



Quilemol S.A.

Projecte Final de Carrera  
**PLANTA DE PRODUCCIÓ  
DE CARBARIL**

**Marc Camps Rafé  
Carlos León Galzas  
Raquel Morera Barragán  
Javier Reina Grimaldos  
James Steele Cater**

**GRUP 9**

**Tutora: M<sup>re</sup> Eugènia Suárez Ojeda**

**UAB**

Universitat Autònoma  
de Barcelona

# **1. Introducció**

# 1. Introducció

---

## ÍNDIX

1.1. Definició del projecte.....	3
1.1.1. Bases del projecte .....	3
1.1.2. Abast del projecte .....	3
1.1.3. Localització de la planta.....	4
1.1.4. Climatologia de Tarragona.....	6
1.1.5. Biodiversitat de Tarragona.....	7
1.2. Nomenclatura de la memòria.....	10
1.3. Catàstrofe de Bhopal.....	12
1.3.1 Introducció .....	12
1.3.2. Els antecedents de Bhopal .....	13
1.3.3. Toxicitat i efectes del MIC a la població .....	15
1.3.4. Observacions 20 anys després de la catàstrofe .....	16
1.4. Descripció del Procés de Fabricació.....	19
1.4.1. Mètodes obtenció carbaryl .....	19
1.4.2. Característiques físico-químiques de les substàncies del procés.....	21
1.4.3.- Descripció del procés.....	25
1.5. Constitució de la planta .....	31
1.5.1. Àrea 100: Emmagatzematge de fluids. ....	31
1.5.2. Àrea 200: Emmagatzematge de sòlids.....	32
1.5.3. Àrea 300: Reacció de producció de MCC .....	32
1.5.4. Àrea 400: Reacció de producció de MIC .....	33
1.5.5. Àrea 500: Reacció de producció de Carbaril. ....	34
1.6. Serveis de planta.....	36
1.6.1. Aigua de incendis i novet 1230.....	36
1.6.2. Aigua de xarxa .....	36
1.6.3. Electricitat .....	36
1.6.4. Oli tèrmic.....	37
1.6.5. Vapor .....	39

# 1. Introducció

---

1.6.6. Gas natural .....	40
1.6.7. Fluid refrigerant.....	41
1.6.8. Nitrogen .....	42
1.6.9. Aire comprimit.....	42
1.6.10. Aire calent.....	43
1.7. Balanç de Matèria .....	1

# 1. Introducció

---

## **1.1. Definició del projecte.**

L'objecte del present projecte és el disseny d'una planta industrial per a la fabricació de Carbaril a partir de  $\alpha$ -Naftol (AN) i d'isocianat de metil (MIC). La fabricació de l'Isocianat de metil es dura a terme a partir de Fosgè (F) i Monometilamina (MMA).

L' $\alpha$ -Naftol i el Fosgè es produiran dintre de la mateixa planta en una unitat independent, i pel cas de la Monometilamina serà lliurada per camions cisternes provinent d'una empresa exterior.

### **1.1.1. Bases del projecte**

Un cop detallat l'objectiu principal d'aquest projecte, cal saber quines seran les bases més importants fixades pel projecte. Aquestes bases es mostren a continuació:

- Capacitat : La planta constarà d'una producció de 10.500 Tn/any de carbaril o 1-naftil metilcarbamat.
- Funcionament: 300 dies/any de producció (*cal proposar els períodes de parada de planta / manteniment*).
- Presentació del producte: El carbaril es comercialitzarà en estat sòlid en big bags de 1000kg.

### **1.1.2. Abast del projecte**

El disseny de la planta i, per tant, s'inclou en la memòria les següents especificacions:

- Descripció del procés per la fabricació de carbaril
- Disseny i fulles d'especificació de tots els equips del procés
- Disseny dels sistemes de control per a cada equip per optimitzar el procés
- Disseny dels serveis de planta necessaris
- Estudi de la seguretat i les mesures de prevenció i mitigació.
- Estudi de l'impacte mediambiental de la planta
- Avaluació econòmica de la planta
- Estudi de la posada en marxa i la operació de la planta.

# 1. Introducció

## 1.1.3. Localització de la planta

La planta industrial tindrà la seva localització en el polígon industrial *Escritors* al terme municipal de Tarragona. La parcel·la té una superfície total de 53.235 m<sup>2</sup>.

### 1.1.3.1. Accés i comunicacions de la planta

El polígon industrial es troba localitzat a Tarragona. És una ciutat del sud de Catalunya amb una població de 133.545 habitants, capital de la comarca del Tarragonès i de la província de Tarragona.



Figura 1.1.1. Localització del municipi de Tarragona

Les accessibilitats de Tarragona es poden observar en el mapa que es mostra a continuació:



Figura 1.1.2. Comunicacions diverses de Tarragona

# 1. Introducció

---

Les vies d'accés a Tarragona són:

- Per carretera:
  - AP-7
  - A-2
  - N-240
  - N-340
  - N-340a
  - C-14
  - C-44
  
- Línies ferroviàries:
  - Línia d'Alta Velocitat Internacional, AVE (Barcelona – Frontera Francesa)
  - Línia d'Alta Velocitat Nacional, AVE (Barcelona – Madrid i Barcelona - Valencia)
  - Línia ferroviària mitja distància (Barcelona - Reus , Barcelona – Tarragona)
  
- Per mar:
  - Port de Tarragona
  
- Per aire:
  - Aeroport de Reus

# 1. Introducció

---

## **1.1.4. Climatologia de Tarragona**

El clima de Catalunya, a grans trets, ve marcat per la influència mediterrània que dona lloc a una pluviometria irregular i estacional amb hiverns humits i relativament suaus en les zones costaneres i els estius molt calorosos i secs. Alhora, la geografia de Catalunya, juntament amb la seva situació i posició, dona com a resultat un mosaic de climes important que, des del punt de vista termopluiomètric, pot definir un seguit de zones climàtiques aproximades, totes elles amb uns límits molt tènues.

Amb això, segons la divisió climàtica de Catalunya, en funció del règim termopluiomètric, el municipi de Tarragona es caracteritza per un tipus de clima mediterrani litoral, subtipus sud. Els paràmetres que defineixen aquesta zona climàtica corresponen a:

*Taula 1.1.1. Paràmetres climàtics de Tarragona*

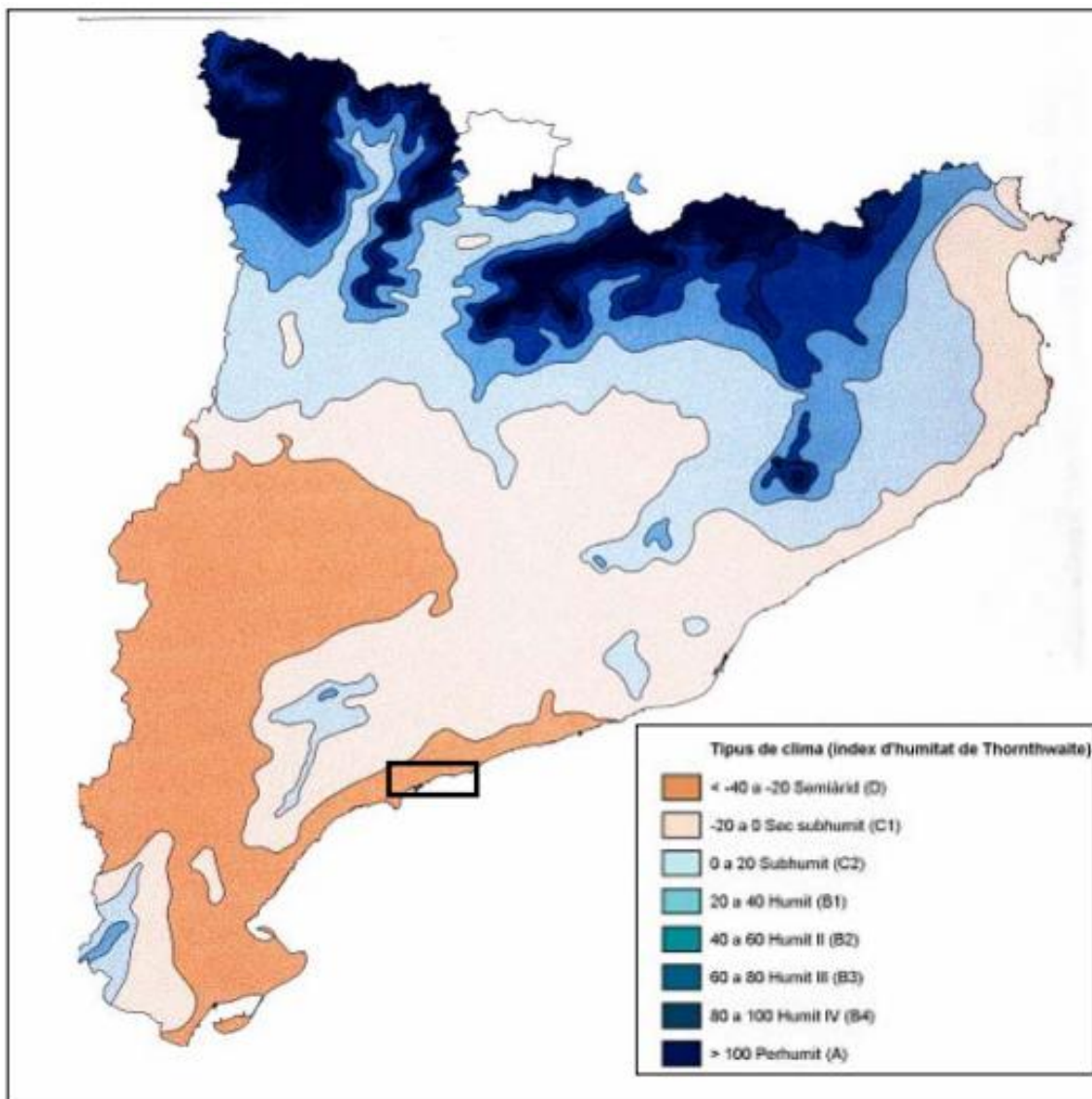
<b>Precipitació Mitjana Anual (mm)</b>	500 - 600
<b>Règim Pluviomètric Estacional</b>	Màxim Tardor
<b>Temperatura Mitjana Anual (°C)</b>	15,5 – 17
<b>Amplitud Tèrmica Anual (°C)</b>	14 -15

D'altra banda, la classificació del clima segons el Sistema de Classificació Climàtica de *Charles Warren Thornthwaite*, 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).



## 1. Introducció

---



*Figura 1.1.3. Tipus de clima segons l'índex d'humitat de Thornthwaite*

### **1.1.5. Biodiversitat de Tarragona**

El paisatge vegetal actual del municipi de Tarragona és el resultat de la combinació d'una sèrie de factors, tant abiòtics –bàsicament la geologia i la climatologia- com biòtics, el més important dels quals, sens dubte ha estat l'acció antròpica. L'home ha modificat l'entorn per adequar-lo a les seves necessitats, de manera que el paisatge vegetal actual és la suma de totes les accions passades que s'hi han portat a terme i de les que, amb més o menys encert, cada dia s'hi estan fent. Així, l'aprofitament per conreus i la humanització del paisatge vegetal es posen de manifest amb les comunitats

# 1. Introducció

---

vegetals que actualment es troben a la zona d'estudi així com pel seu estat de conservació. En general es pot dir que la vegetació presenta actualment moltes espècies típiques dels ecosistemes amb una intensa degradació antròpica.

Així doncs, en termes generals, el municipi de Tarragona està dominat per paisatges mediterranis, caracteritzats per una climatologia d'estius secs i d'hiverns no gaire freds, amb unitats de vegetació natural que corresponen als sistemes litorals i prelitorals del Ter al Millars (als relleus centrals).

