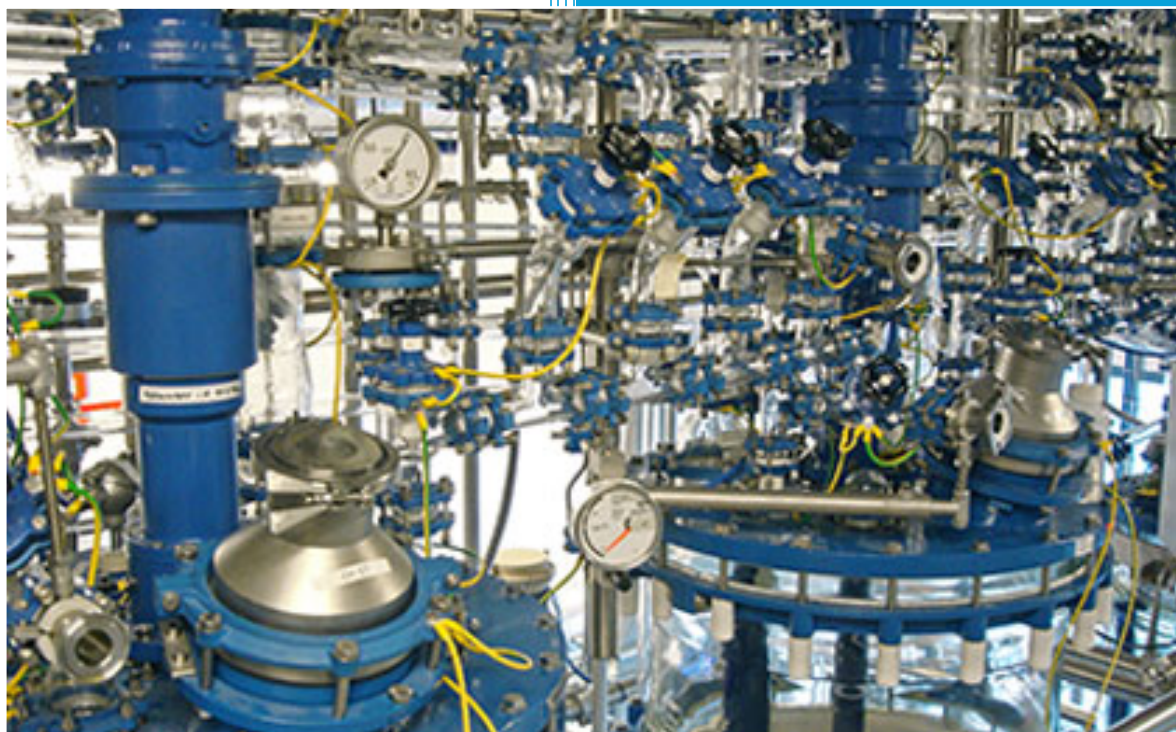


PLANTA PRODUCCIÓ CARBARIL



Pau Burniol

Alexandra Carrasco

Oriol Rubio

Pol Santos

Pau Solé

1. INTRODUCCIO

INDEX

1. Especificacions del projecte

1.1.	Introduccio.....	1-1
1.2.	Definició del projecte.....	1-11
1.2.1.	Bases del projecte.....	1-12
1.2.2.	Abast del projecte.....	1-12
1.2.3.	Localització de la planta.....	1-13
1.3.	Vies de síntesis del carbaril.....	1-19
1.3.1.	Descripció del procés escollit.....	1-26
1.4.	Característiques fisicoquímiques dels components.....	1-28
1.4.1.	Reactius.....	1-28
1.4.2.	Intermedis de la reacció.....	1-29
1.4.3.	Dissolvents del procés.....	1-30
1.4.4.	Productes.....	1-31
1.5.	Característiques i aplicacions del Carbaril.....	1-32
1.6.	Constitució de la planta.....	1-34
1.6.1.	Nomenclatures de la planta.....	1-34
1.6.2.	Legislació.....	1-36
1.6.3.	Classificació per àrees.....	1-37
1.6.4.	Plantilla de treballadors.....	1-48
1.7.	Balanç de matèria.....	1-50

1. Especificacions del projecte

1.1.Introducció

Els plaguicides o pesticides són substàncies que s'usen per tal de combatre els paràsits dels cultius, del bestiar, dels animals domèstics, del ésser humà i del seu ambient. En termes generals, la paraula pesticida defineix qualsevol agent que serveix per controlar una plaga. Poden ser produïts químicament, biològicament o ser productes naturals. Aquestes substàncies es poden classificar en tres grups principals en funció de la seva aplicació específica:

- **Insecticides:** són compostos químics usats per a eliminar insectes. Aquests actuen sobre un o diferents estats del desenvolupament del invertebrat, eliminant ous, larves o directament l'adult. Aquest actua, habitualment, inhibint els enzims vitals de l' insecte. Poden arribar fins on es realitzen les accions fisiològiques en el insecte per diverses vies: per contacte, per ingestió o per respiració. Així, es poden classificar els insecticides segons la via d'acció sobre el insecte: insecticides sistèmics (penetren en l'individu fins al seu teixit conductor), insecticides de contacte, insecticides de respiració i combinacions d'aquests. La majoria actuen per contacte e ingestió, sent la majoria sistèmics. Els insecticides no sistèmics maten bloquejant les vies respiratòries o enverinant els insectes.

Així doncs, s'introdueix l'insecticida en els teixits de la planta, repartint-lo en tota ella, de forma que el insecte l' ingereix. A partir d'aquí, l'acció de l'insecticida provoca la mort del individu a curt o llarg termini.

Actualment es pot escollir entre insecticides sintètics o insecticides biològics. Els insecticides biològics es diferencien dels insecticides sintètics en el seu origen natural, a més a més de presentar menor agressivitat contra el medi ambient. Tot i això, els insecticides sintètics presenten major importància en el mercat que els biològics.

Al llarg del temps han anat sorgint diferents famílies d'insecticides amb l'objectiu de millorar els desavantatges que cadascuna d'aquestes presenta. A continuació es descriuen les principals famílies per ordre d'aparició en el temps.

Organoclorats

Són compostos químics orgànics que presenten àtoms de clor en la seva estructura. Aquest tipus de compostos presenten una gran estabilitat.

L'avantatge principal que presenten aquests tipus de compostos és que presenta una alta activitat com a insecticida, és a dir, mostra una gran efectivitat en la eradicació de plagues. Per contra, són compostos resistents a la degradació i són capaços de transportar-se a llarga distància. A més a més, molts d'aquests tipus de compostos presenten efectes nocius sobre el medi ambient i la salut humana i animal. En conseqüència, molts d'aquests han estat prohibits en diversos països.

El primer compost organoclorat en ser sintetitzat va ser el diclorodifenilcloretà (DDT). Té diferents avantatges, com una alta activitat insecticida, baix impacte sobre els mamífers (tot i que s'ha de tenir en compte que algunes variants si que poden resultar perjudicials pels animals i fins i tot en humans) i al fet de que és una molècula de fabricació simple. Va tindre un paper molt important en la eradicació de la malària.

Altres exemples d'aquests compostos són triclorometà (CHCl_3), tetraclorur de carboni (CCl_4), Aldrin ($\text{C}_{12}\text{H}_8\text{Cl}_6$), Dieldrin ($\text{C}_{12}\text{H}_8\text{Cl}_6\text{O}$) o BHC (hexaclorociclohexà). Aquests tres últims compostos s'han deixat d'utilitzar, ja que al ser liposolubles (substàncies solubles en grasses, olis i altres solvents orgànics), s'arriben a acumular en gran mesura en alguns mamífers, resultant més perillosos que els altres compostos anomenats.

Organofosforats

Són compostos orgànics de síntesi, formats per àtom de fòsfor unit a quatre àtoms de carboni o bé a tres àtoms d'oxigen i un de sofre. Són la base de la majoria dels plaguicides i de gasos neurotòxics. Aquests plaguicides actuen sobre l'enzim acetilcolinesterasa, inactivant-lo irreversiblement.

L'acetilcolinesterasa és un enzim necessari pel funcionament del sistema nerviós dels insectes i mamífers. S'encarrega de destruir la proteïna acetilcolina, que és un neuromediador que assegura la comunicació entre dues neurones. Al inactivar l'enzim, s'impedeix la destrucció de l'acetilcolina i aquesta s'acumula, impedit la transmissió de missatges nerviosos, provocant així la mort de l'organisme.

Aquests compostos es degraden ràpidament per hidròlisi i per l'exposició a la llum solar, a l'aire i al sòl. Aquesta ràpida degradació els fan més atractius que els organoclorats, els quals són més persistents.

Així doncs, aquests han substituït, en molts casos, els compostos organoclorats. El seu ús es va incrementar arran de la prohibició de molts dels compostos organoclorats.

Alguns exemples d'insecticides organoclorats són el paratió ($C_{10}H_{14}NO_5PS$) i el malatió ($C_{10}H_{19}O_6PS_2$).

Carbamats

Són compostos orgànics derivats del àcid carbàmic. Els insecticides carbamats presenten un grup funcional format per un èster carbamat. Corresponen, junt amb grup dels organofosfats en el conjunt de plaguicides de segona generació. Els carbamats són els més usats després dels organofosfats. Aquests presenten una relativa baixa toxicitat en els mamífers i una poca persistència (dies) en el medi ambient. Igual que els organofosfats, els carbamats actuen sobre l'enzim acetilcolinesterasa. Neutralitzen aquest enzim, inactivant-lo reversiblement, i així provocant la mort de l'organisme, com s'ha explicat anteriorment. Per tant, aquests plaguicides són més adients que els organofosfats, ja que el seu enverinament no és tan important. Corresponen, junt amb els organofosfats, al conjunt de plaguicides de segona generació.

Els carbamats són els més usats després dels organofosfats. Aquests presenten una relativa baixa toxicitat en els mamífers i una poca persistència en el medi ambient. Alguns exemples d'aquests compostos són carbaril ($C_{12}H_{11}NO_2$) o carbofuran ($C_{12}H_{15}NO_3$).

Piretroides

Són compostos sintètics derivats de les piretrines, les quals són compostos naturals derivats de la planta del *Chrysanthemum*. Aquest grup apareix degut a la necessitat de millorar les desavantatges que presenten els grups anteriorment descrits, és a dir, la bioacumulació en mamífers, l'alta residualitat i la carcinogènesi. Són relativament biodegradables i no causen resistència entre els insectes. Degut a les avantatges comentades, els piretroides són molt utilitzats actualment.

La seva acció és a nivell sistema nerviós. Generant una alteració de la transmissió de l'impuls nerviós mitjançant una modificació en el canal del sodi de la membrana nerviosa.

Alguns exemples d'aquests compostos són Aletrina, Cypermetrina o Permetrina

Avermectines

Són compostos derivats de la lactona. S'obtenen com a producte de la fermentació de *Streptomyces avermitilis*.

Presenten una activitat antihelmíntica. Bloquegen la transmissió elèctrica de les cèl·lules dels nervis i els músculs, causant un flux de ions de clor cap a les cèl·lules, arribant a paraitzar el sistema neuromuscular.

Les investigacions realitzades suggereixen que cal utilitzar aquests compostos amb moderació, ja que presenten una potencial toxicitat. Els efectes adversos en humans solen ser passatgers.

Alguns exemples d'aquests compostos són Abamectina o Ivermectina.

Insecticides reguladors del creixement (IGR)

Són un grup de compostos que poden interrompre els processos normals de creixement i desenvolupament dels insectes, inhibint la formació de les hormones juvenils. Aquests compostos també poden provocar la esterilització d'insectes adults si es subministra la dosi suficient quan aquests són immadurs. Alguns d'aquests compostos actuen d'una manera diferent; són inhibidors de quitina, que és un enzim vital per la formació d'una nova cutícula després de que la vella sigui expulsada durant el procés de muda dels insectes.

Aquests insecticides presenten una gran especificitat d'acció i una bona persistència. L'ús d'aquests compostos disminueix la presència de residus en el medi ambient.

Constantment s'està investigant per tal de millorar l'efectivitat dels insecticides i per eliminar en la major mesura possible els efectes nocius sobre la salut dels humans i dels mamífers. Idealment, un compost és un bon insecticida quan compleix unes característiques específiques, com que tingui una gran especificitat, baixa toxicitat en humans i mamífers, baixa dosi letal, baix cost i que no sigui ni persistent ni acumulable.

- **Fungicides:** són substàncies que s'usen pel control de fongs o les seves espores i floridures, impedit el seu creixement o eliminant-los.

Els diferents tipus de fungicides es poden classificar segons el seu mode d'acció:

Protectors o de contacte

Actuen només en la superfície de la planta on aquest ha sigut dipositat, evitant que els esporangis (estructura de la planta que conté les espores) germinin i penetrin en les cèl·lules de les plantes. S'aplica abans de que les espores dels fongs arribin.

Alguns exemples d'aquests compostos són els ditiocarbamats i les sulfanamides.

Eradicadors o sintètics

S'apliquen en el tractament de plantes ja infectades per fongs. Aquests entren als teixits de la planta, essent absorbits a través del fullatge o les arrels

Degut al seu mecanisme d'acció, els sistemàtics són un dels pesticides més segurs dels que es disposa actualment. Diversos estudis indiquen la inexistència d'efectes negatius sobre el medi ambient.

Alguns exemples d'aquests compostos són benzimidazols, pirimidines, 1,4-oxatines. Morfolines, imidazol, triazol o acilalamines.

- **Herbicides:** aquest grup és el més important dins dels plaguicides pel seu gran consum. S'usen per a controlar les herbes, entenent "herbes" com a qualsevol tipus de planta no desitjada. Aquestes no són solament un problema per a la seva competència amb el cultiu desitjat, la llum, l'aigua, o els nutrients, sinó perquè aquestes plantes indesitjades poden ser usades com a hostes de plagues, podent transmetre-les a la collita d'interès.

Hi ha diversos sistemes de classificació dels diferents tipus d'herbicides. Segons el seu mode d'acció, es poden classificar els diferents herbicides en dos grups:

Totals

Destruïxen tota la vegetació, tan el cultiu d'interès com les herbes no desitjades. Aquests es solen usar després de la recollida de la collita per tal de netejar els camps.

Alguns exemples d'aquests tipus de compostos són urea, triazina, sals de bipirimidina o glisofat.

Selectius

Maten les plantes no desitjades sense afectar al cultiu, és a dir, són selectives cap a la planta a destruir. Actualment s'estan realitzant nombroses investigacions per a millorar el desenvolupament d'aquest tipus de herbicides per tal de potenciar-ne la seva utilització.

Alguns exemples d'aquests tipus de compostos són àcids fenoxiacetals o meribuzina.

Aquests tres grups explicats representen la gran majoria dels diferents tipus de pesticides existents. Més concretament es poden trobar altres tipus de plaguicides, com els acaricides, els rodenticides, els fumigants, etc, que no tenen un pes tant important com els grups comentats anteriorment.

L'ús dels plaguicides no és recent. A principis del segle XIX, l'ús de compostos inorgànics amb l'acció de plaguicida com el sofre, sals de coure i compostos fluorats estaven àmpliament distribuïts. No és fins a mitjans del segle XX, amb el descobriment de les propietats del insecticida DDT, quan es produeix la revolució en el món de l'agricultura. Gràcies a aquesta força impulsora, es centren les investigacions sobre les formes d'augmentar la productivitat, i ràpidament comencen a sorgir diferents plaguicides orgànics que a poc a poc van substituint als inorgànics pel simple fet de ser més actius.

Segons la font bibliogràfica "The Pesticide Manual" (Tomlin, 1997), actualment existeixen al voltant de 700 tipus de plaguicides o principis actius disponibles, que són principalment usats en l'agricultura, en activitats industrials i comercials i en accions domèstiques i governamentals.

La distribució dels diferents compostos en els diferents mercats és variable, encara que el sector on predomina la seva utilització és, en tots els casos, el sector agrícola. Aquest fet es reflexa en les dades mostrades a la taula 1.1.

Taula 1.1 Utilització dels plaguicides en els diferents sectors.

	Usos agrícoles	Industrial, comercial i salut pública	Domèstics i jardins
Herbicides (%)	78	18	4
Insecticides (%)	69	18	13
Fungicides (%)	64	27	8
Altres (%)	90	8	4
Total (%)	75	18	7
Total (MM de kg)	365	89	33

Com es pot veure a la taula 1.1, la quantitat de pesticides consumits en total és molt gran, ja que la seva acció representa un augment en el rendiment de la producció de diferents productes, el que fa que el seu preu no sigui tan elevat i la seva qualitat sigui major, garanteix un bon control de la vegetació i a més a més evita possibles problemes de salut potencials pels humans i animals que consumeixen els productes que podrien causar els possibles efectes en els productes.

Arrel de la síntesi dels primers pesticides, s'ha produït un creixement gradual, accelerat bruscament en els últims quinze anys, en part com a conseqüència dels increments dels preus experimentats en aquest període de temps.

Taula 1.2 Consum mundial de pesticides entre el 1960-1993.

Mercat mundial de plaguicides i percentatges per usos				
Anys	1960	1970	1980	1993
Indústria de plaguicides mundial (MM de dòlars)				
Total plaguicides	580	2700	11600	25300
Percentatge del mercat total per aplicacions				
Herbicides	19	35	42	45
Insecticides	37	38	35	31
Fungicides	40	22	18	19
Altres	4	5	5	5

A la taula 1.2 es poden veure les dades que corroboren el que s'ha esmentat. Es contempla la ràpida evolució dels usos dels plaguicides a nivell mundial per tal de satisfer les necessitats de la societat. Aquest augment es deu a que actualment en el món, i especialment en els països en vies de desenvolupament, es requereix cobrir les necessitats alimentaries d'una població constantment en creixement. En aquest sentit, el tractament dels cultius i de les collites amb l'ús massiu dels plaguicides garanteixen la satisfacció d'aquests requeriments augmentant la seva producció i controlant les pèrdues durant els emmagatzemaments. Per l'altre banda, és inqüestionable el benefici que aporten els plaguicides al prevenir malalties infeccioses transmeses pels insectes, tant en els humans com en els animals.

També cal recordar que, com ja s'ha comentat anteriorment, l'ús dels diferents tipus de pesticides no és equitatiu. Els herbicides són els més usats actualment, tot i que no sempre ha sigut així, tal i com es reflexa a la taula 1.2.

