



PROJECTE FINAL DE CARRERA PLANTA DE PRODUCCIÓ DE CARBARYL

UAB
Universitat Autònoma
de Barcelona

e **escola
d'enginyeria**


REIRC
Enginyers

Elena Badia Elias
Regina Carrión Montesinos
Raquel Font Rodriguez
Iván Martínez Monge
Carles Puigdemívol Ayala

1. Especificaciones del proyecto

ÍNDIX

1. ESPECIFICACIONS DEL PROJECTE.....	6
1.1 DEFINICIÓ DEL PROJECTE	6
1.1.1 Objectius del projecte	6
1.1.2 Bases de disseny.....	6
1.1.3 Abast del projecte	7
1.1.4 Localització de la planta	7
1.1.4.2 Accés i comunicacions	9
1.1.4.3 Climatologia de la zona.....	12
1.1.5 Nomenclatura utilitzada.....	13
1.1.5.1 Fluids de procés i serveis	13
1.1.5.2 Equips de la planta	14
1.1.5.3 Àrees de planta.....	15
1.2 ALTERNATIVES DE PRODUCCIÓ.....	15
1.2.1 <i>Union Carbide Corporation (UCC) Process in Istitute</i>	16
1.2.2 Procés <i>DuPont</i>	17
1.2.3 Procés amb Cianat.....	18
1.2.4 Procés <i>Bayer</i> amb difenilcarbonat i dimetilurea.....	19
1.2.5 Procés <i>Enichem</i> amb difenilcarbonat.....	20
1.2.6 Síntesi de Carbaryl sense MIC.....	21
1.2.7 Avaluació de les alternatives.....	22
1.3 DESCRIPCIÓ DEL PROCÉS DE PRODUCCIÓ	23
1.3.1 Síntesi de MCC.....	23
1.3.2 Síntesi de MIC.....	25
1.3.3 Síntesi de Carbaryl.....	27
1.3.4 Purificació de Carbaryl	29

1.3.5 Emmagatzematge i neutralització de MIC	31
1.3.6 Diagrama de blocs del procés	33
1.4 PROPIETATS DE LES ESPÈCIES INVOLUCRADES EN EL PROCÉS	33
1.4.1 Fosgè	34
1.4.2 Monometilamina.....	35
1.4.3 Clorur de metilcarbamil	36
1.4.4 Clorur d'hidrogen	36
1.4.5 Isocianat de metil.....	37
1.4.6 1-naftol.....	38
1.4.7 Carbaryl	39
1.4.8 Toluè.....	40
1.5 APLICACIONS i característiques DEL CARBARYL	40
1.6 CONSTITUCIÓ DE LA PLANTA	43
1.6.1 Àrees.....	43
1.6.2 Balanç de matèria.....	51
1.6.3 Planificació temporal.....	62
1.6.4 Parades de planta i torns de personal	65
1.7 ESPECIFICACIONS I NECESSITATS DE SERVEIS.....	68
1.7.1 Aigua de xarxa	68
1.7.2 Aigua descalcificada	68
1.7.3 Aigua de torre.....	69
1.7.4 Aigua de chiller	70
1.7.5 Aigua contra incendis.....	71
1.7.6 Oli tèrmic.....	71
1.7.7 Nitrogen.....	72
1.7.8 Aire comprimit	74

1.7.9 Estació de bombeig	74
1.7.10 Gas natural	75
1.7.11 Electricitat	75
1.7.12 Grup electrogen	76

1. ESPECIFICACIONS DEL PROJECTE

1.1 DEFINICIÓ DEL PROJECTE

1.1.1 Objectius del projecte

L'objectiu d'aquest projecte és estudiar la viabilitat de la construcció i operació d'una planta de producció de Carbaryl a partir d'1-naftol i isocianat de metil.

El projecte haurà de complir amb la normativa urbanística i sectorial vigent parant especial atenció en el medi ambient i la protecció contra incendis. Caldrà comptar amb les mesures de seguretat necessàries per a garantir les millors condicions de treball i la màxima prevenció d'accidents, tot analitzant-ne la viabilitat tant operativa com econòmica.

En el projecte s'inclourà tota la informació necessària per a comprendre el disseny, funcionament, posada en marxa i operació de la planta, així com els anàlisis i estudis realitzats en termes de seguretat, medi ambient i avaluació econòmica de la mateixa.

1.1.2 Bases de disseny

Per al disseny de la planta de producció de Carbaryl s'ha partit de les bases i requeriments següents:

- Procés: la fabricació de MIC es farà a partir de foscè i momometilamina, el procés s'iniciarà amb la reacció en fase gas entre el foscè en excés i la MMA per formar clorur de metilcarbamil i àcid clorhídric. Posteriorment el MCC es prioritzarà a MIC.
- Producció: els requeriments de producció són de 10.500 tones anuals de Carbaryl.
- Funcionament: la planta es trobarà en funcionament duran de 300 dies l'any disposant dels 65 dies restants, repartits en diferents períodes, per a realitzar les tasques de manteniment que siguin necessàries en el procés.
- Presentació: el producte acabat es presentarà en forma de sòlid en big bags de 1000kg de pes.

1.1.3 Abast del projecte

El projecte inclou el disseny i la consideració dels apartats següents:

- Estudi i anàlisi comparatiu de les diferents vies per a la producció de Carbaryl existents en el mercat.
- Disseny funcional, mecànic i especificació de cadascuna de les unitats de procés involucrades en la producció i purificació de Carbaryl.
- Disseny de les àrees d'emmagatzematge de matèries primeres i producte acabat.
- Disseny d'un sistema de control fiable i robust per tal d'optimitzar i monitoritzar el funcionament de tot el procés.
- Disseny dels diferents sistemes de seguretat i higiene que millor s'adeqüin a les característiques de la planta.
- Anàlisi de perills i operació en instal·lacions de procés, HAZOP, per a aquelles unitats considerades més potencialment perilloses.
- Estudi de l'impacte mediambiental que suposa el funcionament i emissions de la planta.
- Descripció detallada de les tasques relacionades amb el procés de posada en marxa i l'operació de la planta dissenyada.
- Anàlisi de la viabilitat econòmica de la planta dissenyada.
- Especificació de la necessitat de serveis per al funcionament de la planta.
- Especificació de les àrees auxiliars, laboratoris, oficines, aparcament... amb els que comptarà la planta.

1.1.4 Localització de la planta

La planta es trobarà ubicada al Polígon Industrial "Escritors" al terme municipal de Tarragona, Catalunya. La parcel·la compta amb una superfície total de 53.235m² i el terreny té una resistència de 2kg/cm² a 1,5m de profunditat sobre graves.

La parcel·la de la que es disposa per a la construcció de la planta dissenyada és la següent:

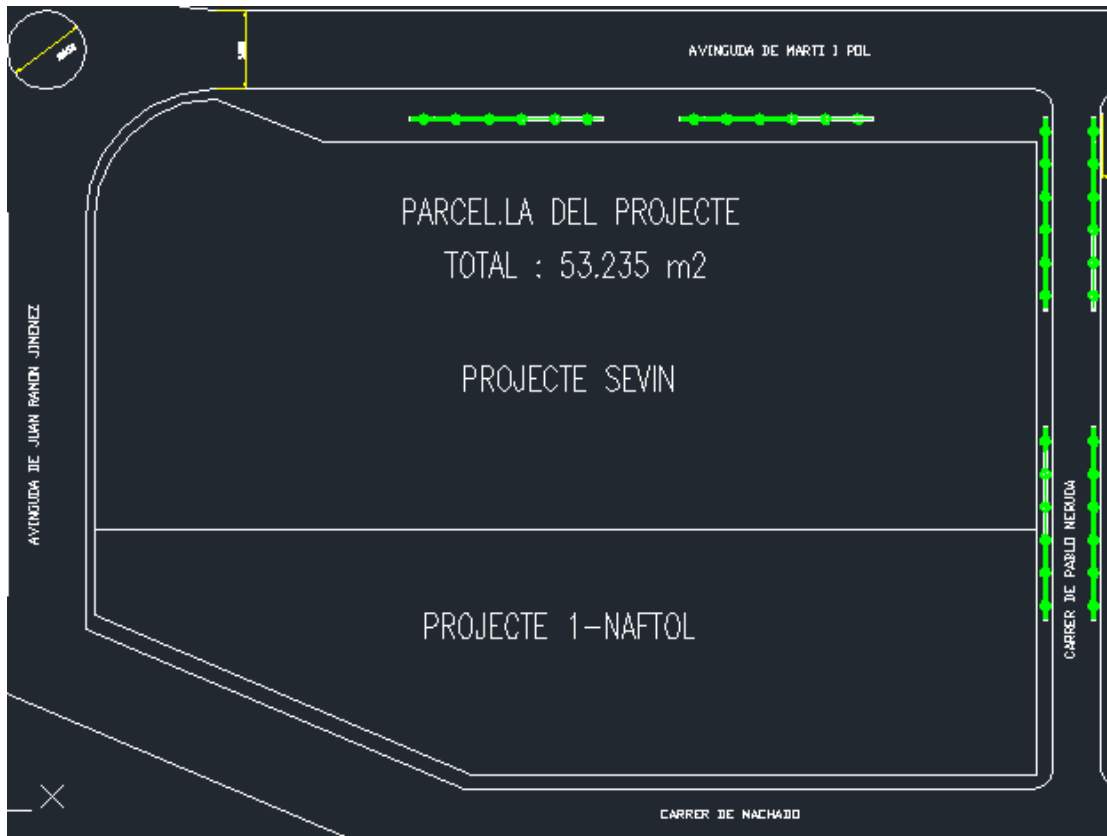


Figura 1.1.4.1 Parcel·la disponible per a la construcció de la planta de producció de Carbaryl

Els paràmetres d'edificabilitat de la planta es recullen en la taula presentada a continuació:

Taula 1.1.4.1 Especificació dels paràmetres d'edificabilitat de la parcel·la

PARÀMETRE	ESPECIFICACIÓ
Edificabilitat	2m ² sostre/m ² sòl.
Ocupació màxima	80%
Ocupació mínima	25% de la superfície d'ocupació màxima.
Retranquejos	5m a vials i veïns.
Alçada màxima	15m i 3 plantes exceptuant en producció justificant una necessitat del procés.
Alçada mínima	4m i una planta.
Aparcaments	1 plaça/200m ² construïts
Distància entre edificis	1/3 de l'edifici més alt amb un mínim de 5m.

1.1.4.2 Accés i comunicacions

El municipi de Tarragona compta amb una molt bona comunicació, viària, ferroviària, marítima i aèria, amb la resta de Catalunya, així com amb tota la península Ibèrica i Europa.



Figura 1.1.4.2 Localització de la província de Tarragona

El seu fàcil accés suposarà un gran avantatge pel que fa a l'adquisició de matèries primeres, la distribució de producte acabat i l'arribada dels serveis requerits a la planta.

Pel que fa a les comunicacions viàries, Tarragona disposa de diferents vies d'accés per autopistes i carreteres que en facilitaran l'accés des de la capital de la península o des de Barcelona així com el trànsit intercomarcal:

- Autopistes: A-2 (Barcelona - Madrid) i AP-7 (Barcelona - València).
- Carreteres nacionals: N-340, N-320 i N-240.
- Carreteres comarcals: C-14, C-31B, C-44, T-310, T-1722.



Figura 1.1.4.3 Xarxa viària de comunicacions amb Tarragona

Pel que fa a les comunicacions ferroviàries, Tarragona es troba enllaçada, a més de amb Barcelona, amb Madrid, el País Basc o Galícia, pel que fa a la península, i amb la frontera francesa per la Jonquera. Especialment en la línia del mediterrani es situa un dels trànsits de mercaderies més importants d'Espanya que facilita el moviment entre mercats de les diferents zones, incloent Tarragona.

Algunes de les línies de trens que passen pel municipi són:

- Línia de costa Barcelona València.
- Línia d'interior Reus - Madrid.
- Línia Barcelona - Madrid.
- AVE Barcelona - Madrid.
- AVE Barcelona - València.

A més de les vies de comunicació per terra, Tarragona disposa de comunicació per mar i aire. La seva ubicació a la costa del mediterrani li permet disposar d'un port comercial molt important essent un dels més grans d'Espanya i clau pel continent Europeu.

Cal destacar el trànsit de compostos relacionats amb la indústria petroquímica així com els més de 30 milions de càrregues de tot tipus que passen per el port cada any.

Pel que fa a vies aèreas, Tarragona disposa d'un aeroport a menys de 10 kilòmetres de distància, el de Reus i esta perfectament comunicat amb l'aeroport de Barcelona a uns 100 kilòmetres de distància, ambdós s'utilitzen per al transport de mercaderies o passatgers, el primer és de caràcter principalment nacional i el de Barcelona internacional.

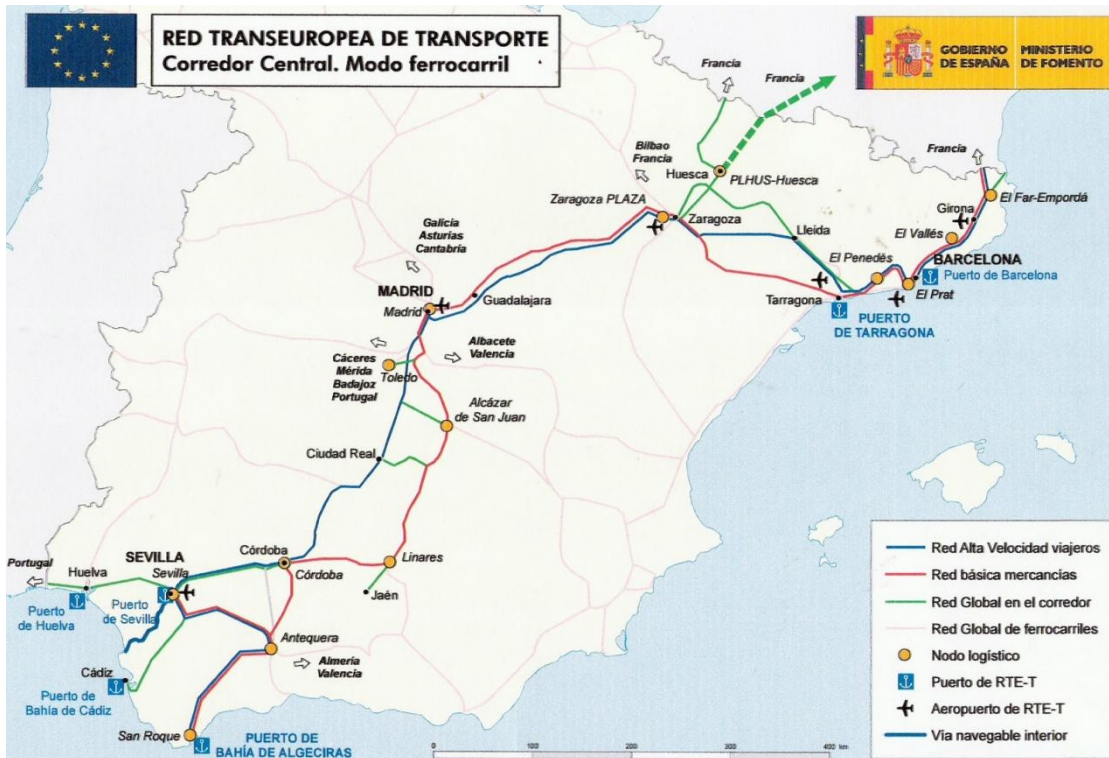


Figura 1.1.4.4 Principals vies de comunicació del municipi de Tarragona

1.1.4.3 Climatologia de la zona

El clima a Tarragona és de tipus mediterrani, aquest es caracteritza per tenir uns hiverns suaus amb estius secs i més aviat càlids. Les temperatures al hivern gairebé mai són inferiors als 6°C i les glaçades són poc freqüents, mentre que a l'estiu poden superar els 30°C en algunes ocasions. La mitjana anual de temperatures se situa en els 16°C i els extrems històrics registrats han esta de -7°C l'any 1956 i 39°C l'any 2000.

Pel que fa a les precipitacions, aquestes s'acumulen especialment a la tardor i a la primavera, però en conjunt no són massa abundants. La mitjana de precipitacions anual és de 500mm.

Els vents més freqüents són els de component nord i acostumen a bufar des de la tardor fins a la primavera, e els de llevant, que porten pluges.

