



*Disseny d'una mesura correctora per emissions de COV's*

112013

**Integrants:**

Eduard Inglés Monteiro

Alba Torres Rivas

Líder: Marc Moreno Gené

## Índex

<b>1. La flexografia.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Tipus de pintures .....</b>	<b>2</b>
<b>1.2 Problemàtica COV's .....</b>	<b>3</b>
<b>1.3 Riscos laborals dels COV's.....</b>	<b>6</b>
<b>2. Marc legal .....</b>	<b>9</b>
<b>3. Abast del projecte.....</b>	<b>11</b>
<b>4. Ubicació de la planta.....</b>	<b>11</b>
<b>4.1 Dades climatològiques .....</b>	<b>12</b>
<b>4.1.1 Temperatura .....</b>	<b>12</b>
<b>4.1.2 Pressió baromètrica i humitat.....</b>	<b>12</b>
<b>4.1.3 Precipitació.....</b>	<b>13</b>
<b>4.1.4 Radiació solar .....</b>	<b>13</b>
<b>5. Estudi de les millors tècniques disponibles (MTD).....</b>	<b>14</b>
<b>5.1 Tècniques de recuperació de COV's.....</b>	<b>15</b>
<b>5.2 Tècniques de eliminació de COV's.....</b>	<b>18</b>
<b>6. Descripció del procés .....</b>	<b>24</b>
<b>7. Efectes cross-over.....</b>	<b>25</b>
<b>8. Estudi mediambiental.....</b>	<b>26</b>
<b>8.1 Monòxid de carboni.....</b>	<b>26</b>
<b>8.2 Diòxid de carboni .....</b>	<b>27</b>
<b>8.3 Òxids de nitrogen .....</b>	<b>28</b>
<b>8.4 Dispersió del plomall.....</b>	<b>30</b>
<b>9. Balanços.....</b>	<b>32</b>
<b>9.1 Balanç de matèria .....</b>	<b>32</b>
<b>9.2 Balanç d'energia .....</b>	<b>33</b>
<b>10. Control i seguretat de l'oxidador.....</b>	<b>33</b>
<b>10.1 Estratègia de control .....</b>	<b>33</b>
<b>10.2 Consideracions de seguretat .....</b>	<b>34</b>
<b>10.3 Posta en marxa .....</b>	<b>34</b>
<b>10.3.1 Primera posta en marxa .....</b>	<b>34</b>
<b>10.3.2 Preparació per a la posta en marxa.....</b>	<b>35</b>
<b>10.3.3 Etapa prèvia .....</b>	<b>35</b>

10.3.4 Posada en marxa .....	35
10.4 Parada de l'equip .....	36
10.5 Parada prolongada.....	36
10.6 Manteniment.....	37
<b>11. Balanç economic.....</b>	<b>37</b>
11.1 No invertir.....	38
11.2 Invertir .....	39
11.3 Estudi econòmic alternatiu.....	42
11.3.1 Noves dades econòmiques.....	42
11.3.2 Càlcul de la inversió inicial.....	44
<b>12. Disseny.....</b>	<b>45</b>
12.1 Disseny de canonades.....	45
12.2 Disseny de l'oxidador catalític.....	46
12.2.1 Pèrdues de l'oxidador catalític .....	46
12.3 Disseny del ventilador .....	47
12.3.1 Càlcul de la potencia del ventilador .....	48
<b>13. Conclusions .....</b>	<b>48</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>50</b>
<b>A. PFD.....</b>	<b>51</b>
<b>B. P&amp;ID .....</b>	<b>52</b>
<b>C. Fulls d'especificació .....</b>	<b>53</b>
C.1 Fulla d'especificació del ventilador .....	53
C.2 Fitxa de l'oxidador catalític. ....	54
C.2.1 Dades del catalitzador.....	54
C.3 Fulla d'especificació de l'acetat d'etil.....	55
C.4 Fulla d'especificació de l'isopropanol.....	59
C.5 Fulla d'especificació del diòxid de carboni.....	63
C.6 Fulla d'especificació de l'aigua .....	66
C.7 Fulla d'especificació del gas natural.....	68
C.8 Fulla d'especificació de l'aire .....	71
<b>Bibliografia i webgrafia .....</b>	<b>73</b>

## 1.LA FLEXOGRAFIA

La flexografia és un sistema de impressió directa mitjançant planxes flexibles gravades amb relleu, per realitzar la impressió s'utilitzen màquines rotatives i tintes de ràpid assecatge.

Primerament tenim el dispensador de tinta, després tenim el corró de anilox, seguidament el corró de la placa, el substrat absorbent i per finalitzar el corró de contrapressió. Ara s'explicarà la funció de cada component per separat:

- Càmera de tinta (5): és la encarregada de dipositar la tinta sobre el corró anilox.
- Corró de anilox (4): aquest conte la tinta de la càmera i es prepara per aplicar-la sobre la planxa.
- Planxa (1): està al voltant del corró principal i té la forma que ha de tindre la impressió, la seva funció es passar la tinta del corró de anilox fins al substrat absorbent.
- Corró principal(2): suporta la planxa i la fa girar.
- Sostrat absorbent (3): és l'element que es vol pintar.
- Corró de contrapressió (6): es el que hi ha sota del sostrat per a que suporti aquest.

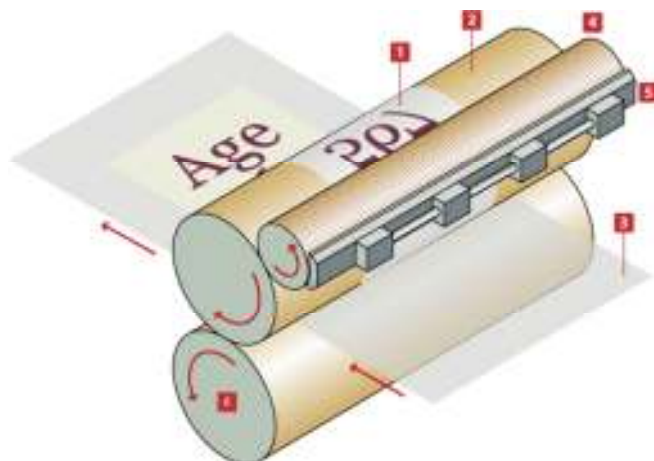


Figura 1.1 Distribució dels corróns.

### **1.1 Tipus de pintures**

Segons les necessitats hi ha diferents tipus de pintures que s'ajusten millor a les necessitats, les més utilitzades són, en primer lloc, les de base dissolvent i, en segon lloc, les de base aigua, però també hi ha d'altres com les ultraviolades i les Electron-Beam. Segons les característiques de cadascuna són més aconsellables per un tipus d'impressió.

Les de base aigua emeten menys quantitat de COVs però tenen l'inconvenient de que triguen més temps a assecar-se, tenen més tensió superficial i poden formar espumes, a més la neteja de tota la maquinària s'ha de realitzar després d'haver realitzat d'impressió.

Les tintes UV són tintes sòlides, per tant no emeten cap mena de contaminació per COVs i a més la neteja no cal fer-la just al acabar, per contra el procés de secat és un procés fotoquímic amb radiació ultraviolada. Les làmpades acostumen a ser de vapor de mercuri a pressió amb elèctrodes de tungstè.

