un factor d'acceleració sísmica superior a 0,04 g, per la qual cosa el disseny de la planta quedaria exempt del compliment del que es disposa en el citat reglament en matèria de normativa per a edificacions sismoresistents, malgrat ésser considerada una instal·lació de caràcter especial.⁵

1.1.3.3. Característiques de la població i del dinamisme econòmic de la zona

Cal descriure l'entorn demogràfic i econòmic que envoltarà la planta que es dissenya en el present projecte. Si en el *Capítol Avaluació Econòmica* de la present memòria es plasma l'estudi de mercat que justifica la idoneïtat de l'establiment del procés de producció d'àcid oxàlic al territori escollit, en aquest apartat s'estudiaran les principals característiques socioeconòmiques de la zona.

1.1.3.3.1. Variables demogràfiques

Tàrraga té una població total de 17.445, amb aproximadament un 50% d'homes i un 50% de dones, essent la tercera ciutat més poblada de la província de Lleida. La major part de la població, entorn a un 76%, es troba entre els 15 i els 64 anys. La població va experimentar un fort creixement, d'aproximadament el 41%, durant la primera dècada del s. XXI. Actualment, es troba en una nova etapa de creixement, comptant-se 1.000 habitants més en els darrers 6 anys.

Tàrraga compta amb una fracció important de població immigrant, de 4.178 persones. A més, 1.406 provenen d'altres punts de la geografia espanyola. El 18% dels habitants han cursat estudis universitaris i un 61% té estudis de segon grau.

Tàrraga ha anat incorporant al llarg de la història diversos pobles sota la categoria de nuclis agregats com són Conill, Corbella i Ofegat, Montalbà, Altet, Riudovelles, Santa Maria de Montmagastrell, Claravalls, la Figuerosa i el Taradell.⁶

1.1.3.3.2. Variables socioeconòmiques

Tàrraga compta amb una població activa de 8.788 persones, amb entorn a un 83% d'ocupació. Les dades d'ocupació per sectors reflecteixen que un 3% de la població es dedica al sector primari, un 20% treballa a la indústria, un 7,5% a la construcció i el 70% restant, al sector serveis. Així mateix, cal destacar que el sector indústria compta a Tàrraga amb un atur registrat de 158, motiu pel qual la construcció de la planta d'OXALIN, S.L. representarà un fort impuls per al municipi i els seus habitants.⁷

Tàrraga genera un producte interior brut d'entorn a 425 milions d'euros (dades de l'any 2018), amb una renda per càpita de 25.000 euros.⁸ Tàrraga comptava l'any

2019 amb 1.362 empreses. El 64% de la població treballa en empreses de menys de 50 treballadors i tant sols el 18% en empreses de més de 250 empleats.

A Tàrrrega, el sòl industrial ocupa un total de 92,93 hectàrees distribuïdes en quatre àrees o polígons industrials: el polígon industrial La Canaleta, situat a l'àrea nord del municipi i amb accés directe a l'A-2, és el pol industrial amb majors possibilitats de creixement; l'àrea de Llevant, desenvolupada entorn a l'antiga carretera N-11; l'àrea de Ponent, caracteritzada per una major disseminació que els dos casos anteriors, situada a l'extrem oposat de la mateixa N-11; i el polígon industrial Riambau, situat a la zona est de Tàrrrega, es caracteritza per la bona accessibilitat per via terrestre.⁹

1.1.4 Abreviacions

En el següent apartat es detallarà la nomenclatura utilitzada a la planta OXALIN S.L. Això permet una millor localització i comprensió del projecte. S'especifiquen les àrees de la planta, els equips, els fluids del procés i les diferents mescles de components.

A la *taula 4*, s'identifiquen les diferents àrees que formen la planta amb una breu descripció.

Taula 4. Abreviacions de les àrees.

Àrea	Descripció
A-100	Emmagatzematge de matèries primeres
A-200	Mescla de reactius
A-300	Reacció
A-400	Concentració i cristallització del producte
A-500	Assecatge i trituració del producte
A-600	Sitja de producte acabat i empaquetadora
A-700	Tractament de gasos i concentració de l'àcid nítric
A-800	Tractament de líquids
A-900	Disposició de sòlids per a tractament gestionat externament
A-1000	Auxiliars
A-1100	Balsa contra incendis i estació de bombament
A-1200	Oficines
A-1300	Laboratoris
A-1400	Taller
A-1500	Vestidors, cantina i àrea social
A-1600	Magatzem de big-bags

A la *taula 5*, s'especifiquen els diversos equips utilitzats amb la seva lletra corresponent. Es segueix la simbologia A-BC que es detalla al Capítol 2. Equips.

Taula 5. Nomenclatura dels equips.

LLETRA	EQUIP
T	Tanc d'emmagatzematge/tancs pulmó
M	Mesclador
E	Bescanviadors de calor
R	Reactor
EV	Evaporadors
CR	Cristal·litzadors
S	Centrifuga
RD	Redisolver
D	Assecador
CL	Ciclons
ML	Molí
TM	Tamisadores
SL	Sitja
FM	Filtre de mànigues
VSF	Cargols sense fi
C	Sistema d'aire comprimit
CV	Caldera de vapor
TR	Torre de refrigeració
CH	Chiller
DC	Descalcificador
G	Transformador
CO	Caldera d'oli
P	Bombes
EM	Empaquetadora
BW	Bufador
TA	Torre d'absorció
TD	Torre de destil·lació
CC	Compressor centrífug
EX	Extractor

Aquesta part es dedica als fluids o mescles que s'hagin produït al llarg del procés. Per identificar els fluids en circulació s'assignarà un dígit des de l'1 fins el 9, ambdós inclosos. A la *taula 6* es mostren tots els fluids utilitzats a la planta OXALIN, S.L.

Taula 6. Abreviacions per a la referència de substàncies i mescles binàries.

Dígit	Fluid
1	Etilenglicol
2	Àcid nítric i aigua
3	Àcid sulfúric i aigua
4	Oxigen
5	Oxigen i diòxid de nitrogen
6	Aigua
7	Aire
8	Oli tèrmic
9	Àcid Oxàlic al 95% de puresa

Respecte els corrents que formen mescles de més de dos components, es codifiquen amb dos números. Del 10 fins al 50, ambdós inclosos.

Taula 7. Abreviacions per a la referència de mescles multicomponent.

Dígit	Mescla
10	Etilenglicol, Àcid nítric i Aigua
20	Etilenglicol, Àcid nítric, Àcid sulfúric i Aigua
30	Etilenglicol, Àcid nítric, Àcid sulfúric, Àcid Oxàlic i Aigua
40	Etilenglicol, Àcid nítric, Àcid sulfúric, Àcid Oxàlic, Aire i Aigua
50	Aire i Àcid Oxàlic al 95% de puresa

1.2. Avaluació de les comunicacions i accessibilitat de la planta

L'accessibilitat a la planta i la xarxa de connexions i comunicacions d'aquesta és un factor molt important dins la viabilitat del projecte, en relació amb el transport de mercaderies, a nivell empresarial i en relació a l'accés dels treballadors a la planta. És per això de vital importància ubicar la instal·lació en un lloc amb viabilitat per a tot tipus de connexions i medis de distribució.

Es fa un estudi de les principals vies de comunicació disponibles en la localització de la planta. Ubicada a Tàrraga, es troba a una distància de 30 km de Lleida, a 107 km de Barcelona, la capital de la Comunitat Autònoma, i a 512 km de Madrid. La distància amb la frontera francesa de La Jonquera, la principal via d'entrada al país veí, és de 237 km.

A continuació, s'esmenten les principals infraestructures de les que disposa Tàrraga en quant a les connexions i xarxes de transport, incloent el transport comercial per via marítima tot i que la ciutat de Tàrraga no disposa de port marítim.

1.2.1. Comunicació viària

En quant a la comunicació per autopistes i carreteres, cal destacar que aquest actuarà com el principal medi de distribució del producte i la principal via d'accés de persones a la planta.

Tàrraga disposa d'una connexió per medi viari òptima, ja que les principals xarxes viàries que passen per la ciutat de Tàrraga són l'autovia A-2 i la carretera nacional N-II. L'autovia A-2, coneguda com l'autovia del nord-est, és una de les autopistes principals d'Espanya. Connecta Madrid, Zaragoza, Lleida i Barcelona, amb una distància total de 624 km.



Figura 7: Recorregut de l'autovia A-2.

L'N-II, d'altra banda, és de les principals vies d'accés a França. Comparteix un recorregut paral·lel a l'A-2 en la majoria del trajecte. No obstant això, comunica la ciutat de Barcelona amb el pas de La Jonquera, frontera amb França. A més, és part de l'E-90, pertanyent a la xarxa de carreteres europees.



Figura 8: Recorregut de la carretera nacional N-II.



Figura 9: Xarxa de carreteres europees.

A més d'aquestes vies, existeixen carreteres secundàries com la carretera C-14 que creua la ciutat de forma transversal.



Figura 10: Mapa de carreteres a la ciutat de Tàrraga.

El volum de trànsit mitjà per l'autopista A-2 catalogat l'any 2018 va ser de 38.784 vehicles/dia, en el cas de la N-II, el flux va ser de 17.976 vehicles/dia.

Amb una xarxa de transport viari tant eficient a peu de planta com l'A-2, és raonable seleccionar aquesta via com a principal medi de transport de mercaderies, tant a nivell nacional com europeu. El transport i la logística partiria d'una flota de camions preparats per viatjar arreu de la península ibèrica, França i altres ciutats europees.

També és important parlar de l'autopista AP-2 i AP-7, ja que connecten la ciutat de Lleida i la de Tarragona. Aquesta connexió és important donat que tant reactius com productes hauran de ser transportats a aquesta ciutat, pol estratègic de la indústria química.

En quant als desplaçaments personals, aquest és el mode de transport més còmode possible a la planta de producció, servint especialment per a personal de la planta, treballadors i possibles visitants.

1.2.2.Comunicació ferroviària

La comunicació ferroviària pot fer servei com a possible medi de distribució del producte generat a la planta. Tàrraga disposa d'una estació de tren i una xarxa de vies ferroviàries que connecta amb les ciutats de Lleida i Barcelona amb la línia F.F.C.C. Lleida-Barcelona. Aquest últim punt serveix com a node en la distribució de mercaderies a nivell europeu, ja que les estacions de Can Tunis i Morrot permeten el desplaçament directe a França.

A més, la línia d'alta velocitat Madrid-Zaragoza-Barcelona-Frontera francesa, connecta amb Lleida i passa per Tàrraga. L'estació de Tàrraga disposa també d'un servei de rodalies a nivell regional, l'R12 amb connexions des de Lleida fins l'Hospitalet de Llobregat destinat al transport de persones.



*Figura 11: Xarxa de vies
ferroviàries a Catalunya.*

Els estudis demostren que a Espanya el transport de mercaderies per xarxes ferroviàries no és molt popular i cada any va baixant el seu servei, ja que en els últims anys aquest es troba molt més enfocat al transport de persones que al de mercaderies.

1.2.3. Comunicació aèria

Donat els volums de producció i a la naturalesa del producte que es produeix a la planta que és objecte de disseny, el transport d'aquest per medi aeri no resultarà molt rentable. Tot i això, cal esmentar les possibles connexions que es poden dur a terme en aquest àmbit.

L'aeroport més proper a la ciutat de Tàrraga és l'aeroport de Lleida, que es troba a 62 km de distància i és de fàcil accés a través de l'autopista A-2. L'aeroport del Prat, el més gran i amb un trànsit aeri superior en nombre d'operacions diàries, està situat a 108 km de distància i també s'hi pot accedir amb l'autopista A-2.

Aquest no és un mètode eficient per al transport de mercaderies pesades, però podria ser viables per enviaments ràpids i urgents a grans distàncies. El principal motiu d'aquest medi de transport és facilitar les visites de socis internacionals que es puguin desplaçar fins l'aeroport del Prat.

El transport de mercaderies a Espanya per medi aeri resulta ser més emprat per productes d'alt valor afegit. Tot i això, en la primera meitat de l'any 2019, Aena va

notificar gairebé 500.000 tones de mercaderies enviades per medi aeri a Espanya, una xifra que suposa un increment del 3,7% respecte l'any anterior.

1.2.4. Comunicació marítima

El transport comercial per via marítima és molt emprat i és dels mètodes més antics de comerç que existeixen. Per aquest motiu es fa una avaluació de les possibles connexions marítimes que es poden dur a terme.

Els ports marítics comercials més grans i propers a la ciutat de Tàrraga són el Port de Barcelona (a 117 km) i el Port de Tarragona (a 76 km). El Port de Barcelona és un dels ports comercials i turístics més grans del Mediterrani, pràcticament la totalitat de creuers i transatlàntics que passen pel Mediterrani occidental fan escala al Port de Barcelona. En trobar-se molt proper a la Zona Franca és fàcilment accessible per l'autopista A-2, una de les principals connexions de la planta de producció, i disposa a més de connexió amb el transport ferroviari amb l'estació de Can Tunis.

D'altra banda, el Port de Tarragona és el segon més gran en quant a exportacions comercials de Catalunya. Dit port està molt ben posicionat pel que fa al trànsit de mercaderies i és un referent entre els ports del sud d'Europa. Aquest disposa de connexions per medi terrestre com la nacional N-240 o l'autopista AP-2. En quant a les connexions ferroviàries, hi ha una xarxa d'Adif molt propera al port de Tarragona.

La xarxa comercial que es pot establir amb el transport marítim és a nivell global, ja que es pot fer arribar fàcilment un vaixell de càrrega arreu del món seguint les següents rutes comercials marítimes.



Figura 12: Xarxa de transport marítim mundial.

Es pot observar com la costa mediterrània i europea són punts d'alta concentració de comerç.

1.2.5. Comunicació amb plantes productores de matèries primeres o receptors del producte

És de vital importància pel projecte conèixer els possibles compradors del producte manufacturat i els possibles venedors de les matèries primes necessàries per al seu procés de producció, per tal de començar a establir una xarxa de compravenda de materials.

El reactiu principal del procés és l'etilenglicol. Aquest s'obté principalment addicionant aigua a l'òxid d'etilè. És, per tant, freqüent trobar-lo com a producte o subproducte en empreses petroquímiques. A Espanya hi ha varies empreses que es dediquen a la seva producció, i la majoria es localitzen a Catalunya. Una de les grans multinacionals dedicades en part a la producció d'etilenglicol és el grup BASF, amb plantes de producció a Tarragona, on també s'hi troben les empreses DOW i Lyondellbasell. És convenient aprofitar els medis abans esmentats per establir una bona connexió amb la ciutat de Tarragona.

També cal localitzar plantes productores i distribuïdores dels àcids necessaris per a la reacció. Trobem a Catalunya varies empreses dedicades a la producció d'àcids forts (àcid sulfúric i àcid nítric). El principal proveïdor de l'àcid sulfúric podria ser Comercial Godó, una distribuïdora de productes químics amb seu ubicada a Barcelona. D'aquí es podria obtenir l'àcid sulfúric a una concentració del 98%. L'àcid nítric el podem comprar a l'empresa Maxam, especialitzada en l'elaboració de productes químics nitro i ubicada a Tarragona, oferint una concentració màxima de l'àcid del 98%.

L'àcid oxàlic pot ser distribuït com a producte a empreses de diferents sectors, tals com el sector metal·lúrgic, tèxtil o com a component químic. Existeixen potencials clients nacionals com ArcelorMittal, que tenen seus a Espanya i són competidors europeus dins el seu sector. A Espanya s'hi troben més de 120.000 empreses dedicades al sector metal·lúrgic, entre les quals destaca ArcelorMittal, al País Basc, o Acerinox Europa, a Madrid. A Catalunya es troben empreses com Sidenor, a Polinyà del Vallès. Al sector tèxtil, les principals plantes de producció es localitzen a Catalunya com la de Sauleda, a Barcelona o la d'Indústries Ponsa, a Manresa i Borgers o Entex, a Madrid.

Per tant, es pot arribar a tenir un mercat de vendes dins el propi Estat Espanyol, encara que no cal deixar de banda possibles compradors internacionals.

L'estació depuradora d'aigües residuals més pròxima és la de la ciutat de Tàrrrega ubicada a 3 km del centre del poble a l'oest, comunicada per la carretera nacional N-II. No obstant això, degut al volum d'aigües residuals que es genera en el procés, es disposarà d'una planta depuradora industrial a les mateixes instal·lacions.

1.3. Mètodes d'obtenció d'àcid oxàlic

Existeixen nombrosos processos industrials per la producció d'àcid oxàlic. A la actualitat però, poques són les empreses que segueixen produint aquest àcid i amb el temps el nombre de matèries primeres emprades en aquesta producció també s'ha reduït. Generalment, aquestes matèries primeres són carbohidrats, olefines i monòxid de carboni.

Cal tenir en compte també que hi han altres processos més antics, que al primer moment no s'utilitzen per raons econòmiques o de seguretat:

- El mètode del formiat de sodi. Utilitza el monòxid de carboni com matèria primera, però implica procediments de dubtosa seguretat tècnica de dolenta viabilitat econòmica (escalfaments a 400 °C, eliminació d'hidrogen, precipitació de calci i d'àcid sulfúric...). Aquest procés és possible que es segueixi utilitzant a Xina.
- La fusió alcalina de la cel·lulosa. Aquest és el mètode més antic. Encara que aquest procés pot aprofitar cel·lulosa de qualsevol origen, el problema d'aquest mètode és que requereix grans quantitats de matèries primeres i ofereix baixos rendiments, i genera una gran quantitat d'aigües residuals.
- Aïllament d'àcid oxàlic com a subproducte de la fermentació de carbohidrats (per exemple, en la síntesi d'àcid cítric). Aquest procés implica la explotació biotecnològica del cicle de l'àcid tiocarboxílic mitjançant l'escissió enzimàtica de sucres. Els èsters dels àcids oxalacètic i oxalosuccínic formats com intermediaris són hidrolitzats mitjançant hidrolases. El problema d'aquest mètode prové de les grans quantitats d'aigua que requeria, que el feia econòmicament inviable.

En tots els processos industrials, l'àcid oxàlic es produeix com a dihidrat cristal·lí. En els següents apartats es descriuen mètodes que s'utilitzen actualment a nivell industrial. Tres d'ells es basen en l'oxidació d'àcid nítric i l'últim en la síntesi a partir de monòxid de carboni.

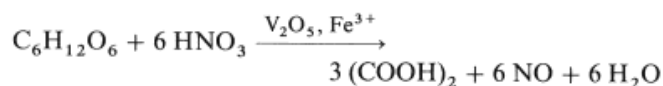
1.3.1. Oxidació de hidrats de carboni

Aquest mètode va ser descobert per SCHELEE al 1776, oxidant sucre amb àcid nítric concentrat fins obtenir àcid oxàlic, però aquest procés no va tenir gaire importància fins aproximadament 1940, quan es van poder recuperar i reciclar els NO_x generats. Actualment, aquest procés es emprat en Brasil, Espanya, països de l'Europa de l'est, Índia, Taiwan, Corea i Xina.

Les matèries primeres emprades en aquests processos poden ser sucre, glucosa, fructosa, midó (de blat, blat de moro, recuperat, de patata), panotxes de blat de moro, tapioca i melassa. La elecció d'aquesta matèria primera depèn de la disponibilitat, preu

i de la optimització del procés. Recentment la melassa i altres residus agrícoles han guanyat valor com a matèries primeres, ja que son barats i el seu ús ajuda a no malmetre el medi ambient.

La oxidació de la glucosa resultant (obtinguda en les matèries primeres esmentades anteriorment) i les següents etapes són contínues. Aquesta oxidació es produeix segons la següent equació idealitzada:



De fet, a més del NO es formen altres òxids de nitrogen (NO_2 , N_2O i N_2O_5). A continuació, figura el procés corresponent:

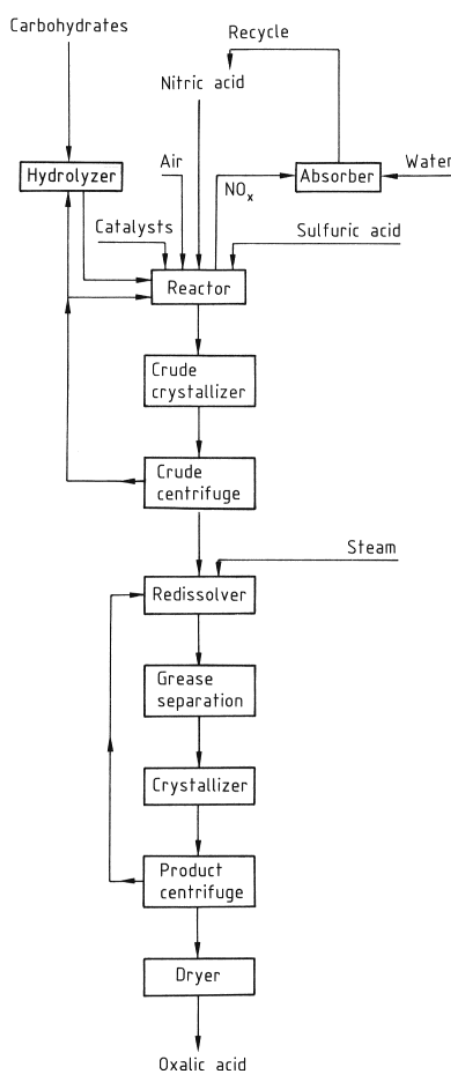


Figura 13. Diagrama del procés "Allied Chemical process".

La concentració de glucosa obtinguda per la hidròlisi del midó es aproximadament del 50-60% en pes. Aquest material, juntament amb el sobrenedant de la centrifugació en brut, es col·loca en un reactor amb aproximadament un 50% d'àcid sulfúric, pentòxid de vanadi (0.001-0.05% en pes) i sulfat de ferro (III) (0.39-0.8%

en pes). A continuació, s'afegeix àcid nítric al 65% amb una agitació energètica en un rang de temperatura acuradament controlada a prop dels 70°C (aquest rang depèn de la matèria primera utilitzada) És important tenir en compte que la reacció és fortament exotèrmica, i per tant el reactor requereix de bon refredament. A la vegada, s'insufla aire en el reactor per afavorir la reacció i eliminar el NO i altres òxids de nitrogen de baix nombre d'oxidació. Els òxids de nitrogen expulsats es recullen en un sistema d'adsorció i es reciclen després de la oxidació. L'àcid oxàlic cru s'obté després del refredament i centrifugació de la mescla de reacció. L'àcid cru es dissol en aigua calent, es passa per un separador de grasses i es recristal·litza. Després d'una segona centrifugació i assecat, s'obté l'àcid oxàlic dihidratat amb una puresa major al 99%. Controlar els paràmetres de reacció acuradament es essencial per obtenir bons rendiments. Per matèries primeres de bona qualitat, s'obté al voltant d'un 65% del rendiment teòric. L'altre 35% de rendiment es perd en la formació de CO₂.

1.3.2. Oxidació de l'etilenglicol

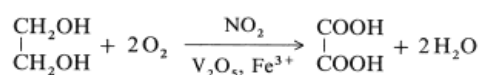
Aquest procés d'un sol pas utilitza una mescla oxidant del 30-40% d'àcid sulfúric i 20-25% d'àcid nítric. La oxidació es dona en presència de pentòxid de vanadi i sals de ferro (III), entre 50-70°C i a pressió atmosfèrica. L'únic subproducte es CO₂. El procés va ser millorat per Mitsubishi Gas Company, treballant a 10 bars en un reactor a pressió, en el que un 60% de l'àcid nítric i possiblement també sulfúric a 80°C son pressuritzats amb oxigen a 3-10 bars. L'etilenglicol es bombeja contínuament i la temperatura i la pressió han de romandre constants mitjançant l'addició d'oxigen. La reacció exotèrmica ha de mantenir-se entre els 50 i 70 °C mitjançant un refredament eficaç. El rendiment de l'àcid oxàlic basat en l'etilenglicol, el del 90-94% del valor teòric.

