

UAB

Universitat Autònoma
de Barcelona



escola
d'enginyeria



EPOX U LABS

MANUFACTURING THE FUTURE

Chanchhuaña Sosa, Alvaro Gonzalo
Escursell Cols, Laura
Ferré Grau, Judith
Hayden Bossy, Luke
Pujol Vives, Pau
Alonso Ribas, Guillermo
Bartrolí, Albert

UAB

Universitat Autònoma
de Barcelona



escola
d'enginyeria



EPOX U LABS

MANUFACTURING THE FUTURE

CAPÍTOL 1

Especificacions del projecte

Índex

1.1.	Definició del projecte	1
1.1.1.	Base del projecte	1
1.1.2.	Abast del projecte.....	1
1.1.3.	Localització.....	2
1.1.4.	Proveïdors de les matèries primes.....	10
1.1.5.	Venedors i compradors.....	11
1.1.6.	Abreviacions.....	13
1.2.	Substàncies del procés	14
1.2.1.	Característiques de les substàncies	14
1.2.2.	Resina epoxi	17
1.2.3.	Ús comercial.....	19
1.3.	Procés de producció.....	20
1.3.1.	Mètodes de producció de la resina epoxi.....	20
1.3.2.	Selecció del procés.....	31
1.3.3.	Descripció del procés	33
1.3.4.	Diagrama de blocs.....	35
1.3.5.	Balanç de matèria	38
1.3.6.	Balanç d'energia.....	39
1.4.	Necessitats de servei de la planta	40
1.4.1.	Aigua de xarxa.....	40
1.4.2.	Aigua de refrigeració.....	40
1.4.3.	Vapor d'aigua	41
1.4.4.	Aigua contra incendis	41
1.4.5.	Aire comprimit	41
1.4.6.	Nitrogen	41
1.4.7.	Gas natural.....	42
1.4.8.	Electricitat	42
1.5.	Construcció de la planta.....	43
1.5.1.	Distribució del disseny de la planta	43
1.5.2.	Implantació	44
1.5.3.	Especificació de cada àrea	45
1.6.	Plantilla de treballadors	49
1.7.	Planificació temporal.....	52
1.8.	Bibliografia	54

1.1. Definició del projecte

1.1.1. Base del projecte

L'objectiu del projecte es el disseny d'una planta industrial de producció de resina epòxica, a partir de bisfenol-A i epiclorihidrina, en un procés basat en una reacció de dues etapes. S'estudia la viabilitat econòmica en la construcció i operació de la planta, així com es dissenya amb els estàndards per complir les normes vigents de medi ambient, seguretat i higiene sectorial i urbanístic.

Les especificacions de la planta son:

- La capacitat de producció serà d'uns 120000 Tn/any.
- El funcionament de la planta serà de 300 dies a l'any i els altres seran de parada i manteniment.
- La presentació del producte serà líquida.

1.1.2. Abast del projecte

Els punts principals per fer l'anàlisi del projecte son:

- Disseny i especificació de les unitats de procés per a la producció i purificació.
- Disseny i especificació de les unitats d'emmagatzematge.
- Disseny i especificació de conduccions, equips i accessoris.
- Disseny i especificació dels sistemes de control.
- Especificació de les àrees de la planta.
- Especificació de les àrees auxiliars.
- Especificació de la seguretat i higiene de la planta.
- Avaluació del impacte ambiental i les tractaments del residus.
- Avaluació de la viabilitat econòmica.
- Estudi de la posada en marxa, operació i aturada del procés.
- Elaboració dels diagrames i plànols de la planta.
- Anàlisi de possibles millores.

1.1.3. Localització

La planta es troba a la Canonja, en Tarragona. La planta industrial es aproximadament quadrada, esta a la cantonada d'un polígon i la seva àrea es de 53235 m².

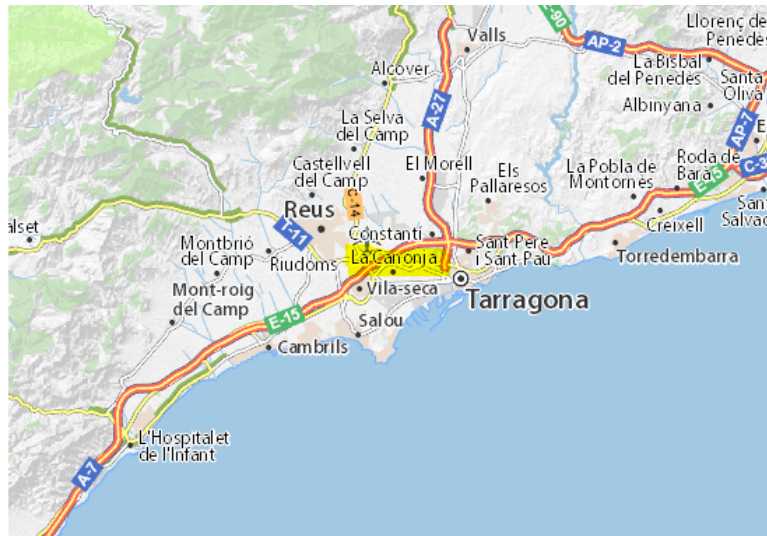


Figura 1. Mapa de la part de la província de Tarragona

La Canonja es un municipi independent (des de el 15 d'abril del 2010) a la província de Tarragona, a Catalunya. Aquesta limita amb el municipi de Reus, Vila-seca i Tarragona. El municipi esta conformat per la mateixa Canonja, Masricart i la Boella. Aquest municipi ha sofert grans canvis demogràfics i urbanístics en les ultimes dècades per causa de la industrialització petroquímica.

La Canonja solament consta d'un nucli de població i segons INE (Institut Nacional d'Estadística) al 2021 hi havia 5.933 habitants. La superfície del territori es de 7,32 km², la densitat de població es de 810,5 habitants/km² i es troba a una altitud de 50 m.

La Canonja dista d'uns 6 km aproximadament de Tarragona i dels 101 km de Barcelona.

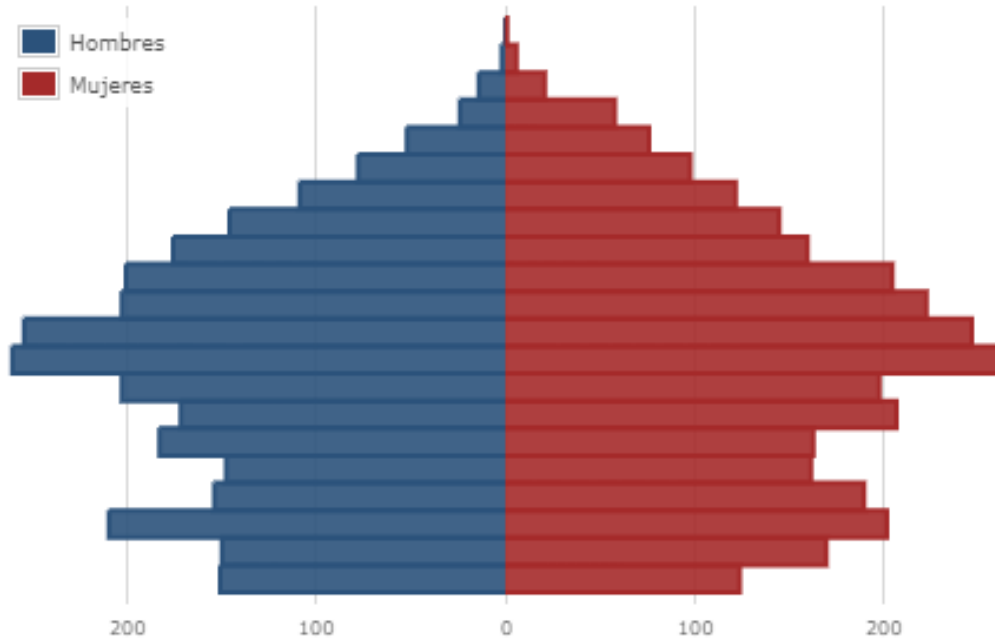
Anàlisi de població

Es realitza un anàlisi de la demografia del territori i de les proximitats, ja que la Canonja esta a prop de Tarragona, i es més realista tenir en compte Tarragona per la seva grandària i desenvolupament.

La demografia esta plasmada a les figures 2 i 3 (la Canonja i Tarragona, respectivament) on cada barra representa el nombre de persones que estan un grup d'edat (cada barra representen 5 anys), i comença des de la base a zero fins 4 anys i acaba al cap a 100 o més anys. Es pot

visualitzar que l'edat més freqüent es dels 40 als 44 anys a la Canonja i de 40 als 49 anys a Tarragona.

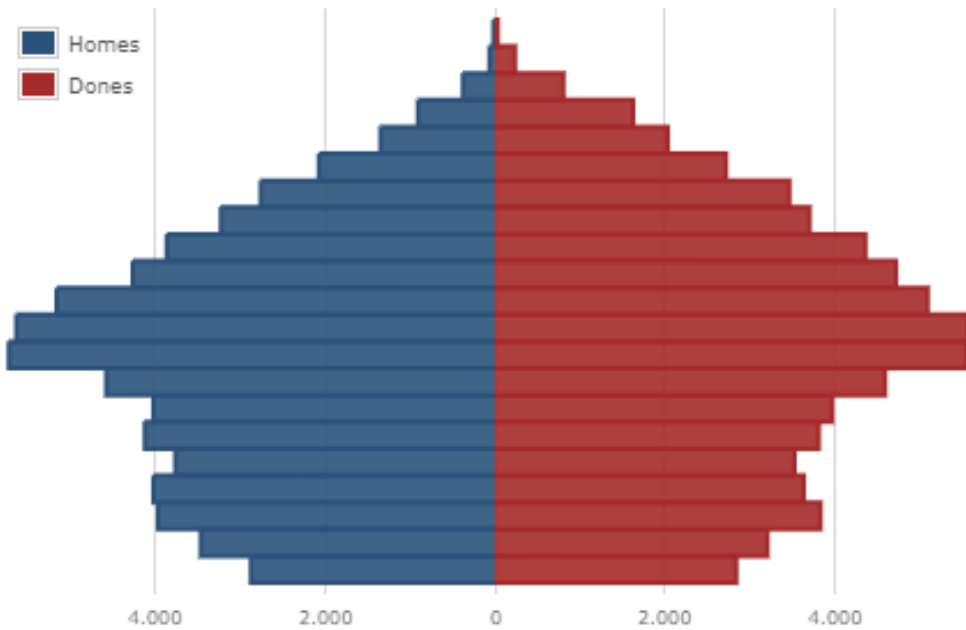
Población a 1 de enero. Por sexo y edad quinquenal. Canonja, Ia. 2021



Fuente: Idescat, a partir del Padrón continuo del INE.

Figura 2. Demografía de La Canonja

Població a 1 de gener. Per sexe i edat quinquennal. Tarragona. 2021



Font: Idescat, a partir del Padró continu de l'INE.

Figura 3. Demografía de Tarragona

El grau d'educació en percentatge de la població esta tabulada a la tabulada a les taules 1 i 2 (la Canonja i Tarragona, respectivament) on es pot veure que una cinquena part de la població arriba als estudis superiors a la Canonja, i més d'un terç a Tarragona.

Taula 1. Grau d'educació de la població de la Canonja

Població de 15 anys o més segons nivell de formació assolit. Per nivells agregats Canonja, la				
	Educació primària o inferior	Primera etapa d'educació secundària i similar	Segona etapa d'educació secundària i similar	Educació superior
2019 (p)	16,7	37,9	22,4	23,0
Unitats: %.				
Font: Idescat. Estadística dels estudis de la població.				

Taula 2. Grau d'educació de la població de Tarragona

Població de 15 anys o més segons nivell de formació assolit. Per nivells agregats Tarragona				
	Educació primària o inferior	Primera etapa d'educació secundària i similar	Segona etapa d'educació secundària i similar	Educació superior
2019 (p)	17,7	28,4	21,1	32,8
Unitats: %.				
Font: Idescat. Estadística dels estudis de la població.				

Els centre de formació superior son dos:

- El complex educatiu o universitat laboral, el qual es distribueix en dos centres "Pere Martell" i "Calipolis" on s'imparteixen cicles de grau mitjà i grau superior.
- La universitat Rovira i Virgili (URV), on s'imparteix diferents graus en àmbits d'arquitectura, enginyeria (com enginyeria química), ciències, ciències de la salut i ciències socials i jurídiques entre d'altres. Aquesta es una universitat de modalitat presencial i publica.

A més, s'analitza també la població d'acord amb l'activitat laboral, la qual esta representada a les taules 3 i 4 (la Canonja i Tarragona, respectivament) on es pot visualitzar que el 53 % de la població es activa a la Canonja i amb la mateixa proporció en Tarragona.

Taula 3. Població segons l'activitat laboral a la Canonja

Població segons relació amb l'activitat Canonja, la	
	2011
Actius	3.006
Ocupat o temporalment absent de la feina	2.047
a temps complet	1.580
a temps parcial	467
Desocupat	959
ha treballat abans	917
buscant la primera feina	..
Inactius	2.703
Persona amb invalidesa laboral permanent	..
Jubilat, prejubilat, pensionista o rendista	1.116
Estudiants	1.200
Una altra situació	..
Població de 16 anys i més	4.514
Població total	5.708

Font: Idescat, a partir del Cens de població i habitatges de l'INE.

Taula 4. Població segons l'activitat laboral a Tarragona.

Població segons relació amb l'activitat Tarragona	
	2011
Actius	70.593
Ocupat o temporalment absent de la feina	51.198
a temps complet	43.029
a temps parcial	8.168
Desocupat	19.395
ha treballat abans	16.733
buscant la primera feina	2.662
Inactius	62.433
Persona amb invalidesa laboral permanent	1.857
Jubilat, prejubilat, pensionista o rendista	24.107
Estudiants	25.839
Una altra situació	10.630
Població de 16 anys i més	110.123
Població total	133.026

Font: Idescat, a partir del Cens de població i habitatges de l'INE.

Per tant, la introducció de la planta industrial afavoriria un impuls econòmic al municipi, a més històricament la província ja ha crescut econòmicament per la indústria, principalment per la petroquímica (el complex petroquímic de Tarragona es el més important d'Espanya), la qual genera 5000 places de treball de forma directa, i 23.000 indirectes. Altres empreses importants com Repsol, Bayer i BASF s'ubiquen a la província. Llavors, es veu que la situació socioeconòmica afavorirà la implementació de la planta per causa de la població activa, amb edat d'experiència, i amb un percentatge significatiu de gent formada per treballar al sector.

Climatologia

El factor meteorològic es important a l'hora de construir la planta (com el clavegueram) i durant la seva operació, ja que pot afectar en la decisió de aïllar els tancs exteriors, o en la construcció i funcionament d'una torre de refrigeració, entre d'altres. Es realitza un anàlisi tant a la Canonja, com a Tarragona per comparar-la.

Per tant, a les taules 5 i 6 es poden veure les temperatures, precipitacions, humitat, i hores de sol de la Canonja i Tarragona, respectivament. La climatologia es classificada com mediterrani típic (d'acord amb la classificació climàtica de Köppen). Així que la climatologia es suau en estiu amb un temperatura de 25 °C, i en hivern cal tenir en compte les baixades que ronden els 9 °C, sobretot en l'aigua de refredament, ja que en estiu si caldrà refredar-la 15°C aproximadament, i els altres mesos menys de 5°C. Les precipitacions ronden els 40 mm (excepte en setembre i octubre) i no afecta significativament el disseny, però la humitat si, la qual es bastant elevada, i ronda els 70 %, cosa que afectaria en gran mesura l'ús d'una torre de refrigeració. Les hores de sol son de 10 hores en gran part de l'any, el pic son 12 hores al juny, el vall son 7 a l'hivern.