El consum dels plaguicides varia segons la regió del món de la que es parli. Depenent del grau de desenvolupament del país i de la riquesa d'aquest el consum de pesticides es veu condicionat, i depenent de la tradició agrícola del país, el tipus de plaguicida utilitzat també varia.

A continuació es mostra l'ús dels diferents tipus de plaguicides arreu dels països.

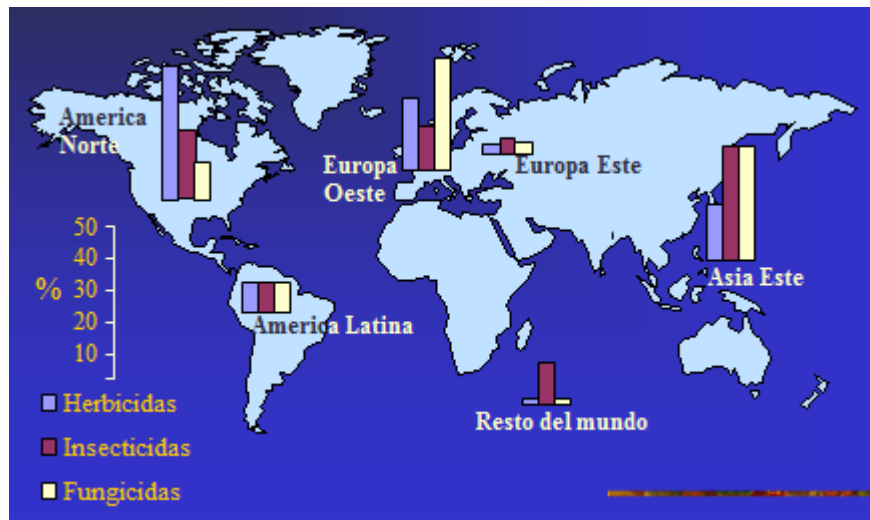


Figura 1.1. Distribució mundial del consum de plaguicides empleats.

Tal i com s'ha comentat anteriorment, a la figura 1.1 es pot observar com la distribució del consum dels diferents tipus de pesticides és diferent segons de la regió de la que es parli.

Cal esmentar que actualment es fa abús de l'ús de plaguicides, ocasionant problemes en el medi ambient a causa del desequilibri dels sistemes ecològics. No obstant, l'ús de lleis i prohibicions aplicades en certs països ja desenvolupats han aconseguit reduir el nombre i la concentració dels residus detectats en els aliments.

Característiques d'un pesticida

Dintre de les diferents famílies de pesticides existents es troben centenars de compostos diferents. Per tal d'escollir el plaguicide adient és necessari conèixer les característiques de la collita desitjada, les propietats del entorn i sobretot, les característiques del propi pesticida, les quals han de ser especificades pel fabricant. Les propietats fisicoquímiques dels plaguicides són:

- Solubilitat en aigua: Indica la tendència del plaguicide a ser eliminat dels terrenys pels camins del sòl o l'aigua de reg.
- Coeficient de partició octanol-aigua (K_{ow}): Correspon a la constant d'equilibri d'un sistema de dues fases: aigua i octanol.
- Propietats àcid-base: Mostra la capacitat d'ionització en un sistema aigua-sòl a pH 5-8 típic en el medi ambient.

- Pressió de vapor: Correspon a la pressió parcial d'un compost en fase gas en equilibri amb el sòlid o líquid pur. Governa la distribució entre el líquid o sòlid i la fase gas.
- Constant de Henry (H): Correspon al coeficient de partició entre la concentració del compost en l'aire i l'aigua en equilibri. Regula la volatilització dels compostos en aigua.
- Coeficient de absorció en el sòl: Correspon a la distribució entre els sòlids del terra i la fase líquida, es a dir, a la mobilitat d'aquests.
- Vida mitja: Es el temps que es requereix per a que la concentració de una determinada substancia en un compartiment ambiental es redueixi a la meitat de la concentració inicial. Les possibles fonts de la pèrdua de concentració pot ser: biòtica i abiòtica, per migració, per volatilització o per absorció en la vegetació.

L'objectiu d'aquesta memòria es basa en la síntesi del plaguicida Carbaril, comunament comercialitzat com a Sevin. Aquest plaguicida pertany a la família més amplia dels pesticides, els carbamats. Aquests es varen començar a sintetitzar a partir del 1957. Com ja s'ha comentat anteriorment, aquests pesticides basen la seva actuació en la seva capacitat de inhibir la enzima acetilcolinestrasa, la qual està associada a la transmissió dels impulsos nerviosos del sistema nerviós, tal i com es representa en la figura 1.2.

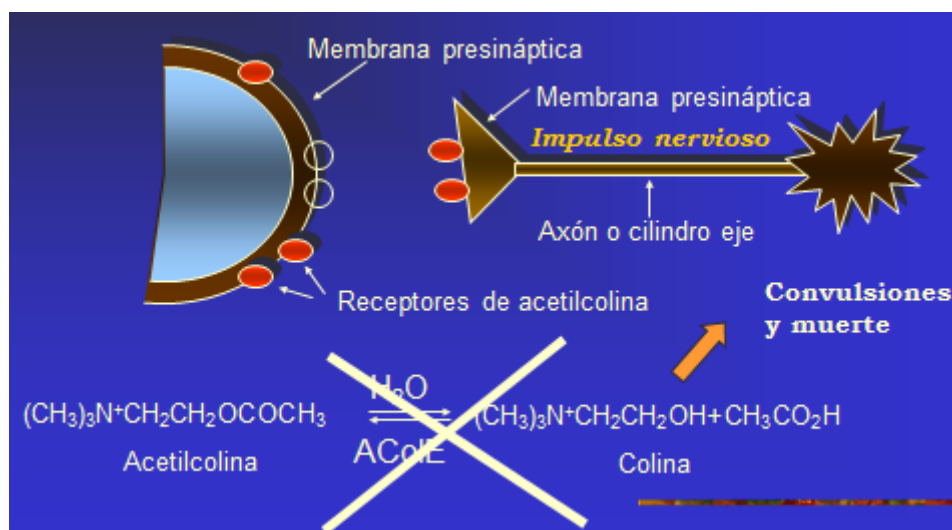


Figura 1.2. Esquema d'actuació dels carbamats.

Els pesticides N-metilcarbamats sumen en total una vintena. La seva estructura general es mostra a continuació:

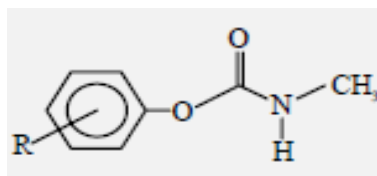


Figura 1.3. Estructura general dels N-metilcarbamats.

Els diferents constituents sobre l'anell fenòlic donen lloc a compostos de diferents característiques, afectant d'aquesta forma la capacitat per a formar un complex amb la acetilcolinesterasa. La presència del grup metil unit al àtom de nitrogen és determinant, donat que la seva substitució per un grup alquílic de cadena més llarga provoca una disminució de l'activitat insecticida d'aquests compostos.

Els tres plaguicides N-metilcarbamats més usats i que apareixen en major freqüència en els anàlisis realitzats als aliments tractats amb aquests productes són Carbaril, Carbofurà i Aldicarb. A continuació es descriuen les principals característiques del producte desitjat d'aquesta memòria.

El **Carbaril** (1-naftil N-metilcarbamat) es comença a produir i usar en el 1958 com a insecticida de contacte i d'acció estomacal. S'usa pel control d'insectes en més de 120 cultius diferents. També actua com a regulador de creixement de la planta. És un sòlid cristal·lí de pes molecular de 201.20 kg/kmol, d'olor fenòlica i de color blanc. Fou Union Carbide qui el descobrí i el va introduir en el mercat el 1958. Posteriorment en el 2002 Bayer va adquirir la companyia, incloent les operacions de pesticides de Union Carbide Corporation.

Aquest insecticida és el tercer insecticida més usat en els Estats Units en l'àmbit domèstic i agrari. En canvi, en altres països el seu ús està prohibit, com és en el cas del Regne Unit, Àustria, Dinamarca, Suècia, Iran, Alemanya i Angola entre d'altres.

La principal via de producció de Carbaril és per mitja del isocianat de metil com a reactiu intermedi, amb fosgè i metilamina com a reactius principals.

Fou una fuga d'isocianat de metil en la planta de producció de carbaril propietat de la companyia Union Carbide, instal·lada a Bhopal, la que va causar la mort de més de 12000 persones en el 1984 i va afectar a més de 600000 més.

Un dels objectius d'aquesta memòria es el fet de crear una planta de Carbaril usant el MIC com a intermedi, però en aquest cas realitzant un HAZOP i un exhaustiu control sobre el procés i emmagatzematge d'aquest reactiu. És precisament per una deficiència en el sistema de

manteniment dels equips de control la que permet la fuga del isocianat de metila l'atmosfera i provocant així el desastre a Bhopal.

1.2. Definició del projecte

L'objectiu d'aquest treball acadèmic consisteix en la realització d'un projecte per dissenyar i estudiar la viabilitat de la construcció i operació d'una planta de fabricació de Sevin a partir d' α -Naftol (AN) i Isocianat de Metil (MIC).

En quant a l'obtenció dels reactius, en el cas del α -naftol serà fabricat en una planta veïna dintre del mateix complex industrial i serà lliurat en big-bags de 1.000 kg com a sòlid. Pel que fa el MIC, el projecte compren la seva fabricació a partir de foscè i monometilamina (MMA).

El foscè es fabrica a partir de monòxid de carboni i clor. No és objecte d'aquest projecte la fabricació de foscè, així que es considera que aquest es lliura des de una unitat de la instal·lació industrial a la planta de fabricació de Sevin. Respecte a la monometilamina, vindrà en camions-cisterna.

El procés s'inicia amb una reacció en fase gas entre el foscè en excés, per prevenir la formació de hidroclorur de metilamina en fase gasosa, i monometilamina, per formar clorur de metilcarbamil (MCC) i àcid clorhídric. La relació molar entre el foscè i el MMA és de 1.25:1. Posteriorment el MCC es pirolitza a MIC.

Així doncs, els reactius de partida en el projecte seran:

- Foscè: Es fabrica a la planta i s'emmagatzema líquid a pressió.
- MMA: S'aporta mitjançant camions-cisterna. De la mateixa manera que el foscè, s'emmagatzema líquid a pressió.
- α -Naftol: Es fabrica a una unitat dintre del complex industrial.

S'ha de dissenyar el parc d'emmagatzematge de matèries primeres, on s'inclou el foscè i la monometilamina. També caldrà disposar d'un mínim possible emmagatzematge de MIC per tal d'assegurar la continuïtat de la operació.

La planta de producció de carbaril a partir de Isocianat de metil i α -Naftol es dimensiona en base a unes especificacions fixades, les quals són:

Capacitat: 10.500 Tm/any de SEVIN®.

Funcionament: 300 dies/any de producció.

Presentació: Sòlid en big bags de 1000 kg.

1.2.1. Bases del projecte

El projecte haurà de contemplar, com a mínim, les següents àrees:

- Pipeline de clor des de la unitat de clor - alcalí fins a la unitat de producció de fosgè.
- Emmagatzematge intermig d' α -Naftol en big-bags.
- Emmagatzematge de Monòxid de carboni.
- Emmagatzematge de Monometilamina.
- Emmagatzematge intermig de MIC.
- Àrea de fabricació de Sevin®.
- Àrees de serveis.
- Oficines, laboratoris i vestuaris.
- Àrees auxiliars (aparcament, control d'accessos, contra incendis, depuració d'aigües i gasos).

1.2.2 Abast del projecte

En aquest projecte s'engloben els següents aspectes:

- Disseny dels equips de procés.
- Disseny de les unitats de control.
- Especificació de canonades, vàlvules i accessoris.

- Disseny del sistema de seguretat i higiene de la planta.
- Compliment de les normatives legals vigents.
- Estudi de impacte mediambiental del procés.
- Avaluació econòmica de la planta i el seu processat, i anàlisi de la rendibilitat del projecte.

1.2.3 Localització de la planta

El projecte es durà a terme a un terreny fictici al Polígon Industrial 'Escritors' situada al terme municipal de Tarragona. Aquesta ciutat es troba situada en la part sud de Catalunya i és la capital de la província de Tarragona i de la comarca del Tarragonès. La ciutat consta de un total de 130000 habitants.



Figura 1.4. Localització de la planta.

La parcel·la té una superfície total de 53.235 m². Aquesta parcel·la està constituïda per una fàbrica de producció de alfa naftol, situada en la part inferior de la parcel·la i una fàbrica de producció de Carbaril. La superfície disponible per la edificació de la planta de producció de Carbaril és de 34772.4 m².



Figura 1.5. Plànol dels terrenys de la planta

1.2.3.1. Paràmetres de edificabilitat

El projecte ha de complir la normativa urbanística (fictícia) del Polígon Industrial 'Escritors' de Tarragona, en quant al que fa alçada d'edificis, ocupació de parcel·la i edificabilitat, etc.

També ha de complir tota la normativa sectorial, amb especial aplicació en la urbanística, de medi ambient i de protecció contra incendis, així com sanitària i alimentària.

A continuació s'enumeren els diferents paràmetres fixats d'aquest polígon.

Edificabilitat: 1.5 m^2 de sostre/ m^2 de terra.

Ocupació màxima de la parcel·la: Correspon a un 75% de la superfície total de la parcel·la.

Ocupació mínima de la parcel·la: Correspon a un 20% de la superfície de ocupació màxima.

Altura màxima: L'altura màxima de construcció no pot superar els 16m dividits en 3 plantes, exceptuant la producció on el trencament de la normativa es basa en la necessitat del procés.

Altura mínima: L'altura mínima dels edificis es de 4m i 1 planta.

Aparcaments: Son aparcaments individuals (1 plaça), amb una superfície total de 9515 m^2 .

Distancia entre edificis: correspon a un terç del edifici mes alt, amb un mínim de 5m.

1.2.3.2. Accés i comunicacions de la planta

D'entrada cal entendre el conjunt d'infraestructures com un element que condiciona la vida de les persones i com un factor de localització de població i activitat econòmica, junt amb altres variables com la situació o el clima. Així doncs, és molt important realitzar un estudi previ per tal d'avaluar la oferta d'infraestructures disponibles en les possibles ubicacions de la planta química.

L'accessibilitat i la comunicació a la planta química és important, sobretot per el subministrament de les matèries primes i la distribució del producte acabat. Per tant, interessa que hi hagi l'existència d'una xarxa de comunicacions òptima per la importació de les matèries primes que s'utilitzaran al llarg del procés i que hi hagi disponibilitat dels serveis de planta (aigua, energia elèctrica, gas natural...). Interessa també que aquestes fonts siguin pròximes al terreny. A més a més, s'ha de tenir en compte el cost del terreny i les característiques geogràfiques que aquest presenta.

Tots aquests factors tenen com a objectiu minimitzat els costos de la planta i fer-la més rendible.

La zona en la qual s'ubica la planta disposa d'una xarxa de comunicacions per carretera, ferroviària, marítima i aèria que la connecten amb les principals vies ràpides d'accés a Espanya i Europa.

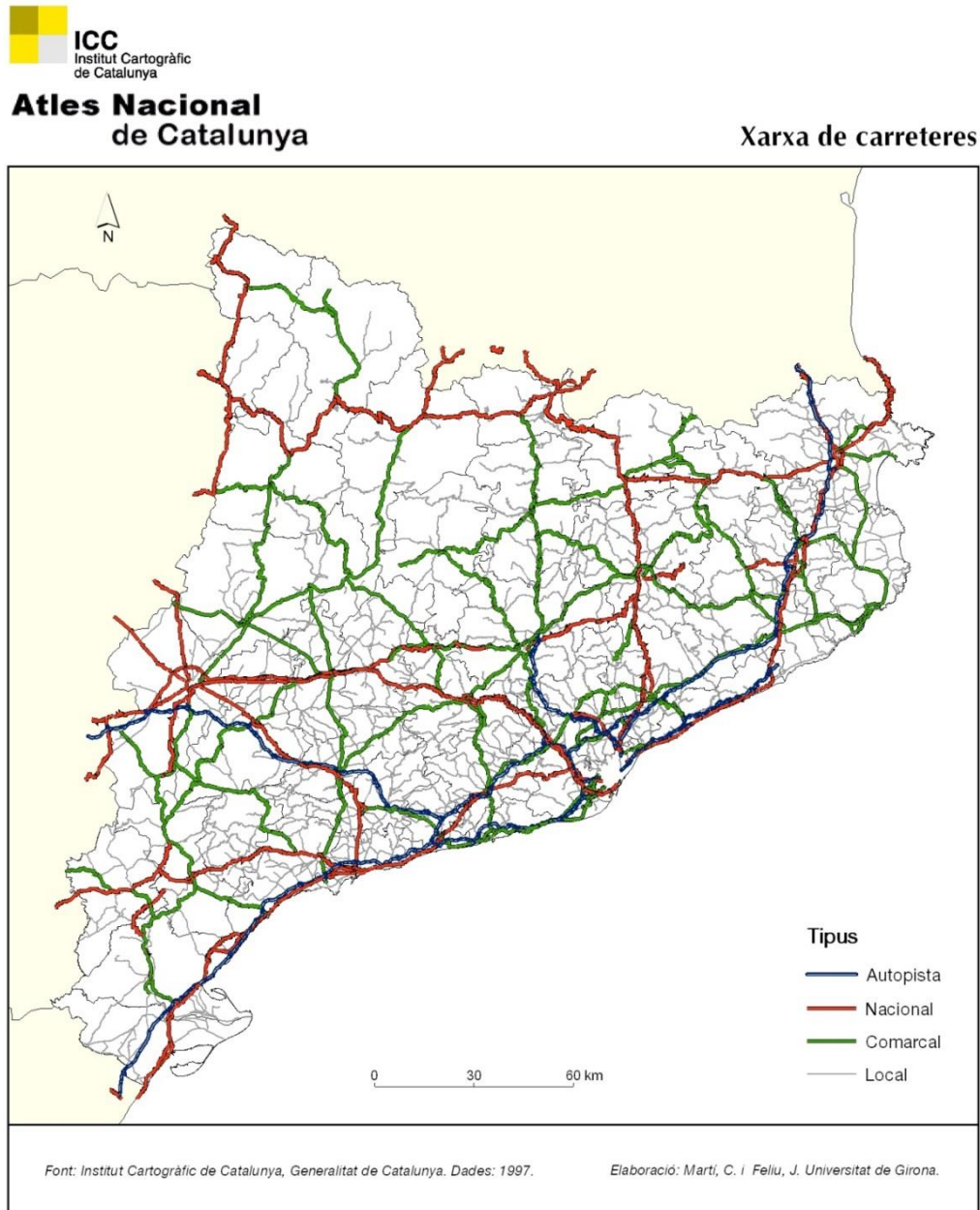


Figura 1.6. Infraestructures viaries presents a la vora de la planta.