Les tintes EB funcionen de manera similar a les UV, les tintes s'han de curar, tot i que en aquest cas es a partir d'una reacció de polimerització en la que passen d'estat líquid a estat sòlid. La diferencia és que en aquest cas utilitzen una energia molt superior a la llum ultraviolada, aconseguint un consum inferior però amb una inversió inicial molt superior.

Finalment les tintes en base dissolvent es caracteritzen pel seu baix cost econòmic, però amb l'inconvenient de la generació de COV's bastant elevada, a més són tintes que assequen de manera més ràpida i aconsegueixen un acabat molt millor que en el cas de les pintures en base aigua.

## 1.2 Problemàtica COV's

Els compostos orgànics volàtils (COV's) són substàncies químiques amb base de carboni que s'evaporen a temperatura i pressió atmosfèrica i formen vapors. A part, el carboni també és possible trobar altres compostos com hidrogen, fluor, oxigen, clor, brom, nitrogen o sofre.

Algunes característiques d'aquests compostos son:

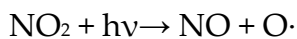
- Volatilitat: Són compostos que s'evaporen a temperatura i pressió atmosfèrica.
- Liposolubles: Presenten una gran afinitat amb els greixos, cosa que fa que s'acumulin al nostre cos.
- Inflamables: S'inflamen fàcilment en contacte amb l'aire.
- Tòxics: Aquesta característica depèn del compost en cada cas. Amb una exposició prolongada poden ocasionar lesions neurològiques, afectant a la memòria, l'estat d'ànim i la concentració.

La problemàtica dels COV's té dues vessants, la industrial i la mediambiental.

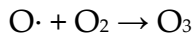
La primera recau en que els COV's són uns excel·lents dissolvents, molt utilitzats en pintures i vernissos. A més, també són bons desengreixants. Aquestes grans propietats fan que siguin molt utilitzats en la indústria del rentat en sec, en dissolvents en pintures, en aerosols, en dissolvents de greix i en altres camps, suposant un greu impacte mediambiental.

Per altre part, mediambientalment els compostos orgànics volàtils tenen un gran contrasentit, per un costat, alguns COV's són precursors de la degradació de l'ozó estratosfèric, això fa que augmenti l'efecte hivernacle. Per l'altre costat, també és el desencadenant de l'ozó troposfèric, on reacciona de la següent manera.

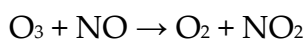
Durant el dia el diòxid de nitrogen es dissocia en monòxid de nitrogen i radicals d'oxigen.



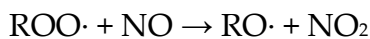
L'  $\text{O}\cdot$  es combina amb l'oxigen per formar l'ozó:



Amb l'absència de COV's aquest ozó oxida al monòxid de nitrogen de l'etapa anterior:



Però en presencia de COV's, aquests es transformen en radicals peròxids que ahora oxiden en NO:



D'aquesta forma l'NO no està disponible per reaccionar amb l'ozó i aquest s'acumula a l'atmosfera.

Cal esmentar que l'ozó es irritant i, per tant, que es produeixi ozó a la capa més baixa de la atmosfera suposa un greu problema per la salut.

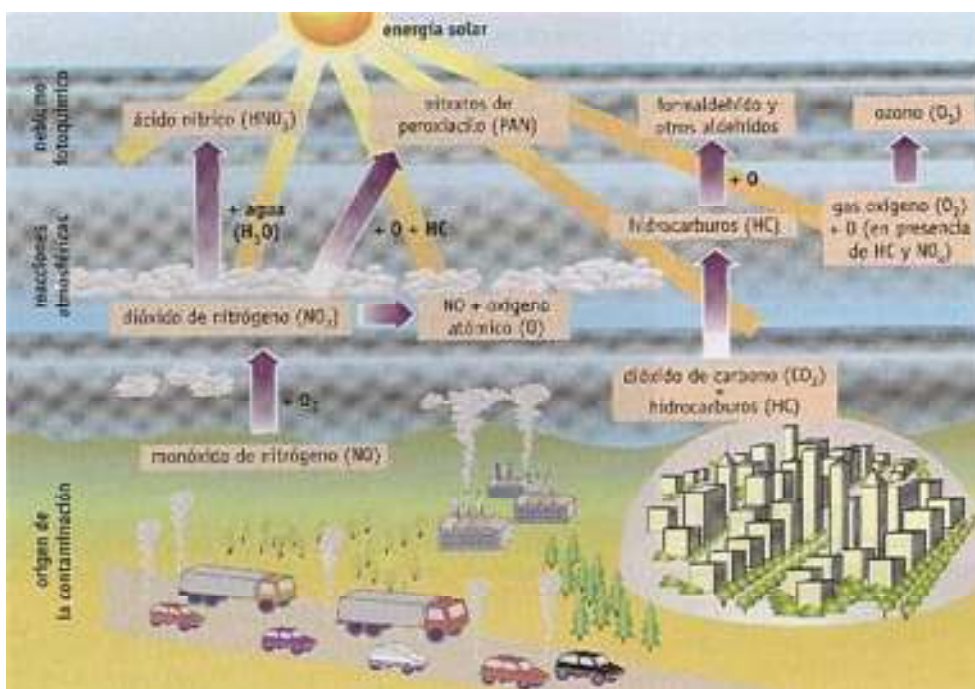


Figura 1.2 Problemes mediambientals

També cal esmentar que els COV's i els òxids de nitrogen, juntament amb els rajos solars, formen l'anomenat "smog" fotoquímic.

L'"smog" fotoquímic es forma en condicions d'inversió tèrmica i fa que l'atmosfera agafi un to vermellós carregat de components perjudicials per la salut. A més els COV's poden anar acompanyats de compostos halogenats, cosa que comporta més risc mediambiental.



Figura 1.3 Esquema d'"smog" fotoquímic



Figura 1.4 Exemple d'"smog fotoquímic".

Donat que es forma gracies a l'energia solar, aquest és major durant els mesos d'estiu i durant les hores centrals del dia.

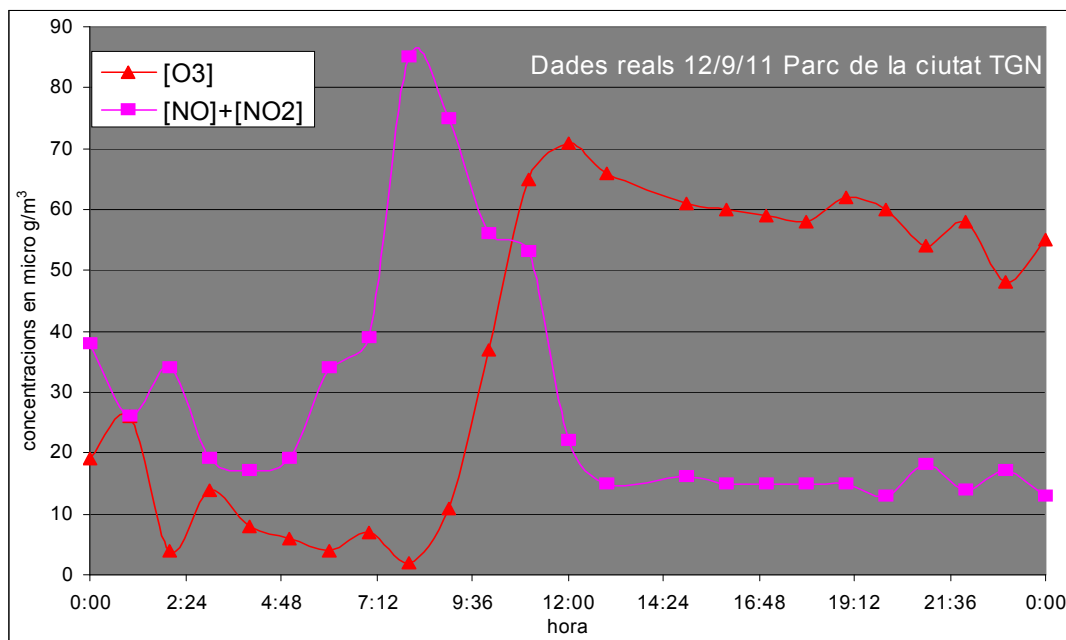


Figura 1.5 Evolució del NO<sub>x</sub> i de l'ozó al llarg del dia.