Taula 5. Factors climatològics de la Canonja per cada mes de l'any.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	8.7	9.4	12.1	14.5	18	22.3	24.8	24.8	21.6	18.1	12.6	9.3
Temperatura min. (°C)	5.2	5.4	7.7	10	13.4	17.8	20.4	20.8	17.9	14.7	9.2	6.1
Temperatura máx. (°C)	12.9	14	17	19.2	22.7	27	29.4	29.3	25.8	22	16.5	13.2
Precipitación (mm)	41	33	39	42	40	22	21	44	82	88	55	44
Humedad(%)	73%	67%	64%	65%	64%	62%	63%	65%	69%	73%	72%	74%
Días lluviosos (días)	5	4	4	5	4	3	3	5	7	7	5	4
Horas de sol (horas)	7.2	7.9	9.1	10.2	11.4	12.4	11.6	10.3	9.0	7.8	7.5	7.0

Taula 6. Factors climatològics de Tarragona per cada mes de l'any.

Mes	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Temp. máx. abs. (°C)	24.2	25.0	27.7	30.2	32.8	36.8	37.4	38.0	33.8	32.5	28.8	22.6	38.0
Temp. máx. media (°C)	14.1	14.9	17.1	19.0	22.2	26.3	29.3	29.4	26.3	22.3	17.5	14.6	21.1
Temp. media (°C)	9.0	9.7	11.9	13.8	17.2	21.2	24.2	24.6	21.5	17.5	12.6	9.7	16.1
Temp. mín. media (°C)	3.9	4.5	6.6	8.6	12.1	16.1	19.1	19.7	16.6	12.7	7.6	4.7	11.1
Temp. mín. abs. (°C)	-7.6	-8.0	-5.4	1.0	3.6	7.4	10.5	10.8	5.5	0.2	-4.0	-7.5	-8.0
Precipitació total (mm)	29.4	28.0	27.9	37.1	54.4	25.1	15.3	42.4	77.3	74.8	52.9	36.5	500.1
Días de precipitaciones (≥ 1 mm)	4.0	3.5	3.8	5.0	5.4	3.1	2.0	3.6	5.1	6.0	4.4	4.1	49.8
Días de nevadas (≥)	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
Horas de sol	157	162	197	222	251	274	306	265	209	182	157	145	2527
Humedad relativa (%)	70	68	67	66	66	63	63	66	70	73	72	72	68

La figura 4 mostra l'evolució del vent al llarg de l'any, la qual es de Tarragona, però es molt similar al de la Canonja en direcció i magnitud, però amb fins il·lustratius es mostra aquesta gràfica. Els vent en la seva majoria esta en la direcció nord-oest, i normalment es troba entre els 2 o 13 km/h (1 a 7 kts), tot i que poden existir màxims de 40 km/h (22 kts), tot i que es seria curts i inusuals. D'acord amb la direcció general de protecció civil i d'emergències (DGPE), son vents moderats entre 21 a 40 km/h, per tant, el vent no serà problema per la construcció de les instal·lacions, ja que usualment son menors, de 8 km/h (4 kts) a la Canonja.

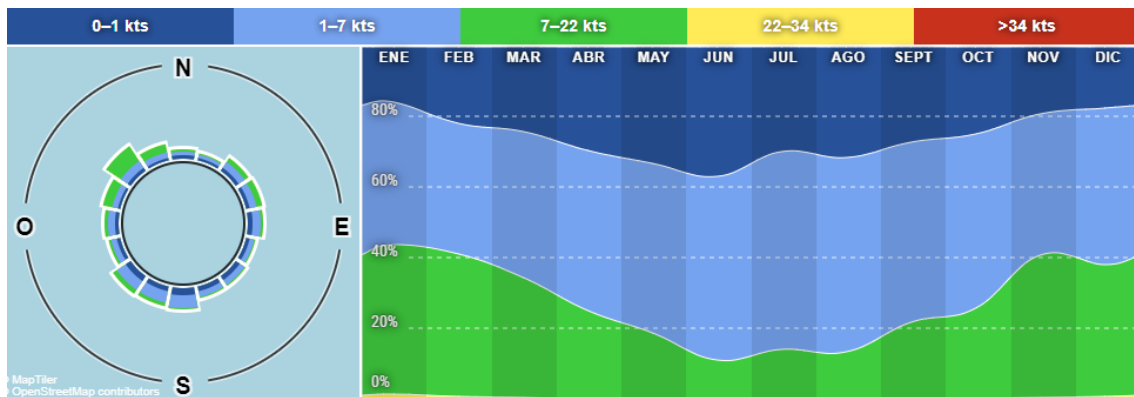


Figura 4. Velocitat del vent kts a Tarragona per cada mes de l'any

Sismologia

D'acord amb l'institut de estadística de Catalunya, Catalunya difícilment supera el valor 3 de la escala de Richter. Els terratrèmols menors a 3 a l'escala de Richter son generalment imperceptibles. Llavors, la sismologia tampoc serà un factor significatiu a tenir en compte durant la construcció de les instal·lacions i edificis.

Accessibilitat

La situació geogràfica de la Canonja cal estudiar-la per saber com es connectarà amb els proveïdors de matèries primes, així com a possibles compradors. També cal tenir en compte l'accés que hagin de tenir el treballadors a les instal·lacions.

Transport terrestre

La Canonja es troba molt a prop de Tarragona, i per tant es pot considerar que esta igualment connectada que Tarragona amb les carreteres. La autovia del mediterrani o A-7 pertany a la xarxa de carreteres del estat i connecta Algeciras amb Barcelona, i travessa Tarragona, Castelló, Valencia, Alacant, Murcia, Almeria i Màlaga. A la figura es pot veure la ruta de la A-7. La Canonja i Tarragona estan comunicades per la N-340, però es la mateixa A-7.



Figura 5. Recorregut de A-7 a Espanya

L'altre autopista del mediterrani o AP-7 es la carretera que connecta tota la costa mediterrània, pertany a la xarxa de carreteres europees i circula des de la Junquera (frontera amb França) fins Guadairo. Aquesta autovia comparteix molta semblança amb la A-7. Per ara solament tenen peatge els trams que circulen per Alacant, Crevillent, Cartagena, Vera, i de Torremolins a Guadairo.



Figura 6. Recorregut de AP-7 a Espanya

A més s'ha de tenir en compte la A-27 que junt amb la carretera N-240 enllacen la AP-2 amb la AP-7 i A-7, sent un extrem Tarragona. La AP-2 seria la connexió amb ciutats com Lleida, Saragossa i Madrid.

Transport marítim

Els principal port de Catalunya es el de Barcelona, però Tarragona no es queda enrere. El port de Tarragona es pesquer, comercial, de passatgers i deportiu. Els principals tràfics al port son registrats a la taula 7, on es veu que els productes per al sector químic son rellevants, en el especial per la petroquímica. Al port de Tarragona es transporta granel, agroalimentaris, minerals, animals vius, paper o productes forestals, transports especials (com equips unitaris industrials) i vehicles.

Taula 7. Principal tràfic de mercaderies al port de Tarragona

Evolució de los tràfics (en toneladas)			
	2017	2018	2019
Gràneles líquidos	22.035.857	19.849.475	21.210.546
Gràneles sòlidos	9.505.432	9.988.264	9.718.750
Mercancía general convencional	1.487.982	1.612.644	1.324.310
Mercancía general en contenedores	591.681	556.216	454.389
Avituallamiento	75.563	79.685	76.676
Pesca	3.670	3.626	2.933
Tráfico local	0	0	14.472
Total tráfico marítimo	33.700.185	32.089.911	32.802.076
Tráfico terrestre	328.050	315.444	380.844
Totales	34.028.235	32.405.355	33.182.920

El port de Barcelona va tenir un tràfic total de 42.434.176 tones gestionades en 1.720.383 contenidors. Principalment transporta automòbils.

Transport aeri

El aeroport de Reus es el més proper a la planta química, però no es comú el transport de mercaderies en aquest, sinó exclusivament passatgers. El aeroport de Barcelona si que transporta mercaderies i consta d'un gran nombre de rutes internacionals. Les principals companyies de transport de carga son: Emirates Sky Cargo, FedEx Express, MNG Airlines, Swiftair, i UPS Airlines.

1.1.4. Proveïdors de les matèries primes

Cal revisar llavors els proveïdors de matèria prima per saber com es podria transportar fins les instal·lacions, s'analitza llavors que:

- Els proveïdors del Bisfenol-A son pocs a Espanya però es pot demanar del estranger. L'empresa ECEM (European Chemical Marketing) es un possible proveïdor a Espanya però el BFA es hidrogenat.
- L'epiclorihidrina també no té proveïdors a Espanya, tot i que abans hi havia un Catalunya IACP Jevsa, però segons les fonts, aquesta empresa esta extinta. Així que s'haurà de

demanar de fora. Possibles proveïdors son: Sumitomo Chemical, Solvay, Spolchemie A.S., OsakaSoda, Shandong Haili Chemical Industry, Samsung Fine Chemicals, Hexion, Aditya Brila Chemical, Tensar Internacional Corporation., Jiangsu Yangnong Chemical Group, i The Dow Chemical Company.

- Els principals proveïdors de hidròxid sòdic estan al nord d'Europa i a la Xina.
- L'aigua com a substància del procés esta com a dissolvent del NaOH i BTAC, per tant, no cal comprar-la perquè ja al comprar aquestes altres dos reactius en la seva puresa d'operació, aquests contindran aigua com a dissolvent.
- L'empresa "American Custom chemicals corporacion", als Estats Units, es un proveïdor de diferents substàncies químiques, entre elles el catalitzador BTAC (Clorur de benzil trimetilamoni). També l'empresa "Productes químics directes" a Mèxic es un proveïdor.
- L'empresa McCan Chemicals, al Regne Unit, pot ser proveïdor del MIBK (metil isobutil cetona).

Per tant, alguns reactius hauran d'arribar en transport terrestre, que com ja s'ha comentat en l'apartat anterior, la planta es completament accessible. A més, un transport marítim serà necessari per a les substàncies provinent de fora del continent i posteriorment en camions a les instal·lacions. El transport aeri no serà preferencial, tot i que es tindrà en compte, ja que no hi ha transport aeri comercial en Reus i s'hauria de recollir des de Barcelona, en canvi, mitjançant vaixells arribarien directament al port de Tarragona, el qual esta més a prop de les instal·lacions.

1.1.5. Venedors i compradors

La localització doten a la planta unes característiques importants a l'hora de vendre el producte. Per tant, s'analitza com esta la distribució dels actuals venedors de la resina epoxi, els quals son molts a Espanya, es mencionen alguns per cada territori d'Espanya:

- Alcant: Urbáimper impermeabilizaciones; Javea Microciment; Lacado epoxi color S.L.; Resinas de Vianpolo S.L; i Resinas Marve S.L.
- Galicia: Resinas Castro S.L.
- Sevilla: Resinas epóxicas para la construcción S.L.
- Andalucia: Igesur soluciones técnicas S.L.
- Murcia: Decomorales obras y Servicios S.L.
- Catalunya: Impermeabilizaciones epoxi S.L.; resines térmicas S.L.

Capítol 1: Especificacions del projecte

- País Vasc: Epoxi sistemas de aplicació Sociedad limitada; Aplicaciones industriales de pintura epoxi poxcolor S.L.; Pavimentos Gorbela; i Okemag (pintura epoxi autocenter bilbao)
- La Rioja: Aplipox Decor.
- Aragón: Sumser; Bellvis S.L.
- Castilla la Mancha: Resina Roda S.L.; Red resines S.L.
- Castilla i Lleó: Jesús Delgado S.L.; Imprex pavimentos S.L.; Gabino Hernández S.L.; Nonoa y Morán productos químicos S.L.; i Pavimentos Perrino S.L.
- Extremadura: Lanto impermeabilizaciones S.L.U.; Behtta inside Ibérica
- Illes Balears: Microcemento design S.L.
- Navarra: Islart resines S.L.
- Illes Canaries: Resinas TNK S.L.
- Cantabria: Dispival online pinturas
- Asturias: Alpavi S.L.

Per tant, com es pot veure a tot Espanya hi ha venedors d'aquest tipus de resines segons els seus usos (en apartats més endavant es parlarà dels usos comercials). Així que, es dedueix que el mercat de la resina epoxi ja està bastant desenvolupat a Espanya, ja que hi ha molts proveïdors d'aquesta. Per tant la resina produïda a planta pot ser venuda a Espanya fàcilment com a base per a ser transformada a resines més especialitzades, o en el seu estat base líquida.

1.1.6. Abreviacions

Les abreviacions ajuden a que l'explicació pugui ser més fluida i amena, per tant en la taula 8 s'expressen les abreviacions i els seus significats.

Taula 8. Abreviacions i significats

Abreviació	Significat
EPI	Epiclorhidrina
EPC	Epiclorhidrina
BFA	Bisfenol-A
BTAC	Clorur de benzil trimetil amoni
BTMAC	Clorur de benzil trimetil amoni
MIBK	Metil isobutil cetona
NaOH	Hidròxid sòdic
NaCl	Clorur sòdic
Inter	Producte intermedi
DGEBA	Diglicil èter de bisfenol-A
Resina epoxi	Diglicil èter de bisfenol-A
REACH	Registre, avaluació, autorització i registre de les substàncies i preparats químics
SGMA	Sistema de gestió mediambiental
ISO	Organització mundial de normalització
PDCA	Planificar, fer, verificar i actuar
EMAS	Reglament comunitari de eco-gestió i eco-auditoria
SDR	Sistema documental de residus
CER	Catàleg estadístic de residus
ICT	Intercanviador de carcassa i tubs
IP	Intercanviador de plaques
WFFE	Wipe falling film evaporator
SP	Separador de fases
GRG	Gran recipient a granel
EPI	Equips de protecció individual
GEH	Gasos d'efecte hivernacle

1.2. Substàncies del procés

Al procés intervenen moltes substàncies, ja sigui de servei, com a reactants, intermitjos productes, o diluents. Aquí es parlaran principalment de les que intervenen en la reacció principal, però sense tenir en compte els subproductes de reaccions laterals.

1.2.1. Característiques de les substàncies

Llavors les substàncies del procés són:

Bisfenol-A

Anomenat també BPA, es un compost orgànic que posseeix dos grups funcionals fenols. La síntesis es realitza a partir d'una reacció de condensació entre de dos fenols i una acetona. La reacció esta catalitzada per àcid clorhídric o resina de poliestirè sulfonat, i l'únic subproducte es l'aigua. Aquest procés va ser descobert per Alexander Dianin al 1891.

El bisfenol-A s'utilitza principalment per a la producció de plàstics formant policarbonat de plàstic. A més es un reactiu essencial per a la producció de la resina epoxi.

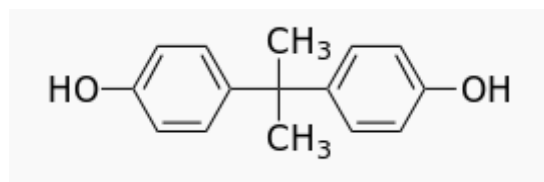


Figura 7. Bisfeonl-A

Epiclorhidrina

Anomenada també EPC, es compost organoclorat i un epòxid. També es un líquid transparent, amb olor a all, i es moderadament soluble en aigua i miscible en dissolvents polars orgànics. Cal recalcar que es un compost quiral, tot i que per al procés en qüestió val qualsevol enantiòmer.

La síntesis del compost es realitza per diverses vies, se'n mostren dues:

- A partir d'un mecanisme de reacció en dues etapes; la primera etapa es reaccionar un clorur d'al·lil i un àcid hipoclorós per donar isòmers d'alcohol, la segona etapa es reaccionar aquests isòmers amb hidròxid sòdic per donar lloc a EPC amb aigua i clorur sòdic.