Les infraestructures viaries presents en la figura 1.6. que mantenen comunicació entre Tarragona i la resta d'Espanya i Europa són:

- A-7 (antiga N-340): Va de Barcelona a Valencia.
- AP-7: funciona com a principal element vertebrador de la zona amb la resta del corredor mediterrani. El seu paper es complementa amb la autopista Pau Casals, que connecta amb el litoral de la Regió Metropolitana de Barcelona.

- A-2: Connecta amb la Vall d'Ebre i Madrid.

Els altres eixos viaris que complementen els anteriors en la connectivitat territorial i amb altres centres urbans són:

- C-14: Connecta Salou amb les comarques del Pirineu passant per Reus i Montblanc.

- N-240: Connecta Tarragona amb Lleida, passant per Valls i Montblanc.

- T-11 i N-240: Formen un eix que porta de Tarragona i Reus a l'interior de les terres de l'Ebre i Terol.

Les infraestructures ferroviàries es mostren, a continuació, a la figura 1.7.

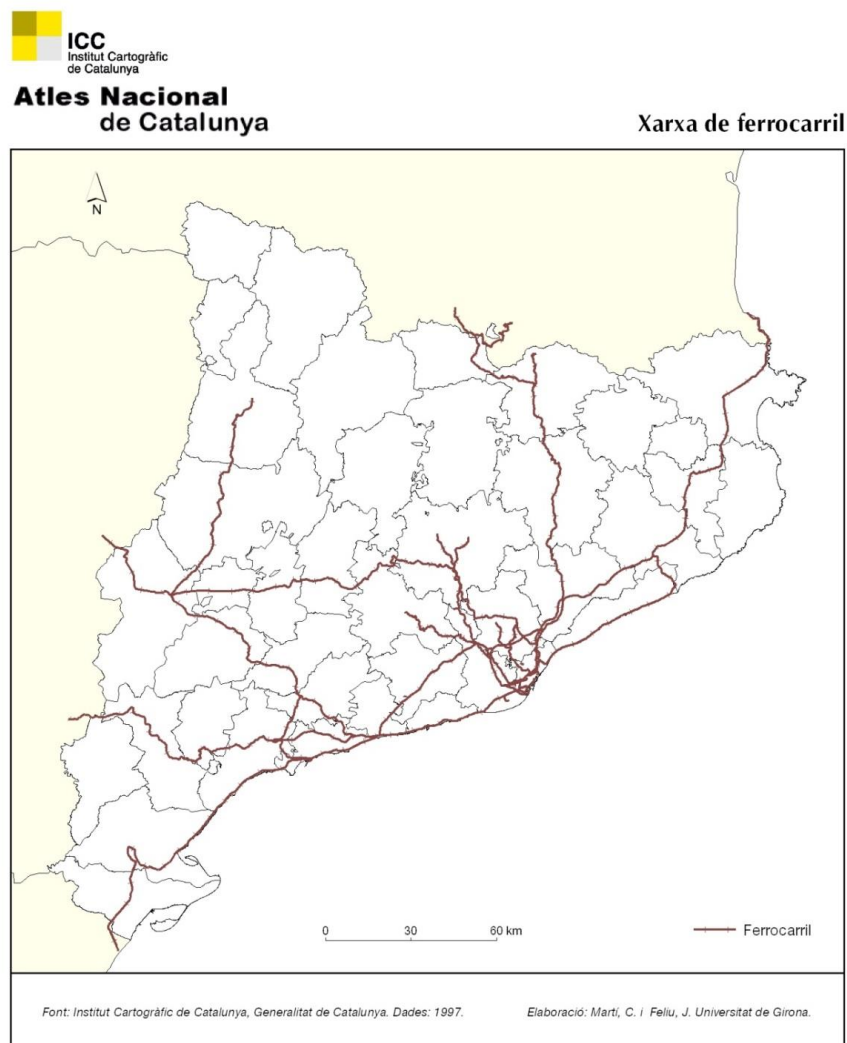


Figura 1.7. Infraestructures ferroviàries.

A la figura 1.7 apareixen representades la línia de costa, la línia del interior i la línia Barcelona-Madrid. També es disposa del AVE, línies Barcelona-València i Barcelona-Madrid. Com a infraestructura marítima es troba el port de Tarragona, el qual representa una bona comunicació a través del Mediterrani, i aèriament hi ha l'aeroport de Tarragona, cosa que facilita la comunicació amb altres ciutats importants que també disposin d'aeroport.

1.2.3.3. Climatologia de la zona

Per tal de conèixer les condicions en les que es troba la planta, cal realitzar un estudi sobre la climatologia de la zona.

El municipi de Tarragona es caracteritza per un tipus de clima mediterrani litoral, de subtipus sud. Els paràmetres que defineixen aquesta zona climàtica corresponen als especificats a la taula següent.

Taula 2.3 Paràmetres característics de la zona climàtica.

Precipitació mitjana anual (mm)	500-600
Règim Pluviomètric Estacional	Màxim tardor
Temperatura Mitjana Anual (°C)	15.5-17
Amplitud Tèrmica Anual (°C)	14-15

La classificació del clima segons Thornthwaite divideix les zones en funció de l'índex hídric anual, classificant el municipi de Tarragona amb un índex d'humitat semiàrid (% humitat < -40 a -20).

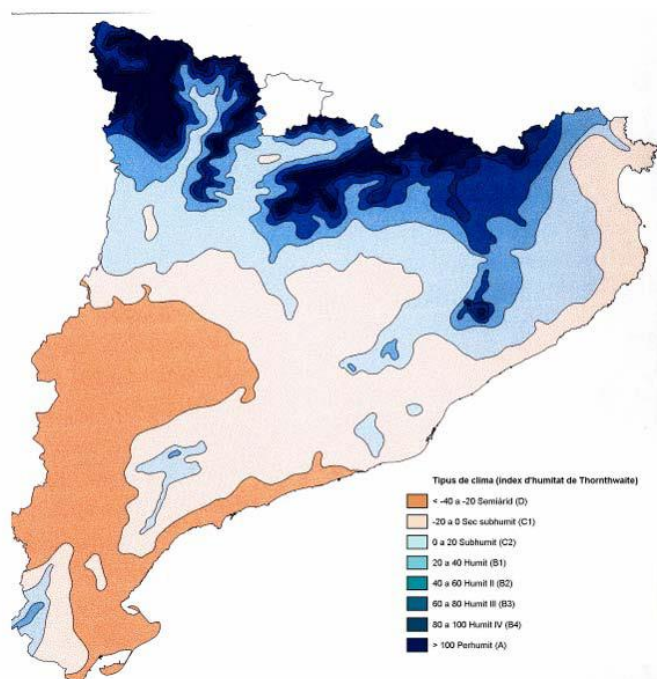


Figura 1.8. Tipus de clima segons l'índex d'humitat de Thornthwaite.

A partir de dades provinents d'estacions meteorològiques situades al voltant del municipi de Tarragona, s'obté una caracterització climàtica del municipi basada amb temperatures suaus que oscil·len entre els 12,4°C de mitjana de les temperatures mínimes i els 21,4 °C de mitjana de les temperatures màximes, essent 17°C la temperatura mitjana global. La velocitat mitjana del vent és de 2,7 m/s amb NW de direcció predominant.

Taula 3.4. Característiques climatològiques del municipi de Tarragona.

Tª mitjana (°C)	Mitjana Tª màximes (°C)	Mitjana Tª mínimes (°C)	Tª max. Abs (°C)	Tª min. Abs (°C)	Velocitat mitjana vent (m/s)	Direcció dominant	Humitat rel. Mitjana (%)	Irradiació global mitjana (MJ/m²)
16.9	21.4	12.4	34.5	-0.9	2.7	NW	71.8	14.9

1.3. Vies de síntesi de Carbaril

El Carbaryl va ser el primer pesticida carbamat a produir-se en una planta. Posteriorment, després de diversos estudis, es determina el alt efecte contaminant sobre el medi ambient.

La síntesi del pesticida SEVIN es dona per diverses vies, essent unes més segures que altres. Aquests processos han estat detalladament estudiats per tal de no repetir una de les pitjors catàstrofes de la història en la indústria química com es el cas del desastre de Bhopal. La

multinacional americana Union Carbide (UCC) portava a terme la síntesis del pesticida per mitjà de la síntesi del subproducte MIC, altament tòxic.

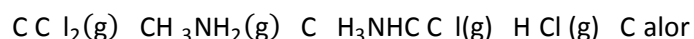
Les vies existents per la síntesi de Carbaril (SEVIN) contenen subproductes altament perillosos, essent fixat l'estudi de la seva obtenció amb vies on no hi intervinguin reactius de tan alta perillositat.

Originalment, el Carbaril fou produït per vies que no usen MIC. Aquesta metodologia durà 18 anys (1961-1977). Posteriorment degut al requeriment d'una major producció a nivell mundial del pesticida, es va requerir l'ús de nous mètodes d'obtenció, essent les vies amb l'ús de MIC les escollides. Les vies primordials existents en la síntesi de Carbaril es classifiquen en dos grans grups, el primer grup correspon als processos on s'utilitza el MIC com a intermedi, i el segon grup correspon a processos on no s'usa el MIC com a intermedi de reacció.

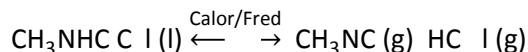
Processos on s'usa el reactiu Isocianat de metil (MIC) com a intermediari.

Dins d'aquest grup es troben diferents formes de síntesi del MIC. Els processos coneguts es descriuen a continuació:

-The Union Carbide Corporation: és un dels processos més antics (1966) e inalterat en la producció del reactiu intermedi MIC i del pesticida Carbaril. El procés compren reactius com Fosgè (Cl_2CO) i Metilamina (MMA , CH_3NH_2). Aquests reactius reaccionen per produir clorur de metilcarbamil (MCC, $\text{C}_2\text{H}_4\text{NCIO}$). El MCC es produeix en un reactor a altes temperatures i baixes pressions, juntament amb un disseny que permet la ràpida conversió de reactius a productes. La síntesis es produeix segons la reacció mostrada a continuació:



Un cop obtingut el MCC, es realitza una reacció endotèrmica que el descompon en Clorur d'hidrogen (gas) i en l'intermedi esperat Isocianat de metil. La reacció mostrada a continuació descriu la dissociació tèrmica del MCC.



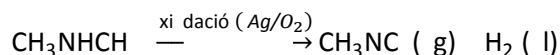
Un cop obtinguts els productes, es separen en una torre de destil·lació dipositant i emmagatzemant el MIC pel seu posterior ús en la producció del pesticida Carbaril.

- **Procés “Du Pont”**: A l’any 1985 Du Pont va cercar una nova via de síntesis del MIC mitjançant l’oxidació del Metilformaldehid. Aquest procés va sorgir a partir del desastre de Bhopal produït per la multinacional UCC usant el procés anteriorment descrit.

El procés Du Pont usa la combinació de Monometilamina (CH_3NH_2) i Monòxid de carboni (CO) per produir N-metilformaldehid (CH_3NHCHO), mitjançant la reacció mostrada a continuació:

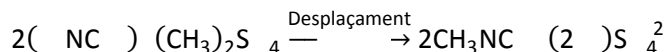
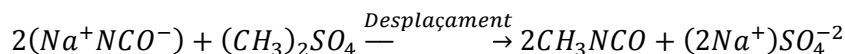


A continuació s’oxida el N-metilformaldehid amb oxigen/Ag (juntament amb aire) a altes temperatures per tal de generar MIC i aigua. Per tal d’evitar la reacció del MIC i l’aigua produïda, es separa l’aigua del MIC (CH_3NCO) immediatament per tal de produir Metilomil i Carbamats pesticides com el Carbaril. La reacció de producció de MIC es defineix a continuació.



El MIC produït i separat es pot mantindre en fase gas o líquida, depenent del seu posterior ús en planta o enmagatzament d’aquest. El MIC obtingut mitjançant aquest procés conté més impureses que el procés de UCC.

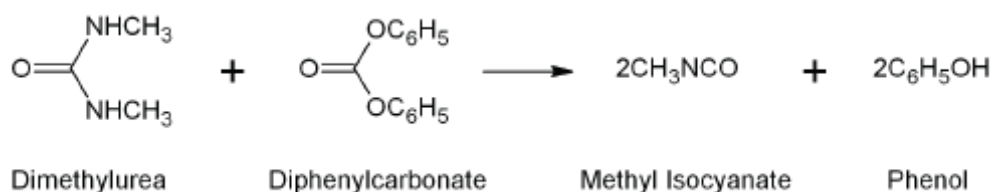
- **Proces “Cyanate”**: Aquest procés es va usar a Sud-àfrica i actualment és el mètode de producció de MIC utilitzat en el món oriental. És un dels primers processos en la producció de isocianat de metil dels quals es té referències literàries, les quals daten del 1849. En aquest procés es combina Cianat sòdic i/o potàssic (K/NaNCO) amb Sulfat de dimetil ($(\text{CH}_3)_2\text{SO}_4$) en un solvent aromàtic per tal de generar MIC amb sulfat de sodi i/o potàssic. Les reaccions que es duen a terme es mostren seguidament.



Comparant el procés de “Cyanate” amb els mencionats anteriorment (“DuPont” i “UCC”) es pot dir que és un procés diferent al de “DuPont”, però similar al de “UCC” on la síntesi de MIC es duu a terme en discontinu (en batch) i en el que es requereix una gran capacitat d’emmagatzematge del MIC. L’obtenció de MIC en el procés de “Cyanate” s’estableix en una conversió del 80-85%. Una de les consideracions per les quals el procés no es àmpliament usat

entre les companyies és el fet de que es generen molts residus com a resultat de la reacció (es generen 1.5kg de sòlid K_2SO_4 o Na_2SO_4 per cada kg de MIC produït).

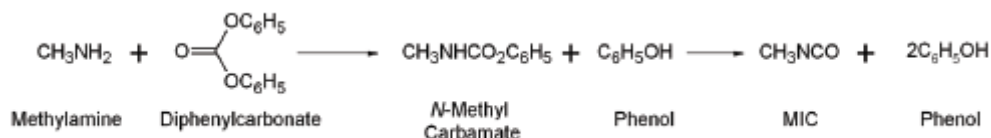
-Procés “Bayer Diphenyl carbonate and Dimethylurea”: L’empresa multinacional “Bayer” va usar el procés difenilcarbonat per tal de sintetitzar MIC fins el 2002. Aquest procés data del 1968 (“Ober and Smith”), però va ser Dormagen qui el va implantar en una planta el 1971 fins la seva eliminació el 2002. En aquesta via de síntesi de MIC s’usa la combinació de difenilcarbonat amb dimetilurea. Aquests reactius són escalfats per tal de produir MIC i fenol. La reacció es basa en una seqüència de bescanvi – reemplaçament -eliminació. Aquesta reacció es mostra a continuació.



L’avantatge d’aquest procés és el fet de que no requereix reactius altament tòxics i perillosos com és el cas dels reactius fosfò o clorur d’hidrogen utilitzats en altres processos esmentats. Per contra, es genera molt subproducte com ara fenol entre d’altres.

- Procés “Enichem Diphenylcarbonate”: Enichem és una companyia europea, la qual sintetitza MIC per mitjà de la combinació dels reactius carbonat de difenil amb metilamina (procés datat del 1984). El procés és molt similar al presentat i executat per Bayer. En aquest cas la reacció es basa principalment en el fenomen reemplaçament - eliminació.

Ambdós reactius són mesclats i escalfats fins assolir la forma N-metilcarbamate, també coneguda com fenil-N-metiluretà i fenol. Un escalfament posterior dona l’eliminació del MIC i del fenol en excés. La mescla finalment es refreda per eliminar el fenol i el N-metilcarbamate i així recuperar el MIC en les conseqüents fases de purificació. Les reaccions detallades es mostren a continuació.



Aquest procés no dona molts subproductes i permet un reutilització del fenol. Aquestes característiques el fan atractiu cara al estudi per tal de optimitzar-lo.

La síntesi del MIC es dona a partir d'algun dels quatre processos mostrats. Per tal de conèixer la via correcta en el disseny de la planta a construir, s'han de comparar les reaccions, els costos de producció i l'energia requerida per a la síntesi del reactiu intermedi (MIC). Aquests factors són desconeguts alhora de plantejar la via de síntesi del Isocianat de metil, per tant, es consideren altres factors per tal de determinar el millor procés.

En cadascun dels mètodes mostrats, la puresa elevada en el MIC produït és un paràmetre a tindre en compte. D'acord amb aquest raonament, el procés de "Du Pont" presenta elevades impureses en el inici del procés, com a conseqüència el MIC produït està compost per una elevada quantitat d'aquestes. A més, aquesta via requereix emmagatzemar MIC en quantitats considerables per tal de purificar-lo de les impureses presents. Aquest fet té com a conseqüència una potencial perillositat si es consulten els fets històrics (Bhopal).

El mètode del procés "Cyanate" sintetitza MIC de forma discontinua, és a dir, en batch. Aleshores, per tal de garantir una producció contínua de Carbaril (Sevin), es requereix un emmagatzematge considerable de la substància sintetitzada (MIC). A més, segons les fonts consultades, el procés "Cyanate" produeix a una escala menor que el procés "UCC", i per tant s'haurien d'instal·lar diversos reactors per tal d'igualar produccions i aquesta solució elevaria la perillositat de la planta i de la via, perdent atractiu. Finalment, cal mencionar que en aquesta via es sintetitzen molts subproductes tòxics que cal tractar de forma correcta.