En aquesta figura es pot observar la influència dels rajos solars en la aparició de l'ozó. A partir de les 8 del matí, quan surt el sol, augmenta considerablement la concentració d'ozó fins arribar al seu màxim a les 12 del migdia.

### 1.3 Riscos laborals dels COV's

Els efectes provocats pels COV's a la salut són molt variable en funció de quin sigui el compost al que estàs exposat. Tot i això, és sap que els COV's en general són molt liposolubles i, gràcies a la seva afinitat pels greixos, s'acumulen en moltes parts del cos.

Hi ha dos vies per les quals els COV's ens poden afectar, la primera és la inhalació donat que aquests, a temperatura ambient, provoquen vapors que són molt fàcils d'inhalat, i la segona és pel contacte, ja que la nostra pell pot quedar-se impregnada d'aquetes substancies.

Els COV's poden produir tan efectes a curt termini com a llarg, els efectes a curt termini són :

- Irritacions a ulls, gola i nas
- Nàusees
- Mal de cap i vòmit de sang
- Reaccions al·lèrgiques
- Mareig, mal d'estomac i intestinal
- Fatiga i taques a la pell

A llarg termini poden causar mal al fetge, al ronyo i al sistema nerviós central. També hi ha productes que són cancerígens com per exemple el Benzè. També pot arribar a causar problemes a l'intestí prim, fins el punt de crear orificis que podrien provocar la mort.

Per tal d'evitar aquest riscos s'han de tenir uns controls d'higiene i seguretat rigorosos, cal donar especial èmfasis a:

- Condicions de ventilació
- Emmagatzematge i manipulació de substàncies perilloses
- Manipulació de maquinària i equips
- Element de protecció personal
- En termes generals, la protecció dels treballadors té quatre components:
- Identificació de riscos
- Capacitació, educació i difusió de informació necessària
- Provisió dels elements de seguretat i protecció personal
- Instrumentació i procediment específic per totes les tasques del treball

Aquests elements conformen el programa de seguretat ocupacional de l'empresa. Aquest programa ha d'incorporar activitats preventives, com per exemple:

- Anàlisi de presència i concentració de contaminants en l'aire
- Avaluació del funcionament del sistema de ventilació

- Control mèdic previ al inici de l'activitat i periòdics al llarg d'aquesta
- Eliminació de riscos en l'origen de la font (canvis en la metodologia de utilització per exemple)
- Utilització d'equips de protecció personal

Alguns dels elements bàsics de salut i seguretat ocupacional són:

- Farmaciola
- Manual de seguretat
- Formulari per l'anotació i investigació dels accidents
- Fulles de seguretat
- Cartells amb informació d'emergència
- Uniforme, sabates de seguretat i casc
- Protecció ocular
- Faixa de protecció per l'esquena
- Guants resistents als solvents
- Eines d'ús comú
- Contenedors etiquetats per la disposició i emmagatzematge de draps bruts, solvents i olis utilitzats
- Extintores (tipus ABC)
- Mascare de protecció respiratòria amb filtre per a vapors orgànics
- Programa de manteniment de les màquines, equips, i materials
- Elements per controlar vessaments

A més, degut a la seva alta inflamabilitat, cal prendre precaucions durant l'emmagatzematge, transport i ús. Cal evitar les fonts d'ignició, mantenir els contenidors tancats i allunyats de fonts de calor i d'altres compostos amb els quals puguin reaccionar, tals com el clor, els oxidants, els àcids, els nitrats, etc.

## **2. MARC LEGAL**

L'empresa, l'utilitzar una tècnica flexogràfica amb pintures està sotmesa al Reial Decret 117/2003, de 31 de gener, sobre limitació d'emissions de compostos orgànics volàtils causades per l'ús de dissolvents en determinades activitats. El Reial Decret té com objectiu evitar o reduir els efectes de les emissions de COV's sobre el medi ambient i la salut de les persones.

Aquest, ens indica els deures que té l'empresa davant aquest Reial Decret, quins són els requisits i els límits d'emissions de COV's per les diferents activitats. Pel que fa al règim sancionador, l'article 10 determina: "L'incompliment de les obligacions que estableix aquest Reial Decret es qualifica, en cada cas, com a infracció lleu, greu o molt greu i es sanciona de conformitat amb el que estableix el títol IV de la Llei 16/2002, de l'1 de juliol, de prevenció i control integrat de la contaminació".

Aquesta llei, té com objectiu evitar o reduir la contaminació de l'atmosfera, de l'aigua i de la terra, mitjançant la implantació d'un sistema de prevenció i control integrat de la contaminació, amb el fi d'arribar a una elevada protecció del medi ambient. Així doncs, aquesta llei determina la gravetat de les infraccions i les multes que aquestes comporten.

D'acord amb el RD 117/2003 les emissions màximes han de ser de 100 mg C/Nm<sup>3</sup>. Com que el procés incompleix aquest valor, segons l'article 10 del Reial Decret, el titular de la instal·lació ha de:

- Comunicar-ho a l'òrgan competent i adoptar les mesures necessàries per tal de no superar el límit d'emissions.
- Suspendre l'activitat quan hi hagi perill imminent per la salut.

A més, l'article 32 de la Llei 16/2002, indica les sancions per superar el límit permès. Al ser una falta greu, la sanció va de 20.001 € a 200.000 €. Si es continues amb la il·legalitat, l'administració pot imposar multes coercitives

emparant-se a l'article 36. El valor d'aquestes són d'uns 200 € cada mes i al final del tercer mes una multa de 6.000€ i el tancament de l'empresa.

A partir del dia 1/01/2005 van entrar en vigor els valors límit del SO<sub>2</sub>, PM10 (diàmetre de la partícula en µg), Pb (excepte a les rodalies de fonts industrials específiques) i CO del Reial decret 1073/2002. Cal notar els valors límit del Reial decret 1073/2002 respecte al NO<sub>2</sub> i al benzè entren en vigor aquest any per tant encara s'han avaluat amb el corresponent marge de tolerància. A més, en el cas del NO<sub>2</sub> encara disposa de valors legislats en vigor del Reial decret 717/1987. També romanen valors de referència anteriors al Reial decret 1073/2002 per al H<sub>2</sub>S, Cl<sub>2</sub> i HCl. Per altra banda els contaminants As, Ni, Cd i BaP disposen de valors objectiu pel 2013 del Reial decret 812/2007. Finalment des de l'aprovació de la Directiva 2008/50/CE el PM2.5 disposa d'un valor objectiu pel 2010 i un valor límit amb marge de tolerància que entrarà en vigor el 2015.