- A partir d'un mecanisme de reacció en dues etapes; la primera etapa es reaccionar un glicerol amb àcid clorhídric en presència de àcid carboxílic com a catalitzador per formar un alcohol igual a un dels isòmers del mecanisme anterior, la segona etapa igual que la de l'anterior mecanisme.

La epiclorhidrina s'utilitza principalment per obtenir resina epoxi, així com altres compostos orgànics com el glicidil nitrat. També es pot utilitzar com a dissolvent i com a fumigant. Els polímers d'EPC es poden utilitzar per producció reforçar el paper i per la indústria manufacturera. A més es pot obtenir glicerol.

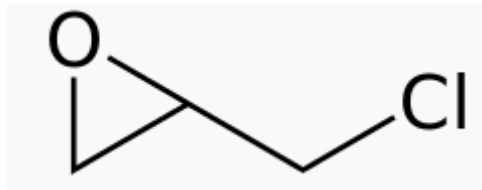


Figura 8. Epiclorhidrina

Clorur de benzil trimetil amoni

Anomenat també BTAC, es un sòlid que s'utilitza com a catalitzador, agent antiestàtic, de neteja i com a suavitzant.

La síntesis es produeix per diverses vies, com per exemple:

- Reacció entre clorur de benzil i trimetil amina, en medi alcohol absolut o 25 % metanol.
- Reacció entre el benzil dimetil amina i clorur de metil, es pot realitzar amb o sense dissolvent.

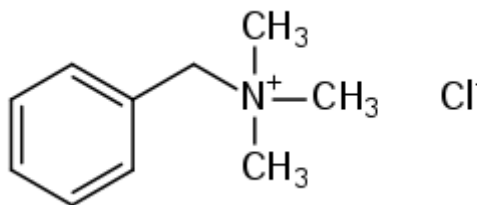


Figura 9. BTAC

Producte intermedi

Anomenat bisfenol A bis (3-cloro2-hidroxiopropil) eter.

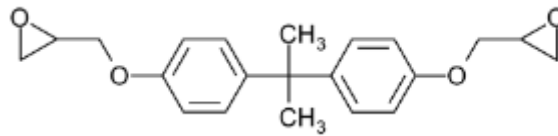


Figura 10. Producte intermedi

Metil isobutil cetona

Anomenada també MIBK, és un compost orgànic, líquid, i incolor. S'utilitza àmpliament com a dissolvent.

La síntesis es produeix amb un mecanisme de 3 reaccions que son: reacció de condensació alcohòlica de la acetona per donar lloc a al alcohol diacetona, posteriorment aquest es deshidrata per donar lloc a òxid de mestili i finalment aquest s'hidrogena.

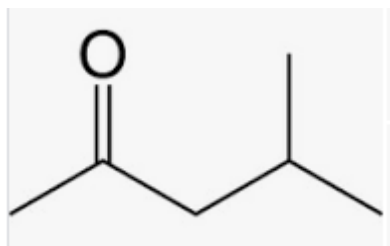


Figura 11. MIBK

Hidròxid sòdic

Anomenat també sosa càustica, és un sòlid cristal·lí de color blanc, sense olor. També és un compost basic i molt corrosiu.

La síntesis es produeix mitjançant un procés electrolític clor-sosa, en el que a partir de clorur sòdic s'obté clor i hidròxid sòdic. Antigament es produïa a partir de hidròxid càlcic i carbonat de sodi en el que també s'obtenia carbonat càlcic com a subproducte. Un altre mètode de producció però solament es il·lustratiu i no viable industrialment, es fent reaccionar sodi amb aigua i es produeix hidrogen com subproducte.

El hidròxid sòdic s'utilitza per fabricar sabons, paper, explosius, detergents per fer blanquejants, entre d'altres.

Aigua

Aquesta és una substància líquida, la més coneguda. No té color ni sabor. Té diversos usos tant per al consum humà i d'altres espècies així com per a la producció de compostos i neteja.

Clorur sòdic

Anomenada també sal comuna, és un compost sòlid cristal·lí, transparent.

La síntesi d'aquest compost es diversa ja que es pot obtenir a partir de la salmorra de diferents fonts (com la industrial, tot i que no és pràctic), i evaporant l'aigua de mar.

El clorur sòdic s'utilitza com a condiment, a vegades per preservar aliments, com antisèptic, en la indústria tèxtil, i per fondre el gel ja que baixa el punt de congelació de l'aigua.

Diglicil éter de bisfenol-A

Anomenat també DGEBA, es compost líquid, de color marró groguenc i sense olor. L'anell amb oxigen s'anomena grup epoxi o grup oxiran.

La síntesi es produeix a partir de la O-alkilació de bisfenol-A amb epiclorhidrina. Aquest pot reaccionar amb àcid acrílic per donar lloc a resines ester vinil. Amés poden tenir processos de curació (o enduriment) amb poliamines, aminoamides i compostos fenòlics, i més.

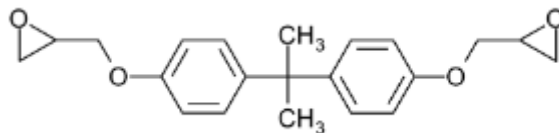


Figura 12. DGEBA

1.2.2. Resina epoxi

Anomenat també poliepòxids es un polímer o prepolímer reactiu caracteritzat per els seus grups epòxids, pot ser líquid o sòlid segons el seu grau de polimerització (si el promig és de $n=1$ o menor es líquid, si el promig és de $n=2$ o superior es sòlid). Tenen un color blanc o crema. El terme epoxi fa referència al monòmer, polímer de DGEBA, fins i tot si ha sigut curat. La resina epoxi pot sintetitzar per una homopolimerització catalítica o per co-reactants com amines polifuncionals, àcids, anhídrids àcids, fenols, alcohols i tiols.

La resina epoxi ha sigut produïda per primera vegada des del 1891, però no va ser fins els 1927 quan es va intentar comercialitzar sintetitzant-la a partir de epiclorhidrina als Estats Units. Posteriorment, al 1936 es va sintetitzar la resina a partir de Bisfenol-A, per el suís Pierre Castran i el nord-americà S.O. Greenle, el qual cadascú va treure la seva patent anys després.

Existeixen altres tipus de resina epoxi amb un síntesis diferent, aquestes son:

- Epoxi NOVOLAC, es produït per la reacció dels hidroxils dels grups fenòlics (en lloc del bisfenol-A) amb formaldehid.. Millor entrellaçament, estabilitat tèrmica, resistència química, a més el procés de curació es més ràpida.
- Resina epòxica alifàtiques, a partir de olis epoxidats els quals son desciclatos. També altre tipus es cicloalifatic epoxi el qual conte un anell cicloalifatic fusionat al anell oxiran. Ambdós son formats per un peràcid, com el àcid peracètic. S'obté un producte epoxidat i àcid acètic. Té menor viscositat, major resistència a la temperatura , i no s'utilitza compostos clorats. Es requereix més calor per la curació. S'utilitza com a recobriments per components electrònics.
- La resina glicidil epoxi es formada a partir d'un alcohol alifàtic o un àcid carboxílic alifàtic, els quals ambdós reaccionen amb l'epiclorhidrina. Us com a motlle o aïllant per a alts voltatges i baixar la viscositat d'altres resines epoxi.
- Les resines fenòxiques, son polihidroxieters, basats en bisfenol-A, epiclorhidrina, NaOH, i un catalitzador òxid de sofre dimetil. No tenen grups epoxi, son termoplàstics, son altament dúctils i químicament estables. Tenen grups hidroxils lliures que li permeten millor l'entrellaçament. S'utilitza com a adhesius i per recobriment.
- Altres formes de resina epoxi son les hidaitons resines, les resines tetraglicidil- metilè dialinina, i la resina epòxica de silicona

La curació es pot produir a partir de catalitzadors, agents d'entrecruament i activadors. Els catalitzadors obren l'anell epoxi però no formen part de l'estructura del producte. Els agents d'entrecruament formen part de l'estructura 3D del producte. La curació permet passar d'un líquid a un sòlid dur i termostable. L'enduriment es realitza per a millorar les seves propietats mecàniques, termostables i químiques. Tot i que hi ha que tenir en compte que aquest procés dona lloc a productes més perillosos per a la salut, com a malalties de la pell, per exemple.

Els agents d'entrecruament son:

- Les amines primàries poden reaccionar amb els anells epoxi, son les més utilitzades principalment.

- Les amines alifàtiques (com DETA, TETA, TEPA i DEAPA) a temperatura ambient, o es pot accelerar amb calor. La curació típica son de 14 h a condicions de ambient i de 3 h a 80 °C.
- Les amines aromàtiques (com MPDA, MDA i DADS) es fan a temperatures més altes com de 150 °C i en un procés de 2 h. Aquestes tenen millors propietats que les anteriors.
- Els àcids anhídrids (com ftàlic anhídrid, HHPA, NMA, DDSA, PMDA, BTDA i clorendic anhídrid) son les segones més utilitzades.
- Altres agents son àcids orgànics o fenols, però no es solen utilitzar sols i son més per millorar una curació prèvia.

Es poden afegir altres substàncies per a que millorar la resina com diluents (per reduir la viscositat), farcits, colorants o tints i retardants d'inflamabilitat.

1.2.3. Ús comercial

La resina epòxica té diferents aplicacions, i per tant diferents usos comercials per causa de les seves característiques que son:

- Aparença; posseeix una brillantor característica i transparència
- Alta resistència tèrmica; pot suportar entre 45 °C i ocasionalment fins 70°C.
- Gran resistència a la corrosió; por suportar els agents químics corrosius per temps prolongats.
- Alta resistència física a la pressió; això com a recobriments.
- Contracció mínima; això com a recobriments.
- Adherència; a causa de la presència de grups epòxids i hidroxils, pot adherir-se a metalls, vidres i ceràmiques.
- Cohesió; aquesta es elevada.
- Aïllament; pot aïllar elèctricament, tèrmicament, i de la humitat.
- Tensió d'estirament; entre 5000 i 30000 psi
- Tensió de compressió; entre 15000 i 48000 psi.

Per tant el seu ús comercial son:

- Adhesius; serveix en la enginyeria i estructures, com el cianocrilat, poliuretà i el acrílic, i pot utilitzar-se en la construcció i reparació de vehicles, com bicicletes, motos i avions.
- Electricitat; protegeix contra curtcircuits al recobrir generadors, reductors com aïllant, pot treballar en sistemes d'alta tensió.

- Electrònica; protegeix contra la pols als circuits integrats i transistors.
- Nàutica; protegeix com a recobriments dels vaixells, barques i tables de surf, tot i que s'ha de combinar amb gel polièster per evitar el malbé de la resina amb els raigs UV.
- Construcció de materials; serveixen com a motlles per fabricar altres materials per extrusió o laminats, i serveix com a material reforçat amb fibres.
- Indústria alimentària; protegeix els contenidors, llaunes i envasos en el menjar conservat, per exemple, protegeix les llaunes del àcid del tomàquet.
- Ornamentació; per causa de la seva aparença serveix en la bijuteria, joieria, manualitats, artesanía i en l'art.

L'ús en proporció de la resina epoxi es de:

- Recobriments (53 %)
- Aïllament (13 %)
- Construcció (11 %)
- Adhèsius (9 %)
- Component (7 %)
- Altres (7%)

1.3. Procés de producció

1.3.1. Mètodes de producció de la resina epoxi

El procés de producció de la resina epoxi es bastant similar, i depèn de en què estat es vol obtenir sòlid o líquid, així com la quantitat de sòlids hidrosolubles que es toleren. El procés es basa en una primera reacció de condensació entre el fenol polihídric i la epihalohidrina per a formar un producte intermedi de tipus halohidrina en presència d'un catalitzador aniònic. Una segona reacció de deshidrohalogenació entre el producte intermedi i un hidròxid alcalí o alcalinoterri per donar DGBEA.

Lavors la primera reacció, anomenada reacció de condensació o de eterificació es mostra a la figura 13:



Figura 13. Reacció de condensació o eterificació

La segona reacció, anomenada reacció de deshidrohalogenació o de epoxidació es mostra a la figura 14:

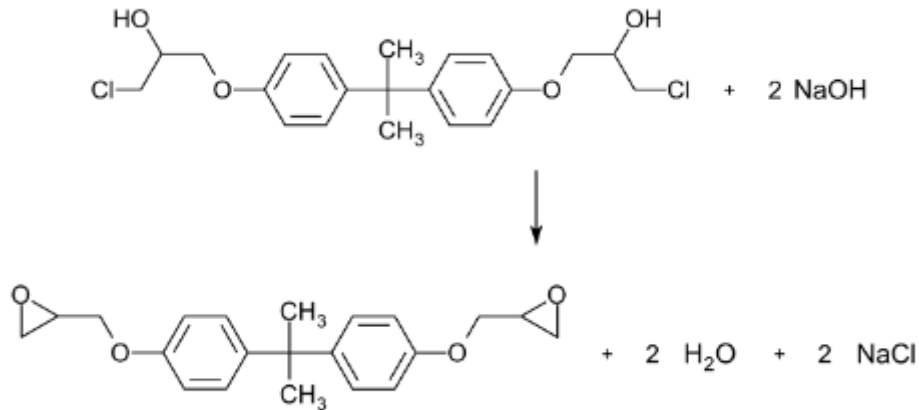


Figura 14. Reacció de deshidrocloració o epoxidació

PATENT 1: Patent europea per Thomas C. Young, Clinton J. Boriack, Elwin G. Collier, Robert M. Drake, Joachim Drewing, Edward J. Kronenberger, Shuji Maeda, Paulo Alfonso dos Santos Pereira, Andres D. Tigges, Roland Werner, i Mark Burikinshaw al 21/10/2012. Codi: 2397129T3.

El procés de la patent esta descrit en la figura 15. Primer, entren el bisfenol-A (2), la epiclorhidrina (4) i el catalitzador BTAC (6) al reactor 8. Posteriorment, surt el producte intermedi amb els subproductes i reactius no reaccionats (10) i va cap al separador-reactor 14, del qual surt l'epiclorhidrina no reaccionant (16). Al equip 14 s'afegeix NaOH per dur a terme la primera deshidrocloració, i com producte s'obté DGBEA junt amb sal i altres compostos no reaccionats (18) i son conduïts a un separador de sal, on surt la sal en fase aquosa (22), i la mescla restant (24) es dirigeix cap al reactor-separador 28. Al equip 28 s'introdueix un corrent de NaOH (26), i es torna a separar la fase aquosa o salmorra (30) de la fase orgànica (32). El corrent orgànic va cap el separador 34 i es separa la epiclorhidrina junt amb altres components volàtils (36) del DGBEA (38).