L'àcid nítric utilitzat pot recuperar-se pràcticament al 100% (per tant, els òxids de nitrogen i l'àcid nítric actuen com catalitzadors, i la oxidació ha sigut efectuada per l'oxigen).

Altres de les matèries primeres utilitzades son el propilenglicol, el acetaldehid o l'àcid glicòlic. Es recomanen els compostos de vanadi com a promotors (0.001-0.01% en pes). Com iniciadors es recomanen nitrit de sodi, àcid fòrmic o el formaldehid.

A continuació, figura un diagrama de blocs del procés de l'àcid oxàlic.

La reacció global idealitzada és la següent:



Encara que el procés d'etilenglicol proporciona els majors rendiments amb diferència, les oxidacions de midó de blat i melassa segueixen sent més beneficioses respecte l'àmbit econòmic. Actualment, aquest procés només el fa la Mitsubishi al Japó.

1.3.3. Oxidació del propè

Aquest procés és el segon més important per la producció d'àcid oxàlic a nivell industrial (després de la oxidació de carbohidrats). El propè pur o les fraccions riques en propè de les refineries petroquímiques poden utilitzar-se com a matèria prima en aquest procés. Aquesta reacció desenvolupada anteriorment va ser millorada significativament per Rhône-Poulenc a França mitjançant millores tècniques d'enginyeria i construcció i l'estricta compliment de les condicions de reacció, augmentant el rendiment i reduint problemes de seguretat.

El procés en dos etapes pot representar-se a partir de les següents equacions d'estequiometria aproximada:

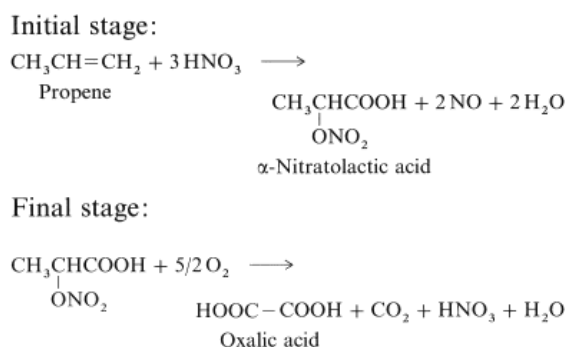


Figura 15. Oxidació del propè i formació d'àcid oxàlic

A continuació, figura un diagrama del procés:

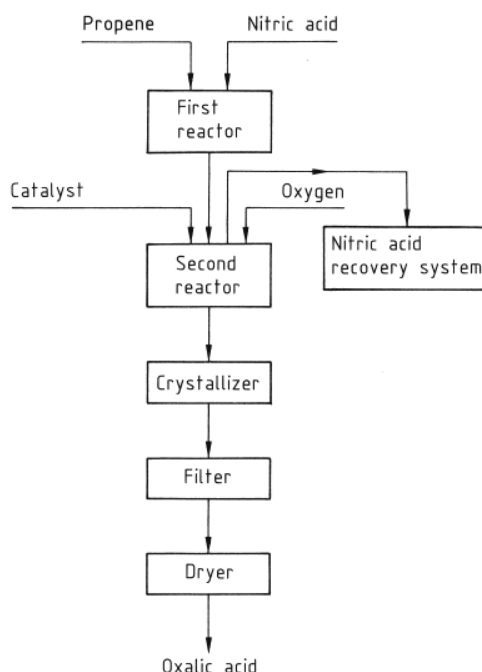


Figura 16. Diagrama de producció d'àcid oxàlic a partir de propè.

El propè s'introdueix en una solució d'àcid nítric (50-75% en pes) en el primer reactor entre els 10 i 40 °, mantenint la relació molar entre propè i àcid nítric en 0.01/1

– 0.5/1, per produir intermedis hidrosolubles d'àcid a-nitratolàctic i àcid làctic. En el segon pas, la solució d'aquests productes parcialment oxidats es tracta amb oxigen a 45-100 °C en presència d'un catalitzador. Es forma àcid oxàlic, es cristal·litza i es filtra.

El rendiment global es aproximadament del 90% del teòric, i la conversió del propè es aproximadament del 100%. De forma anàloga al propè, es pot utilitzar etilè per produir àcid oxàlic.

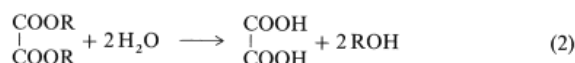
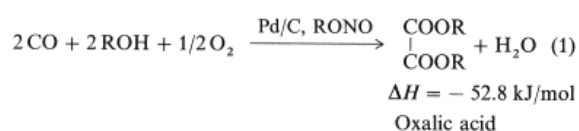
Els òxids de nitrogen es retiren del segon reactor i es recuperen. El consum d'àcid nítric es de 1.2 kg per cada kg d'àcid oxàlic dihidratat produït. El procés també pot emprar-se per la producció d'àcid làctic en lloc de produir àcid oxàlic. La millora del rendiment s'aconsegueix afegint catalitzadors (sals o compostos que continguin Fe, Al, Cr, Sn, Bi o I). En la indústria química s'utilitza nitrat de crom (III), nitrat de ferro (III) o clorur d'estany (III) en quantitats de 0.4-0.5 % en pes (basades en el metall) i dissoltes en àcid nítric al 65%.

L'abast i les limitacions d'aquest procés es veuen restringits pels problemes de seguretat, ja que els nitrats dels àcids a-hidroxicarboxílics que es formen com intermedis de reacció a partir de les a-olefines i els NO₂ són inestables i donen lloc a descomposicions incontrolables i a explosions violentes. A l'actualitat, aquest procés només s'utilitza a Rhône-Poulenc.

1.3.4. Producció a partir del monòxid de carboni

Aquest és el procés més nou per la producció d'àcid oxàlic i va ser desenvolupat per les Indústries Ube. La síntesi es realitza en dos passos: Primer es fa reaccionar el monòxid de carboni amb un alcohol inferior a baixa pressió en presència d'un catalitzador per formar el corresponent dièster de l'àcid oxàlic. En el segon pas aquest dièster es deshidrolitza per obtenir àcid oxàlic i l'alcohol original que es pot reciclar.

El Pal·ladi sobre carbó i els nitrits d'alquil s'utilitzen com catalitzadors i la reacció es porta a lloc a 10-11 MPa. El n-Butanol es l'alcohol més escollit i s'utilitza simultàniament com a dissolvent. Aquest procés té l'avantatge de que els materials utilitzats primerament són barats, però el desavantatge és que a causa de treballar a altes pressions i els costos públics són molt elevats.



El nitrit de butil i el nitrit de metil són els nitrits d'alquil preferits per l'ús industrial. Els avantatges d'utilitzar nitrit de butil són els següents:

- A més a més de ser un component de la reacció, funciona com agent deshidratant. Al tenir un punt d'ebullició més alt que l'aigua i el nitrit de butil i l'aigua formen una mescla azeotròpica amb un punt d'ebullició més baix que el del nitrit de butil. Per tant, l'aigua formada pot eliminar-se amb la mescla

azeotròpica i la major part del nitrit de butil es conserva al sistema, recuperant-se de la mescla azeotròpica i reutilitzant-se.

- El nitrit de butil s'hidrolitza finalment a butanol, que es pot separar fàcilment de la solució d'àcid oxàlic per separació de fases.

A continuació es mostra un diagrama de flux del procés amb nitrit de butil:

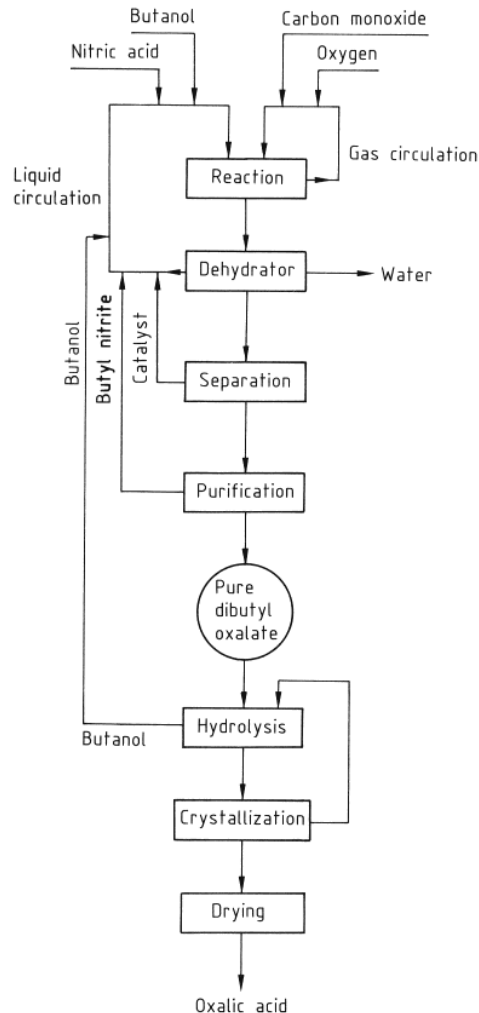
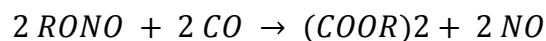


Figura 17. Esquema de procés a partir del monòxid de carboni.

Un líquid de circulació (que conté nitrit de butil, butanol i el catalitzador de pal·ladi) i un gas de circulació (que conté monòxid de carboni i oxigen) es pressuritzen i s'introdueixen en una torre de reacció. En aquesta torre es forma oxalat de dibutil i es consumeix nitrit de butil:



El nitrit de butil es regenera simultàniament:



Ambdós reaccions son exotèrmiques. La selectivitat per l'oxalat de dibutil augmenta amb l'augment de la pressió a la reacció i la disminució de la temperatura a

la reacció, però la velocitat de reacció augmenta amb l'augment de la temperatura. Per tant, la reacció es realitza al voltant dels 10-11 MPa i 90-100 °C.

La circulació del gas es realitza per mantenir la concentració d'oxigen per sota del límit d'explosió durant la reacció i per millorar l'aprofitament del monòxid de carboni i la velocitat de contacte G-L. La solució que surt de la torre es sotmet a una destil·lació flash per evaporar el gas de CO₂ format com a subproducte. L'aigua de reacció s'elimina mitjançant la destil·lació azeotròpica amb nitrit de butil i la major part de la solució es recicla a la torre de reacció. Una part d'aquesta solució es processa novament, primer filtrant-la per separar els catalitzadors i després eliminant el nitrit de butil i el butanol per obtenir l'oxalat de dibutil pur.

El catalitzador de pal·ladi, el nitrit de butil i el butanol es recuperen i es dissolen al líquid de circulació, a que també s'afegirà butanol i àcid nítric de reposició. El líquid de circulació es pressuritza i torna a la torre de reacció.

L'oxalat de dibutil refinat es mescla amb el licor mare de la cristal·lització de l'àcid oxàlic i s'hidrolitza al voltant dels 80°C en àcid oxàlic i butanol. La solució d'àcid oxàlic i el butanol es separen mitjançant una separació de fases. A continuació, el dihidrat de àcid oxàlic es cristal·litza a partir de la solució d'àcid oxàlic, i el butanol es recicla al procés després del refinament.

Recentment s'ha establert un procés en fase gasosa que utilitza nitrit de metil; aquest procés empra una pressió de reacció menor (390 kPa) i és més barat que el mètode en fase líquida per les següents raons:

- Es redueix el consum d'energia elèctrica gràcies a la reducció de la pressió de reacció (al voltant d'un 40% del consum a alta pressió de reacció).
- La formació d'oxalat de dimetil i la reacció de regeneració del nitrit de metil es separen, per tant, disminueixen les reaccions secundàries i augmenta el rendiment de l'oxalat de dimetil fins al 98%.
- S'utilitza un metanol que és més barat que el butanol en el seu lloc.

1.3.5 Producció d'àcid oxàlic anhidre

En tots els processos l'àcid oxàlic s'obté dihidratat. L'àcid oxàlic anhidre es pot obtenir escalfant l'àcid oxàlic dihidratat fins uns 3°C per sota del seu punt de fusió o mitjançant la destil·lació azeotròpica amb benzè o toluè. Cal tenir en compte però que la demanda d'àcid oxàlic anhidre es molt baixa.

1.4. Característiques dels compostos implicats en el procés

L'obtenció de l'àcid oxàlic en forma de dihidrat és a partir d'una oxidació de l'etilenglicol en presència d'oxigen i la intervenció de catalitzadors, aquests estan formats per una mescla d'àcid nítric i àcid sulfúric, i també sals de vanadi i ferro. El

procés es realitza en una sola etapa, on s'obtenen subproductes com són òxids de nitrogen i aigua. La reacció anomenada anteriorment és la següent:

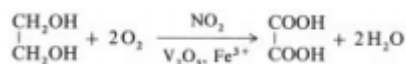


Figura 18. Reacció química de l'àcid oxàlic.

Es treballa sota condicions de temperatures elevades a 80°C. S'haurà de controlar la temperatura a partir d'intercanviadors de calor. S'operarà els reactors a una pressió d'entorn a 4 bar, per tal d'assolir un nivell de solubilitat de l'oxigen en fase líquida interessant. L'entalpia és d'entorn a -698 kJ/mol, ja que es tracta d'una reacció exotèrmica.¹¹

Aquest procés industrial pot aconseguir un rendiment de l'àcid oxàlic basat en l'etilenglicol del 90-94% del valor teòric, si bé en el procés dissenyat degut a limitacions operacionals s'assolirà una conversió total del 70%.

1.4.1. Matèries primeres

1.4.1.1. Etilenglicol (C₂H₆O₂)

L'etilenglicol és un alcohol amb una estructura similar a l'alcohol etílic, però en aquest cas conté un grup hidroxil a cada carboni.

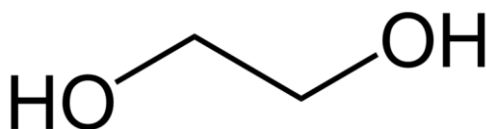


Figura 19. Estructura molecular de l'etilenglicol.

El compost és líquid transparent, incolor, inodor i no volàtil. És soluble en aigua, en alcohols alifàtics i en acetona. Però poc soluble en benzè, toluè, diclorometà i cloroform. Si s'escalfa fins a la seva descomposició, pot formar diòxid de carboni (CO₂) i monòxid de carboni (CO), també provoca vapors irritants. És higroscòpic.

L'etilenglicol es troba estable en condicions d'emmagatzematge normals.

Les propietats físiques de l'etilenglicol es poden consultar a la *taula 8*.

Taula 8. Propietats físiques de l'etilenglicol.

Punt d'ebullició (°C) a 760mmHg	197.6
Punt de fusió(°C)	-13
Viscositat (cP) a 20°C	21
pH	6.75
Densitat relativa del vapor (Aire=1)	2.14
Punt d'inflamació (°C)	111
Densitat (g/mL)	1.127

Temperatura d'autoignició (°C)

398

Es va utilitzar per primer cop com a explosius durant la Primera Guerra Mundial. Actualment les seves aplicacions industrials són al sector automobilístic que s'aplica en el sistema de refredament de vehicles. Una altra aplicació és com a dissolvent en la indústria de la pintura i el plàstic.^{12 13}

1.4.1.2. Oxigen molecular (O₂)

És una molècula diatòmica composta per dos àtoms d'oxigen. En condicions normals és un gas incolor, sense olor i insípid.

La principal aplicació industrial de l'oxigen és per processos de combustió. No obstant això, l'oxigen té una gran varietat d'aplicacions industrials com la metal·lúrgia, la química, el sector de l'automoció, soldadura industrial, el sector de l'energia, la producció de vidre, tractament d'aigua potable i residual, producció d'ozó, producció de paper i l'esterilització.^{14 15 16}

En la *taula 9* es recullen les propietats físiques del oxigen molecular.

Taula 9. Propietats físiques del oxigen molecular.

Pes molecular (g/mol)	32
Densitat (kg/m ³)	1.429
Punt d'ebullició (°C)	-183
Punt de fusió (°C)	-218.5
Solubilitat en aigua (mL/mL aigua) a 20°C	3.1/100

1.4.2. Catalitzadors i promotors de la transformació

1.4.2.1. Àcid nítric (HNO₃)

L'àcid nítric es troba en forma líquida on el seu color varia d'incolores a groc pàl·lid i provoca una olor sufocant. És soluble en aigua, no combustible, tot i que pot causar ignició. És un material molt tòxic per inhalació i corrosiu per metalls i teixits.

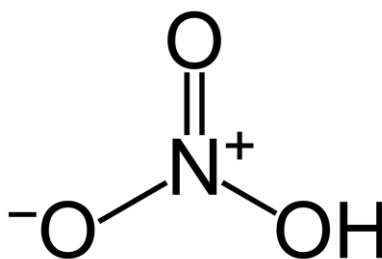


Figura 20. Estructura molecular del àcid nítric.

És un catalitzador que reacciona amb òxids i alcalins per acabar generant sals. És un gran oxidant, depenent de la seva concentració. Si conté NO₂ dissolt es coneix

com a l'àcid nítric fumant i té un color cafè-vermell, s'obté actualment per l'oxidació catalítica de l'amoníac.

En aquest procés es pot utilitzar una mescla oxidant del 30-40% d'àcid sulfúric i 20-25% d'àcid nítric, que requereix una pressió per sobre l'atmosfèrica. O bé, l'àcid nítric en absència d'àcid sulfúric, però requereix una pressió més elevada.

Es pot aplicar a altres productes químics com els colorants, els fertilitzants, les fibres, els plàstics i explosius. ^{17 18 19}

1.4.2.2. Àcid sulfúric(H_2SO_4)

L'àcid sulfúric és un àcid conjugat i actua com a promotor de la reacció química. Es tracta d'un líquid incolor, dens, inodor i soluble en aigua aplicant calor. És corrosiu per metalls i teixits.

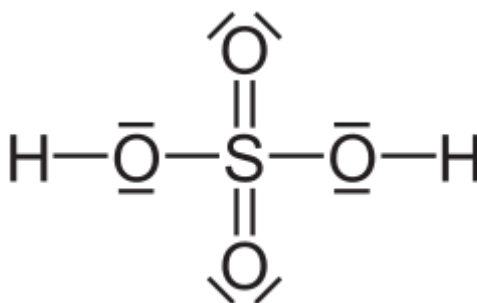


Figura 21. Estructura molecular de l'àcid sulfúric.

L'àcid sulfúric aprofita la seva afinitat amb l'aigua, en la qual reaccionarà i desprendrà calor. Per tant, sempre s'addicionarà primer l'àcid i després l'aigua, ja que contràriament podria reaccionar violentament.

Les propietats físiques destacables de l'àcid sulfúric es mostren a la *taula 10*.

Taula 10. Propietats físiques de l'àcid sulfúric.

Punt de fusió (°C)	10
Punt d'ebullició (°C)	340
Pes molecular (g/mol)	98.08
Pressió de vapor (mmHg) a 20°C	0.001
Viscositat (cP) a 20°C	26.7
Densitat (kg/m ³)	1840

Aquest compost químic en la indústria és classificat com el producte que anualment es fabrica en major quantitat. Aquest àcid té diverses aplicacions, com per exemple, per fertilitzants, en la fabricació de colorants, com blanquejador i purificador, i en la indústria de la refinaria del petroli, per la producció de ferro i acer, entre

d'altres. També permet l'obtenció d'altres productes químics com són l'àcid clorhídric i l'àcid nítric.^{20 21 22}

1.4.3. Producte d'interès

1.4.3.1. Àcid oxàlic (C₂H₂O₄)

1.4.3.1.1. Descripció

L'àcid oxàlic també conegut com a àcid etandioic segons la IUPAC, es classifica com un àcid orgànic alifàtic dicarboxílic. Consisteix en dos àtoms de carboni, on cadascun d'ells està unit a un doble enllaç d'oxigen i un grup hidroxil amb un enllaç simple. La seva fórmula molecular és C₂H₂O₄.

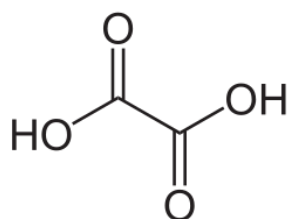


Figura 22. Estructura molecular del àcid oxàlic.

És un àcid fort en la seva primera etapa de dissociació per la proximitat dels àtoms de carboni. És soluble en etanol i aigua, cristal·litza fàcilment en aigua en forma dihidratada.²⁸

Es tracta d'un sòlid cristal·lí incolor i verinós. Quan s'escalfa, aquest es descompon i acaba alliberant diòxid de carboni, monòxid de carboni i aigua.²⁹ És nociu en contacte amb la pell i en cas de ser ingerit.^{30 31 32 33 34}

Les propietats físiques principals de l'àcid oxàlic es recullen a la *taula 11*.

Taula 11. Propietats físiques de l'àcid oxàlic.

Massa molar (g/mol)	90.04
Densitat (g/cm ³)	1.9
Punt de fusió (°C)	189.5
Punt de fusió hidratat (°C)	101.5
Punt de sublimació (°C)	-157
Solubilitat en aigua (g/ml) a 20°C	8.7/100
Moment dipolar (Debye)	2.63
Temperatura crítica (°C)	530.85
Pressió crítica (atm)	69.282
Color	Incolor, blanc
Olor	Inodor
Higroscòpic	Si
Soluble	Aigua, alcohol, èter i glicerol
Insoluble	Benzè, cloroform i èter de petroli

Entalpia de formació sòlid (KJ/mol)	-827.73
Energia de formació de Gibbs (KJ/mol)	-698.36
Entalpia molar (J/mol K)	115.6
Calor específic (J/mol K) a 25°C	80-90
Dosis mortal 50% ratolí (mg/kg)	375
Pressió de vapor (mmHg) a 20°C	0.001
Acidesa (pka)	1.19

1.4.3.1.2. Història

En els anys 1745 i 1773, el botànic i metge holandès Herman Boerhaave i François Pierre Savary de Friburg respectivament, només van aconseguir aïllar l'àcid oxàlic en la sal d'agrella.

No va ser fins a l'any 1776 que els químics suecs Carl Wilhelm Scheele i Torbern Olof Bergman van produir àcid oxàlic reaccionant sucre amb àcid nítric concentrat, el va anomenar àcid sucrerós. El nom d'àcid oxàlic ve derivat del gènere de plantes Oxalis. Scheele, vuit anys més tard, demostra que l'àcid sucrerós i l'àcid oxàlic de fonts naturals eren idèntics.

L'últim descobriment va ser al 1824 per un químic alemany, Friedrich Wöhler, va obtenir àcid oxàlic reaccionant cianogen amb amoníac en solució aquosa. Aquest experiment marca la primera síntesi d'un producte natural.^{35 36}

En l'actualitat, l'obtenció d'àcid oxàlic és a través de carbohidrats aplicant catalitzadors. Únicament es produeix aquest procés a l'empresa Mitsubishi Gas Company ubicada al Japó.

1.4.3.1.3. Aplicacions

L'ús principal del àcid oxàlic és com a agent de neteja de taques. No obstant això, per a diferents àrees també es troben aplicacions com polit del sòl de marbre, fixador de tint de llana, impressió de neteja del circuit electrònic, elaboració de cervesa i vi, neteja d'embarcacions, eliminació d'òxids, entre d'altres.³⁷

1.4.4. Altres subproductes

1.4.4.1. Aigua (H₂O)

L'aigua és un dels recursos més importants en els processos industrials, inclús pel manteniment dels materials i equips. L'aplicació més gran de l'aigua industrial correspon a les centrals tèrmiques i nuclears.^{38 39}

Les propietats físiques de l'aigua líquida es poden consultar a la *taula 12*.