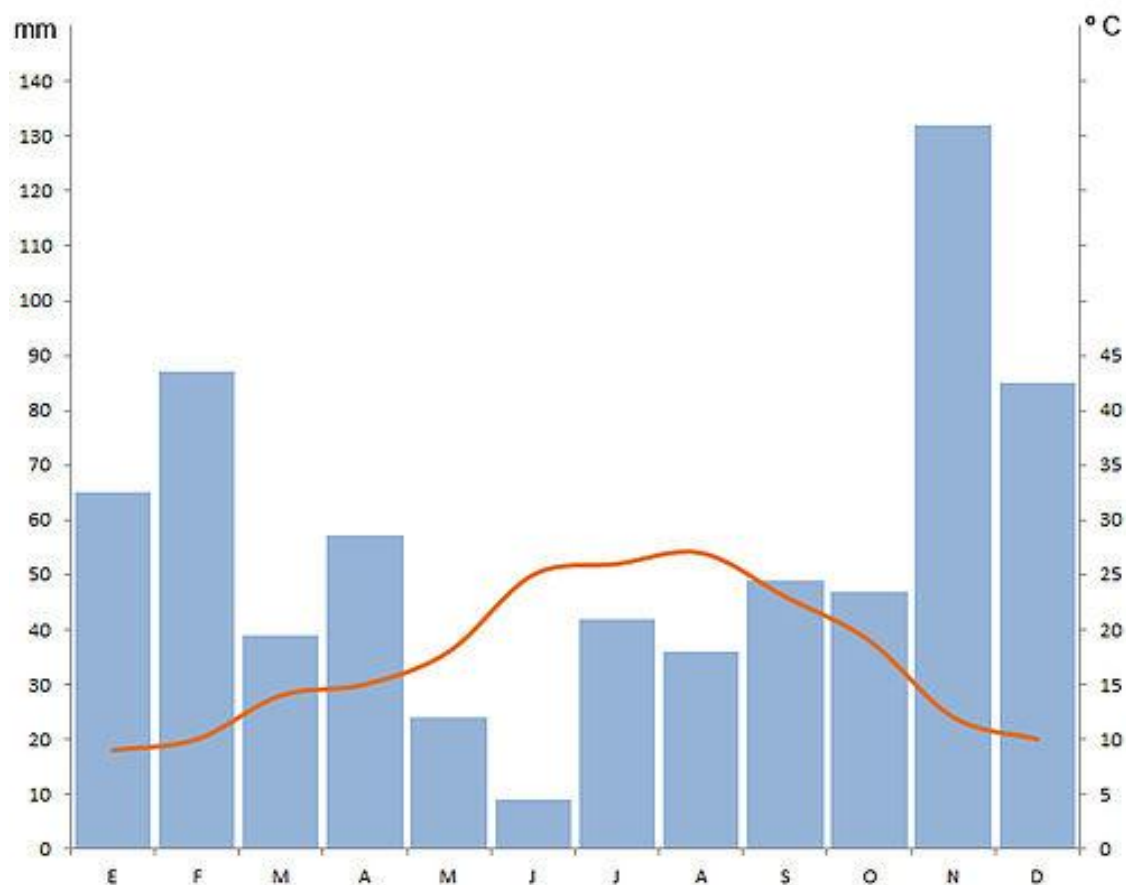


Figura 1.1.4.5 Climograma de Tarragona

1.1.5 Nomenclatura utilitzada

Per tal de facilitar la nomenclatura de cadascuna de les zones en que esta dividida la planta, els fluids que participen en el procés i els equips dissenyat s'han utilitzat diferents abreviacions, a continuació es presenta la nomenclatura utilitzada per cada terme i en capítols posteriors se'n farà una descripció detallada.

1.1.5.1 Fluids de procés i serveis

Taula 1.1.5.1 Nomenclatura utilitzada per als fluids de procés i serveis

ABREVIACIÓ	FLUID
AC	Aire comprimit /Aire
ADC	Aigua descalcificada
AG	Aigua glicolada
A-21	Amberlist A-21
CARB	Metilcarbamat d'1-naftil / Carbaryl
FG	Fosgè
FR	Fluid refrigerant
HCL	Clorur d'hidrogen i àcid clorhídric
LM	Licor mare
LR	Líquid residual
MAG	Magma
MCC	Clorur de metilcarbamil
MIC	Isocianat de metil
MLP	Mescla líquida de procés
MMA	Metilamina
MR	Mescla regenerant
MVP	Mescla vapor de procés
N	Nitrogen
NAFT	1-naftol
NaOH	Hidròxid de sodi
NH ₄ Cl	Clorur d'amoni
NH ₄ OH	Hidròxid d'amoni
OT	Oli tèrmic
TOL	Toluè
VC	Condensats

1.1.5.2 Equips de la planta

Taula 1.1.5.2 Nomenclatura utilitzada pels equips de la planta

ABREVIACIÓ	EQUIP
A	Assecador
AB	Absorbidor
AG	Agitador
BB	Boma de buit
BC	Bescanviador de calor
BF	Bufador
C	Condensador
CA	Caldera
CD	Columna de destil·lació
CO	Compressor
CR	Cristal·litzador
CT	Centrífuga
DC	Descalcificador
ET	Estació transformadora
GF	Grup de fred
P	Bomba
R	Reactor
S	Sitja
T	Tanc
TM	Tanc de mescla
TP	Tanc pulmó
TR	Torre de refrigeració
TS	Tanc separador
V	Vàlvula

1.1.5.3 Àrees de planta

Taula 1.1.5.3 Nomenclatura utilitzada per a les àrees de la planta.

NOMENCLATURA	DESCRIPCIÓ DE LA ZONA
Àrea 100	Emmagatzematge de matèries primeres
Àrea 200	Emmagatzematge de producte acabat
Àrea 300	Reacció de formació de MCC
Àrea 400	Reacció de formació de MIC
Àrea 500	Reacció de formació de Carbaryl
Àrea 600	Purificació de Carbaryl
Àrea 700	Emmagatzematge de MIC
Àrea 800	Neutralització de MIC
Àrea 900	Serveis
Àrea 1000	Tractament de residus i emissions
Àrea 1100	Protecció contra incendis
Àrea 1200	Càrrega i descàrrega
Àrea 1300	Control
Àrea 1400	Laboratoris
Àrea 1500	Oficines
Àrea 1600	Pàrquing
Àrea 1700	Magatzem
Àrea 1800	Local de primers auxilis

1.2 ALTERNATIVES DE PRODUCCIÓ

Abans de començar amb el disseny de la planta de producció de Carbaryl, cal tenir en compte quines són les vies de síntesi d'aquest producte existents actualment en el mercat o contemplades en algun moment al llarg dels anys de producció del pesticida. Fent aquest anàlisi previ de les diferents opcions, es podrà decidir amb criteri quina de les alternatives o part de les mateixes, és la més adient i la que millor s'ajusta a les bases i objectius d'aquest projecte.

Actualment el Carbaryl és majoritàriament comercialitzat amb el nom de SEVIN, una marca registrada de la companyia *Bayer* la qual va adquirir l'any 2002 *Aventis CropScience*, una companyia que incloïa les operacions amb pesticides de *Union Carbide*, la descobridora del producte.

Les diferents alternatives de producció tingudes en compte, es centren en la formació de MIC ja que, una de les bases del projecte, és la fabricació de Carbaryl a partir d'aquesta substància. Tenint en compte que el segon dels reactius utilitzats en la seva síntesi (1-naftol) és d'una perillositat molt menor en comparació amb el MIC i que la seva síntesi ha estat el punt més controvertit de tot el procés de producció, s'ha cregut que era un punt on valia la pena fer un contrast d'opcions.

A continuació es detallen 5 possibles alternatives de producció de MIC basades en el document, "*The Use and Storage of Methyl Isocyanate (MIC) at Bayer CropScience*".

1.2.1 Union Carbide Corporation (UCC) Process in Istitute

La síntesi de MIC s'ha mantingut pràcticament invariable dels del 1966 quan en va començar la seva producció. En el procés desenvolupat per Union Carbide, es combinen el foscè i la metilamina per formar clorur de metilcarbamil i HCl, posteriorment aquest últim s'elimina per generar el MIC.

La formació de MCC té lloc a temperatura elevada i baixa pressió en un reactor dissenyat especialment per aconseguir una reacció molt ràpida i la completa conversió de l'MMA a MCC. En segon lloc, l'MCC es sotmès a piròlisi descomposant-se en MIC i HCl, el reactor de piròlisi s'orienta lleugerament inclinat per tal de separar l'HCl del MIC evitant la reformació de MCC.

El procés, produeix MIC extremadament pur (99,9%), aquest s'emmagatzema en forma de líquid abans de passar a l'últim pas de producció de Carbaril.

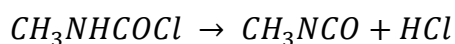


Figura 1.2.1.1 Procés de síntesi dissenyat per Union Carbide

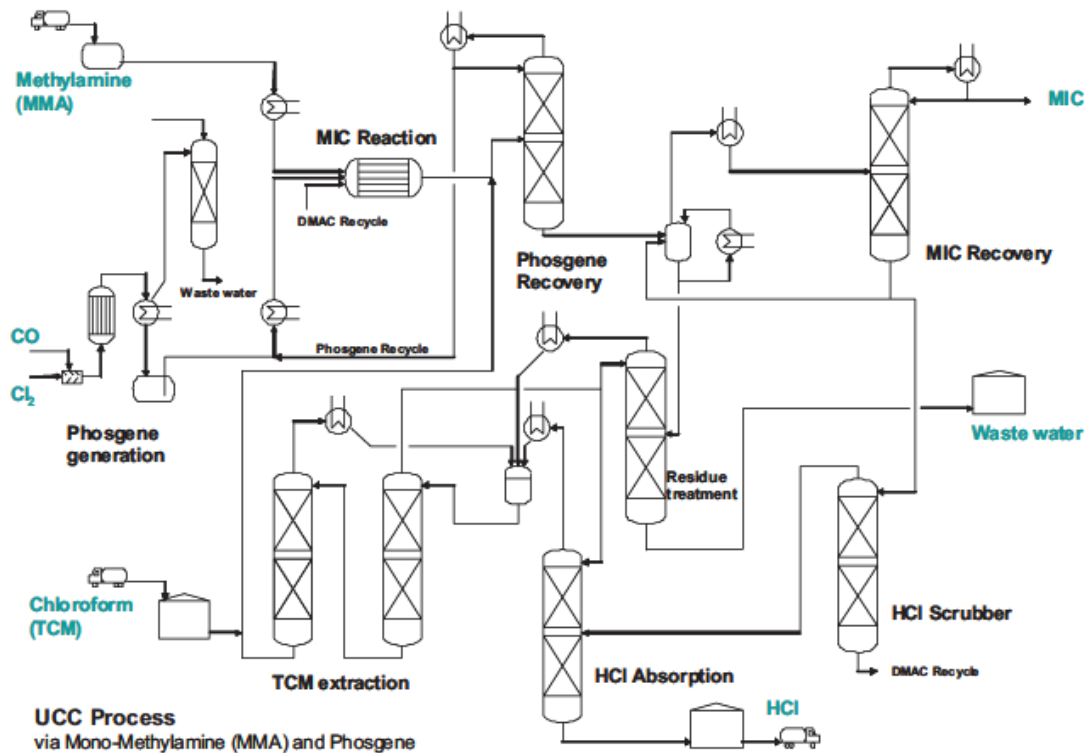


Figura 1.2.1.2 Diagrama de procés de producció de MIC utilitzat per UCC

1.2.2 Procés DuPont

L'any 1985, la companyia *DuPont* va desenvolupar el procés d'oxidació de la metilformamida per tal de produir MIC arrel de l'accident que va tenir lloc a la planta de *Union Carbide* a la regió de Bhopal.

Aquest procés combina monometilamina amb monòxid de carboni per produir N-metilformamida la qual, posteriorment, és oxidada en presència de pal·ladi a una temperatura elevada per generar MIC en forma de gas i aigua. Per tal d'evitar que aquests dos reaccionin, el MIC és alimentat al procés de forma immediata per produir el pesticida en qüestió.

Un cop sintetitzar el MIC, aquest mètode pot continuar amb la producció de Carbaryl amb el MIC en fase gasosa o bé transformant-lo amb líquid. En el cas de que es pogués continuar amb el MIC en fase gas, aquest procés comptaria amb el gran avantatge de consumir el MIC tant bon punt aquest és produït (just-in-time), amb la qual cosa no

seria necessari emmagatzemant-lo, com en el cas de tenir-lo en estat líquid, i a més a més, tant sols una petita part de MIC estaria present en el procés en qualsevol moment durant la producció. Tot i així, l'elevada concentració d'impureses que implica utilitzar aquest procés fa que hagi estat descartat en diferents ocasions.

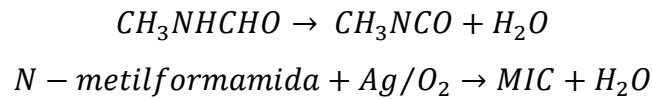


Figura 1.2.1.3 Procés de síntesi dissenyat per DuPont

1.2.3 Procés amb Cianat

El procés amb cianat combina cianat de potassi o sodi i dimetil sulfat en un dissolvent aromàtic per a generar MIC i sulfat de potassi o sodi.

Aquest va ser un dels primers mètodes utilitzats per a la producció de MIC (1849).

A diferència del mètode DuPont i de forma similar al de UCC, el procés amb cianat és un procés de funcionament en discontinuo i per tant requereix l'emmagatzematge de MIC. El grau de conversió per a aquesta substància amb el mètode està entre el 80 i el 85% relatiu al cianat de potassi utilitzat (Giesselmann et al., 1980).

En l'avaluació d'aquesta via, cal tenir en compte la gran producció de residus que es generen de la reacció, aproximadament 1,5kg de K_2SO_4 o Na_2SO_4 sòlid per cada kg de MIC produït.

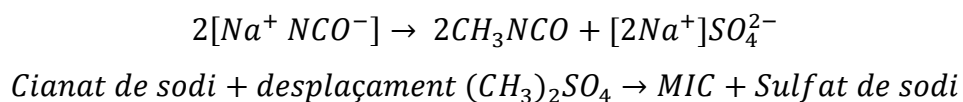


Figura 1.2.1.4 Procés de síntesi utilitzant cianat

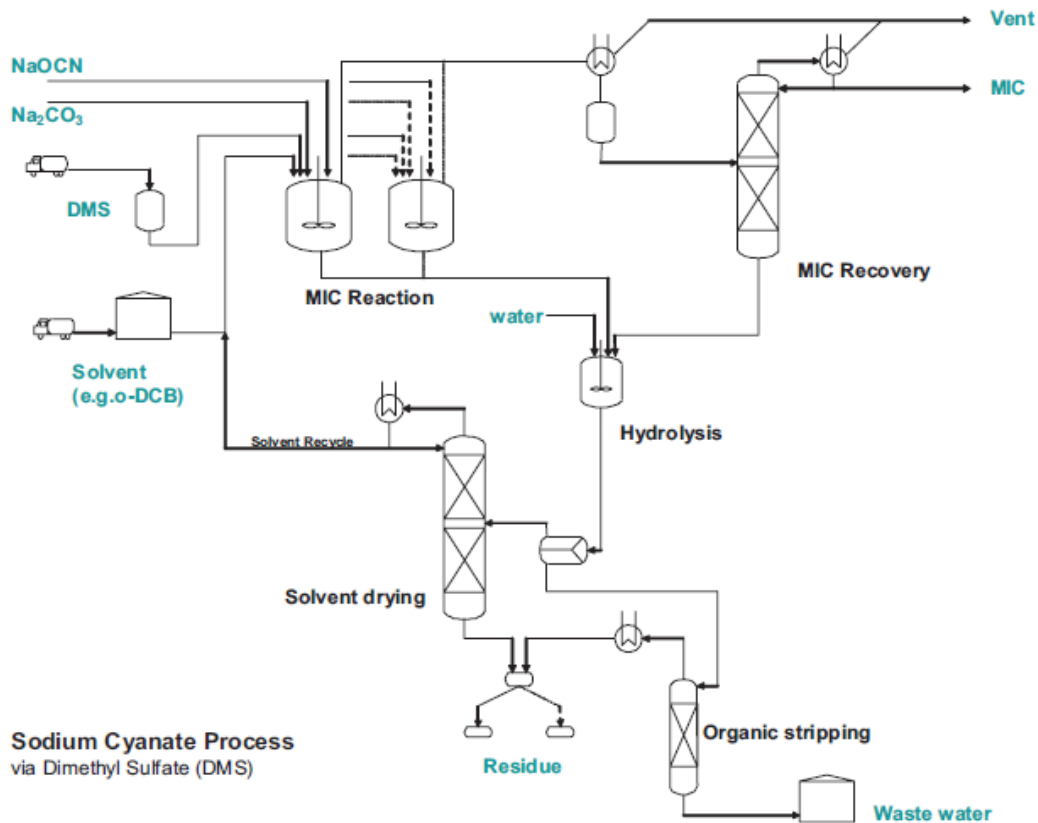


Figura 1.2.1.5 Diagrama de procés de producció de MIC utilitzant cianat.

1.2.4 Procés Bayer amb difenilcarbonat i dimetilurea

La companyia Bayer va utilitzar aquest procés per a la producció de MIC en una de les seves plantes entre els anys 1971 i 2002. Aquesta via, combina el difenilcarbonat (DFC) amb dimetilurea (DMU) (Kober and Smith, 1968), els dos reactius són escalfats per donar MIC i fenol en una seqüència intercanvi - desplaçament - eliminació.

Aquest mètode compta amb l'avantatge de no necessitar clor o fòsfor com a matèries primeres, però genera grans quantitats de fenol que es podria recuperar refredant la mescla i recirculant-la per utilitzar-la en la producció de difenilcarbonat.