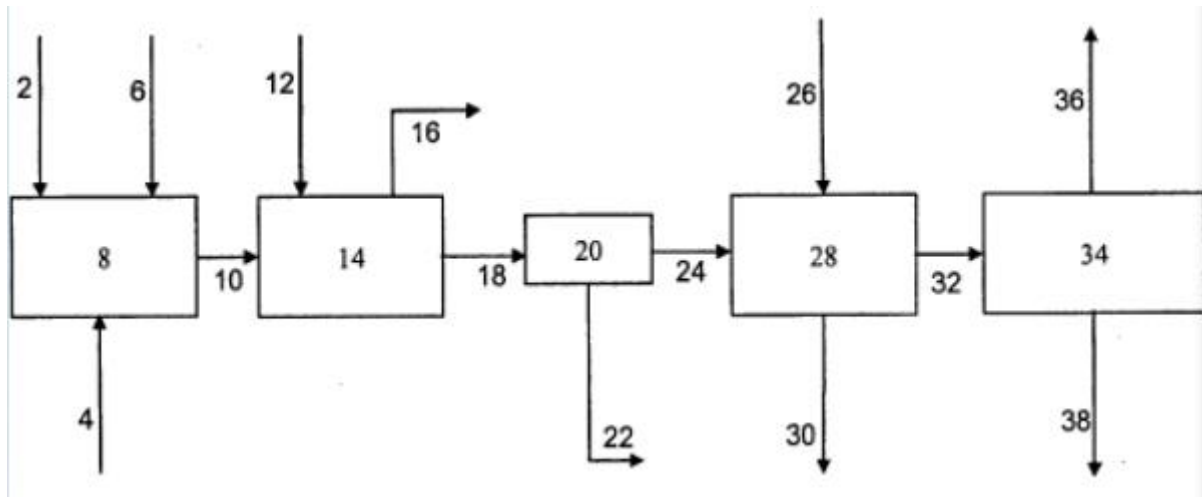


Figura 15. Procés de producció de la resina epoxi descrit per la patent 1

Detallant més el procés:

- L'equip 14 es un evaporador que va traient aigua a més d'epiclorhidrina per a mantenir la concentració d'aigua controlada. Les seves condicions de treball son entre 20 a 100 °C.
- La relació entre Bisfenol-A i Epiclorhidrina es entre 1:2 i 1:20.
- Al equip 14 es treballa al buit (0,05 a 0, bar) i en condicions de baixa temperatura (30 a 90 °C).
- El NaOH entra a 25 % en solució aquosa. La relació bisfenol-A i NaOH es de 0,5 a 0,95 (si es supera aquesta quantitat hi podria haver polimerització).
- L'equip 20 pot ser un separador de filtre, un centrifugador, un separador sòlid-líquid, o un separador de fases (fase orgànica-aquosa). La salmorra resultant es pot assecat mitjançant un filtre premsa.
- Al equip 28 entra NaOH en excés per mantenir baixa la concentració de Epiclorhidrina, però s'ha de tenir en compte que la sal formada no saturi i precipiti. La condició de treball sol ser de menor a 50 °C però alguns treballen a temperatures menors a 30 °C.
- Als equips 14 i 28 l'agitació no es tan alta per a no dispersar molt les fases, ja que la posterior separació de fases seria més difícil. Però la agitació es necessària per mantenir en suspensió la sal.
- La separació de les fases orgànica-aquosa es pot fer en centrifugadors, separació líquid-líquid com decantadors i coalescedors.
- L'equip 34 pot ser un evaporador de pel·lícula descendent, evaporador d'ebullició de tubs, columnes de separació entre d'altres. Aquests treballen a temperatures de 150 °C i pressions de 0,1 bar o menors.

- Al equip 28 es controla també l'aigua per evitar la polimerització del DGBEA. El corrent 32 pot ser rentat abans de l'última separació, per obtenir un producte amb menys clorurs hidrolitzables.
- El 1,3-dicloro-propanol es un subproducte del procés.
- La viscositat obtinguda es de 9400 a 9900 cP del DGBA.
- El clorur hidrolitzable es de entre 50 i 100 ppm.

Comentaris del procés:

- Per la retirada d'aigua s'augmenta el rendiment ja que es redueixen les reaccions laterals.
- El procés es realitza en dues etapes per obtenir un alt rendiment i evitar la formació de compostos insolubles, a més s'evita el contingut de clorurs hidrolitzables serà baix.
- Existeixen procediments on es separa l'aigua durant la deshidrohalogenació per obtenir rendiments més alts, però aquestes condicions son favorables per a la formació d'un polímer insoluble.
- Els equips poden operar en continu o discontinu, si es continu es poden utilitzar en sèrie.

La patent analitzada fa menció d'altres patents, i fa referencia diferencies amb altres processos, aquests son:

- Després de la reacció de condensació, es separa la epihaloridrina per evaporació, i posteriorment es deshidrohalogena en un reactor per destil·lació azeotròpica. La resina s'extreu per mitja d'un dissolvent inorgànic. (GB 1278737)
- La deshidrohalogenació es pot produir en presencia de epihalohidrina, i es produeix de tal forma que s'evita la formació de sal. (CH 575405)
- Amoni quaternari per catalitzar la deshidrohalogenació. (US 4373073)
- Amb destil·lació azeotròpica es treu aigua. (JP 11158248)
- Es treu la epihalohidrina entre les dues deshidrohalogenacions parcials, i la segona deshidrohalogenació es pot produir en un dissolvent. (GP 778887)

PATENT 2: Patent estatunidenca per Feng-Chih Chang, Lake Jackson, Michael L. Heather, Angleton, Robert P. Shirtum, i L. Hearn Jr. al 28/05/1985. Codi: 4582892.

El procés es molt similar al anterior en el que reacciona el fenol polihídric amb la epihalohidrina per donar lloc a un producte intermedi. La reacció es catalitzada per una amina quaternària. en un procés isotèrmic, on es mesura la quantitat de grups fenòlics. Posteriorment es retira la Epihalohidrina i un subproducte per mitjà d'un evaporador. La mescla restant es dissol en un dissolvent orgànic, i es produeix la primera deshidrohalogenació amb un hidròxid alcalí. Després es realitza una separació de la fase aquosa. A continuació es realitza la segona deshidrohalogenació amb addició altre cop de la base alcalina junt amb el catalitzador aniònic. La mescla restant es separa en fase orgànica i fase aquosa, i la fase orgànica es renta amb aigua desionitzada. La fase orgànica composta principalment pel dissolvent i el producte es separen en un evaporador.

Detallant més en el procés:

- La reacció de condensació es produeix temperatures de entre 35 a 110 °C
- La relació de bisfenol-A i Epiclorhidrina es de 1:3 fins 1:30
- L'addició de BTAC al primer reactor es de entre 0,005 a 0,15 per mol de grup hidroxil del bisfenol-A
- El subproducte es glicerol de diclorhidrina
- El separador de la epiclorhidrina junt amb el subproducte es un "wipe falling film" a temperatures menors a 120 °C
- El NaOH s'afegeix en concentració de 10 a 25 % en dissolució aquosa
- La deshidrocloració es produeix a temperatures entre 40 fins 80 °C
- La quantitat de dissolvent empleat depèn del tipus de hidròxid fenòlic que s'utilitzi, i sol estar en un rang de entre el 20 a 60 % en pes del producte intermedi.
- Gran part del BTAC s'ha de retirar abans de la separació de la Epiclorhidrina
- La addició de BTAC en la deshidrocloració ha de ser de 0,001 a 0,02 en pes en relació al aliment orgànic
- El rentat amb aigua redueix els clorurs hidrolitzables. S'utilitza aigua desionitzada en proporció amb la fase orgànica 4:1 fins 15:1 a temperatures de entre 20 a 50 °C
- El evaporador per separar el MIBK i el DGBEA es un evaporador de film rotatori, amb un bany calefactor d'oli, per obtenir una temperatura d'operació menor a 200 °C.
- La mesura dels clorurs hidrolitzables es per mitjà de la cromatografia
- La conversió de la deshidrocloració es de entre el 95 i 99%

- El producte final obtingut té una viscositat de 8526 cP

Comentaris del procés:

- Si a la condensació la temperatura es major a 110 °C, es formen beta-clorhidrines en lloc de les preferibles alfa-clorhidrines per causa de reaccions laterals.
- Si la deshidrocloració es produeix a temperatures majors a 80 °C, el producte polimeritza i pot embussar el reactor.
- L'addició de NaOH es continua o intermitent però mai tot de cop.
- L'addició de més catalitzador en les deshidrocloracions permet fer reaccionar les clorhidrines-beta (com la 2,1-diclorhidrina), deshidroclorant-les.
- Quan més rendiment hi ha del procés, menors clorurs hidrolitzables hi ha al producte i menor es la viscositat.
- El fenolat intermedi es insoluble en la mescla inicial, per tant s'afegeix més aigua i dissolvent orgànic.
- L'addició de llavors de resina més reactants i l'addició d'alcohols polihídrics abans la deshidrocloració afavoreix la disminució de la viscositat. A més la viscositat es controla tenint en compte els grups fenòlics no reaccionats.
- A major temperatura o temps de residència al evaporador, major serà la concentració de clorurs hidrolitzables.

PATENT 3: Patent estatunidenca per Wayne F. McWhorter, Hebert P. Price al 18/04/1960. Codi: 3221032.

El procés de la patent es il·lustrat a la figura 16. Primer es comença amb el mesclador (2) d'on surt el monòmer catalitzador d'aquest tanc travessa la vàlvula (4) fins el reactor (12) impulsada per una bomba (6). Després del mesclador (8) surt un monòmer catalitzador cap el reactor (12) quan s'exhaureix el catalitzador del mesclador (2), això per a mantenir un regim continu. El reactor (12) s'escalfa fins la temperatura de d'operació i reacciona el bisfenol-A amb la epiclorhidrina per donar lloc el producte intermedi i subproducte. La vàlvula (16) controla el temps de residència del reactor (12). El corrent que surt del reactor (12) i es refreda a intercanviador de calor (14) i va cap a el mesclador (18). Alhora NaOH surt del tanc (20) i es impulsat per la bomba (18) cap al mesclador (18). A continuació el corrent (24) provinent del mesclador (18) es dirigit cap un segon reactor (26) on es produeix la deshidrocloració del producte intermedi i el subproducte. El corrent provinent del reactor (26) es refreda amb l'intercanviador de calor (28) i es dirigeix cap un equip de centrifugació (30). El corrent (32) es

aigua i epiclorhidrina que serveix per rentar la sal. La torta de rentada de sal es extreta pel corrent (34) i escalfada per un equip d'escalfament (35) per recuperar la epiclorhidrina. La epiclorhidrina recuperada (37) s'ajunta amb el corrent (40). El corrent epiclorhidrina-producte (36) provinent de la centrifugadora (30) es transporta cap un evaporador de film (38). Al separador (38) s'evapora l'aigua, el NaOH, el medi càustic i la epiclorhidrina que formen el corrent (40). El producte restant, DGBEA, de la separació (42) surt del procés. El corrent (40) es conduit cap a l'equip separador (44) on es destil·la l'aigua, el medi càustic (xilè) i epiclorhidrina. El corrent (46) es aigua, el corrent (46) es xilè, i la epiclorhidrina es el corrent (50), la qual es pot reutilitzar.

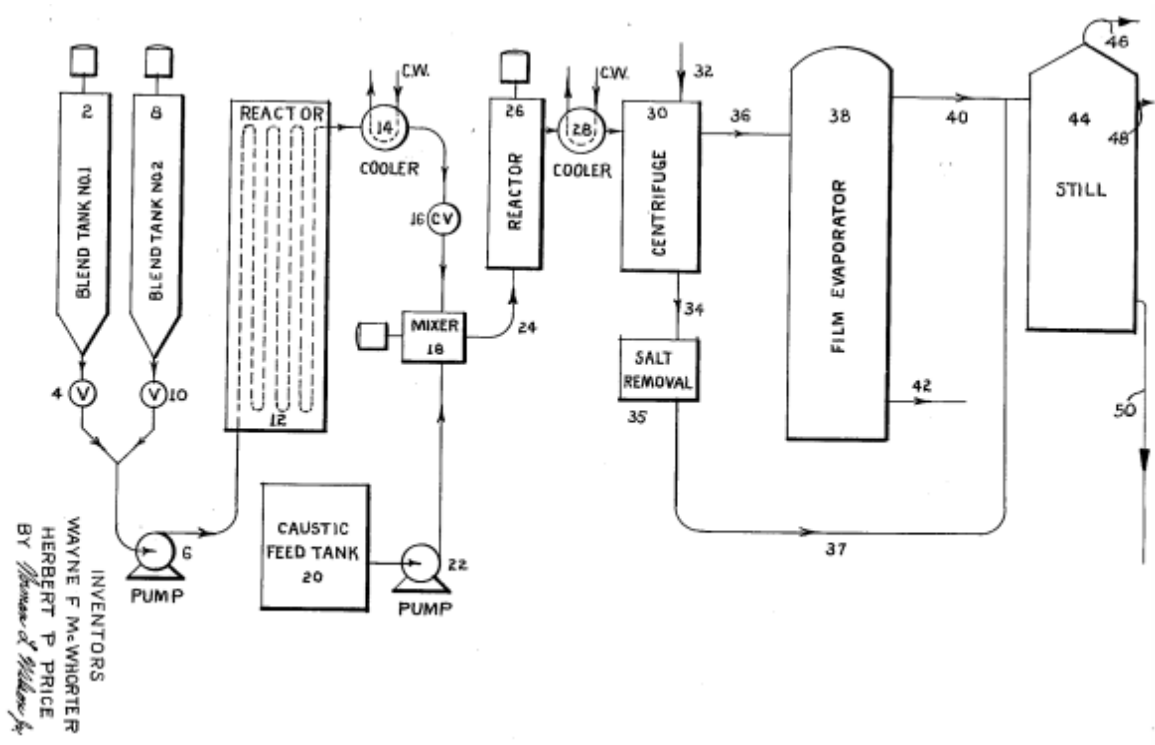


Figura 16. Procés de producció de la resina epoxi descrit per la patent 3

Detallant més en el procés:

- El procés es en règim continu
- La relació bisfenol-A i epiclorhidrina es de 1:10 molar
- La relació bisfenol-A i BTAC es de 100:1 en pes
- El primer reactor opera en condicions de 150 °C a pressions de 75 a 80 llibres de gauge de pressió. El temps de residència es de 42 min

- El subproducte es glicerol de diclorhidrina
- El NaOH es troba a un 40 %, i el medi càustic es el xilè
- El segon reactor opera en condicions de 96 ° fins 105 °C. El temps de residència es de 10 min
- L'evaporador de film opera en condicions de 150 °C al buit

Comentaris:

- L'ús d'aigua com medi dissolució per el NaOH empitjora la recuperació de epiclorhidrina, ja que la epiclorhidrina es soluble en aigua des d'un 0,5 a 1 %.
- Es poder produir altres reaccions laterals entre la epiclorhidrina, el NaOH i l'aigua cap a glicerina, glicerol o monoclorhidrina, entre d'altres.
- Mantenir l'aigua al mínim produeix un producte de menys pes molecular (o sigui amb menys polimerització).
- Si es realitza tot el procés en un reactor la resina resultant surt amb un pes elevat massa elevat (polimeritza molt) i per tant pot embussar el reactor.

*PATENT 4: Patent estatunidenca per Leonard Harold Griffin, i Dwight M. Sheets al 30/05/1961
Codi: 2986551A.*

El procés de la patent es il·lustrat a les figures 17 i 18. La figura explica que el procés comença en el tanc de mescla (10) que conté bisfenol-A, epiclorhidrina, acetona i aigua. Després de la reacció de condensació el reactius sobrants, el producte intermedi i el subproducte conformen el corrent (11). Al tanc de mescla (10) es produeix la primera reacció de condensació. Aquest corrent es dirigit cap al reactor A, i els NaOH es introduït als diferents reactors A, B, C, D, E, i F per els corrents (12, 14, 16, 18, 20, 22), i tots els corrents provenen d'un mateix tanc d'emmagatzematge de la base. El corrent sortida (13) del reactor A es dirigeix cap el reactor B. Els diferents corrents de sortida (15, 17, 19, 21) de cada reactor es condueixen cap el reactor posterior fins el reactor F. El corrent sortida (23) d'aquest últim reactor es dirigeix a un equip de refredament (24) i posteriorment cap a un separador de fases (25). En el separador s'obtenen dos corrents, el corrent (27) es la fase aquosa o salmorra i el corrent (26) es la fase orgànica que a continuació es portarà cap a una columna de destil·lació al buit per retirar l'excés d'epiclorhidrina i acetona. La figura *** mostra una variació al procés explicat anteriorment. Això es que entre el quart i cinquè reactor, es posa el separador de fases, on la fase aquosa o salmorra es reutilitza per a rentar el corrent producte del sisè reactor.