El mètode "Bayer usant Diphenylcarbonate i Dimethylurea", es va aturar el 2002. El principal inconvenient és que el procés requereix de l'ús de fenol, el qual és un reactiu perillós i del reactiu Dimetilurea, el qual no és un producte altament produït a escala mundial. A més, la qualitat del MIC és dolenta, ja que està ple d'impureses i es requereix un sistema de purificació, igual que el mètode "DuPont" i "Cyanate", afegint costos a la producció d'un intermedi del pesticida desitjat.

El mètode "Enichem", va començar essent una potencial via d'obtenció de isocianat de metil, però ràpidament presentà problemes, com una baixa producció i qualitat de MIC.

El mètode que dona una alta producció i qualitat de MIC en relació als costos de producció és el procés de Union Carbide Corporation. Aquest és el principal motiu pel qual s'utilitzarà la via de producció de MIC segons el procés de la UCC.

A continuació es mostra una taula amb les característiques principals de cadascuna de les vies mostrades anteriorment:

Procés	UCC	DuPont	Cyanate	Bayer (DPC/DMC)	Enichem
Recirculacions internes de corrents	Alt (reflux del sovent)	Alt	Alt, reflux del solvent	Baix	Moltalt
Costos per unitat de producció	Baix	Baix	Alt	Alt	Alt
Residus (S i L)	Mitg	Mitg (cyanide)	Alt	Baix	Mig
Quota de llicència	No	Si	Si	No	Si
Adaptació de la infraestructura	No	Si	Si	Si	Si
Requeriments de I+D	No	Si	Si	Si	Si
Requeriment de registre	No	Si	Si	Si	Si
Altres factors	Regeneració catalitzador	Regeneració catalitzador (cada 2 setmanes)	Procés discontinu	Requereix intermedi extern (Dimetilurea)	
Propietats dels materials	MMA: F+, Xn Cl ₂ : T Fosgè: T+ MIC: Xn, T+	CO: T MMA: F+, Xn	NaNCO: Xn Sulfat de dimetil: T+	Fenol: T, C	MMA: F+, Xn Fenol: T,C
Complexitat del procés	Molt alta	Alt	Mitg	Baix	Alt
Experiència del procés	Madur	Madur	Madur	Madur	Baix

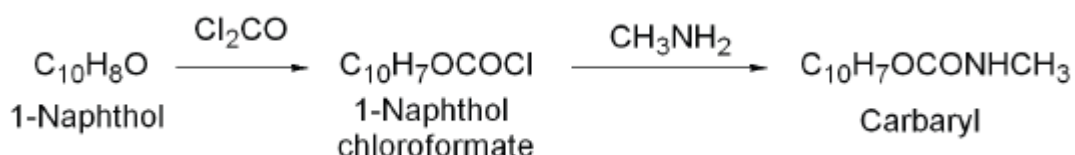
Llegenda: F(molt inflamable), F+(extremadament inflamable), T(toxic), T+(extremadamenttoxic), C(corrosiu), Xn(perjudicial)

Processos on s'evita l'ús de MIC.

Es coneixen dos processos de síntesi del pesticida d'interès sense l'ús del reactiu MIC. A continuació es detallen cadascun d'ells.

- **Procés d'oxidació de tetralin:** El procés es duu a terme per la multinacional UCC a escala laboratori. El pesticida és produït per una via multi etapa que usa com a reactius principals el naftalè, fosgè i metilamina. El procés contempla la pròpia síntesi del reactiu 1-naftol, produït a partir del naftalè per mitjà de la via d'oxidació del tetralin, obtenint-se un alt grau de puresa. Posteriorment es fa reaccionar el 1-naftol amb fosgè en dissolució amb toluè. La reacció dóna com a producte el naftol cloroformat.

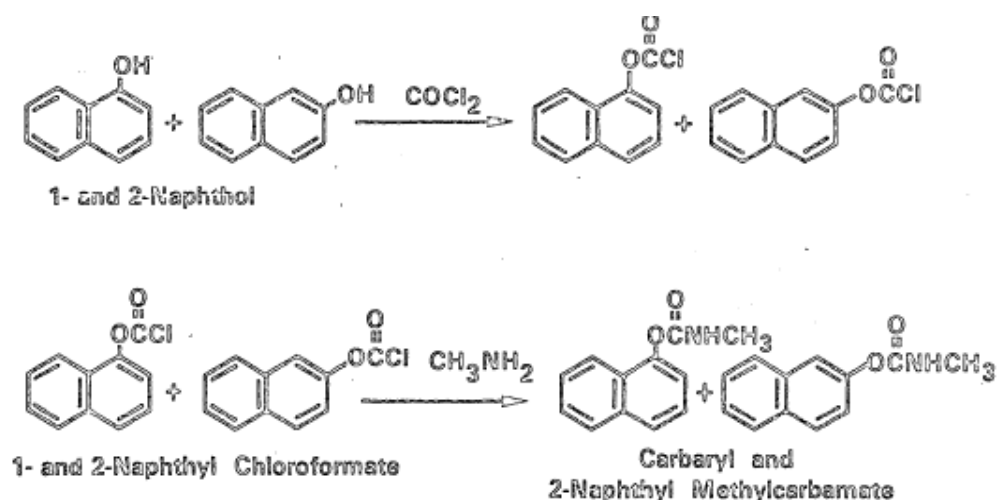
Per acabar, es fa reaccionar el 1-naftol cloroformat amb metilamina per produir el pesticida Carbaril (Sevin). A continuació es mostra la síntesi del pesticida mitjançant aquesta via.



- **Procés de sulfuració del naftalè:** El nom del procés prové de la forma d'obtenció del 1-naftol. Les multinacionals "Dicarbamcarbaryl" i "Ravyoncarbaryl" són exemples de síntesi del pesticida per mitjà de la via mencionada.

La síntesi del 1-naftol per mitjà de la sulfuració del naftalè dóna com a subproducte 2-naftil-metilcarbamat. La formació d'aquest subproducte no desitjat promou el grau d'impureses del Carbaryl format.

Per la producció del pesticida es fa reaccionar el 1 i 2 Naftol amb Fosgè, obtenint 1- i 2-Naftil cloroformat. Aquest darrer es fa reaccionar amb Monometilamina per tal de produir el pesticida Carbaril. A continuació es mostren les reaccions que descriuen el procés.



Ambdós vies produeixen Carbaril sense l'ús de MIC. Cal esmentar que els reactius segueixen sent el Fosgè, Metilamina i Naftol principalment, essent compostos d'alta perillositat. Tal i com es raona en les vies d'obtenció de MIC, el grau de puresa del pesticida determina, entre altres factors, la via òptima d'obtenció de Carbaril.

En el procés d'oxidació del tetralin (UCC), s'obté Carbaril amb una puresa del 95%. En canvi, en la via de sulfuració del Naftalè, s'obté un nombre més elevat d'impureses. A més, ambdós processos de síntesi del pesticida són altament corrosius, tenen una elevada producció de residus e impureses i tenen un coeficient de producció baix.

Si es comparen aquests darrers amb la via de síntesi de Carbaril de la multinacional UCC, resulta que són vies amb una menor producció (80%) i amb més residus que la darrera, essent necessari una etapa extra de purificació del Carbaril a causa del alt contingut en impureses del pesticida obtingut (després de la purificació 99.5% puresa).

Pels motius mencionats anteriorment, es determina que la via de síntesi del Carbaril en aquesta memòria correspondrà a l'ús dels processos de UCC tant de síntesi de MIC com de síntesi de Carbaril, ja que aquest es una via amb experiència. Proporciona coeficients d'obtenció de Carbaril elevats (92%), baixes produccions de residus i alta puresa del pesticida format (99%).

1.3.1. Descripció del procés de producció escollit

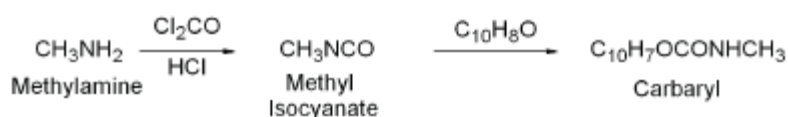
Com ja s'ha comentat, el procés escollit per sintetitzar el Carbaril és el procés UCC. Aquest procés consta de tres parts: síntesi de Clorur de metilcarbamil (MCC), síntesi de Isocianat de metil (MIC) i per últim, síntesi de Carbaril.

Com ja s'ha descrit anteriorment, el procés s'inicia amb una reacció en fase gas entre fosgè i monometilamina. Aquesta reacció es caracteritza per ser molt ràpida a altes temperatures. Així doncs, aquesta es duu a terme a 260°C i pressió atmosfèrica. En aquesta reacció es forma Clorur de metilcarbamil i clorur d'hidrogen. Posteriorment d'haver separat el HCl format, es pirolitza el MCC, ja que a altes pressions (9,5-10 bars) i temperatura (90° C) aquest es degrada tèrmicament a Isocianat de metil i HCl.

Un cop sintetitzat el MIC, el Carbaril es sintetitza per mitja d'una reacció dels compostos 1-naftol i MIC en dissolució de toluè. El principi de la síntesis del Carbaril correspon a la dissolució del 1-naftol en el dissolvent. Aquest procés es dona en un mesclador a una temperatura de 60-80°C. Posteriorment, la mescla passa a un reactor (mescla amb excés de 1-naftol) on s'afegeix el MIC gradualment.

Aquest procés es manté a pressió de 20 psig i es fixa una temperatura de 90°C, ja que, la reacció es exotèrmica i cal un bescanvi de calor. Aquesta és una reacció catalítica, on el catalitzador atrapa les amines lliures, produint el Carbaril al sortir del reactor.

A continuació es mostra un esquema que representa la formació del Carbaril amb fosgè i monometilamina com a reactius inicials i l'ús de MIC com a reactiu intermedi.



Aquesta es la via més usada mundialment en la producció del pesticida anomenat Sevin. El procés permet pureses elevades i grans produccions, tenint com a inconvenient la necessitat d'usar MIC com a intermedi, juntament amb reactius d'alta perillositat com ho són el fosgè i la monometilamina.

A continuació es mostra el diagrama de blocs del procés escollit.

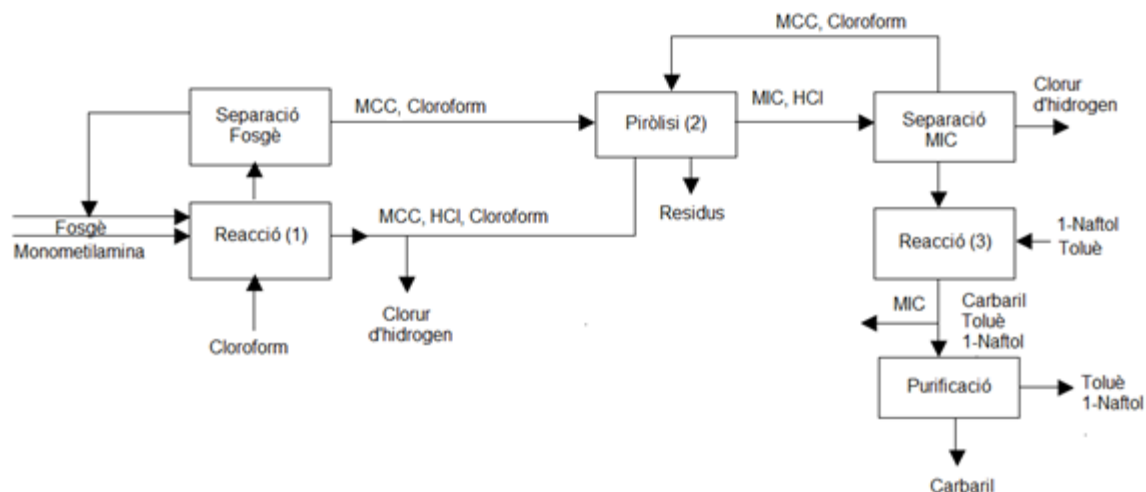


Figura 1.9. Diagrama de blocs del procés.

1.4. Característiques físico-químiques dels components

Per tal de comprendre el comportament dels diferents components implicats en el procés és necessari conèixer les seves propietats físiques i químiques. Totes les propietats que es mostren a continuació estan indicades a temperatura ambient i pressió atmosfèrica.

1.4.1. Reactius

Els reactius del procés UCC són fosgè, monometilamina i 1-naftol. A continuació es mostren les propietats físico-químiques corresponents.

1.4.1.1. Monometilamina

Taula 4.5. Propietats de la monometilamina.

Fórmula molecular	CH ₅ N
Pes molecular (kg/kmol)	31.06
Densitat (kg/m³)	1.269
Cp (kJ/kg °C)	1.592
Viscositat (cP)	0.008064
Punt fusió (K)	179.69
Punt ebullició (K)	266.82
Estat físic	gas incolor

1.4.1.2. Fosgè**Taula 5.6.** Propietats del fosgè.

Fórmula empírica	COCl ₂
Pes molecular (kg/kmol)	98.916
Densitat (kg/m³)	4.043
Cp (kJ/kg °C)	0.5843
Viscositat (cP)	0.01129
Punt fusió (K)	145
Punt ebullició (K)	280
Estat físic	gas incolor

1.4.1.3. α-Naftol**Taula 6.7.** Propietats del 1-Naftol.

Fórmula molecular	C ₁₀ H ₈ O
Pes molecular (kg/kmol)	144.17
Densitat (kg/m³)	1100
Cp (kJ/kg °C)	1.233
Viscositat (cP)	8.989
Punt fusió (K)	368.5
Punt ebullició (K)	553
Estat físic	sòlid blanc

1.4.2. Intermedis de reacció

En aquest procés es troben dos intermedis de reacció; en primer lloc es forma MCC de la reacció de fosgè amb monometilamina. Aquest és necessari per a sintetitzar l'Isocianat de metil. En segon lloc es forma Isocianat de metil a partir de degradar tèrmicament el clorur de metilcarbamil. Aquest MIC format reacciona amb l'1-Naftol per tal de sintetitzar el Carbaril.

1.4.2.1. Clorur de metilcarbamil**Taula 7.8.** Propietats del Clorur metilcarbamil.

Fórmula molecular	C ₂ H ₄ NOCl
Pes molecular (kg/kmol)	93.51
Densitat (kg/m³)	1167
Cp (kJ/kg °C)	0.6014
Viscositat (cP)	0.5669
Punt fusió (K)	318
Punt ebullició (K)	366
Estat físic	Cristalls blancs

1.4.2.2. Isocianat de metil

Taula 8.9. Propietats del Isocianat de metil.

Fórmula molecular	CH ₃ NCO
Pes molecular (kg/kmol)	57.05
Densitat (kg/m³)	779.1
Cp (kJ/kg °C)	1.727
Viscositat (cP)	0.3015
Punt fusió (K)	228
Punt ebullició (K)	312.5
Estat físic	líquid incolor

1.4.3. Dissolvents del procés

En aquest procés s'utilitzen diferents per tal de poder dur a terme les diferents reaccions.

En primer lloc, s'introdueix cloroform per tal de separar el clorur d'hidrogen resultant de la reacció entre foscè i monometilamina, absorbint el clorur de metilcarbamil format en aquesta reacció i el foscè restant que no ha reaccionat. El cloroform es manté en el sistema, ja que ajuda a que la polimerització del clorur de metilcarbamil en presència de HCl no es dugui a terme. Cal tenir en compte que aquest s'ha d'eliminar abans de dur a terme la síntesi de Carbaril.

Per a la síntesi de Carbaril en la última etapa del procés s'utilitza toluè per tal de dissoldre el 1-Naftol, ja que aquest es troba en fase sòlida en les condicions d'operació, i així poder dur a terme la reacció entre Isocianat de metil i 1-Naftol.

1.4.3.1. Cloroform

Taula 9.10. Propietats del cloroform.

Fórmula molecular	CHCl ₃
Pes molecular (kg/kmol)	119.38
Densitat (kg/m³)	1479
Cp (kJ/kg °C)	0.9145
Viscositat (cP)	0.5353
Punt fusió (K)	209.5
Punt ebullició (K)	334.26
Estat físic	Líquid incolor

1.4.3.2. Toluè

Taula 10.11. Propietats del toluè

Fórmula molecular	C ₇ H ₈
Pes molecular (kg/kmol)	92.14
Densitat (kg/m³)	864.2
Cp (kJ/kg °C)	1.648
Viscositat (cP)	0.546
Punt fusió (K)	180
Punt ebullició (K)	383.6
Estat físic	líquid incolor

1.4.4. Productes

En aquest procés es produeix, a més a més del producte principal, és a dir, Carbaril, clorur d'hidrogen, el qual es forma en la reacció de fosgè amb monometilamina i en la descomposició tèrmica del MCC.

1.4.4.1. Clorur d'hidrogen

Taula 11.12. Propietats del clorur d'hidrogen.

Fórmula empírica	HCl
Pes molecular (kg/kmol)	36.461
Densitat (kg/m³)	1.49
Cp (kJ/kg °C)	0.8102
Viscositat (cP)	0.01359
Punt fusió (K)	158.8
Punt ebullició (K)	187.9
Estat físic	gas incolor

1.4.4.2. Carbaril

Taula 12.13. Propietats del Carbaril.

Fórmula empírica	C ₁₂ H ₁₁ NO ₂
Pes molecular (kg/kmol)	201.22
Densitat (kg/m³)	845.8
Cp (kJ/kg °C)	1.813
Viscositat (cP)	5.952
Punt fusió (K)	415
Punt ebullició (K)	Descomposa
Estat físic	solid cristal·lí

1.5. Característiques i aplicacions del Carbaril

El Carbaril és un compost químic que pertany a la família dels carbamat, els quals s'han descrit anteriorment. És un sòlid blanc cristal·lí que no té cap olor característica i a més és molt soluble en aigua. Depenent del procés de producció establert, els cristalls de Carbaril resultats poden ser d'un color blanquinós o bé grisós. Aquests cristalls són estables a la calor, a la llum i al contacte amb àcids. És soluble en dissolvents orgànics polars i poc soluble en aigua.

S'hidrolitza ràpidament a pH 9, molt lentament a pH 7 i és estable a pH 5. No resulta corrosiu als metalls o materials d'emmagatzemament.