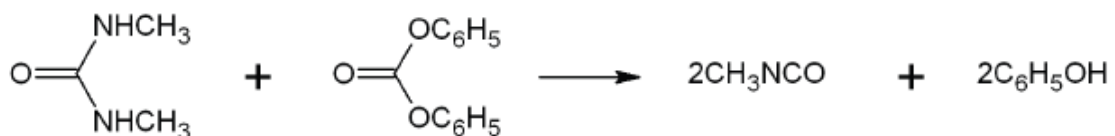


Figura 1.2.1.6 Procés de síntesi utilitzant difenilcarbonat i dimetilurea

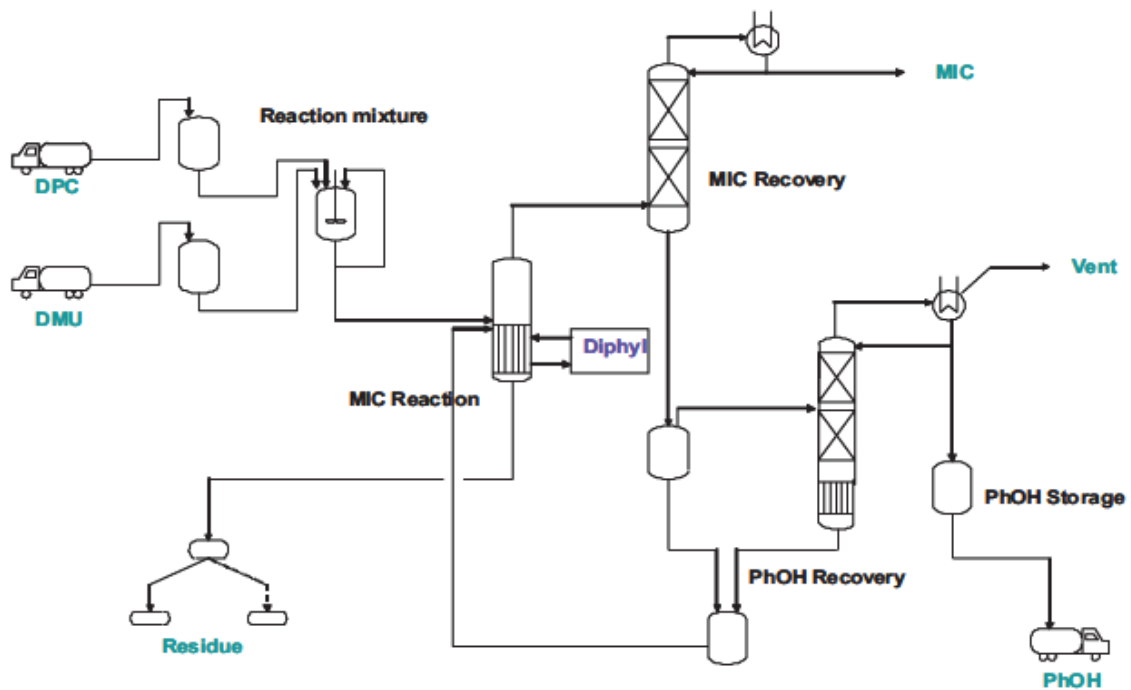


Figura 1.2.1.7 Diagrama de procés de producció de MIC utilitzant difenilcarbonat i dimetilurea.

1.2.5 Procés *Enichem* amb difenilcarbonat

Enichem, una companyia de la indústria química Europea, considera la producció de MIC combinant difenilcarbonat amb metilamina (Romano et al., 1984; Rivetti et al., 1987). Aquest procés consisteix en una reacció desplaçament - eliminació, els dos reactius es barregen i s'escalfen per formar N-metilcarbamat i fenol. Si la mescla es continua escalfant, es dona l'eliminació del mic i la formació de més fenol.

La mescla generada es refreda per eliminar el fenol conservant l'N-metilcarbamat, d'aquesta manera és possible sotmetre el MIC a tractaments posteriors de purificació.

Degut a la generació de fenol com a subproducte d'aquest procés, cal considerar-ne la seva recirculació, reutilització o tractament com a residu.

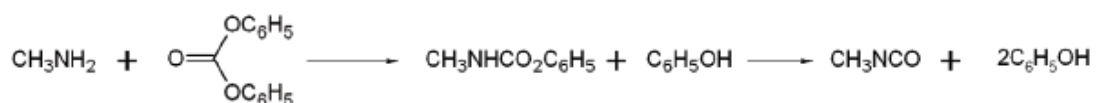


Figura 1.2.1.8 Procés de síntesi *Enichem*

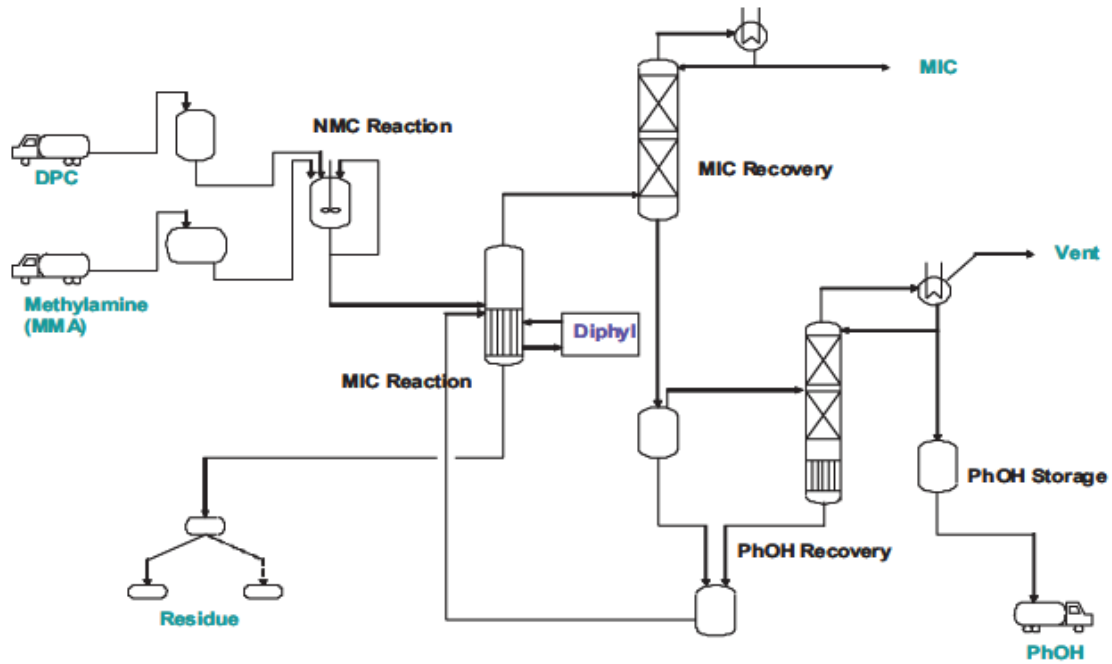


Figura 1.2.1.9 Diagrama de procés de producció de MIC Enichem.

1.2.6 Síntesis de Carbaryl sense MIC

Originalment la producció de Carbaryl es duia a terme en absència de MIC utilitzant productes intermedis procedents de fora de la planta, per aquesta via, es feia reaccionar 1-naftol amb fosgèn per donar cloroformat i la reacció d'aquest amb metilamina generava el Carbaryl. Aquest procés però era molt corrosiu i tenia un grau de conversió molt baix a més de generar gran quantitat de residus.

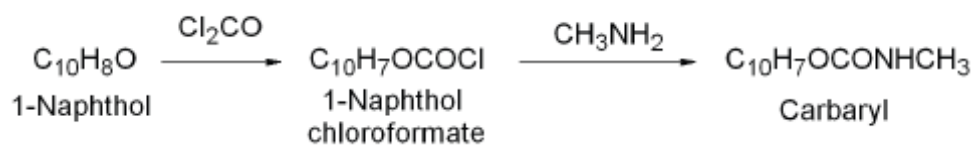


Figura 1.2.1.10 Procés de síntesi de carbaryl en absència de MIC.

1.2.7 Avaluació de les alternatives

Un cop conegudes les característiques dels mètodes de producció presentats es pot fer una avaluació dels mateixos per decidir quin és el més adequat per utilitzar com a referència.

Pel que fa al mètode DuPond, tot i el gran avantatge que suposa no haver d'emmagatzemar MIC, es considera que el grau de puresa del producte obtingut no és suficient per a la posterior síntesi de Carbaryl. Per altra banda, la parada de procés que cal realitzar per canviar el catalitzador cada dues setmanes, es veu també com un factor negatiu en la valoració d'aquesta opció.

La gran quantitat de residus generats, l'elevat cost d'operació unitari i el fet de treballar en discontinuo, fa que es descarti també l'opció d'utilitzar cianat en el procés de producció de MIC.

Per últim, degut a la formació de fenol com a subproducte en el mètode proposat per a companyia Enichem o utilitzant dimetilcarbonat i dimetilurea, així com el seu elevat cost d'operació unitari porten a descartar també aquestes dues vies de producció de MIC.

Pel que fa a la síntesi de Carbaryl sense MIC, els graus de conversió obtinguts i el nivell de puresa resultant són inferiors que en el cas d'utilitzar-lo (86% front a 92% i un 99% de puresa amb MIC com a reactiu), és per això que es tira endavant amb ell tot i la problemàtica que pot suposar el seu emmagatzematge.

Tot i així, tenint en compte quines són les bases del projecte en el que es treballa, l'única de les alternatives presentades que s'hi ajusta és la dissenyada per *Union Carbide* i utilitzada actualment per la companyia *Bayer*. Aquesta parteix de foscè i metilamina per a la síntesi en fase gas de MCC, posteriorment sotmet aquesta substància a piròlisi per obtenir MIC i amb la reacció del MIC amb 1-naftol es produeix el Carbaryl. En el mateix complexa industrial on es situarà la planta dissenyada en aquest projecte, es troben una planta de producció de foscè i una d'1-naftol, la qual cosa fa que sigui encara més viable treballar amb el mètode de UCC degut a la facilitat en l'operació i adquisició de mataries primeres que això suposarà.

És per aquests motius que s'ha decidit utilitzar la via de producció de Carbaryl a partir de MMA, foscè i 1-naftol, amb MIC com a producte intermedi, com a referència.

Taula 1.2.6.1 Taula comparativa de processos de producció de MIC

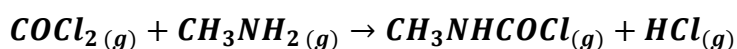
PROCÉS	UCC	DuPont	Cianat	DFC/DMU	Enichem
Recirculació interna de corrents	alta	alta	alta	baixa	molt alta
Cost d'operació unitari	baix	baix	alt	alt	alt
Residus generats	mitjans	mitjans	molts	pocs	mitjans
Complexitat	Molt alta	alta	mitjana	baixa	alta
Altres factors		Requereix catalitzador	Procés en discontinuo	Producte intermedi	

1.3 DESCRIPCIÓ DEL PROCÉS DE PRODUCCIÓ

El procés de producció de Carbaryl dissenyat, es pot dividir en 4 etapes diferenciades, tres de síntesi i una de purificació del producte. La primera etapa compren la reacció del foscè amb la MMA per a produir MCC i HCl en fase gasosa, el posterior refredament i dissolució en toluè de l'MCC i la recuperació del foscè no reaccionat. La segona etapa de reacció està formada pel reactor de piròlisis, on te lloc la descomposició de l'MCC a MIC i HCl, i el procés de refinat de l'isocianat. La tercera etapa reactiva compta principalment amb el reactor catalític on s'obté finalment el Carbaryl que es dirigirà a purificació. Per últim, en l'etapa de purificació, es disposa de tres cristal·litzadors, dues centrífugues i un assecador per donar al Carbaril el seu aspecte sòlid final.

1.3.1 Síntesi de MCC

El primer pas per la producció de Carbaril és la síntesis de MCC a partir de foscè i MMA segons la següent reacció:



Reacció 1.3.1.1

La formació de MCC té lloc en un reactor multitubular, en fase gasosa, a 260°C de temperatura i pressió atmosfèrica. La reacció és exotèrmica ($\Delta H = -2,63 \cdot 10^4$ J/mol) i es dona molt ràpidament amb un temps de residència d'1,5 segons. Juntament amb l'MCC s'obté HCl en forma de gas i proporció equimolar, el qual serà separat del fluid de procés passant per dos equips: una torre d'adsorció (AB-301) i una de destil·lació (TD-301).

Els reactius són vaporitzats des dels tancs d'emmagatzematge i pre-escalfats a una temperatura propera a la d'operació (fosgè a 205°C i MMA a 240°C). La seva proporció a l'entrada és 1,25:1 treballant amb excés de fosgè per tal de prevenir la formació de metilamina hidroclorada en la fase gas i obtenint una conversió del 100% per l'MMA. La part de fosgè que no reacciona és recirculada al reactor amb un alt grau de puresa gràcies al fraccionament aconseguit en la torre de destil·lació TD-302.

Aquesta reacció es du a terme en un RCFP multitubular (R-301) ja que en el cas d'utilitzar un reactor d'un sol tub l'àrea de bescanvi no seria suficient per eliminar tota la calor produïda. La calor generada al llarg del reactor no és uniforme, es genera més calor a l'entrada que a la sortida degut a la diferència en les velocitats de reacció, és per això que el reactor ha estat dissenyat amb una àrea disponible superior a la requerida.

La sortida gasosa d'aquest primer reactor, formada per MCC, fosgè i HCl, s'introdueix per la part inferior d'una columna d'absorció amb la finalitat de dissoldre l'MCC en toluè. L'HCl i el fosgè no s'absorbeixen i surten per la part superior en forma de gas. Per la part inferior s'obté el corrent líquid de procés format per toluè i MCC. Gràcies a la baixa temperatura a la que és introduït el toluè a la columna, la mescla es refreda abans de continuar en el procés.

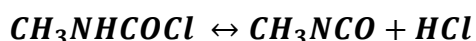
L'eficàcia de la columna d'absorció no és del 100%, amb la qual cosa, una petita part de l'MCC surt per la part superior en forma gasosa i part d'HCl i fosgè surten per la part inferior arrossegats pel toluè. Amb l'objectiu d'obtenir un fluid de procés, lliure d'HCl i fosgè, es dissenyen dues columnes de destil·lació, que permeten obtenir un corrent d'HCl pur i recuperar el fosgè que no hagi reaccionat per recircular-lo de nou al reactor.

La primera columna (TD-301) es disposa a la sortida gasosa de la torre d'absorció, en el refinat, s'obté HCl per caps i foscè i MCC per cues. La segona columna (TD-302) tracta la sortida líquida de la torre d'absorció juntament amb les cues de la primera columna separant el foscè, per caps, i l'MCC i el toluè per cues. Aquests últims són dirigits a l'àrea de síntesi de MIC, on el dissolvent es recupera i es recircula a la columna d'absorció, fent que el consum de toluè fresc sigui molt petit.

Cal esmentar que una de les alternatives valorades ha estat l'ús un cabal de toluè més alt en l'absorbidor, fent que gairebé tot l'MCC i el foscè siguin arrossegats amb el dissolvent i l'HCl surti per la part superior molt concentrat. Aquesta possibilitat, però, comportava que el reactor de piròlisi tingués un volum tres vegades més gran que el que ha estat dissenyat sense que això suposés un augment equivalent en la quantitat de producte generat.

1.3.2 Síntesi de MIC

En la segona etapa, un cop obtingut l' MCC, aquest es dissocia per temperatura en una reacció d'equilibri donant lloc a MIC i HCl en estat gasós dins d'un reactor de piròlisi:



Reacció 1.3.2.1

A temperatures per sota dels 45°C aquesta dissociació és pràcticament negligible, però a temperatures elevades, s'afavoreix la deshidrocloració de l'MCC i per tant l'obtenció de MIC. Per que això és doni cal un subministrar una calor de 1,09E+4 J/mol.

Pel que fa a les condicions de pressió, tenint en compte que en el costat de l'equilibri que interessa afavorir, es formen 2 mols de producte front a un mol de reactiu, no és convenient treballar a pressions elevades evitant així que l'equilibri es desplaci cap a la formació de MCC. Diferents fonts bibliogràfiques, recomanen una pressió de treball propera a l'atmosfèrica, d'aquesta manera, les condicions d'operació del reactor de piròlisi seran 97°C de temperatura i 1atm de pressió.

La conversió de l'MCC en aquestes condicions és del 80%.

La reacció de piròlisis té lloc en un tanc agitat el qual compta amb una resistència elèctrica encarregada d'aportar a la mescla líquida la calor necessària per a que es produeixi la reacció.

Els productes, MIC i HCl, surten en forma de gas per la part superior del reactor arrossegant amb ells part del dissolvent, toluè, i part de l'MCC en forma líquida que no ha reaccionat. El temps de residència necessari, per obtenir la dissociació del 80% de l'MCC en aquestes condicions, és de 21 hores.

Amb l'objectiu d'aprofitar la part d'MCC que no reacciona, propera al 20% de l'aliment del reactor, s'instal·la una recirculació de líquid (toluè i MCC) que, junt amb el toluè fresc, entra de nou al sistema com a dissolvent en la torre d'absorció AB-301.

El producte de la reacció de piròlisis que surt en forma gasosa del reactor, és conduït a un sistema de dos condensadors on se separarà la major part d'HCl i es recuperarà el toluè i l'MCC de la mescla per obtenir un corrent amb una puresa de MIC elevada.

El primer dels condensadors, C-401, condensa els gasos de sortida del reactor a una temperatura per sota del punt d'ebullició del MIC (39°C). Treballant a 20°C, s'aconsegueix un líquid condensat ric en MIC, amb part de toluè i MCC, que serà l'aliment de la torre de refinat de l'isocianat situada al final d'aquesta secció del procés, CD-401.

Els gasos de sortida d'aquest primer condensador s'introdueixen al segon on l'HCl és separat completament de la resta de components treballant a 10°C de temperatura. En aquest equip es dona la reacció química entre l'HCl i el MIC per donar MCC degut a les baixes temperatures de condensació. Cal esmentar que aquest procés de reacció no té lloc en el primer dels condensadors perquè la major part del MIC es troba dissolt en el toluè i l'HCl no, per tant, sense contacte entre ambdós components, no existeix tal procés químic.

El segon condensat obtingut, ric en toluè i MCC, s'introduirà de nou al reactor de piròlisis per tal d'augmentar al màxim el rendiment del procés i la corrent gasosa serà dirigida a tractament.

L'enriquiment de MIC en el condensat inicial i l'Enriquiment d'HCl en els gasos no condensats del primer equip, permeten aconseguir una conversió i recuperació de MIC més eficient així com una millor separació de l'HCl.

Aquest procés és possible gràcies a l'ús d'un dissolvent orgànic no polar que proporcionarà aquest alt rendiment de separació del MIC en el primer condensador amb una pèrdua d'MCC molt baixa.