**Ozó (O<sub>3</sub>)**

	Paràmetre	Valor	Data de compliment de l'objectiu
Valor objectiu per a la protecció de la salut humana	Màxim de les mitjanes 8-horàries del dia <sup>1</sup>	120 µg/m <sup>3</sup> no es podrà superar més de 25 ocasions per any de mitjana en un període de 3 anys	01/01/2010
Valor objectiu per a la protecció de la vegetació	AOT40 de maig a juliol	18000 µg/m <sup>3</sup> ·h de mitjana en un període de 5 anys	01/01/2010
Objectiu a llarg termini per a la protecció de la salut humana	Màxim de les mitjanes 8-horàries del dia en un any civil	120 µg/m <sup>3</sup>	01/01/2020
Objectiu a llarg termini per a la protecció de la vegetació	AOT40 De maig a juny	6000 µg/m <sup>3</sup> ·h	01/01/2020
Líndar d'informació	Mitjana horària	180 µg/m <sup>3</sup>	en vigor
Líndar d'alerta	Mitjana horària	240 µg/m <sup>3</sup>	en vigor

Figura 2.1 Límit de la concentració d'ozó a l'atmosfera.

### **3. ABAST DEL PROJECTE**

El problema a resoldre en aquest projecte consisteix a reduir les emissions de COV's d'una indústria flexogràfica. Això es degut a que està sent sancionada per excés en emissions de COV's a l'atmosfera, regulats pel Reial Decret 117/2003. El projecte ha de decidir si és més favorable tancar l'empresa, amb tot el que això comporta (desmantellament, indemnitzacions per acomiadaments, etc) o instal·lar un equip per tractar aquests COV's i mantenir l'empresa en funcionament.

És realitzarà un estudi de les diferents opcions tenint en compte els límits d'emissions fixats per les lleis i el cost econòmic de cada mesura i finalment es decidirà quina es la millor opció.

### **4. UBICACIÓ DE LA PLANTA**

La indústria flexogràfica està ubicada dins la zona industrial del polígon de la Poble de Mafumet.

Per determinar la ubicació òptima de la planta és necessari considerar:

1. Proximitat de les matèries primeres
2. Proximitat de l'energia.

Amb aquestes consideracions, es van tenir en compte per determinar l'emplaçament, el qual compleix amb els dos requeriments esmentats és una parcel·la d'uns 750 m<sup>2</sup> situada al sud del complex de Repsol.

S'utilitzaran els racs de canonades provinents del port de Tarragona per a transportar el de gas natural necessari per al oxidador.

#### **4.1 Dades climatològiques**

##### **4.1.1 Temperatura**

Mitja anual 18 °C

Mínima -12 °C

Màxima 42 °C

Mitjana trimestral:

Taula 4.1 Temperatures trimestrals de Tarragona

<b>Trimestre</b>	<b>°C</b>
Primer	8.5
Segon	18
Tercer	24
Quart	11.5

##### **4.1.2 Pressió baromètrica i humitat**

Taula 4.1 Pressions i humitats de Tarragona

<b>Pressió</b>	<b>mm Hg</b>	<b>Humitat</b>	<b>%</b>
Mínima	740	Mínima	66
Màxima	770	Màxima	96

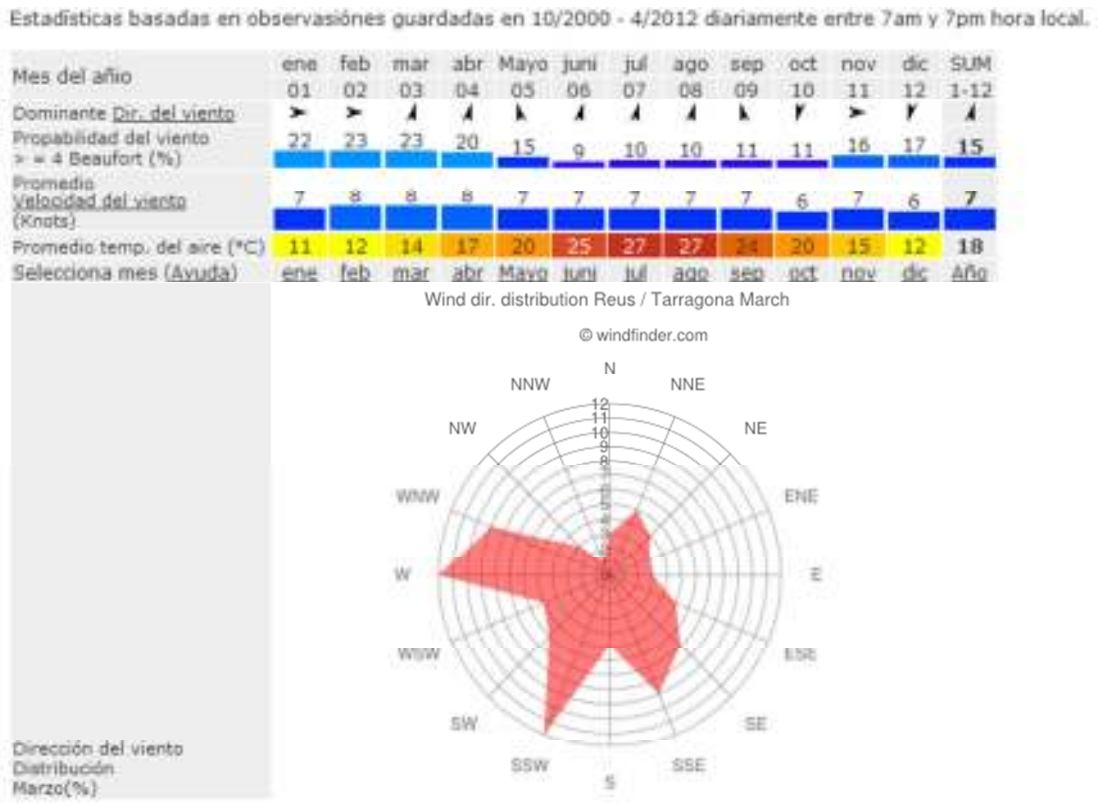


Figura 4.1 Condicions atmosfèriques anuals.

### 4.1.3 Precipitació

Pluja total mitjana 35 l/any

### 4.1.4 Radiació solar

A la figura següent es pot veure la progressió de la radiació solar al llarg del dia.