Taula 12. Propietats físiques de l'aigua.

Pes molecular (g/mol)	18.015
-----------------------	--------

Punt d'ebullició (°C)	100
Punt de fusió (°C)	0
Densitat (kg/m ³)	1000
Pressió de vapor (mmHg) a 100°C	760

1.4.5. Usos de l'àcid oxàlic

A més a més de poder ser utilitzat com a intermedi sintètic, els usos més destacats de l'àcid oxàlic poden ser com agent reductor (formant productes innocus de CO₂ i aigua), com precipitant per ions de calci o com agent complexant per sals de metalls pesats. Les aplicacions es poden dividir segons els següents grups:

- 28 % Tractament de metalls
- 25 % Tractament de tèxtils
- 20 % Blanquejants
- 27% Aplicacions químiques

1.4.1.1. Tractament de metalls

Els oxalats de sodi, potassi i amoni formen sals dobles solubles amb els metalls pesats (generalment es dona amb el ferro). L'oxalat de ferro (III) es l'única sal de metall pesat fàcilment soluble, per tant les sals d'àcid oxàlic s'utilitzen per eliminar l'òxid de sistemes de refrigeració, de calderes o de plaques d'acer abans de fosfatar-les, per eliminar vetes de ferro en el mormol, com a component de eines de neteja de metalls amb protecció contra l'òxid, especialment per al seu ús en el coure, plata o alumini, en el anoditzat del alumini, per la formació de revestiments protectors contra l'abrasió i la corrosió molt durs, en els que mitjançant l'ús de la sal de oxalat de ferro (III) es pot obtenir una protecció contra la corrosió, i la corrosió, mitjançant l'ús d'additius es poden impartir diferents colors superficials a l'alumini.

L'àcid oxàlic també s'utilitza per la neteja de materials per a dispositius electrònics, i com a recobriments per la protecció de l'acer inoxidable, aliatge de níquel, crom, acers d'aliatge i titani.

1.4.1.2. Tractament de tèxtils

L'àcid oxàlic s'utilitza com a mordent (agent fixant) per la estampació i tenyiment de la llana i el cotó. Serveix com agent decapant dels colors de la llana per els efectes especials del patró, com auxiliar en la impressió de descàrrega càustica del indi, i s'utilitza en el tenyiment de la cuba com agent reductor del dicromat de potassi. En les bugaderies l'àcid oxàlic s'utilitza per eliminar les taques d'òxid i per neutralitzar l'alcalinitat. També té un efecte antibacterià.

L'àcid oxàlic pot utilitzar-se com a catalitzador per la reticulació d'agent d'acabat tèxtil en el premsat permanent de teixits de cel·lulosa i per la ignifugació.

1.4.1.3. Blanquejants

L'àcid oxàlic s'utilitza en l'adobat i blanquejament del cuir, i en el blanquejament del suro, la fusta (especialment fusta xapada), la palla, la canya, les

plomes i les ceres naturals i sintètiques. La major part de l'àcid oxàlic s'utilitza en el blanquejament de la fusta per la elaboració de pasta de cel·lulosa. En el processament del cuir, l'àcid oxàlic s'utilitza en el blanquejament en lloc d'utilitzar ditionit de sodi.

1.4.1.4. Aplicacions químiques

L'àcid oxàlic s'utilitza en la preparació de esters i sals. Degut als dos grups carboxílics, l'àcid oxàlic forma esters àcids i sals, així com esters i sals normals.

També pot ser utilitzat com a reactiu en la síntesi química; donat que l'àcid oxàlic es un fort agent deshidratant, pot utilitzar-se en reaccions de condensació, en la esterificació d'alcohols secundaris a esters o en reaccions de ciclació.

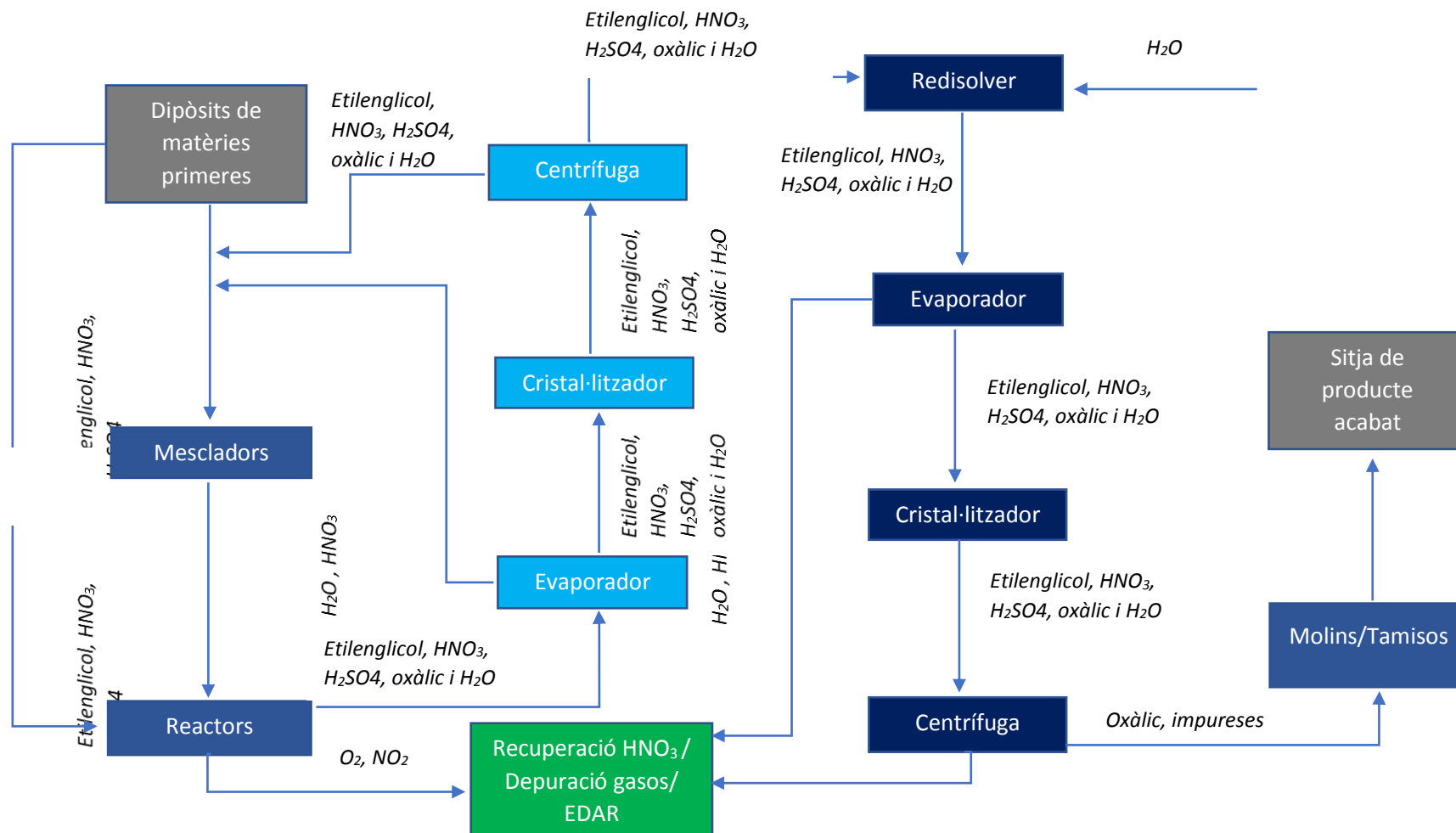
Un altre dels seus usos pot ser per concentrar i aïllar elements lantànids a partir de solucions aquoses que es formen durant la digestió de minerals de lantànids amb àcids sulfúrics, clorhídrics o fosfòrics. La precipitació dels oxalats es quasi quantitativa inclús a partir de les solucions fortament àcides. Després de la precipitació, els oxalats es converteixen en els seus òxids mitjançant el escalfament i els processos posteriors en aquesta forma.

Les petites partícules que es preparen a partir dels oxalats s'utilitzen per les cintes de gravació magnètica. L'àcid oxàlic també es pot utilitzar per la preparació d'oxalats de polièster i copolioxamides, per la producció de tintes, pigments i pintures, i per la preparació de catalitzadors, especialment dels que contenen metalls preciosos, i com iniciadors redox.

1.5.Descripció detallada del procés

El següent apartat exposa les característiques principals del procés, i estableix el fil conductor per a seguir-lo a través del corrent principal, entenent-se la funcionalitat de cadascuna de les operacions.

1.5.1.Diagrama de blocs



1.5.2. Diagrama de procés i balanços de matèria

En el present capítol s'hi presenta el diagrama de flux de procés, en el qual s'hi representen la totalitat de les operacions que conformen el procés principal, que s'inicia amb la càrrega de reactius, catalitzador i promotor i finalitza obtenint-se el producte final, àcid oxàlic en forma de dihidrat amb una puresa mínima del 99,5% (99,6% segons els balanços establerts) i amb la granulometria especificada pel client.

S'han exclòs del diagrama de procés les etapes de rentat dels gasos generats als reactors i la reconcentració de l'àcid nítric que abandona en fase gas l'evaporador EV-403 i els gasos dels reactors, o el rentat dels gasos que abandonen l'assegador, així com les etapes que es realitzen per al tractament dels efluents líquids del procés fins a obtenir una aigua clarificada i complidora dels estàndards mediambientals que permeten el seu abocament a llera pública. No obstant això, sí s'han reflectit els corrents que abandonen la línia de procés per a incidir en aquestes operacions.

Es tracta d'un procés completament en continu, en què els productes es transporten generalment per canonada i impulsats per bombes volumètriques i centrífugues, però també mitjançant cargols sense fi o petits circuits de transport pneumàtic.

El diagrama de flux de procés s'acompanya amb els balanços establerts per als diversos corrents del procés, amb la informació necessària per a seguir-lo i entendre la funcionalitat i les transformacions físiques i químiques que es produeixen a cada etapa. Com s'extreu dels balanços, la producció obtinguda és d'un total de 35.595,1 T/any tenint en compte que la planta s'opera al llarg de 320 dies l'any durant 24 hores cada dia. A més, el producte s'obté amb una puresa del 99,6%.

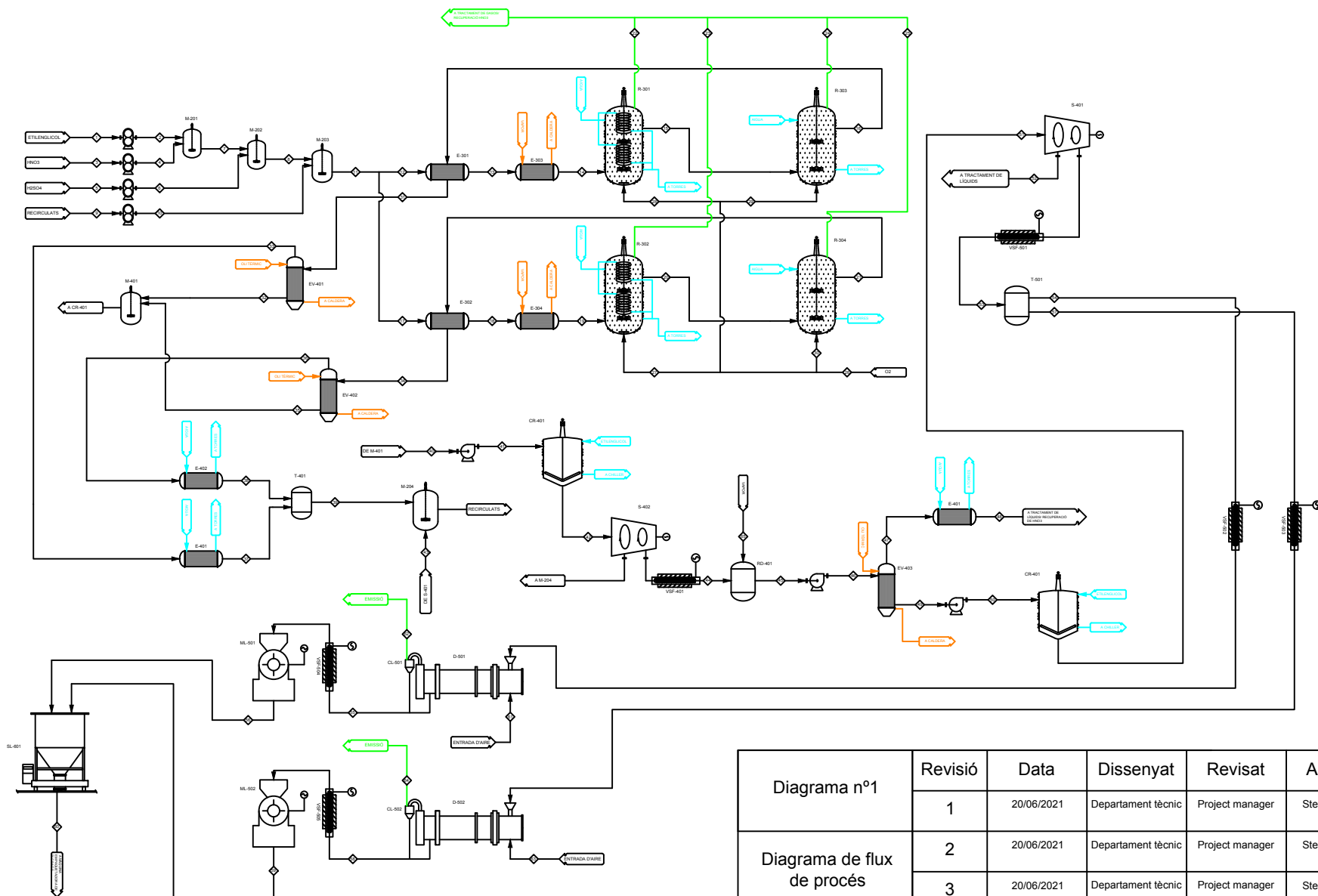
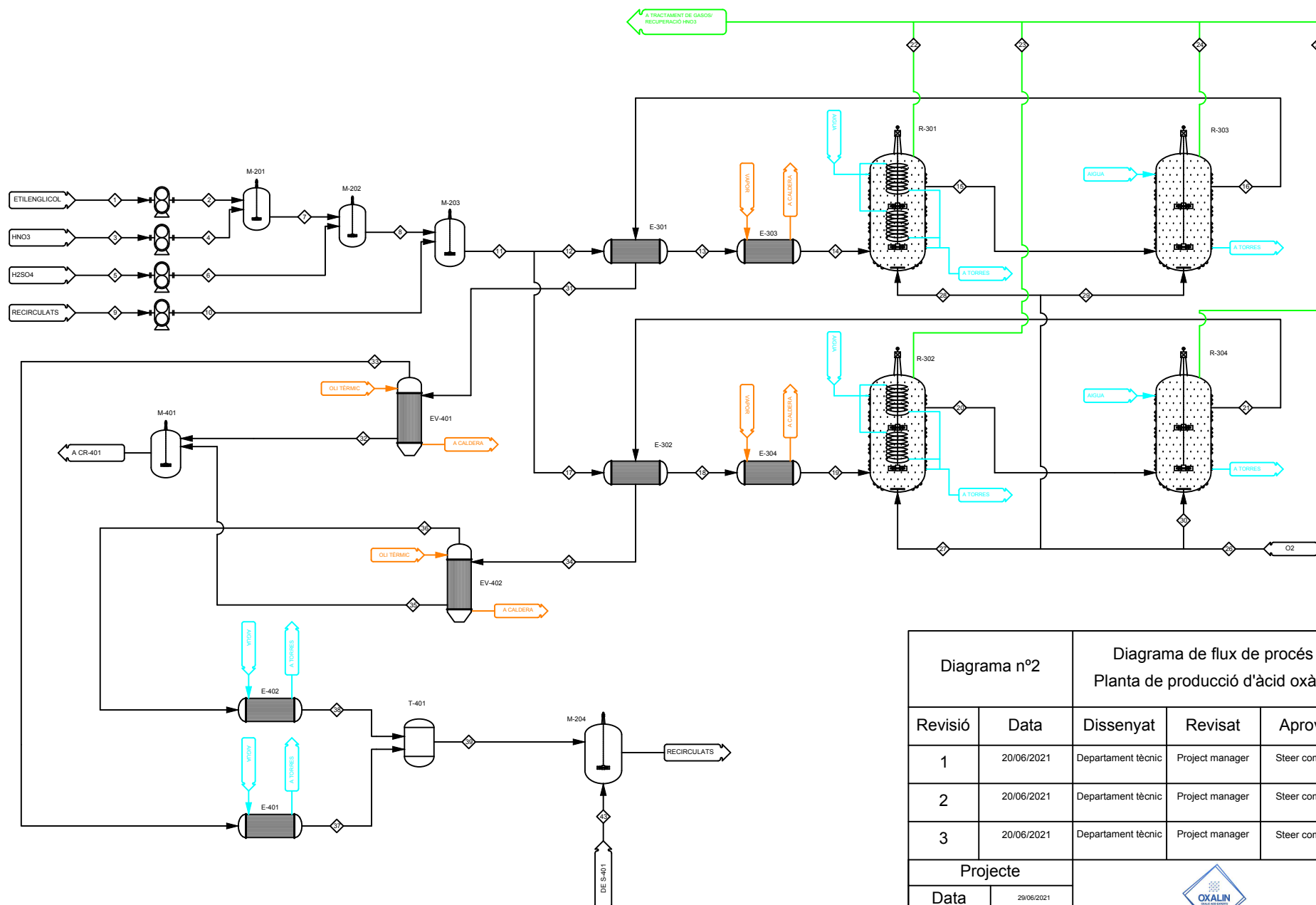


Diagrama nº1	Revisió	Data	Dissenyat	Revisat	Aprovat
Diagrama de flux de procés	1	20/06/2021	Departament tècnic	Project manager	Steer committee
	2	20/06/2021	Departament tècnic	Project manager	Steer committee
	3	20/06/2021	Departament tècnic	Project manager	Steer committee
Planta de producció d'àcid oxàlic	Projecte				
	Data	29/06/2021			
	Ubicació	Polígon dels Gasos Nobles Tàrraga, Lleida			



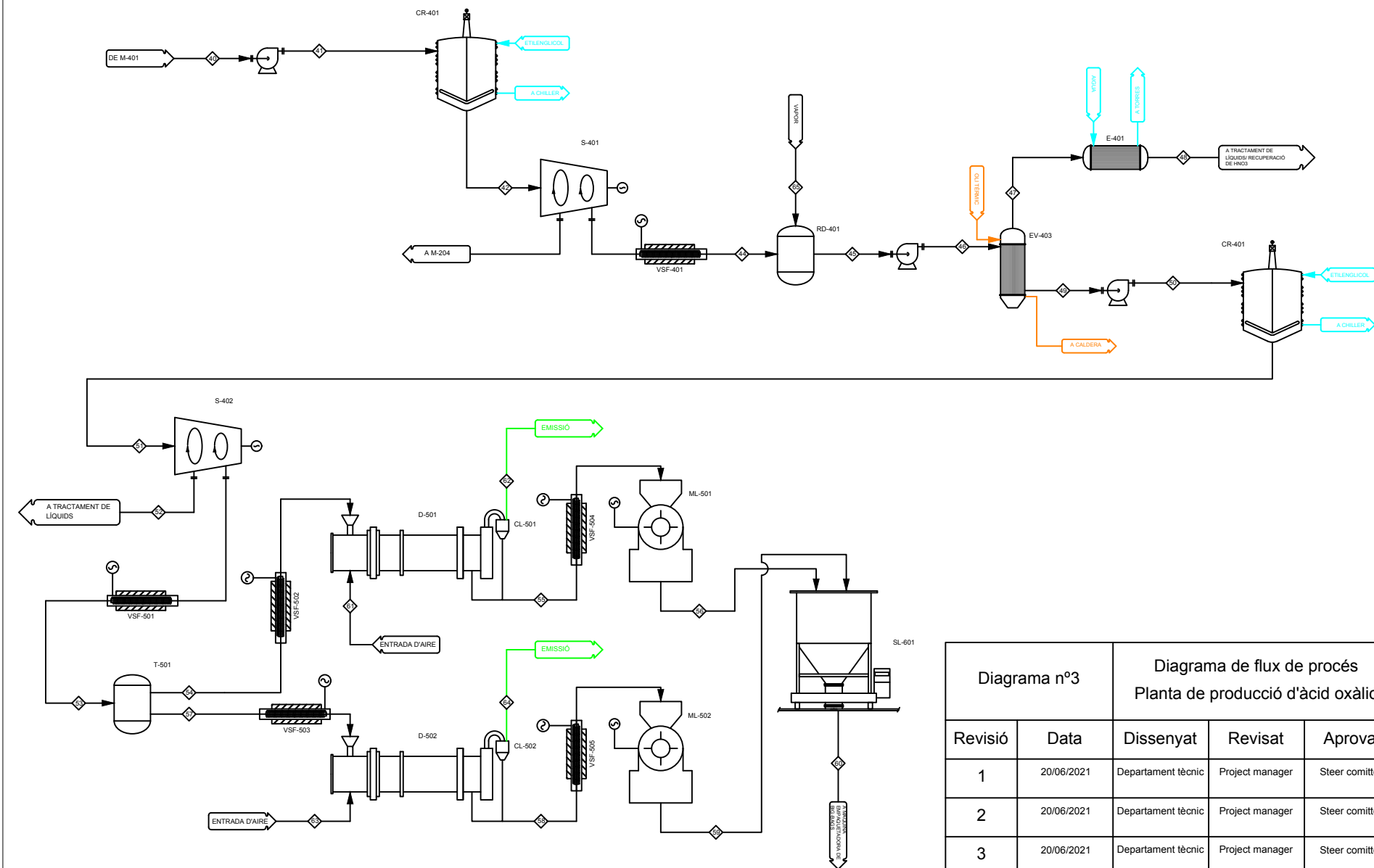


Diagrama n°3		Diagrama de flux de procés Planta de producció d'àcid oxàlic		
Revisió	Data	Dissenyat	Revisat	Aprovat
1	20/06/2021	Departament tècnic	Project manager	Steer comittee
2	20/06/2021	Departament tècnic	Project manager	Steer comittee
3	20/06/2021	Departament tècnic	Project manager	Steer comittee
Projecte				
Data	29/06/2021			
Ubicació	Polígon dels Gasos Nobles Tàrrrega, Lleida			