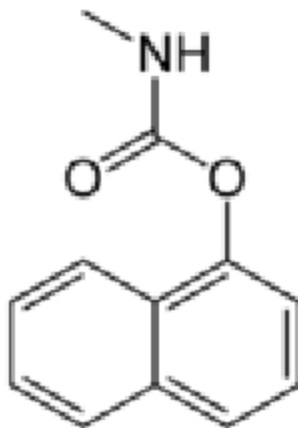


Figura 1.10. Estructura química del Carbaril.

El Carbaril comunament es comercialitza sota el nom de Sevin, una marca registrada de la companyia Bayer. Està considerat com el primer pesticida carbamat que va donar bons resultats utilitzat a gran escala. Principalment és usat com un insecticida en diversos tipus de collites. També ha resultat efectiu com un moluscicida i acaricida. A més a més, el Carbaril també resulta útil per tractar infeccions dels animals, com ara aniquilar diferents tipus de polls en el bestiar i en aus de corral.

Cal esmentar que el Carbaril també s'utilitza en diferents àmbits del de les terres de cultiu. També s'utilitza molt en el manteniments de jardins suburbans i s'utilitza amb freqüència per mantenir en bon estat les plantes ornamentals. Per cadascuna de les aplicacions específiques es disposa del Carbaril en la forma que sigui més apropiada: pols, pols humectable, ceps o grànuls.

Com ja s'ha comentat anteriorment, el Carbaril penetra en l'organisme per ingestió i per contacte dermal. Com molts altres compostos pesticides, aquest compost actua com un inhibidor de la

colinesterasa. Aquest mecanisme s'explica detalladament a l'apartat 1.1. Tot i que és típicament fatal en insectes, el carbaril és desintoxicat, metabolitzat i excretat per hostes vertebrats, especialment humans i altres mamífers. Particularment, el compost no sembla concentrar-se en greixos. Els mamífers que consumeixen carbaril metabolitzen un 85% del compost en menys de 24 hores.

Com a inhibidor de la colinesterasa, el carbaril pot tenir greus conseqüències en els mamífers, tot i la gran velocitat de metabolització d'aquests respecte el carbaril. Segons EPA (Environmental Protection Agency), una exposició prolongada al carbaril pot causar nàusees, vòmits, pèrdua de la visió, dificultats respiratòries o coma.

Al igual que altres mamífers, els éssers humans es veuen afectats pel carbaril a través del contacte amb la pell, la ingestió i la seva inhalació. Si la exposició és perllongada, als símptomes poden incloure cremades, irritació i dolors d'estómac. Tot i així, la gravetat dels símptomes depèn de la via de transmissió.

Així doncs, el Carbaril és considerat, oficialment com un tipus II del grup de Plaguicides Moderadament Perillosos. De la mateixa manera, els organismes reguladors i les agències com EPA classifiquen el carbaril com un agent sospitós cancerigen, disruptor endocrí, tòxic per la reproducció i pel desenvolupament.

Un altre efecte químic d'aquest compost és la seva capacitat de causar efectes mutagènics en alguns animals. En diversos estudis s'ha demostrat que afecten a la divisió cel·lular i al creixement. Aquest efecte, però, no s'ha demostrat encara en humans.

Donada la naturalesa variable del compost, tots els productes que continguin carbaril requereixen una indicació amb paraules de prevenció com "Perill", "Tòxic" i "Precaució".

Al igual que altres insecticides, el Carbaril planteja alguns riscos ecològics i ambientals, fet que pot afectar directa i indirectament a la població. El Carbaril té una baixa persistència en el sòl i es filtra ràpidament a les aigües superficials. Tot i que aquest compost pot representar una amenaça per certs organismes aquàtics, el Carbaril resulta poc tòxic pels peixos, ja que aquests el metabolitzen massa ràpid.

No obstant, el Carbaril pot infligir danys a espècies d'insectes no nocius com són les abelles o altres pol·linitzadors.

La dosi letal 50 (LD₅₀) oral és de 250 fins 850 mg/kg per rates i de 100 fins a 650 mg/kg per ratolins. Aquesta dosi és una mica major per gossos i conills.

1.6. Constitució de la planta

1.6.1. Nomenclatures de la planta

1.6.1.1. Àrees de la planta

La distribució d'àrees s'ha dut a terme d'acord uns criteris bàsics, els quals pretenen facilitar l'accés a la planta i el trànsit a través d'ella, tant de matèries, com de treballadors i transports. L'objectiu principal és que els camions que arribin hagin de fer el menor recorregut possible. Les bàscules de pesada de les diferents matèries es col·loquen a prop de l'entrada per tal de que els camions ho descarreguin directament sense la necessitar de tarar-ho. Alhora, s'ha centralitzat el procés de producció per tal de que hi hagi una bona comunicació amb la resta d'àrees.

A l'hora d'implementar les àrees també s'ha de respectar la seguretat dels treballadors, situant zones de passada a l'interior dels edificis, voreres i passos de zebra per poder circular per la part exterior.

Per últim, comentar que les diferents àrees s'han situat lògicament, d'acord amb la seqüència del procés de producció.

Entre les diferents àrees s'han de deixar carrers oberts per tal de poder moure's per tota la planta fàcilment.

Taula 13.14. Distribució de les àrees a la planta.

Nomenclatura	Àrea
A-100	Emmagatzematge de matèries primes
A-200	Síntesi MCC
A-300	Síntesi MIC
A-400	Síntesi Carbaril
A-500	Downstream
A-600	Àrea de tractament mediambiental
A-700	Emmagatzematge de productes acabats
A-800	Emmagatzematge de sòlids
A-900	Serveis de planta
A-1000	Departament ID+R
A-1100	Piscina contra incendis
A-1200	Oficines

1.6.1.2. Fluids de procés

Taula 14.15.Nomenclatura dels diferents fluids de procés.

Nomenclatura	Fluid
F	Fosgè
MMA	Monometilamina
M	Clorur de metilcarbamil
MIC	Isocianat de metil
H	Clorur d'hidrogen
CA	Carbaril
N	α -Naftol
C	Cloroform
T	Toluè
S	Sosa
NC	Clorur d'amoni
A	Aigua

1.6.1.3. Fluids de servei**Taula 15.16.**Nomenclatura dels diferents fluids de servei.

Nomenclatura	Fluid
OCH	Oli de chiller
OT	Oli de torre
OCA	Oli de caldera
N	Nitrogen gas (N ₂)
AT	Aigua de torre
GN	Gas natural
EL	Electricitat
AC	Aire comprimit

1.6.1.4. Equips de procés**Taula 16.17.**Nomenclatura dels diferents equips de procés.

Nomenclatura	Equip
CD	Columna de destil·lació
R	Reactor
D	Dipòsit
TM	Tanc de mescla
CA	Columna d'absorció
CR	Cristal·litzador
P	Bomba

E	Escalfador
CM	Compressor
C	Condensador
T	Tanc d'emmagatzematge
A	Assecador
F	Filtre
K	Kettle Reboiler
CNT	Centrifugadora
MX	Mixer
RF	Refredador
TE	Tee

1.6.1.5. Equips de servei

Taula 17.18. Nomenclatura dels diferents equips de servei.

Nomenclatura	Fluid
TR	Torre de refrigeració
CL	Caldera de gas natural
CH	Chiller
ET	Estació transformadora
GF	Grup de fred

1.6.2. Legislació

A l'hora de realitzar la distribució de les diferents àrees i la implantació de tots els equips, edificis, zones d'emmagatzemament, les diferents instal·lacions, etc, s'ha de tenir en compte la normativa vigent per a complimentar les mesures de seguretat necessàries.

Per a realitzar la construcció de la planta de producció cal tenir en compte les normatives estipulades pel Decret 179/1995 del 13 de Juny, la qual es refereix al reglament d'obres, activitats i serveis de l'Entitat Local en qüestió. També s'ha de tenir en compte la normativa urbanística del polígon "Escriptors", la qual marca els paràmetres d'edificabilitat que s'han descrit al punt 1.2.3.1 d'aquesta memòria. A aquests paràmetres d'edificabilitat s'afegeix el següent criteri de construcció:

- Via d'un únic sentit: 5 metres d'ample.
- Via de doble sentit: 10 metres d'ample.
- Diàmetre superior/inferior de gir de camions: 12m/6m.
- Porta d'accés a la planta: 10 metres d'ample.
- Portes d'accés als edificis: 2 metres d'ample.

Voreres: 1,5 metres d'ample.

Per a dissenyar l'emmagatzematge dels diferents compostos que participen en el procés és necessari consultar les normatives d'emmagatzematge, on s'estableixen les distàncies mínimes entre els diferents tancs dels components, les condicions d'emmagatzematge i altres consideracions a tenir en compte a l'hora de dissenyar el seu emmagatzemament.

La normativa es basa en el tipus de compost a emmagatzemar, segons si és inflamable i combustible, tòxic o nociu. Es recull en el reglament d'emmagatzemament de productes químics ("Almacenamiento de Productos Químicos").

Per als components d'aquest procés es tenen en compte els següents reglaments:

ITC MIE-APQ-001 : "Emmagatzematge de líquids inflamables i combustibles".

ITC MIE-APQ-002: "Emmagatzematge de líquids corrosius".

ITC MIE-APQ-007: "Emmagatzematge de líquids tòxics o nocius".

Aquest reglament es complementa amb la instrucció tècnica complementària RD 379/2001.

1.6.3. Classificació per àrees

La planta de producció es divideix en diferents àrees segons la funcionalitat o l'activitat que es realitza en aquesta.

1.6.3.1. Àrea 100: Emmagatzematge de matèries primes

En aquesta àrea s'emmagatzemen els reactius principals del procés, fosc i monometilamina, així com els diferents dissolvents necessaris per a realitzar el procés, és a dir, cloroform, toluè i sosa. Es disposa de 12 tancs d'emmagatzematge en l'àrea 100 (de T-101 al T-104), 4 en l'àrea 800, i cada un dels quals es troba en les condicions necessàries requerides per l'estabilitat del producte. A continuació es descriuen les condicions específiques per cada component.

- Fosc: aquest es produeix a la mateixa planta a partir de CO, el qual arriba amb camions cisterna i clor, el qual procedeix d'una unitat clor - alcalí situada dintre del mateix complex industrial. S'emmagatzema en 4 tancs de 30m³ cada un a una pressió de 2 bars per tal de mantenir-lo líquid a temperatura ambient. Aquests tancs es troben plens de fosc al 69,1%. Aquests tancs es dissenyen, com ja s'ha comentat seguint la normativa APQ, ja que el fosc és una substància tòxica i no inflamable. Aquest tanc, per seguretat, també es troba refrigerat.

- Monometilamina: arriba a la planta mitjançant camions cisterna. Aquesta substància s'emmagatzema en 2 tancs de 30m³ cada un a una pressió de 4 bars per tal de mantenir-la líquida a temperatura ambient. Aquests tancs es troben plens de monometilamina al 77%. Aquests tancs es dissenyen, com ja s'ha comentat seguint la normativa APQ, ja que la monometilamina és una substància inflamable i corrosiva.

- Cloroform: arriba a la planta mitjançant camions cisterna. Aquest dissolvent s'emmagatzema en 3 tancs de 100m³ cada un a pressió atmosfèrica ja que a temperatura ambient el cloroform és líquid. Aquests tancs es troben plens de cloroform al 79,5%. Aquests tancs es dissenyen, com ja s'ha comentat seguint la normativa APQ, ja que el cloroform és una substància no inflamable, nociva i irritant.

- Toluè: arriba a la planta mitjançant camions cisterna. Aquest dissolvent s'emmagatzema en 3 tancs de 100 m³ cada un a pressió atmosfèrica ja que a temperatura ambient el toluè és líquid. Aquests tancs es troben plens de aquesta substància al 75%. Aquests tancs es dissenyen, com ja s'ha comentat seguint la normativa APQ, ja que el toluè és una substància inflamable.

Aquesta zona es dissenya per tal de que sigui suficientment ample per a la maniobra de camions i per a que es pugui dur a terme una ampliació en cas de que sigui necessari.

S'ha de tenir en compte que aquesta zona s'haurà d'aïllar amb una cubeta de retenció per assegurar la contenció i la seguretat en la planta en cas de que es produeixi algun vessament.

1.6.3.2. Àrea 200: Síntesi de Clorur de metilcarbamil (MCC)

En aquesta àrea té lloc la primera etapa del procés de producció de Carbaril. Es fa reaccionar monometilamina amb fosgè per tal de sintetitzar MCC, el qual és un producte intermedi d'aquest procés. En aquesta reacció es forma MCC i HCl.

El fosgè es troba emmagatzemat a 2 bars de pressió i a temperatura ambient. Es condueix a un bescanviador de calor (H-200) per tal d'escalfar-lo fins a 205°C, tal i com indica la patent US2480088, ja que per que es dugui a terme la reacció és necessari que es realitzi un preescalfament dels reactius. En aquest bescanviador es passa a tenir fosgè en fase gas. Un cop escalfat, el fosgè s'expansiona fins a pressió atmosfèrica, ja que és a aquesta pressió a la que té lloc la reacció esmentada.

La monometilamina es troba emmagatzemada a 4 bars de pressió i a temperatura ambient. De la mateixa manera que el fosgè, aquesta es condueix a un bescanviador de calor (H-201) per tal d'escalfar-la fins a 240°C, tal i com indica la patent esmentada. Aquest escalfament es realitza pel

mateix motiu que el fosgè. En aquest cas, també es passa a tenir monometilamina en fase gas. Un cop escalfada, la monometilamina s'expansiona fins a pressió atmosfèrica.

Un cop s'ha preescalfat els reactius, aquests es condueixen fins al reactor R-201a, on té lloc la síntesi del MCC. Es tracta d'un reactor de flux pistó multitubular de $0,36 \text{ m}^3$, i seguint la informació proporcionada per la patent US2480088, el temps de residència establert és de 1,5 segons. S'ha de mantenir una temperatura constant de 260°C a dins del reactor, és a dir, mantenir unes condicions isoterms, ja que és a aquesta temperatura a la que té lloc la reacció. Com que la reacció és exotèrmica, el reactor disposa d'un sistema de refrigeració per tal de mantenir la temperatura desitjada.

Com que es desitja treballar en continu, es disposa d'un segon reactor, el R-201b per situacions de fallada o manteniment del reactor R-201a.

Al tractar-se d'una reacció molt ràpida i d'uns components molt reactius, es considera que la reacció té una selectivitat total, és a dir, que la conversió dels reactius a productes és del 100%. S'ha de tenir en compte que, per tal d'assegurar la completa conversió de la monometilamina, s'introdueix una relació estequiomètrica fosgè-monometilamina de 1.25:1 mols. Així doncs, sabent que per cada mol de monometilamina reacciona un mol de fosgè, a la sortida del reactor es troba el fosgè no reaccionat, que correspon al excés afegit al reactor.

Per cada mol de monometilamina que reacciona es forma un mol de MCC i un de HCl. Així doncs, a la sortida del reactor hi ha, a més del fosgè no reaccionat, MCC i HCl. Aquests gasos de sortida es condueixen a una columna d'absorció (CA-201a) per tal d'eliminar l'HCl de la mescla mitjançant l'absorció del fosgè i de l'MCC amb cloroform. Així doncs, s'introdueix un corrent de cloroform fred (a 5°C) per la part superior de la columna d'absorció i la mescla de gasos de la sortida del reactor per la part inferior de la columna. En aquesta absorció en contracorrent el fosgè i l'MCC queden absorbits en el cloroform, separant-se així l'HCl de la mescla, el qual no s'absorbeix en cloroform. Aquest HCl surt de la columna per la part superior. No es pot evitar que aquest arrossegui una part del cloroform que entra en la columna. Aquest corrent gasós de sortida s'envia a l'àrea A-600, ja que cal realitzar un tractament sobre aquest, el qual es descriu en el punt 1.6.3.6.

El corrent líquid de fosgè i MCC absorbits en cloroform arrossega una part d'HCl. Així doncs, s'envia a un condensador per eliminar les tracés d'HCl en el dipòsit separador vapor líquid (D-206). El corrent vapor de l'absorció conté cloroform i HCl, aquests es separen en la columna CD-203.

El corrent d'MCC i cloroform conté un excés de cloroform, ja que s'ha hagut d'introduir una gran quantitat de cloroform al sistema per poder dur a terme l'absorció. Així doncs, aquest corrent

s'introdueix en una columna (CD-202AiB) per tal de separar una part del cloroform de la mescla per mantenir una relació de cloroform d'un 60% respecte la mescla total, tal i com indica la patent US2480088. Aquest corrent resultat s'envia a l'àrea 300, per tal de que tingui lloc la segona etapa del procés de producció.

1.6.3.3. Àrea 300: síntesi d'Isocianat de metil

En aquesta àrea té lloc la segona etapa del procés de producció de Carbaril. A partir del corrent de cloroform i de MCC sintetitzat a l'àrea 200 es realitza una descomposició tèrmica del MCC. Aquesta descomposició dona com a productes Isocianat de metil i HCl.

Un corrent de MCC i cloroform provinent de l'àrea 200 entra en el reactor pirolític R-301a per tal de dur a terme la descomposició tèrmica del MCC. Aquesta reacció és una reacció reversible, per tant s'ha de treballar a unes condicions en les quals aquesta reacció es dugui a terme unidireccionalment en el sentit desitjat. Aquest corrent prové de les cues de la columna CD-202A/B, per tant ja està a una temperatura elevada. Cal pressuritzar aquest corrent fins a la pressió de treballar, i seguidament s'introdueix al reactor. Es tracta d'un reactor pirolític de 48 m³. Per seguretat, aquest volum es sobredimensiona un 20%. En total es disposa de tres reactors pirolítics (R-301, R-302 i R-3.1a) on dos d'aquests treballen simultàniament i d'aquesta manera es pot reduir el volum d'ambdós reactors i per assegurar la continuïtat del procés en casos de manteniment, es disposa d'un altre reactor. El volum de cada reactor és de 35 m³. Aquest reactor es troba a 90°C i a una pressió de 9,5 bars per tal d'evitar possibles reaccions residuals de polimerització del MCC. És per aquest mateix motiu que és beneficiós introduir el MCC amb cloroform, ja que aquest ajuda a evitar aquestes reaccions. Aquestes condicions de treball s'indiquen en la patent US3388145. Seguint aquesta mateixa patent, es fixa un temps de residència de 21 h.