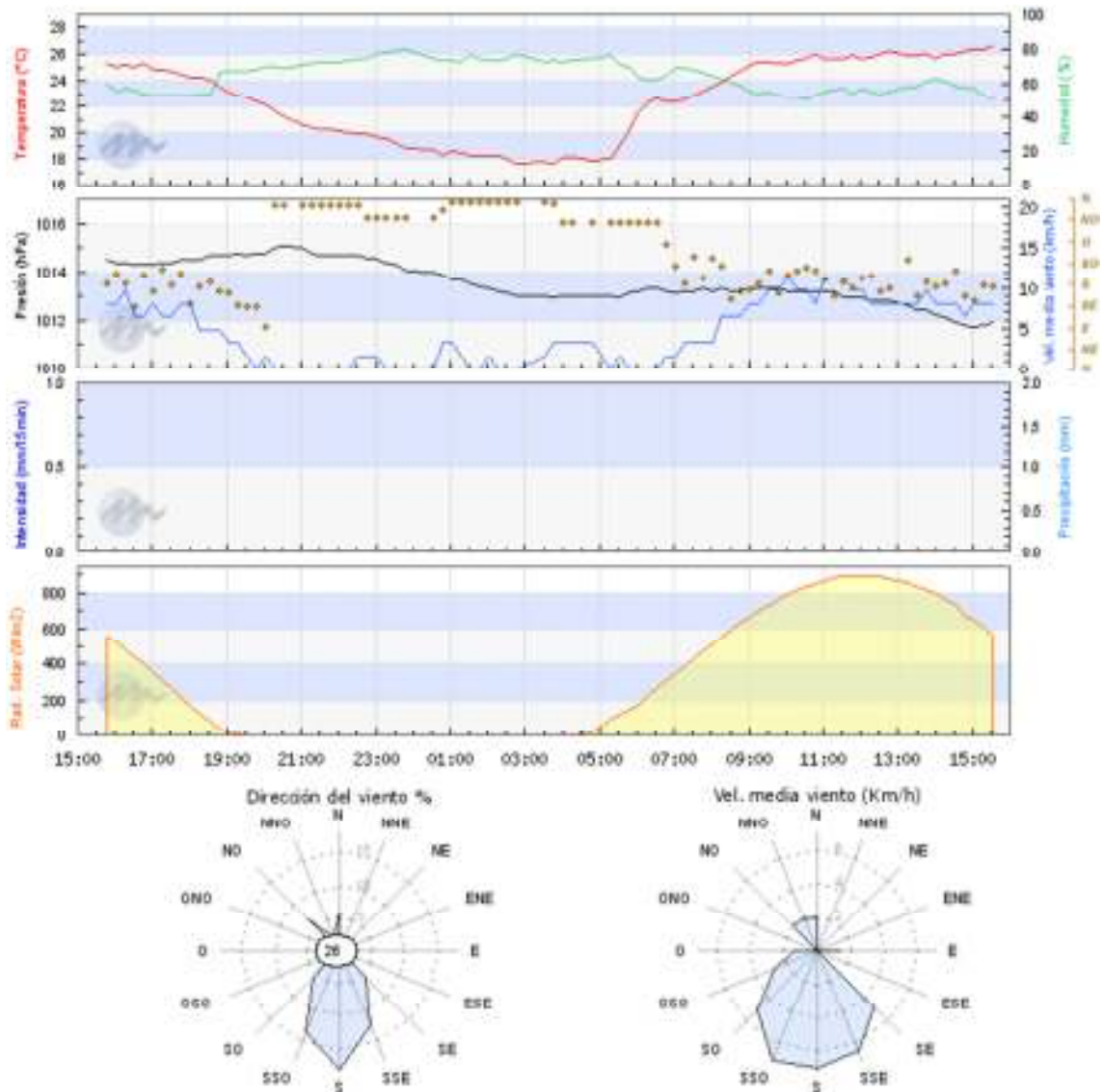


Figura 4.2 Evolució de les dades climatològiques al llarg del dia

## 5. ESTUDI DE LES MILLORS TÈCNiques DISPONIBLES

### (MTD)

El procés que s'està estudiant necessita un tractament a final de línia per tal de reduir les emissions de COV's que es produeixen. Per aquesta raó s'han estudiat les millors tècniques disponibles pel tractament de COV's en corrents gas. Aquestes tècniques es divideixen en dos grans grups, els de recuperació i els d'eliminació.

### **5.1 Tècniques de recuperació de COV's**

Es tracta de mesures que concentren la quantitat de COV's d'un corrent per tal d'aplicar un altre mesura posterior, reutilitzar el corrent en el sistema o per tal de separar algun compost que pugui tenir una utilitat posterior. Es tracta de mesures amb absorció, condensació, separació per membrana o rentat humit.

**Separació per membrana:** aquest procés aprofita la permeabilitat selectiva dels vapors orgànics. Això permet que es filtrin els COV's mentre que el corrent d'aire continuaria pel conducte. Aquest mètode només concentra el corrent contaminant però no elimina els COV's.

Cost:  $300000\text{€}/1000\text{Nm}^3/\text{h} \cdot 36000\text{Nm}^3/\text{h} = 10,8$  milions d'euros.

**Condensació:** és una tècnica que elimina els vapors de dissolvents d'un corrent gas, disminuint la temperatura per sota del punt de rosada. Hi ha diferents condensacions segons el rang de temperatura, es poden classificar en:

- Condensació amb fluid refrigerant: amb una temperatura de condensació d'uns 25°C.
- Condensació amb refrigerant: temperatures fins a 2°C.
- Condensació amb salmorra: temperatures fins a -10°C.
- Condensació amb salmorra d'amoniac: temperatures de fins a -4°C amb una etapa o fins a -60°C amb dues.
- Condensació criogènica: temperatura fins a -120°C, tot i que normalment s'aplica entre -40 i -80°C.

La refrigeració es porta a terme de manera directa (contacte entre gas i líquid) o indirecta (amb un intercanviador de calor).

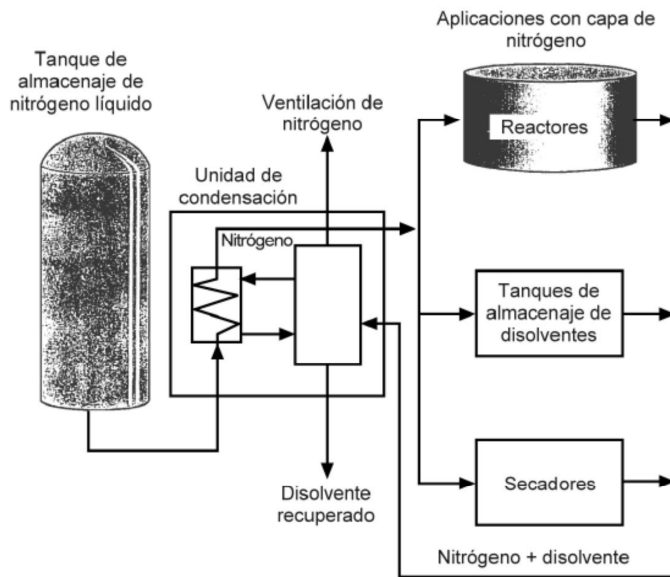


Figura 5.1 Esquema de una condensació

Cost: en aquest cas degut a les nostres condicions caldria una condensació criogènica, en aquest cas el cost seria:

$$500000\text{€}/1000\text{Nm}^3/\text{h} \cdot 36000\text{Nm}^3/\text{h} = 18 \text{ milions d'euros.}$$

**Adsorció:** consisteix en una reacció heterogènia, en la qual les molècules de gas són retingudes en una superfície sòlida anomenada adsorbent. Aquesta superfície té una selectivitat major de certs compostos i amb això els elimina del corrent.

Un cop adsorbits, es desorbeixen, regenerant el adsorbent, i posteriorment han de ser eliminats amb un altra mesura d'eliminació.