La distribució i la grandària dels diferents hàbitats és àmplia i té una zonificació bastant marcada. Concretament, la zona de ponent, des del nucli urbà de Tarragona fins al límit municipal amb Vila-seca, es troba ocupada bàsicament per zones urbanes i industrials que li donen un caràcter més antròpic al municipi i, d'altra banda, a la zona de llevant predominen els boscos, bosquines i matollars.

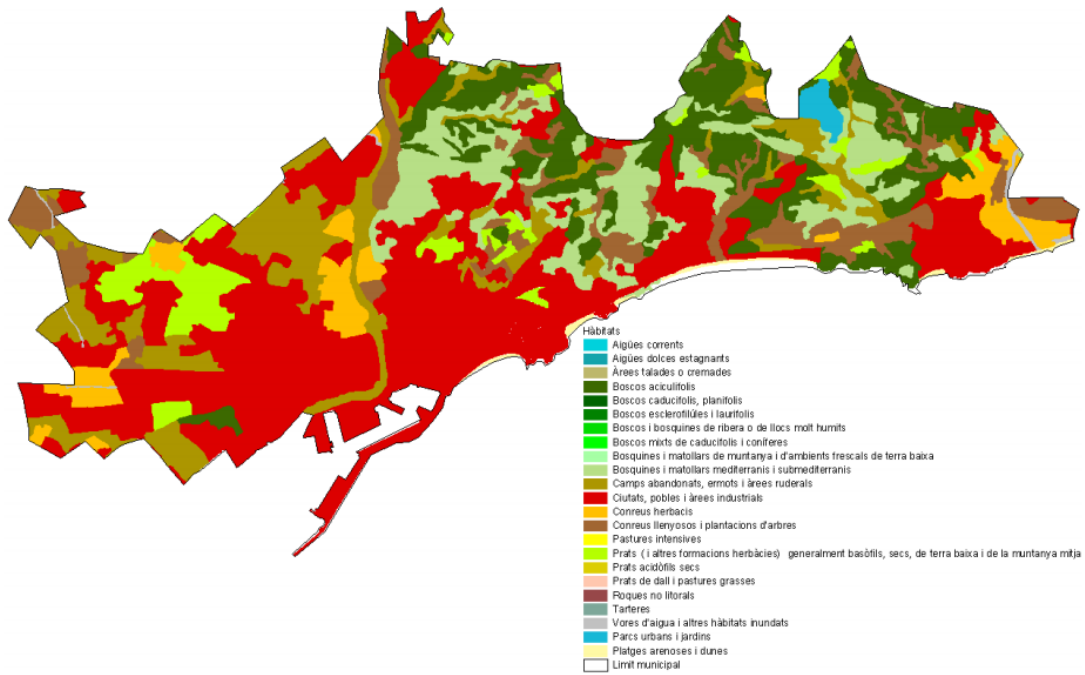
A continuació la Taula 1.1.4.1 detalla la representació dels diferents hàbitats al municipi de Tarragona i la Figura 1.1.4.1 la seva distribució en l'àmbit municipal:

*Taula 1.1.2. Representació dels hàbits a nivell municipal*

Tipus d'hàbitat	Grup d'hàbitat	Superfície (ha)	% àrea municipal
Boscos aciculifolis	Boscos	899,40	15,62
Prats (i altres formacions herbàcies) generalment basòfils, secs, de terra baixa i de la muntanya mitjana	Vegetació arbustiva i herbàcia	211,31	3,67
Bosquines i matollars mediterranis i submediterranis		648,03	11,25
Camps abandonats, ermots i àrees ruderals	Àrees urbanitzades i camps abandonats	627,58	10,90
Ciutats, pobles i àrees industrials		2545,54	44,21
Parcs urbans i jardins		43,79	0,76
Conreus herbacis	Conreus i pastures	229,65	3,99
Conreus llenyosos i plantacions d'arbres		495,88	8,61
Penya-segats i costes rocoses	Ambients litorals i salins	9,59	0,17
Platges arenoses i dunes		29,65	0,51
Vores d'aigua i altres hàbitats inundats	Aigües continentals i ambients inundats	17,47	0,30
<b>TOTAL</b>		<b>5757,89</b>	<b>100</b>

# 1. Introducció

---



*Figura 1.1.4. Hàbitats de Tarragona*

## 1. Introducció

---

### 1.2. Nomenclatura de la memòria

- Àrees de la planta:

ÍTEM	Àrea
A-100	Emmagatzematge de líquids
A-200	Emmagatzematge de sòlids
A-300	Reacció de producció de Clorur de carbamoil
A-400	Piròlisi per la producció de Isocianat de metil
A-500	Reacció de producció de carbaril
A-600	Control i Instrumentació
A-700	Serveis de la planta
A-800	Laboratoris
A-900	Altres (Oficines, vestuaris, etc)
A-1000	Pàrking
A-1100	Àrea contra incendis

- Fluids del procés i circulants:

ÍTEM	Fluid
AC	Aire Comprimat
MMA	Monometilamina
MIC	Isocianat de metil
MCC	Clorur de carbamoil
HCL37	Àcid Clorhídric 37%
HCL	Clorur d'Hidrogen
AN	$\alpha$ - Naftol
CL	Cloroform
T	Toluè
C	Carbaril
F	Fosgè
HR	Oli Tèrmic HR
CR	Fluid Refrigerant CR
MLP	Mescla de Líquid de Procés

# 1. Introducció

---

- Equips de procés i serveis:

<b>ÍTEM</b>	<b>Equip</b>
T	Tanc d'emmagatzematge
TP	Tanc pulmó
TS	Sitja
FL	Filtre
M	Tanc de mescla
B	Bescanviador carcassa i tubs
DT	Bescanviador doble tub
R	Reactor
TA	Torre d'absorció
TD	Torre de destil·lació
CR	Cristal·litzador
CG	Centrífuga
AS	Assecador
SF	Separador de fases.
CT	Caldera d'oli tèrmic
CV	Caldera de vapor
GE	Generador electrogen
EV	Evaporador
C	Condensador
CI	Cicló
CH	Chiller
BF	Bufant
ES	Escalfador
CO	Compressor

## 1. Introducció

---

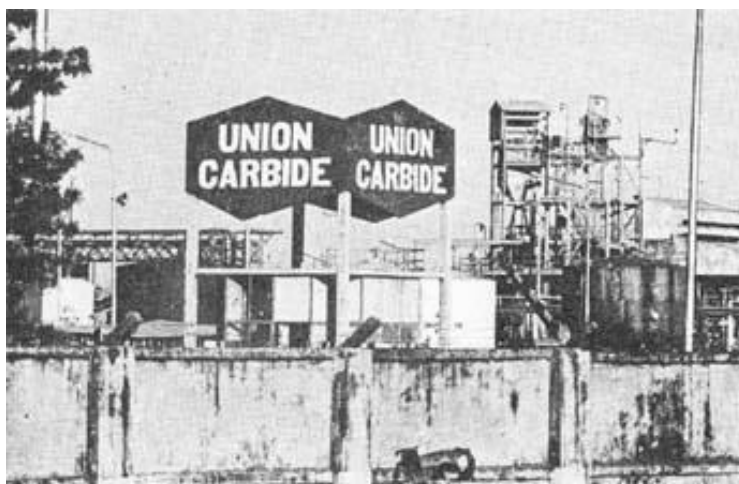
### 1.3. Catàstrofe de Bhopal

#### 1.3.1 Introducció

L' Isocianat de metil és el membre més petit de la família isocianat, el més reactiu i tòxic de tots. El MIC era gairebé desconegut fins que la fatídica nit de desembre 3 del 1984, quan prop de 30 tones d'aquest gas altament verinós va tenir lloc una fuga en el seu tanc d'emmagatzematge (T-610) durant un termini de 45 a 60 minuts interminables per la població de la Índia. Va ser la pitjor tragèdia industrial del món.

Aproximadament, 520.000 persones van estar exposades als gasos de MIC, i es va estimar que 8.000 van morir durant les primeres setmanes després de l'accident. Prop de 100.000 persones van tenir lesions permanents.

Aquest fet va tenir lloc en la planta industrial *Union Carbide* ( UC) a Bhopal. La planta industrial UC tenia autorització pel Govern de Madhya Pradesh per la producció de Fosfè (F), Monometilamina (MMA) i Isocianat de metil (MIC), per la fabricació de carbaril, pesticida anomenat comercialment Sevin®.



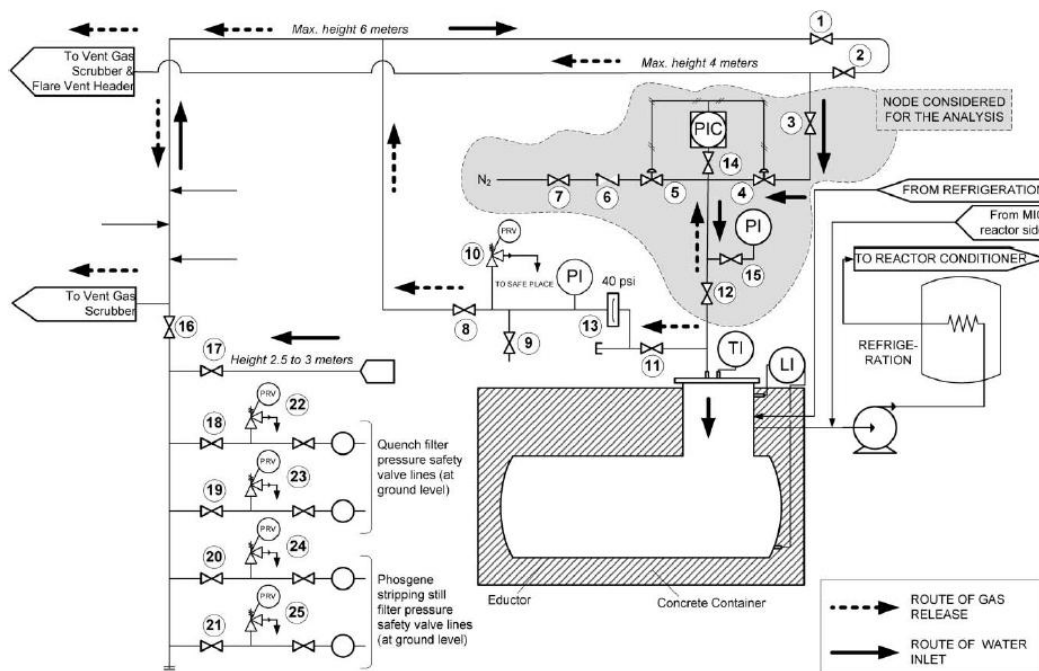
*Figura 1.3.1.- Instantània de la planta Union Carbide, 1984.*

# 1. Introducció

## 1.3.2. Els antecedents de Bhopal

És molt poc probable que un accident es repeteixi exactament de la mateixa manera que va ocórrer a Bhopal.

El problema va ocórrer quan va entrar aigua a la fàbrica durant les hores de neteja per les canonades pròximes al tanc d'emmagatzematge de MIC, però que malauradament, va haver un problema amb l'entroncament de la canonada i amb el sistema de control del T-610 (veure Figura 1.3.3). Aquest fet va provocar que l'aigua entrés en contacte amb el gas MIC produint-se una reacció altament exotèrmica entre l'aigua i el MIC (veure Reacció 1.3.1) augmentant considerablement la temperatura del tanc a on es trobava el MIC líquid, però que al tenir lloc aquesta inesperada pujada de temperatura, el MIC va a passar a fase gasosa.