Corrent	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fracció vapor	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Densitat (kg/m³)	1114,0	1114,0	1311,0	1311,0	1817,0	1817,0	1179,0	1231,0	1329,0	1329,0
Pressió (atm)	0,74	9,19	0,84	9,14	0,43	18,90	6,69	6,32	0,71	6,48
Temperatura (°C)	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	40,3	40,3
C. màssic (kg/s)	0,688	0,688	0,522	0,522	0,228	0,228	1,210	1,439	5,297	5,297
Fraccions màssiques de component										
Etilenglicol	1,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,569	0,478	0,041	0,041
Àcid nítric	0,000	0,000	0,700	0,700	0,000	0,000	0,302	0,254	0,452	0,452
Àcid sulfúric	0,000	0,000	0,000	0,000	0,980	0,980	0,000	0,156	0,166	0,166
Aigua	0,000	0,000	0,300	0,300	0,020	0,020	0,129	0,112	0,283	0,283
Àcid oxàlic	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,058	0,058
Oxigen	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
NO ₂	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Corrent	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Fracció vapor	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Densitat (kg/m³)	1303,0	1303,0	1270,0	1149,0	1270,0	1280,0	1303,0	1270,0	1149,0	1270,0
Pressió (atm)	5,98	4,86	4,75	4,54	4,32	4,26	4,86	4,75	4,54	4,32
Temperatura (°C)	35,9	35,9	55,0	80,0	80,0	80,0	35,9	55,0	80,0	80,0
C. màssic (kg/s)	6,736	3,368	3,368	3,368	3,568	3,626	3,368	3,368	3,368	3,568
Fraccions màssiques de component										
Etilenglicol	0,134	0,134	0,134	0,134	0,063	0,037	0,134	0,134	0,134	0,063
Àcid nítric	0,410	0,410	0,410	0,410	0,377	0,362	0,410	0,410	0,410	0,377
Àcid sulfúric	0,164	0,164	0,164	0,164	0,155	0,152	0,164	0,164	0,164	0,155
Aigua	0,247	0,247	0,247	0,247	0,270	0,280	0,247	0,247	0,247	0,270
Àcid oxàlic	0,045	0,045	0,045	0,045	0,134	0,169	0,045	0,045	0,045	0,134
Oxigen	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
NO ₂	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000



Corrent	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Fracció vapor	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Densitat (kg/m³)	1280,0	4,7	4,7	4,7	4,7	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3
Pressió (atm)	4,26	4,00	4,00	4,00	4,00	4,12	4,07	4,07	4,07	4,07
Temperatura (°C)	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
C. màssic (kg/s)	3,626	0,122	0,122	0,098	0,098	0,960	0,320	0,320	0,160	0,160
Fraccions màssiques de component										
Etilenglicol	0,037	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Àcid nítric	0,362	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Àcid sulfúric	0,152	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Aigua	0,280	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Àcid oxàlic	0,169	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Oxigen	0,000	0,716	0,716	0,650	0,650	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
NO ₂	0,000	0,284	0,284	0,350	0,350	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Corrent	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Fracció vapor	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
Densitat (kg/m³)	1295,0	1344,0	0,3	1295,0	1344,0	0,3	1239,0	1239,0	1239,0	1344,0
Pressió (atm)	4,21	0,30	0,30	4,21	0,30	0,30	0,96	0,96	0,77	0,30
Temperatura (°C)	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0
C. màssic (kg/s)	3,626	2,258	1,368	3,626	2,258	1,368	1,368	1,368	2,736	4,517
Fraccions màssiques de component										
Etilenglicol	0,037	0,060	0,000	0,037	0,060	0,000	0,000	0,000	0,000	0,060
Àcid nítric	0,362	0,248	0,570	0,362	0,248	0,570	0,570	0,570	0,570	0,248
Àcid sulfúric	0,152	0,244	0,000	0,152	0,244	0,000	0,000	0,000	0,000	0,244
Aigua	0,280	0,199	0,430	0,280	0,199	0,430	0,430	0,430	0,430	0,199
Àcid oxàlic	0,169	0,249	0,000	0,169	0,249	0,000	0,000	0,000	0,000	0,249
Oxigen	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
NO ₂	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000



Corrent	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Fracció vapor	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Densitat (kg/m ³)	1344,0	1384,0	1423,0	1364,0	1521,0	1521,0	0,3	1225,0	1313,0	1313,0
Pressió (atm)	2,16	1,00	1,00	1,00	0,94	1,31	0,30	1,00	0,30	1,60
Temperatura (°C)	60,0	20,0	20,0	20,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0
C. màssic (kg/s)	4,517	4,517	2,562	1,954	2,044	2,044	0,240	0,240	1,804	1,804
Fraccions màssiques de component										
Etilenglicol	0,060	0,060	0,081	0,028	0,027	0,027	0,000	0,000	0,031	0,031
Àcid nítric	0,248	0,248	0,336	0,117	0,111	0,111	0,583	0,583	0,049	0,049
Àcid sulfúric	0,244	0,244	0,330	0,115	0,110	0,110	0,000	0,000	0,124	0,124
Aigua	0,199	0,199	0,138	0,270	0,303	0,303	0,417	0,417	0,288	0,288
Àcid oxàlic	0,249	0,249	0,115	0,470	0,449	0,449	0,000	0,000	0,508	0,508
Oxigen	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
NO ₂	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Corrent	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Fracció vapor	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Densitat (kg/m ₃)	1244,0	1244,0	1375,0	1375,0	1406,0	1406,0	1375,0	1406,0	1406,0	1406,0
Pressió (atm)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Temperatura (°C)	20,0	20,0	20,0	20,0	36,0	36,0	20,0	36,0	36,0	36,0
C. màssic (kg/s)	1,804	0,061	1,743	0,872	0,644	0,644	0,872	0,644	0,644	1,287
Fraccions màssiques de component										
Etilenglicol	0,031	0,058	0,030	0,030	0,001	0,001	0,030	0,001	0,001	0,001
Àcid nítric	0,049	0,218	0,043	0,043	0,001	0,001	0,043	0,001	0,001	0,001
Àcid sulfúric	0,124	0,237	0,120	0,120	0,002	0,002	0,120	0,002	0,002	0,002
Aigua	0,288	0,430	0,282	0,282	0,285	0,285	0,282	0,285	0,285	0,285
Àcid oxàlic	0,508	0,057	0,525	0,525	0,712	0,712	0,525	0,712	0,712	0,712
Oxigen	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
NO ₂	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000



Corrent	61	62	63	64	65
Fracció vapor	1	1	1	1	1
Densitat (kg/m ³)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,7
Pressió (atm)	1,00	1,00	1,00	1,00	10,00
Temperatura (°C)	90,0	36,0	90,0	36,0	180,0
C. màssic (kg/s)	8,445	8,673	8,445	8,673	0,090
Fraccions màssiques de component					
Etilenglicol	0,000	0,003	0,000	0,003	0,000
Àcid nítric	0,000	0,004	0,000	0,004	0,000
Àcid sulfúric	0,000	0,012	0,000	0,012	0,000
Aigua	0,011	0,012	0,011	0,012	1,000
Àcid oxàlic	0,000	0,006	0,000	0,006	0,000
Oxigen	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
NO ₂	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

1.5.2.1. Comprovació del balanç de matèria

A continuació, es procedeix a determinar la idoneïtat dels balanços de matèria establerts i que governen el dissenys dels diversos equips i canonades de la planta. Per fer-ho es comprova que el cabal màssic total introduït al procés coincideix amb el cabal màssic que en surt.

Les entrades de matèria al procés es corresponen amb l'alimentació dels diversos reactants (etilenglicol, àcid nítric i sulfúric i oxigen) així com amb l'entrada de vapor al redissolver i les entrades d'aire a les assecadores de cilindre rotatori. Les sortides fan referència a l'obtenció del producte acabat, les ventilacions dels reactors que es condueixen a l'àrea de rentat de gasos i recuperació d'àcid nítric, els condensats de l'evaporador EV-403 i la fase líquida de la centrífuga S-402, que es tracten a l'EDAR i les sortides de gasos de les assecadores:

Taula 13. Comprovació del balanç de matèria general.

ENTRADES	
Corrent	kg/s
1	0,688
3	0,522
5	0,228
26	0,960
61	8,445
63	8,445
65	0,090
TOTAL	19,378

SORTIDES	
Corrent	kg/s
22	0,122
23	0,122
24	0,098
25	0,098
48	0,240
52	0,061
60	1,287
62	8,673
64	8,673
TOTAL	19,374

Es calcula la diferència entre els cabals màssics obtenint-se un error del 0,021%, i s'extreu la conclusió que els balanços establerts són correctes i paradigmàtics d'un procés en continu, en el qual el cabal màssic d'entrada s'ha de correspondre amb el de sortida.

1.5.3. Descripció del procés

El procés de producció d'àcid oxàlic en forma de dihidrat a partir de l'oxidació de l'etilenglicol mitjançant oxigen es porta a terme, a la planta que és objecte de disseny s'estén a través de les àrees 100, 200, 300, 400, 500 i 600. A continuació, es detallarà l'objectiu de cada àrea i com incideixen els processos que s'hi porten a terme al corrent principal.

1.5.3.1. Emmagatzematge de matèries primeres (A-100)

L'emmagatzematge de matèries primeres es realitza en tancs d'acer disposats a l'àrea A-100 de la planta. Tenint en compte la freqüència de distribució per part dels subministradors de cadascun dels reactius així com el consum requerit pel procés, s'instal·len tres tancs d'etilenglicol pur, dos d'àcid nítric al 70% i dos d'àcid sulfúric al 98%. Així mateix, es disposarà de tres tancs d'oxigen que treballaran a alta pressió i molt baixa temperatura per tal d'emmagatzemar-lo líquid, ocupant un menor volum.

Els tancs d'emmagatzematge es disposaran en una àrea amb cobert, per a protegir-los de les inclemències del temps i afavorir, si fora necessari, la seva climatització, per tal d'evitar, en cas de temperatures extremadament baixes, la congelació parcial del contingut del tanc d'àcid sulfúric.

Annexa a la zona d'emmagatzematge, s'hi disposa un espai que realitzarà les funcions de moll de descàrrega de cisternes. Aquesta àrea s'ha dimensionat per tal que hi pugui cabre al mateix temps una cisterna per a cada tipus de producte que s'emmagatzema a l'àrea. Es disposarà a l'àrea d'una màniga per a cada producte, que es connectarà al sortidor de la cisterna respectiva. Aquesta màniga s'acobla a una canonada amb una vàlvula que generarà un final de carrera quan la màniga s'hagi unit a la cisterna i aquesta es trobi totalment oberta. A través d'aquestes canonades, es carregaran els tancs dels diversos reactius. Cadascuna d'aquestes canonades actuarà com a col·lector, ascendint paral·lel als tancs i discorrent per sobre seu, ramificant-se per donar entrada a cadascun dels tancs.

La càrrega dels tancs es farà, en darrera instància, per tub submergit, per tal d'evitar que es produeixin esquitxades, afavorint la generació de càrregues estàtiques que podrien desencadenar una descàrrega elèctrica a l'interior dels tancs.

Els diversos tancs estaran equipats amb una vàlvula de seguretat que governarà les seves ventilacions. Aquestes ventilacions seran descarregades directament a l'atmosfera (en tractar-se de casos eventuais, que no haurien d'ocórrer en cap moment) i allunyats de qualsevol àrea de treball on hi pogués haver persones o on s'hi poguessin assolir temperatures tals que provoquessin una possible ignició de vapors d'etilenglicol.

Quant als tancs d'emmagatzematge d'oxigen, aquests consistiran en una doble paret reblerta amb aïllament de perlita per a evitar una evaporació del seu contingut. Aquests tancs es descarregaran fent passar l'oxigen líquid per una petita resistència que en provocarà la seva vaporització. Un cop vaporitzat, un col·lector equipat amb una vàlvula autoreductora de pressió el conduirà fins a l'àrea de reacció.

En el cas de l'etilenglicol, el nítric i el sulfúric, aquests seran descarregats per la part inferior dels tancs i seran impulsats mitjançant una bomba volumètrica fins a l'àrea de mescla. Les bombes volumètriques han de subministrar al fluid l'energia suficient per tal d'arribar fins a l'àrea de mescla i, des d'aquesta àrea, als reactors.

1.5.3.2. Mescla de matèries primeres (A-200)

Que els diversos reactants, catalitzador i promotor de la transformació química accedeixin als reactors en les proporcions desitjades és un aspecte crític (segons les patents consultades) per a l'assoliment de l'èxit en la transformació química i per tal d'evitar que l'àcid nítric actuï com a oxidant, degradant-se generant un cabal excessiu d'òxids de nitrogen que serien molt difícilment rentats dels gasos que abandonen els reactors. És per aquest motiu que s'ha decidit destinar una petita àrea de la planta amb tres mescladors per a donar un cert temps de residència als processos de mescla, afavorits mitjançant agitació, per tal d'aconseguir una mescla homogènia i, gràcies al sistema de control implementat, complint les proporcions preceptives.

Al primer mesclador s'hi alimentarà etilenglicol i àcid nítric. La mescla serà alimentada a un nou mesclador on s'hi afegirà àcid sulfúric i, finalment, en un tercer mesclador, es mesclarà el producte del segon amb un corrent de recirculats provinent de la mateixa àrea. Aquest corrent de recirculats es compon pels vapors condensats generats en una primera sèrie d'evaporadors de l'àrea 400 juntament amb la fase líquida que s'elimina dels cristalls d'àcid oxàlic a la centrífuga S-401. Ambdós corrents es mesclen en un quart mesclador de l'àrea 200, per ser alimentats de seguit al tercer mesclador, des del qual, la mescla es fa passar a l'àrea de reacció.

1.5.3.3. Reacció (A-300)

Un cop s'ha assolit la mescla desitjada entre el reactiu principal (l'etilenglicol), el catalitzador (l'àcid nítric) i el promotor (l'àcid sulfúric), aquesta es conduïda a l'àrea de reacció. En primer lloc, cal escalfar els reactius fins que aquests assoleixin la temperatura de reacció, és a dir, 80°C. Per tal d'aconseguir-ho, els reactants es fan passar per dues sèries paral·leles de dos bescanviadors de calor cadascuna. Per tant, un cop el corrent de procés s'ha dividit en dos corrents idèntics aquests són alimentats per carcassa de dos bescanviadors de calor, on assoliran una temperatura intermèdia entre la inicial (aquella a la qual es troben als tancs d'emmagatzematge) i la que es requereix als reactors.

El fluid calefactor que circula per tubs en els primers bescanviadors de calor són els corrents de producte que abandonen els reactors. Aquests es troben a una temperatura de 80°C i necessiten ésser refredats fins a 60°C per a accedir al downstream, la primera operació del qual serà una concentració per evaporació, que donarà pas a una cristal·lització a baixa temperatura. Així, integrant els dos corrents s'assoleix un major aprofitament dels fluxos energètics del procés, reduint el consum de vapor per a escalfar els reactius i el d'aigua refrigerant per a refredar els productes.

A continuació, els reactants acaben d'assolir la temperatura de reacció passant per bescanviadors calefactats amb vapor procedent de caldera, que condensa. De seguit, les dues línies de reactius s'alimenten cadascuna a un dels reactors de primera etapa, per la part inferior de la virola i entrant en contacte amb l'oxigen que s'introdueix via difusors també per la part inferior. Als primers reactors s'hi assoleix una conversió del 30%. Els reactors són refrigerats gràcies a la circulació forçada

d'aigua refrigerant per un coil de dues seccions i una mitja canya de tres seccions. Per a la refrigeració dels reactors s'estableix un doble circuit: el primari, format per aigua procedent de torres de refrigeració a 30°C, i el secundari, format per etilenglicol procedent de chiller i que s'encarrega de refredar l'aigua fins a 15°C abans que aquesta accedeixi als circuits de refrigeració dels reactors.

El producte de la primera reacció es descarrega pel lateral dels reactors de primera etapa i es condueix fins als reactors de segona etapa, on s'acaba d'assolir una conversió del 70%. Tant els reactors de primera etapa com els de segona disposen de ventilacions de gasos governades per una vàlvula de control de la pressió. Aquests gasos, que contenen oxigen que no ha reaccionat juntament amb òxids de nitrogen formats durant el procés, són conduïts a l'àrea A-700, on els gasos es renten mitjançant un absorbidor amb aigua i generant-se àcid nítric diluït. Aquest àcid nítric diluït es concentra en una columna de rectificació i s'emmagatzema. Una empresa externa s'encarregarà de disposar d'aquest àcid nítric i de concentrar-lo fins al 70%, retornant-lo a la planta a un preu inferior que si aquest s'hagués adquirit directament al 70%.

Dels reactors en surt una mescla rica en àcid oxàlic, aigua, àcid nítric i àcid sulfúric, i amb una petita concentració en etilenglicol que no s'ha consumit en el procés.

1.5.3.4. Concentració i purificació de l'àcid oxàlic (A-400)

Aquesta és l'etapa més extensa del procés i la conformada per més operacions unitàries. S'inicia amb una evaporació parcial dels solvents de la mescla que abandona els reactors, després d'haver-se refredat als bescanviadors de calor integrats. Els evaporadors treballaran per sota de la pressió atmosfèrica (s'aconsegueix mitjançant la instal·lació d'una vàlvula de buit que succiona el contingut gasós de l'evaporador. Els evaporadors es troben calefactats amb un petit cabal d'oli tèrmic que circula pel feix de tubs de l'evaporador, per assegurar que, en el procés d'evaporació d'una fracció de la mescla la fracció que roman en fase líquida no veu reduïda la seva temperatura. En aquests primers evaporadors s'elimina una fracció de l'aigua i l'àcid nítric, els components més volàtils. Els gasos generats es condensen en un condensador refrigerat amb aigua procedent de torres de refrigeració, i els condensats formats són conduïts a un tanc pulmó, T-401, des d'on es fan circular fins al mesclador M-204, el pas previ a la seva recirculació a l'àrea de mescla juntament amb la fase líquida eliminada en la primera etapa de centrifugació.

La fase que resta líquida a l'evaporador és bombejada fins a un primer cristal·litzador on, gràcies a la circulació d'etilenglicol procedent de chiller per una mitja canya, s'hi assoleix una temperatura de 20°C. El corrent de procés que accedeix al cristal·litzador ho fa a 60°C, de manera que experimenta un xoc tèrmic, produint-se un gradient de temperatures a la zona alta del cristal·litzador que afavoreix la formació de nuclis entorn els quals s'aniran construint cristalls d'àcid oxàlic en forma de dihidrat cada vegada més grans a mesura que van precipitant.

L'*slurry* format al cristal·litzador, una mescla dels cristalls juntament amb la fase que roman líquida es descarrega per la part inferior del cristal·litzador i, per gravetat, la mescla accedeix a una centrífuga de disc situada just per sota del cristal·litzador. En aquesta centrífuga, d'alt rendiment, se separa bona part de la fracció líquida, que es condueix al mesclador M-204 per a ser recirculada a l'àrea de mescla. La fase sòlida de la centrífuga, encara acompanyada per una bona part del dissolvent, es condueix mitjançant un cargol sense fi fins al redissolver, un tanc de mescla al qual s'hi introdueix vapor procedent de caldera que, en condensar, escalfa la mescla i a més hi aporta dissolvent, aconseguint la redissolució dels cristalls d'oxàlic en un corrent menys ric en àcid nítric i més ric en aigua que el de la sortida de l'etapa de reacció. D'aquesta manera, aquesta primera fase d'operacions del *downstream* té com a objectiu clar recuperar una part important de l'àcid nítric que s'utilitza en el procés, reduint-ne el seu consum.

L'oxàlic redissolt es condueix fins a un darrer evaporador, on s'elimina una petita fracció d'aigua i àcid nítric en fase gas, condensant-se a posteriori. Els condensats s'envien a l'àrea A-700, on es recupera l'àcid nítric en la columna de rectificació en la qual també es tracta la fase líquida obtinguda en l'absorbidor que renta les ventilacions dels reactors. Mitjançant aquest evaporador es reconcentra la mescla en àcid oxàlic per tal que, en la següent etapa, una cristal·lització, el producte precipiti a 20°C, sense haver de disminuir encara més la temperatura, requerint més potència per al chiller que refreda l'etilenglicol que refrigera el cristal·litzador. Aquest segon cristal·litzador es dissenya amb un volum triple respecte al primer, conferint un major temps de residència a la mescla que es tracta. Aquest fet es deu a que l'objectiu d'aquest cristal·litzador és obtenir cristalls d'oxàlic en forma de dihidrat de la mida requerida pel client, la qual cosa requereix un disseny més curat de l'equip que en el cas del primer cristal·litzador, en el qual l'objectiu consisteix a recuperar àcid nítric per a reaprofitar-lo, no sent d'importància crítica la homogeneïtat en la forma i mida dels cristalls.

El contingut que abandona el segon cristal·litzador accedeix, per gravetat, a una segona centrífuga de disc, on se separa dels cristalls la fase líquida formada per una mescla d'etilenglicol, àcid nítric, àcid sulfúric, una petita fracció de l'oxàlic no concentrat i aigua. Aquesta fase líquida es tractarà en un tanc de desnitrificació juntament amb el residu de la columna de concentració de l'àcid nítric, prèvia neutralització dels àcids i decantació d'una fracció dels sulfats. La fase sòlida de la centrífuga formada per cristalls d'àcid oxàlic impregnats amb impureses de la resta de components es condueix a l'etapa de condicionat del producte.

1.5.3.5. Condicionat del producte (A-500)

Quan l'àcid oxàlic, ja en forma de cristalls de mida i forma segons especificacions en la majoria de la població, abandona l'àrea de concentració i purificació, ho fa encara amb una quantitat superior d'impureses a les permeses per part del client. Per aquest motiu, els cristalls són conduïts a través de cargols sense fi a dues assecadores de cilindre rotatori. Amb un cabal vigorós d'aire atmosfèric

deshumidificat i escalfat fins a 90°C per tal d'incrementar el seu poder d'absorció de líquids en disminuir la seva humitat relativa, s'assequen els cristalls per absorció en l'aire d'aigua, àcid nítric, àcid sulfúric i etilenglicol. Els cristalls, ja secs, es condueixen a dos molins micronitzadors en paral·lel, als quals també s'hi descarreguen les partícules d'oxàlic arrossegades per l'aire de les assecadores i recuperades en ciclons.

Els molins s'encarreguen de triturar els cristalls d'àcid oxàlic per tal d'assegurar que el producte compleix les especificacions del client en quant a mida dels cristalls. De seguit, els cristalls es descarreguen a dues tamisadores on, mitjançant uns sedassos es reté la població de cristalls que no ha estat triturada al molí, essent retornats aquests cristalls al molí mitjançant un petit circuit de transport pneumàtic amb aire comprimit.

1.5.3.6. Empaquetatge del producte final (A-600)

Els cristalls que sí s'escolen a través dels sedassos de les tamisadores són alimentats mitjançant un dosificador a una vàlvula rotatòria, que els va introduint en dues canonades que formen part d'un petit circuit de transport pneumàtic que condueix els cristalls fins a la sitja de producte acabat, situada a la mateixa àrea.

La sitja actua com a tanc pulmó, trobant-se situada al damunt de la cinta amb balança i màquina empaquetadora de big-bags. La descàrrega de la sitja es troba governada per una vàlvula de control ON/OFF que es tanca quan la balança que determina el pes del big-bag que està essent emplenat assoleix els 1000 kg.

La sitja és dissenyada per tal que pugui encabir el volum de cristalls produïts durant una parada llarga de la cinta de big-bags en cas que es produís un error que calgués resoldre per part de l'equip d'Enginyeria i Manteniment en l'empaquetadora.

La cinta empaquetadora s'encarrega de paletitzar els big-bags que, de seguit, són traslladats fins l'àrea d'emmagatzematge amb moll, des de la qual s'esperen entre 5 i 7 expedicions diàries quan s'assoleixi la capacitat total de la planta.

A l'àrea A-600 es disposarà així mateix de dos filtres de mànigues per al tractament de les atmosferes de pols en suspensió que es puguin generar de forma eventual a l'interior de la sitja i dels molins micronitzadors. Els sòlids retinguts a les mànigues i descarregats mecànicament es descarregaran a la sitja de producte final, doncs l'àcid oxàlic polvoritzat també compleix les especificacions del client.