El funcionament de tot el sistema (reactor i condensadors) es caracteritza per una elevada temperatura de la reacció d'equilibri, un temps de residència curt en el primer condensador i l'ús d'un dissolvent orgànic, que reduirà les reaccions de condensació del costat de l'MCC.

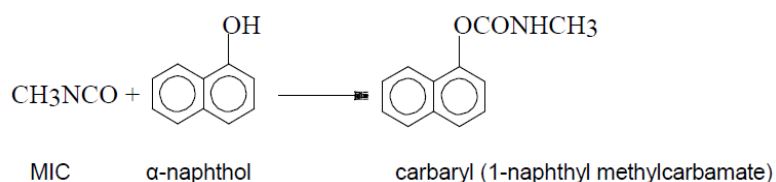
L'últim dels sistemes que es troben en l'etapa de formació de MIC, és la seva torre de refinat, CD-401. Aquesta columna té la finalitat d'aconseguir un corrent de MIC molt pur per evitar que l'existència d'impureses pugui donar lloc a reaccions secundàries no desitjades.

El seu aliment correspon a la fracció líquida obtinguda en el primer dels condensadors i per caps de columna s'aconseguirà el corrent de MIC molt pur esmentat.

De la mateixa manera que en el cas del condensador C-401, en la zona superior de l'equip, té lloc la reacció d'equilibri en sentit invers al reactor de piròlisi: el MIC reacciona amb l'HCl per formar MCC. El producte de cues per tant, ric en toluè i MCC, serà de nou recirculat als reactors R-401/R-402.

1.3.3 Síntesi de Carbaryl

En l'última de les seccions de reacció, té lloc la formació de Carbaryl a partir d'1-naphthol i MIC utilitzant toluè com a dissolvent:



Reacció 1.3.3.1

Aquesta reacció és catalitzada per una resina de bescanvi aniònic, Amberlite A-21, i té lloc en un reactor catalític de llit fix multitubular. El procés és exotèrmic ($\Delta H = -3,06 \cdot 10^5$ J/mol) i cal controlar-ne la temperatura, mantenint-la dins dels límits, per tal de no fer malbé el catalitzador. Gràcies al seu disseny multitubular, el bescanvi de calor és pot dur a terme fent circular fluid refrigerant per l'espai lliure entre la carcassa i els tubs on té lloc la reacció catalitzada.

El rang de temperatures aconsellables per al procés s'estén des dels 20 fins als 100°C essent preferibles temperatures elevades per afavorir la velocitat de reacció i la dissolució dels reactius en el toluè, la pressió per la seva banda no és un factor significatiu i s'aconsegueixen resultats satisfactoris treballant a 1 atmosfera.

La calor generada al llarg del reactor no és uniforme ja que es genera més calor a l'entrada que a la sortida degut a la diferència en les velocitats de reacció, aquest fet no suposarà un problema en l'operació ja que l'equip ha estat dissenyat amb una àrea de bescanvi superior a la requerida, però sí que farà que es distingeixin tres zones de temperatura lleugerament diferents en el reactor.

Les condicions d'operació d'aquest reactor es recullen a la taula següent:

Taula 1.3.3.1 *Condicions d'operació en el reactor de formació de Carbaryl*

Temperatures d'operació	
Zona superior	88°C
Zona mitja	93°C
Zona inferior	74°C
Pressió d'operació	1 atm
Grau de conversió	92,8%
Productivitat	3,2 kg producte/kg resina·h
Temps de residència	12 min

El primer dels reactius, l'1-naphtol, arriba a la planta en forma de sòlid i és dissolt en un tanc amb toluè per entrar al reactor en forma de líquid. Aquest corrent fresc, serà part de l'entrada al reactor junt amb la fracció recuperada dels mateixos productes des de la zona de purificació.

El MIC per la seva banda s'uneix al corrent d'entrada, també en estat líquid, després de ser refredat fins a 20°C directament des de la columna de refinat CD-401, d'aquesta manera, s'evita l'emmagatzematge de l'isocianat i el risc que això comporta, operant en concepte *just in time*.

La relació molar d'entrada entre reactius és igual a 1,01 entrant l'1-naftol en excés. Tots dos són introduïts per la part inferior del reactor assegurant un bon contacte entre ells així com la inundació completa del llit catalític.

Per al disseny d'aquest reactor s'ha utilitzat com a referència l'assaig a petita escala recollit en la patent [4,278,807 "PROCESS FOR PRODUCTION OF 1-NAPHTIL METHILCARBAMATE", Inventors: Eugene J. Boros, David W. Peck, Assignee: Union Carbide Corporation, New York. Jul. 14, 1981].

Amb l'objectiu de mantenir la productivitat obtinguda quan se'n fa l'escalat, cal conservar el mateix temps de residència, és a dir, la mateixa proporció entre alçada de tub i velocitat superficial.

El producte de la reacció, una solució formada majoritàriament per Carbaryl dissolt en toluè, és enviat a l'àrea de purificació on se'n separen les impureses i el dissolvent per obtenir el producte final.

1.3.4 Purificació de Carbaryl

La purificació de Carbaril està formada per 4 sistemes diferenciats: una columna de destil·lació, 3 cristal·litzadors, dues centrífugues i un assecador.

El primer dels equips és la columna de destil·lació CD-601. En aquesta columna s'aconsegueix separar tot el MIC que conté la sortida del reactor catalític R-501/502. Per la zona de caps sortirà l'isocianat i una part de toluè que es recircularà a l'etapa de síntesi de Carbaryl i, per cues, s'obtindrà la corrent líquida que continuarà en el procés de purificació.

Aquesta corrent, junt amb la recirculació de l'equip, formaran l'entrada al primer cristal·litzador, CR-601, on tindrà lloc la nucleació del Carbaryl sòlid. Les condicions d'operació seran 65°C de temperatura i 0,16 bars de pressió, assolides amb la mitja canya i la bomba de buit instal·lades en el sistema, d'aquesta manera s'aconsegueix evaporar el toluè sense treballar a temperatures massa elevades que dificultarien la cristal·lització del Carbaryl.

La sortida del primer cristal·litzador, serà conduïda fins al segon on tindrà lloc el creixement dels cristalls de Carbaryl formats. L'entrada d'aquest segon cristal·litzador estarà també formada per la sortida del tanc de mescla TM-601 i la recirculació interna del propi equip. Les condicions d'operació seran les mateixes que en el cas del primer cristal·litzador i la mida dels cristalls de Carbaryl obtinguts serà de 5mm de diàmetre.

Un cop ha tingut lloc el primer procés de creixement dels cristalls, aquests s'han de separar del licor mare abans de ser introduïts en l'assegador, per fer-ho, es disposa de la primera de les centrífugues del procés, d'on s'obté un corrent amb un 79% de sòlids que ja pot ser tractat en l'assegador esmentat per eliminar la quantitat de líquid restant donant lloc al producte final amb una puresa del 98%.

La part líquida amb menor concentració de sòlids que surt de la primera centrífuga s'envia al tanc pulmó TP-601 abans de ser introduïda en el tercer cristal·litzador també de nucleació. Les condicions d'operació de l'equip seran les mateixes que en els casos anteriors i la corrent de sortida es dirimirà a una segona centrífuga per separar els cristalls formats de la major part del líquid. La fracció líquida amb menor concentració de sòlids es recircula a l'àrea de síntesi de Carbaryl i els cristalls amb menor contingut líquid són enviats al tanc de mescla TM-601 on es barregen amb toluè per obtenir una mescla saturada de Carbaryl que formarà part de l'entrada al cristal·litzador de creixement. El toluè utilitzat en la dissolució serà el mateix que s'ha extret del procés de purificació després de retornar-lo al seu estat líquid en el condensador C-606.

1.3.5 Emmagatzematge i neutralització de MIC

En la planta de producció de Carbaryl, dins d'un funcionament normal del procés, el MIC no s'emmagatzema, però en situacions puntuals podria ser necessari fer-ho i cal comptar amb els corresponents tancs capacitats.

L'isocianat produït a la planta surt de la torre de refinat CD-401 i continua en el procés per reaccionar amb l'1-naftol en els reactors catalítics de síntesi de Carbaryl, el funcionament en continu basat en el sistema *just in time* de producció de MIC, fa que no sigui necessari cap emmagatzematge intermedi de la substància al llarg del procés.

Tot i així, cal tenir en compte que si els reactors R-501 i R-502, on el MIC reacciona amb 1-naftol, fallen, o qualsevol dels equips que es troben després de la torre de destil·lació no funciona correctament, la planta ha de disposar d'un sistema de tancs capaç de retenir el MIC produït mentre es fan les operacions de manteniment necessàries.

En aquests tancs el MIC seria analitzat per comprovar que la seva puresa és del 100% i per tant pot ser emmagatzemat, en el cas de contenir qualsevol petita impuresa la substància seria eliminada de forma immediata conduint-la al sistema de neutralització: absorció amb solució aquosa de NaOH, torre de cremat i venteig.

El MIC és molt reactiu amb aigua, àcids (com l'HCl present en el procés), bases, amines i les seves sals, a més de molt tòxic per les persones provocant danys greus quan s'inhala. La normativa aplicada en el seu emmagatzematge no permet superar el 40% d'ompliment dels equips per evitar situacions de perill innecessàries.

En la planta, aquests tancs s'omplirien fins al 24% de la seva capacitat total comptant amb una alarma de nivell màxim que s'activaria si aquest arribés al 30% de la seva capacitat i una de nivell mínim al 10%.

Pel que fa a les condicions de l'equip, els tancs es troben a pressió atmosfèrica, la temperatura d'ebullició del MIC a aquesta pressió és igual a 39°C, a una temperatura ambient mitjana es troba en estat líquid però es pot volatilitzar amb facilitat i tenint en compte la seva alta perillositat, toxicitat i inflamabilitat es decideix emmagatzemar-lo a -4°C, molt per sota del seu punt d'ebullició.

Per fer-ho els tancs comptaran amb un sistema de refrigeració on, el fluid utilitzat per emportar-se l'excés de calor, toluè, és inert a la substància i no reaccionaria amb el MIC en cas de que es produís una fuga en l'interior del tanc.

Per altra banda, la planta compta amb un sistema de neutralització de MIC capaç d'eliminar la quantitat màxima de substància que pot existir en el procés en un moment de temps determinat.

Considerant la seva inflamabilitat i reactivitat amb aigua i bases, el sistema de neutralització de MIC aprofita les seves propietats per eliminar-lo de manera ràpida i total.

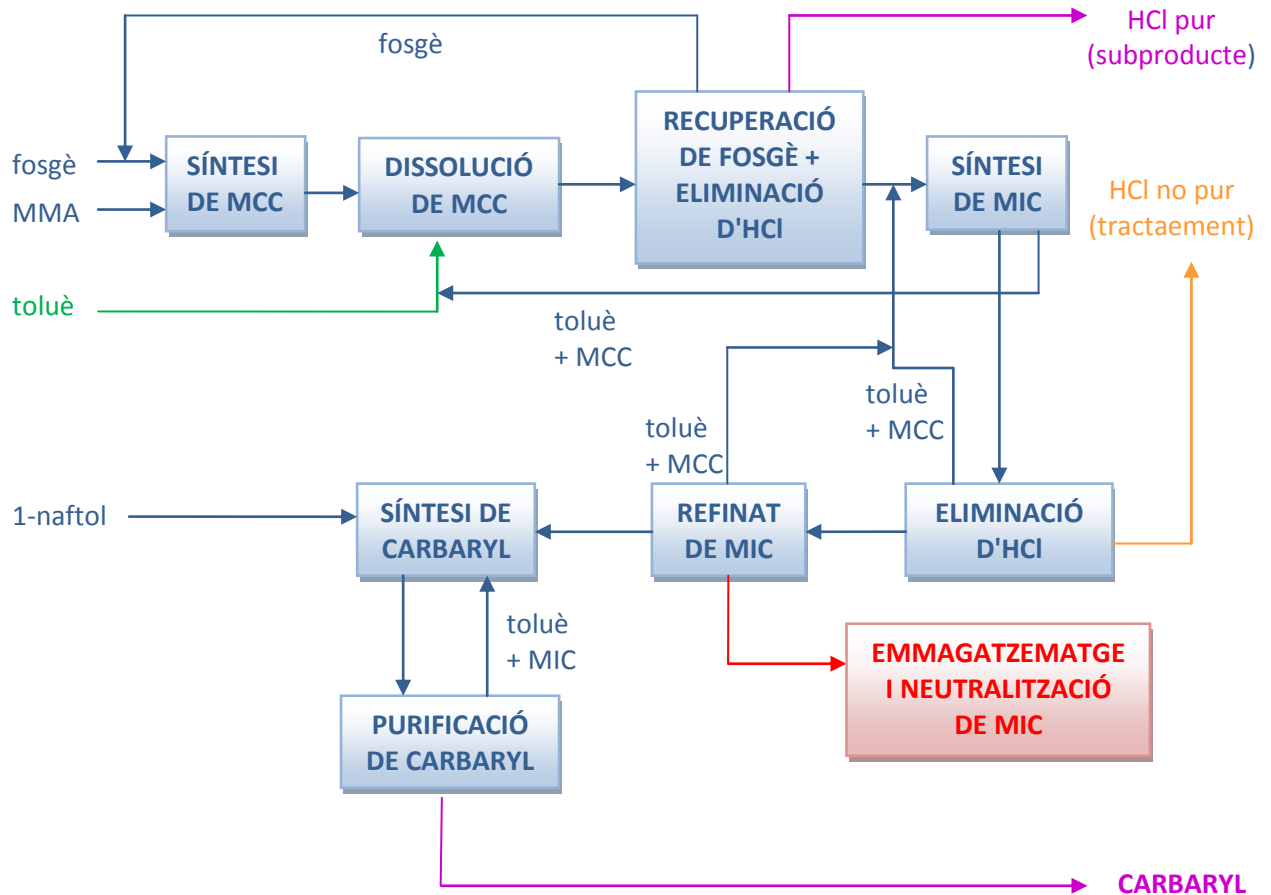
S'instal·len un absorbidor amb solució aquosa de sosa com a dissolvent seguit d'una torre de cremat, ambdós equips dissenyats per a tractar el cabal màxim de MIC assegurant que, tot i que algun dels dos falli, l'equip en operació sigui capaç d'eliminar de forma total el MIC.

En la torre d'absorció, el MIC reaccionaria de forma molt ràpida amb l'aigua gràcies a la presència d'NaOH descomposant-se a CO_2 i compostos d'urea. El gas que sortiria per la part superior de l'equip es dirigiria a la torre de cremat que faria desaparèixer completament qualsevol resta d'aquest component.

En el cas de que hi hagués un excés de gas en l'interior de la torre d'absorció i per tant una sobrepressió, caldria evitar que aquest sortís de forma descontrolada a l'atmosfera ja que es tracta d'un component altament tòxic. Per fer-ho es disposa d'una torre de ventilació on es dirigiria el gas responsable de la sobrepressió i seria neutralitzat amb una manega d'aigua amb la potència suficient per arribar fins a la seva sortida.

1.3.6 Diagrama de blocs del procés

A continuació es presenta un diagrama de blocs del procés que permet tenir una primera idea de l'esquema que segueix el procés de producció de Carbaryl dissenyat.



1.4 PROPIETATS DE LES ESPÈCIES INVOLUCRADES EN EL PROCÉS

Per tal de realitzar un bon disseny de la planta, és fonamental tenir en compte les propietats de cadascuna de les espècies químiques que participen en el procés, la seva temperatura d'ebullició, la seva densitat o la seva massa molecular, per exemple, seran determinants a l'hora d'escollir les millors condicions d'operació per a cada equip de la planta.

En aquest apartat es descriuen les característiques dels components que juguen un paper més important en la síntesi del Carbaryl incloent reactius, productes, subproductes i productes intermedis.

1.4.1 Fosgè

El fosgè és una de les matèries primeres del procés, és un component important en la indústria química utilitzat en la producció de plàstics i pesticides. A temperatura ambient aquest es troba en forma gasosa però normalment es refreda i es comprimeix per ser emmagatzemat com a líquid.

En forma de gas, el fosgè pot ser incolor o d'un aspecte entre blanc i groc, la seva olor en concentracions baixes és agradable, recordant a l'herba recent tallada, tot i que no sempre és fàcil detectar-ne l'olor. En concentracions més elevades en canvi, l'olor és forta i desagradable.

Aquesta substància, per ella mateixa, no és inflamable, però si que és molt tòxica i verinosa, quan el fosgè líquid és alliberat es transforma ràpidament en gas i degut a la seva densitat, major que la de l'aire, es propaga de forma ràpida a ran de terra.

Taula 1.4.1.1 Recull de propietats del fosgè

FOSGÈ	
Propietat	Valor
Formula empírica	COCl ₂
Pes molecular (g/mol)	98,916
Densitat en estat líquid a 298K (kg/m ³)	1363,24
Temperatura de fusió normal (°C)	-127,63
Temperatura d'ebullició normal (°C)	7,71
Volum molar (m ³ /kmol)	0,071
Entalpia de formació estàndard (J/kmol)	-2,19·10 ⁸
Calor de combustió (J/kmol)	-1,75·10 ⁸
Calor de vaporització (J/kmol)	2,35· 10 ⁷
Capacitat calorífica del líquid (J/kmol·K)	1,00· 10 ⁵
Capacitat calorífica del gas (J/kmol·K)	5,76· 10 ⁴
Viscositat del gas (cP)	0,012
Viscositat del líquid (cP)	0,21
Solubilitat en aigua	Hidrolitza

1.4.2 Monometilamina

La metilamina és la segona matèria primera del procés, és un compost orgànic en forma de gas en condicions atmosfèriques, és un producte incolor amb una olor forta i característica que pot recordar l'olor a peix. En forma de gas, es presenta anhidre i comprimit en contenidors metàl·lics.