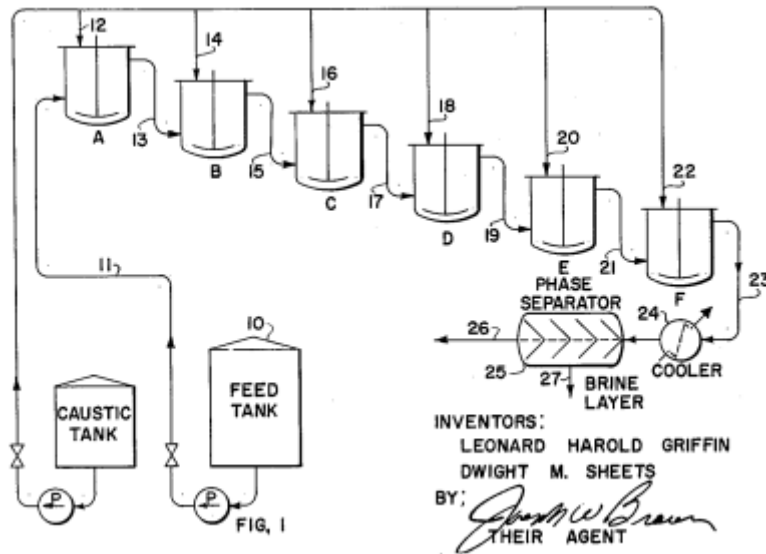


Figura 17. Procés de producció de la resina epoxi descrit per la patent 4, primera variació

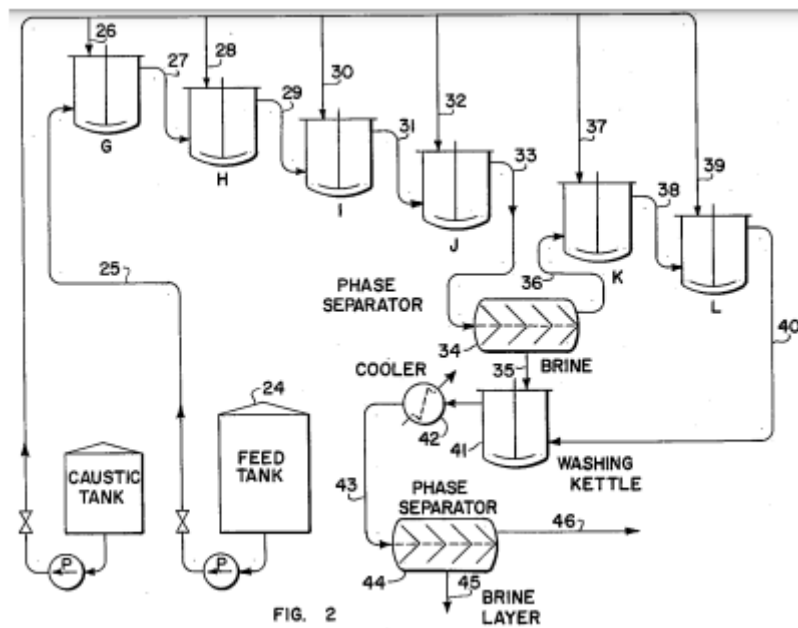


Figura 18. Procés de producció de la resina epoxi descrit per la patent 4, segona variació

Detallant més en procés:

- Es treballa en continu amb 6 reactors en sèrie
- Cada reactor abans d'operar s'ha d'escalfar
- Les condicions de cada reactor son de 100 a 180 °F, i estan agitats
- Al tanc de mescla la relació bisfenol-A i epiclorhidrina es de 1:5 fins a 1:25, i la relació epiclorhidrina i acetona es 1:1 fins 2:1
- El NaOH es va afegint a cada reactor en puresa del 7 al 18%, on la impuresa correspondria a l'aigua
- El NaOH introduït al primer reactor estarà més concentrat, a 25 % de puresa, en canvi, als demes reactors entrarà al 15 %
- Als tancs de deshidrocloració la relació de bisfenol-A i NaOH es de 1:1 o més si hi ha molt contingut del subproducte
- L'aigua ha de estar en proporció 2,5 a 7 % en pes del total de la mescla
- El temps de residència de cada reactor de deshidrocloració es de 8 a 15 min i la agitació es de 100 a 500 rpm
- La viscositat del DGEBA es de 15000 cP

Comentaris:

- El segon mètode de producció dona un producte amb menys contingut en clorurs, ja que la deshidrocloració del cinquè i sisè reactor serà més efectiva per causa de la absència de la salmorra.
- El mètode continu dona un producte uniforme
- El procés en continu dona un producte amb més pes molecular (polimeritza) que un discontinu
- El dissolvent orgànic pot reaccionar per donar lloc a subproductes
- A major excés de epiclorhidrina es produeix menor polimerització del producte
- Mantenir la proporció d'aigua en el rang esmentat ajudarà a solubilitzar els hidròxids fenòlics i el subproducte, per tant, facilitant la seva posterior extracció
- La fase orgànica correspon a Epiclorhidrina, acetona
- La fase aquosa correspon a sal i aigua.
- Depenent la quantitat de NaOH restant, s'haurà de neutralitzar abans el procés de separació
- Per ebul·lioscòpia es pot comprovar el pes molecular de la resina
- Per destil·lació azeotròpica es pot separar la acetona de la epiclorhidrina

- S'assenyala que utilitzar MIBK en aquest procés es pitjor que utilitzar acetona, com a dissolvent orgànic, per causa de les reaccions laterals. Així també s'assenyala que la utilització de alcohol etílic com a dissolvent orgànic empitjora el rendiment per les reaccions laterals, en comparació amb la acetona
- La epiclorhidrina i la acetona poden ser recirculades

PATENT 5: Patent europea per Massingill, John Lee, i Lake Jackson al 06/11/1980. Codi: 0028810 A2.

La patent mostra un procés alternatiu en la que no s'evita utilitzar un dissolvent orgànic. El procés es similar als descrits anteriorment, on es fa reaccionar el fenol dihídric amb la epihalohidrina en presència d'un catalitzador aniònic. Es separa la epihalohidrina amb un destil·lador. Es produeix la deshidrohalogenació amb un hidròxid alcalí, i posteriorment es treu la fase aquosa. Es renta la mescla resultant amb aigua destil·lada en un mesclador agitat i en un altre separador es treu l'aigua de rentatge. El rentat es produeix varis cops. A continuació la mescla rentada es dirigeix cap un procés de separació amb destil·lació on es separa l'aigua i altres substàncies lleugeres.

Detallant més en el procés:

- La relació bisfenol-A i epiclorhidrina es de 1:4 fins 1:20
- La reacció de condensació es pot realitzar a temperatures de entre 25 a 150 °C
- La destil·lació de la epiclorhidrina després la condensació es produeix en un "glass wiping film still" i opera a 130 °C i 30 mmHg.
- La deshidrocloració es realitza amb NaOH del 18 al 27 %, a més ha de ocupar el 5 fins al 70 % en pes de la mescla
- La dehidrocloració es produeix a temperatures de entre 50 fins 105 °C
- El rentat es realitza amb aigua a 50 fins 100 °C en absència de dissolvent
- El equip de separació d'aigua posterior al rentat pot ser un coalescedor, i opera a 70 °C
- L'última destil·lació es produeix amb un "wiping film still" a 175 °C i 0,2 mmHg
- La viscositat es de 11200 cP

Comentaris:

- El dissolvent es sol utilitzar per la deshidrohalogenació en altres processos, però poden haver processos que l'utilitzen per al rentar i la epoxidació
- La epihalohidrina pot ser el propi dissolvent de la mescla
- L'ús de dissolvents orgànics es desavantatjós per causa de les reaccions laterals que es donen, i per la que s'ha de fer una posterior separació de del dissolvent orgànic del propi producte (per tant disminueix la puresa del producte final) i un altre separació si es vol recuperar el propi dissolvent
- Separa la resina de l'aigua pot ser un procés complicat sense dissolvent
- La manca de dissolvent fa que procés de decantació sigui més llarg. Aquesta s'ha de fer a una temperatura baixa per evitar les reaccions secundaries
- Es poden addicionar altres substancies per trencar la tensió superficial entre les fases o modificar la densitat de les fases per millorar seva separació
- El bisfenol-A es pot mesurar amb cromatografia gas o líquida, espectrofotometria, i colorimetria amb agent Mellon

1.3.2. Selecció del procés

La patent escollida es la segona patent esmentada en l'apartat anterior, principalment per la explicitat del procés i sobretot en a quant números. Ara bé, les patents mencionen característiques importants que ressalten el procés, ja que a la patent escollida s'ha realitzat algunes modificacions per millorar el procés, com per exemple doblar els separadors, i reaprofitar calors del sistema, tot i que el rentat final amb aigua desionitzada no es realitza, ja que el producte surt amb un elevada puresa. El procés de reacció es discontinu perquè així os especifica la patent, i la separació es discontinua perquè es més eficient energèticament, per causa dels escalfaments i refredaments, i per el reaprofitament del calor dels corrents. En quant als residus tots els processos generen els gairebé els mateixos, per tant es modifica per a que recirculi compostos.

El fenol polihídric escollit es el bisfenol-A. Es poden operar amb altres composts similars com el resorcinol, hidroquinona i catecol.

La epihalohidrina escollit es la epiclorhidrina. Es poden operar amb altres composts similars com la epibromhidrina i la epiiodhidrina.

Tots els processos utilitzen catalitzadors per accelerar les reaccions, tot i que alguns mencionen que es pot realitzar sense, el catalitzador comú en totes les patents es el BTAC. A més la utilització del catalitzador es beneficiós per ajudar a eliminar els subproductes.

Catalitzador aniònic escollit es el clorur de benzil trimetil amoni (BTAC). Es poden operar amb altres compostos similars com el clorur de benzil trietil amoni (BTEAC), clorur tetraetil amoni, clorur de tetrametil amoni, clorur de tetraetanol amoni, hidròxid de tetraetanol amoni, trimetil amina, trietanol amina, hidròxid de tetraamoni, dimetil amina de benzil. Altres son catalitzadors de amoni o sulfoni, resines bàsiques d'intercanvi iònic, o sals metàl·liques com LiBr, LiClO i KBr.

El hidròxid alcalí escollit es el hidròxid sòdic. Es poden operar amb altres composts similars com el LiOH, KOH, Ca(OH)₂ i Ba (OH)₂. El medi de dissolució de la base escollida es l'aigua. Es poden operar amb altres dissolvents com xilè, benzè, heptà, pentà i altres naftes.

El dissolvent orgànic escollit es el metil isobutil cetona (MIBK). Es poden operar amb altres composts similars com el metil etil cetona (MEK), toluè, xilè, clor de metilè, diclor d'etilè i cetona.

Avantatges del procés escollit:

- Producte amb menys clorurs hidrolitzables a causa de una doble deshidrocloració
- Millor rendiment del producte al procés a causa de la retirada d'aigua després la primera reacció, i de la segona. A més l'aigua facilita la polimerització del producte.
- Reaprofitament de la epiclorhidrina a causa de la separació d'aquesta abans la segona reacció
- Millor rendiment del producte al procés a causa de la retirada de l'epiclorhidrina després la primera reacció, ja que aquesta pot tenir reaccions laterals
- S'evita la precipitació de la sal a causa de treballar amb aigua, però en poca quantitat
- S'evita la formació de subproductes que empitjoren el rendiment, treballant a temperatures menors a 110 en les deshidrocloracions.
- S'evita l'embussament dels reactors de deshidrocloració al treballar a temperatures no majors a 80 °C
- Millor eficiència energètica a causa de que els equips en el procés discontinu treballen a menor temperatura que les del continu
- Menor polimerització a causa del règim discontinu a la que s'operen a les reaccions
- Millor rendiment del producte al procés a causa de treballar amb un alt excés d'epiclorhidrina
- Facilitat de separació del producte dels demás compostos a causa de l'ús de dissolvent. Tot i que també es destaca que l'ús de dissolvent fa que el procés de separació sigui més

elaborat per causa de la separació del producte final del dissolvent. Cal recalcar que el convenient supera l'inconvenient

- La viscositat resultant es menor a la segona patent amb un rendiment alt, això es pot visualitzar a la taula 9:

Figura 9. Viscositat del producte final per cada corrent

Nombre de patent	Viscositat (cP)
Patent 1	9400 – 9900
Patent 2	8526
Patent 4	15000
Patent 5	11200

Desavantatges del procés escollit:

- Empitjorament de la recuperació de la epiclorhidrina per causa de l'ús d'aigua com dissolvent del NaOH. La epiclorhidrina es soluble en aigua
- Empitjorament del rendiment del producte al procés per causa de les reaccions laterals entre la epiclorhidrina, el NaOH i l'aigua
- No s'obté un producte uniforme per causa de les parts del procés en discontinu
- Empitjorament del rendiment del producte al procés per causa de l'ús de MIBK té reaccions laterals. Es destaca que la acetona es millor, tot i també tenir reaccions laterals.

1.3.3. Descripció del procés

El procés s'inicia amb una primera reacció on hi participa Bisfenol A, BTAC i Epiclorhidrina (EPI). La major part de l'EPI utilitzada és recirculada mentre que l'altre part prové d'un escalfament previ mitjançant vapor en un bescanviador de calor.

Un cop finalitzada aquesta reacció se n'obté un producte intermedi mesclat amb EPI i bisfenol que no han reaccionat a més de BTAC i aigua. Tot aquest corrent és destinat a un tanc pulmó per a poder fer una separació en continu de l'EPI i així ser recirculada, com de la mateixa manera el catalitzador, aquest per tractar-lo externament.

Aquesta separació s'inicia amb un primer Wipe falling film evaporator (WFFE) on es separa la major part d'EPI, BTAC i tota l'aigua de la mescla. Per poder obtenir una major recuperació d'EPI es col·loca un segon WFFE.

El corrent d'intermedi resultant es mescla amb el dissolvent MIBK i s'emmagatzema en un tanc pulmó fins a realitzar-se una segona reacció.

Al mateix temps la mescla de EPI, BTAC i H₂O és tractada en una centrifugadora on se n'obté el BTAC i l'aigua formant un corrent que es tractarà a gestió externa, de la mateixa manera que l'EPI obtinguda s'uneix amb l'EPI separada al segon WFFE i la mescla conjunta s'emmagatzema en un tanc.

La segona reacció, primera de deshidrocloració, es donarà a lloc en un segon RDTA a 80°C i hi reaccionarà NaOH, introduït en una dissolució al 18% amb aigua i sent prèviament escalfat, amb el corrent principal d'intermedi i MIBK, procedent del tanc pulmó. Un cop finalitzada la reacció el corrent s'emmagatzema en un tercer tanc pulmó per a poder realitzar una nova separació en continu.

En aquest cas es separa la fase inorgànica, formada per NaCl, NaOH i aigua, de la orgànica, format per DGEBA, Intermedi i MIBK principalment, mitjançant una centrifugadora. El corrent orgànic s'emmagatzema en un quart tanc pulmó fins a realitzar la tercera i última reacció mentre que el corrent inorgànic és dirigit a la zona de tractament.

Finalment es realitza la tercera reacció, segona de deshidrocloració, afegint al corrent procedent de la segona fase de separació una dissolució de NaOH al 18% i catalitzador BTAC.

Aquesta reacció es duu a terme en un tercer RDTA i la barreja obtinguda s'emmagatzema de nou en un tanc pulmó per a poder realitzar un continu la darrera fase de separació.

En aquesta última fase es cerca depurar el producte, DGEBA, per obtenir-ne una puresa al 95% al mateix temps que es recupera el MIBK per a ser reutilitzat.