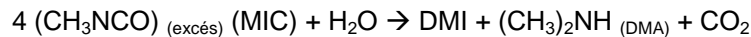
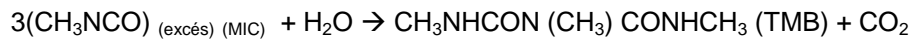
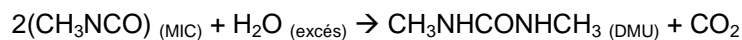
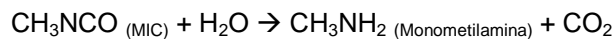
**Figura 1.3.3.-** Procés i el diagrama de la instrumentació del Tanc 610 de la planta d'accident de Bhopal. (1) Vàlvula d'aïllament d'Interconnexió. (2) Vàlvula d'aïllament d'Interconnexió. (3) vàlvula d'aïllament. (4) Vàlvula de venteig. (5) .Vàlvula de control de nitrogen (6) Vàlvula de retenció per a la línia de nitrogen. (7) Vàlvula de cap de nitrogen aïllament. (8) vàlvula d'aïllament. (9) Vàlvula de purga. (10) Vàlvula de seguretat per al tanc de MIC. (11) Vàlvula de l'aïllament (12) Vàlvula d'aïllament per tanc de MIC. (13) Disc de ruptura. (14) vàlvula d'aïllament PIC. (15) vàlvula d'aïllament (16) Vàlvula d'aïllament. (17) Vàlvula d'aigua per al

# 1. Introducció

---

rentat (on va deixar entrar) (18) - (21) Vàlvules d'aïllament aigües avall dels filtres. (22) - (25) Vàlvules de purga.

L'augment de la pressió va forçar l'obertura de la vàlvula de ventilació, deixant la major part de la fuita de MIC cap a l'exterior en forma de gas. La planta UC constava amb diversos sistemes de seguretat per a la neutralització del MIC, com l'ús de *scrubbers* del Hidròxid Sòdic (NaOH), però que no van poder fer front al problema de tals dimensions.



## **Reaccions del MIC amb aigua al Tanc 610 a Union Carbide**

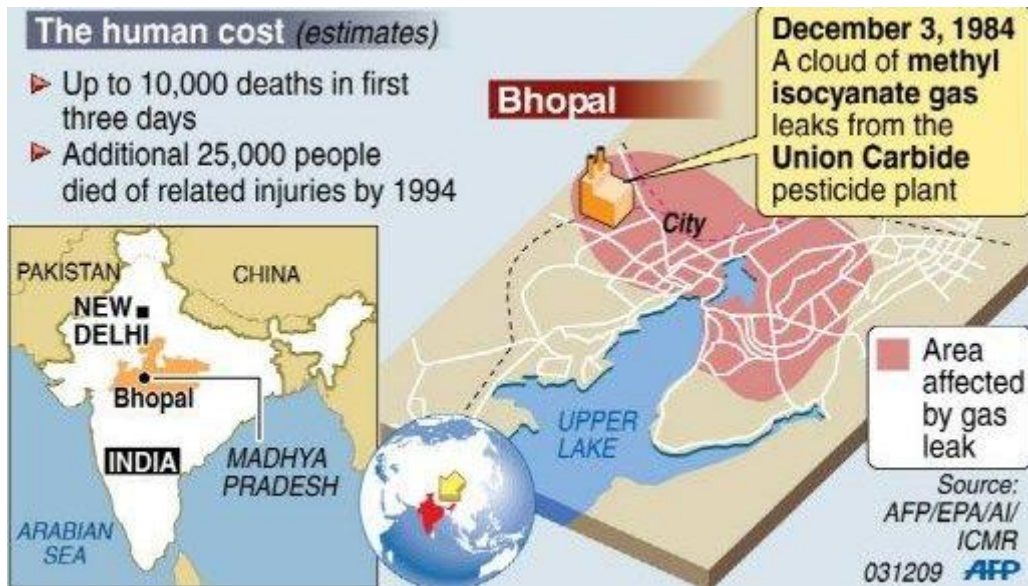
Afortunadament, no tot el MIC de la planta s'emmagatzemava en el mateix tanc, sinó que el MIC restant es va emmagatzemar en dos altres tancs (T-611 i T-619) que no van ser afectats.

El desastre havia aterrit a la gent de Bhopal i malgrat totes les seguretats donades pel Govern de l'Índia, gairebé la meitat de la població va deixar la ciutat sense les seves pertinences.

Un test de les causes que van provocar la catàstrofe a Bhopal, va indicar clarament que no s'hagués produït l'accident si totes les precaucions necessàries en la seguretat de la planta *Union Carbide*, juntament amb el sistema de control, haguessin tingut un manteniment continu i amb la regularitat inspecció per part de les autoritats independents, i localitzar la planta més lluny de 1 km, que era la distància en que es trobava la població de l'Índia amb la planta UC.



# 1. Introducció



*Figura 1.3.2.- Àrea afectada en Bhopal per la fuga del gas MIC*

En l'època de la catàstrofe de Bhopal, el MIC es va utilitzar en els EUA (Virgínia Occidental) , en Alemanya i en Japó; en cap d'aquests llocs el MIC s'emmagatzemava en grans quantitats. Les autoritats van suposar que aquests tancs d'emmagatzematge van tenir altres mesures de precaució més rigorosament en aquests llocs que a Bhopal, al que suggereix que països en desenvolupament requereixen mesures de seguretat més estrictes que en als països desenvolupats.

Les operacions en indústries perilloses la consideració principal ha de ser sempre la seguretat.

## **1.3.3. Toxicitat i efectes del MIC a la població**

Per primera vegada a l'any 1964, es va fer un estudi experimental sobre la toxicitat del gas de MIC en rates, conills i conillets d'índies, així com a voluntaris.

És tràgic i lamentable que la toxicitat del MIC s'hagi experimentat en els éssers humans i que la toxicitat humana dels productes químics s'observa realment durant les negligències en la seguretat dels sistemes de control, provocant accidents laborals indesitjables. En aquest sentit, Bhopal va oferir una oportunitat d'observar i investigar la toxicitat del MIC a gran escala en una població humana, així com en la ramaderia i en la vegetació. Un dels aspectes preocupants de la catàstrofe química de Bhopal és

# 1. Introducció

---

que els científics sabien relativament poc sobre els efectes tòxics, sobretot a llarg termini.

El baix punt d'ebullició i l'alta reactivitat del MIC fa que sigui una substància química altament lacrimògena, és a dir, que provoca irritació i cremor els ulls; en inhalar el gas, que reacciona fortament amb els fluids dels pulmons, es produeix la formació de dos gasos, metilamina i diòxid de carboni . Aquests dos últims, en ser més pesats que l'aire, expulsen l'oxigen provocant asfíxia i la mort a qui ho inhala.

L'isocianat de metil va causar la necrosi de les cèl·lules cerebrals i musculars dependent de la dosi en la majoria de les víctimes que es van exposar directa i indirectament als gasos.

## **1.3.4. Observacions 20 anys després de la catàstrofe**

Des del 1984 fins a l'actualitat, s'han aconseguit molts avanços positius en tot el món, pel que respecta a les millores en la seguretat de qualsevol procés químic industrial i en la protecció del personal dins de les plantes químiques, així com a les persones en les comunitats circumdants. No obstant això, s'han fet pocs progressos visibles un cop tancada la planta *Union Carbide* a l'any 2004, ja que molts productes químics de la planta es trobaven abandonats en unes condicions deficientes.



**Figura 1.3.3.-** Sala de control 20 anys després en la planta *Union Carbide* a *Bhopal*

Les conseqüències a Bhopal que van tenir lloc la nit del 3 de desembre del 1984, van quedar molt més reflectides immediatament els dies posteriors. Milers de persones van

# 1. Introducció

---

resultar ferides aquell dia i segueixen patint símptomes causades per l'exposició al MIC, com dificultat respiratòria.



**Figura 1.3.4.-** Fotografia del Tanc 610 de la canonada d'entrada. Ruptura del disc al centre, i la vàlvula d'alleujament és darrere de la vegetació que ha crescut en els últims anys.



**Figura 1.3.5.-** Fotografia prop de l'àrea del filtre. Alguns dels components crítics s'identifiquen en la fotografia.

Actualment, les substàncies químiques encara romanen en el lloc, juntament amb el seu impacte ambiental i salut.

# 1. Introducció

---

Malauradament, Bhopal ha donat lloc a pràctiques millorades en els sistemes de control de la seguretat en processos químics industrials, a través d'empreses líders, mitjançant la *Safety and Health Division and Center for Chemical Process Safety*, i a través de moltes altres organitzacions arreu del món.

Els principis de seguretat bàsics i fonamentals, com la integritat mecànica, el perill d'anàlisi i l'ús dels equips de protecció individual, es troben ara en la caixa d'eines de la majoria dels enginyers químics.

# 1. Introducció

---

## **1.4. Descripció del Procés de Fabricació**

### **1.4.1. Mètodes obtenció carbaryl**

El mètode de producció de Carbaril escollit en el procés es basa essencialment en el mètode emprat per *Union Carbide* a la planta de Bhopal, a la Índia. Com s'explicarà detalladament, el procés de *Union Carbide* es basava en 3 etapes de reacció:

- Una primera etapa per fer reaccionar monometilamina (MMA) amb fòsfor (F) per obtenir clorur de metilcarbamil (MCC).
- Una segona etapa per pirolitzar el MCC i dissociar-lo en isocianat de metil (MIC) i clorur d'hidrogen (HCl).
- Una tercera etapa per reaccionar el MIC amb 1-Naftol per obtenir el Carbaril desitjat.

No obstant, els altres mètodes existents per la producció de MIC, i posterior producció de carbaril es troben explicats a continuació (informació extreta del llibre ***“The Use and Storage of Methyl Isocyanate (MIC) at Bayer CropScience”*** de l'empresa Bayer)

### **DuPont Process**

*DuPont* va desenvolupar un procés d'oxidació de metilformamida per produir el seu propi MIC arrel del desastre de Bhopal.

Aquest procés consisteix en la combinació de MMA amb monòxid de carboni (CO) per obtenir N-metilformamida. Aquesta és oxidada amb oxigen/pal·ladi a alta temperatura per generar MIC gasós i aigua. Per prevenir que el MIC reaccioni amb l'aigua, aquest s'ha d'alimentar ràpidament a un procés de producció dels pesticides metomil i oxamyl carbamat.

L'avantatge principal d'aquest procés era el de produir el MIC en fase gas, de manera que podia ser utilitzat directament i no n'era necessari l'emmagatzematge.

El principal inconvenient era que la concentració d'impureses en el MIC era major que en el procés d'*Union Carbide*.

# 1. Introducció

---

## **Cyanate Process**

El procés cianat ha estat usat a Sud-àfrica i segueix sent utilitzat en països asiàtics per la fabricació de MIC.

Aquest mètode combina cianat sòdic o potàssic amb dimetil sulfat per obtenir un isocianat que ha de ser produït en discontinu i emmagatzemat.

Com a principals inconvenients d'aquest mètode està la gran quantitat de residus que es generen, que arriba a ser de 1,5 kg per 1 kg de MIC produït.

## **Bayer Diphenylcarbonate and Dimethylurea Process**

Bayer va utilitzar entre 1971 i 2002 el procés del difenilcarbonat per produir MIC, combinant difenilcarbonat amb dimethylurea per produir MIC i fenol.

Aquest procés té l'avantatge de no requerir fòsgè o clor gasós com a reactius, però genera una gran quantitat de fenol, tot i que aquest pot ser separat i recirculat al procés.

## **Enichem Diphenylcarbonate Process**

El mètode de la companyia química *Enichem* combinava difenilcarbonat amb metilamina en un procés endotèrmic per produir N-metilcarbamat i fenol.

El procés resulta proper al de Bayer, en ambdós el fenol s'extreia de la mescla per refredament i el MIC es podia purificar en etapes posteriors.