Així doncs, per cada mol de MCC es forma un mol de Isocianat de metil i un mol d'HCl.

Per aquesta reacció en les condicions establertes el grau de conversió és d'un 80%, per tant a la sortida del reactor es troba, a més a més de MIC i HCl el MCC no reaccionat. Cal recordar que el cloroform és només un dissolvent i no participa en la reacció, i per tant tot el cloroform que ha entrat al reactor també es troba a la sortida del reactor. Aquesta reacció és endotèrmica, així que s'ha d'aportar calor al reactor per tal de mantenir la temperatura desitjada.

A la sortida del reactor hi ha dos corrents de sortida: un corrent gasós i un corrent líquid. Cal mencionar que, per motius de seguretat, es col·loca un filtre a la sortida per tal de prevenir, en cas de que es formessin residus en la piròlisi, que aquests es mesclassin amb els productes de sortida.

És necessari tractar ambdós corrents per tal de separar l'HCl, el cloroform i el MCC per tal de disposar del MIC per a la següent etapa del procés. Així doncs, cada corrent s'envia a una columna de destil·lació, separant, en primer lloc l'HCl, i posteriorment la mescla de cloroform i MCC. Aquesta mescla es retorna a la entrada del reactor R-301 per tal de aprofitar el MCC com a reactiu i el cloroform com a dissolvent.

De la mateixa manera que en l'àrea 200, l'HCl que s'ha separat en la columna CD-301 s'envia a l'àrea a l'àrea A-600, ja que cal realitzar un tractament sobre aquest, el qual es descriu en el punt 1.6.3.6.

Un cop s'ha separat el MIC de la resta de components s'envia a l'àrea 400, ja que aquest és un dels reactius necessaris per a la producció de Carbaril.

1.6.3.4. Àrea 400: síntesi de Carbaril

En aquesta àrea té lloc la tercera etapa del procés de producció de Carbaril. A partir del corrent de MIC sintetitzat a l'àrea 300 i α -Naftol diluït en toluè es sintetitza el producte desitjat.

L'alfa naftol es troba emmagatzemat en estat sòlid a l'àrea 800. Aquest es transporta fins aquesta àrea mitjançant una cinta. És necessari dissoldre'l en toluè, per tal de fer-lo reaccionar amb MIC. El toluè es troba emmagatzemat a temperatura ambient i a pressió atmosfèrica a l'àrea 100. Així doncs, s'introdueix l'alfa naftol juntament amb toluè en un tanc de mescla (TM-801) per tal de realitzar la dissolució. La mescla es preescalfa en el mateix tanc de mescla fins a 75°C tal i com indica la patent US4082787. Seguidament s'introdueix la mescla al reactor R-401a, que es tracta d'un reactor multitubular catalític de 1,76 m³, on el catalitzador es troba a l'interior dels tubs. El catalitzador utilitzat en aquesta operació és "Amberlita 21". Paral·lelament s'introdueix un cabal de MIC, el qual s'ha sintetitzat a la zona 300 de la planta, per tal de que aquest reaccioni amb el alfa naftol. L'alfa naftol s'introdueix en excés, encara que la relació estequiomètrica entre aquest i el MIC és de 1 a 1, per tal d'assegurar una bona conversió de MIC a Carbaril. Per cada mol de MIC reaccionat es forma un mol de Carbaril. Aquesta reacció és exotèrmica, així que es refrigera el reactor per tal d'eliminar el calor generat en la reacció i així mantenir la temperatura desitjada.

A l'interior del reactor es treballa a 90°C i a una pressió de 20 psig. Aquestes condicions d'operació s'han fixat a partir de la informació extreta de la patent US4082787. Amb aquestes condicions, la conversió aconseguida és d'un 91,2%. Pel reactor surt un corrent compost de Carbaril, alfa naftol, toluè i MIC.

Cal comentar que el catalitzador disposa d'un temps de vida útil fins que es col·lapsa i és necessari regenerar-lo per tal de poder-lo utilitzar de nou. En conseqüència, es disposa de dos reactors en paral·lel (R-401a i R-401b) per poder garantir la continuïtat del procés mentre es duu a terme la

regeneració l'Amberlita. Aquesta regeneració es realitza mitjançant rentades amb sosa i clorur d'amoni. La sosa es troba emmagatzemada a l'àrea 100 i el clorur d'amoni a l'àrea 800, ja que es tracta d'un sòlid a temperatura ambient. Així doncs, és necessari dissoldre'l per tal de disposar d'una solució per poder rentar en catalitzador.

El primer pas per la obtenció de Carbaril és la separació del MIC del corrent de sortida del R-401a. Aquest corrent es condueix a una columna de destil·lació (CD-401), separant-se així el MIC. Un cop separat, aquest es recircula a l'entrada del reactor per tal d'aprofitar-lo com a reactiu. La mescla restant, conformada de toluè, alfa naftol i carbaril es condueix cap a la zona de purificació, la qual es troba a l'àrea 500.

1.6.3.5. Àrea 500: Downstream

En aquesta àrea té lloc l'última del procés de producció de Carbaril, és a dir, la purificació i la preparació d'aquest per tal de disposar del carbaril en el format en que es desitgi el producte final. El corrent provinent de l'àrea 400 conté carbaril mesclat amb alfa naftol i toluè. Així doncs, en aquesta àrea s'elimina el toluè i l'alfa naftol restant per disposar de carbaril, és a dir, el producte d'interès. Per dur a terme aquesta purificació s'introdueix aquest corrent a quatre cristal·litzadors (CR-501A/B i CR). On s'elimina una part del toluè de la mescla i es cristal·litza una part del carbaril. Es treballa al buit i a una temperatura de 65°C per tal de provocar les condicions idònies per la cristal·lització. És necessari comentar que es treballa amb dos cristal·litzadors en paral·lel per tal de disposar d'un cristal·litzador més petit, per tant es divideix el corrent provinent de l'àrea 400 i cada un dels cristal·litzadors tracta el 50% del cabal del corrent. Així doncs, es treballa amb els cristal·litzadors CR-501 i CR-502.

El toluè eliminat es recircula al mixer MX-800 per tal d'aprofitar-lo com a dissolvent. Per que fa a la mescla d'aigües mares i els cristalls de carbaril, s'envia a una centrifugadora (CN-501) per tal de separar els cristalls de les aigües mares. Els cristalls de carbaril surten per la part inferior de la centrifugadora, i s'envien a l'assegador, Amb el motiu que es treballa amb una atmosfera sense oxigen per motius de seguretat, ja que els components amb els que es treballen són fortament reactius amb la presència d'oxigen, per assecar és necessari utilitzar nitrogen gas. Així doncs, es fa passar un corrent de nitrogen gas per l'assegador A-501 per tal de disposar el sòlid sec i poder-lo emmagatzemar. Els cristalls obtinguts s'emmagatzemen en big bags a l'àrea 700.

Una part del carbaril resta dissolt en les aigües mares. Així doncs, les aigües mares que surten de la part superior de la centrifugadora CN-501 s'envien a rebuig.

Cal comentar que per temes de manteniment i possible averia es disposa d'un tercer cristal·litzador per tal de poder assegurar la continuïtat de l'operació.

La puresa obtinguda del carbaril és del 97,1%.

1.6.3.6. Àrea 600: Àrea de tractament mediambiental

El residu principal d'aquest procés és HCl, el qual es forma en la primera i la segona etapa del procés de producció. Entre les diferents alternatives possibles per administrar aquest subproducte, es decideix realitzar una absorció d'aquest component amb aigua, per tal de sintetitzar àcid clorhídric amb un percentatge comercial amb l'objectiu de vendre'l al mercat.

L'HCl procedent de les àrees 200 i 300 es condueixen, mitjançant canonades fins a aquesta àrea. Al formar-se, aquest es troba en fase gas. Així doncs, els dos corrents d'HCl s'uneixen en un sol i s'introdueix en una columna d'absorció (CA-600), per la part inferior d'aquesta. Es realitza una absorció en contracorrent amb aigua freda. Cal recordar que, com més fred estigui l'agent absorbent, millor resulta el fenomen d'absorció. Aquesta aigua procedeix de l'àrea 900, ja que aquesta no s'emmagatzema amb la resta de dissolvents per seguretat, ja que si alguna substància del procés contacta amb aigua aquesta reacciona molt violentament.

Per tal de vendre l'HCl provinent del procés absorbit amb aigua, és necessari que la mescla resultant contingui un percentatge de clorur d'hidrogen estàndard, ja que aquests són els percentatges comercials. Així doncs, es decideix preparar una solució d'àcid clorhídric al 35% en pes, per tant, s'ha de regular la proporció d'aigua a l'entrada de l'absorbidor.

Tal i com s'ha comentat anteriorment, és possible que es formin subproductes no desitjats en el reactor R-301 com a resultat de la piròlisi. En aquest cas, aquests residus s'envien al sistema de gestió corresponent, on aquests reben un tractament adequat per a cada un d'ells.

A més a més del clorur d'hidrogen s'obté com a residu les solucions de sosa i de clorur d'amoni utilitzades pel rentat de la reïna del reactor R-401. Aquestes solucions queden brutes un cop s'han fet passar per l'interior del reactor, ja que arrossegueu els subproductes formats en la reacció de síntesi de carbaril, els quals es queden adherits a la reïna un cop s'han format. Aquestes solucions s'emmagatzemen en tancs en aquesta àrea per ser enviats a un gestor de residus per tal de que es purifiquin aquests compostos.

1.6.3.7. Àrea 700: Emmagatzematge de productes acabats

En aquesta àrea s'emmagatzema el carbaril un cop ha cristal·litzat i s'ha assecat. Aquest s'emmagatzema en big bags d'una capacitat de 1000 kg cada un per a la seva comercialització. Per tal de poder-lo emmagatzemar en big bags, és necessari emmagatzemar-lo en sitges en el moment en que el carbaril arriba de l'assegador per tal de poder-lo distribuir en els big bags.

En aquesta àrea també s'emmagatzema l'àcid clorhídric al 35% en pes sintetitzat en l'àrea de tractament de residus.

1.6.3.8. Àrea 800: Emmagatzematge de sòlids

En aquesta àrea s'emmagatzemen aquells reactius que es troben en estat sòlid a temperatura ambient. En aquest procés es troba el clorur d'amoni i la sosa, necessaris per la regeneració de la reïna utilitzada com a catalitzador en la síntesi de carbaril i l'alfa naftol, el qual és un dels reactius principals per a la producció d'aquest.

De la mateixa manera que en l'àrea 100, aquestes substàncies s'han d'emmagatzemar d'acord a la normativa APQ, la qual marca els paràmetres de seguretat necessaris segons el tipus de substància de que es tracti.

L'alfa naftol és un sòlid cristal·lí de color blanc. Molts cops es troba comercialitzat amb una forta coloració. Es tracta d'una substància nociva i perillosa pel medi ambient. Així doncs, s'hauran d'aplicar les mesures de seguretat necessàries a l'hora d'emmagatzemar-lo. Aquest component es transporta a l'àrea 400 per tal de dissoldre'l en toluè i fer-lo reaccionar amb MIC.

El clorur d'amoni és un sòlid que agafa una tonalitat blanquinosa. Es tracta d'una substància nociva i irritant i no és inflamable. De la mateixa manera que l'alfa naftol, és necessari aplicar les mesures de seguretat necessàries a l'hora d'emmagatzemar-lo. Per tal de poder-lo utilitzar com a regenerador de la reïna és necessari dissoldre'l amb aigua per tal de disposar del clorur d'amoni en solució.

La sosa arriba a la planta mitjançant camions, empaquetat amb big bags. Aquest component s'utilitza per regenerar la reïna emprada com a catalitzador en la síntesi de Carbaril. S'emmagatzema en big bags de 1000 kg cada un a pressió atmosfèrica. Per utilitzar-la caldrà dissoldre-la en aigua. Per tal d'obtenir una solució de la concentració desitjada cal calcular la quantitat necessària mitjançant la regulació de la quantitat d'aigua afegida. Cal recordar que per tal d'emmagatzemar la sosa s'ha de consultar l'APQ corresponent ja que la sosa és una substància corrosiva.

Per tal de realitzar el rentat del reactor R-401 es fa passar, en primer lloc una solució de sosa al 4% en pes, i un dia després es fa passar una solució de clorur d'amoni al 5%. Aquestes substàncies es pesen

en una sitja, i un cop pesat la quantitat necessària per preparar solucions d'un 4% i un 5% respectivament es transporta al interior d'un tanc de mescla mitjançant una cinta. Així doncs, el temps total necessari de rentat del reactor és de dos dies.

1.6.3.9. Àrea 900: Serveis de planta

En aquesta àrea es disposa dels serveis necessaris per poder dur a terme les diferents operacions que configuren el procés de producció. Així doncs, a continuació es descriu cada un d'ells.

Oli tèrmic

L'oli tèrmic és una substància que s'empra per a poder dur a terme el bescanvi de calor, tant en els reactors com en els diferents corrents del procés en els quals és necessari variar la temperatura. En aquest procés es disposa de dos olis per a realitzar els bescanvis de calor: el Therminol 62 i el Therminol vlt.

El "Therminol 62", el ofereix un bon bescanvi per temperatures compreses entre els -20°C i els 325°C. Així doncs, resulta un bon fluid tèrmic per aquesta planta, ja que les temperatures d'operació es troben compreses en aquest rang. Tot i així, per a temperatures baixes presenta unes viscositats i densitats bastant elevades, i per tant aquest oli s'utilitza només com a oli calent. Es tracta d'un líquid transparent format d'una mescla de difenil isopropil. Té un flashpoint relativament alt, però tot i així no està classificat com un fluid tèrmic resistent al foc, i en conseqüència és necessari instal·lar algunes mesures de seguretat per minimitzar el risc d'incendi. La vida útil d'aquest fluid depèn del disseny del circuit d'oli tèrmic i de la operació. És possible que, al llarg del temps es formin productes tant volàtils com pesats. Així doncs, una contaminació accelera la descomposició de l'oli, i per tant en aquest moment s'ha de renovar l'oli del circuit d'oli tèrmic.

El "Therminol vlt" el ofereix un bon bescanvi per temperatures compreses entre els -115°C i els 175°C. Així doncs, aquest oli s'utilitza per a bescanvi de calor de temperatures fredes i per refredar. Aquest fluid té un flashpoint de -7°C. És un fluid de classe I, inflamable segons la definició de la NFPA. Per tant, és necessari la instal·lacions de mesures de seguretat per minimitzar el risc. Normalment no és un fluid corrosiu o bé que aquest afecti als metalls o aliatge. Presenta un color blanquinós i un olor característic de hidrocarbur.

En aquest procés de producció disposa de tres circuits diferents d'oli, per tal de poder satisfer les necessitats energètiques de les diferents etapes del procés.

En primer lloc es disposa d'oli de caldera, el qual es troba a una temperatura al voltant de 300°C. Es necessita oli molt calent per la primera etapa de la producció, per tal d'escalfar el fosc i el MMA a la

temperatura desitjada. Aquest oli s'escalfa mitjançant una caldera (CGN-900) a aquesta temperatura. En aquest mateix circuit es disposa d'aquest oli a una temperatura una mica menor per tal de poder mantenir la temperatura del primer reactor, és a dir 260°C.

En segon lloc es disposa d'oli de torre, el qual es refrigera mitjançant una torre de refrigeració (TR-900) fins a una temperatura de 30-40°C. Aquest circuit és necessari per la majoria de condensadors de les torres de destil·lació com pels refrigeradors dels corrents que sigui necessari refredar.

Per últim es disposa d'oli de chiller, que es troba a una temperatura aproximada d'uns -5°C. És necessari disposar d'un fluid refrigerant a tan baixa temperatura a conseqüència de la presència d'HCl en el procés. Per tal de poder realitzar una bona separació d'aquest component de la resta és necessari refredar-la fins a molt baixes temperatures.

Nitrogen gas (N₂)

Degut a la perillositat dels components que prenen part en el procés de producció i el seu comportament fortament reactiu amb el contacte amb oxigen, és de vital importància mantenir una atmosfera lliure de la presència d'aire en els equips i diferents tancs del procés, així com una atmosfera inert. Això s'aconsegueix amb d'utilització del nitrogen gas. S'inertitza els tancs que siguin necessaris fent circular nitrogen per aquests, eliminant el risc d'inflamacions i explosions en l'emmagatzematge i manipulació de certs components de la planta. Es poden tenir problemes de reaccions secundàries dels components que poden provocar accidents, l'aparició de subproductes inestables o bé pèrdues de qualitat del producte en qüestió.

El nitrogen és un gas molt pur, sec i sobretot molt estable i inert ja que està conformat per molècules diatòmiques amb una elevada energia de trencament d'enllaç, la qual cosa evita els problemes derivats de la presència d'oxigen i humitat. És incolor, inodor i no tòxic. Presenta una densitat inferior a la de l'aire, resultat fàcilment desplaçable. La seva solubilitat en els líquids és molt petita, i per tant no hi ha risc de que contami ni els components del procés de producció. Una altra avantatge que presenta és que es pot eliminar enviant-lo a l'atmosfera.

Aquest s'emmagatzema en dipòsits criogènics per tal de mantenir-lo en estat líquid i a molt baixa temperatura. Per tal de poder-lo utilitzar com a gas, és necessari vaporitzar-lo prèviament mitjançant un evaporador.

Aigua de Torre

L'aigua de torre s'utilitza en torres de refrigeració, en primer lloc per tal de refredar l'oli de torre en aquest circuit mitjançant una torre de refrigeració (TR-900). Aquest servei només s'utilitza per aquest

fi, ja que en la resta del procés de producció no es permet la presència d'aigua per tal d'evitar accidents, ja que els components del procés són altament reactius amb aigua.

La torre de refrigeració d'oli de torre és, en essència un bescanviador de calor. Aquesta torre és especial per oli. Es fa caure aigua des de la part superior de la torre, i l'oli circula en sentit transversal a la direcció de l'aigua.

Una part d'aigua de torre es condueix a l'àrea 600, on es duu a terme una absorció del HCl produït en el procés amb aigua de torre per tal de comercialitzar-lo com àcid clorhídric al 35% en pes.

Gas natural

El gas natural és utilitzat en la caldera d'oli tèrmic CA-900 per tal d'escalfar l'oli de cada línia a la temperatura que li pertoca.