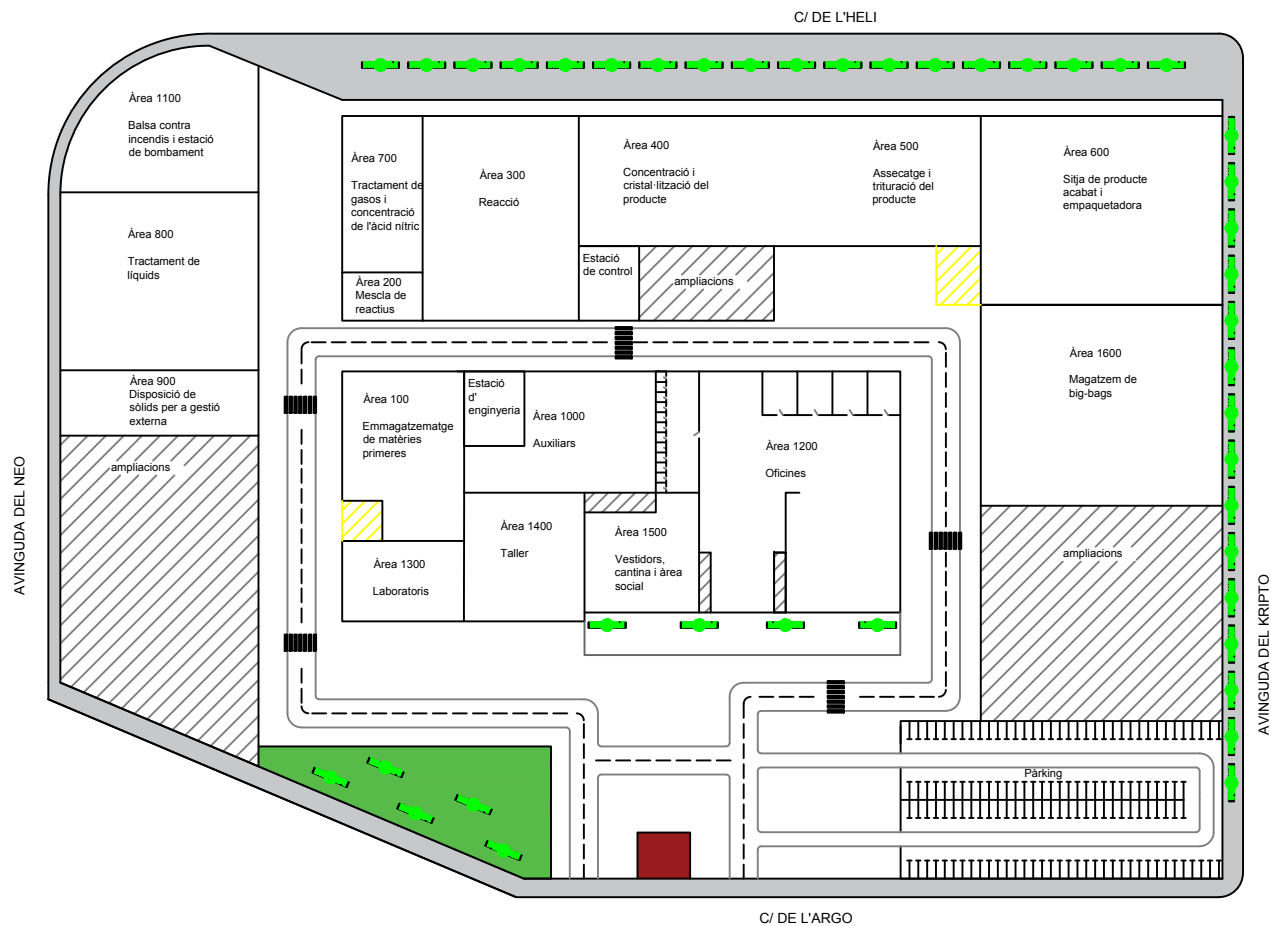
1.5.4. Les àrees de la planta

L'emplaçament dels diversos espais de la planta, així com dels equips i mitjans de transformació en ells s'ha realitzat seguint criteris de disponibilitat d'espai, disciplina urbanística, compliment de la legislació en matèria de seguretat així com funcionalitat i facilitat d'operació de la planta en el dia a dia.

La planta de producció d'àcid oxàlic es distribueix en 16 àrees. Aquestes inclouen tant la zona on es produeix l'àcid oxàlic com les zones de treball. La manera d'identificar-les es a partir de la lletra A, la qual fa referència a la paraula Àrea i un numero, que parteix del 100 fins al 1600, de forma seqüencial. A continuació, es descriuen les diferents àrees.

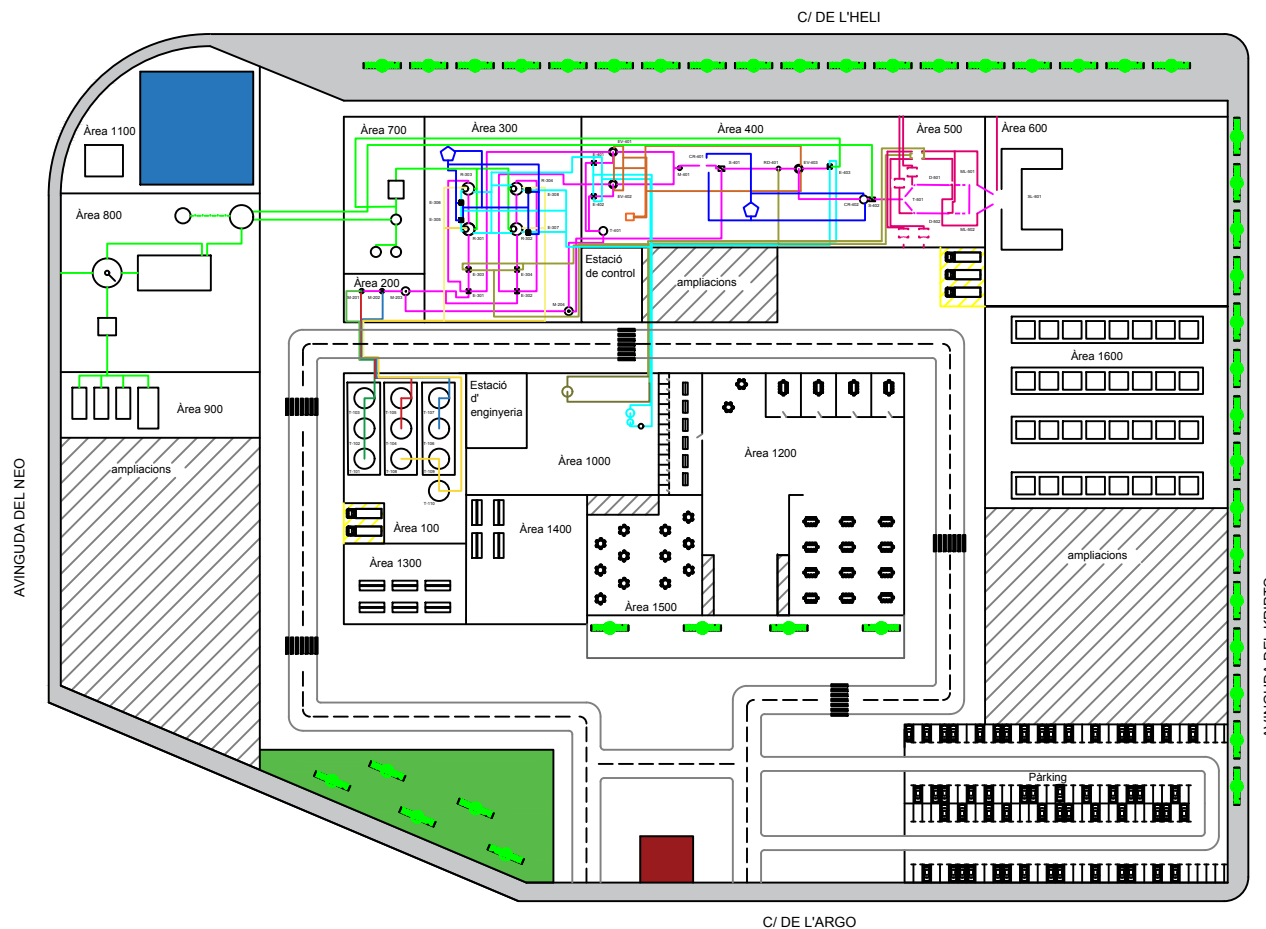
Taula 14. Descripció àrees.

Zona	Descripció
A-100	Emmagatzematge de matèries primeres
A-200	Mescla de reactius
A-300	Reacció
A-400	Concentració i cristal·lització del producte
A-500	Assecatge i trituració del producte
A-600	Sitja de producte acabat i empaquetadora
A-700	Tractament de gasos i concentració de l'àcid nítric
A-800	Tractament de líquids
A-900	Disposició de sòlids per a tractament gestionat externament
A-1000	Auxiliars
A-1100	Balsa contra incendis i estació de bombament
A-1200	Oficines
A-1300	Laboratoris
A-1400	Taller
A-1500	Vestidors, cantina i àrea social
A-1600	Magatzem de big-bags



	Càrrega i descàrrega
	Control d'accés
	Zona verda

Plànol nº1	Revisió	Data	Dissenyat	Revisat	Aprovat
	1	18/06/2021	Departament tècnic	Project manager	Steer comittee
Diagrama d'implementació nº1	2	18/06/2021	Departament tècnic	Project manager	Steer comittee
	3	18/06/2021	Departament tècnic	Project manager	Steer comittee
	Projecte				
	Data	29/06/2021			
	Ubicació	Poligon dels Gasos Nobles Tàrraga, Lleida			
Planta de producció d'àcid oxàlic					



	Càrrega i descàrrega
	Control d'accés
	Balsa contra incendis

	Zona verda
---	------------

Plànol nº2	Revisió	Data	Dissenyat	Revisat	Aprovat
	1	18/06/2021	Departament tècnic	Project manager	Steer committee
	2	18/06/2021	Departament tècnic	Project manager	Steer committee
Diagrama d'implementació nº2 Planta de producció d'àcid oxàlic	3	18/06/2021	Departament tècnic	Project manager	Steer committee
	Projecte				
	Data	29/06/2021			
	Ubicació	Polígon dels Gasos Nobles Tàrrrega, Lleida			

1.5.5.Descripció de les àrees

A continuació, es procedeix a descriure de forma clara i concisa, els elements de les diverses àrees de la planta, l'activitat que es realitza en cadascun dels espais, les seves principals característiques i la relació entre elles.

1.5.5.1.L'àrea A-100

Aquesta àrea es basa en descarregar i emmagatzemar les matèries primeres que s'utilitzen en el procés. S'emmagatzema l'etilenglicol en tres tancs, l'àcid nítric i l'àcid sulfúric en dos tancs cadascun. L'etilenglicol es el reactiu principal que s'oxidarà amb oxigen i els altres dos actuen, un com a catalitzador generant vapors de nitrogen i l'altre com a promotor de la transformació aquosa.

Els tancs es troben en cànids al interior de cubetes de retenció per prevenir fuites, que així els fluids no es dispersessin per tota la planta. La separació dels tancs segueixen la normativa ITC-MIE-APQ-1,6 i 7 i es troben separats de la zona de producció per un pas de vehicles, de manera que els reactius es conduiran a l'àrea de producció a través de canonades àrees.

Respecte al material dels tancs es tracta d'acer inoxidable 316L. Les canonades que transporten les matèries aniran degudament aïllades amb llana de roca, per evitar en climes fred que es congelin, sobre tot l'àcid sulfúric. Zona molt diàfana, la qual conté un moll per la entrada de camions cisterna que descarregarà les matèries primeres. Les cisternes vindran a recarregar cada setmana. El proveïdor subministra una cisterna completa cada setmana.

Per altre banda, hi ha un tanc d'oxigen que treballa a pressions elevades, 19,8 bar, i a temperatures baixes, -180°C. L'oxigen es l'agent oxidant en el procés químic i es troba parcialment vaporitzat i parcialment en fase líquida. Son tres tancs de doble paret amb un aïllant de perlita, per evitar vaporitzacions. S'utilitzen vaporitzadors a la sortida d'oxigen per enviar-ho des de la zona d'emmagatzematge a la zona de producció en fase gas. Gracies a l'emmagatzematge a elevada pressió no es requereixen compressors per transportar-lo fins l'àrea de producció, únicament la instal·lació de vàlvules autoreductores, permeten reduir la pressió del oxigen fins a la pressió de treball dels reactors. El proveïdor subministrarà cada dia.

1.5.5.2.L'àrea A-200

Es tracta de l'àrea de mescla, que inclou tres mescladors. En aquest petits mescladors es faran les mescles dels reactius previs a l'addició dels mateixos als reactors. Es consideren importants perquè la reacció que es produeix, es produirà sempre i quan els diferents reactius entrin en certes proporcions, sinó es podrien desencadenar reaccions paral·leles d'oxidació de l'etilenglicol amb nítric, generant gran quantitat de vapor d'òxids de nitrogen difícils de tractar pel sistema de rentat de gasos.

En el primer mesclador es barreja àcid nítric amb etilenglicol, en el segon s'addiciona sulfúric i en el tercer hi arriba el contingut d'un quart mesclador, en el qual

arriben diversos corrents que es recirculen del downstream. Des de aquest punt de vista, OXALIN, S.L aposta per la recirculació de corrents, minimitzar les sortides del procés, l'economia circular i per l'aprofitament total de les matèries primeres.

Els mescladors s'agiten amb unes hèlix, es troben en un pis elevat, concretament en el tercer pis. Com es tracta d'una planta mixta entre fluids i sòlids, es important aprofitar la gravetat per transportar les mescles, sobre tot quan aparèixer els sòlids, es pretén aprofitar les alçades i els pisos, començant el procés per un pis molt elevat i baixant poc a poc. A la sortida dels mescladors ja es té la mescla reactiva, únicament falta l'oxigen i escalfar-se per començar a reaccionar.

1.5.5.3.L'àrea A-300

En aquesta àrea apareixen els reactors que en ells es produeix una reacció altament exotèrmica. Això genera la decisió de col·locar 4 reactors, dos de primera etapa i dos de segona etapa. Refrigerats amb coil i camisa mitjançant aigua refrigerant, a baixa temperatura aconseguint-la refredant prèviament amb etilenglicol. El fet de treballar amb dos circuits de bescanvi de calor en primari amb aigua i un segon amb etilenglicol ens ajuda a controlar encara més la temperatura de reacció. Els reactors estan agitats per assolir una bona mescla. Es pretén assolir una conversió total del 70%. La reacció es produeix gracies a l'addició d'oxigen per la part inferior del reactors mitjançant difusors. Els reactors treballen a una pressió de 3,72 atm, per qüestions de seguretat s'ha instal·lat una vàlvula de seguretat amb disc de ruptura.

Abans del reactors hi ha quatre bescanviadors de calor on la mescla reactiva assoleix la temperatura de reacció abans de la entrada al reactor i s'aprofiten per que els productes de l'àrea de reacció es refredin abans d'entrar al downstream, on es necessiten temperatures més baixes. Es vol apostar per l'economia circular amb la integració de fluxos energètics en els bescanviadors de calor i per assolir una millor eficiència de planta. En els altres bescanviadors de calor es treballa amb vapor que prové de caldera a les condicions de condensació, el vapor escalfa condensant-se generant un líquid que retorna a la caldera i a un tanc de condensats.

Els equips estan separat a una distancia que permet una fàcil operació dels diferents reactors i facilitar les operacions de manteniment. Els reactors al assolir elevades temperatures es troben aïllats amb llana de roca i xapa d'alumini. Dels reactors surt un corrent de gasos rics en oxigen i òxids de nitrogen produït durant la reacció que es condueix a l'àrea de tractament de gasos i recuperació de l'àcid nítric.

1.5.5.4.L'àrea A-400

L'àrea de concentració i cristal·lització del producte obtingut en els reactors. Es tracta de l'àrea més gran, compren gairebé la totalitat del downstream. En primer lloc els reactius procedents del reactors prèviament refredats en el bescanviador de calor integrat. Una vegada refredats passen a uns evaporadors, que tenen com a objectiu eliminar gran part de les substàncies més volàtils, l'aigua i el nítric. Per tal de concentrar la mescla i d'assegurar que en el cristal·litzador l'àcid oxàlic precipiti en forma d'àcid oxàlic en forma de dihidrat. Es realitza a una temperatura de 20 °C al

crystal·litzador sense haver de rebaixar la temperatura. En els evaporadors de feix de tubs amb oli tèrmic es produeixen uns gasos formats per aigua i àcid nítric principalment, que es condensen a continuació en un bescanviador de calor amb aigua procedent de torres. Una vegada condensats els líquids es tornen a l'àrea de mescla per recircular-los al procés. Aquest bescanviador de calor està connectat a un sistema de generació de buit, per que l'evaporador treballi per sota de la pressió atmosfèrica, afavorint la evaporació a baixa temperatura de l'aigua i l'àcid nítric.

Hi ha espais destinats als sistemes de generació de buit, unes petites piscines de les quals la bomba de buit succionarà aigua per generar el buit. Aquesta àrea també conté les calderes d'oli tèrmic, utilitzades per tenir un circuit de calefacció i no dependre d'una xarxa de vapor, que pot generar fluctuacions de pressió de disponibilitat de línia. La operació d' evaporació es critica perquè assegura el correcte funcionament del downstream i l'assoliment de la producció sense perdre àcid oxàlic dissolt a la fase líquida.

Després de l'evaporador, els dos corrents s'homogeneïtzen al mesclador 401, per entrar en un primer cristal·litzador. El primer cristal·litzador interessa que treballi a baixa temperatura i provoqui un xoc tèrmic amb l'entrada dels reactius, on aquest afavoreixi la formació de nuclis de cristal·lització. El cristal·litzador es refrigera amb etilenglicol procedent d'un chiller, instal·lat a la mateixa àrea i dona servei al dos cristal·litzadors.

Seguidament *slurry* líquid i sòlid es transfereix per gravetat a la centrifuga. Un *slurry* es una mescla difícil de transportar, hi ha líquid i sòlid, interessa que tant el cristal·litzador com la centrifuga estiguin molt a prop, i el cristal·litzador per sobre de la centrifuga. S'alimenta la centrifuga, separa la fase líquida i sòlida, la fase líquida es retorna a l'àrea 200 per retornar-ho al procés. El sòlid que té una fracció de líquid, consisteix en àcid oxàlic i una gran quantitat d'impureses.

Per purificar s'utilitza un redissolver que redissol en vapor d'aigua els cristalls. El contingut del redissolver es torna a un evaporador per eliminar una petita part del dissolvent per assegurar que en el següent cristal·litzador es produeixi la cristal·lització de l'àcid oxàlic del dihidrat. En aquest evaporador que condensa els gasos que genera, també es tornarà a generar àcid nítric i aigua, aquest corrent es condueix a l'àrea 800. La fase líquida del evaporador es condueix a un darrer cristal·litzador, on es torna a produir el xoc tèrmic. Un altre cop un *slurry*, torna a caure per gravetat a una segona centrifuga on s'acaba eliminant els líquids que acompanyen al sòlid. Aquest líquids també es condueixen a la EDAR. A la fase sòlida que surt de la centrifuga es condueix mitjançant visos sense fi a l'àrea 500

1.5.5.5.L'àrea A-500

L'objectiu principal es condicionar el producte, acabar d'eliminar el dissolvent per assecatge i micronitzar-lo per assolir la mida desitjada pel client. Mitjançant visos sense fi el producte es conduit per un tanc pulmó fins a les assecadores de cilindre rotatori. Es subministra un cabal rigorós d'aire, sec, deshidratat a alta temperatura per

eliminar el dissolvent restant que impregna els cristalls. El gas que s'emporta el dissolvent pot arrossegar algunes partícules, per això es passa per un cicló. Les partícules que cauen del cicló acompanyen al sòlid a la següent operació, els molins. En aquest es micronitza l'àcid oxàlic dihidratat fins la mida desitjada, 0,4 mm. Els sòlids son transferits a una tamisadora, únicament els sòlids mes petits la travessaran, els mes grans es retornen mitjançant un transport pneumàtic amb aire comprimit fins al moli, on tornaran a ser triturades. En el moli es important instal·lar un filtre de mànigues per anar succionant l'aire que porta pols per evitar que s'hi formi a l'interior una atmosfera explosiva. Aquesta àrea 500 es troba molt a prop de l'àrea 400 per facilitar el transport del sòlid mitjançant cargols sense fi. Cal destacar que aquesta àrea conté zones ATEX, en el moli, a la tamisadora i al voltant d'equips, això fa que els treballadors hagin de treballar amb els equips i dispositius certificats ATEX per minimitzar els risc d'una explosió.

1.5.5.6.L'àrea A-600

Es l'àrea d'emmagatzematge del sòlid en una sitja i empaquetament del big-bags. La sitja es alimentada mitjançant un transport pneumàtic des de les tamisadores. La sitja actua com a tanc pulmó per si en algun moment la maquina empaquetadora pateix un error i s'ha de reparar durant un cert temps. Es un equip on es pot generar una atmosfera explosiva de tipus 21, la qual cosa s'instal·la un altre filtre de mànigues. Es troba situada sobre de la maquina empaquetadora de big-bags de manera que la cinta empaquetadora passa per sota de la sitja, just en aquesta posició hi ha una balança que mesura el pes de sòlid carregat, en funció d'aquest control de pes s'obre o tanca la vàlvula que dona pas al sòlids des de la sitja fins als big-bags. Finalment els big-bags es valen i es porten a l'àrea 1600.

1.5.5.7.L'àrea A-700

Recuperació de gasos i concentració de l'àcid nítric. Hi ha els gasos generats al reactor. Es disposa d'un *scrubber* amb aigua per rentar els gasos, per que els òxids de nitrogen s'absorbeixin a la fase liquida generant àcid nítric i alliberant a l'atmosfera un corrent ric d'oxigen. Seguidament es troba una columna de rectificació, el qual es carrega el corrent del absorbidor i el corrent que procedeix del condensador del evaporador final. Es separa l'aigua de l'àcid nítric, s'envia a reconcentració per tornar-lo a disposar al 70%. L'aigua generada es transporta juntament amb la fase liquida de la segona centrifuga a la EDAR.

1.5.5.8.L'àrea A-800

En la EDAR es treballa amb un tanc de neutralització d'àcids on es condueix des de un tanc que emmagatzematge hidròxid de sodi per neutralitzar-lo, el qual generarà sulfat sòdic i nitrat sòdic. Tanc de precipitació dels sulfats, nomes es pot eliminar 1mg/L ,per això es precipita una part. Tanc de desnitrificació, la font de carboni es l'etilenglicol que prové de la segona centrifuga i la font de nitrogen son els nitrats. El decantador secundari té la finalitat d'eliminar les cèl·lules, una part es retorna al tanc de desnitrificació i l'altre part es purga. La purga s'envia a un filtre de premsa,

deshidratant així els microorganismes i generant un fang que s'emmagatzema a l'àrea 900.

1.5.5.9.L'àrea A-900

Es l'àrea d'emmagatzematge i/o tractament de sòlids. Es tracta de l'arribada de camions d'empreses externes per emportar-ho a gestió externa.

1.5.5.10.L'àrea A-1000

S'inclouen les calderes de vapor i les torres de refrigeració, així com les descalcificadors. El circuit de vapor comença amb la caldera que genera vapor a la pressió i a la temperatura adient. Es té un col·lector que dona servei a tota la planta, sobre tot als bescanviadors de calor i al redisolver. En tots els equips que el vapor actua com a calefactor genera un condensat que es recopila en un tanc de condensats previ a la caldera.