En la indústria química l'MMA s'utilitza per a la producció de fàrmacs, pesticides o dissolvents. És un compost inflamable i perillós quan s'inhala a més d'irritant pel sistema respiratori.

Taula 1.4.2.1 Recull de propietats de la monometilamina.

MONOMETILAMINA	
Propietat	Valor
Formula empírica	CH ₃ NH ₂
Pes molecular (g/mol)	31,057
Densitat en estat líquid a 298K (kg/m ³)	655,30
Temperatura de fusió normal (°C)	-93,31
Temperatura d'ebullició normal (°C)	-6,18
Volum molar (m ³ /kmol)	0,045
Entalpia de formació estàndard (J/kmol)	-2,30·10 ⁷
Calor de combustió (J/kmol)	-9,75·10 ⁸
Calor de vaporització (J/kmol)	2,37·10 ⁷
Capacitat calorífica del líquid (J/kmol·K)	1,03·10 ⁵
Capacitat calorífica del gas (J/kmol·K)	5,32·10 ⁴
Viscositat del gas (cP)	0,0090
Viscositat del líquid (cP)	0,10
Solubilitat en aigua (g/ml)	108/100
Punt d'inflamabilitat (°C)	-56
Temperatura d'autoignició (°C)	430
Límit d'explosivitat superior (%volum)	20,7
Límit d'explosivitat inferior (%volum)	5

1.4.3 Clorur de metilcarbamil

El clorur de metilcarbamil és un producte intermedi en el desenvolupament del procés, en ser un producte poc comú com a matèria primera en la indústria, gran part de les seves propietats són desconegudes. En la taula següent es recullen les propietats que han estat utilitzades en el disseny, algunes d'elles obtingudes de fonts bibliogràfiques i d'altres estimades amb el simulador de processos *HYSYS*.

Taula 1.4.3.1 Recull de propietats del clorur de metilcarbamil

MONOMETILAMINA	
Propietat	Valor
Formula empírica	C ₂ H ₄ NOCl
Pes molecular (g/mol)	93,512
Densitat en estat líquid a 298K (kg/m ³)	720,29
Temperatura d'ebullició normal (°C)	93
Entalpia de formació estàndard (J/kmol)	-1,71·10 ⁸
Capacitat calorífica del líquid (J/kmol·K)	1,77·10 ⁵
Viscositat del gas (cP)	0,0071

1.4.4 Clorur d'hidrogen

El clorur d'hidrogen és el subproducte del procés a més d'estar present en dues de les tres reaccions que tenen lloc a la planta.

A temperatura ambient aquesta substància és un gas incolor o lleugerament groc amb una olor molt forta. Quan entra en contacte amb l'aire es forma un vapor blanc i dens degut a la seva condensació amb la humitat atmosfèrica formant àcid clorhídric, molt corrosiu.

És un producte utilitzat àmpliament en tot el sector de la indústria química, en el sector de la metal·lúrgia, de les pells, en processos de refinat, en l'elaboració de sabons, olis, polímers, fertilitzants...

El clorur d'hidrogen no és combustible, en contacte amb l'aigua pot donar lloc a una mescla explosiva i pel que fa a la seva exposició, és irritant, tòxic i corrosiu.

Taula 1.4.4.1 Recull de propietats del clorur d'hidrogen

CLORUR D'HIDROGEN	
Propietat	Valor
Formula empírica	HCl
Pes molecular (g/mol)	36,461
Densitat en estat líquid a 298K (kg/m ³)	798,32
Temperatura de fusió normal (°C)	-114,03
Temperatura d'ebullició normal (°C)	-84,85
Volum molar (m ³ /kmol)	0,031
Entalpia de formació estàndard (J/kmol)	-9,75·10 ⁷
Calor de combustió (J/kmol)	-2,86·10 ⁷
Calor de vaporització (J/kmol)	8,97· 10 ⁶
Capacitat calorífica del líquid (J/kmol·K)	7,41· 10 ⁴
Capacitat calorífica del gas (J/kmol·K)	2,91· 10 ⁴
Viscositat del gas (cP)	0,015
Viscositat del líquid (cP)	0,079

1.4.5 Isocianat de metil

El metil isocianat és un altre dels productes intermedis del procés de producció de Carbaryl. En condicions atmosfèriques és líquid amb una volatilitat molt elevada, incolor i amb una olor forta i desagradable.

El seu vapor és més dens que l'aire i s'estén a ran de terra formant una mescla amb l'aire fàcilment explosiva. En contacte amb l'aigua reacciona descomponent-se de forma violenta produint una gran quantitat de calor, fet que s'accentua en presència d'àcids o bases generant gasos tòxics. Polimeritza en el seu estat pur, per escalfament o en presència de metalls i catalitzadors.

Es tracta d'un producte tòxic, irritant i corrosiu, la seva exposició pot produir la mort.

Taula 1.4.5.1 Recull de propietats de l'isocianat de metil.

ISOCIANAT DE METIL	
Propietat	Valor
Formula empírica	C ₂ H ₃ NO
Pes molecular (g/mol)	57,051
Densitat en estat líquid a 298K (kg/m ³)	939,32
Temperatura d'ebullició normal (°C)	39,00
Entalpia de formació estàndard (J/kmol)	-6,24·10 ⁷
Pressió de vapor (atm)	0,60
Calor de vaporització (J/kmol)	3,41· 10 ⁷
Capacitat calorífica del líquid (J/kmol·K)	1,01· 10 ⁵
Capacitat calorífica del gas (J/kmol·K)	5,14· 10 ⁴
Viscositat del gas (cP)	0,0094
Solubilitat en aigua (g/ml)	descomposa
Punt d'inflamabilitat (°C)	-7
Temperatura d'autoignició (°C)	535
Límit d'explosivitat superior (%volum)	26
Límit d'explosivitat inferior (%volum)	5,3

1.4.6 1-naftol

L'1-naftol és la tercera matèria prima del procés de producció dissenyat. És un component orgànic fluorescent i sòlid a temperatura ambient. En la indústria química és utilitzat per a la producció d'insecticides.

És una substància combustible i pot ser irritant per inhalació i contacte.

Taula 1.4.6.1 Recull de propietats de l'1-naftol

1-NAFTOL	
Propietat	Valor
Formula empírica	$C_{10}H_8O$
Pes molecular (g/mol)	144,173
Densitat en estat líquid a 298K (kg/m^3)	1095,4
Temperatura de fusió normal ($^{\circ}C$)	95,5
Temperatura d'ebullició normal ($^{\circ}C$)	279
Entalpia de formació estàndard (J/kmol)	$-2,63 \cdot 10^8$
Calor de vaporització (J/kmol)	$4,02 \cdot 10^7$
Capacitat calorífica del líquid (J/kmol·K)	$7,52 \cdot 10^4$
Capacitat calorífica del gas (J/kmol·K)	$3,20 \cdot 10^4$
Solubilitat en aigua (g/ml)	insoluble
Punt d'inflamabilitat ($^{\circ}C$)	125

1.4.7 Carbaryl

El Carbaryl és el producte principal de la planta de dissenyada, és un sòlid cristal·lí de color blanc utilitzat principalment com a insecticida.

És una substància combustible i tòxica que es descompon si s'escalfa intensament produint fums tòxics. Reacciona de forma violenta amb productes oxidants originant perill d'incendi i explosió.

Taula 1.4.7.1 Recull de propietats del Carbaryl.

CARBARYL	
Propietat	Valor
Formula empírica	$C_{12}H_4NOCl$
Pes molecular (g/mol)	201,220
Densitat en estat líquid a 298K (kg/m^3)	1232,00
Temperatura de fusió normal ($^{\circ}C$)	142,00
Temperatura d'ebullició normal ($^{\circ}C$)	274,05
Entalpia de formació estàndard (J/kmol)	$-2,68 \cdot 10^8$
Calor de vaporització (J/kmol)	$8,74 \cdot 10^7$
Capacitat calorífica del líquid (J/kmol·K)	$7,52 \cdot 10^4$
Capacitat calorífica del gas (J/kmol·K)	$3,65 \cdot 10^4$
Solubilitat en aigua (g/ml)	insoluble
Punt d'inflamabilitat ($^{\circ}C$)	203

1.4.8 Toluè

El toluè és el dissolvent orgànic utilitzat en el procés. En condicions normals té aspecte líquid, incolor i amb una olor característica. S'obté principalment durant el refinat del petroli i de forma general, s'utilitza com a dissolvent per a pintures o reactius químics.

El seu vapor es barreja fàcilment amb l'aire formant mescles explosives, és un component altament inflamable i irritant per inhalació o contacte.

Taula 1.4.8.1 Recull de propietats del toluè

TOLUÈ	
Propietat	Valor
Formula empírica	C ₆ H ₅ CH ₃
Pes molecular (g/mol)	92,140
Densitat en estat líquid a 298K (kg/m ³)	864,07
Temperatura de fusió normal (°C)	-94,97
Temperatura d'ebullició normal (°C)	110,65
Entalpia de formació estàndard (J/kmol)	1,21·10 ⁶
Pressió de vapor (atm)	0,037
Calor de vaporització (J/kmol)	3,82· 10 ⁷
Capacitat calorífica del líquid (J/kmol·K)	1,56· 10 ⁵
Capacitat calorífica del gas (J/kmol·K)	1,05· 10 ⁵
Solubilitat en aigua (g/ml)	insoluble
Punt d'inflamabilitat (°C)	4
Límit superior d'explosivitat (%volum)	7,1
Límit inferior d'explosivitat (%volum)	1,1

1.5 APLICACIONS I CARACTERÍSTIQUES DEL CARBARYL

Carbaryl és el nom comú utilitzat per fer referència a l'1-naftol metilcarbamato, pertany al grup de pesticides coneguts com carbamats i va ser utilitzat per primera vegada als Estats Units l'any 1959. Aquest insecticida té aspecte de sòlid blanc i cristal·lí i actualment es comercialitza amb el nom se SEVIN, una marca registrada per l'empresa Bayer.

Un nombre aproximat de 1.500 productes contenen Carbaryl en la seva composició, és utilitzat en més de 100 tipus de cultius i capaç de combatre fins un total de 500 plagues d'insectes diferents.

Gràcies a la seva capacitat per controlar una ampla varietat de plagues, especialment d'escarabats, formigues, mosquits, arnes i paparres el Carbaryl és utilitzat en diverses branques de l'agricultura incloent arbres fruiters, noguers, vegetals i cultius de grà. Els cultius que generen un consum del pesticida més elevat són els de pomes, raïm, nous, taronges i blat de moro. Aquest producte és aplicat tant en cultius a gran escala com en cultius o plantes domèstiques així com en arbustos, vivers, ruscs d'abelles, o fins i tot camps de golf.

En algunes ocasions, s'aplica aquest producte a les bores dels edificis per evitar l'aparició d'alguna de les plagues anomenades.

Una altre de les seves aplicacions és la cura animal, el Carbaryl, també s'utilitza en collars per a mascotes, higiene d'animals i casetes de gossos, ja que evita la presència insectes i puces.



Figura 1.5.1 Exemples de pesticides que contenen Carbaryl en la seva formula.

Els insecticides del grup dels carbamats són inhibidors, lentament reversibles de l'enzim acetilcolinesterassa, el seu funcionament bioquímic consisteix en interferir en el sistema nerviós dels organismes causant-ne la seva mort per efecte de l'acetilcolina, un neurotransmissor.

Union Carbide va ser la companyia que va produir Carbaryl per primera vegada introduint-lo al mercat l'any 1958. La planta va ser construïda a la ciutat de Bhopal, a la Índia, i la seva producció es va aturar després del gran desastre que va tenir lloc la nit del dia 2 al 3 de desembre de 1984, on van morir al voltant de 12.000 persones i més de 500.000 van resultar-ne afectades, considerant-se un dels majors accidents de la indústria química de la història.

El pesticida va ser obra dels entomòlegs Harry Haynes i Hebert Moorefield juntament amb el químic Joseph Lamberch, tots ells contractats per *Union Carbide*. El producte es considera des del punt de vista de la indústria com un gran èxit comercial, ja que és econòmic, eficaç contra les plagues i completament inòcul pel medi ambient.

El Carbaryl és tòxic pels humans i ha estat considerat un agent potencialment cancerigen per la EPA (*United States Environmental Protection Agency*). Quan s'ingereix, aquest és ràpidament metabolitzat i excretat per la orina. La *Clinical Toxicology of Commercial Products* ha donat al Carbaryl una puntuació de 4 en una escala de l'1 al 6 pel que fa a la seva toxicitat, situant-lo amb la puntuació més alta d'entre els pesticides del mercat, l'agència assegura que els efectes de la seva exposició continuada poden ser més perillosos que la seva pròpia toxicitat, de fet hi ha estudis que demostren que pot provocar defectes de naixement en mamífers.

El mes de gener del 2011, la companyia *Bayer CropScience*, principal fabricant mundial de Carbaryl, va anunciar que aturava de forma definitiva la producció de MIC a la seva planta *Institute/US* després de que quasi es repetís la situació que va tenir lloc 25 anys enrere a Bhopal. L'any 2008 va faltar molt poc perquè es produís de nou una gran fuga de MIC després d'una explosió a la planta *Institute* on dos treballadors van perdre la vida. La companyia continua emmagatzemant grans quantitats de MIC anys després de que la majoria d'empreses n'hagin parat la seva producció per raons de seguretat. Arrel d'aquests fets, la *Bayer* va anunciar també a principis del 2011, que aturaria la seva producció de pesticides altament perillosos: Aldicarb i Carbaryl, ambdós productes amb el MIC com a component clau en la seva fabricació.

Tot i haver estat probablement el pesticida més popular dels Estats Units amb un consum de 12.000 tones anuals, el Carbaryl és il·legal en diversos països incloent el Regne Unit, Austràlia, Dinamarca, Suècia o Alemanya.

1.6 CONSTITUCIÓ DE LA PLANTA

A més del procés de producció de Carbaryl i els productes químics que hi intervenen, és important plantejar quina serà la constitució de la planta. En aquest apartat, es detallen 4 aspectes fonamentals del seu funcionament:

- Les àrees en que es divideix la planta i l'objectiu de cadascuna d'elles.
- El balanç de matèria que es compleix al llarg de la producció.
- La planificació temporal que cal dur a terme en el seu disseny i construcció.
- L'organització de torns de personal segons el que funciona la planta

1.6.1 Àrees

La planta ha estat dividida en 18 àrees diferents per tal de facilitar-ne el seu funcionament, control i manteniment. Cadascuna d'elles compleix un objectiu diferent i té unes característiques pròpies.

NOMENCLATURA	DESCRIPCIÓ DE LA ZONA
Àrea 100	Emmagatzematge de matèries primeres
Àrea 200	Emmagatzematge de producte acabat
Àrea 300	Reacció de formació de MCC
Àrea 400	Reacció de formació de MIC
Àrea 500	Reacció de formació de Carbaryl
Àrea 600	Purificació de Carbaryl
Àrea 700	Emmagatzematge de MIC
Àrea 800	Neutralització de MIC
Àrea 900	Serveis
Àrea 1000	Tractament de residus i emissions
Àrea 1100	Protecció contra incendis
Àrea 1200	Càrrega i descàrrega
Àrea 1300	Control

Àrea 1400	Laboratoris
Àrea 1500	Oficines
Àrea 1600	Pàrquing
Àrea 1700	Magatzem
Àrea 1800	Local de primers auxilis

Àrea 100: Emmagatzematge de matèries primeres

L'àrea 100 està dedicada a l'emmagatzematge de matèries primeres, en el procés aquestes són el foscè, l'MMA i 1-naftol, tot i així en la mateix zona s'inclou també l'emmagatzematge del dissolvent de procés, toluè.

El foscè i l'MMA són continguts en estat líquid en 4 tancs col·locats en posició horitzontal i soterrats per motius de seguretat (2 pel foscè i 2 per l'MMA). Tots dos es troben refrigerats i les condicions de pressió són d'1 atmosfera en el cas del foscè i 3 en el cas de la monometilamina.

L'1-naftol és emmagatzemat en estat sòlid en dues sitges a temperatura i pressió atmosfèrica i la quantitat emmagatzemada de les tres matèries primeres proporciona 7 dies d'autonomia per al funcionament de la planta.

El toluè per la seva part també és troba emmagatzemat en dos tancs disposats verticalment a nivell de terra i en condicions atmosfèriques.

Des d'aquesta àrea, el foscè, l'MMA i el toluè seran dirigits a l'àrea 300 de síntesi de l'MCC i l'1-naftol a l'àrea 500 de síntesi de Carbaryl.

Àrea 200: Emmagatzematge de producte acabat

L'àrea 200 es destinarà a l'emmagatzematge de producte acabat. Està formada per dues sitges on serà enviat el Carbaryl resultant de l'àrea de purificació per tal de distribuir-lo en els big-bags on serà presentat com a producte final. Les condicions d'aquests equips són també atmosfèriques i caldrà controlar el nivell d'humitat d'aquesta àrea per tal de no malmetre el Carbaryl produït.

Àrea 300: Reacció de formació de MCC

L'àrea 300 és la primera de les tres àrees de reacció de les que disposa la planta. És la més àmplia d'elles i la que conté un major nombre d'equips. El seu objectiu és sintetitzar MCC a partir de fosgè i MMA, dissoldre'l en toluè i eliminar-ne l'HCl tot recuperant el fosgè no reaccionat.