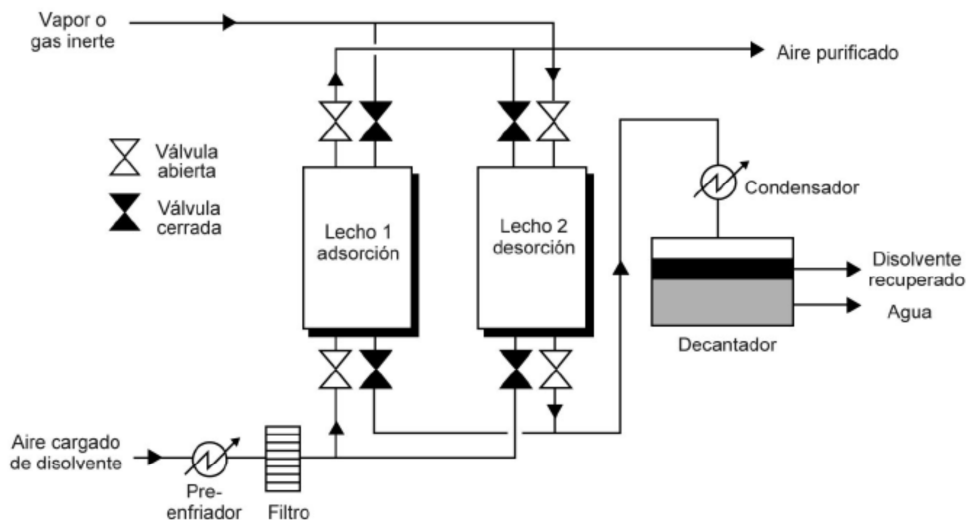


Figura 5.2 Esquema d'una adsorció

Cost: El cost del equip d'adsorció hauria d'incloure el sistema de recuperació, d'aquesta manera el cost és de:

$$240\text{€}/\text{Nm}^3/\text{h} \cdot 36000\text{Nm}^3/\text{h} = 8,6 \text{ milions d'euros.}$$

**Rentat humit per la eliminació de gasos:** és una transferència de matèria entre un gas soluble i un dissolvent en contacte entre ells. Hi ha dos tipus de rentat, el físic i el químic. El primer és millor per la recuperació de compostos químics, mentre que el segon serveix per eliminar compostos gasosos. També existeix una solució intermèdia que és el rentat fisicoquímic. El component es dissol en el líquid absorbent i intervé una reacció química reversible que permet la recuperació del component gasos.

Aquest mètode serveix especialment per la recuperació de compostos perillosos i en el cas dels COV's per alcohols, acetones o formaldehids, per tant aquest sistema no seria molt adient pel nostre procés.

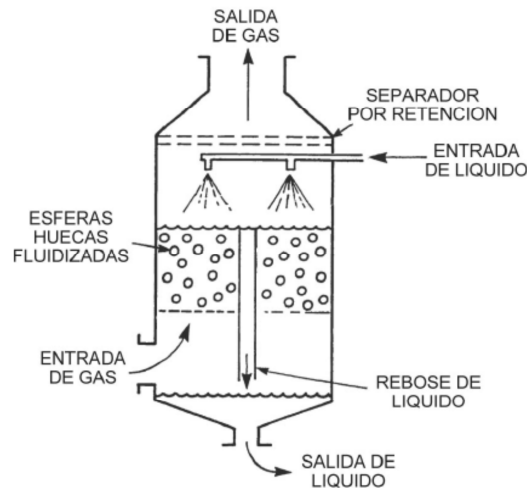


Figura 5.3 Esquema de rentat humit

Tot i que són mesures que poden tenir un bon rendiment i que són molt útils en alguns casos, sobretot per recuperar compostos molt cars que siguin necessaris per algun procés, no són adequats pel procés estudiat ja que no eliminen els compostos i seria necessari aplicar una segona MTD amb la qual cosa augmentaria el cost encara més.

## 5.2 Tècniques de eliminació de COV's

Consisteixen en totes aquelles mesures que degraden o destrueixen els COVs, ja sigui per tractaments biològics o combustions. Les millors tècniques disponibles són biofiltració, rentat biològic, goteig biològic, oxidació tèrmica, oxidació catalítica i combustió a torxa.

El cost d'aquestes tècniques s'ha calculat mitjançant una interpolació que segueix la fórmula 5.1.

$$y = y_0 + (x - x_0) \cdot \frac{(y_1 - y_0)}{(x_1 - x_0)}$$

**Biofiltració:** consisteix en fer passar el corrent per un llit de material orgànic on els COVs són oxidats biològicament per microorganismes donant diòxid de carboni, aigua i biomassa. És un procés que no consumeix energia ja

que els microorganismes es poden re-alimentar dels materials que produeixen al acabar la seva vida i després de ser tractats.

Aquest mètode només pot aconseguir una eficiència de eliminació de COV's del 95%, per tant no aconseguiríem arribar al límit legal.

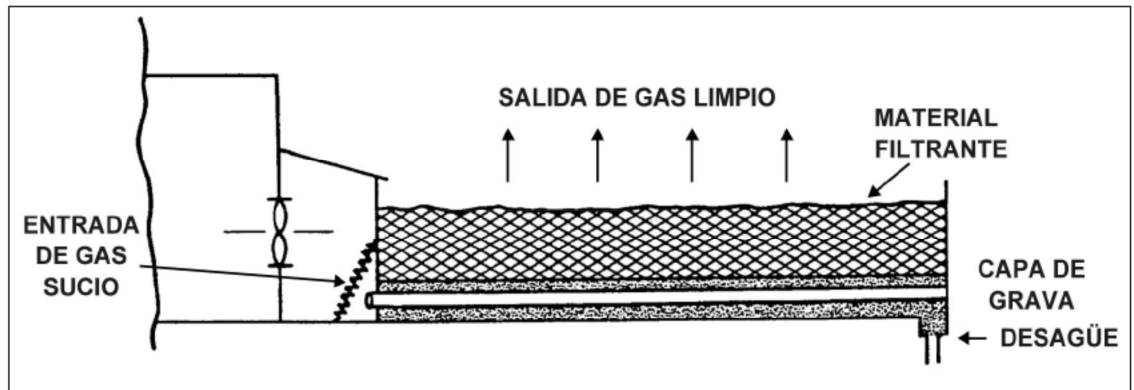


Figura 5.4 Esquema de biofiltració

**Rentat biològic:** combina el rentat humit de gasos i la biodegradació. L'aigua de rentat conté microorganismes adequats per oxidar els components nocius del gas, aquests compostos s'han de poder oxidar de manera aeròbica.

Com en el cas anterior no s'aconseguiria arribar al límit legal perquè l'eficiència del mètode només arriba al 90%.

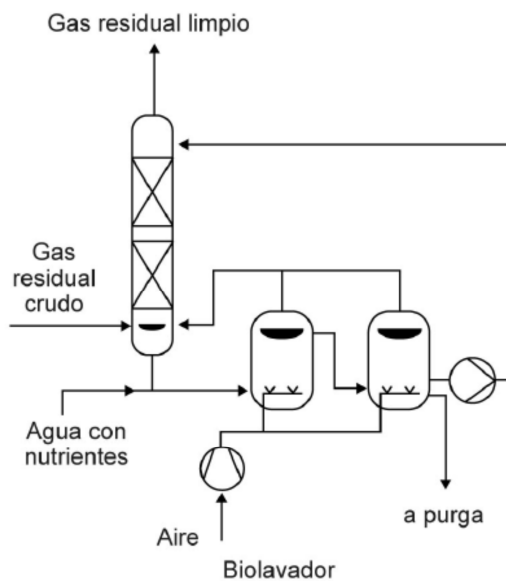


Figura 5.5 Esquema de rentat biològic

**Goteig biològic:** Funciona semblant al rentat biològic, però els microorganismes estan fixos en elements de suport. Es fa circular una fase aquosa de forma continua a través d'un llit de material inert. Els contaminants del gas residuals i l'oxigen són absorbits per la fase aquosa per tal de que es transportin a un bio film que està adherit al suport per oxidar els compostos.