Les aigües de refrigeració es un circuit format per unes bombes que impulsen l'aigua fins al procés, per la refrigeració de reactors i condensadors. Aquesta aigua rep la pressió necessària a les bombes per arribar a les torres de refrigeració ubicada a la mateixa àrea. Es refrigera de 30 a 37°C caient a un tanc cobert a la atmosfera, on les bombes succionen l'aigua per portar-la al circuit de refrigeració. A les calderes es fan purgues per eliminar salts, a les torres de refrigeració es perd aigua i a més la caldera necessita un aportació d'aigua constant per tal d'alimentar el redisolver amb vapor que no retorna a la caldera.

Es requereix d'un descalcificador per tractar l'aigua que procedeix de la xarxa publica d'aigües. Es treballen amb dues descalcificadores, ja que no pot treballar en continu de forma indefinida, sinó que quan l'element actiu estigui saturat, cal aturar l'operació i enviar-ho a gestió externa perquè el regeneri, en aquest moment comença a actuar l'altre descalcificadora. Es disposa de la estació transformadora d'electricitat i de grups electrògens que faran funcionar la planta en cas de fallada elèctrica. Estan dimensionats per fer funcionar els equips crítics. La toma SAI ha de donar servei a tots els ordinadors i instrumental en cas d'una fallada elèctrica, que podria ser crítica i devastadora en cas que no es disposes d'aquesta toma.

La ubicació del equips son clau per aprofitar aquesta alçada en el procés. La caldera es troba a la planta 4 pel primer evaporador i a la planta 2 pel segon evaporador. La sortida d'aquest seran per la planta 3 i 1, respectivament.

1.5.5.11.L'àrea A-1100

Balsa amb una petita estació de bombament que donarà servei a tots els hidrants i ruixadors de la planta. La balsa esta calculada segons el risc de perill de generació d'un incendi per un anàlisi realitzat per part de seguretat i prevenció de riscos i té les dimensions exigides

1.5.5.12.L'àrea A-1200

En aquesta àrea es troben les oficines pels treballadors de la empresa. Es ocupada per 82 treballadors

1.5.5.13.L'àrea A-1300

Els laboratoris son llocs de treball que permeten controlar la qualitat dels productes com els reactius, zona de control de qualitat. Per altre part es realitzen investigacions de I+D per possibles millores del procés

1.5.5.14.L'àrea A-1400

El taller de manteniment es un espai destinat a realitzar les reparacions necessàries a la planta. Esta formada per un taller, un magatzem per guardar els utensilis i recanvi de peces. També hi ha un espai destinat al manteniment de la planta.

1.5.5.15.L'àrea A-1500

Es un àrea destinada al benestar i comoditat dels treballadors. Esta formada per uns vestidors amb taquilla per guardar la roba de treball, incorpora una dutxa. L'àrea social engloba la cuina, el menjador i una sala de descans pels treballadors.

1.5.5.16.L'àrea A-1600

àrea crítica perquè tenim producte micronitzat. Es segueixen totes les mesures de seguretat per tal que no es generin atmosferes explosives. Ajuda que no sigui un àrea on hi hagi equips que treballin amb motors d'elevat potencial elèctric. En aquesta zona d'emmagatzematge es disposa d'un marc diàfan perquè puguin arribar els camions a carregar l'àcid oxàlic. Generalment es tenen cinc o sis expedicions al dia amb camions que s'emporten l'àcid oxàlic.

1.6.Especificacions i necessitats dels serveis de planta

El disseny d'una planta com la d'OXALIN, S.L. ha de comprendre la totalitat dels equips del procés i la seva implantació, però també el disseny dels sistemes de subministrament d'energia i de matèries auxiliars que si bé no formaran part dels reactius, productes o catalitzadors sí seran necessaris per tal que la planta operi de forma òptima. Alguns d'aquests serveis seran necessaris també per a qüestions de seguretat o apareixeran en fases concretes com la de la posada en marxa.

La peculiaritat d'aquests sistemes de subministrament de serveis recau en què la responsabilitat de l'enginyeria que elabora el projecte consisteix a calcular els requeriments (cabal, potència...) de cadascun dels serveis per a fer funcionar la planta, i a seleccionar el proveïdor i el model concret d'equip per a subministrar-los.

Els serveis de subministrament de matèria seran aigua de refrigeració, chiller amb etilenglicol, aigua descalcificada, aigua contra incendis, aire comprimit i vapor. Els serveis de subministrament d'energia seran energia elèctrica i energia tèrmica. A la taula següent es classifiquen aquests serveis i s'indica l'àrea de la planta on es troba l'equip que els produeix:

Taula 15. Classificació i localització dels serveis a planta.

Servei	Classificació	Font/Localització	Àrea
Aigua de xarxa	Matèria	Extern	Escomesa a peu de parcel·la
Aigua contra incendis	Matèria	Intern	A-1100
Aigua descalcificada	Matèria	Intern	A-1000
Aigua de refrigeració	Matèria	Intern	A-1000
Etilenglicol pel Chiller	Matèria	Intern	A-300 i A-400
Aire comprimit	Matèria	Intern	A-500
Vapor d'aigua	Matèria	Intern	A-1000
Oli tèrmic	Matèria	Intern	A-400
Gas natural	Energia	Extern	A peu de parcel·la
Electricitat	Energia	Extern	A peu de parcel·la

A continuació es desenvolupa el que és l'objectiu del present apartat: descriure els serveis de planta, calcular-ne els seus requeriments i escollir els equips amb què es produiran.

1.6.1. Aigua de xarxa

A l'emplaçament de la planta al polígon industrial Gasos Nobles, es disposa d'escomesa d'aigua de xarxa amb una canonada de 200 mm de diàmetre. L'aigua de xarxa s'emprarà en tots aquells punts de la planta que requereixin aigua: circuits de refrigeració, aigua contra incendis, aigua per a producció de vapor, aigua pel absorbidor, aigua per a la neteja d'equips, aigua de consum per al personal, aigua per als sanitaris i vestidors i aigua de reg per a les àrees verdes de la parcel·la.

Per tal de preservar els equips i canonades per on circularà aigua de la generació d'incrustacions per la precipitació de sals, la totalitat d'aigua de xarxa que s'emprarà es tractarà mitjançant un procés de descalcificació. A continuació, l'aigua de xarxa s'emmagatzemarà en un tanc que donarà servei a les diverses zones de la planta.

A excepció de l'aigua emprada en bescanviadors de contacte indirecte, que es tornarà a refrigerar a les torres de refrigeració i per tant s'utilitzarà en circuit tancat, la resta d'aigües (aigües de procés, sanitaris, de reg i contra incendis) es tractaran a l'estació depuradora d'aigües residuals (EDAR) de la planta abans de ser abocada.

El consum d'aigua es veu afectat per les pèrdues d'aigua produïdes a les torres de refrigeració, a la caldera de vapor, a la columna d'absorció, al consum humà i al reg. El consum anual generat es veu a la *taula 16*.

Taula 16. Consum total d'aigua

Cabal d'aigua total (m3/h)	Nº de consumidors	Dies de producció	Consum anual (m3/any)
6,37	5	320	48.944,9

1.6.2. Aigua contra incendis

L'aigua que s'emprarà en cas d'incendis en els equips ruixadors serà aigua de xarxa que, com s'ha apuntat anteriorment, passarà per un tractament de descalcificació (per tal d'evitar incrustacions en les canonades del sistema d'extinció d'incendis) i, seguidament, serà emmagatzemada en una balsa de 3000 m3 que es trobarà situada a l'àrea A-1100 de la planta. Aquesta balsa té la capacitat d'emmagatzematge suficient per contenir l'aigua necessària per tal d'apaivagar un incendi tal com dicta la normativa vigent.

Cal tenir en compte que, en cas que es produeixi un incendi, el sistema d'extinció absorbiria aigua de la mateixa balsa i que per tant caldrà dissenyar una estació de bombament d'aigua (EBA) per tal d'assolir la pressió requerida en els equips d'extinció.

1.6.3. Aigua descalcificada

Tota l'aigua que s'empra per a l'operació del procés i per al funcionament de la planta prové de la xarxa de subministrament. Segons s'indica en la bibliografia¹ Tàrrrega es troba en un territori (sud de la província de Lleida) caracteritzat per la duresa de l'aigua. Aquesta duresa es tradueix en una major concentració en l'aigua de sals de calci i magnesi, ions que mostren una solubilitat inversa, és a dir, la seva solubilitat és inferior a temperatura ambient i temperatures elevades que a temperatures baixes. Aquest fet porta a la generació d'incrustacions sobretot en aquells equips per on circula a major temperatura (calderes, torres de refrigeració, reactors, bescanviadors de calor).

Per aquest motiu, OXALIN, S.L., en el disseny de la planta de Tàrrrega ha decidit instal·lar una estació de descalcificació de l'aigua de xarxa i que es compondrà per un conjunt de 4 equips de bescanvi iònic. Aquesta estació es trobarà a l'àrea 1000 de la planta.

Es requereix aigua descalcificada per les pèrdues a la torre de refrigeració, a les purgues de la caldera de vapor, a l'aigua de caldera pel redissolver i a la columna

d'absorció. S'ha aproximat el consum d'aigua a tractar. A la *taula 17*, es mostra els cabals d'aigua a descalcificar.

Taula 17. Càlcul dels requeriments d'aigua descalcificada

Consumidors	Cabal (kg/h)	Cabal total (kg/h)	Cabal total (m3/h)
Pèrdues de la torre	0,0012	10.582,4312	10,5824312
Purga de la caldera de vapor	6.318		
Aigua caldera pel Redisolver	324		
Columna absorció	3.940,43		

1.6.4. Aigua de refrigeració

L'aigua de refrigeració serà requerida en diversos bescanviadors de calor de la planta, com per exemple, el que refrigera el reactor on es produeix una reacció exotèrmica o el que refreda el corrent que abandona el reactor, la temperatura d'operació del qual es troba entorn els 80°C.

Per a la refrigeració de l'aigua que abandona aquests bescanviadors de calor s'utilitzaran torres de refrigeració, equips en els quals l'aigua calenta es posa en contacte en contracorrent amb aire no saturat de manera que una petita fracció de l'aigua absorbeix calor del propi corrent d'aigua, refredant-lo, per a evaporar-se absorbint-se en la fase gas. Les torres de refrigeració permeten refredar l'aigua produint un salt tèrmic determinat i per tant, serà el salt tèrmic possible el que condicionarà el disseny dels bescanviadors de calor en els quals aquesta aigua s'emprarà com a refrigerant.

Així mateix, cal tenir en compte que en les torres de refrigeració una part del corrent d'aigua abandona la planta juntament amb la fase gas. Per tant, aquesta fracció d'aigua que es perd cal reemplaçar-la amb aigua de xarxa, provinent del tanc d'emmagatzematge posterior a l'operació de descalcificació.

Per a l'operació i el manteniment de les torres de refrigeració cal contemplar els següents aspectes:

- La formació d'incrustacions a les parets de la torre de refrigeració i a la canonada que l'alimenta. Aquestes incrustacions malmeten l'equip i en redueixen la seva vida útil i a més afecten a la capacitat de refrigeració de la torre empobrint el bescanvi de calor entre el líquid i el gas que es posen en contacte. Per tal d'evitar aquestes incrustacions, a part de descalcificar l'aigua que s'utilitza al circuit de refrigeració s'aplicaran antiincrustants a la torre.
- La formació d'incrustacions que porta a una presència de ions metàl·lics a la torre pot portar a corrosió dels seus materials, que s'evitarà amb l'addició de substàncies anticorrosives.

- Un dels principals problemes de les torres de refrigeració és la proliferació d'algues i bacteriana, especialment de *Legionel·la*, per les condicions òptimes de temperatura i humitat que es donen per a aquests microorganismes a l'interior de la torre. Per a evitar-ne el creixement s'aplicarà a les torres un tractament biocida.

La normativa que compleixen les torres de refrigeració a nivell nacional vé citada en el Art6 del Real Decreto 865/2003. El qual es ser aprovada al 2017, la norma *UNE 100030 Prevenció i control de la proliferació i disseminació de Legionel·la en instal·lacions*.^{41 42}

A nivell autonòmic, el *Decret 352/2004 ,el 27 de juliol, pel qual s'estableixen les condicions higiènic-sanitàries per a la prevenció i el control de la legionel·losi*.⁴³

A la planta OXALIN, S.L. l'aigua de refrigeració serà emprada per refredar els 4 reactors i actuarà com a fluid tèrmic en els condensadors ubicats a l'àrea 400. Aquesta aigua de refrigeració que subministra els equips, prové d'una torre a 30°C i s'escalfarà fins als 37°C. Aquesta aigua serà retornada per un circuit tancat a la torre de refrigeració.

Taula 18. Càlcul dels requeriments d'aigua de refrigeració.

Equip	T entrada (°C)	T sortida (°C)	Cabal (kg/s)
R-301	30	37	29,61
R-302	30	37	29,61
R-303	30	37	29,61
R-304	30	37	29,61
E-401	30	37	62
E-402	30	37	62
E-403	30	37	11,2
Cabal total (kg/s)			253,64

El equip seleccionat prové de l'empresa EWK, que dissenya torres de refrigeració amb un manteniment de fàcil accés i que segueix la normativa sanitària vigent.⁴⁴ El model escollit és EWB de circuit obert. L'elecció de la torre i les condicions es troben al Capítol 11.

Taula 19. Càlcul de la potència de les torres de refrigeració.

Model	Cabal total (kg/s)	Salt tèrmic (°C)	Potència dissipada (kW)
EWB 5750	253,64	7	7450,8

A la torre es produeixen pèrdues per evaporació i per l'arrossegament de gotes d'aigua. El càlcul d'aquestes pèrdues venen detallades al Capítol 11.

Taula 20. Pèrdues totals de la torre de refrigeració.

Tipus	Pèrdues (kg/s)
Evaporació	3,56
Gotes	0,75
Total	4,31

1.6.5. Etilenglicol per Chillers

En certs bescanviador de calor de la planta es requereix refredar el corrent líquid a temperatures notablement inferiors que en la resta de bescanviadors, com és el cas del corrent que prové del reactor i passa al cristal·litzador, on s'ha d'assolir la precipitació de l'àcid oxàlic.

Per a refredar aquests corrents no es pot emprar l'aigua que es refreda a les torres de refrigeració, perquè es requereixen assolir temperatures per sota de la temperatura a la qual entraria al bescanviador el fluid refrigerant. Per aquest motiu es decideixen instal·lar chillers, que refrigeraran etilenglicol a una temperatura de -7°C en el cas dels bescanviadors i a una temperatura de -5°C pels cristal·litzadors.

S'afegirà aire per tal de poder refredar per sota de la temperatura de fusió de l'aigua pura (0°C) sense que es congeli. Els chillers són màquines de refrigeració capaces de refredar un fluid refrigerant (en aquest cas etilenglicol) requerint una aportació d'energia per mitjà d'un compressor elèctric, en un cicle de refrigeració que comprèn una etapa d'evaporació (el fluid refrigerant absorbeix l'energia del corrent que ha de refrigerar), una etapa de compressió, una etapa de condensació (el fluid refrigerant condensa alliberant al chiller refrigerat amb aigua procedent de la torre de refrigeració la calor absorbida en l'evaporador) i una etapa de descompressió, per a tornar-se a refredar.

En aquest mateix capítol s'ha establert que en la temporada d'hivern es probable que s'assoleixi en certs moments temperatures inferiors a 0°C . Per a evitar que l'aigua que circula per canonades exteriors es congeli en aquests casos, conduint al dany i possible trencament de les canonades, s'ha optat per aïllar els trams exteriors de les canonades com l'opció menys complexa.

A planta OXALIN, S.L. es necessiten dos chillers. Un d'ells per subministrar al reactors identificat com CH-1001 i l'altre pels cristal·litzadors anomenat CH-1002. A les *taules 21 i 22* es mostren els requeriments d'etilenglicol.

Taula 21. Càlcul dels requeriments d'etilenglicol dels reactors.

Equip	T entrada (°C)	T sortida (°C)	Cabal (kg/s)
E-305	-7	12	15
E-306	-7	12	15
E-307	-7	12	7
E-308	-7	12	7
Cabal total (kg/s)			44

Taula 22. Càlcul dels requeriments d'etilenglicol dels cristal·litzadors.

Equip	T entrada (°C)	T sortida (°C)	Cabal (kg/s)
CR-401	-5	5	6,474
CR-402	-5	5	4,158
Cabal total (kg/s)			10,632

Taula 23. Càlcul de la potència dels dos chillers.

Equip	Cabal total (kg/s)	Potència útil (kW)	Potència real (kW)
CH-1001	44	3494.48	4368.1
CH-1002	10.632	444.4176	555.522

1.6.6. Vapor d'aigua

El vapor d'aigua serà requerit com a fluid calefactor als bescanviadors en què es requereix augmentar la temperatura d'un corrent. Es decideix treballar amb vapor d'aigua i no amb aigua calenta per dos motius:

- Treballar amb vapor permet disposar de fluid calefactor a una temperatura superior a 100°C a la pressió de treball.
- Treballar amb vapor permet disposar d'un fluid que es troba justament a la temperatura de condensació i que per tant, la calor que alliberaria en un bescanviador de calor conduiria únicament a la seva condensació, i no a una disminució de la seva temperatura.

El vapor es produirà a partir d'aigua descalcificada en una caldera de gas natural, i els condensats que es formen als bescanviadors de calor s'empraran per a tasques de calefacció, com per exemple mantenir la temperatura mesòfila òptima per als bacteris del reactor biològic de la depuradora o bé els vapor condensats es reenviaran a la caldera.

Es segueix la normativa nacional, Real Decreto 2060/2008, de 12 de desembre, *Reglament d'equips a pressió i instruccions tècniques complementatives*.

Es requereix vapor d'aigua en els bescanviadors de calor i en el redissolver. La temperatura d'entrada i sortida es la mateixa per tots els equips, això ens facilita el disseny de la caldera.

Taula 24. Càlcul dels requeriments de vapor d'aigua.

Equip	T entrada (°C)	T sortida (°C)	Cabal (kg/s)
E-501	180	132	8,64
E-502	180	132	8,64
E-303	180	132	0,09
E-304	180	132	0,09
RD-401	180	-	0,09
Cabal total (kg/s)			17,55

Taula 25. Càlcul de la potència i les pèrdues de la caldera de vapor.

Model	Cabal total (kg/s)	nº equips	Potència útil (kW)	Potència real (kW)	Pèrdues (kW)
ATTSU H-S	17,55	2	34.027,695	42.534,6188	1.263,6

1.6.7. Aire comprimit

El servei d'aire comprimit és indispensable per al funcionament de tots els llaços de control que governen el procés. Totes les vàlvules de control i les vàlvules automàtiques rebran senyals de pressió i, en conseqüència, ajustaran la seva obertura.

L'aire que serà impulsat a través de la xarxa d'aire comprimit pot portar impureses sòlides o líquides. És cabdal tractar aquest aire mitjançant assecadors i prefiltres per a eliminar-ne la humitat i les micropartícules sòlides que pugui arrossegat. Aquest pretractament allargarà la vida útil del compressor i dels equips dels llaços de control. A continuació del compressor s'instal·la un tanc d'emmagatzematge d'aire comprimit que donarà servei al sistema de control amb un cabal variant en funció de les necessitats.

Taula 26. Càlcul dels requeriments d'aire comprimit.

nº total de vàlvules	Cabal màxim (m³/h)	Cabal total d'aire (m³/h)
75	3	225

1.6.8. Oli tèrmic

L'oli tèrmic es bàsicament un fluid utilitzat per transportar la calor. L'origen es troba a la destil·lació del petroli. Aquest fluid tèrmic ha sigut una revelació en la tecnologia industrial comparat amb la resta de sistemes convencionals, ja que té una gran utilitat en els processos que requereixen temperatures entre 180 i 280°C, encara que funcionen a pressions baixes.⁴⁶

A nivell industrial l'oli tèrmic a aportat una gran varietat de avantatges, permeten un gran control de calor, el qual proporciona un rendiment major i un gran estalvi econòmic. Es capaç d'evitar corrosions i incrustacions a les canonades. Si comparem el vapor amb l'oli, aquest últim necessita menys combustible per escalfar-se i és igual d'eficient.

A la planta OXALIN, S.L. es requereix d'una caldera d'oli tèrmic per escalfar a elevades temperatures. L'oli es l'element principal del sistema, en el qual un combustible líquid es escalfat i transferit per aportar energia a diferents components dins del circuit tancat. Les necessitats de cabal i potència es mostren a la taula 27 i 28.

Taula 27. Càlcul dels requeriments de la caldera d'oli.

Equip	T entrada (°C)	T sortida (°C)	Cabal (kg/s)
EV-401	290	260	0,02
EV-402	290	260	0,02
EV-403	290	260	0,004
Cabal total (kg/s)			0,044

Taula 28. Càlcul de la potència de la caldera d'oli.

Model	Potència útil (kW)	Potència real (kW)	Potència màxima del equip (kW)
ETE FT77/3	62,8	77,9	90

1.6.9. Electricitat

L'energia elèctrica fa funcionar des de totes les bombes i compressors del procés i dels serveis auxiliars fins a cadascun dels sensors dels sistemes de control, els equips electrònics que s'utilitzin a la planta i als laboratoris, la xarxa informàtica i la lluminària de tota la planta.

És de vital importància calcular adequadament els requeriments de potència elèctrica que caldrà transformar al voltatge requerit pels equips així com tenir en compte que caldrà disposar de la instal·lació necessària per a assegurar el subministrament elèctric en cas de fallada a la xarxa de subministrament externa o a l'estació transformadora.

Taula 29. Càlcul dels equips que consumeixen electricitat.

Equip	Potència (kW)	Equip	Potència (kW)
TR-1001	7.450	PC-001	132
PC-102	2,2	CH-1001	4.368
PV-102	0,5	CH-1002	555
PC-101	1,5	CC-501	5,5
PV-101	1,2	CC-502	5,5
PC-103	2,2	CC-503	2,2

PV-103	0,3	CC-504	2,2
PC-401	2,2	EX-501	0,75
PV-401	0,4	EX-502	0,75
PC-402	2,2	CO	77,9
PC-403	2,2	Oficines i edificis	100
PC-404	400	D-501/502	12,56
PV-402	0,4	ML-501,ML-502	528
PC-301	15	TM-501,TM-502	2,2
PV-403	3	Potència total (kW)	13.672,86

Taula 30. Càlcul de la potència total i aparent.

Potència total (kW)	Potència aparent (kVa)	Potència ap. Sobredim. 20%
23.130	28,912	34,695

1.6.9.1.1.Estació transformador

El subministrament elèctric de què es disposa a peu de parcel·la és de mitja tensió (20 kV). Cal disposar a la planta d'una corrent trifàsica que permeti fer funcionar motors trifàsics que requereixin un voltatge de 380 V així com aparells i lluminària que requereixen una tensió de 250 V. Una bona opció seria instal·lar una subestació transformadora capaç de transformar fins a 6,3 MVA. Aquest tipus de transformadores estan dissenyades pe HIMOINSA el model HRS 3150 D5/6.⁴⁸

1.6.9.1.2.Grup electrogen

Una planta química com la que es dissenya per OXALIN, S.L. no pot quedar-se sense subministrament elèctric en cap moment. Les conseqüències d'una manca d'energia elèctrica podrien ser devastadores: aturada dels sistemes de refrigeració, aturada dels sistemes de control i monitoratge, aturada d'agitadors, aturada del sistema informàtic, entre moltes altres.

Cal, per tant, adquirir un grup electrogen capaç de subministrar la potència requerida per tots els equips de procés, auxiliars, lluminària i sistemes informàtics en cas que es produís una fallada ala xarxa de subministrament elèctric.