# 1. Introducció

---

## 1.4.2. Característiques físico-químiques de les substàncies del procés.

Les taules de la 1.4.1 a la 1.4.11 mostren les propietats bàsiques de les substàncies que intervenen en el procés.

*Taula 1.4.1.-* Propietats bàsiques de l'1-Naftol

<b>Nom del compost</b>	<b>1-Naftol</b>
<b>Fórmula empírica</b>	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub> O
<b>Massa molecular (g/mol)</b>	144,17
<b>Estat físic (25 °C , 1 atm)</b>	Sòlid
<b>Densitat @20°C (kg/m3)</b>	1100
<b>Punt de fusió (°C)</b>	95 °C
<b>Punt d'ebullició (°C)</b>	95

*Taula 1.4.2.-* Propietats bàsiques de l'àcid clorhídric.

<b>Nom del compost</b>	<b>Àcid Clorhídric (37%)</b>
<b>Fórmula empírica</b>	HCl
<b>Massa molecular (g/mol)</b>	36,5
<b>Estat físic (25 °C , 1 atm)</b>	Líquid
<b>Densitat @20°C (kg/m3)</b>	1190
<b>Punt de fusió (°C)</b>	-26
<b>Punt d'ebullició (°C)</b>	48

*Taula 1.4.3.-* Propietats bàsiques del carbaril.

<b>Nom del compost</b>	<b>Carbaril</b>
<b>Fórmula empírica</b>	C <sub>12</sub> H <sub>11</sub> NO <sub>2</sub>
<b>Massa molecular (g/mol)</b>	291,22
<b>Estat físic (25 °C , 1 atm)</b>	Sòlid
<b>Densitat @20°C (kg/m3)</b>	1200
<b>Punt de fusió (°C)</b>	142
<b>Punt d'ebullició (°C)</b>	Descomposició

# 1. Introducció

---

**Taula 1.4.4.-** Propietats bàsiques del cloroform.

Nom del compost	Cloroform
Fórmula empírica	CHCl <sub>3</sub>
Massa molecular (g/mol)	119,4
Estat físic (25 °C , 1 atm)	Líquid
Densitat @20°C (kg/m <sup>3</sup> )	1475
Punt de fusió (°C)	-63,5
Punt d'ebullició (°C)	61

**Taula 1.4.5.-** Propietats bàsiques del clorur d'amoni.

Nom del compost	Clorur d'amoni
Fórmula empírica	NH <sub>4</sub> Cl
Massa molecular (g/mol)	53,5
Estat físic (25 °C , 1 atm)	Sòlid
Densitat @20°C (kg/m <sup>3</sup> )	1525
Punt de fusió (°C)	338
Punt d'ebullició (°C)	520

**Taula 1.4.6.-** Propietats bàsiques del clorur d'hidrogen.

Nom del compost	Clorur d'hidrogen
Fórmula empírica	HCl
Massa molecular (g/mol)	36,5
Estat físic (25 °C , 1 atm)	Gas
Densitat @20°C (kg/m <sup>3</sup> )	1,49
Punt de fusió (°C)	-114
Punt d'ebullició (°C)	-85



# 1. Introducció

---

**Taula 1.4.7.-** Propietats bàsiques del foscè.

Nom del compost	Foscè
Fórmula empírica	COCl <sub>2</sub>
Massa molecular (g/mol)	98,9
Estat físic (25 °C , 1 atm)	Gas
Densitat @20°C (kg/m <sup>3</sup> )	4,25
Punt de fusió (°C)	-118
Punt d'ebullició (°C)	8,3

**Taula 1.4.8.-** Propietats bàsiques de l'hidròxid sòdic.

Nom del compost	Hidròxid sòdic
Fórmula empírica	NaOH
Massa molecular (g/mol)	40
Estat físic (25 °C , 1 atm)	Sòlid
Densitat @20°C (kg/m <sup>3</sup> )	2130
Punt de fusió (°C)	318
Punt d'ebullició (°C)	1388

**Taula 1.4.9.-** Propietats bàsiques de l'hidròxid sòdic.

Nom del compost	Isocianat de metil
Fórmula empírica	C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> NO
Massa molecular (g/mol)	57
Estat físic (25 °C , 1 atm)	Líquid
Densitat @20°C (kg/m <sup>3</sup> )	923
Punt de fusió (°C)	-45
Punt d'ebullició (°C)	39,5

# 1. Introducció

---

**Taula 1.4.10.-** Propietats bàsiques de la metilamina.

Nom del compost	Monometilamina
Fórmula empírica	CH <sub>5</sub> N
Massa molecular (g/mol)	31
Estat físic (25 °C , 1 atm)	Gas
Densitat @20°C (kg/m <sup>3</sup> )	1,31
Punt de fusió (°C)	-93
Punt d'ebullició (°C)	-6

**Taula 1.4.11.-** Propietats bàsiques del Toluè.

Nom del compost	Toluè
Fórmula empírica	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>
Massa molecular (g/mol)	92
Estat físic (25 °C , 1 atm)	Líquid
Densitat @20°C (kg/m <sup>3</sup> )	870
Punt de fusió (°C)	-95
Punt d'ebullició (°C)	111

# 1. Introducció

---

## **1.4.3.- Descripció del procés**

El procés escollit a realitzar s'ha utilitzat la informació proporcionada sobre el procés de fabricació del SEVIN utilitzat per Union Carbide a la planta de Bhopal. També s'ha tingut en compte informació extreta del llibre "***The Use and Storage of Methyl Isocyanate (MIC) at Bayer CropScience***" de l'empresa Bayer.

El procés a realitzar a la planta es conformarà per tres etapes consecutives, que seran 3 etapes de reacció amb característiques molt diferents i el posterior tractament de separació i purificació de cada etapa. La informació referent a aquestes reaccions es completarà amb les patents de reacció trobades (veure referències [1], [2] i [3] a continuació de la descripció general del procés).

Algunes patents relacionades amb el procés de fabricació de SEVIN s'han utilitzat com a font d'informació, tractant-se alguna d'elles del procés utilitzat amb anterioritat per a la producció dels mateixos compostos que amb el procés actual (veure referències [4], [5] i [6])

### **Referències:**

[1] US PATENT 3.320.308 May 16, 1967 (Preparation of alkyl and dialkyl Carbamyl halides)

[2] US PATENT 4.082.787 Apr. 4, 1978 (Methyl Isocyanate process).

[3] US PATENT 4.278.807 Jul. 14, 1981 (Process for production of 1-Naphthyl Methylcarbamate)

[4] US PATENT 2.480.088 Aug. 23, 1949 (Process of producing carbamyl chlorides)

[5] US PATENT 3.388.145 June 11, 1968 (Production of lower alkyl isocyanates)

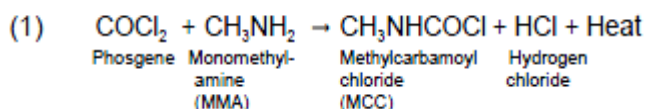
[6] US PATENT 3.009.855 Nov. 21, 1961 (Method and composition of destroying insects employing 1-Naphthyl N-methyl carbamate)

# 1. Introducció

---

## **1.4.3.1.- Primera etapa: reacció de producció de MCC**

La primera etapa comença amb la reacció de producció de MCC. Aquesta reacció té lloc entre el fosgè i la monometilamina (MMA) per generar clorur de metilcarbamil (MCC). En la reacció s'utilitza un excés del 25% de fosgè, per tant el reactiu limitant serà la MMA.



Els dos reactius provenen dels tancs d'emmagatzematge i passen per bescanviadors de calor abans d'entrar al reactor, de manera que en aquell instant la seva temperatura sigui prou alta per tal que la reacció tingui lloc.

En escalfar-se als bescanviadors aquests dos reactius (MMA i Fosgè) es vaporitzen, ja que la reacció que ha de tenir lloc entre ells ha de ser una reacció en fase gas en un reactor tubular de flux pistó (R-301). Aquesta reacció té la característica de succeir molt ràpidament (temps de residència 1,5 segons) i de tenir una conversió completa del reactiu limitant.

S'aprofitarà que el corrent de sortida estarà a 260 °C per escalfar amb aquest corrent un dels corrents de reactiu, en aquest cas la monometilamina, de manera que el corrent de sortida baixarà de 260 a 165 °C.

El procés de separació en aquesta etapa consistirà en una torre d'absorció i tres torres de destil·lació.

En primer lloc hi haurà la torre d'absorció (TA-301) en que el corrent de procés gasós a 165°C entrarà per cues i en contracorrent per caps circularà un corrent de cloroform a 5 °C que servirà per separar el HCl produït durant la primera reacció i per refredar la mescla de procés des de 165 °C fins a 45 °C. Un dels corrents de sortida de la torre d'absorció serà un corrent amb la majoria de HCl i una part del cloroform que s'haurà vist arrossegat a la sortida de caps. L'altre serà el corrent de procés que contindrà el cloroform, el fosgè no reaccionat en la primera reacció, tot el MCC generat i una part del HCl que s'haurà absorbit amb el cloroform.

# 1. Introducció

---

El corrent de caps de la torre d'absorció es tractarà en una torre de destil·lació (TD-303) per separar l'HCl del Cloroform. Per tal d'evitar treballar amb un condensador de la torre a temperatures al voltant dels  $-85\text{ }^{\circ}\text{C}$  (punt d'ebullició del HCl) aquesta torre treballarà a 30 atm de pressió. El HCl extret pels caps de la columna es mesclarà amb aigua per obtenir **àcid clorhídric que es considera subproducte de la planta i es comercialitzarà**. El cloroform es reincorpora al procés i serà utilitzat en la torre d'absorció TA-301.

El corrent de procés refredat fins a  $45\text{ }^{\circ}\text{C}$  en la torre d'absorció TA-301 es farà passar per dos torres de destil·lació en sèrie. La primera d'elles serà a pressió atmosfèrica (TD-301) i la segona estarà a 30 atm de pressió (TD-302).

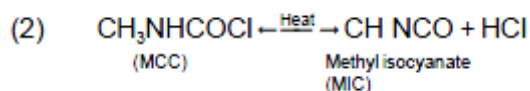
La TD-301 té com a objectiu separar els compostos més pesats (MCC i Cloroform) dels més lleugers (Fosgè i HCl). Els pesats aniran al reactor R-401 per donar lloc a la segona etapa. Els lleugers aniran a parar a la TD-302 per separar ambdós components, de manera que el fosgè es recirculi a l'entrada del reactor R-301 i l'HCl es porti a tancs de mescla amb aigua per obtenir-ne una solució aquosa d'àcid clorhídric comercialment aprofitable.

# 1. Introducció

---

## **1.4.3.2.- Segona etapa: piròlisis per la dissociació del MCC en MIC i HCl**

La segona etapa comença amb el corrent de sortida de cues de la torre de destil·lació TD-301, que es porta al reactor R-401 per a que tingui lloc la reacció de piròlisis. Aquesta reacció té lloc en presència d'un dissolvent (cloroform) entre altres motius, per evitar que puguin tenir lloc reaccions secundàries indesitjades. La reacció principal consisteix en la dissociació del MCC en MIC i HCl, una reacció d'equilibri que es veurà desplaçada cap a la dreta de l'equilibri a altes pressions i temperatures.



Es portarà a terme en reactors continus de tanc agitat que treballaran a una pressió de 14 atm i a 80°C per afavorir l'equilibri. En aquestes condicions d'operació, a més, el fluid de procés es troba en estat líquid i tot i tenir grans quantitats de dissolvent no es necessita un volum de reacció tant gran com caldria tenir treballant a menys pressió.

Per garantir que la reacció es dona en el sentit desitjat (la reacció de dissociació del MCC és exotèrmica), es donarà calor al reactor per mitjà d'una mitja canya.