El consum de gas natural de la caldera ha de ser especificada pel fabricant. Aquest consum és de 575,75m³/h.

Electricitat

L'electricitat és necessària per el funcionament del procés de producció, ja que s'utilitza per alimentar els diferents equips, bombes, instrumentació, tecnologia de la zona de oficines i administració, la sala de control, el sistema d'il·luminació de la planta, etc. En la parcel·la es disposa d'una connexió de 20 kV, i s'ha de col·locar una estació transformadora a 380 V entre fases. A partir d'aquí es distribueixen les diferents línees a cada zona de la planta.

1.6.3.10. Àrea 1000: Departament ID+R

Aquesta àrea inclou la zona de laboratoris, on es realitza un control exhaustiu de la composició i del grau de puresa del producte, de les matèries primes d'entrada i dels residus, per tal de comprovar que s'ha assolit el grau desitjat.

També inclou l'àrea de recerca i investigació per tal de que la planta no es quedi obsoleta i poder progressar tecnològicament d'acord amb els avenços que sorgeixin.

1.6.3.11. Àrea 1100: Piscina contra incendis

En aquesta àrea es troba una piscina plena d'aigua per tal de garantir un subministrament d'aigua per tal de poder apagar els possibles focs que puguin generar-se en cas d'accident durant un espai de temps que està determinat en funció del risc de la planta. En general es pren, com a mínim, que s'ha

de disposar d'una quantitat d'aigua necessària per poder cobrir com a mínim un espai de temps entre 1,5 i 3 hores.

1.6.3.12. Oficines

Aquesta àrea inclou la zona dels despatxos dels directius, la zona d'administració, sales de reunions, oficines de recursos humans, etc. Aquesta àrea també inclou la zona de aparcaments pels treballadors tant de planta com els oficinistes i directius. Per tal de calcular la grandària d'aquesta zona es consulta la normativa estipulada a l'Article 6.2 de la NBE-CPI/96, on s'estableix que cada persona ha de disposar d'una ocupació de 10 m².

1.6.4. Plantilla de treballadors

Com ja s'ha especificat anteriorment, la planta de producció de carbaril produeix durant 300 dies les 24 hores. En primer lloc, s'ha de tenir en compte que hi han uns dies concrets en que la planta roman parada per tasques de manteniment. Per tant, aquests dies d'operació es contenen com a dies treballats, però no s'inclouen en els dies de producció de la planta.

Així doncs, s'han addicionar aquests dies d'arrencada i de parada de la planta, on es considera que cada arrencada i cada parada dura un dia cadascun, respectivament. A més a més, cada cop que es realitza una parada s'aprofita per realitzar manteniment a la planta, el qual dura tres dies.

En total es comptabilitzen tres parades a l'any; una al mes d'agost, al Nadal i setmana Santa. Per tant, als 300 dies d'operació se li afegeix 6 dies d'arrencada i parada i 9 dies de manteniment, sumant 315 treballats.

$$315 \text{ dies} \frac{24 \text{ h}}{\text{dia}} = 7560 \text{ hores treballades}$$

Per tal d'establir els dies que duren les parades que es duen a terme, cal conèixer els dies en que la planta es troba parada, de la següent manera:

$$365 - 315 = 50 \text{ dies/parada}$$

Aquests dies de parada obtinguts es reparteixen de la següent manera:

Agost: 31 dies parada

Nadal: 12 dies parada

Setmana Santa: 7 dies parada

A continuació es decideixen els torns de la plantilla de treballadors de la planta. S'estipula que es disposa de quatre torns rotatoris els quals treballen vuit hores al dia. Cada torn disposa d'un grup de treball. Seguidament es mostra un quadre de torns d'una setmana. S'ha de considerar que aquests torns aniran rotant cada setmana.

Taula 18.19. Quadre de torns de la planta de producció.

	Dilluns	Dimarts	Dimecres	Dijous	Divendres	Dissabte	Diumenge
6:00-14:00	T1	T1	T2	T2	T2	T2	T2
14:00-22:00	T3	T3	T3	T3	T3	T4	T4
22:00-6:00	T4	T4	T4	T1	T1	T1	Textra

En el quadre de torns es pot observar que cada grup de treballadors treballa 40 hores setmanals en torns rotatoris, però queda una franja de vuit hores sense cobrir, per tant s'instaura un torn extra que es reparteix entre els grups de treball rotativament. Cal comentar que els torns de cap de setmana i els nocturns tenen un plus extra.

Els treballadors de la planta es divideixen en diferents rangs, segons el tipus de tasca que duguin a terme:

Directius: són les persones encarregades de gestionar l'empresa per tal de garantir el bon funcionament d'aquesta així com el seu progrés. En aquesta planta es disposa de 5 directius.

Caps de secció: són les persones encarregades de supervisar els diferents grups que conformen els torns de treball de cada àrea. Es disposa de 20 caps de secció.

Especialistes: són les persones que disposen d'una formació especialitzada. Aquest grup està format per enginyers de procés, enginyers químics i industrials, responsables de seguretat, qualitat i medi ambient, tècnics de laboratori, electricistes, fontaners, soldadors, tècnics de control i instrumentació, treball de recerca i investigació etc. Es disposa de 50 especialistes.

Operaris: són les persones encarregades de dur a terme les parts del procés que no es trobin automatitzades, tasques de manteniment o qualsevol modificació, etc. A la planta es disposa de 80 operaris.

Administratius: són les persones encarregades de la comptabilitat, marketing, recursos humans, gestió de l'empresa, etc. Es disposa de 20 administratius.

Si es fa el recompte del número de treballadors de la planta, s'observa que la planta disposa de 175 treballadors, els quals es reparteixen en els diferents torns mostrats anteriorment.

1.7. Balanç de matèria

A continuació s'adjunta una taula amb el balanç de matèria, on es mostren els diferents corrents que circulen per la planta de producció de carbaril, distribuïts en diferents àrees. A més a més, es mostra una taula resum per comprovar que el balanç de matèria es compleix, és a dir, que el nombre de quilograms d'entrada al procés és el mateix que el nombre de quilograms de sortida, tal i com dicta la llei de conservació de matèria, on la matèria no es crea ni es destrueix, només es transforma.

La puresa obtinguda del carbaril és del 97,1%.

Taula 19.20. Quadre resum dels corrents d'entrada i sortida.

Entrada		Sortida	
Component	kg/h	Component	kg/h
MMA	270.13	Carbaril	1741.59
Fosgè	1075.35	HCl	598.18
Cloroform	11940	Cloroform	11709.35
Toluè	5651.87	Toluè	2648,41
1-Naftol	1360.1	1-Naftol	63.47
Total	20297.45	Total	36662.74

Taula 20.21. Balanç de matèria de la planta de producció de Carbaril

Corrent	1	2	2a	3	3a	3b	4	5	5a	6
Temperatura (°C)	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Pressió (bars)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Densitat (Kg/m ³)	699	699	699	699	699	699	699	699	699	699
Estat físic	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
Cabal	(Kg/h)									
MMA	20970	20970	20970	20970	20970	20970	270,13	270,13	270,13	270,13
Fosgè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cloroform	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HCl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MCC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MIC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Toluè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-Naftol	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H ₂ O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NaOH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NH ₄ Cl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Carbaril	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	20970	20970	20970	20970	20970	20970	270,13	270,13	270,13	270,13

Corrent	6a	7	8	8a	9	9a	10(a-c)	11	12	13
Temperatura (°C)	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Pressió (bars)	4	4	4	4	4	4	2	2	2	2
Densitat (Kg/m ³)	699	699	699	699	699	699	1432	1432	1432	1432
Estat físic	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
Cabal	(Kg/h)									
MMA	270,13	270,13	270,13	270,13	270,13	270,13	0	0	0	0
Fosgè	0	0	0	0	0	0	42960	42960	42960	42960
Cloroform	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HCl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MCC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MIC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Toluè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-Naftol	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H ₂ O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NaOH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NH ₄ Cl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Carbaril	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	270,13	270,13	270,13	270,13	270,13	270,13	42960	42960	42960	42960

Corrent	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Temperatura (°C)	25	25	25	5	5	5	5	5	5	5
Pressió (bars)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Densitat (Kg/m ³)	1432	1432	1432	1388	1388	1388	1388	1388	1388	1388
Estat físic	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
Cabal	(Kg/h)									
MMA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fosgè	42960	42960	42960	860,02	860,02	860,02	860,02	860,02	860,02	860,02
Cloroform	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HCl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MCC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MIC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Toluè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-Naftol	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H ₂ O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NaOH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NH ₄ Cl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Carbaril	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	42960	42960	42960	860,02	860,02	860,02	860,02	860,02	860,02	860,02

Corrent	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Temperatura (°C)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Pressió (bars)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Densitat (Kg/m ³)	1388	1388	1388	1388	1388	1388	1388	1388	1388	1388
Estat físic	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
Cabal	(Kg/h)									
MMA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fosgè	860,02	860,02	860,02	860,02	860,02	860,02	860,02	860,02	860,02	860,02
Cloroform	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HCl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MCC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MIC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Toluè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-Naftol	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H ₂ O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NaOH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NH ₄ Cl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Carbaril	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	860,02	860,02	860,02	860,02	860,02	860,02	860,02	860,02	860,02	860,02

Corrent	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
Temperatura (°C)	5	5	5	25	25	25	25	25	25	25
Pressió (bars)	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1
Densitat (Kg/m ³)	1388	1388	1388	859,6	859,6	859,6	859,6	859,6	859,6	859,6
Estat físic	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
Cabal	(Kg/h)									
MMA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fosgè	860,02	860,02	860,02	0	0	0	0	0	0	0
Cloroform	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HCl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MCC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MIC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Toluè	0	0	0	25788	25788	25788	25788	25788	25788	25788
1-Naftol	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H ₂ O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NaOH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NH ₄ Cl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Carbaril	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	860,02	860,02	860,02	25788	25788	25788	25788	25788	25788	25788

Corrent	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53
Temperatura (°C)	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Pressió (bars)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Densitat (Kg/m ³)	859,6	859,6	859,6	859,6	859,6	859,6	859,6	859,6	859,6	859,6
Estat físic	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
Cabal	(Kg/h)									
MMA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fosgè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cloroform	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HCl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MCC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MIC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Toluè	25788	5651,87	5651,87	5651,87	5651,87	5651,87	5651,87	5651,87	5651,87	5651,87
1-Naftol	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H ₂ O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NaOH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NH ₄ Cl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Carbaril	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	25788	5651,87	5651,87	5651,87	5651,87	5651,87	5651,87	5651,87	5651,87	5651,87

Corrent	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63
Temperatura (°C)	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Pressió (bars)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Densitat (Kg/m ³)	859,6	859,6	859,6	1479	1479	1479	1479	1479	1479	1479
Estat físic	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
Cabal	(Kg/h)									
MMA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fosgè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cloroform	0	0	0	44370	44370	44370	44370	44370	44370	44370
HCl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MCC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MIC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Toluè	5651,87	5651,87	5651,87	0	0	0	0	0	0	0
1-Naftol	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H ₂ O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NaOH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NH ₄ Cl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Carbaril	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	5651,87	5651,87	5651,87	44370	44370	44370	44370	44370	44370	44370

Corrent	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73
Temperatura (°C)	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Pressió (bars)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Densitat (Kg/m ³)	1479	1479	1479	1479	1479	1479	1479	1479	1479	1479
Estat físic	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
Cabal	(Kg/h)									
MMA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fosgè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cloroform	44370	238,8	238,8	238,8	238,8	238,8	238,8	238,8	238,8	238,8
HCl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MCC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MIC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Toluè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-Naftol	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H ₂ O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NaOH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NH ₄ Cl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Carbaril	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	44370	238,8	238,8	238,8	238,8	238,8	238,8	238,8	238,8	238,8

Corrent	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83
Temperatura (°C)	25	25	25	7,5	205	205	205	205	205	-6,35
Pressió (bars)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Densitat (Kg/m ³)	1479	1479	1479	21,72	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	685,5
Estat físic	L	L	L	L/V	V	V	V	V	V	L/V
Cabal	(Kg/h)									
MMA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	270,13
Fosgè	0	0	0	1075,35	1075,35	1075,35	1075,35	1075,35	1075,35	0
Cloroform	238,8	238,8	238,8	0	0	0	0	0	0	0
HCl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MCC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MIC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Toluè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-Naftol	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H ₂ O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NaOH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NH ₄ Cl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Carbaril	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	238,8	238,8	238,8	1075,35	1075,35	1075,35	1075,35	1075,35	1075,35	270,13

Corrent	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93
Temperatura (°C)	240	240	240	240	240	260	88,13	88,13	25	25
Pressió (bars)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Densitat (Kg/m ³)	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	2,47	2,47	2,47	1479	1479
Estat físic	V	V	V	V	V	V	L/V	L/V	L	L
Cabal	(Kg/h)									
MMA	270,13	270,13	270,13	270,13	270,13	0	0	0	0	0
Fosgè	0	0	0	0	0	215,07	215,07	215,07	0	0
Cloroform	0	0	0	0	0	0	0	0	11940	11940
HCl	0	0	0	0	0	317,10	317,10	317,10	0	0
MCC	0	0	0	0	0	813,28	813,28	813,28	0	0
MIC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Toluè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-Naftol	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H ₂ O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NaOH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NH ₄ Cl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Carbaril	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	270,13	270,13	270,13	270,13	270,13	1345,45	1345,45	1345,45	11940	11940

Corrent	94	95	96	96a	97	97a	98	99	100	101
Temperatura (°C)	25	25	5	5	9,45	9,45	37,8	37,8	37,8	37,8
Pressió (bars)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Densitat (Kg/m ³)	1479	1479	1520	1520	2,02	2,02	1423	1423	1423	1423
Estat físic	L	L	L	L	V	V	L	L	L	L
Cabal	(Kg/h)									
MMA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fosgè	0	0	0	0	0	0	215,07	215,07	215,07	215,07
Cloroform	11940	11940	11940	11940	130,11	130,11	11807,39	11807,39	11807,39	11807,39
HCl	0	0	0	0	281,08	281,08	36,02	36,02	36,02	36,02
MCC	0	0	0	0	0	0	813,28	813,28	813,28	813,28
MIC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Toluè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-Naftol	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H ₂ O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NaOH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NH ₄ Cl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Carbaril	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	11940	11940	11940	11940	411,19	411,19	12871,76	12871,76	12871,76	12871,76

Corrent	101a	102	103	104	105	105a	105b	106	107	107a	108
Temperatura (°C)	37,8	37,8	37,8	37,8	6	6	6	71,25	-0,25	-0,25	-0,25
Pressió (bars)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Densitat (Kg/m ³)	1423	1423	1423	1423	1475	1477	1,5	7,86	1499	1499	5,14
Estat físic	L	L	L	L	L	L	V	V	L	L	V
Cabal	(Kg/h)										
MMA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fosgè	215,07	215,07	215,07	215,07	215,07	215,07	0	0	0	0	0
Cloroform	11807,39	11807,39	11807,39	11807,39	11807,39	11807,39	0	853,37	831,77	831,77	0
HCl	36,02	36,02	36,02	36,02	36,02	0	36,02	314,68	33,6	33,6	281,08
MCC	813,28	813,28	813,28	813,28	813,28	813,28	0	0	0	0	0
MIC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Toluè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-Naftol	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H ₂ O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NaOH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NH ₄ Cl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Carbaril	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	12871,76	12871,76	12871,76	12871,76	12871,76	12835,74	36,02	1168,05	865,37	865,37	281,08

Corrent	109	110	111	112	113	114	114a	115	116	116a	117
Temperatura (°C)	61,1	61	61	61	61	61	25	6,4	-1,45	-1,45	-1,45
Pressió (bars)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Densitat (Kg/m ³)	4,35	1402	1402	1402	1402	1402	1479	4,18	1400	1400	3,56
Estat físic	V	L	L	L	L	L	L	V	L	L	V
Cabal	(Kg/h)										
MMA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fosgè	0	0	0	0	0	0	0	2375,05	2160	2160	215,06
Cloroform	962,94	1071,46	130,11	130,11	130,11	130,11	130,11	1,63	1,61	1,61	0
HCl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MCC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MIC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Toluè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-Naftol	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H ₂ O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NaOH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NH ₄ Cl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Carbaril	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	962,94	1071,46	130,11	130,11	130,11	130,11	130,11	2376,68	2161,61	2161,61	215,06

Corrent	118	119	120	121	122	123	124	124a	125	126
Temperatura (°C)	63,31	63,31	62,78	63,31	63,31	63,31	63,31	63,31	63,31	63,31
Pressió (bars)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Densitat (Kg/m ³)	1374	4,31	1381	1374	1374	1374	1374	1374	1374	1374
Estat físic	L	V	L	L	L	L	L	L	L	L
Cabal	(Kg/h)									
MMA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fosgè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cloroform	5903,69	4846,71	16654,08	11807,37	11807,37	11807,37	11807,37	11807,37	11807,37	11807,37
HCl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MCC	406,64	47,93	861,21	813,28	813,28	813,28	813,28	813,28	813,28	813,28
MIC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Toluè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-Naftol	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H ₂ O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NaOH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NH ₄ Cl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Carbaril	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	6310,33	4894,64	17515,29	12620,65	12620,65	12620,65	12620,65	12620,65	12620,65	12620,65

Corrent	127	128	129	130	130a	131	132	133	134	135
Temperatura (°C)	63,31	63,31	61,1	61	61	61	25	97,65	78,55	97,65
Pressió (bars)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Densitat (Kg/m ³)	1374	1374	4,35	1401	1401	1401	1459	3,52	1231	1113
Estat físic	L	L	V	L	L	L	L	V	L	L
Cabal	(Kg/h)									
MMA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fosgè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cloroform	11807,37	5903,69	5789,63	5789,63	5789,63	5789,63	5789,63	5289,86	5403,93	114,07
HCl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MCC	813,28	406,64	0	0	0	0	0	3826,15	4232,79	406,64
MIC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Toluè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-Naftol	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H ₂ O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NaOH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NH ₄ Cl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Carbaril	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	12620,65	6310,33	5789,63	5789,63	5789,63	5789,63	5789,63	9116,01	9636,72	520,71