Inicialment es produeix una separació de fase orgànica-inorgànica en una tercera centrifugadora. Tal i com passa en el segon procés de separació la fase inorgànica principalment formada per NaOH, NaCl, BTAC i aigua, és dirigida a la zona de tractament.

La fase orgànica és tractada en un primer WFFE on se n'obté un cabal inicial de DGEBA amb una puresa del 95% al mateix temps que se n'obté un altre de gasós amb MIBK i traces de DGEBA. Per això es tracta el corrent gasós en un nou WFFE per obtenir un nou corrent de DGEBA amb una puresa del 96% al mateix temps que se n'obté un altre gasós de MIBK al 99%. El corrent de

MIBK es recircula directament a la primera fase de separació mesclant-se amb el corrent d'intermedi previ a la segona reacció a l'hora que el corrent de DGEBA procedent dels dos WFFE d'aquesta tercera fase de tractament s'emmagatzema per a ser comercialitzat.

La descripció amb més detall del procés es trobarà al capítol d'operació en planta.

1.3.4. Diagrama de blocs

El diagrama de blocs es divideix en 3 parts, representades principalment per: la reacció de condensació, la primera deshidrocloració parcial i la segona deshidrocloració parcial.

Cal aclarir que aquest diagrama de blocs no té en compte el tractaments de residus ni tampoc les recirculacions, per tant no es presenten tants cabals com quan si es compten les recirculacions. El diagrama de blocs conté 30 corrents, mentre que el diagrama d'enginyeria es presenten els 53 corrents perquè es té en compte la recirculació.

La eterificació i posteriors separacions es de representen a la figura 19.

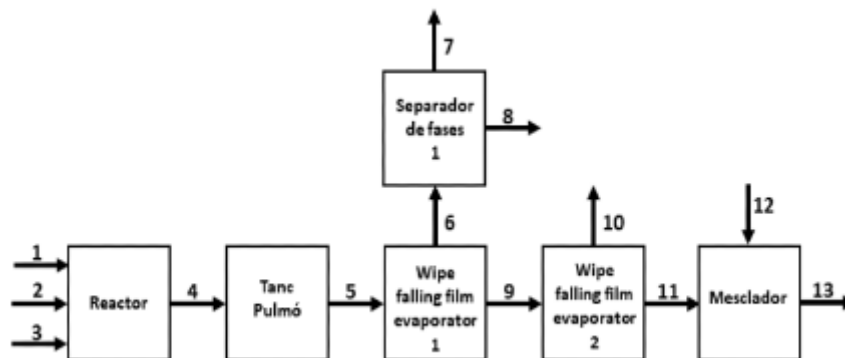


Figura 19. Diagrama de blocs primera part

On cada corrent representa:

1. Epiclorhidrina
2. Bisfenol A
3. Clorur de trimetil amoni dissolt en aigua
4. Epiclorhidrina, Bisfenol A, Clorur de trimetil amoni, Aigua i Producte intermedi
5. Epiclorhidrina, Bisfenol A, Clorur de trimetil amoni, Aigua i Producte intermedi
6. Epiclorhidrina, Clorur de trimetil amoni i Aigua
7. Clorur de trimetil amoni i Aigua

8. Epiclorhidrina
9. Epiclorhidrina, Bisfenol A, Clorur de trimetil amoni, Aigua i Producte intermedi
10. Epiclorhidrina i Bisfenol A
11. Epiclorhidrina, Bisfenol A, Clorur de trimetil amoni, Aigua i Producte intermedi
12. Metil isobutil cetona
13. Epiclorhidrina, Bisfenol A, Clorur de trimetil amoni, Aigua, Producte intermedi i Metil isobutil cetona

La primera deshidrocloració parcial i la separació posterior es representen a la figura 20.

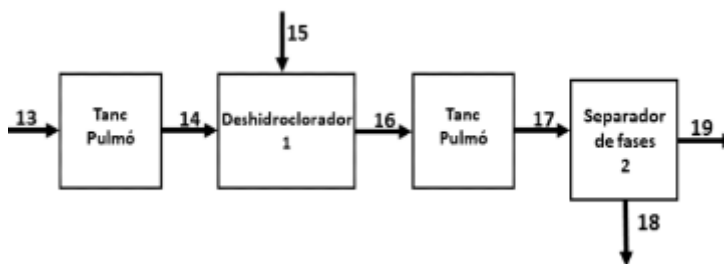


Figura 20. Diagrama de blocs segona part

On cada corrent representa:

14. Epiclorhidrina, Bisfenol A, Clorur de trimetil amoni, Aigua, Producte intermedi i Metil isobutil cetona
15. Hidròxid de sodi dissolt en aigua
16. Epiclorhidrina, Bisfenol A, Clorur de trimetil amoni, Aigua, Producte intermedi, Metil isobutil cetona, Hidròxid de sodi, Clorur de sodi i Diglicil de bisfenol-A
17. Epiclorhidrina, Bisfenol A, Clorur de trimetil amoni, Aigua, Producte intermedi, Metil isobutil cetona, Hidròxid de sodi, Clorur de sodi i Diglicil de bisfenol-A
18. Clorur de trimetil amoni, Aigua, Hidròxid de sodi i Clorur de sodi
19. Epiclorhidrina, Bisfenol A, Producte intermedi, Metil isobutil cetona i diglicil de bisfenol-A

La segona deshidrocloració parcial i la purificació posterior es representen a la figura 21.

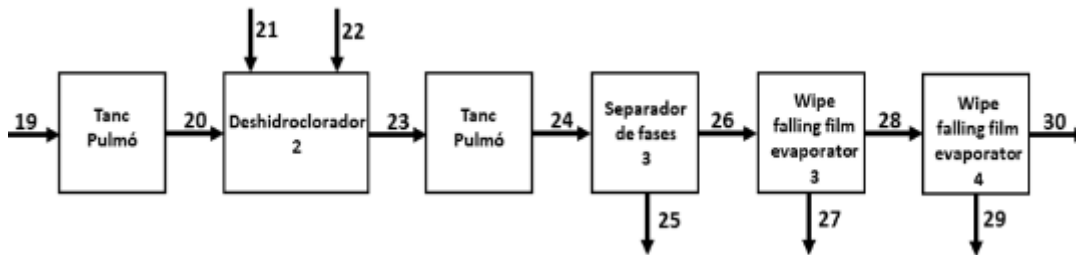


Figura 21. Diagrama de blocs tercera part

On cada corrent representa:

- 20. Epiclorhidrina, Bisfenol A, Producte intermedi, Metil isobutil cetona i diglicil de bisfenol-A
- 21. Hidròxid de sodi dissolt en aigua
- 22. Clorur de trimetil amoni dissolt en aigua
- 23. Epiclorhidrina, Bisfenol A, Clorur de trimetil amoni, Aigua, Producte intermedi, Metil isobutil cetona, Hidròxid de sodi, Clorur de sodi i Diglicil de bisfenol-A
- 24. Epiclorhidrina, Bisfenol A, Clorur de trimetil amoni, Aigua, Producte intermedi, Metil isobutil cetona, Hidròxid de sodi, Clorur de sodi i Diglicil de bisfenol-A
- 25. Clorur de trimetil amoni, Aigua, Hidròxid de sodi i Clorur de sodi
- 26. Epiclorhidrina, Bisfenol A, Producte intermedi, Metil isobutil cetona, i Diglicil de bisfenol-A
- 27. Epiclorhidrina, Bisfenol A, Producte intermedi, Metil isobutil cetona, i Diglicil de bisfenol-A
- 28. Epiclorhidrina, Metil isobutil cetona, i Diglicil de bisfenol-A
- 29. Epiclorhidrina, Metil isobutil cetona, i Diglicil de bisfenol-A
- 30. Epiclorhidrina, Metil isobutil cetona, i Diglicil de bisfenol-A

1.3.5. Balanç de matèria

El balanç de matèria es realitza per saber els cabals de cada corrent. Al capítol de plànols i enginyeria es mostren les taules de cada corrent amb el seu cabal màssic i les seves propietats.

Comprovació del balanç de matèria

Es realitza una comprovació per confirmar que es compleix el balanç de matèria del procés. A continuació a la taula 11 es mostren els kg d'entrada i els de sortida.

Figura 11.. Comprovació del balanç de matèria

Entrada		Sortida	
Component	Kg	Component	Kg
BTAC	10,15	BTAC H ₂ O	9,08
EPI	18108,98	EPI	14460,25
BISFENOL A	4536,38	EPI i Bisfenol A	32,47
MIBK	12230,28	BTAC, NaOH, NaCl i H ₂ O	7111,39
H ₂ O i NaOH	6115,13	BTAC, NaOH, NaCl i H ₂ O	5001,90
H ₂ O i NaOH	4568,46	EPI, Bisfenol A, INTER, DGEBA i MIBK	6597,61
BTAC	15,23	MIBK DGEBA EPI	123,03
-	-	EPI, DGEBA, MIBK	12246,37
Sumatori d'entrada	45584,60	Sumatori de sortida	45582,10

L'equació del balanç de matèria, màssic, sense acumulació i sense generació de matèria és la següent:

$$\text{Entrada (kg)} = \text{sortida (kg)}$$

Aplicant l'equació s'obté el següent resultat:

$$\text{Entrada} - \text{Sortida} = 45584,60 - 45582,10 = 2,5 \text{ kg}$$

S'observa que no es compleix el balanç de matèria per una diferència de 2,5 kg, això correspon a un error del 0,006 %. Aquesta diferència es acceptable, i segurament ve donada a arrel del càlcul realitzat amb el pes molecular de les diferents substàncies al balanç de matèria, així com per l'arrodoniment dels nombres decimals intrínsec del simulador de processos.

1.3.6. Balanç d'energia

El balanç d'energia mostra com s'ha transmès energia en tot el sistema. En aquest cas es realitza un balanç calorífic en cada reactor, per causa de

Figura 12. Balanç de energia calorífica als reactors. Generació de calor

	Reactor 1	Reactor 2	Reactor 3	Unitats
Cabal de calor	-2,00E+03	-3,54E+03	-1,49E+03	kJ/min
T de reacció	55	80	80	°C
ΔHT	-1,85E+01	-4,66E+01	-4,68E+01	KJ/mol
Temps de reacció	1,80E+02	6,00E+01	3,00E+01	min

Figura 13. Balanç de energia calorífica als reactors. Recepció de calor

	Reactor 1	Reactor 2	Reactor 3	Unitats
Cabal de calor	-2,00E+03	-3,54E+03	-1,49E+03	kJ/min
Cp d'aigua	4,186	4,186	4,186	KJ/kg/°C
Temperatura de entrada de refrigerant	10	10	10	°C
Temperatura de entrada de refrigerant	15	15	15	°C

1.4. Necessitats de servei de la planta

La planta requerirà diferents tipus de serveis auxiliars per al correcte funcionament de la planta. Aquests es mostraran a continuació.

1.4.1. Aigua de xarxa

Aquest tipus de servei correspon a l'aigua que es treu externament per la empresa proveïdora local. Aquesta aigua serà utilitzada per la neteja de les instal·lacions, per al ús del personal, per a la refrigeració, per a la producció de vapor, així com per a tenir un subministrament contra incendis i la planta pilot. Cal recalcar que l'aigua de refrigeració serà un circuit tancat, la qual es renovarà cada un cert temps. El vapor correspondrà a un circuit de vapor semi tancat, amb molta més freqüència que la de refrigeració, es purgarà per a evitar acumulació d'ions i precipitats que podrien malmetre l'equip. Per als altres grups el circuit serà obert. Tota l'aigua de sortida del procés, excepte la de refrigeració, anirà cap a la depuració d'aigües.

1.4.2. Aigua de refrigeració

Llavors, part de l'aigua de xarxa s'utilitza per la refrigeració d'equips, però aquesta aigua serà refredada en un equip chiller, ja que segons quina sigui la estació de l'any, l'aigua provinent de fora canvia de temperatura a l'entrada, per tant, el chiller fa que independentment de la temperatura de entrada a les instal·lacions o al final dels processos, la temperatura de entrada per refredar sigui de 10 °C. El salt tèrmic serà de 15 °C com a màxim. Es treballarà amb 3 chillers a mitja potencia en comptes de 2 a tota potencia, ja que la primera és molt més eficient energèticament. El cabal de refrigeració total utilitzat és de 60079 kg/h en la posada en marxa, ja que l'aigua per refrigeració s'utilitzarà en circuit tancat, per tant aquest serà el cabal màxim que s'utilitzarà. A més cal recalcar que la necessitat de refrigeració per alguns intercanviadors es discontinua, per tant serà el cabal màxim en un moment donat.

1.4.3. Vapor d'aigua

Aquest fluid serà un calefactor per escalfar corrents en la posada en marxa, així com per escalfar el equip. El vapor es generarà amb una caldera la qual escalfarà l'aigua de xarxa en un vapor de 175 °C a pressió de 8 bar. El salt tèrmic serà de 80 °C (cal destacar que a aquesta pressió no hi ha condensació als 100 °C). El cabal de refrigeració total utilitzat és de 11986 kg/h, per tant aquest serà el cabal màxim que s'utilitzarà. A més cal recalcar que la necessitat de calefacció per alguns intercanviadors es discontinua, per tant serà el cabal màxim en un moment donat.

1.4.4. Aigua contra incendis

El fluid que s'utilitzarà amb major quantitat per a la extinció del foc serà l'aigua de xarxa, això degut a la seva economia i efectivitat en la gran majoria d'ignicions. Aquesta aigua estarà en un tanc d'emmagatzematge a l'espera de ser utilitzada. El cabal d'aigua contra incendis total utilitzat és de 3805 m³ en la posada en marxa des de zero, per tant aquest serà el cabal màxim que s'utilitzarà, però s'emmagatzemaran 1575 m³ en una balsa fins la seva utilització d'emergència.

1.4.5. Aire comprimit

Aquest fluid s'utilitza per l'acció pneumàtica a partir de les senyals dels transductors. Les vàlvules amb funcionament automàtic es modificaran la seva obertura mitjançant aquest principi. L'aire d'entrada haurà de ser filtrat i deshumidificat fins certs paràmetres per no fer malbé les conduccions. Per tant, al ser un recurs virtualment il·limitat i sense cost, no es determina la quantitat d'aire circulant a la planta.

1.4.6. Nitrogen

Aquest fluid es de gran importància per la seguretat del procés ja que les inertitzacions dels fluids inflamables es controlaran amb nitrogen. L'acció del gas es desplaçar l'oxigen fins uns valors llunyans al d'ignició, així com desplaçar la humitat en l'assecament dels equips i canonades. El cabal de inertitzador total utilitzat és de 619 kg/h en la posada en marxa per tant aquest serà el cabal màxim que s'utilitzarà. A més cal recalcar que la necessitat de inertització per als tancs d'emmagatzematge d'inflamables serà discontinua, per tant serà el cabal màxim en un moment donat.

1.4.7. Gas natural

Aquest fluid s'utilitza per a fins energètics, en específic per escalfar l'aigua en la caldera, i en els intercanviadors de calor en l'escalfament dels fluids en la posada en marxa. A més el gas natural servirà per escalfar l'aigua de xarxa i tenir agua calenta per al personal. El cabal de combustible total utilitzat és de 165 kg/h en la posada en marxa per tant aquest serà el cabal màxim que s'utilitzarà. A més cal recalcar que la necessitat de combustible per la caldera serà discontinua, per tant serà el cabal màxim en un moment donat.