La eficiència d'aquest equip tampoc aconseguiria arribar a la conversió necessària ja que només té una eficiència del 95%.



Figura 5.6 Esquema de goteig biològic.

**Oxidació tèrmica:** es el procés d'oxidació dels gasos i odorants de combustibles d'una corrent de gas residuals. Seguidament s'escalfa la barreja de contaminants d'aire o d'oxigen per sobre del punt d'inflamació espontània. Això es realitza en un forn i mantenint en aquest la corrent el temps suficient per completar la combustió a diòxid de carboni i aigua. Les temperatures acostumen a ser superiors a 1100°C i amb un contingut d'oxigen superior al 3%. Dintre de les oxidacions tèrmiques hi ha diferents sistemes per tal d'aprofitar l'energia i reduir el cost. Aquest són les oxidacions regeneratives i recuperatives, a part de les oxidacions catalítiques que s'explicaran posteriorment.



Figura 5.8 Esquema d'un oxidador tèrmic recuperatiu

$$\text{Cost: } (8900 + (36000 - 90) \cdot (77000 - 8900) / (86000 - 90)) = 1,34 \cdot 10^4 \text{€}$$

**Oxidador tèrmic catalític:** consisteix en fer passar la corrent de gasos per un llit catalític, per tal d'aconseguir augmentar l'eficiència de l'oxidador a temperatures molt més baixes. D'aquesta manera es pot aconseguir estalviar part de l'energia. Aquest oxidador també pot funcionar de manera regenerativa o recuperativa, però l'estalvi energètic és molt menor degut a que la temperatura d'operació del oxidador catalític és menor.

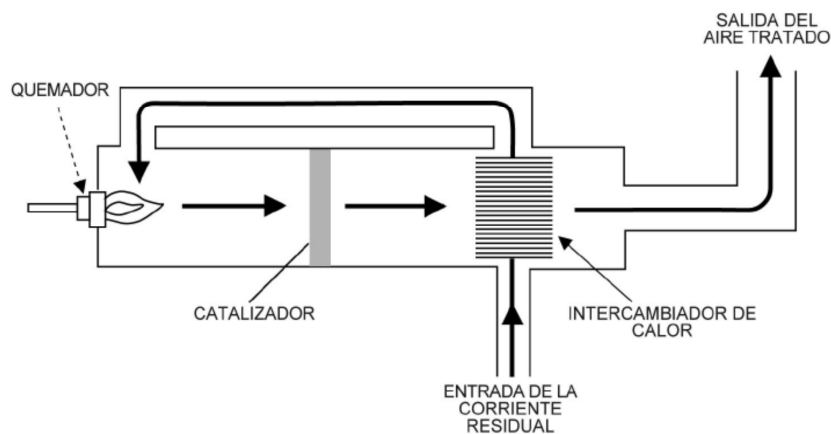


Figura 5.9 Esquema d'un oxidador tèrmic catalític recuperatiu

$$\text{Cost: } (14000 + (36000 - 1200) \cdot (58000 - 14000) / (86000 - 1200)) = 1,15 \cdot 10^4 \text{€}$$

**Combustió en torxa:** és un procés a alta temperatura utilitzat per cremar components combustibles de gasos residuals, poden ser torxes elevades o a nivell de terra. Les elevades son les més comuns, tenen major capacitat però la flama està exposada a pertorbacions atmosfèriques i necessiten combustible extern. D'altra banda les torxes de terra rara vegada necessiten força externa però han de tenir un contingut calorífic mínim de 11 MJ/Nm<sup>3</sup>.

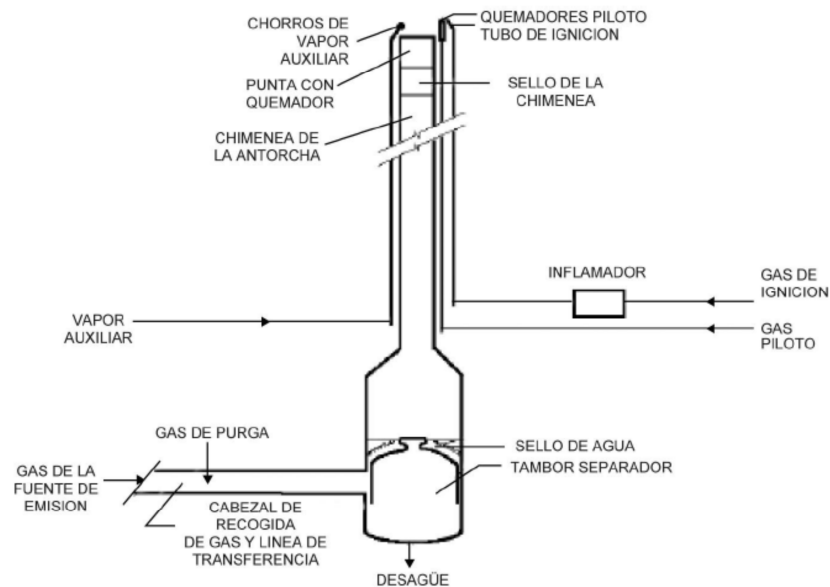


Figura 5.10 Esquema d'una torxa

Per tal de decidir quin sistema s'utilitzaria s'han tingut en compte dos paràmetres diferents, per una banda el cost econòmic i per altra banda el límit legal d'emissió de COVs.

El límit legal d'emissió de COVs per una instal·lació de les característiques del sistema de flexografia és del 100 mg de COVs/Nm<sup>3</sup>. Tenint en compte que les dades recollides indiquen que hi ha unes emissions d'uns 1650 mg de COVs/Nm<sup>3</sup> per tal d'arribar al límit es necessita una eficiència del 90%. Tot i això, i per tal de tenir un marge d'error per si augmentessin les emissions s'ha decidit que es necessitaria una eficiència mínima del 95%. Per aquest motiu els sistemes biològics no aconseguen suficient rendiment.

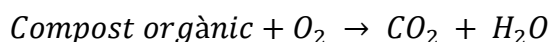
D'altra banda, per tal d'aconseguir ajustar el cost econòmic s'ha realitzat un ajust en funció del cabal tenint en compte el rang de cabals de cada MTD i el rang de cost dels equips.

## **6. DESCRIPCIÓ DEL PROCÉS**

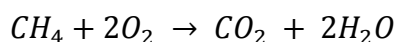
El procés escollit consisteix en l'instal·lació d'un oxidador tèrmic. Aquest consisteix en dues parts importants, la cambra de combustió, on es calenta el corrent fins a la temperatura de la reacció, i posteriorment un llit catalític, on s'augmenta la velocitat de la reacció.

La cambra de combustió consisteix en una zona on es troben diferents cremadors. Dels diferents tipus de cremadors s'han escollit els cremadors distribuïts, ja que són els més recomanats per oxidadors catalítics. Aquests es troben situats el 80% a la part inferior del oxidador i el 20% restant en les parets d'aquest. La distribució dels cremadors és molt important, ja que no pot haver un gradient de temperatura dintre del llit catalític.