En primer lloc es rebran les dues matèries primeres des de l'àrea 100 d'emmagatzematge, el fosgè i l'MMA, en estat líquid i seran vaporitzades en els evaporadors EV-301 i EV-302. Posteriorment, abans d'entrar al reactor de formació de MCC, els reactius seran preescalfats en els bescanviadors BC-301 i BC-302 fins a temperatures properes a les de reacció, 205°C pel cas del fosgè i 240°C per la metilamina. Després de passar pel reactor multitubular R-301 on tindrà lloc la reacció a 207°C i 1 atmosfera de pressió, els productes de la reacció, MCC i HCl juntament amb el fosgè restant, seran dirigits a la columna d'absorció AB-301 on seran refredats i dissolts en el dissolvent de procés: toluè.

Amb la mescla de procés ja en estat líquid es passarà a la segona part de l'àrea 300 formada per dues columnes de destil·lació, CD-301 i CD-302. La primera, CD-301 s'encarregarà d'eliminar l'HCl dels gasos de sortida de la columna d'absorció treballant a 26 atmosferes de pressió, i la segona, a 3 atmosferes de pressió, de recuperar el fosgè en excés per retornar-lo al procés i treure'n el màxim rendiment.

En aquesta àrea a més dels equips esmentats fins ara també es disposarà d'un tanc pulmó previ a la columna d'absorció, TP-301 i un tanc separador, TS-301, previ a la columna CD-302.

Àrea 400: Reacció de formació de MIC

L'àrea 400 comença amb el tanc pulmó TP-401, on es recullen les diferents corrents d'entrada als reactors de piròlisi R-401 i R-402. El seu objectiu és la síntesi de MIC i la separació d'aquest de l'HCl produït també en la reacció.

Els reactors de piròlisi consisteixen en dos tancs de 100m³ de volum cadascú treballant a 97°C de temperatura i pressió atmosfèrica, on l'MCC present en el toluè es descompon per temperatura donant lloc al MIC i l'HCl en una reacció d'equilibri.

Aquests productes surten del reactor en estat gasos i es dirigeixen al sistema de condensadors C-401 i C-402, on l'HCl és separat del MIC i es recupera el toluè i l'MCC que no han reaccionat per retornar-los al procés optimitzant-lo al màxim.

Finalment en l'àrea 400 també és troba la columna de refinat de MIC CD-401, gràcies a la qual s'obté per caps una corrent d'aquesta substància amb una puresa gairebé del 100%.

Àrea 500: Reacció de formació de Carbaryl

L'última de les seccions de reacció de la planta té l'objectiu de sintetitzar el producte final, Carbaryl. Aquest procés té lloc en el reactor multitubular R-501 o R-502 en funció de la regeneració de la resina que estigui tenint lloc en cada moment determinat. En el reactor, a 1 atmosfera de pressió i una temperatura aproximada de 93°C, s'introdueix el MIC des de l'àrea 400 refredat en el bescanviador BC-501, i l'1-naftol dissolt en toluè des del tanc de mescla TM-501. La sortida del reactor formada principalment per Carbaryl dissolt en toluè serà dirigida a l'àrea 600 de purificació.

En aquesta àrea, també es troben els tancs TM-502, on es dissol 1-naftol en toluè fresc, i el TM-503 on es prepara la mescla regenerant per retornar el poder catalític a la resina dels reactors utilitzats.

Àrea 600: Purificació de Carbaryl

L'àrea 600 es dedica a la purificació del producte final, per fer-ho aquesta disposa principalment d'una columna de destil·lació CD-601, tres cristal·litzadors CR-601, CR-602 i CR-603, dues centrífugues, CT-601 i CT-602 i un assecador A-601. En la columna se separa el MIC del corrent principal per retornar-lo a la zona de reacció de l'àrea 500, i, en el sistema de cristal·litzadors i centrífugues, s'aconsegueix separar el toluè del Carbaryl per formar-ne els cristalls que finalment s'assecaran en l'A-601 per donar lloc al producte final.

En aquesta àrea es disposa de diversos tancs, on es mesclen les corrents de procés entre els diferents equips (TM-601 i TP-601) així com de 3 bescanviadors de calor que conduiran l'entrada dels cristal·litzadors a la temperatura d'entrada dels mateixos per assegurar-ne un bon funcionament (BC-601, BC-602 i BC-603).

Àrea 700: Emmagatzematge de MIC

L'àrea 700 té com a objectiu emmagatzemar MIC en el cas de que es donés una situació fora del funcionament normal de la planta i fos necessari fer-ho.

Està formada per un bescanviador de calor, BC-701 encarregat de refredar l'isocianat que surt de la columna de destil·lació CD-401, i dos tancs situats en horitzontal i soterrats per motius de seguretat. Aquests tancs compten amb un sistema de refrigeració per tal de mantenir la seva temperatura a -4°C i treballen a pressió atmosfèrica.

Tenint en compte que es tracta d'una àrea en desús, serà especialment important realitzar-ne el manteniment i la supervisió perquè sempre es trobi en perfectes condicions i preparada per una possible arrencada.

Àrea 800: Neutralització de MIC

L'àrea de neutralització de MIC està capacitada per eliminar la quantitat màxima de MIC que pot existir en el procés i està formada per 3 equips diferents, en primer lloc una torre d'absorció, AB-801, on es farà reaccionar el MIC alliberat amb una solució bàsica d'aigua per transformar-lo en compostos d'urea inofensius, en segon lloc, els gasos que encara puguin restar de la columna seran cremats en la torre de cremat TC-801 abans de sortir a l'atmosfera i, en el cas de sobrepressió en l'absorbidor el sistema de seguretat, conduiria els gasos de la mateixa a la torre de venteig TV-701 on, amb l'ajuda d'una mànega d'aigua, es neutralitzaria el gas tòxic de sortida.

L'àrea 800 també compta amb un tanc de mescla, TM-801 on es prepara la solució bàsica, barrejant aigua amb sosa.

Tenint en compte que es tracta d'una àrea en desús, serà especialment important realitzar-ne el manteniment i la supervisió perquè sempre es trobi en perfectes condicions i preparada per una possible arrencada.

Àrea 900: Serveis

L'àrea 900 està dedicada als serveis requerits per la planta, aquests són oli tèrmic, fluid refrigerant, nitrogen, aigua i electricitat. Els equips ubicats en aquesta zona són, 4 calderes encarregades d'escalfar l'oli tèrmic (CA-901, CA-902, CA-903 i CA-904), dos grups de fred per portar el fluid refrigerant a temperatures per sota de 0°C (GF-901 i GF-902), dues torres de refrigeració (TR-901 i TR-902) i una descalcificadora (D-901) per tal de refredar l'aigua del sistema, tres bescanviadors de calor de tipus carcassa i tubs per refredar el fluid refrigerant a una temperatura per sobre dels 0 graus (BC-901, BC-902 i BC-903), un compressor (CO-901), una estació de bombeig completa (EB-901) i un tanc d'emmagatzematge per contenir el nitrogen necessari de la planta (T-901).

Àrea 1000: Tractament de residus i emissions

L'àrea de medi ambient serveix per fer un anàlisi dels diferents residus i emissions que pot generar una planta de producció de Carbaryl, i per estudiar solucions per que aquest residus puguin sortirà l'ambient sense causar un desequilibri al medi.

Per al cas dels efluents gasosos generats a la nostra planta, aquest es tracten d'acord al seu cabal, la seva composició i els seus compostos. Degut a la perillositat d'aquest gasos, s'han implementat diferents mètodes per tractar-los.

Per al cas del fòsgè, HCl i Toluè, s'ha implementat uns sistema on es recuperi el HCl i s'elimini el fòsgè i el toluè. Aquest sistema consta en primer lloc d'un rentador amb aigua que serveix per recuperar el HCl, degut a la reacció que té amb el fòsgè, seguit d'un rentador càustic on s'elimina quasi tot el fòsgè que no ha reaccionat abans, en tercer lloc es fa una incineració per eliminar els compostos orgànics volàtils, toluè, i per últim un segon rentador càustic que serveix per eliminar els residus produïts per la combustió dels hidrocarburs clorats.

Per al cas de la MMA, i seguint les millores tècniques disponibles per a la indústria química, s'ha decidit utilitzar un rentador que utilitza una solució àcida com a solució absorbent.

Per al cas del MIC, s'ha decidit implementar en primer lloc un rentador càustic, seguit d'una torre de cremat per eliminar la resta de MIC que no ha reaccionat amb el NaOH.

Per al cas dels efluents líquids generats a la planta i degut a les precaucions a l'hora de fer les instal·lacions de recollida dels mateixos, no ha sigut necessari dotar a la planta d'una depuradora, es per això que tots aquests efluents son enviats a gestors especialitzats per al seu tractament.

Per al cas dels efluents sòlids, i gracies a la bona gestió de REIRC Enginyers, aquests es recolliran en contenidors especials disposats per tota la planta i degudament senyalitzats per la seva posterior recollida per una empresa externa especialitzada en tractar aquests tipus de residus.

Àrea 1100: Protecció contra incendis

L'àrea 1100 està dedicada a l'extinció d'incendis, inclou tots aquells aparells necessaris per a garantir la seguretat de la planta en el cas de que tingués lloc un foc: mànegues, xarxa d'aigua, extintors, ruixadors en les oficines, punts de reunió... El seu disseny ha estat realitzat tenint en compte les característiques i la càrrega de foc calculada per a cada zona específica de la planta.

Àrea 1200: Càrrega i descàrrega

L'àrea 1200 correspon a la zona de càrrega i descàrrega on s'ubicaran els camions per a subministrar les matèries primeres o carregar el producte acabat. Aquesta compta amb les boques necessàries per a omplir els tancs i l'espai suficient per realitzar les maniobres necessàries per operar amb comoditat.

Es realitzarà un control detallat de les entrades i sortides de matèries amb l'ajuda de diferents operaris treballant en la zona.

Àrea 1300: Control

L'àrea 1300 està dedicada al control de la planta, en ella és troben els ordinadors on se centralitzen totes les senyals d'entrada i sortida de la planta. D'aquesta manera es podrà veure per pantalla quin és l'estat de totes les variables controlades i monitoritzades del procés per portar-ne un registre detallat i detectar-ne qualsevol anomalia. L'operació dels tècnics des de la central de control permetrà també realitzar petits canvis en els setpoints si aquests són necessaris.

Àrea 1400: Laboratoris

En l'àrea 1400 on se situen els laboratoris es realitzaran els diferents anàlisis i proves relacionades amb el control de qualitat del procés, tant de matèries primeres, producte acabat o fluid de procés segons sigui necessari. A més a més en aquesta àrea també és comptarà amb un equip de persones especialitzades en tasques d'investigació i desenvolupament que treballaran per l'optimització de la planta tenint en compte tots aquells canvis o novetats tecnològiques que aplicades al procés existent puguin millorar-lo.

Àrea 1500: Oficines

En l'àrea 1500 s'ubiquen les oficines, on es trobarà treballant el personal relacionat amb els temes de la gestió i l'administració de l'empresa. Aquesta àrea ha estat col·locada el més allunyada possible de les zones de risc elevat del procés per tal de que les condicions de seguretat siguin màximes. Tot i així, en el cas de que es produís qualsevol tipus d'accident, el sistema d'alarmes donaria l'alerta de desallotjar tota la planta, incloses les oficines, seguin un pla d'emergència preparat.

Àrea 1600: Pàrking

L'àrea dedicada a l'aparcament és la 1600, aquesta compta amb 55 places disponibles tant per a tots els treballadors de la planta com per a possibles visites puntuals a l'empresa, està situada al costat de les oficines per facilitar-ne l'accés i compta amb places adaptades per a minusvàlids així com aparcament especial per a motos.

Àrea 1700: Magatzem

L'àrea 1700 de magatzem, es destina a guardar stok de tots aquells productes necessaris per al desenvolupament de la producció i la planta en general, els quals no estan estrictament relacionats amb la fabricació. En aquesta zona es troben alguns dels productes que s'utilitzen a procés, com ara els compostos utilitzats en la regeneració periòdica de la resina emmagatzemats en bidons de plàstic o sacs, o la sosa utilitzada per preparar dissolucions aquoses bàsiques, però també s'hi guardaran els sacs utilitzats en l'empaquetament del Carbaril, o material de laboratori i oficina disponible per fer reposicions.

Àrea 1800: Local de primers auxilis

L'última àrea de la planta és la 1800 dedicada als primers auxilis, en aquest espai es disposarà de tot aquell material mèdic bàsic per poder atendre accidents lleus com ara malestars, cremades, ferides o talls profunds, reaccions al·lèrgiques... així com d'un equip desfibril·lador per actuar en cas de parada cardíaca, tot això, sota la responsabilitat d'un professional mèdic empleat de la pròpia planta.

1.6.2 Balanç de matèria

En les pàgines següents s'adjunta el balanç de matèria del procés que té lloc a la planta detallant les condicions de cada corrent així com la seva composició.

Taula 1.6.2.1 Balanç de matèria de la planta de producció de Carbary.

Corrent	1	1a	2	2a	2b	2c	3	3a	3b	3c	3d	4	5	5a
Temperatura (°C)	3	3	1,366	7,71	205	205	0	-6,5	-6	-6	240	260	89,26	89,26
Pressió (kPa)	101,3	101,3	101,3	101,3	101,3	101,3	300	101,3	101,3	101,3	101,3	101,3	101,3	101,3
Estat físic	L	L	L	V	V	V	L	L	V	V	V	V	L	L
ρ (kg/m ³)	1392,0	1392,0	1394,2	4,1	2,4	2,4	963,1	685,9	1,4	1,4	1,4	1,9	749,9	749,9
Cp (kJ/kg·°C)	0,996	0,996	97,430	0,573	0,681	0,681	1,603	1,476	1,478	1,478	2,297	1,146	2,050	2,050
Cabals màssics (Kg/h)														
MIC (kg/h)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MCC (kg/h)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	677,71	722,79	722,79
HCl (kg/h)	-	-	3,90	3,90	3,90	3,90	-	-	-	-	-	268,15	3,90	3,90
Toluè (kg/h)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1640,09	1640,09
Fosgé (kg/h)	716,88	716,88	896,09	896,09	896,09	896,09	-	-	-	-	-	179,22	17,92	17,92
MMA (kg/h)	-	-	-	-	-	-	225,08	225,08	225,08	225,08	225,08	-	-	-
1-Naftol (kg/h)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Carbaril (kg/h)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL (kg/h)	716,88	716,88	900,00	900,00	900,00	900,00	225,08	225,08	225,08	225,08	225,08	1125,08	2384,71	2384,71

Corrent	6	6a	7	7a	8	8a	8b	8c	9	10	11V	11L	11La	11Lb
Temperatura (°C)	93	272,5	25	25	97	97	4	4	202,5	202,5	1,105	1,105	1,105	1,105
Pressió (kPa)	101,3	2635	101,3	101,3	101,3	101,3	101,3	101,3	2635	2635	2634	2634	2634	2634
Estat físic	V	V	L	L	L	L	L	L	V	L	V	L	L	L
ρ (kg/m³)	2,3	44,5	864,1	864,1	786,5	786,5	876,0	876,0	49,2	651,0	54,7	933,0	933,0	933,0
Cp (kJ/kg·°C)	1,177	1,646	1,694	1,694	1,951	1,951	1,589	1,589	90,900	196,700	1,169	2,088	2,088	2,088
Cabals màssics (Kg/h)														
MIC (kg/h)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MCC (kg/h)	78,53	78,53	-	-	123,61	123,61	123,61	123,61	53,19	25,34	-	-	-	-
HCl (kg/h)	274,82	274,82	-	-	10,58	10,58	10,58	10,58	256,88	17,94	457,17	457,17	457,17	457,17
Toluè (kg/h)	663,41	663,41	0,92	0,92	2303,50	2303,50	2303,50	2303,50	407,83	255,58	-	-	-	-
Fosgé (kg/h)	161,30	161,30	-	-	-	-	-	-	139,30	22,00	-	-	-	-
MMA (kg/h)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1-Naftol (kg/h)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Carbaril (kg/h)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL (kg/h)	1178,06	1178,06	0,92	0,92	2437,68	2437,68	2437,68	2437,68	857,19	320,86	457,17	457,17	457,17	457,17

Corrent	11R	11	12L	12V	12	12a	13	14	14a	15	16V	16L	16La	16R
Temperatura (°C)	1,105	1,105	218,2	218,2	218,2	138,3	138,3	138,3	138,3	96,13	40	11,82	11,82	11,82
Pressió (kPa)	2634	2634	2634	2634	2634	304	304	304	304	304	304	304	304	304
Estat físic	L	L	L	V	L	L/V	V	L	L	L	V	L	L	L
ρ (kg/m³)	933,0	933,0	738,1	82,6	657,7	15,4	9,0	745,7	745,7	749,7	11,9	1363,0	1363,0	1363,0
Cp (kJ/kg·°C)	2,088	2,088	1,833	1,485	2,233	1,669	1,357	2,113	2,113	2,058	0,619	1,031	1,031	1,031
Cabals màssics (Kg/h)														
MIC (kg/h)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MCC (kg/h)	-	-	118,64	40,11	78,53	78,53	46,77	31,76	31,76	754,55	-	-	-	-
HCl (kg/h)	182,34	274,82	-	-	-	-	-	-	-	3,90	15,56	15,56	15,56	11,66
Toluè (kg/h)	-	-	1002,28	338,87	663,41	663,41	329,95	333,46	333,46	1973,55	-	-	-	-
Fosgé (kg/h)	-	-	243,69	82,39	161,30	161,30	145,21	16,09	16,09	34,01	714,61	714,61	714,61	535,40
MMA (kg/h)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1-Naftol (kg/h)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Carbaril (kg/h)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL (kg/h)	182,34	274,82	1364,61	461,37	903,23	903,23	521,94	381,30	381,30	2766,00	730,17	730,17	730,17	547,05