Els grups electrògens són motors de combustió interna que, per tant, igual que les calderes, tindrien un cert consum de gas natural en cas d'haver-se de posar en funcionament.

Per evitar que la planta es pari a causa d'una aturada elèctrica, es sobredimensionar la potència total fins a un 50%. La potència del sistema ser aproximadament de 20.509 kW. La potencia requerida es superior a qualsevol grup electrogen que es ven actualment. Per tant, se selecciona un model que abasteixi elevades potències, aquest es el model 4016-61TRG3 de la empresa INMESOL-ALFA GENERATORS, capaç de subministrar 2.275 kVA i 1.820 kW.⁴⁷

1.6.9.1.3.Sistema d'alimentació ininterrompuda (SAI)

Els SAI s'instal·len en centres de treball que depenen de subministrament elèctric inestable, és a dir, que pateix fallades freqüentment i en aquelles indústries en què, pel caràcter crític de l'activitat que s'hi porta a terme no es poden permetre quedar-se sense electricitat ni davant d'una eventual fallada del grup electrogen.

Un SAI és un equip que emmagatzema al seu interior bateries a les quals es connecta el sistema informàtic de la planta. En cas de fallada del subministrament elèctric, l'autonomia de les bateries del SAI permetria desar la informació dels ordinadors i apagar-los correctament, sense malmetre les memòries.

Per a la planta dissenyada i operada per OXALIN, S.A. es disposarà d'un SAI de tipus Line-Interactive, més car que els estàndard però que minimitzen el temps requerit per a canviar de font d'alimentació dels equips que hi són connectats de l'estació transformadora a les bateries del SAI.

S' estima que la necessitat elèctrica dels equips i sistemes informàtics no sobrepassen els 60 kW. Els experts en SAI és la empresa ENDATA, la qual ens permet abastir des de 60 a 500 kVa de les necessitats requerides, a partir d'un SAI Trifàsic de sèrie D.⁴⁵

1.6.10.Gas natural

Es requerirà gas natural per a produir les reaccions de combustió a la caldera i al grup electrogen. En el primer cas, la calor despresa per la reacció exotèrmica del gas natural servirà per a produir vapor a alta pressió a partir d'aigua descalcificada. En el segon cas, servirà per a augmentar la pressió d'uns gasos de combustió que empenyeran l'èmbol del motor produint un moviment alternatiu connectat a un alternador en el qual es produirà energia elèctrica.

Així mateix, es requerirà gas natural per a produir aigua calenta en la caldera que ha de subministrar aigua per al consum del personal i dutxes. Es disposa de subministrament de gas natural a mitja pressió a peu de parcel·la.

Taula 31. Càlcul dels requeriments de gas natural.

Consum	Cabal (Nm ³ /h)
Cabal de combustible	4,21
Serveis sanitaris	173,2
Cabal total de combustible	177,41

1.7. Plantilla de treballadors estimada a operar la planta

La planta que és objecte de disseny es configura per tal que operi en continu durant 320 dies l'any per tal d'assolir una producció mínima de 32.000 T/any. Per tant, la planta romandrà aturada durant 45 dies l'any, períodes que es dedicaran a tasques de manteniment i a l'execució de grans projectes d'inversió.

En tractar-se d'una planta que opera en continu i que per tant l'ideal és operar el màxim nombre de dies de forma ininterrompuda atenent al fet que aquest tipus de plantes es caracteritzen per la dificultat/complexitat de les posades en marxa, i al mateix temps tenint-se en compte els períodes festius habituals, es programen els següents períodes de parada: 3 setmanes durant el mes d'agost, 17 dies durant les festes de Nadal i Setmana Santa.

El funcionament de la societat es divideix en dos plans: el pla d'administració general i el pla d'operació de la planta. El funcionament de la planta serà regit per Director de Planta, el qual serà reportat per un total de set departaments. Cadascun d'aquests departaments serà dirigit per un Cap de Departament. Per sota del Cap de Departament, diversos empleats que treballaran segons dos règims diferents: torn partit o torn rotatori.

Els empleats que treballen a torn partit (directius, administratius i tècnics) ho faran durant 40 hores setmanals de dilluns a divendres. Quant al règim de torn rotatiu, s'implementaran dues modalitats diferents: als departaments de Garantia de Qualitat, Enginyeria i Manteniment, Logística i HSE, s'establiran dos torns, un de matins i un de tardes i de dilluns a divendres. S'establirà una rotació entre els integrants de cada torn per a desenvolupar retens fora de l'establiment durant les nits i els caps de setmana. Durant aquests períodes, l'empleat de retén haurà de trobar-se localitzable en tot moment; al departament de Producció, s'establiran cinc torns, tres dels quals treballaran (matins, tardes i nits) i dos dels quals descansaran. S'establiran períodes de sis dies seguits treballant i quatre dies descansant. A més, en el canvi de torn, els operadors que havien treballat de matins l'anterior ho faran de tardes el següent, i els que ho havien fet de tardes, de nits, donant-los a tots 8 hores addicionals de descans. D'aquesta manera, en els períodes de treball, treballaran 2 dies de matins, dos de tardes i dos de nits.

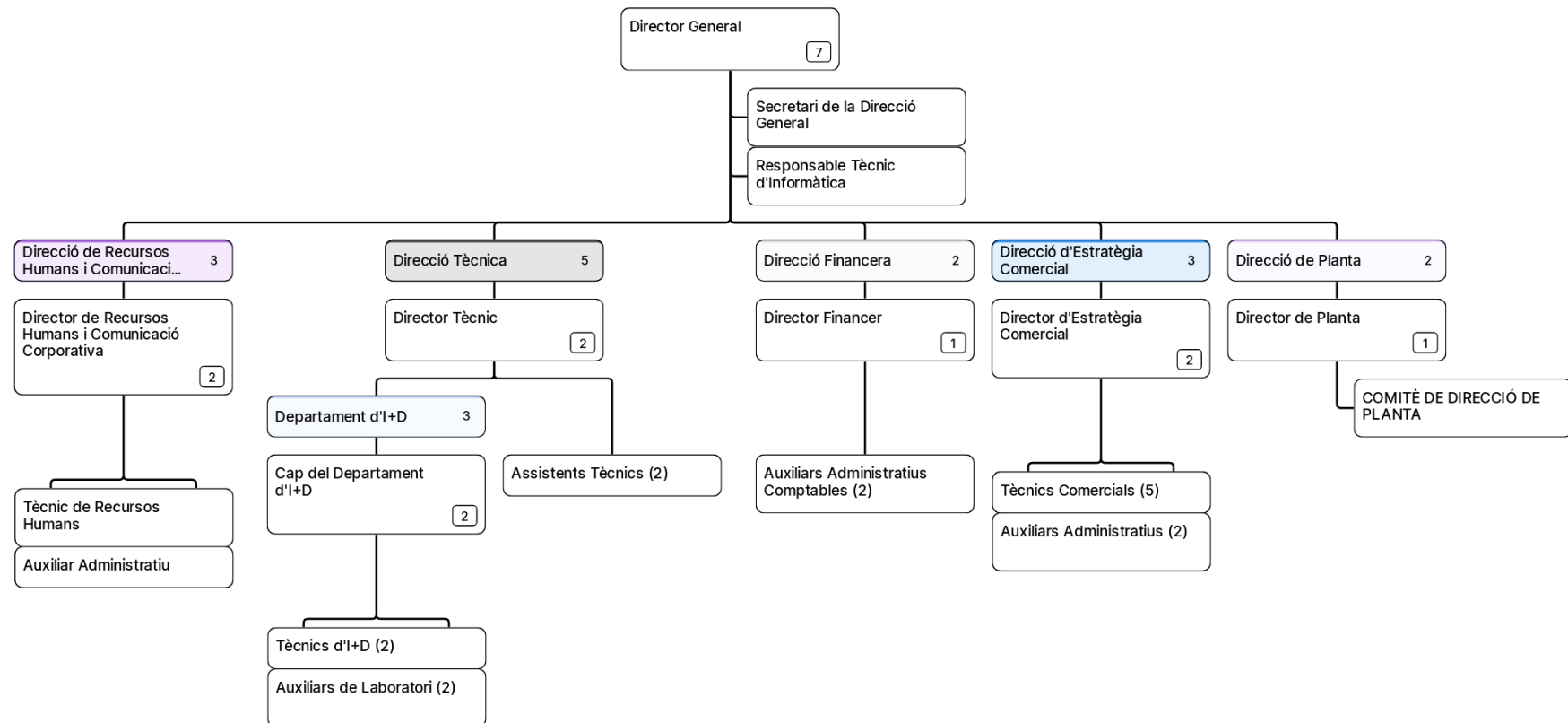
Tenint en compte els torns establerts, els treballadors treballarien fins a complir-se el 333 dies que marca el conveni d'Indústries Químiques. No obstant això, la planta operarà tant sols durant 320 dies. Per a acabar de complir les hores del conveni, els treballadors en règim de torn rotatiu del departament de Producció, realitzaran una sèrie d'hores en concepte de formació i tasques de neteja de la planta.

A continuació s'exposa l'organigrama de l'empresa:

Organigrama COMITÈ DE DIRECCIÓ OXALIN, S.L.

Director General

:e

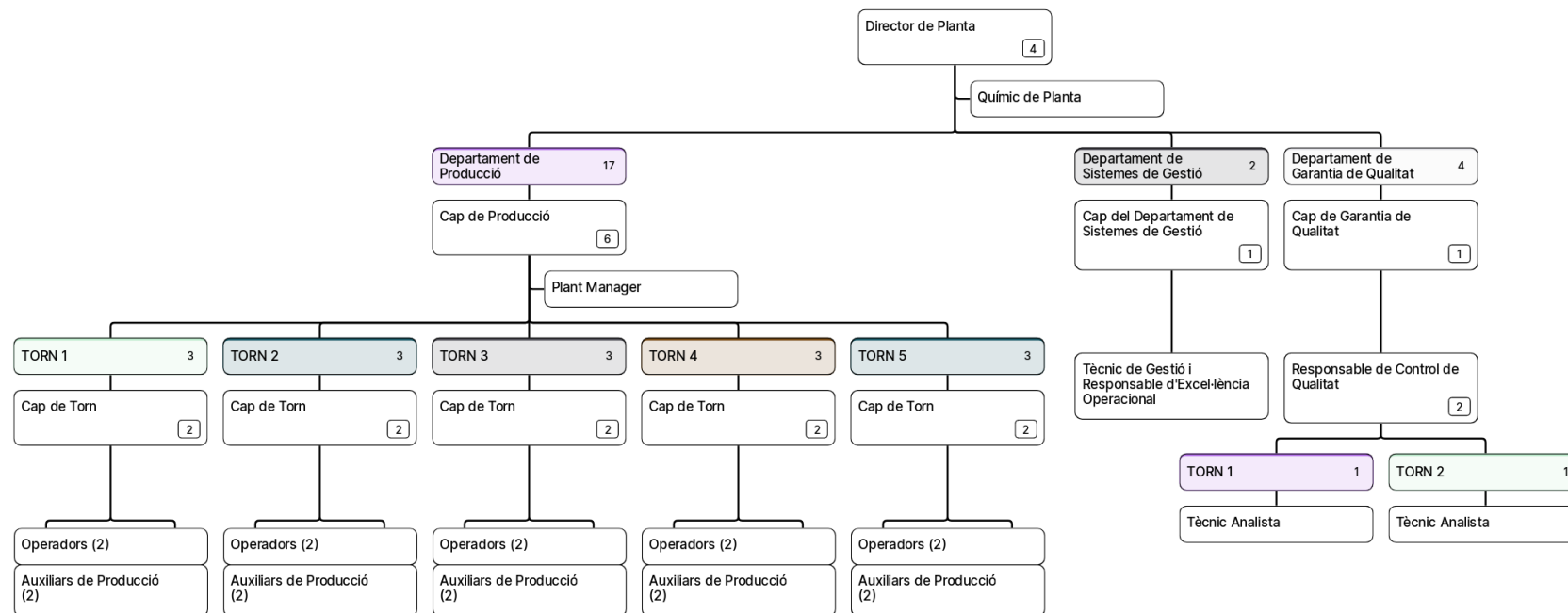




ORGANIGRAMA PLANTA OXALIN (1/2)

Director de Planta

projecte

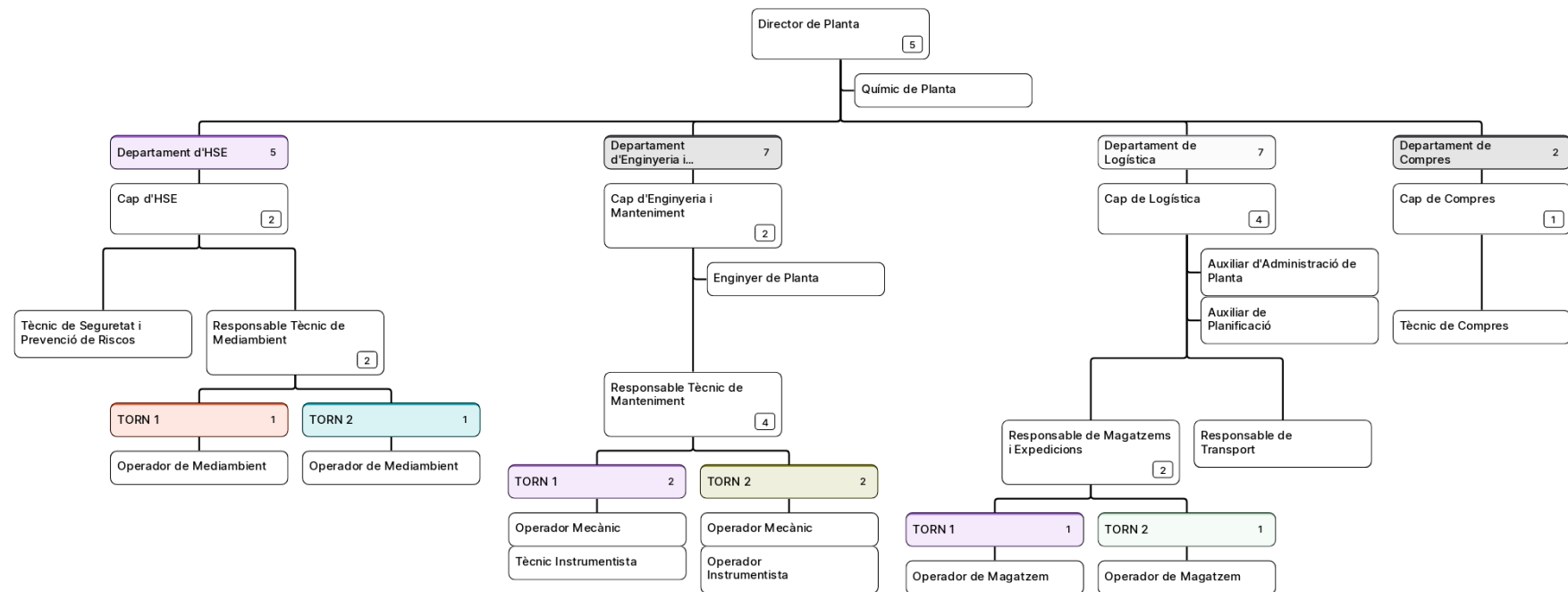




ORGANIGRAMA PLANTA OXALIN (2/2)

Director de Planta

e





Com s'extreu dels organigrames, l'empresa es troba governada per un Comitè de Direcció, que es convertirà en Comitè Executiu en incorporar el Responsable Tècnic d'Informàtica i el Cap d'Enginyeria i Manteniment, com a responsable directe de l'execució de les inversions aprovades per a la planta. Aquest Comitè de Direcció es trobarà integrat pels directors de les següents Àrees:

- **Direcció General:** és el departament superior del govern de la societat. El dirigeix el Director General, sobre el qual recauen directament les carteres de coordinació del Comitè de Direcció i les diverses Àrees, les relacions institucionals i l'harmonització del desenvolupament de les diverses tasques interdepartamentals. També formaran part d'aquesta Àrea el Secretari de la Direcció, encarregat d'assistir el Director General en les tasques que aquest li delegui. El Secretari de Direcció actuarà, així mateix, com a Secretari General del Comitè de Direcció. Així mateix, dependrà directament de la Direcció General el Responsable Tècnic Informàtic, encarregat del correcte funcionament dels sistemes informàtics de la planta i de la seguretat a la xarxa.
- **Direcció de Recursos Humans i Comunicació Corporativa:** dirigida pel Director de Recursos Humans i Comunicació Corporativa, corresponen a aquest departament la gestió de les relacions amb els treballadors, la contractació de nous perfils i la comunicació externa i interna així com la representació institucional de l'empresa, per delegació de la Direcció General. Formen part d'aquest departament dos Tècnics i dos Auxiliars Administratius, que s'encarregaran de realitzar els processos de selecció, desenvolupar campanyes que involucrin els treballadors, desenvolupar projectes de millora contínua i assistir al Director del departament.
- **Direcció Tècnica:** dirigida pel Director Tècnic, corresponen a aquesta Àrea les carteres de desenvolupament industrial, innovació i product management. El departament d'I+D depèn directament d'aquesta Direcció i està format pel seu Cap, dos Tècnics i dos Auxiliars de Laboratori, que s'encarregaran de fer síntesi. El dit departament té com a objectius la optimització de la química del procés i la indagació de noves maneres d'operar les diverses unitats de la planta per a millorar els nivells de productivitat i la qualitat del producte. També depenen d'aquesta direcció els Assistents Tècnics, que s'encarregaran d'establir contacte amb el client, solucionant-los qualsevol qüestió o problema entorn a la qualitat del producte o la seva distribució.
- **Direcció Financera:** dirigida pel Director Financer, les principals atribucions de l'Àrea són la comptabilitat, l'anàlisi i aprovació de nous projectes d'inversió, la monitorització del mercat de l'àcid oxàlic i el control econòmic de l'empresa. Adjunts al Director, dos Auxiliars Administratius Comptables que realitzaran la tasca de Controller.
- **Direcció d'Estratègia Comercial:** corresponen a aquesta Àrea les carteres d'estudi de noves adquisicions, la valoració de l'impacte sobre el mercat del

producte de noves estratègies publicitàries, el desenvolupament i execució d'estudis sobre l'impacte de la variació del preu del producte i l'exploració de nous mercats en busca de nous nínxols estratègics a cobrir. Reportaran al Director de l'Àrea cinc Tècnics Comercials que s'encarregaran de la col·locació del producte a nivell mundial i dos Auxiliars Administratius.

- **Direcció de Planta:** fa referència a una institució, el Director de Planta, que s'encarregarà de coordinar el diversos departaments que la componen. Reportarà directament al Director de Planta el Químic de Planta, encarregat d'harmonitzar les relacions entre el departament d'I+D, depenent de la Direcció Tècnica i el departament de Producció, depenent de la Direcció de Planta.

Per tant, el Director de Planta s'encarregarà de dirigir els següents departaments, que configuren el centre de producció que és objecte de disseny:

- **Departament de Producció:** encapçalat per Cap de Producció, és el departament encarregat de l'operació dels processos que tenen lloc a la planta i que tenen l'objectiu de transformar les matèries primeres en el producte d'interès. El Cap de Producció serà el número dos del Director de Planta en quant a qüestions de l'operació de la mateixa. El Cap de Producció disposarà d'un back-up, amb càrrec de Plant Manager. Per sota del Cap de Producció s'establiran cinc torns, formats per un Cap de Torn, dos operadors i dos auxiliars. El reduït nombre de treballadors que conformen els torns es deu al fet que la planta treballa en continu, la qual cosa fa que no s'hagin de portar a terme tasques de càrrega, descàrrega i neteja d'equips de forma freqüent i a l'automatització dels processos. Els operadors s'encarregaran de controlar els paràmetres que governen el procés i supervisar les diverses operacions, mentre que els auxiliars s'encarregaran d'operar etapes com la d'empaquetatge, descàrregues mecàniques dels filtres de mànigues, comprovació del correcte posicionament de les vàlvules i totes aquelles que se'ls delegui per part del Cap de Torn.
- **Departament de Sistemes de Gestió:** dirigit pel Cap de Sistemes de Gestió, correspon a aquest departament l'avaluació de les diverses etapes del procés productiu, la redacció de protocols per a la correcta i eficient operació de la planta, la realització d'auditories internes i la supervisió del compliment de les pautes que s'estableixen per a l'obtenció dels diversos certificats d'excel·lència operacional. El Cap del departament serà assistit per un Tècnic encarregat de l'Excel·lència Operacional, que s'encarregarà de la implementació de la filosofia Lean Manufacturing a tots els nivells de la planta i de desenvolupar campanyes de millora contínua de l'activitat en la mateixa.
- **Departament de Garantia de Qualitat:** serà responsabilitat del Cap del departament que s'assoleixi en totes les accions del procés de producció un alt nivell de qualitat, no només en el producte sinó també a nivell operacional i

mediambiental. Reportarà directament al Cap del departament el Responsable de Control de Qualitat, encarregat de coordinar les actuacions de verificació de la qualitat de les matèries primeres, el producte i la formulació i empaquetatge del mateix. L'Àmbit de Control de Qualitat s'organitzarà en dos torns, formats per un Analista en cada cas, que s'encarregarà de portar a terme els testos analítics pertinents per a assegurar la qualitat de les diverses matèries.

- **Departament d'HSE (Healthy, Safety and Environment):** correspon a aquest departament assegurar la seguretat dels treballadors de la planta en totes les activitats que s'hi realitzen, tant a l'interior de l'establiment com en l'exterior, per exemple, en els trajectes dels treballadors del domicili a l'empresa. Així mateix, serà objectiu del dit departament controlar el funcionament de les diverses operacions dirigides al tractament d'efluents líquids i gasosos derivats del procés productiu, així com efectuar la contractació de la gestió externa dels residus sòlids. Formaran part d'aquest departament un Tècnic de Seguretat i Prevenció de Riscos, que s'encarregarà de la redacció i implementació de protocols per a l'assoliment de l'objectiu "Accidentalitat 0", la contractació de formació i simulacres en matèria de seguretat i la supervisió del compliment de la normativa en matèria de seguretat a la planta i en els projectes que es decideix executar. També en formarà part un Responsable Tècnic de Mediambient, del qual dependran dos Operadors organitzats en dos torns que s'encarregaran de l'operació de l'EDAR.
- **Departament d'Enginyeria i Manteniment:** donades les dimensions de la planta i la complexitat del procés, s'ha decidit fusionar el dos Àmbits sota una sola Direcció de Departament. A l'Àmbit d'Enginyeria, dirigit per delegació del Cap de departament per l'Enginyer de Planta, correspon la implementació de millores tècniques al procés i l'elaboració i seguiment de l'execució de nous projectes per a la millora de les instal·lacions i del procés productiu. Per tant, correspon a aquest departament la gestió de les partides més quantioses dels capítols corresponents al pressupost variable de la planta. A l'Àmbit de Manteniment, encapçalat per un Responsable Tècnic, correspondrà la realització de les reparacions sobre els equips i accessoris, els circuits elèctrics i els instruments que conformen el procés productiu. Així mateix, aquest Àmbit té com a objectiu desenvolupar intenses tasques de manteniment i neteja d'equips durant les parades tècniques de la planta. L'Àmbit de Manteniment es trobarà format per dos torns, formats cadascun per un especialista mecànic i especialista instrumentista.
- **Departament de Logística:** dirigit pel Cap de Logística, a aquest departament correspon la planificació de les diverses activitats que es porten a terme a la planta. Dependran directament del Cap del departament dos auxiliars d'alt rang, un de Planificació i un d'Administració de Planta. El departament de Logística té com a principal objectiu coordinar les expedicions de producte

acabat, l'emmagatzematge del mateix i de les matèries primeres, l'harmonització de les relacions entre el departament de Producció i l'Àmbit de Control de Qualitat i la correcta identificació de les diverses remeses produïdes per tal d'assegurar la traçabilitat del producte. El departament es divideix en dos Àmbits dirigits per dos Responsables Tècnics: el de Magatzem i Expedicions, que s'encarregarà de portar a terme la gestió del magatzem de producte acabat, el transport del producte des de l'àrea de producció a la d'emmagatzematge i de realitzar les operacions de càrrega de tràilers i descàrrega de cisternes així com de l'elaboració de la documentació que acompanya aquestes activitats; i el de Transports, el responsable del qual s'encarregarà de la contractació del transport dels diversos productes.