Corrent	136	137	138	139	140	140a	141	142	143	144
Temperatura (°C)	97,65	97,65	97,65	61,1	61	61,1	61,1	25	25	97,65
Pressió (bars)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Densitat (Kg/m ³)	1113	1113	1113	4,35	1401	1041	1041	1459	1459	3,52
Estat físic	L	L	L	V	L	L	L	L	L	V
Cabal	(Kg/h)									
MMA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fosgè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cloroform	114,07	114,07	114,07	5798,63	5798,63	5789,64	5789,64	5798,63	11579,24	5289,86
HCl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MCC	406,64	406,64	406,64	0	0	0	0	0	0	3826,15
MIC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Toluè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-Naftol	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H ₂ O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NaOH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NH ₄ Cl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Carbaril	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	520,71	520,71	520,705	5798,63	5798,63	5789,64	5789,64	5798,63	11579,24	9116,01

Corrent	145	146	147	148	149	150	151	152	152a	153
Temperatura (°C)	78,55	97,65	97,65	97,65	97,65	93,79	93,79	93,79	11,85	93,79
Pressió (bars)	1	1	1	1	1	9,5	9,5	9,5	1	9,5
Densitat (Kg/m ³)	1231	1113	1113	1113	1113	1118	16,75	16,75	1,74	1118
Estat físic	L	L	L	L	L	L	V	V	L/V	L
Cabal	(Kg/h)									
MMA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fosgè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cloroform	5403,93	114,07	114,07	114,07	114,07	829,11	116,11	232,22	232,22	829,11
HCl	0	0	0	0	0	14,97	143,59	287,18	287,18	14,97
MCC	4232,79	406,64	406,64	406,64	406,64	98,96	2,71	5,42	5,42	98,96
MIC	0	0	0	0	0	191,87	56,23	112,46	112,46	191,87
Toluè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-Naftol	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H ₂ O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NaOH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NH ₄ Cl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Carbaril	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	9636,72	520,71	520,71	520,71	520,71	1134,91	318,64	637,29	637,29	1134,91

Corrent	154	155	156	156a	157	158	159	159a	160	161
Temperatura (°C)	93,79	93,79	93,79	93,79	93,79	93,79	93,79	49,58	2,05	2,05
Pressió (bars)	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	1	1	1
Densitat (Kg/m ³)	1118	1118	1118	1118	1118	1118	1118	19,62	43,02	43,02
Estat físic	L	L	L	L	L	L	L	L/V	V	V
Cabal	(Kg/h)									
MMA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fosgè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cloroform	829,11	829,11	1658,23	1658,23	1658,23	1658,23	1658,23	1658,23	0	0
HCl	14,97	14,97	29,93	29,93	29,93	29,93	29,93	29,93	1268,38	1268,38
MCC	98,96	98,96	197,91	197,91	197,91	197,91	197,91	197,91	0	0
MIC	191,87	191,87	383,74	383,74	383,74	383,74	383,74	383,74	0	0
Toluè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-Naftol	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H ₂ O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NaOH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NH ₄ Cl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Carbaril	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	1134,91	1134,91	2269,82	2269,82	2269,82	2269,82	2269,82	2269,82	1268,38	1268,38

Corrent	161a	162	163	164	165	165a	165b	166	166a	167
Temperatura (°C)	2,05	2,05	40,3	39,3	39,3	39,3	39,3	39,3	39,3	39,3
Pressió (bars)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Densitat (Kg/m ³)	43,02	43,02	60,15	831,4	860,3	860,3	860,3	860,3	860,3	860,3
Estat físic	V	V	V	L	L	L	L	L	L	L
Cabal	(Kg/h)									
MMA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fosgè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cloroform	0	0	1328,26	3218,71	1890,45	1890,45	1890,45	1890,45	1890,45	1890,45
HCl	1268,38	317,10	0	0	0	0	0	0	0	0
MCC	0	0	57,99	261,32	203,33	203,33	203,33	203,33	203,33	203,33
MIC	0	0	686,44	1182,64	496,21	496,21	496,21	496,21	496,21	496,21
Toluè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-Naftol	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H ₂ O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NaOH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NH ₄ Cl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Carbaril	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	1268,38	317,10	2072,69	4662,67	2589,99	2589,99	2589,99	2589,99	2589,99	2589,99

Corrent	168	168a	169	170	171	172	172a	173	174	175
Temperatura (°C)	39,3	39,3	39,3	39,3	40,37	38,78	38,78	38,78	64,37	62,41
Pressió (bars)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Densitat (Kg/m ³)	860,3	860,3	860,3	860,3	43,02	766,4	766,4	766,4	4,28	1380
Estat físic	L	L	L	L	V	L	L	L	V	L
Cabal	(Kg/h)									
MMA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fosgè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cloroform	1890,45	1890,45	945,23	945,23	16,71	13,93	13,93	0	1908,66	2851,10
HCl	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0
MCC	203,33	203,33	101,67	101,67	0	0	0	0	29,90	131,56
MIC	496,21	496,21	248,11	248,11	1481,23	1234,48	1234,48	248,19	5,85	7,19
Toluè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-Naftol	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H ₂ O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NaOH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NH ₄ Cl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Carbaril	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	2589,99	2589,99	1295,00	1295,00	1497,95	1248,40	1248,40	248,19	1944,40	2989,85

Corrent	176	177	178	179	180	181	181a	182	183	184
Temperatura (°C)	64,37	64,37	64,37	64,37	40,37	38,78	38,78	38,78	64,37	62,41
Pressió (bars)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Densitat (Kg/m ³)	1360	1360	1360	1360	43,02	766,4	766,4	766,4	4,28	1380
Estat físic	L	L	L	L	V	L	L	L	V	L
Cabal	(Kg/h)									
MMA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fosgè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cloroform	945,23	945,23	945,23	945,23	16,71	13,93	13,93	0	1908,66	2851,10
HCl	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0
MCC	101,67	101,67	101,67	101,67	0	0	0	0	29,90	131,56
MIC	0	0	0	0	1481,23	1234,48	1234,48	248,19	5,85	7,19
Toluè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-Naftol	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H ₂ O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NaOH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NH ₄ Cl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Carbaril	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	1046,89	1046,89	1046,89	1046,89	1497,95	1248,40	1248,40	248,19	1944,40	2989,85

Corrent	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194
Temperatura (°C)	64,37	64,37	64,37	64,37	25	25	25	25	83,1	83,1
Pressió (bars)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Densitat (Kg/m ³)	1360	1360	1360	1360	859,6	859,6	859,6	859,6	843	843
Estat físic	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
Cabal	(Kg/h)									
MMA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fosgè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cloroform	945,23	945,23	945,23	945,23	0	0	0	0	0	0
HCl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MCC	101,67	101,67	101,67	101,67	0	0	0	0	0	0
MIC	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0	0	0	0	0
Toluè	0	0	0	0	5651,87	5651,87	5651,87	5651,87	5651,87	5651,87
1-Naftol	0	0	0	0	0	0	0	0	1360,10	1360,10
H ₂ O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NaOH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NH ₄ Cl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Carbaril	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	1046,89	1046,89	1046,89	1046,89	5651,87	5651,87	5651,87	5651,87	7011,97	7011,97

Corrent	195	196	197	198	199	200	201	201a	202	203
Temperatura (°C)	83,1	83,1	25	25	25	25	25	25	25	25
Pressió (bars)	1,4	1,4	1	1	1	1	1	1	1	1
Densitat (Kg/m ³)	843	843	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Estat físic	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
Cabal	(Kg/h)									
MMA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fosgè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cloroform	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HCl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MCC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MIC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Toluè	5651,87	5651,87	0	0	0	0	0	0	0	0
1-Naftol	1360,10	1360,10	0	0	0	0	0	0	0	0
H ₂ O	0	0	82,50	82,50	82,50	82,50	78,38	79,2	78,38	78,38
NaOH	0	0	0	0	0	0	0	3,3	0	0
NH ₄ Cl	0	0	0	0	0	0	4,13	0	4,13	4,13
Carbaril	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	7011,97	7011,97	82,50	82,50	82,50	82,50	82,50	82,50	82,50	82,50

Corrent	204/204a	205	206	207	208	209	210	211	212	213
Temperatura (°C)	25	38,8	5	5	5	5	5	5	5	5
Pressió (bars)	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3
Densitat (Kg/m ³)	1000	763,4	802,4	802,4	802,4	802,4	802,4	802,4	802,4	802,4
Estat físic	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
Cabal	(Kg/h)									
MMA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fosgè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cloroform	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HCl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MCC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MIC	0	548,82	548,82	274,41	274,41	274,41	274,41	274,41	274,41	274,41
Toluè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-Naftol	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H ₂ O	78,38	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NaOH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NH ₄ Cl	4,13	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Carbaril	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	82,50	548,82	548,82	274,41	274,41	274,41	274,41	274,41	274,41	274,41

Corrent	215	216	217	218	219	220	220a	220b	220c	221
Temperatura (°C)	5	5	5	5	5	38	38	38	38	38
Pressió (bars)	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1
Densitat (Kg/m ³)	802,4	802,4	802,4	802,4	802,4	763,4	763,4	763,4	763,4	763,4
Estat físic	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
Cabal	(Kg/h)									
MMA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fosgè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cloroform	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HCl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MCC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MIC	274,41	274,41	274,41	548,82	548,82	548,82	548,82	548,82	548,82	548,82
Toluè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-Naftol	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H ₂ O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NaOH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NH ₄ Cl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Carbaril	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	274,41	274,41	274,41	548,82	548,82	548,82	548,82	548,82	548,82	548,82

Corrent	222	223	224	225	226	226a	227	228	228a	229
Temperatura (°C)	83,1	25	83,1	38	82,61	82,61	82,61	82,61	82,61	82,61
Pressió (bars)	1,4	1	1,4	1	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Densitat (Kg/m ³)	843	1000	843	763,4	837,7	837,7	837,7	837,7	837,7	837,7
Estat físic	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
Cabal	(Kg/h)									
MMA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fosgè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cloroform	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HCl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MCC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MIC	0	0	0	548,82	47,65	47,65	47,65	47,65	47,65	47,65
Toluè	5651,87	0	5651,87	0	5651,87	5651,87	5651,87	5651,87	5651,87	5651,87
1-Naftol	1360,10	0	1360,10	0	112,32	112,32	112,32	112,32	112,32	112,32
H ₂ O	0	78,38	0	0	0	0	0	0	0	0
NaOH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NH ₄ Cl	0	4,13	0	0	0	0	0	0	0	0
Carbaril	0	0	0	0	1741,59	1741,59	1741,59	1741,59	1741,59	1741,59
Total	7011,97	82,50	7011,97	548,82	7553,43	7553,43	7553,43	7553,43	7553,43	7553,43

Corrent	230	231	232	233	233a	233b	234	235	235a	236
Temperatura (°C)	82,61	82,61	82,61	82,61	82,61	73,89	38,94	37,88	37,88	37,88
Pressió (bars)	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1	1	1	1	1
Densitat (Kg/m ³)	837,7	837,7	837,7	837,7	837,7	834,6	2,24	767,3	767,3	767,3
Estat físic	L	L	L	L	L	L	V	L	L	L
Cabal	(Kg/h)									
MMA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fosgè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cloroform	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HCl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MCC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MIC	47,65	47,65	47,65	47,65	47,65	47,65	285,84	238,20	238,20	47,64
Toluè	5651,87	5651,87	5651,87	5651,87	5651,87	5651,87	0	0	0	0
1-Naftol	112,32	112,32	112,32	112,32	112,32	112,32	0	0	0	0
H ₂ O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NaOH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NH ₄ Cl	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0
Carbaril	1741,59	1741,59	1741,59	1741,59	1741,59	1741,59	0	0	0	0
Total	7553,43	7553,43	7553,43	7553,43	7553,43	7553,43	285,84	238,20	238,20	47,64

Corrent	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246
Temperatura (°C)	115,7	114,4	115,7	115,7	115,7	115,7	82,74	82,74	82,74	82,74
Pressió (bars)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Densitat (Kg/m ³)	2,89	794,4	797,2	797,2	797,2	797,2	1330	1330	1330	1330
Estat físic	V	L	L	L	L	L	L	L	L	L
Cabal	(Kg/h)									
MMA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fosgè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cloroform	0	0	0	0	0	0	1890,45	1890,45	1890,45	1890,45
HCl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MCC	0	0	0	0	0	0	1016,65	1016,65	1016,65	1016,65
MIC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Toluè	2018,73	7670,91	5651,67	5651,67	5651,67	5651,67	0	0	0	0
1-Naftol	0,04	112,37	112,32	112,32	112,32	112,32	0	0	0	0
H ₂ O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NaOH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NH ₄ Cl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Carbaril	2,14	1743,73	1741,59	1741,59	1741,59	1741,59	0	0	0	0
Total	2020,91	9527,01	7505,59	7505,59	7505,59	7505,59	2907,10	2907,10	2907,10	2907,10

Corrent	247	248	249	250	250a	251	252	253	254	255
Temperatura (°C)	82,74	82,74	93,79	93,79	84,32	93,79	93,79	93,79	114,8	114,8
Pressió (bars)	1	1	9,5	9,5	1	9,50	9,50	9,50	1	1
Densitat (Kg/m ³)	1330	1330	16,75	16,75	36,66	1118	1118	1118	797,2	797,2
Estat físic	L	L	V	V	V	L	L	L	L	L
Cabal	(Kg/h)									
MMA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fosgè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cloroform	945,226	945,226	116,11	116,11	116,11	829,12	829,12	829,12	0	0
HCl	0	0	143,59	143,59	143,59	14,97	14,97	14,97	0	0
MCC	508,3251	508,3251	2,71	2,71	2,71	98,96	98,96	98,96	0	0
MIC	0	0	56,23	56,23	56,23	191,87	191,87	191,87	0	0
Toluè	0	0	0	0	0	0	0	0	5652,18	5652,18
1-Naftol	0	0	0	0	0	0	0	0	112,32	112,32
H ₂ O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NaOH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NH ₄ Cl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Carbaril	0	0	0	0	0	0	0	0	1741,59	1741,59
Total	1453,55	1453,55	318,64	318,64	318,64	1134,91	1134,91	1134,91	7506,10	7506,10

Corrent	256	257	258	259	260	261	262	263	264	264a
Temperatura (°C)	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65
Pressió (bars)	0,1644	0,11505	0,1644	0,1644	0,1644	0,1644	0,1644	0,1644	0,1644	0,0657
Densitat (Kg/m ³)	0,5459	0,5459	797,2	797,2	797,2	797,2	797,2	797,2	797,2	0,21
Estat físic	V	V	L	L	L	L	L	L	L	V
Cabal	(Kg/h)									
MMA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fosgè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cloroform	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HCl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MCC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MIC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Toluè	1402,73	2394,54	1422,65	1422,77	1422,77	1422,77	1422,77	1422,77	1422,77	991,81
1-Naftol	0	0	53,14	53,14	53,14	53,14	53,14	53,14	53,14	0
H ₂ O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NaOH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NH ₄ Cl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Carbaril	0	0	874,85	874,85	874,85	874,85	874,85	874,85	874,85	0
Total	1402,73	2394,54	2350,64	2350,76	2350,76	2350,76	2350,76	2350,76	2350,76	991,81

Corrent	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274
Temperatura (°C)	65	65	65	65	65	65	65	65	25	25
Pressió (bars)	0,0657	0,0657	0,0657	0,0657	0,0657	0,0657	0,0657	0,11505	0,11505	0,11505
Densitat (Kg/m ³)	797,2	797,2	797,2	797,2	797,2	797,2	797,2	0,37795	797,2	797,2
Estat físic	L	L	L	L	L	L	L	V	L	L
Cabal	(Kg/h)									
MMA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fosgè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cloroform	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HCl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MCC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MIC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Toluè	430,96	430,96	430,96	430,96	430,96	430,96	430,96	2394,54	2394,54	2394,54
1-Naftol	53,14	53,14	53,14	53,14	53,14	53,14	53,14	0	0	0
H ₂ O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NaOH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NH ₄ Cl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Carbaril	874,83	874,83	874,83	874,83	874,83	874,83	874,83	0	0	0
Total	1358,93	1358,93	1358,93	1358,93	1358,93	1358,93	1358,93	2394,54	2394,54	2394,54

Corrent	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285
Temperatura (°C)	25	25	65	65	65	65	65	65	65	65	65
Pressió (bars)	0,11505	0,11505	0,1644	0,1644	0,1644	0,1644	0,1644	0,1644	0,1644	0,1644	0,0657
Densitat (Kg/m ³)	797,2	797,2	797,2	797,2	797,2	797,2	797,2	797,2	797,2	797,2	797,2
Estat físic	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
Cabal	(Kg/h)										
MMA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fosgè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cloroform	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HCl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MCC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MIC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Toluè	5789,15	5789,15	1422,65	1402,73	1422,65	1422,65	1422,65	1422,65	1422,65	1422,65	430,96
1-Naftol	0	0	53,14	0	53,14	53,14	53,14	53,14	53,14	53,14	53,14
H ₂ O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NaOH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NH ₄ Cl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Carbaril	0	0	874,85	0	874,85	874,85	874,85	874,85	874,85	874,85	874,83
Total	5789,15	5789,15	2350,64	1402,73	2350,64	2350,64	2350,64	2350,64	2350,64	2350,64	1358,93

Corrent	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296
Temperatura (°C)	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65
Pressió (bars)	0,0657	0,0657	0,0657	0,0657	0,0657	0,0657	0,0657	0,0657	0,0657	0,0657	0,0657
Densitat (Kg/m ³)	797,2	797,2	797,2	797,2	797,2	797,2	797,2	797,2	797,2	797,2	797,2
Estat físic	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
Cabal	(Kg/h)										
MMA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fosgè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cloroform	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HCl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MCC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MIC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Toluè	430,96	430,96	430,96	430,96	430,96	430,96	861,92	253,87	253,87	253,87	253,87
1-Naftol	53,14	53,14	53,14	53,14	53,14	53,14	106,28	63,47	63,47	63,47	63,47
H ₂ O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NaOH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NH ₄ Cl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Carbaril	874,83	874,83	874,83	874,83	874,83	874,83	1749,66	0	0	0	0
Total	1358,93	1358,93	1358,93	1358,93	1358,93	1358,93	2717,86	317,34	317,34	317,34	317,34