La reacció té un temps de residència de 21 hores i s'arriba fins a un equilibri del 80% de conversió (MCC → MIC + HCl) en estat estacionari, de manera que a l'arrencada del procés caldrà utilitzar un tanc pulmó dimensionat adequadament.

A la sortida d'aquest reactor es situaran filtres per evitar que possibles residus sòlids de la piròlisis.

A continuació la mescla s'alimentarà a la torre de destil·lació TD-401, a pressió de 30 atm, per separar el HCl format durant la piròlisi al R-401 per caps d'aquesta torre. Les cues d'aquesta torre a alta pressió estaran a 216°C, i s'utilitzaran per escalfar un corrent necessari més endavant en el procés i disminuiran la seva temperatura fins a 144°C. Aquest corrent s'ha d'introduir a una nova torre de destil·lació, TD-402, però és necessari que entri a una temperatura per sota de 60 °C, de manera que el corrent es refredarà de 144°C a 57°C. Per fer-ho, però, primer s'haurà de despressuritzar aquest corrent de 30 atm a 1 atm, així que es vaporitzarà, i per refredar-lo i condensar-lo de 144°C a 57°C s'utilitzarà el condensador (C-403).

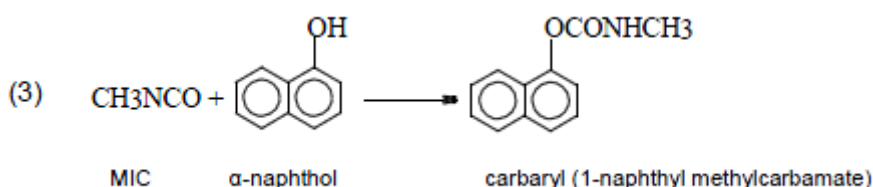
En la TD-402, se separarà tot el MIC que es pugui per caps per dur-lo a la següent etapa de reacció. Per cues sortirà el cloroform i tot el MCC no reaccionat al reactor R-401, que es recircularan al procés.

# 1. Introducció

---

## **1.4.3.3.- Tercera etapa: reacció catalítica per l'obtenció del Carbaril**

La tercera etapa es basa en la reacció catalitzada entre el MIC i el 1-Naftol per l'obtenció del producte final, el Carbaril.



Aquesta reacció tindrà lloc en un reactor multitubular (R-501) amb llit fix de catalitzador. Els reactius passaran pels tubs plens de catalitzador amb un temps de residència de 12 minuts i una conversió del 91 % . Els tubs estaran suportats en una carcassa comercial de l'estil dels bescanviadors de carcassa i tubs, per la qual circularà el fluid refrigerant per eliminar la calor generada durant la reacció exotèrmica. La reacció es produirà a una temperatura constant de 80°C en presència d'una quantitat determinada de dissolvent (Toluè), per tal de reproduir les condicions de reacció indicades a la patent. També s'utilitzarà un excés d'un 1% (molar) de MIC respecte del 1-Naftol.

Per que la reacció pugui tenir lloc caldrà mesclar els components abans d'incorporar-los al reactor i per garantir la màxima homogeneïtat, sabent que la reacció no tindrà lloc fins que entrin en contacte amb el catalitzador. Per fer-ho, es mesclarà el 1-Naftol amb el toluè en un tanc mesclador amb agitació, i posteriorment aquest corrent es mesclarà amb el MIC a 80°C (estat gasós) per mitjà d'un difusor, de manera que el MIC quedi dissolt en el toluè.

El corrent de sortida del reactor s'alimentarà a la torre de destil·lació TD-501, que tindrà com a finalitat separar per caps tot el MIC no reaccionat i recircular-lo al tanc de mescla de MIC, toluè i 1-Naftol.

El corrent de cues de la TD-501 contindrà el Carbaril, les restes de 1-Naftol no reaccionat i el toluè. Aquest corrent es refredarà fins a 85 °C i es durà cap a una sèrie de dos cristal·litzadors que treballaran a un buit de 0,2 atm i a 65°C, per tal d'evaporar part del toluè i forçar la cristal·lització del Carbaril (menys soluble en toluè que el 1-Naftol). El toluè evaporat passarà per un condensador al buit i es recircularà al mesclador de toluè i 1-Naftol (prèvia repressurització).

# 1. Introducció

---

El corrent de sortida dels cristal·litzadors anirà a una centrífuga en que se separarà gran part del toluè amb el 1-Naftol dissolt i també s'incorporaran al mesclador. El corrent de sortida de la centrífuga que contindrà el sòlid cristal·litzat i encara una part del líquid s'impulsarà cap a un assecador que funcionarà amb aire a 400°C per obtenir el carbaril en forma sòlida per presentar-lo en *Big Bags* de 1000 kg. El residu de toluè amb l'aire calent s'haurà de tractar per no abocar-lo directament a l'atmosfera.



## 1. Introducció

---

### **1.5. Constitució de la planta**

Aquest apartat consisteix en la descripció de cadascuna de les àrees d'emmagatzematge i procés que constitueixen la planta.

#### **1.5.1. Àrea 100: Emmagatzematge de fluids.**

L'àrea 100 conformarà un parc de tancs d'emmagatzematge de líquids i de gasos líquats a pressió.

L'àrea disposa de 15 tancs d'emmagatzematge, que es distribuiran de la següent forma:

- Fosgè: 2 tancs cilíndrics verticals amb els dos capçals toriesfèrics tancats en un edifici de seguretat amb detectors i sistemes de venteig dirigits a un scrubber de neutralització.
  
- Monometilamina: 3 tancs cilíndrics verticals amb els dos capçals toriesfèrics amb cubetes de retenció per seguretat.
  
- Cloroform: 4 tancs cilíndrics verticals amb fons inferior pla i fons superior cònic i cubetes de retenció per seguretat.
  
- Toluè: 3 tancs cilíndrics verticals amb fons inferior pla i fons superior cònic i cubetes de retenció per seguretat.
  
- Àcid clorhídric: 3 tancs cilíndrics verticals amb els dos capçals toriesfèrics i cubetes de retenció per seguretat. Aquests tancs estaran omplerts amb aigua i s'hi difondrà HCl gasós fins obtenir una solució d'àcid clorhídric amb la concentració desitjada.

# 1. Introducció

---

## **1.5.2. Àrea 200: Emmagatzematge de sòlids**

L'àrea 200 contindrà un conjunt de sitges per a l'emmagatzematge de sòlids.

L'àrea disposa de 6 sitges, que es distribuïran de la següent forma:

- $\alpha$  – Naftol: 2 sitges cilíndriques verticals amb un sistema tipus “*tolva*” a la part inferior.
- Carbaril: 2 sitges cilíndriques verticals amb un sistema tipus “*tolva*” a la part inferior.
- Hidròxid sòdic: 1 sitja cilíndrica verticals amb un sistema tipus “*tolva*” a la part inferior.
- Clorur d'amoni: 1 sitja cilíndrica vertical amb un sistema tipus “*tolva*” a la part inferior.

## **1.5.3. Àrea 300: Reacció de producció de MCC**

L'àrea 300 és la primera àrea de procés, en la que té lloc la reacció de producció de MCC i posteriors etapes de separació. Els equips que conformaran aquesta àrea seran els següents:

- 2 Bescanviador de calor de carcassa i tubs: Un d'ells funciona amb oli tèrmic i l'altre utilitza fluid de procés calent per escalfar un altre corrent.
- 4 Evaporadors: Un d'ells serveix per vaporitzar un reactiu, i els altres tres formen part de les columnes de destil·lació i actuaran com a reboilers per retornar part del fluid a la part inferior de la torre en forma de vapor.
- 3 Condensadors: Tots tres s'utilitzen en els caps de les torres de destil·lació per condensar el gas que s'obté de la part superior.
- 4 reactors tubulars de flux pistó: En aquests és on té lloc la reacció de producció de MCC.
- 1 torre d'absorció: Que s'utilitza per la separació i refredament del fluid de procés a la sortida del reactor.

# 1. Introducció

---

- 3 torres de destil·lació: S'utilitzen per separar els diversos compostos que surten del reactor i han passat prèviament per la torre d'absorció.
- 4 tancs pulmó, abans de cadascuna de les torres de destil·lació i absorció per dur a terme l'arrencada.
- 2 Tancs d'emmagatzematge: dos tancs que s'utilitzaran com a pulmó en l'arrencada de la planta i serviran per l'emmagatzematge si fos necessari.

## **1.5.4. Àrea 400: Reacció de producció de MIC**

L'àrea 300 és la primera àrea de procés, en la que té lloc la reacció de producció de MCC i posteriors etapes de separació. Els equips que conformaran aquesta àrea seran els següents:

- 3 reactors continus de tanc agitat: tancs cilíndrics amb capçals toriesfèrics, sistemes d'alleujament i sistema d'escalfament amb una mitja canya.
- 3 tancs pulmó: 2 tancs pulmó previs a la torre de destil·lació posterior als reactors, un previ a la següent torre de destil·lació.
- 2 torres de destil·lació: que serviran per separar components a la sortida dels reactors.
- 2 evaporadors: els dos formen part de les columnes de destil·lació. Actuaran com a reboilers per retornar part del fluid a la part inferior de la torre en forma de vapor.
- 3 condensadors: dos d'ells com a condensadors de caps de les torres de destil·lació. L'altre és previ a l'entrada de la segona torre, per condensar i refredar el fluid abans que entri a la torre.

# 1. Introducció

---

## **1.5.5. Àrea 500: Reacció de producció de Carbaril.**

L'última àrea de procés és l'àrea 500. En aquesta té lloc la reacció de producció de Carbaril i posteriors etapes de separació i purificació. Els equips que formaran part d'aquesta àrea seran els següents:

- 4 reactors multitubulars: En forma de carcassa i tubs, amb capçals toriesfèrics amb entrades i sortides. El fluid de refrigeració circularà per la carcassa i el fluid de procés que reaccionarà passarà pels tubs.
- 1 torre destil·lació: Per separar components a la sortida del reactor.
- 1 tanc pulmó: Previ a la torre destil·lació, per l'arrencada.
- 1 evaporador: Forma part de la torre de destil·lació. Retorna part del líquid de cues de la torre a la part inferior en forma de vapor.
- 1 bescanviador de carcassa i tubs: Per mantenir la temperatura adequada entre els dos cristal·litzadors.
- 8 mescladors: per mesclar components deixant un cert temps de residència.
  - 1 per mesclar clorur d'amoni amb aigua
  - 2 per mesclar NaOH amb aigua.
  - 1 per mesclar corrents d'isocianat de metil (un extern i un recircular)
  - 2 per dissoldre el  $\alpha$ -Naftol sòlid en el toluè líquid.
  - 1 per mesclar isocianat de metil gasós amb la mescla de toluè i  $\alpha$ -Naftol, i també per l'arrencada del reactor.
  - 1 per mesclar corrents de toluè ( un extern i un recirculat)
- 2 tancs refrigerats: Serviran com a mesura de seguretat per emmagatzemar isocianat de metil.
- 2 cristal·litzadors: Operant al buit, per cristal·litzar el producte final i obtenir-lo en forma sòlida.
- 3 condensadors: 1 forma part de la torre de destil·lació. Els altres dos operaran al buit i condensaran el toluè evaporat als cristal·litzadors.

# 1. Introducció

---

- 1 centrífuga: S'utilitza per extreure la majoria del líquid que queda al corrent de sortida dels cristal·litzadors.
- 1 assecador: Treballa amb aire calent, extraient el líquid que pugui quedar al producte per poder-lo presentar en forma seca.
- 1 cicló: Servirà per recuperar producte sòlid que hagi pogut arrossegar l'aire calent.

# 1. Introducció

---

## **1.6. Serveis de planta**

Les diferents àrees de la planta requereixen diferents serveis segon l'activitat que es duu en elles. Aquests es detallen a continuació.