- **Departament de Compres:** té per objectiu assegurar l'abastiment de matèries primeres de forma ininterrompuda durant els períodes de producció. Així mateix, correspon a aquest departament l'aprovació i execució de nous medis de transformació i equipament de laboratori, tallers i oficines. Un Tècnic de Compres reporta directament al Cap d'aquest departament.

Els diversos treballadors de la planta es classifiquen, en funció del rol que desenvolupen i de les responsabilitats que se li atribueixen, en diversos grups professionals: els grups 3, 4, 5 i 6, que es regiran pel conveni d'Indústries Químiques, i els grups 7 i 8, que no es regiran per present conveni. A més, s'afegeix el grup 0, per a classificar els empleats de rang 8 que formen part del Comitè de Direcció de l'empresa.

Taula 32. Distribució de les Direccions de l'empresa OXALIN, S.L. i dels Departaments de la planta que és objecte de disseny i els seus treballadors, establerts segons un estudi entorn al dimensionament de la plantilla per a l'operació de la planta.

ORGANISME		CÀRREC	GRUP PROFESSIONAL	RÈGIM
Comitè de Direcció de l'empresa OXALIN, S.L.		Director General	0	Torn partit
		Director de Recursos Humans i Comunicació Corporativa		
		Director Tècnic		
		Director Financer		
		Director d'Estratègia Comercial		
		Director de Planta		
Direcció General (a més del Director General)		Secretari de la Direcció General	5	Torn partit
		Responsable Tècnic d'Informàtica	7	
Direcció de Recursos Humans (a més del Director de R.R.H.H.)		Tècnic de Recursos Humans	6	Torn partit
		Auxiliar Administratiu	4	
Direcció Tècnica (a més del	Departament I+D	Cap del Departament d'I+D	7	Torn partit
		Tècnics del Departament d'I+D (2)	5	



Director Tècnic)		Auxiliars de Laboratori (2)	4	
		Assistents Tècnics (2)	6	
Direcció Financera (a més del Director Financer)		Auxiliars administratius comptables (2)	4	Torn partit
Direcció d'Estratègia Comercial (a més del Director D'Estratègia Comercial)		Tècnics Comercials (5)	5	Torn partit
		Auxiliars Administratius (2)	4	
Comitè de Direcció de la Planta (a més del Director de Planta)		Cap del Departament de Producció	8	Torn partit
		Cap del Departament de Sistemes de Gestió	8	Torn partit
		Cap del Departament de Garantia de Qualitat	8	Torn partit
		Cap del Departament d'HSE	8	Torn partit
		Cap del Departament d'Enginyeria i Manteniment	8	Torn partit
		Cap del Departament de Logística	8	Torn partit
		Cap del Departament de Compres	8	Torn partit
Departament de Producció (a més del Cap)		Plant Manager	7	Torn partit
		Caps de Torn (5)	5	Torn rotatiu
		Operadors (10, 2 per torn)	4	Torn rotatiu
		Auxiliars (10, 2 per torn)	3	Torn rotatiu
Departament de Sistemes de Gestió (a més del Cap)		Tècnic de Gestió i Excel·lència Operacional	6	Torn partit
Departament de Garantia de Qualitat (a més del Cap)		Responsable de Control de Qualitat	7	Torn partit
		Tècnics Analistes (2, 1 per torn)	4	Torn rotatiu
Departament d'HSE (a més del Cap)		Tècnic de Seguretat i Prevenció	6	Torn partit
		Tècnic de Mediambient	6	Torn partit
		Operadors de Mediambient (2, 1 per torn)	4	Torn rotatiu
Departament d'Enginyeria i Manteniment (a més del Cap)		Enginyer de Planta	7	Torn partit
		Responsable Tècnic de Manteniment	7	Torn partit
		Operadors Mecànics (2, 1 per torn)	5	Torn rotatiu
		Tècnic d'Instrumentació	5	Torn rotatiu
		Operador d'Instrumentació	4	Torn rotatiu
Departament de Logística (a més del Cap)		Responsable de Transport	7	Torn partit
		Responsable de Magatzem i Expedicions	7	Torn partit
		Operadors de Magatzem (2, 1 per torn)	4	Torn rotatiu
		Auxiliar d'Administració de Fàbrica	4	Torn partit
		Auxiliar de Planificació	4	Torn partit

Departament de Compres (a més del Cap)	Tècnic del Departament de Compres	6	Torn partit
---	-----------------------------------	---	-------------

1.8. Planificació temporal

Una vegada s'aprovi el projecte de la planta OXALIN, S.L. es planifica la seva construcció. La programació de construcció s'inicia el 29 de juny de 2021 i finalitza el 16 de juny de 2023, un període d' 1 any, 11 mesos i 16 dies. Durant aquest procés es duen a terme una sèrie de tasques. Aquestes s'organitzen segons la duració que necessitin per realitzar-se i l'orde de preferència. A la *taula 33*, es mostra una recopilació de totes les tasques organitzades segons la duració i la prioritat.

Taula 33. Tasques de la planificació.

Nº de tasques	Tasca	Duració (dies)	Precedència
1	Enginyeria al detall	120	0
2	Obtenció de llicències de obres i activitats	150	0
3	Demanda d'equips	150	1
4	Neteja del terreny	60	2
5	Excavacions i cimentació	60	3
6	Instal·lació de subministres	30	5
7	Aceres i vials	60	4
8	Aparcament	15	4
9	Garita de seguretat	5	6
10	Edificació de les oficines	60	6
11	Instal·lació del taller i laboratori	60	6
12	Instal·lació dels vestidors, cantina i àrea social	60	6
13	Instal·lació de suports, escales i portes	30	6
14	Instal·lació de les canonades de procés	60	12
15	Connexió de instruments de les canonades de procés	30	28
16	Instal·lació de les canonades de servei	60	21
17	Connexió de instruments de les canonades de servei	30	22,26
18	Instal·lació de la EDAR	30	6
19	Balsa contra incendis	30	6
20	Àrea d'emmagatzematge de les matèries primeres	60	4,6
21	Àrea de mescla de reactius	60	4,6
22	Àrea de reacció	60	4,6
23	Àrea de concentració i cristal·lització del producte	60	4,6
24	Àrea d'assecatge i trituració del producte	60	4,6
25	Àrea de la sitja i empaquetadora	60	4,6
26	Àrea de tractament de gasos i concentració de l'àcid nítric	60	4,6

27	Àrea de tractament de líquids	60	4,6
28	Àrea dels auxiliars	60	4,6
29	Àrea del magatzem de big-bags	60	4,6
30	Calibratge d'equips	30	27
31	Instal·lació del sistema elèctric	30	12
32	Connexió del sistema elèctric	30	3,22
33	Instal·lació de la instrumentació	30	22,24,26
34	Connexió de la instrumentació	30	28
35	Aïllament d'equips	30	31
36	Aïllament de canonades	30	32
37	Aïllament de conductes	30	29
38	Assaig d'equips	30	33,34
39	Pintura	30	35
40	Neteja	30	36

Una manera de representar aquestes dades es a partir d'un diagrama de Gantt. S'ha utilitzat la aplicació OpenProj per dissenyar-lo. A la *figura 23*, es representa el diagrama de Gantt amb les diferents tasques. Cal destacar que les tasques que segueixen el camí crític es troben identificades de color vermell. En canvi, les tasques blaves es podrien modificar sense afectar a la data de finalització

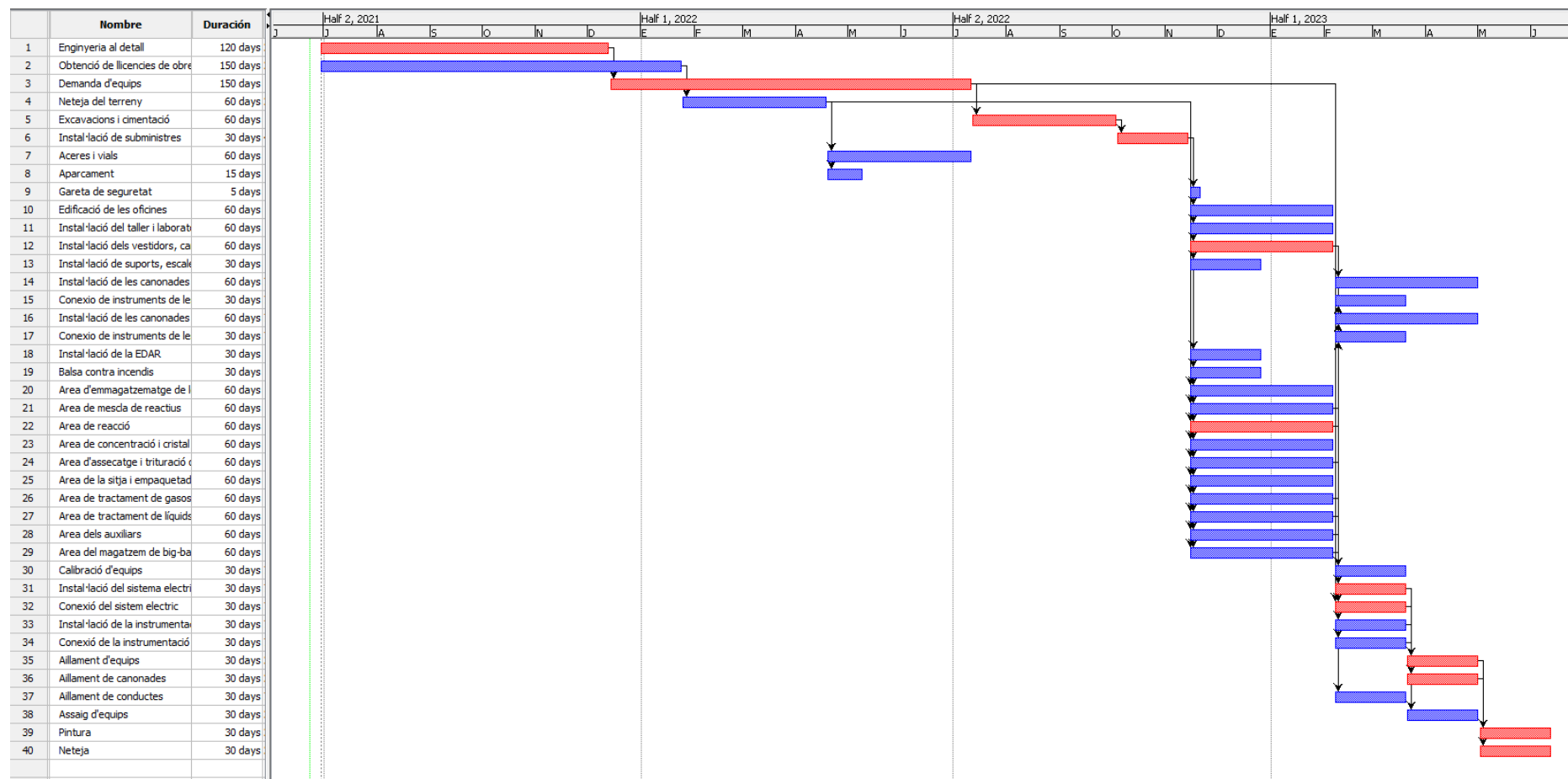


Figura 23. Diagrama de Gantt a partir d'Openproj.

1.9. Bibliografia

- ¹ Angosto Olmos, Luis Ángel. (2011). *Organización, Planificación y Optimización de Paradas de Planta para Mantenimiento Programado*. upct.es
- ² Carreras Bierge, Maria. (14 de novembre de 2013). *Els climes de Catalunya*. Recuperat el 13/04/2021. [El clima mediterrani d'interior - Els climes de Catalunya \(google.com\)](http://google.com)
- ³ Wheather Spark. *Clima promedio en Tàrrega, España*. Recuperat el 13/04/2021. [Clima promedio en Tàrrega, España, durante todo el año \(Weather Spark\)](http://Weather Spark)
- ⁴ Generalitat de Catalunya. (1999). *Atles sísmic de Catalunya*. (http://www.igc.cat/web/files/atles_sismic.pdf)
- ⁵ Ajuntament de Tàrrega. *Informació de la ciutat de Santa Maria de Montmagastrell*. Recuperat el 14/04/2021. [Santa Mariade Montmagastrell — Ajuntament de Tàrrega \(tarrega.cat\)](http://tarrega.cat)
- ⁶ IDESCAT. (28 de juny de 2021). *El municipi en xifres, Tàrrega (Urgell)*. Recuperat el 14/05/2021. [Idescat. El municipi en xifres. Tàrrega](http://Idescat)
- ⁷ Epdata. (8 de juny de 2021). *Tàrrega-Datos, gráficos y estadísticas sobre el municipio*. Recuperat el 10/04/2021. [Tàrrega -Datos, gráficos y estadísticas sobre el municipio \(epdata.es\)](http://epdata.es)
- ⁸ Ajuntament de Tàrrega. *Informació dels polígons industrials de Tàrrega*. Recuperat el 14/04/2021. [Polígons Industrials — Ajuntament de Tàrrega \(tarrega.cat\)](http://tarrega.cat)
- ⁹ Gobierno de España. *Norma de Construcción Sismorresistente: Parte general y edificación (NCSE-02)*. [00-NCSE-2002 \(fomento.gob.es\)](http://fomento.gob.es)
- ¹⁰ Aquaprof. *El agua calcárea en el territorio español*. Recuperado el 20/04/2021. [Dureza del agua en España: unenemigo desconocido \(aquaprof.es\)](http://aquaprof.es)
- ¹¹ Yonemitsu, Eiichi., Isshiki, Tomiya., Suzuki, Tsuyoshi., Yashima, Yukio. *Process for the production of oxalic acid*. Recuperat el 16/05/2021. [PROCESS FORTHE PRODUCTION OF OXALIC ACID - MITSUBISHI EDOGAWA KAGAKU KK. \(freepatentsonline.com\)](http://freepatentsonline.com)
- ¹² García Aguilar, Julio Cesar., Islas Pérez, Valentín. (18 de febrer de 2013). *Intoxicación por anticongelante automotriz*. [Microsoft Word - TESINA.docx \(unam.mx\)](http://unam.mx)
- ¹³ Wikipedia. (5 d'octubre de 2020). *Ethylene glycol chemical structure*. [File:Ethylene glycol chemical structure.png - Wikimedia Commons](http://Wikimedia Commons)
- ¹⁴ Lenntech. *Propiedades químicas del Oxígeno – Efectos del Oxígeno sobre la salud – Efectos ambientales del Oxígeno*. Recuperat el 24/04/2021. [Oxígeno \(O\) Propiedades químicas y efectos sobre la salud y el medio ambiente \(lenntech.es\)](http://lenntech.es)

- ¹⁵ Wikipedia. (11 de juny de 2021). *Dioxígeno*. Recuperat el 24/04/2021. [Dioxígeno - Wikipedia, la enciclopedia libre](#)
- ¹⁶ Altecdust. (28 de març de 2018). Aplicaciones Industriales del oxígeno industrial. Recuperat el 18/05/2021. [Aplicaciones industriales del oxígeno industrial \(altecdust.com\)](#)
- ¹⁷ Quimpac Ecuador S.A. (8 de gener 2016). *Ácido nítrico*. [HS 21 ACIDO NITRICO.pdf \(quimpac.com.ec\)](#)
- ¹⁸ UNAM. *Hoja de Seguridad VI del ácido nítrico*. [Microsoft Word -hoja6.doc \(unam.mx\)](#)
- ¹⁹ PubChem. *Nitric acid*. Recuperat el 18/05/2021 [Nitric acid | HNO3 - PubChem \(nih.gov\)](#)
- ²⁰ CVAtocha. *La industria del ácido sulfúrico*. Recuperat el 19/05/2021. [Microsoft Word - Laindustria del ácido sulfúrico.doc \(cvatocha.com\)](#)
- ²¹ PubChem. *Sulfuric acid*. Recuperat el 18/05/2021. [Sulfuric acid | H2SO4 - PubChem \(nih.gov\)](#)
- ²² Wikipedia. *Ácido sulfúrico*. Recuperat el 18/05/2021 [Ácido sulfúrico - Wikipedia, la enciclopedia libre](#)
- ²³ UNLP. *Vanadio. Generalidades*. [III - Vanadio. Generalidades.pdf\(unlp.edu.ar\)](#)
- ²⁴ PubChem. *Vanadium pentoxide*. Recuperat el 18/05/2021. [Vanadium pentoxide | V2O5 -PubChem \(nih.gov\)](#)
- ²⁵ Wikipedia. (27 de decembre de 2003). *Pentòxid de vanadi*. Recuperat el 18/05/2021. [File:Pentóxido de vanadio.png - WikimediaCommons](#)
- ²⁶ PubChem. *Ferric ion*. Recuperat el 18/05/2021. [Ferric ion | Fe+3 - PubChem \(nih.gov\)](#)
- ²⁷ Cabrero Antonio, Jose Ramón., Corma Canós, Avelino., Leyba Pèrez, Antonio. (Decembre de 2013). *Reacciones de hidroadición regioselectiva sobre alquenos y alquinos catalizadas por triflimida de Hierro (III)*. [Capítulo 1. Introducción. \(upv.es\)](#)
- ²⁸ Wikipedia. (Març de 2021). *Ácido oxálico*. Recuperat el 19/05/2021. [Ácido oxálico - Wikipedia \(ES\)](#)
- ²⁹ Acidos.co. *Fórmula química, propiedades, ejemplos y más*. Recuperat el 21/05/2021. [ÁcidoOxálico Fórmula Química, Usos, Propiedades, Ejemplos Y Mas \(acidos.co\)](#)
- ³⁰ Quimipur. (20 de març de 2019). *Ficha de seguridad del Ácido oxálico*. [Ácido Oxálico Rev. 6 \(quimipur.com\)](#)
- ³¹ Fagron. (25 de juny de 2014). *Ficha de Seguridad del ácido oxálico*. [144-62-7 \(AR\) \(fagron.com\)](#)
- ³² Oxaquim. (30 de novembre de 2010). *Ficha de datos de seguridad del Ácido oxálico dihidratado*. [Microsoft Word - SDS- AcidoOxalico Dihidratado.rtf \(oxaquim.com\)](#)

- ³³ Gellc. (31 d'agost de 2006). *Ficha de Seguridad del ácido oxálico*.
[acido_oxalico.pdf \(ge-iic.com\)](#)
- ³⁴ Freydell Arango. *Ácido oxálico*. Recuperat el 21/05/2021. [\(DOC\) Acido oxalico \(Freydell Arango -Academia.edu\)](#)
- ³⁵ Wikipedia. *Oxalic acid*. Recuperat el 21/05/2021. [Oxalic acid - Wikipedia \(EN\)](#)
- ³⁶ Química.es. *Ácido oxálico*. Recuperat el 21/05/2021. [Ácido oxálico \(quimica.es\)](#)
- ³⁷ QuimiNet. *Usos y aplicaciones del ácido oxálico*. Recuperat el 21/05/2021. [Usos y aplicaciones del ácido oxálico \(QuimiNet.com\)](#)
- ³⁸ iAgua. *Usos Industriales*. Recuperat el 24/05/2021. [Usos Industriales \(iAgua\)](#)
- ³⁹ PubChem. *Water*. Recuperat el 18/05/2021. [Water | H2O - PubChem \(nih.gov\)](#)
- ⁴⁰ PRTR. *Dióxido de carbono*. Recuperat el 24/05/2021. [CO2 \(Dióxido de carbono\) | PRTR España \(prtr-es.es\)](#)
- ⁴¹ Aquaprof. *El agua calcárea en el territorio español*. Recuperado el 20/04/2021.
[Dureza del agua en España: un enemigo desconocido \(aquaprof.es\)](#)
- ⁴² Aquaespaña. (Gener 2018). *Aplicación de la Norma UNE 100030:2017 respecto a lo establecido en el Real Decreto 865/2003*. [Guia-UNE 100030 vs RD865-Enero 2018.pdf \(aquaespana.org\)](#)
- ⁴³ Decret 865/2003, 4 de juliol. [Ministerio de Sanidad y Consumo]. Se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis. 18 de juliol de 2003. 171. [BOE.es - BOE-A-2003-14408 Real Decreto 865/2003, de 4 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis.](#)
- ⁴⁴ Decret 352/2004, 27 de juliol. [Departament de Sanitat i Seguretat Social]. S'estableixen les condicions higienicosanitàries per a la prevenció i el control de la legionel·losi. 29 de juliol de 2004. 4185. [Decret 352/2004, de 27 de juliol, pel qual s'estableixen les condicions higienicosanitàries per a la prevenció i el control de la legionel·losi | DEPARTAMENT DE LA PRESIDÈNCIA | Legislació | Cercador d'Informació Documentació Oficials \(CIDO\) - Diputació de Barcelona \(diba.cat\)](#)
- ⁴⁵ EWK. *Torres de refrigeración, condensadores evaporativo*. Recuperat 2/06/2021.
[Torres de Refrigeración, Condensadores Evaporativos - EWK](#)
- ⁴⁶ ENDATA. *Monofásicos, trifásicos y modulares*. Recuperat 2/06/2021. [SAI Online - Monofásicos, Trifásicos y Modulares | ENDATA](#)
- ⁴⁷ Pirobloc. (15 de desembre de 2015). *Características del aceite térmico*. Recuperat el 27/05/2021. [Características del aceite térmico \(pirobloc.com\)](#)
- ⁴⁸ Alfagenerators. *Grupos electrógenos*. Recuperat el 27/05/2021. [GRUPOS ELECTRÓGENOS \(alfagenerators.es\)](#)



- ⁴⁹ Himoina. (2021). *Subestación transformadora*. Recuperat el 27/05/2021. [Subestación transformadora \(himoina.com\)](http://himoina.com)
- ⁵⁰ Leanmanufacturing. (2018). *Departamento de producción de una empresa: Estructura y funciones*. Recuperat 28/05/2021. [Departamento de producción de una empresa: Estructura y funciones \(leanmanufacturing10.com\)](http://leanmanufacturing10.com)
- ⁵¹ Euroinnova. (2020). *Funciones de asistente administrativo y contable*. Recuperat el 28/05/2021. [FUNCIONES DE ASISTENTE ADMINISTRATIVO Y CONTABLE | Web Oficial \(euroinnova.edu.es\)](http://euroinnova.edu.es)
- ⁵² Ministerio de empleo y Seguridad Social. (2018). *Analista de laboratorio químico*. [ANALISTA-CAST.pdf \(activamutua.es\)](#)
- ⁵³ Ajuntament de Barcelona. (2011). *Auxiliar de planta química industrial*. Barcelona Treball. Recuperat el 30/05/2021. [Auxiliar de planta química industrial \(barcelonactiva.cat\)](http://barcelonactiva.cat)
- ⁵⁴ Decret 4128 de 2011 [Agencia para la Reincorporación y la Normalización]. Per la qual les funcions de la Secretaria General complirà les següents funcions. 5 de maig del 2011. Govern de Colombia. reincorporacion.gov.co