1.4.8. Electricitat

L'energia provinent de l'empresa subministradora serà de 380 V (potències superiors a 14,49 kW) i 50 Hz, ja que a les indústries es molt comú utilitzar altes potències per a les bombes i compressors, i sobretot per a la refrigeració, en aquest cas d'un gran cabal d'aigua per refrigeració. L'obtenció d'energia és la més important de tots els serveis, perquè sense aquest abastiment no podrien treballar les bombes, compressors, no es podria controlar els sistemes de forma automàtica ni es podria rebre informació d'aquest, no hi hauria cap sistema de seguretat actiu i no hi hauria llum. Per cas de falla en el subministrament elèctric, sobretensió, caiguda de tensió, soroll electromagnètic, inestabilitat de freqüència i distorsió harmònica es disposa d'un grup electrogen i un SAI connectat al sistema elèctric de la planta.

Grup electrogen

Un grup electrogen es una maquina de generació elèctrica a traves de combustió interna. Per, tant, a partir del gas natural es pot obtenir energia elèctrica la qual s'utilitzarà en cas d'una falla en el subministrament elèctric, això seria devastador per al procés a causa de que tots els equips necessiten electricitat i podria ser perillós per causa de que no es podria utilitzar el chiller ni tampoc impulsar l'aigua de refrigeració, llavors la reacció exotèrmica podria descontrolar-s'hi.

Aleshores, aquest grup electrogen disposaria d'un motor de combustió interna, una bomba de impulsió per carregar-la cambra de combustió de gas natural.

El grup electrogen alimentaria principalment la sala de control, el sistema de refrigeració, els equips de reacció i separació i els seus accessoris, així com l'àrea de tractament de residus, la sala blanca, la llum, ventilació, el sistema contraincendis i alarmes d'emergència. L'encès es automàtic tot i que pot fer-se manual també. Les condicions elèctriques han de ser de 380 V.

Els sistemes de alimentació interrompuda

Els SAI son dispositius que disposen de bateries i altres dispositius d'emmagatzematge que proporcionen energia elèctrica en cas de falla del subministrament energètic extern. Aquesta alimentació s'activaria en cas d'emergència i alimentaria als mateixos equips que el grup electrogen a més d'arrencar el grup electrogen. Les condicions elèctriques ha de ser de 220 V com a mínim i una durada de 30 min.

1.5. Construcció de la planta

1.5.1. Distribució del disseny de la planta

Llavors, un cop es té clar el procés es distribueix la planta en zones, que son:

- Zona 110: Emmagatzematge
- Zona 220: Producció de reacció
- Zona 330: Operacions de separació
- Zona 440: Zona de tractaments
- Zona 550: Personal/operaris
- Zona 660 Serveis auxiliars

A més, els requisits a seguir per a realitzar la distribució van ser:

- No s'ha d'arribar a una ocupació major al 75 % de la planta (es tenen presents futures ampliacions a les millores).
- La distribució té un ordre lògic d'acord amb el procés.
- Separar cada zona amb carrers entre elles per un fàcil accés a cada una.
- Accés de tal forma que la circulació de vehicle sigui fluida.
- Disposició de espai per al estacionament de vehicles.

Cal destacar les zones condicionants que van ser decisives per la distribució de la planta. La zona d'emmagatzematge, tot que es la zona des d'on entren les substancies, aquesta es disposa en cantó de la parcel·la per evitar que possibles accidents puguin afectar la zona central de la planta. La zona de la tercera reacció i separació es troba al costat del emmagatzematge per causa del aprofitament de calor i ser molt viscos, així s'evita un recorregut llarg i sobrepressió de les bombes de desplaçament positiu. Per tant la zona de primera reacció es la que més lluny del emmagatzematge, però els fluids son més fàcils de transportar.

La parcel·la al abans de la construcció es mostra a la figura 22.



Figura 22. Parcel·la sense edificar

1.5.2. Implantació

D'acord amb les normatives, es va implementar el disseny de la següent manera, registrat a la taula 14:

Figura 14. Paràmetres de la implantació de la planta

Paràmetre	Definició
Distància entre edificis	Un terç del edifici més alt, com a mínim 5 m
Aparcaments	1 plaça per cada 150 m ² construït
Alçada màxima	16 m i 2 plantes
Alçada mínima	4 m i 1 planta
Reculades	5 m a vials i veïns
Ocupació màxima de parcel·la	75 %
Ocupació mínima	20 % de l'ocupació màxima
Edificabilitat	1,5 m ² de sostre per cada m ² de sòl

1.5.3. Especificació de cada àrea

Tal com s'ha especificat hi ha sis zones les quals, a continuació s'especificaran el seu ús.

Zona 110: Emmagatzematge

La zona d'emmagatzematge és el lloc on es guarden els reactius fresc, catalitzador, i producte final, així com recirculats. Hi ha 13 tancs per l'emmagatzematge, i la zona es divideix en subzones que son:

- N-111 Emmagatzematge de materials; aquí s'emmagatzemen els materials que entren o estarà per sortir del procés que no son fluids part del procés de reacció ni de separació. Així com alguns materials que es solen desgastar amb molta freqüència. També es troben totes les bombes, equips, accessoris i controls necessaris per l'operació. També serà un magatzem de materials contraincendis.
- N-112 Emmagatzematge d'inflamables – Epiclorhidrina i MIBK; aquí s'emmagatzemen els dos tancs d'EPI i dos tancs de MIBK que arriben a la planta, aquests tancs estan inertitzats per nitrogen amb la finalitat de desplaçar l'oxigen i crear una atmosfera no explosiva. També es troben totes les bombes, equips, accessoris i controls necessaris per l'operació.
- N-113 Emmagatzematge de corrosius – Hidroxid de sodi; aquí s'emmagatzemen tres tancs de NaOH fresa que arriba a la planta. Aquests tancs son especials i les seves canonades perquè aquesta substància es corrosiva, el material es d'acer esmaltat.
- N-114 Recepció i expedició de substàncies; aquí residirà el personal que s'encarregarà de la logística de l'emmagatzematge, així com de la part administrativa. També es troben totes les bombes, equips, accessoris i controls necessaris per l'operació.
- N-115 Parc de tancs – Producte fina DGEBA; aquí s'emmagatzemen 4 tancs de DGEBA que surt del procés, aquests tancs estan inertitzats per nitrogen amb la finalitat d'evitar la entrada de residus. També es troben totes les bombes, equips, accessoris i controls necessaris per l'operació.
- N-116 Emmagatzematge de catalitzador; aquí s'emmagatzema el BTAC que arriba fresc a la planta. També es troben totes les bombes, equips, accessoris i controls necessaris per l'operació.
- N-117 Emmagatzematge d'inflamables – Recirculació d'epiclorhidrina; aquí s'emmagatzemen els fluids que es recirculen, com la epiclorhidrina. El MIBK es no s'emmagatzema ja que pot treballar en sistema circuit tancat. També es troben totes les bombes, equips, accessoris i controls necessaris per l'operació.

- N-118 Emmagatzematge de BFA – Sala blanca; aquí s'emmagatzemen el BFA en un sala controlada per evitar la contaminació del reactiu i per evitar emmalaltir als treballadors, ja que el reactiu prové en pols i aquesta pot escampar-s'hi fàcilment per les instal·lacions. El transport es per mitja d'una tremuja. També es troben totes les bombes, equips, accessoris i controls necessaris per l'operació.

Zona 220: Producció de reacció

La zona de reacció és el lloc clau on es produeixen la transformació de les substàncies, i es troben els tres reactors, un per cada reacció, i la zona es divideix en subzones que son:

- N-221 Producció reacció 3; aquí es produeix la càrrega del producte deshidratat, reacció i descàrrega del producte final però sense purificar. Un batch correspondrà a sis càrregues, reacció i descàrregues, a més en aquesta zona estaran les bombes de desplaçament positiu a causa de la viscositat del fluid. També es troben totes les bombes, intercanviadors de calor, accessoris i controls necessaris per l'operació.
- N-222 Producció reacció 2; aquí es produeix la càrrega del producte intermedi, reacció i descàrrega del producte final deshidratat un cop però sense purificar. Un batch correspondrà a tres càrregues, reacció i descàrregues, a més en aquesta zona estaran les bombes de desplaçament positiu a causa de la viscositat del fluid. També es troben totes les bombes, intercanviadors de calor, accessoris i controls necessaris per l'operació.
- N-223 Planta pilot; aquí es trobaran els equips del procés per a provar millores que s'implementarà a futur. També es troben totes les bombes, intercanviadors de calor, accessoris i controls necessaris per l'operació.
- N-224 Producció reacció 1; aquí es produeix la càrrega dels reactius frescos o recirculats, reacció i descàrrega del producte final condensat. Un batch correspondrà a una càrrega, reacció i descàrrega, a més en aquesta zona estaran les bombes de desplaçament positiu a causa de la viscositat del fluid. També es troben totes les bombes, intercanviadors de calor, accessoris i controls necessaris per l'operació.

Zona 330: Operacions de separació

La zona d'operacions de separació és el lloc on es produeix la separació de les substàncies que es recirculen, els residus per tractar, i la purificació del producte final. La zona es divideix en subzones que son:

- N-331 Sala de destil·lació 3; aquí es produeix la separació del DGEBA de les altres substàncies per mitjà de dos WFFE. Al primer WFFE es separa la fase aquosa de la fase orgànica, i al segon WFFE es separa els components de la fase orgànica. També es troben totes les bombes, intercanviadors de calor, accessoris i controls necessaris per l'operació.
- N-332 Sala de destil·lació 2; aquí es produeix la separació de la fase orgànica i la fase aquosa. L'equip de separació es una centrifugadora. També es troben totes les bombes, intercanviadors de calor, accessoris i controls necessaris per l'operació.
- N-333 Sala de destil·lació 1; aquí es produeix la separació del producte intermedi dels demás compostos, i la separació de la epiclorhidrina per a ser recirculada. La separació es deguda a dos WFFE, al primer WFFE es separa la epiclorhidrina del producte intermedi, i a segon WFFE igual però es purifica més el producte intermedi. A més la recuperació de la EPI es deguda a una centrifugadora que separa l'aigua i BTAC de la EPI. També es troben totes les bombes, intercanviadors de calor, accessoris i controls necessaris per l'operació.

Zona 440: Zona de tractaments

- N-441 CER; aquí es reben els residus sòlids provinent de la planta com el GRG buits, els equips de desballestament, material trencat i bidons de neteja.
- A-442.1 Depuradora; aquí es tractaran les aigües d'ús humà de la planta. Aquest constarà d'un pretractament, tractament primari i secundari.
- A-442.2 Tractament de gasos; aquí es tractaran els gasos contaminants, en aquest cas el nitrogen sortida per controlar l'atmosfera dels tancs d'inflamables. L'equip de tractament es un scrubber.

Zona 550: Personal/operaris

- N-551 Porteria; aquí es la recepció per entrar a la planta tant de camions com de persones, es realitza el registre i la documentació necessària d'aquestes accions.
- N-551.1 Pàrquing; aquí es el lloc reservat per cotxes de la planta així com per camions si algun d'aquest realitza un parada més llarga.

- N-552 Laboratoris de qualitat i desenvolupament; aquí correspon al lloc pràctic del I+D on estaran els productes químics i els equips d'última generació per realitzar les proves de millores de procés. Llavors aquí treballaran els matemàtics, químics, físics i els enginyers i economistes per innovar el procés de manera eficient i rentable.
- N-553 Taller; aquí es disposaran el centre de reparació d'equips i aparells, així com s'hi s'ha de muntar un equip nou, per tant es situaran els tècnics especialistes en aquestes matèries. També pot ser el espai de treball dels electricistes i fontaners subcontractats.
- N-554 Vestuaris i sala de repòs; aquí es el lloc per poder canviar-se de roba ja sigui per equipar-se amb els EPI, i també existirà una sala per poder reposar i desconnectar breument de la feina i tasques, això per poder recuperar forces i puguer crear un ambient més fort i de confiança en els equips de treball.
- N-555 Cantina; aquí es disposarà de venta de menjar i begudes per a la plantilla o camioners visitants, o empresaris externs, ja que la planta es troba a les afores de la ciutat, i per tant relativament lluny dels comerços de servei. Aquesta subzona tindrà de menjador i cuina, així com zona de microones i neveres.
- N-556 Oficines; aquí es trobaran la majoria de la plantilla de treballadors, perquè hi haurà la zona de reunions, I+D la part teòrica, administratiu, economistes, els directors, subdirectors, els publicitaris, els recursos humans, els encarregats de medi ambient, seguretat i higiene, i per al control de sistemes. També hi haurà una zona de visites.

Zona 660 Serveis auxiliars

- N-661 Sala contra incendis; aquí es trobarà la balsa d'aigua pel subministrament contra incendis, així com estarà el control i l'equip encarregat d'emergències contra el foc.
- N-662 Sala de calderes; aquí es trobarà la caldera, estarà la entrada de gas natural i la sortida de gasos de combustió que serà diòxid de carboni i aigua.
- N-663 Circuit de refrigeració; aquí es trobarà els 3 chillers amb el seus variadors de freqüència on es refredarà l'aigua provinent de fora i l'aigua calenta del propi procés de refredament. D'aquí es distribuirà l'aigua per a arribar a tota la instal·lació i serà també el punt d'unió de les aigües calentes.
- N-664 Sala d'energies; aquí estaran els quadres elèctrics, es el punt d'unió de totes les connexions elèctriques i on es farà el control i registre del consum d'energia. També es trobaran aquí els equips de subministrament d'emergència que son el SAI i l'equip electrogen. Aquest serà el punt de connexió amb l'energia elèctrica provinent de fora del procés. També si hagués cogeneració o altres ampliacions d'energia renovables anirien aquí, aquesta part s'explicarà en el capítol de millores.

- N-665 Sala de primers auxilis; aquí es tractaran al personal que hagi patit alguna incidència a la planta, per tant, solament es disposarà d'equip i personal de primers auxilis, i cas greu aquests s'encarregaran de tractar al ferit fins que arribin els equips d'emergència.
- N-666 Nitrogen gas i aire comprimit; aquí es trobaran els compresors d'impulsió d'aire per les instal·lacions pneumàtiques, i aire condicionat, així com per la sala blanca. També aquí es trobarà l'equip transformador de nitrogen i el seu tanc d'emmagatzematge.

1.6. Plantilla de treballadors

El factor treballadors es important en el disseny de la planta química, ja que aquests seran els que executaran la correcta operació de la indústria. Per tant, es fa un estudi qualitatiu dels treballadors de la planta.

Les plantes químiques poden tenir classificacions específiques, segons el sector al que es dediquin, però en general es poden ordenar jeràrquicament d'acord amb la figura 23. Aquesta figura mostra com a partir d'un director general es subdivideixen les tasques en dos grans grups, liderat per dos subdirectors; un grup dedicat a la operació de la planta relacionada amb el equips i el producte, i altre grup dedicat a la administració, la qual usualment pot estar fora de la planta. Llavors la el primer grup es subdivideix segons la funció: Fabricació i comercialització.

La fabricació es subdivideix en:

- Control de qualitat; per analitzar el producte i verificar que es compleixin els paràmetres desitjats, així com els estàndards local de producte. Es una forma d'analitzar que el procés funciona correctament, segons el disseny.
- Producció; aquest s'encarrega del funcionament del procés, son els que estan en primera fila durant la preparació, reacció i purificació del producte. Aquest esta liderat per caps de torn els quals organitzen els esforços dels especialistes i operaris de planta.
- Manteniment; aquest s'encarrega de que es realitzin les revisions periòdiques i reparacions necessàries de tots els equips, com per exemple de control, reacció, emmagatzematge, seguretat, entre d'altres. Aquest esta liderat també per caps de torn els quals organitzen els esforços dels especialistes i operaris de planta.