Aquest apartat es complementa amb l'apartat 11.15 del manual de càlcul, on es detallen un seguit de càlculs per a obtenir dades que es mostraran a continuació.

### **1.6.1. Aigua de incendis i novec 1230**

La necessitat d'assegurar un control per a un possible incendi, fa que sigui necessari una reserva d'aigua i novec 1230.

La reserva d'aigua prové directament de l'aigua de xarxa present a la planta, que s'esmenta en el punt 1.6.2. Ambdues reserves, tant la d'aigua com la de novec 1230 necessiten un sistema de bombament amb una pressió màxima de  $4\text{kg/cm}^2$ .

Aquesta reserva correspon a  $110\text{ m}^3$ , per a cada un d'ells. L'àrea en que es localitzen aquests serveis correspon a l'àrea contra incendis 1100.

L'ús del novec 1230, tal i com s'esmenta a Seguretat i Higiene, s'utilitza per a poder sufocar incendis en zones on no es pot fer ús de l'aigua.

### **1.6.2. Aigua de xarxa**

Aquesta planta industrial disposa d'una aigua de xarxa amb una embranzida a peu de parcel·la a  $4\text{ kg/cm}^2$  amb diàmetre de 200mm de sortida.

Aquesta aigua s'usarà per les diferents necessitats sanitàries de la planta, les quals corresponen a les àrees d'oficines, lavabos, laboratoris,..etc.

### **1.6.3. Electricitat**

Les indústries químiques entre d'altres són les principals consumidores d'electricitat degut als seus processos. Aquest consum implica la necessitat d'energia elèctrica.

Tot i que el principal consum d'aquesta font energètica recaigui en les àrees de procés, també és necessària l'electricitat per a garantir la il·luminació en totes les àrees.

La instal·lació elèctrica requereix d'una estació transformadora a raó de tenir una connexió des de la línia de 20kV a peu de parcel·la. Aquesta estació transformadora,

# 1. Introducció

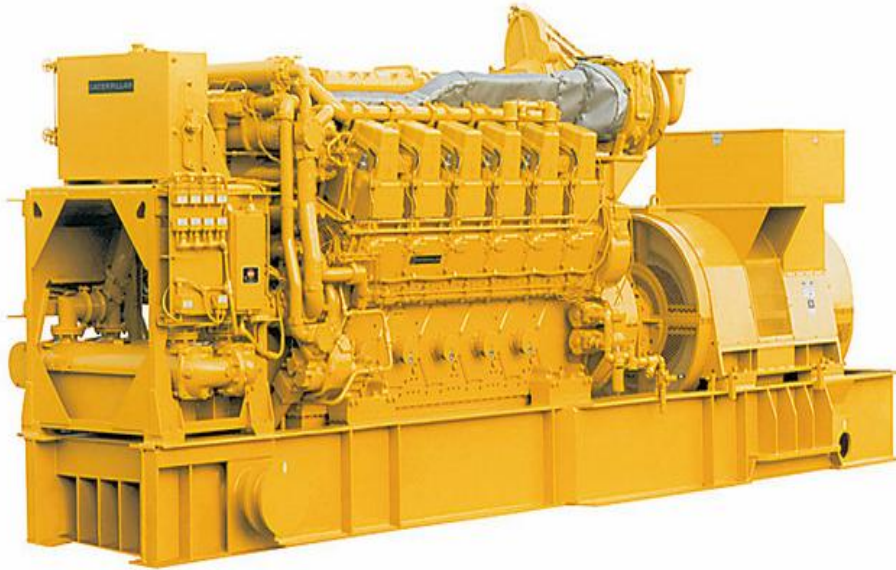
---

per una banda, baixarà la tensió de l'electricitat que arriba a la parcel·la fins a 6kV, degut a que la majoria dels equips industrials treballen a aquesta tensió i per una altra banda a baixa tensió, donat que les àrees d'oficines, vestuaris,...etc. treballen a 400v.

A més a més, per tal de garantir el subministrament elèctric a la planta donat que per alguna raó aquest no arribés com podria ser algun fallo en el transformador de la central elèctrica que la subministrament a la planta s'instal·laran a la planta 3 grups electrògens i així aquesta pugui seguir operant.

Els càlculs per a conèixer el nombre dels grups electrògens es mostra al apartat 11.14.1 del manual de càlcul.

Els grups electrògens escollits són el 3612 (MEDIUM SPEED) de la marca Caterpillar.



*Figura.1.6.1-. Grup electrogen de diesel de la marca Caterpillar.*

## **1.6.4. Oli tèrmic**

A la planta, hi ha una sèrie de processos que requereixen l'ús d'oli tèrmic ja que es treballa a altes temperatures les quals no poden ser assolides pel vapor d'aigua. A més a més, l'ús d'aquest vapor implicaria un alt risc en zones on hi pugui haver MIC o fòsgè donada la seva perillosa reacció si entressin aquests en contacte amb l'aigua.

L'oli tèrmic emprat és un fluid aromàtic alcalí de transferència de calor útil per a escalfar en fase líquida en bucle tancat, concretament el Paratherm HR<sup>TM</sup>. Les propietats d'aquest fluid es mostren al punt 12 a la taula 12.1.10.

Els equips que requereixen l'ús d'aquest fluid són els bescanviadors de carcassa i tubs B-301, B-304 i B-503, el bescanviador de doble tub DT-501, els evaporadors de carcassa i tubs EV-301, EV-302, EV-303, EV-402, EV-402 i EV-501 i els reactors R-401.

# 1. Introducció

---

Per poder proporcionar aquest oli tèrmic a la temperatura necessària es fa ús d'una caldera de fluid tèrmic. Cal esmentar però, que no tots els equips requereixen la mateixa temperatura del fluid caloportador, així doncs per aquesta raó a l'àrea de serveis hi haurà calderes d'oli tèrmic operant a diferents condicions. Aquestes es detallen a continuació.

Les calderes que s'escullen són calderes verticals de fluid tèrmic de la sèrie TPC de la marca Babcock-Wanson. Concretament, per a escalfar l'oli tèrmic emprat a la mitja canya dels reactors R-401 es fa ús d'una única caldera d'aquesta sèrie. El model d'aquesta és 400<sub>B</sub>. Per escalfar el fluid tèrmic a la temperatura corresponent dels altres equips esmentats, es fa ús d'ambdues del model 1000<sub>B</sub>. La decisió de la tria d'aquestes és a raó dels càlculs que es mostren al apartat 11.14.2 del manual de càlcul.

Ambdues tenen un cos a pressió amb un serpentí concèntric, una càmera de combustió vertical de flama invertida amb tres passos de fums. Aquestes ofereixen un alt rendiment tèrmic que s'obté a través del preescalfament del aire comburent entre la càmera de combustió de la caldera i els serpentins.

La font energètica emprada per a poder escalfar el oli tèrmic és el gas natural el seu ús es detalla en el 1.6.6.



**Figura 1.6.2.-** Caldera vertical d'oli tèrmic de la sèrie TPC.



# 1. Introducció

---

## 1.6.5. Vapor

Un altre servei en aquesta planta és el vapor. Aquest vapor s'emprarà per a dues finalitats diferents.

En primer lloc, per a regenerar filtres de carbó actiu emprats per a reduir concentració de compostos abans de ser evocats a l'atmosfera tal i com es detalla al punt 6.

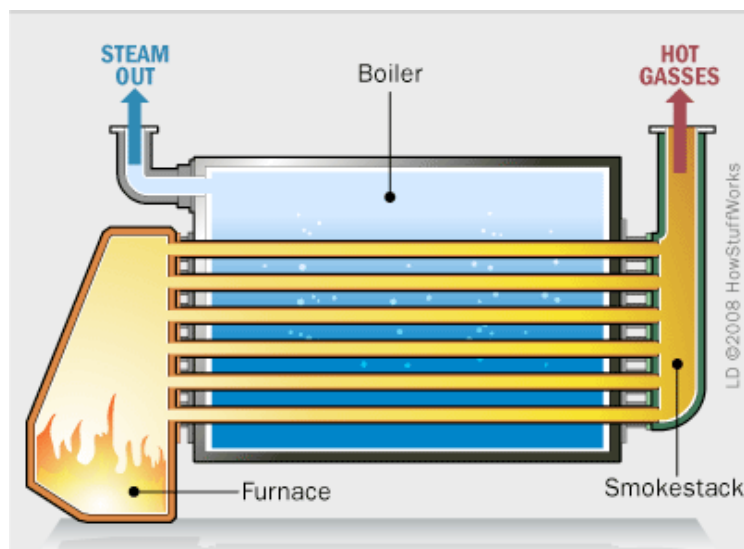
En segon lloc, per a la calefacció de les diferents àrees, per a subministrar aigua calenta per a les dutxes i altres.

Es decideix emprar una caldera de vapor pirotubular per a subministrar aquest servei a la planta.

La decisió d'aquest tipus de caldera és a raó d'ésser la més utilitzada industrialment a més els criteris que es mencionen a continuació fan suport a aquesta decisió.

- La qualitat de l'aigua té menors exigència.
- Més facilitat de neteja, alhora que major rendiment.
- Requereix tan sols d'una inspecció ordinària.
- Costos relació fabricació/qualitat són menors que els d'una caldera acuotubular.
- L'espai que ocupa és reduït.

Aquestes calderes, es denominen així perquè els productes de la combustió circulen per l'interior dels tubs que formen el feix d'intercanvi, els quals estan rodejats pel fluid caloportador.



**Figura 1.6.3.- Il·lustració esquemàtica del funcionament d'una caldera pirotubular.**

## 1. Introducció

---

Concretament s'escull la caldera de vapor ATTSU de la sèrie HH. El model que es decideix instal·lar a l'àrea de serveis és 5.000. Donat que no es coneix en realitat el cabal de vapor necessari a la planta, es fa en base a la regeneració del carbó actiu. Aquesta regeneració principalment tindrà lloc en els filtres de la sortida del assecador, i donada la mida d'aquests, es suposa que tot i que no sigui de forma continua es necessitarà un gran cabal de vapor. La decisió d'escollir 5Tn/h de cabal de vapor per a l'àrea de serveis també es basa en que aquesta no operarà al 100% però d'aquesta forma es garanteix una gran producció de cabal de vapor que alhora també satisfarà les necessitats de calefacció i altres com ja s'ha esmentat.



**Figura 1.6.4.-** Caldera de vapor pirotubular ATTSU de la sèrie HH model 5.000.

És important destacar l'ús d'un descalcificador per a l'aigua emprada per a aquest servei. D'aquesta forma l'aigua es trobarà lliure d'ions i s'evitarà que es dipositin en les canonades i es creïn incrustacions facilitant d'aquesta forma el funcionament de les instal·lacions.

### **1.6.6. Gas natural**

El gas natural és una energia primària, o que es pot obtenir directament sense transformació. Concretament s'obtindrà amb una connexió a peu de parcel·la a mitja pressió (1,5 kg/cm<sup>2</sup>).

Aquesta energia s'emprarà per a les calderes de vapor i les d'oli tèrmic presents en les diferents àrees de la planta.

**Taula 1.6.1.- Consum de Gas Natural**

	Consum de Gas Natural (m <sup>3</sup> /h)
Caldera de vapor	260
Caldera d'oli tèrmic	196,3
<b>TOTAL</b>	<b>456,3</b>

Els càlculs per a la obtenció del cabal de consum de gas natural es mostra al apartat 11.14.4 del manual de càlcul.

# 1. Introducció

---

## **1.6.7. Fluid refrigerant**

El fluid refrigerant és un dels serveis de la planta. Aquest s'utilitza per refredar diferents fluids del procés. Concretament, els equips que fan ús d'aquest servei són els bescanviadors B-303 i B-502, els condensadors C-301, C-302, C-303, C-402, C-402, C-403, C-501, C-502 i C-503, els tancs d'emmagatzematge T-404A, T-404B i T-501 i els reactors R-301 i R-501.