Corrent	16Ra	16	16a	17L	17V	17	17a	18	18a	19	20	20a	21	22	23
Temperatura (°C)	11,82	11,82	-5,833	147,9	148,4	148,4	148,4	101	101	97	97	97	20	20	10
Pressió (kPa)	304	304	101,3	304	304	304	304	101,3	101,3	101,3	101,3	101,3	101,3	101,3	101,3
Estat físic	L	L	L/V	L	V	L	L	L	L	V	L	L	V	L	V
ρ (kg/m ³)	1363,0	1363,0	49,1	690,3	8,6	692,4	692,4	750,4	750,4	2,2	786,9	786,9	1,7	843,1	1,7
Cp (kJ/kg·°C)	1,031	1,031	0,972	2,298	1,813	2,292	2,292	2,061	2,061	1,236	1,950	1,950	0,853	1,689	0,885
Cabals màssics (Kg/h)															
MIC (kg/h)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	520,08	-	-	106,62	413,47	-
MCC (kg/h)	-	-	-	1087,49	286,18	801,32	801,32	1065,58	1065,58	89,51	123,61	123,61	3,31	86,20	-
HCl (kg/h)	11,66	3,90	3,90	-	-	-	-	20,18	20,18	341,98	10,58	10,58	321,81	20,18	253,67
Toluè (kg/h)	-	-	-	3126,13	822,65	2303,50	2303,50	3289,41	3289,41	986,82	2302,58	2302,58	15,79	971,03	0,92
Fosgé (kg/h)	535,40	179,22	179,22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MMA (kg/h)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1-Naftol (kg/h)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Carbaril (kg/h)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL (kg/h)	547,05	183,12	183,12	4213,62	1108,83	3104,82	3104,82	4375,17	4375,17	1938,40	2436,77	2436,77	447,52	1490,87	254,58

Corrent	23	24	25V	25L	25La	25Lb	25Lc	25R	25	25a	25b	26L	26V
Temperatura (°C)	10	10	38,8	38,79	38,79	38,79	38,79	38,79	38,79	20	20	108,1	107,5
Pressió (kPa)	101,3	101,3	101,3	101,3	101,3	101,3	101,3	101,3	101,3	101,3	101,3	101,3	101,3
Estat físic	V	L	V	L	L	L	L	L	L	L	L	L	V
ρ (kg/m ³)	1,7	743,0	2,3	762,4	762,4	762,4	762,4	762,4	762,4	785,0	785,0	762,7	3,1
Cp (kJ/kg·°C)	0,885	1,988	0,934	1,761	1,761	1,761	1,761	1,761	1,761	1,716	1,716	2,032	1,569
Cabals màssics (Kg/h)													
MIC (kg/h)	-	-	826,93	826,93	826,93	826,93	826,93	413,47	413,47	413,47	413,47	-	-
MCC (kg/h)	-	178,07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	197,75	111,55
HCl (kg/h)	253,67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	46,29	26,11
Toluè (kg/h)	0,92	14,87	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2227,66	1256,63
Fosgé (kg/h)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MMA (kg/h)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1-Naftol (kg/h)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Carbaril (kg/h)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL (kg/h)	254,58	192,94	826,93	826,93	826,93	826,93	826,93	413,47	413,47	413,47	413,47	2471,70	1394,29

Corrent	26	26a	27	28	28a	29	29a	30	30a	31	32	32a	33V
Temperatura (°C)	108,1	108,1	25	25	25	80	80	80	80	76,16	93	93	104,9
Pressió (kPa)	101,3	101,3	101,3	101,3	101,3	101,3	101,3	101,3	101,3	101,3	101,3	101,3	101,3
Estat físic	L	L	S	L	L	L	L	L	L	L	L	L	V
ρ (kg/m ³)	762,7	762,7	1090,0	864,1	864,1	844,6	844,6	843,8	843,8	840,5	801,9	801,9	2,9
Cp (kJ/kg·°C)	2,032	2,032	0,946	1,694	1,694	1,739	1,739	1,741	1,741	1,735	1,939	1,939	1,404
Cabals massics (Kg/h)													
MIC (kg/h)	-	-	-	-	-	-	-	37,10	37,10	450,57	37,10	37,10	185,56
MCC (kg/h)	86,20	86,20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HCl (kg/h)	20,18	20,18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Toluè (kg/h)	971,03	971,03	-	462,35	462,35	4232,56	4232,56	4607,00	4607,00	4607,00	4607,00	4607,00	1451,46
Fosgé (kg/h)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MMA (kg/h)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1-Naftol (kg/h)	-	-	1079,67	-	-	1079,67	1079,67	1127,36	1127,36	1127,36	82,49	82,49	-
Carbaril (kg/h)	-	-	-	-	-	-	-	23,71	23,71	23,71	1482,05	1482,05	-
TOTAL (kg/h)	1077,41	1077,41	1079,67	462,35	462,35	5312,23	5312,23	5795,17	5795,17	6208,64	6208,64	6208,64	1637,02

Corrent	33L	33La	33Lb	33R	33	34L	34V	34	34a	35	35a	36	37
Temperatura (°C)	82,37	82,37	82,37	82,37	82,37	114,4	116,5	116,5	116,5	112,5	71	65	65
Pressió (kPa)	101,3	101,3	101,3	101,3	101,3	101,3	101,3	101,3	101,3	101,3	101,3	16	101,3
Estat físic	L	L	L	L	L	L	V	L	L	L	S/L	V	S/L
ρ (kg/m ³)	799,9	799,9	799,9	799,9	799,9	780,6	2,8	778,5	778,5	824,3	797,6	0,007	815,1
Cp (kJ/kg·°C)	1,874	1,874	1,874	1,874	1,874	2,026	1,501	2,034	2,034	2,020	1,854	1,288	1,860
Cabals màssics (Kg/h)													
MIC (kg/h)	185,56	185,56	185,56	148,46	37,10	-	-	-	-	-	-	-	-
MCC (kg/h)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HCl (kg/h)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Toluè (kg/h)	1451,46	1451,46	1451,46	1161,24	290,22	6189,91	1873,12	4316,78	4316,78	4582,57	4582,57	3253,63	1328,95
Fosgé (kg/h)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MMA (kg/h)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1-Naftol (kg/h)	-	-	-	-	-	118,28	35,79	82,49	82,49	103,11	103,11	-	103,11
Carbaril (kg/h)	-	-	-	-	-	2125,13	643,08	1482,05	1482,05	1852,56	1852,56	-	1852,56
TOTAL (kg/h)	1637,02	1637,02	1637,02	1309,70	327,32	8433,32	2552,00	5881,32	5881,32	6538,24	6538,24	3253,63	3284,62

Corrent	38	38a	39	39a	40	41	41a	42	43	44	44a	45	46
Temperatura (°C)	65	65	65	65	65	65	71	65	65	65	65	65	65
Pressió (kPa)	101,3	101,3	101,3	101,3	101,3	101,3	101,3	16	101,3	101,3	101,3	101,3	101,3
Estat físic	S/L	S/L	S/L	S/L	S/L	S/L	S/L	V	S/L	S/L	S/L	S/L	S/L
ρ (kg/m ³)	815,1	815,1	815,1	815,1	818,1	830,4	824,7	0,007	815,8	815,8	815,8	815,8	803,6
Cp (kJ/kg·°C)	1,860	1,860	1,860	1,860	1,848	1,851	1,875	1,288	1,860	1,860	1,860	1,860	1,906
Cabals màssics (Kg/h)													
MIC (kg/h)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MCC (kg/h)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HCl (kg/h)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Toluè (kg/h)	265,79	265,79	1063,16	1063,16	1492,74	1696,30	1696,30	678,52	1017,78	203,56	203,56	814,22	244,27
Fosgé (kg/h)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MMA (kg/h)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1-Naftol (kg/h)	20,62	20,62	82,49	82,49	114,57	143,21	143,21	-	143,21	28,64	28,64	114,57	34,37
Carbaril (kg/h)	370,51	370,51	1482,05	1482,05	1616,34	2020,42	2020,42	-	2020,42	404,08	404,08	1616,34	1458,76
TOTAL (kg/h)	656,92	656,92	2627,69	2627,69	3223,65	3859,93	3859,93	678,52	3181,41	636,28	636,28	2545,13	1737,40

Corrent	47	47a	48	49	50	51	51a	52	53	54	54a	55	56
Temperatura (°C)	65	65	0	0	65	65	71	65	65	65	65	65	65
Pressió (kPa)	101,3	101,3	101,3	101,3	101,3	101,3	101,3	16	101,3	101,3	101,3	101,3	101,3
Estat físic	L	L	V	S	L	S/L	S/L	V	S/L	S/L	S/L	S/L	S/L
ρ (kg/m³)	842,2	842,2	0,428	799,8	842,2	847,9	841,7	0,007	859,9	859,9	859,9	859,9	838,8
Cp (kJ/kg·°C)	1,762	1,762	1,288	1,923	1,762	1,756	1,781	1,803	1,715	1,715	1,715	1,715	1,788
Cabals màssics (Kg/h)													
MIC (kg/h)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MCC (kg/h)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HCl (kg/h)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Toluè (kg/h)	569,96	569,96	244,27	-	569,96	605,05	605,05	429,58	175,46	35,09	35,09	140,37	56,15
Fosgé (kg/h)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MMA (kg/h)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1-Naftol (kg/h)	80,20	80,20	-	34,37	80,20	100,25	100,25	-	100,25	20,05	20,05	80,20	32,08
Carbaril (kg/h)	157,58	157,58	-	1458,76	157,58	196,97	196,97	-	196,97	39,39	39,39	157,58	134,29
TOTAL (kg/h)	807,73	807,73	244,27	1493,13	807,73	902,27	902,27	429,58	472,68	94,54	94,54	378,15	222,52

Corrent	57	57a	58	58a	59	60	61	62	62a	63	64
Temperatura (°C)	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65
Pressió (kPa)	101,3	101,3	101,3	101,3	16	16	16	16	101,3	16	16
Estat físic	L	L	L	L	V	V	L	G	L	L	L
ρ (kg/m ³)	890,1	890,1	831,1	831,1	0,007	0,007	835,1	0,007	826,500	835,1	835,1
Cp (kJ/kg·°C)	1,611	1,611	1,797	1,797	1,803	0,013	0,128	0,013	1,803	0,128	0,128
Cabals màssics (Kg/h)											
MIC (kg/h)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MCC (kg/h)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HCl (kg/h)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Toluè (kg/h)	84,22	84,22	429,58	429,58	1108,10	4361,73	4143,64	218,09	218,09	3770,21	373,44
Fosgé (kg/h)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MMA (kg/h)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1-Naftol (kg/h)	48,12	48,12	32,08	32,08	-	-	-	-	-	-	-
Carbaril (kg/h)	23,29	23,29	134,29	134,29	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL (kg/h)	155,63	155,63	595,96	595,96	1108,10	4361,73	4143,64	218,09	218,09	3770,21	373,44

1.6.3 Planificació temporal

La planificació en el temps de les diferents tasques a realitzar en el disseny de la planta és fonamental per motius diversos, en primer lloc, aquesta planificació, permetrà organitzar tot el personal implicat de la millor manera possible procurant que la pèrdua de temps i els retards siguin mínims. Per altra banda, planificar les tasques permetrà fer una previsió global de la durada de cadascuna d'elles així com del procés global, aproximant el seu inici i final.

Amb l'ajuda del diagrama de Gant de planificació, es podrà distingir quina serà la durada mínima del el procés, quines són les seves tasques limitants i, en conseqüència, les que poden provocar un retard global.

La taula presentada a continuació recull les tasques que cal realitzar durant el procés de disseny de la planta, la seva durada estimada i les activitats precursors, és a dir, les que cal haver realitzat per poder-les començar.

En la pàgina següent s'adjunta el diagrama de Gant on es pot veure quina és la durada total del procés de disseny i quines són les activitats limitants.

La durada del procés està limitada des del dia 17 de Febrer de 2014 fins el dia 10 de Juny de 2014.

Taula 1.6.3.1 Llistat de tasques a realitzar durant el disseny de la planta

Tasca	Descripció de la tasca	Durada (dies)	Inici	Fi	Precursors
1	Recopilació d'informació i documentació del procés	6	Dilluns 17.FEB	Dilluns 24.FEB	-
2	Avaluació de les diferents vies de producció	3	Dilluns 24.FEB	Dimecres 26.FEB	1
3	Decidir el procés/os model	1	Dijous 27.FEB	Dijous 27.FEB	2
4	Caracterització de les espècies químiques	1	Divendres 28.FEB	Divendres 28.FEB	3
5	Diagrama de blocs del procés	2	Dissabte 01.MARÇ	Diumenge 02.MARÇ	4
6	Descripció completa del procés	11	Dilluns 03.MARÇ	Diumenge 16.MARÇ	5
7	Balanç Matèria	11	Dilluns 17.MARÇ	Diumenge 30.MARÇ	6

Tasca	Descripció de la tasca	Durada (dies)	Inici	Fi	Precursors
8	Balanç Energia	11	Dilluns 17MARÇ	Diumenge 30.MARÇ	6
9	Disseny dels equips	26	Dilluns 31MARÇ	Diumenge 04.MAIG	8
10	Distribució d'equips i àrees de la planta	3	Dilluns 05.MAIG	Dimecres 07.MAIG	9
11	Sistema de control de la planta	11	Dilluns 05.MAIG	Diumenge 18.MAIG	9
12	Equips d'impulsió, canonades, vàlvules i accessoris.	16	Dijous 08.MAIG	Dijous 29.MAIG	10
13	Requeriment de serveis de la planta	6	Dilluns 05.MAIG	Dilluns 12.MAIG	9
14	Seguretat i Higiene	11	Dimecres 07.MAIG	Dimecres 21.MAIG	-
15	Anàlisi Hazop	6	Dilluns 19MAIG	Diumenge 25.MIAG	11
16	Medi ambient	6	Dimarts 13.MAIG	Dimarts 20.MAIG	6
17	Balanç econòmic	6	Dimarts 13.MAIG	Dimarts 20.MAIG	9, 11, 12, 13
18	Posada en marxa de la planta	6	Dimarts 13.MAIG	Dimarts 20.MAIG	13
19	Operació de la planta	4	Dimecres 21.MAIG	Diumenge 25.MAIG	18
20	Diagrames i plànols	60	Dilluns 17.MARÇ	Divendres 06.JUNY	6
21	Especificacions del projecte	60	Dilluns 17.MARÇ	Divendres 06.JUNY	6
22	Recull de bibliografia	1	Dissabte 07.JUNY	Dissabte 07.JUNY	-
23	Format de la memòria i impressió de plànols	2	Diumenge 08.JUNY	Dilluns 09.JUNY	22
24	Agraïments	1	Dilluns 09.JUNY	Dilluns 09.JUNY	-
25	Entrega	1	Dimarts 10.JUNY	Dimarts 10.JUNY	24

1. Especificacions del projecte

REIRC Enginyers

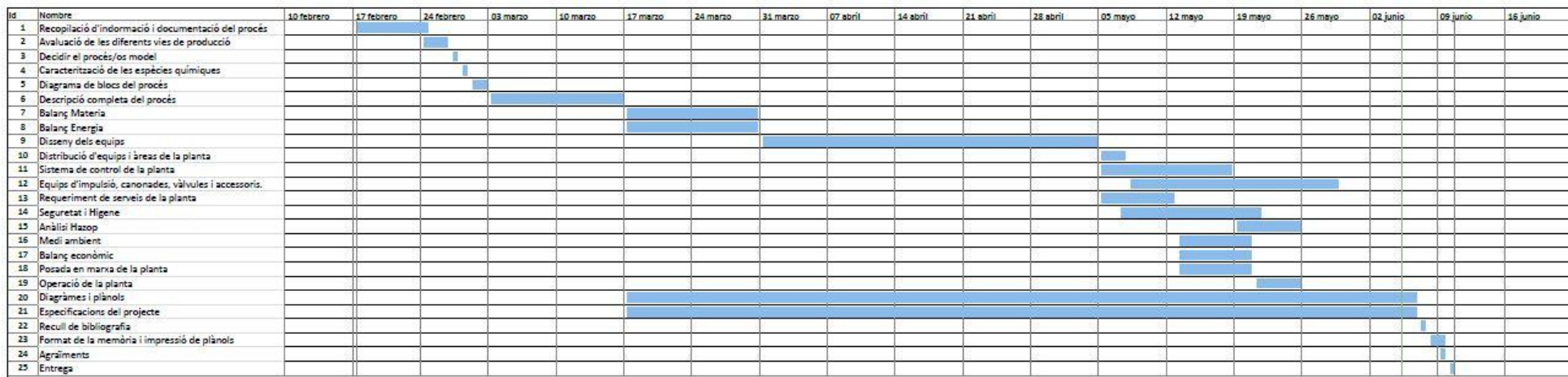


Figura 1.6.3.1 Diagrama de Gant de la planificació temporal del disseny de la planta

1.6.4 Parades de planta i torns de personal

PARADES DE PLANTA

Al llarg de l'any, la planta de producció necessita realitzar una sèrie de parades per qüestions relacionades principalment amb el seu manteniment i neteja.

Tenint en compte que les instal·lacions han d'estar en funcionament 300 dies l'any durant 24 hores per complir els requeriments de producció establerts, cal repartir els 65 dies restants en diferents períodes de parada.