La comercialització es subdivideix en:

- Publicitat; es important tenir aquest equip ja que es la veu del producte cap als consumidors, per tant aquest s'encarreguen de com fer visible i atractiu el producte estudiant al receptor i les necessitats de mercat. Sobretot cal fer èmfasi en aquest subgrup per causa de la novetat de la planta.
- Venta; aquesta subgrup esta lligat al anterior, ja que com a resultat del primer aquest podrà gestionar les vendes i els convenis amb els compradors. Les ofertes de ventes seran comunicades al sector publicitat, i per tant es tanca aquesta relació de retroalimentació.

El segon grup es divideix en dos subgrups, que son:

- Administració; la qual s'encarrega de la tresoreria de la planta química, així com per altre banda s'encarrega de la comptabilitat del tot el procés. Aquests son importants per poder realitzar millores a futur, i poder tenir en ordre els números de la planta per poder complir les lleis governamentals d'impostos i altres despeses.
- Recursos humans; s'encarrega de les nomines i contractació de nous treballadors, així com la gestió d'aquests en l'àmbit administratiu.

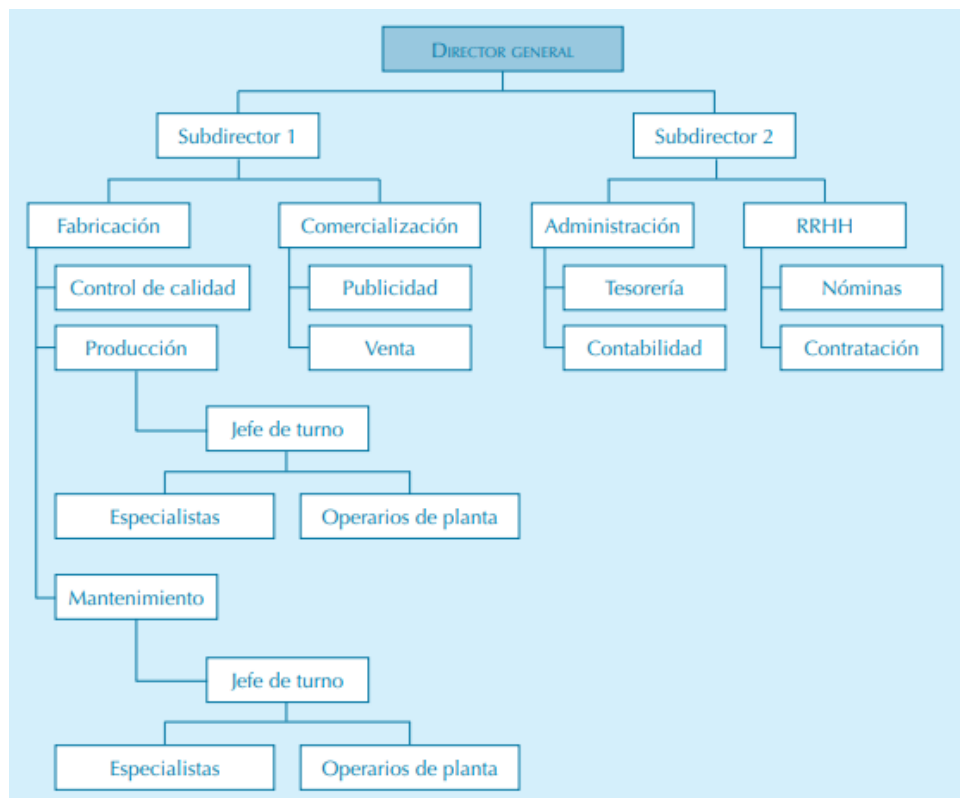


Figura 23. Jerarquia de la plantilla de treballadors

Cal recalcar que tot que la classificació esmentada es de caràcter general, i per tant queden indefinides o excloses alguns sectors que son necessaris per a la millor gestió i organització de la planta. En la planta a dissenyar existirà més sectors, que podrien estar liderats per un o més subdirectors, aquests sectors son:

- I+D; la investigació i desenvolupament es crucial per a la prosperitat de la industria a llarg termini, ja que en un època de tant avenços, la planta ha de actualitzar-se amb les noves tecnologies i noves practiques per obtenir un producte més segur, econòmic i sostenible. Les tendències evolucionen i per tant la industria també per a poder proveir un producte més accessible, còmode i atractiu per al consumidor.
- Seguretat i higiene; tot i que la responsabilitat del manteniment recau en que els sistemes electrònics de seguretat funcionin adequadament, cal un sector que s'encarregui d'organitzar i formar treballadors independents i responsables per a la seguretat individual, de grup i de la planta.
- Medi ambient; aquest sector es gran importància ja que no es pot fer un procés productiu que faci malbé el medi. No es pot construir un present a expenses de destruir el futur. Aquest sector tindrà com a fi tancar el cicle de vida de tos els compostos i elements de la industria, o en altres paraules, la economia circular. El sector de qualitat pot ajudar a que es verifiqui que els residus surtin del procés complint els àmbits legals, però en el tractament s'encarrega la gestió de medi ambient, a més el sector I+D pot ajudar a desenvolupar noves practiques i tècniques de tractament.
- Logística; aquest sector ajudar en la organització de les matèries i elements que circulen per la planta. Per tant s'encarreguen principalment del emmagatzematge i expedició del producte i altres substancies.
- Control de sistemes; aquest sector s'encarrega de la supervisió informàtica de tota la planta, així com del registre digital de tots els paràmetres claus, també s'encarrega dels canvis d'operació i comunicació de les instruccions dels directors o subdirectors.
- Economia; aquest sector s'encarrega del finançament d'equips, de crear plans de venta i compra, així com de la implementació de nous plans per ser més rentable.
- Primers auxilis; aquest sector es l'encarregat de prendre els primers auxilis de la plantilla en cas d'accidents, així com de fer una revisió als treballadors abans de començar el seu torn de treball, això pels treballadors fora de la nau 550. En cas de accidents greus on es requereixi acció hospitalària, aquest equip cuidarà al treballador fins l'arribada dels equips mèdics.

1.7. Planificació temporal

En aquest apartat es mostra la planificació temporal del procés, els tornos de treball i les temporades de parada.

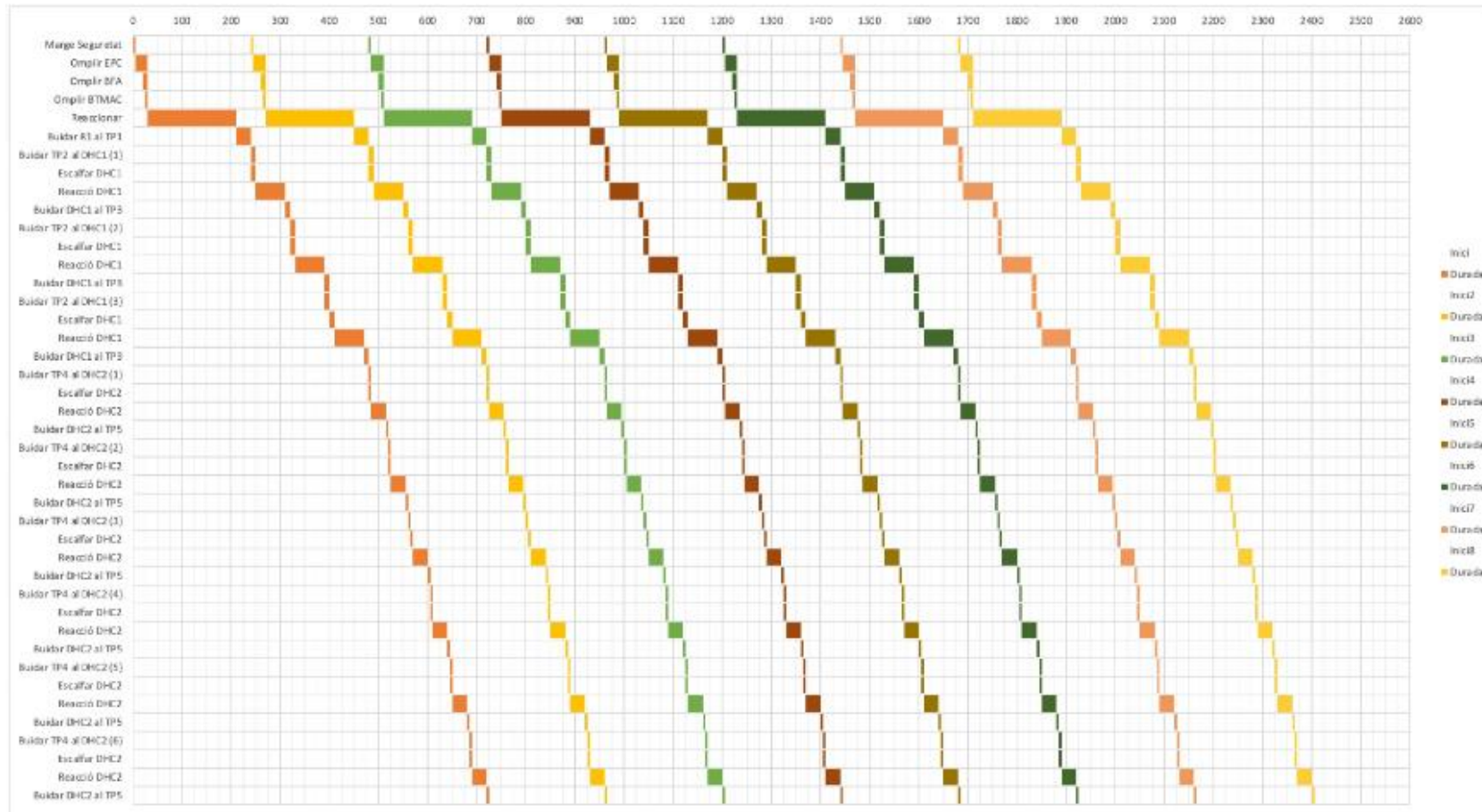


Figura 24. Diagrama de Gantt de les reaccions

El procés com s'ha esmentat en procés en semi continu, ja que les parts de reacció son en discontinu i les parts de separació son en continu, per tant, tot i així es disposa de la figura 24, la divisió temporal del procés s'enfoca en les reaccions. Es mostren 8 batch que estan en disposició en sèrie, però també en paral·lela ja que un batch no comença fins que el batch anterior no ha buidat el primer reactor.

Els tornos seran tornos: ordinaris o rotatoris. Els tornos ordinaris treballaran 40 hores a la setmana de dilluns a divendres, aquests seran els directors, subdirectors, el sector comercial, administratiu i de recursos humans, així com els sectors de I+D, seguretat i higiene, i de medi ambient. El seu horari serà de 8 a.m. fins les 17 p.m. , això inclou dues parades de 30 min per poder menjar i descansar. Cal recalcar que els subdirectors de fabricació hauran d'estar disponibles per trucades i possibles hores extres, les quals seran remunerades. Per tant com a mínim i hauran dos subdirectors de fabricació que es tornaran cada setmana per ser el que rebí aquestes trucades d'emergència.

Al torn rotatiu es treballarà de dilluns a divendres 30 hores, i es realitzarà supervisió del procés els caps de setmana. El factor rotatori es deu a que els caps de setmana estarà rotant per als treballadors, per a que cada treballador solament tingui 1 o 2 vegades trimestrals l'assignació de cap de setmana. Els rotatoris seran els de sector de control de qualitat, producció manteniment, i logística. Existiran 4 tornos que son:

- Torn de mati de 6 a.m. fins 12 p.m.
- Torn de tarda de 12 p.m. fins 6 p.m.
- Torn de nit de 6 p.m. fins 12 a.m.
- Torn de matinada de 12 a.m. fins 6 a.m.

La planta química a dissenyar estarà operatiu 300 dies a l'any per causa del descans de la plantilla de treballadors, per realitzar les operacions de manteniment i per realitzar algun canvi de planta si fos necessari o es volgués implementar alguna millora. Per tant, el període de parada serà de 65 dies aproximadament, per tant es divideix en temporades de 20 o més dies per donar temps al manteniment i possibles imprevistos. Aquestes temporades corresponen a:

- Temporada de Nadal; aproximadament 20 dies començant per el dia 23 de desembre.
- Temporada de Setmana Santa; aproximadament 20 dies.
- Temporada de estiu; aproximadament 25 dies començant des del 23 de juny.

1.8. Bibliografia

Adhesion science; per John Comyn. The Royal society o chemistry 1997.

Manual of adhesives. Irving Skeist. Primera edició en espanyol a 05/1966.

Organización y gestión en industrias químicas. Pénelope Matin Garcia. Edició 2021 de la editorial Sinteis S.A.

Wikipedia. La Canonja. Link: https://es.wikipedia.org/wiki/La_Canonja

Idescat. La Canonja. Link: <https://www.idescat.cat/emex/?id=439076&lang=es>

Institut nacional d'estadista. Link: <https://www.ine.es/index.htm>

Web oficial de la Canonja. Link: <https://www.lacanonja.cat/>

Web oficial de la universitat Rovira i Virgili. Link: <https://www.urv.cat/es/>

Registre de dades climatològiques "climate-data". Link: <https://es.climate-data.org/>

Protecció civil espanyola. Link: <https://www.proteccioncivil.es/>

Registre de dades del vent mundial "windfinder". Link: <https://es.windfinder.com/>

Wikipedia. A-7. Link: https://es.wikipedia.org/wiki/Autov%C3%ADa_del_Mediterr%C3%A1neo

Wikipedia. A-27. Link: https://es.wikipedia.org/wiki/Autov%C3%ADa_Tarragona_-_Montblanch

Wikipedia. AP-7. Link: https://es.wikipedia.org/wiki/Autopista_del_Mediterr%C3%A1neo

Wikipedia. Aeroport de Reus. Link: https://es.wikipedia.org/wiki/Aeropuerto_de_Reus

Wikipedia. Aeroport el Prat. Link:
https://es.wikipedia.org/wiki/Aeropuerto_Josep_Tarradellas_Barcelona-El_Prat

Wikipedia. Bisfenol-A. Link: https://es.wikipedia.org/wiki/Bisfenol_A

Wikipedia. Epiclorhidrina. Link: <https://en.wikipedia.org/wiki/Epichlorohydrin>

Sapientiaes BTAC. Link: <https://sapientiaes.com/cloruro-de-bencil-trimetil-amonio>

Pubchem. Link: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/3479589#section=Depositor-Supplied-Synonyms>

Wikipedia. MIBK. Link: <https://es.wikipedia.org/wiki/Metil-isobutil-cetona>

Wikipedia. NaOH. Link: https://es.wikipedia.org/wiki/Hidr%C3%B3xido_de_sodio

Wikipedia. Agua. Link: <https://es.wikipedia.org/wiki/Agua>

Wikipedia. NaCl. Link:

https://es.wikipedia.org/wiki/Cloruro_de_sodio#:~:text=El%20cloruro%20de%20sodio%2C%20sal,fluido%20extracelular%20de%20muchos%20organismos.

Wikipedia. DGEBA. Link: https://en.wikipedia.org/wiki/Bisphenol_A_diglycidyl_ether

Wikipedia. Resina epoxi. Link: https://es.wikipedia.org/wiki/Resina_epoxi

La resina epoxi. Link: <https://laresinaepoxi.com/resina-epoxica/>

Solarpack. Link: <https://solarplak.es/energia/que-es-la-corriente-trifasica/#:~:text=El%20voltaje%20de%20la%20corriente%20trif%C3%A1sica%20es%20de%20380%20voltios.&text=En%20general%20se%20trata%20de,a%20los%2014%2C49%20kW.>

Wikipedia. Planta química. Link: https://es.wikipedia.org/wiki/Planta_qu%C3%ADmica

Wikipedia. Grup eletrogen. Link: https://es.wikipedia.org/wiki/Grupo_electr%C3%B3geno

Wikipedia. Sistema d'alimentació ininterrompuda. Link:

https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_alimentaci%C3%B3n_ininterrumpida



Producció de resines epoxi

Capítol 1: Especificacions del projecte