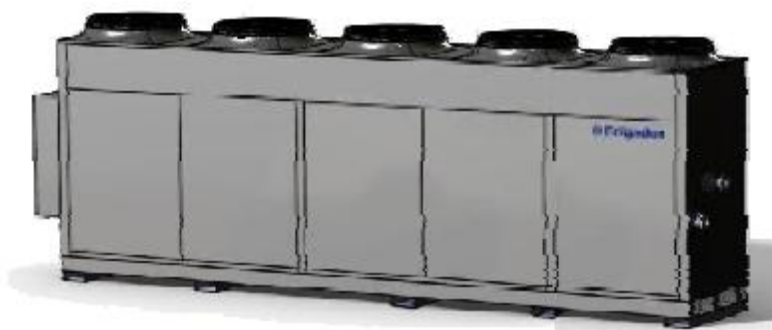
El fluid refrigerant emprat per a la transmissió de calor als diferents equips esmentats és el Paratherm CR essent aquest una barreja de components sintètics formulat per proporcionar un alt rendiment de refrigeració. Les propietats d'aquest fluid es mostren al punt 12 a la taula 12.1.7.

Per assolir les temperatures desitjades d'aquest fluid refrigerant es fa ús de la màquina anomenada chiller, la qual elimina la calor del fluid refrigerant emprant un hidrocarbur, és a dir, d'un altre fluid refrigerant com el propà.

És important destacar que el paratherm CR s'empra en el procés a dues temperatures diferents. Per aquesta raó s'utilitzen chillers operant a diferents condicions.

Per una banda, pels bescanviadors, condensadors i tancs esmentats es fan servir 3 chillers per a refredar tot el cabal necessari del paratherm CR fins a  $-5^{\circ}\text{C}$  i per als reactors esmentats es fa ús d'un parell de chillers més per refredar el fluid refrigerant fins a  $20^{\circ}\text{C}$ .

Tot i que operin en diferents condicions, l'aparell serà el mateix, i és el chiller FWC 3000-3000(S)12 de la marca SRS.



**Figura 1.6.5.- Chiller FWC 3000-3000(S)12.**

Els càlculs realitzats per a la tria dels chillers es mostra en l'apartat 11.14.5 del manual de càlcul.

# 1. Introducció

---

## **1.6.8. Nitrogen**

La pressurització dels tancs T-101A, T-101B, T-101C T-103A, T-103B, T-501A, T-501B i els reactors R-401A, R-401B i R-401C es duu a terme amb nitrogen.

Mitjançant els càlculs que es mostren al apartat 11.14.6 del manual de càlcul s'esmenten les dues necessitats de nitrogen següents.

En primer lloc, per a la posada en marxa es necessiten 3,2 Tn de nitrogen.

En segon lloc, quan la planta està en operació, es tindrà emmagatzemat un total de 5,5 Tn de nitrogen. Una proporció d'aquesta quantitat correspon al nitrogen necessari per a omplir els tancs de MIC (T-501). Aquests es troben buits, ja que només hi haurà emmagatzematge de MIC en cas d'accident. Per això, per tal d'assegurar la pressurització d'aquests si fos necessari és té tota la capacitat d'aquests tancs i un 10% més per seguretat, és a dir, 110 Kg de nitrogen. L'altre proporció del emmagatzematge de nitrogen esmentat, correspon al necessari per a l'operació de la planta durant 7 dies.

El subministrament d'aquest servei és subministrament a través de la empresa Linde. A la planta, per tal de tenir la quantitat esmentada emmagatzemada, es tindran 3 tancs a 36 bars de mida 460, el qual contenen nitrogen líquid a baixa temperatura.

Els càlculs d'aquests quantitats de nitrogen es mostren en l'apartat 11.14.6 del manual de càlcul.

## **1.6.9. Aire comprimit**

L'accionament de la instrumentació del procés, com per exemple les vàlvules pneumàtiques del control es duu a través d'aire comprimit.

Aquest servei implica que l'aire es sotmès a una pressió per un compressor. Així doncs, el subministrament de l'aire comprimit es durà a terme mitjançant un compressor d'aire de dues etapes de la marca Ingersoll Rand, concretament el model T30/200/3V.

# 1. Introducció

---

## **1.6.10. Aire calent**

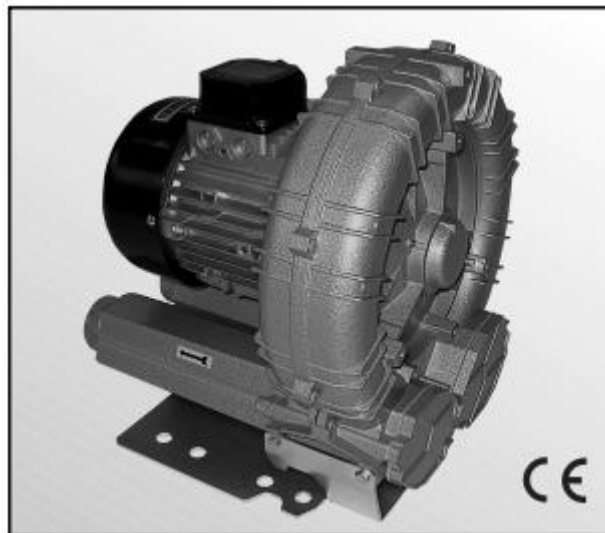
Per al procés d'assecatge és necessari subministramentt aire calent. El subministrament d'aquest servei es fa mitjançant un bufant amb un escalfador.

Concretament, la quantitat d'aire calent que s'ha de proporcionar al procés és de 10Tn/h a una temperatura de 400°C. Això s'assoleix mitjançant un parell de bufants d'aire calent.

La combinació emprada és l'escalfador LE 5.000 i el bufant d'alta pressió AIRPACK ambdós de la marca Leister.



*Figura 1.6.6.- Escalfador LE 5.000HT de la marca Leister.*



*Figura 1.6.7.-Bufant AIRPACK d'alta pressió de la marca Leister.*

# 1. Introducció

## 1.7. Balanç de Matèria

Taula 1.7.1.- Balanç de matèria del procés.

CORRENT	1	1a	2	3	3a	4	4a	5
Temperatura (°C)	7	7	25	48	48	205	205	25
Pressió (atm)	1	1	1	1	1	1	1	1
Estat del corrent	L	L	G	G	G	G	G	G
<b>CABALS MÀSSICS (kg/h)</b>								
α-Naftol	-	-	-	-	-	-	-	-
Aire calent	-	-	-	-	-	-	-	-
Carbaril	-	-	-	-	-	-	-	-
Cloroform	-	-	-	-	-	-	-	-
Clorur d'hidrogen	-	-	-	-	-	-	-	-
Clorur de metilcarbamoil	-	-	-	-	-	-	-	-
Fosgè	745,77	745,77	745,77	932,21	932,21	932,21	932,21	-
Isocianat de metil	-	-	-	-	-	-	-	-
Monometilamina	-	-	-	-	-	-	-	234,28
Toluè	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>745,77</b>	<b>745,77</b>	<b>745,77</b>	<b>932,21</b>	<b>932,21</b>	<b>932,21</b>	<b>932,21</b>	<b>234,28</b>

# 1. Introducció

CORRENT	5a	6	6a	7	7a	8	8a	9(*)
Temperatura (°C)	25	241	241	260	260	178	178	25
Pressió (atm)	1	1	1	1	1	1	1	1
Estat del corrent	G	G	G	G	G	G	G	L
<b>CABALS MÀSSICS (kg/h)</b>								
α-Naftol	-	-	-	-	-	-	-	-
Aire calent	-	-	-	-	-	-	-	-
Carbaril	-	-	-	-	-	-	-	-
Cloroform	-	-	-	-	-	-	-	11938
Clorur d'hidrogen	-	-	-	275,23	275,23	275,23	275,23	-
Clorur de metilcarbamoil	-	-	-	705,12	705,12	705,12	705,12	-
Fosgè	-	-	-	186,44	186,44	186,44	186,44	-
Isocianat de metil	-	-	-	-	-	-	-	-
Monometilamina	234,28	234,28	234,28	-	-	-	-	-
Toluè	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>234,28</b>	<b>234,28</b>	<b>234,28</b>	<b>1166,79</b>	<b>1166,79</b>	<b>1166,79</b>	<b>1166,79</b>	<b>11938</b>

*(\*) El circuit de cloroform és tancat, sempre es recircula. El corrent 9 només es correspon a l'Start-Up.*

# 1. Introducció

CORRENT	9a	10	10a	11	12	12a	13	14
Temperatura (°C)	25	60	60	5	5	5	49,5	49,5
Pressió (atm)	1	1	1	1	1	1	1	1
Estat del corrent	L	L	L	L	L	L	L	L
<b>CABALS MÀSSICS (kg/h)</b>								
α-Naftol	-	-	-	-	-	-	-	-
Aire calent	-	-	-	-	-	-	-	-
Carbaril	-	-	-	-	-	-	-	-
Cloroform	11938	11938	11938	11938	11938	11938	11813,85	11813,85
Clorur d'hidrogen	-	-	-	-	-	-	16,07	16,07
Clorur de metilcarbamoil	-	176,28	176,28	176,28	176,28	176,28	705,12	705,12
Fosgè	-	-	-	-	-	-	186,44	186,44
Isocianat de metil	-	-	-	-	-	-	-	-
Monometilamina	-	-	-	-	-	-	-	-
Toluè	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>11938</b>	<b>12114,28</b>	<b>12114,28</b>	<b>12114,28</b>	<b>12114,28</b>	<b>12114,28</b>	<b>12721,48</b>	<b>12721,48</b>



# 1. Introducció

CORRENT	14a	15	16	17	17a	18	18a	19
Temperatura (°C)	49,5	63	63	9,5	9,5	9,5	9,5	6,7
Pressió (atm)	1	1	1	1	1	1	30	30
Estat del corrent	L	L	L	G	G	L	L	G
<b>CABALS MÀSSICS (kg/h)</b>								
α-Naftol	-	-	-	-	-	-	-	-
Aire calent	-	-	-	-	-	-	-	-
Carbaril	-	-	-	-	-	-	-	-
Cloroform	11813,85	11813,85	11813,85	124,15	124,15	124,15	124,15	-
Clorur d'hidrogen	16,07	-	-	259,16	259,16	259,16	259,16	259,16
Clorur de metilcarbamoil	705,12	705,12	705,12	-	-	-	-	-
Fosgè	186,44	-	-	-	-	-	-	-
Isocianat de metil	-	-	-	-	-	-	-	-
Monometilamina	-	-	-	-	-	-	-	-
Toluè	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>12721,48</b>	<b>12518,97</b>	<b>12518,97</b>	<b>383,31</b>	<b>383,31</b>	<b>383,31</b>	<b>383,31</b>	<b>259,16</b>

# 1. Introducció

CORRENT	20	21	22	22a	23	24	24a	24b
Temperatura (°C)	6,7	221	221	221	2,9	2,9	2,9	2,9
Pressió (atm)	1	30	1	1	1	1	1	30
Estat del corrent	G	L	G	G	L	L	L	L
<b>CABALS MÀSSICS (kg/h)</b>								
α-Naftol	-	-	-	-	-	-	-	-
Aire calent	-	-	-	-	-	-	-	-
Carbaril	-	-	-	-	-	-	-	-
Cloroform	-	124,15	124,15	124,15	-	-	-	-
Clorur d'hidrogen	259,16	-	-	-	16,07	16,07	16,07	16,07
Clorur de metilcarbamoil	-	-	-	-	-	-	-	-
Fosgè	-	-	-	-	186,44	186,44	186,44	186,44
Isocianat de metil	-	-	-	-	-	-	-	-
Monometilamina	-	-	-	-	-	-	-	-
Toluè	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>259,16</b>	<b>124,15</b>	<b>124,15</b>	<b>124,15</b>	<b>202,51</b>	<b>202,51</b>	<b>202,51</b>	<b>202,51</b>