En el cas de realitzar tant sols una parada, el sistema romandria massa dies seguits en funcionament i possiblement hi haurà equips que requereixin tasques de manteniment i neteja abans dels 300 dies de producció continuada. Per altra banda, programar masses aturades de la planta al llarg de l'any, suposa unes despeses econòmiques, lligades a la parada i posada en marxa dels equips, així com un volum de feina i dedicació temporal massa elevats i per tant inviables.

Tenint en compte aquestes premisses, es proposen dues parades de planta anuals, una de més llarga a l'estiu entre els mesos de juliol i agost, (45 dies, aproximadament 6 setmanes) i una al hivern, entre els mesos de desembre i gener (20 dies aproximadament 3 setmanes).

TORNS DE PERSONAL

És fonamental pel bon funcionament de l'empresa i en conseqüència de la planta, comptar amb un personal professional i compromès amb la companyia. Cal procurar que tots els treballadors se sentin a gust i satisfets de la seva feina i la seva aportació a l'empresa. Per aconseguir-ho, un factor important és l'organització de la feina i els torns del personal, fent que sigui el més senzill possible conciliar la vida professional amb la laboral i, al mateix temps, que la planta disposi de tot el personal necessari per un funcionament òptim.

Els treballadors de l'empresa i els seus torns són els següents:

- Directius: es compta amb 5 directius encarregats de les gestions i la presa de decisions més importants relacionades amb l'empresa i el funcionament de la planta. Aquests seran especialistes tant en la gestió i la direcció de l'empresa com en els propis processos químics i els seus horaris seran variables en funció de les necessitats de la companyia.
- Tècnics i caps de secció: es disposarà d'un total de 25 especialistes, enginyers químics superiors o tècnics responsables de la supervisió de cadascuna de les seccions del procés, 12 d'ells seran considerats caps i els 13 restants supervisors. Aquests treballaran matí, tarda i nit repartits en diferents torns per tal de que cadascun tingui una jornada laboral de 8 hores i al mateix temps la planta no es trobi desatesa en cap moment. Els torns seran els següents:
 - Matí: de 8:00h a 16:00h amb un descans de 30 minuts.
 - Tarda: de 16:00h a 24:00h amb un descans de 30 minuts.
 - Nit: de 24:00h a 8:00h amb un descans de 30 minuts.Els treballadors comptaran amb 2 dies de descans per cada 5 dies treballats.
Es comptarà amb 20 persones d'aquests càrrecs treballant al mateix temps, 10 a les àrees de reacció, 4 a la de purificació i 6 en la resta d'àrees (carrega i descàrrega, emmagatzematge, tractament de residus...).
- Operaris: es comptarà amb 30 operaris repartits en totes les instal·lacions per realitzar les tasques de la planta. Aquests treballaran matí, tarda i nit repartits en diferents torns per tal de que cadascun tingui una jornada laboral de 8 hores i al mateix temps la planta no es trobi desatesa en cap moment. Els torns seran els següents:
 - Matí: de 8:00h a 16:00h amb un descans de 30 minuts.
 - Tarda: de 16:00h a 24:00h amb un descans de 30 minuts.
 - Nit: de 24:00h a 8:00h amb un descans de 30 minuts.Els treballadors comptaran amb 2 dies de descans per cada 5 dies treballats.
Es comptarà amb 25 persones d'aquests càrrecs treballant al mateix temps, 12 a les àrees de reacció, 5 a la de purificació i 8 en la resta d'àrees (carrega i descàrrega, emmagatzematge, tractament de residus...).

- Oficines: el personal d'oficina serà l'encarregat de les tasques relacionades amb els departaments de comptabilitat, administració, ventes i recursos humans. Es comptarà amb 10 persones treballant en les oficines i el seu horari serà de 8 hores al dia fent un total de 40 hores setmanals en un sol torn en horari de 9:00h a 17:00h amb una hora de descans i de dilluns a divendres.
- Laboratori: el laboratori comptarà amb un total de 10 persones treballant repartides en els departaments d'investigació i desenvolupament i control de qualitat, segons sigui necessari. 3 d'elles seran tècnics i 7 operaris i el seu horari serà el mateix que per a les oficines: 8 hores al dia fent un total de 40 hores setmanals en un sol torn en horari de 9:00h a 17:00h amb una hora de descans i de dilluns a divendres.
- Personal de neteja: el personal de neteja estarà format per un total de 6 persones repartides entre la zona d'oficines i laboratori i la planta. El seu horari estarà repartit en dos torns, un de matí de 6:00h a 10:00h dedicat a les zones de la planta que requereixin neteja diària, i un de tardes de 17:30h a 21:30h dedicat a oficines, laboratoris, magatzem i zones comuns.
- Personal de seguretat: el personal de seguretat constarà de 4 persones dues de les quals treballaran a l'hora situades en zones diferents de la planta. Els seus torns estaran repartits de la mateixa manera que els dels operaris:
 - Matí: de 8:00h a 16:00h amb un descans de 30 minuts.
 - Tarda: de 16:00h a 24:00h amb un descans de 30 minuts.
 - Nit: de 24:00h a 80:00h amb un descans de 30 minuts.Amb 2 dies de descans per cada 5 treballats.
- Personal mèdic: també formaran part dels treballadors de la planta 3 infermers encarregats del local de primers auxilis amb un sistema de torns i un horari similar al dels operaris de la planta per tal de que en cap moment del dia aquests puguin quedar desatesos.

1.7 ESPECIFICACIONS I NECESSITATS DE SERVEIS

1.7.1 Aigua de xarxa

L'aigua de xarxa es subministra a través d'una escomesa a peu de parcel·la, la pressió màxima de servei es de 4 kg/m² amb una conducció de 200 mm de diàmetre.

Aquesta aigua s'utilitza per a satisfer els necessitats sanitàries d'oficines com serien dutxes, lavabos, neteja... aquesta aigua també te us com a aigua contra incendis i a planta en la reposició d'aigua de al torre de refrigeració, en aquest últim cas haurà de ser tractada prèviament per a eliminar la duresa d'aquesta.

1.7.2 Aigua descalcificada

L'aigua de xarxa utilitzada a la planta ha de ser tractada per a disminuir la seva duresa, de no realitzar-se un tractament previ de l'aigua es donaria una acumulació indesitjada en els equips i conduccions que provocarien un mal funcionament i un augment en els costos de manteniment i substitució de peces.

El procés de descalcificació és el més utilitzat per a l'eliminació de la duresa de l'aigua. El principi bàsic d'aquest procés és l'intercanvi iònic. Per a aquest procés s'utilitzen resines sintètiques amb la capacitat de intercanviar els ions Ca²⁺ i Mg²⁺ que provoquen la duresa de l'aigua. Durant el procés de descalcificació es fa circular aigua a traves de la resina on es produeix l'intercanvi entre els ions Na⁺ d'aquesta i els ions calci i magnesi obtenint així una aigua apte per a la utilització en els equips de planta. Arriba un punt en que la resina es satura de ions calci i magnesi i ja no compleixen la seva funció, per a tornar a tindre la eficàcia original s'ha de regenerar la resina fent circular salmorra que farà que els ions sodi substitueixin els ions calci i magnesi deixant la resina llesta per a un nou cicle.

El cabal a tractar per al descalcificadora es el cabal de reposició de les torres de refrigeració TR-901 i TR-902 amb un total de 0,55 m³/h.

Per a satisfer aquesta necessitat s'ha escollit la descalcificadora de la casa "Aigües del mare Nostrum SL" concretament el model FleckTwin 9100SE -30-que proporcionen un aport continu d'aigua ja que consta de dos bombones alternants, mentre una tracta l'aigua l'altre es regenera. El cabal de treball es de $1,2\text{m}^3/\text{h}$ amb un consum de sal de 6 kg/m^3 que es disposa en un dipòsit de 100 litres.

1.7.3 Aigua de torre

A la planta es requereix de torres de refrigeració per refredar el toluè utilitzat en els condensadors C-301, C-601 i C-602 i els reactors R-301, R-501 i R-502. Les torres proporcionen aigua a 30°C amb la que es refredarà el toluè d'aquets equips en el bescanviador BC-901, la temperatura de retorn a la torre serà de 35°C .

Les torres de refrigeració son sistemes destinats a refredar masses d'aigua de procés, el principi de refredament d'aquets equips es basa en la evaporació de part de l'aigua en circulació al ficar-se en contacte amb aire, el procés d'evaporació absorbeix calor de la massa d'aigua restant provocant d'aquesta manera el seu refredament.

En el cas de les torres de circulació forçada la circulació de l'aire es fa mitjançant un ventilador que es situa a la part superior de l'equip i força la circulació de l'aire des de les entrades laterals a la part inferior fins a la sortida superior, l'aigua es deixa caure des de la part superior de la torre mitjançant un distribuïdor d'aigua.

Els elements principals d'una torre de refrigeració de circulació forçada són:

- Ventiladors: forcen la circulació de l'aire de la part inferior de la torre cap a la superior
- Separador de gotes: Evita que es perdi part de les gotes arrossegades per la circulació de l'aire en contracorrent.
- Sistema distribució d'aigua: Polvoritzà l'aigua de manera uniforme per la part superior de la torre
- Empacat: afavoreix el contacte entre l'aire i l'aigua
- Tanc col·lector: recull l'aigua ja refredada per a la seva utilització

Per a satisfer aquesta necessitat es disposa de dos torres de la casa EWK concretament el model EWK-I 441 amb una potència frigorífica de 520 KW.

1.7.4 Aigua de chiller

Per a els equips que requereixen de temperatures inferiors a 30°C es necessari disposar d'un chiller. A la planta es requereix d'un fluid que refrigeri el toluè utilitzat en els bescanviadors BC-303, BC-501 i BC-502, i condensadors C-302, C-303, C-401, C-402 i C-403. Al chiller es refreda aigua glicolada al 40% en pes fins a una temperatura de -15°C, aquesta s'utilitza posteriorment per refredar el toluè fins a -10°C en el bescanviadors BC-902 i en el bescanviador BC-903 per a obtindrè toluè a 15°C.

Un chiller es un equip basat en un sistema d'expansió-compressió de gasos frigorífics que proporciona un fluid a baixes temperatures. Els components principals d'un chiller són el compressor, el evaporador, el condensador i la vàlvula d'expansió:

- Evaporador: És un intercanviador de calor en el que el s'evapora el refrigerant absorbint calor de l'aigua glicolada i d'aquesta manera disminuint la seva temperatura.
- Compressor: Es el encarregat de comprimir el gas refrigerant provinent del evaporador augmentant la pressió i temperatura fins el punt en que aquest pugui ser fàcilment condensable en el condensador.
- Condensador: es un intercanviador de calor que transfereix el calor del refrigerant a l'aire ambient, aquesta pèrdua de calor provoca la condensació del refrigerant.
- Vàlvula d'expansió: és produueix una caiguda de pressió a temperatura i entalpia constant, de la sortida de la vàlvula d'expansió el fluid refrigerant torna a entrar al evaporador tancant el cicle.

Per a satisfer les necessitats de fred necessitat es disposa de dos chillers de la casa Carrier, concretament el model 30XW 350 amb una potència de 1206,3 KW i una capacitat de 343 Tn.



Figura 1.7.4.1 Chiller 30XW de la casa Carrier

1.7.5 Aigua contra incendis

A la planta es disposa de l'aigua de xarxa com a mesura contra els incendis, aquesta te una pressió màxima de 4 kg/cm^2 . A més a més es disposa de basses d'aigua i una estació de bombeig que assegurarà l'arribada de l'aigua a una pressió de 10 bars a qualsevol punt de la planta.

1.7.6 Oli tèrmic

Els requeriments de calor a la planta es satisfan amb calderes que escalfen oli tèrmic Therminol 55 fins a 150 i $300 \text{ }^\circ\text{C}$. Els requeriments d'oli tèrmic a 150°C venen donats per els equips EV-301, EV-302, EV-401, EV-601, BC-601, BC-602, BC-303, CR-601, CR-602 i CR-603 i els de 300°C per els equips EV-303, EV-304, BC-301 i BC-302.

Les calderes d'oli tèrmic són equips que proporcionen fluid a altes temperatures en fase líquida.

Aquets equips disposen d'un serpentí per on circula el oli tèrmic que s'escalfa amb la flama que proporciona el cremador que en aquest cas crema gas natural.

Per a satisfer les necessitats d'oli tèrmic a 150°C es disposa de dos calderes de la casa ATTSU, concretament el model FT-1000 amb una potència de 1162 KW i per a les necessitats de oli tèrmic a 300°C es disposa de dos calderes més de la mateixa casa però en aquest cas el model model FT-300 amb una potència de 349 KW.



Figura 1.7.6.1 Caldera d'oli tèrmic

1.7.7 Nitrogen

Les necessitats de nitrogen a la planta venen donades per el blanketing dels tancs d'emmagatzematge de toluè, MMA i Fosgè, a la taula següent es presenten les necessitats volumètriques de nitrogen gas i líquid d'aquets tancs.

Taula 1.7.7.1 Necessitats volumètriques de nitrogen dels tancs de la planta.

Unitat d'emmagatzematge	N2 gas (m3/h)	N2 líquid (L/h)
T-101/T-102	0,599	0,928
T-103/T-104	0,273	0,422
T-105/T-106	0,284	0,440
TOTAL	1,155	1,790

Per a satisfer les necessitats de nitrogen es contracta la empresa “Air Liquid” que s’encarregaran de la instal·lació dels tancs d'emmagatzematge per al nitrogen líquid i tot el sistema necessari per al subministrament de nitrogen gas a la planta.

Degut a la quantitat necessària de nitrogen a la planta s’ha decidit emmagatzemar en els tancs de 2000 L anomenats Skid tank, aquesta es una unitat compacte d'emmagatzematge que consta de tanc i evaporador ambiental de fàcil instal·lació.

**Figura 1.7.7.1** Tanc d'emmagatzematge de nitrogen líquid Slick tanc de la casa Air Liquide

El ompliment del tanc es farà periòdicament per la mateixa empresa, amb el volum del tanc i les necessitats de nitrogen líquid es troba que s’haurà de reomplir el tanc cada 46 dies.

1.7.8 Aire comprimit

L'aire comprimit és necessari per a l'accionament de les vàlvules pneumàtiques de control de tota la planta. La pressió necessària per a que aquestes actuïn es de 2 bar per el que es requereix de un compressor que treballi a una pressió superior, per el que fa al cabal de treball de les vàlvules, acostuma a ser un valor molt petit, en aquest cas suposarem un valor que es creu conservatiu de $1\text{m}^3/\text{h}$ i es considera que com a màxim un 40% de les vàlvules estaran treballant simultàniament.

Al tenir al voltant de 100 vàlvules de control el cabal mínim necessari per al compressor haurà de ser de $40\text{m}^3/\text{h}$. Per a satisfer aquesta necessitat s'ha escollit un compressor de pistó de la casa KAESER concretament el model AIRBOX 1500 amb un cabal de $54\text{m}^3/\text{h}$ a una pressió de 7 bar.



Figura 1.7.8.1 Compressor AIRBOX de la casa KAESER

1.7.9 Estació de bombeig

Un sistema contra incendis requereix de una estació de bombeig que sigui capaç de proporcionar aigua a totes les àrees de la planta per en cas de declarar-se un incendi tindre les necessitats d'aigua per a la seva extinció.

A la planta es disposa d'una estació de bombeig de la casa Grundfos, concretament el model FireHydro Diesel capaç de subministra una pressió de 10 bars.

La estació de bombeig consta de una bomba principal i una auxiliar, la mateixa casa comercialitza bombes amb diferents cabals de treball i altures màximes dissenyades per a aquesta estació de bombeig.

La bomba principal escollida és la bomba dièsel FHD NK 100/L capaç de treballar amb un cabal de 320 m³/h i amb una altura màxima de 77 m, la bomba auxiliar amb la que s'equipa la estació transformadora és una bomba elèctrica CR 15-8 amb un cabal de treball de 22 m³/h i una altura màxima de 70 m.

1.7.10 Gas natural

El gas natural requerit per la planta ve donat per el consum de les calderes d'oli tèrmic i el del cremador pilot de la torre de cremat. El consum de les calderes esta detallat en el apartat de manual de càlcul i és de un total de 157,24m³/h i el cremador pilot de la torre de cremat te un consum continu de 14000 m³/any.

Per al subministrament es disposa d'una connexió a peu de parcel·la a mitja pressió (1,5 kg/cm²).

1.7.11 Electricitat

Serà necessària la energia elèctrica per a el funcionament dels equips, bombes, instrumentació, equips electrònics, il·luminació de la planta... El consum total de la planta es de 1345 KW, el càlcul detallat de es troba al manual de càlcul. Per a satisfer les necessitats es disposa de una connexió de 20KV a peu de parcel·la, degut a que els diferents equips de la planta treballen a baixa tensió (380/220) s'ha de disposar d'una estació transformadora entre fases que converteixi la electricitat de mitja tensió a baixa tensió. Des de la estació transformadora es distribueixen les diferents línies trifàsiques per tota la planta, en les zones classificades s'utilitzarà cablejat especial adequat a aquestes zones.

La unitat transformadora escollida és de la casa GEDELSA S.A, és un transformador de distribució amb aïllant dielèctric líquid per a reds de fins a 24 KV amb una potència de 1600 KVA.



Figura 1.7.11.1 Transformador de distribució 24 KV

1.7.12 Grup electrogen

En cas de que es produís una fallada en el sistema de subministrament extern es disposa d'un grup electrogen que asseguraria la continuïtat del subministrament als equips de planta, sala de control, serveis i tots els dispositius necessaris per mantindre la planta en operació.

Es disposa d'un grup electrogen de la casa FGWilson amb una capacitat elèctrica de 1925 KVA que assegurarà la continuïtat de subministrament als equips de planta.



Figura 1.7.12.1 Grup electrogen FGWilson P1925E