# 1. Introducció

CORRENT	25	26	27	28	28a	29	30	30a
Temperatura (°C)	6,8	6,8	142,7	142,7	142,7	63	90	90
Pressió (atm)	30	1	30	1	1	14	14	14
Estat del corrent	L	G	L	G	G	L	L	L
<b>CABALS MÀSSICS (kg/h)</b>								
α-Naftol	-	-	-	-	-	-	-	-
Aire calent	-	-	-	-	-	-	-	-
Carbaril	-	-	-	-	-	-	-	-
Cloroform	-	-	-	-	-	11813,85	11813,85	11813,85
Clorur d'hidrogen	16,07	16,07	-	-	-	-	275,23	275,23
Clorur de metilcarbamoil	-	-	-	-	-	705,12	58,57	58,57
Fosgè	-	-	186,44	186,44	186,44	-	-	-
Isocianat de metil	-	-	-	-	-	-	431,32	431,32
Monometilamina	-	-	-	-	-	-	-	-
Toluè	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>16,07</b>	<b>16,07</b>	<b>186,44</b>	<b>186,44</b>	<b>186,44</b>	<b>12518,97</b>	<b>12578,97</b>	<b>12578,97</b>

# 1. Introducció

CORRENT	31	32	32a	33	34	34a	35	35a
Temperatura (°C)	90	90	90	216,8	216,8	216,8	144	144
Pressió (atm)	12	12	30	30	1	1	1	1
Estat del corrent	L	L	L	L	G	G	G	G
<b>CABALS MÀSSICS (kg/h)</b>								
α-Naftol	-	-	-	-	-	-	-	-
Aire calent	-	-	-	-	-	-	-	-
Carbaril	-	-	-	-	-	-	-	-
Cloroform	11813,85	11813,85	11813,85	11813,85	11813,85	11813,85	11813,85	11813,85
Clorur d'hidrogen	275,23	275,23	275,23	-	-	-	-	-
Clorur de metilcarbamoil	58,57	58,57	58,57	58,57	58,57	58,57	58,57	58,57
Fosgè	-	-	-	-	-	-	-	-
Isocianat de metil	431,32	431,32	431,32	431,32	431,32	431,32	431,32	431,32
Monometilamina	-	-	-	-	-	-	-	-
Toluè	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>12578,97</b>	<b>12578,97</b>	<b>12578,97</b>	<b>12303,74</b>	<b>12303,74</b>	<b>12303,74</b>	<b>12303,74</b>	<b>12303,74</b>

# 1. Introducció

CORRENT	36	37	37a	38(*)	39	40	41	41a
Temperatura (°C)	60	60	60	38,81	6,8	6,8	61,4	61,4
Pressió (atm)	1	1	1	1	30	1	1	1
Estat del corrent	L	L	L	L	G	G	L	L
<b>CABALS MÀSSICS (kg/h)</b>								
α-Naftol	-	-	-	-	-	-	-	-
Aire calent	-	-	-	-	-	-	-	-
Carbaril	-	-	-	-	-	-	-	-
Cloroform	11813,85	11813,85	11813,85	-	-	-	11813,85	11813,85
Clorur d'hidrogen	-	-	-	-	275,23	275,23	-	-
Clorur de metilcarbamoil	58,57	58,57	58,57	-	-	-	58,57	58,57
Fosgè	-	-	-	-	-	-	-	-
Isocianat de metil	431,32	431,32	431,32	423,13	-	-	-	-
Monometilamina	-	-	-	-	-	-	-	-
Toluè	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>12303,74</b>	<b>12303,74</b>	<b>12303,74</b>	<b>423,13</b>	<b>275,23</b>	<b>275,23</b>	<b>11872,42</b>	<b>11872,42</b>

(\*) Els 9 Kg/h de MIC que van per l'altre corrent es menyspreen en el balanç

# 1. Introducció

CORRENT	42	42a	43	43a	44	44a	45(*)	45a
Temperatura (°C)	40	40	80	80	25	25	25	25
Pressió (atm)	1	1	1	1	1	1	1	1
Estat del corrent	L	L	G	G	L	L	L	L
<b>CABALS MÀSSICS (kg/h)</b>								
α-Naftol	-	-	-	-	-	-	1156,7	1156,7
Aire calent	-	-	-	-	-	-	-	-
Carbaril	-	-	-	-	-	-	-	-
Cloroform	-	-	-	-	-	-	-	-
Clorur d'hidrogen	-	-	-	-	-	-	-	-
Clorur de metilcarbamoil	-	-	-	-	-	-	-	-
Fosgè	-	-	-	-	-	-	-	-
Isocianat de metil	463,95	463,95	463,95	463,95	-	-	-	-
Monometilamina	-	-	-	-	-	-	-	-
Toluè	-	-	-	-	952	952	4461	4461
<b>TOTAL</b>	<b>463,95</b>	<b>463,95</b>	<b>463,95</b>	<b>463,95</b>	<b>952</b>	<b>952</b>	<b>5617,7</b>	<b>5617,7</b>

(\*) El α-Naftol d'aquest corrent s'ha afegit en el 44<sup>a</sup>. El corrent de sòlid no està etiquetat en el diagrama de procés.

# 1. Introducció

CORRENT	46	47	47a	48	48a	49	49a	50
Temperatura (°C)	80	80	80	80	80	80	80	116,2
Pressió (atm)	1	1	1	1	1	1	1	1
Estat del corrent	L	L	L	L	L	L	L	L
<b>CABALS MÀSSICS (kg/h)</b>								
α-Naftol	1156,7	1156,7	1156,7	101,8	101,8	101,8	101,8	101,8
Aire calent	-	-	-	-	-	-	-	-
Carbaril	-	-	-	1615,9	1615,9	1615,9	1615,9	1615,9
Cloroform	-	-	-	-	-	-	-	-
Clorur d'hidrogen	-	-	-	-	-	-	-	-
Clorur de metilcarbamoil	-	-	-	-	-	-	-	-
Fosgè	-	-	-	-	-	-	-	-
Isocianat de metil	-	463,95	463,95	40,82	40,82	40,82	40,82	-
Monometilamina	-	-	-	-	-	-	-	-
Toluè	4461	4461	4461	4461	4461	4461	4461	4461
<b>TOTAL</b>	<b>5617,7</b>	<b>6081,65</b>	<b>6081,65</b>	<b>6219,52</b>	<b>6219,52</b>	<b>6219,52</b>	<b>6219,52</b>	<b>6178,7</b>

# 1. Introducció

CORRENT	50a	51	51a	52	53	53a	54	54a
Temperatura (°C)	116,2	110	110	85	65	65	65	65
Pressió (atm)	1	1	1	1	1	1	1	1
Estat del corrent	L	L	L	L	L	L	L	L
<b>CABALS MÀSSICS (kg/h)</b>								
α-Naftol	101,8	101,8	101,8	101,8	101,8	101,8	101,8	101,8
Aire calent	-	-	-	-	-	-	-	-
Carbaril	1615,9	1615,9	1615,9	1615,9	1615,9	1615,9	1615,9	1615,9
Cloroform	-	-	-	-	-	-	-	-
Clorur d'hidrogen	-	-	-	-	-	-	-	-
Clorur de metilcarbamoil	-	-	-	-	-	-	-	-
Fosgè	-	-	-	-	-	-	-	-
Isocianat de metil	-	-	-	-	-	-	-	-
Monometilamina	-	-	-	-	-	-	-	-
Toluè	4461	4461	4461	4823	3346,4	3346,4	3616,4	3616,4
<b>TOTAL</b>	<b>6178,7</b>	<b>6178,7</b>	<b>6178,7</b>	<b>6540,7</b>	<b>5064,1</b>	<b>5064,1</b>	<b>5334,1</b>	<b>5334,1</b>



# 1. Introducció

<b>CORRENT</b>	<b>55</b>	<b>56</b>	<b>56a</b>	<b>57</b>	<b>58</b>	<b>59</b>	<b>59a</b>	<b>60</b>
<b>Temperatura (°C)</b>	65	65	65	400	400	38,81	38,81	
<b>Pressió (atm)</b>	1	1	1	1	1	1	1	0,2
<b>Estat del corrent</b>	L	L	L	G	G	L	L	G
<b>CABALS MÀSSICS (kg/h)</b>								
<b>α-Naftol</b>	101,8	101,8	101,8	-	-	-	-	-
<b>Aire calent</b>	-	-	-	10000	10000	-	-	-
<b>Carbaril</b>	1615,9	1615,9	1615,9	-	-	-	-	-
<b>Cloroform</b>	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Clorur d'hidrogen</b>	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Clorur de metilcarbamoil</b>	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Fosgè</b>	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Isocianat de metil</b>	-	-	-	-	-	40,82	40,82	-
<b>Monometilamina</b>	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Toluè</b>	3616,4	2713	2713	-	-	-	-	1205,8
<b>TOTAL</b>	<b>5334,1</b>	<b>4430,7</b>	<b>4430,7</b>	<b>10000</b>	<b>10000</b>	<b>40,82</b>	<b>40,82</b>	<b>1205,8</b>

# 1. Introducció

CORRENT	61	62	63	64	64a	65	66	66a
Temperatura (°C)	65	65	65	65	65	65	65	65
Pressió (atm)	0,2	0,2	0,2	1	1	1	1	1
Estat del corrent	L	G	L	L	L	L	L	L
<b>CABALS MÀSSICS (kg/h)</b>								
α-Naftol	-	-	-	-	-	-	10	10
Aire calent	-	-	-	-	-	-	-	-
Carbaril	-	-	-	-	-	-	160	160
Cloroform	-	-	-	-	-	-	-	-
Clorur d'hidrogen	-	-	-	-	-	-	-	-
Clorur de metilcarbamoil	-	-	-	-	-	-	-	-
Fosgè	-	-	-	-	-	-	-	-
Isocianat de metil	-	-	-	-	-	-	-	-
Monometilamina	-	-	-	-	-	-	-	-
Toluè	<b>1205,8</b>	904	904	2109,8	2109,8	3871	362	362
<b>TOTAL</b>	<b>1205,8</b>	<b>904</b>	<b>904</b>	<b>2109,8</b>	<b>2109,8</b>	<b>3871</b>	<b>532</b>	<b>532</b>

# 1. Introducció

CORRENT	67	67a	68	69	70	70a	71	72
Temperatura (°C)	65	65	65	65	65	65	400	400
Pressió (atm)	1	1	1	1	1	1	1	1
Estat del corrent	L	L	L	L	L	L	G	G
<b>CABALS MÀSSICS (kg/h)</b>								
α-Naftol	9	9	33	33	66	66	-	-
Aire calent	-	-	-	-	-	-	10000	10000
Carbaril	140	140	28,3	28,3	56,5	56,5	-	-
Cloroform	-	-	-	-	-	-	-	-
Clorur d'hidrogen	-	-	-	-	-	-	-	-
Clorur de metilcarbamoil	-	-	-	-	-	-	-	-
Fosgè	-	-	-	-	-	-	-	-
Isocianat de metil	-	-	-	-	-	-	-	-
Monometilamina	-	-	-	-	-	-	-	-
Toluè	270	270	880,6	880,6	1761,2	1761,2	952	952
<b>TOTAL</b>	<b>419</b>	<b>419</b>	<b>941,9</b>	<b>941,9</b>	<b>1883,7</b>	<b>1883,7</b>	<b>10952</b>	<b>10952</b>