El combustible utilitzat és el gas natural, degut a que és el més recomanat per aquesta mena de catalitzadors. Aquest combustible allibera calor amb una reacció de combustió on es crema majoritàriament metà i minoritàriament altres compostos que formen part del gas natural. Les reaccions segueixen el patró següent:



En el cas del metà:



Un cop escalfat, el corrent passa al llit catalític on s'oxiden els COV's. La conversió s'ha fixat en un 98% però convé destacar que en les oxidacions a part de la combustió en CO<sub>2</sub> es genera també NO<sub>x</sub> i CO. La formació d'aquests es el que es coneix com efectes *cross-overs*, que es troben més detallats en l'apartat 7.

En la part del llit catalític cal destacar que s'ha compensat la creació de CO i de NO<sub>x</sub>, es treballarà a temperatures baixes per tal de reduir la formació de NO<sub>x</sub>. Aquest fet farà que es generi més CO, però donat que el corrent té un excés d'oxigen, es formarà CO<sub>2</sub> en lloc de CO.

El catalitzador que s'utilitzarà aconseguirà una conversió de fins a un 99.9% a unes temperatures al voltant dels 230°C. Tot hi això, es treballarà a 250°C per minimitzar la formació de CO. L'oxidador està format per coure i manganès (Mn<sub>9</sub>Cu<sub>1</sub>) i està estudiat especialment per la oxidació de acetat d'etil i etanol. Degut a que les condicions de oxidació del isopropanol estan entre les del etanol i l'acetat d'etil i, a que es un compost prou semblant al etanol, s'ha trobat coherent pensar que reaccionaria correctament amb el isopropanol.

Finalment i degut a que la proporció de COV's respecte a l'aire es tant petita, s'ha cregut convenient menysprear el calor generat per aquests ja que no canviarà la temperatura del cabal de aire.

Un cop es coneixen les condicions d'operació del sistema s'han dut a terme els balanços de matèria i energia de la planta. Aquests es troben en els apartats 9.1 i 9.2 respectivament.

## **7. EFECTES CROSS-OVER**

Els efectes *cross-overs* fan referència a la generació de compostos contaminants a l'eliminar uns altres compostos d'un corrent. En el nostre cas, al ser una oxidació, es poden generar NO<sub>x</sub> i CO al cremar els COV's. Per tal de reduir la quantitat que es generen, s'han d'optimitzar les condicions d'operació.

Cal destacar que la formació de NO<sub>x</sub> i CO comporta un risc important per la salut i pel medi ambient, ja que són compostos molt contaminants. El NO<sub>x</sub> ajuda a que es produeixin efectes com la pluja àcida.

Una de les conductes habituals per contrarestar aquest efecte és incrementar voluntàriament la restricció imposada per la llei. Per això, i també per anticipar-se a futures modificacions de la normativa, l'empresa ha decidit disminuir el límit d'emissió de 100 mgC/Nm<sup>3</sup> a 20 mgC/Nm<sup>3</sup>.

A més, per tal de reduir la generació d'aquests compostos s'ha decidit treballar amb un oxidador catalític que, al treballar amb temperatures més

baixes que un oxidador tèrmic normal, genera menys quantitat de NO<sub>x</sub>. D'altra banda, i per tal de reduir l'impacte de disminuir la temperatura en la formació de CO, s'utilitzarà oxigen en excés i un temps de residència no massa petit per tal que es formi CO<sub>2</sub> en lloc de CO.

## **8. ESTUDI MEDIAMBIENTAL**

En aquest apartat s'explicarà la problemàtica dels principals contaminants del procés. Aquest són els òxids de nitrogen, el monòxid i diòxid de carboni degut a que hi ha una oxidació en el procés. També s'analitzarà la dispersió que es tindrà en la xemeneia del procés.

### **8.1 Monòxid de carboni**

El monòxid de carboni és un gas inodor, incolor, inflamable i altament tòxic. Es produeix en les combustions incompletes de substàncies com gasolina, querosè, carbó, etc. Les xemeneies, calderes i altres aparells domèstics com les estufes o els fogons de la cuina, si no funcionen correctament poden generar CO.

Efectes de la respiració del monòxid de carboni:

Si es respira, tot i en quantitats moderades, el monòxid de carboni pot causar la mort per enverinament en pocs minuts. El CO substitueix l'oxigen en la hemoglobina de la sang. Això es degut a que la seva afinitat amb el grup hemo és 220 vegades major que la del oxigen.

La carboxihemoglobina és el producte format. Aquest no pot transportar oxigen, a més la presència del compost interfereix en la dissociació de l'oxigen en la oxihemoglobina restant, dificultat així la transferència d'oxigen als teixits.

Una vegada respirada una gran quantitat de monòxid de carboni, la única forma de sobreviure es respirant oxigen pur. Les dones embarassades, els

nadons, els nens petits, les persones grans i les persones que pateixen anèmies, problemes de cor o respiratoris poden ser molt més sensibles al CO.

Taula 8.1 Efectes en la salut produïts per el CO.

Concentració en l'aire	Efecte en la salut
<b>50 ppm</b>	Concentració en la que es pot fer la jornada laboral sense efectes adversos (TLV-TWA)
<b>0,01%</b>	Exposició de varies hores sense efectes
<b>0,04 - 0,05%</b>	Exposició de una hora sense efectes
<b>0,06 – 0,07%</b>	Efectes apreciables a la hora d'exposició
<b>0,12 – 0,15%</b>	Efectes perillosos a la hora d'exposició
<b>1500 ppm</b>	Concentració immediatament perillosa per la vida i la salut (IPVS)
<b>0,4%</b>	Mortal a la hora d'exposició

El tractament consisteix en allunyar a una persona de la font d'exposició, i prendre mesures per la conservació de la seva respiració. L'oxigen funciona com antagonista específic del CO i per aquesta raó, es subministra de tractament. La vida mitja del CO a la sang és de 320 minuts, amb oxigen pur es redueix a 80 minuts i amb oxigen hiperbàric (2 o 3 atmosferes) es pot reduir a 20 minuts.

## **8.2 Diòxid de carboni**

El diòxid de carboni es produeix tant de forma natural, degut a la respiració dels essers vius o per les erupcions volcàniques per exemple. També format a causa de les combustions, tant de compostos com gas natural, gasolina, entre d'altres o per la crema de carbó, fusta, etc.

El principal efecte mediambiental ocasionat pel diòxid de carboni és l'efecte hivernacle, que el produeix juntament amb el vapor d'aigua i altres gasos. L'efecte hivernacle és el que manté la temperatura de la terra a un nivell

tolerable per la biomassa. D'altra banda, un excés de diòxid de carboni suposa que s'accentuï aquest fenomen, reduint l'emissió de calor l'espai i provocant un escalfament del planeta. Tot i això, es conegut que aquest escalfament també es pot provocar per altres com un augment de la temperatura de l'aigua del mar provocada per un augment de la radiació solar, aquest fet provocaria un augment de la emissió del diòxid de carboni que es troba dissolt en els oceans. Aquest fet podria ser causa o conseqüència dels canvis de temperatura.

En els últims anys la quantitat de diòxid de carboni a la atmosfera ha augmentat, de manera que s'ha passat d'uns 280 ppm en la era preindustrial a uns 390 ppm en el 2009. Aquest augment podria contribuir a l'escalfament global del clima planetari.



Figura 8.1: Representació del efecte hivernacle.

### 8.3 Òxids de nitrogen

El terme d'òxids de nitrogen ( $N_xO_y$ ) s'aplica a diversos compostos químics gasosos formats per la combinació d'oxigen i nitrogen. El procés de

formació més habitual d'aquests compostos inorgànics és la combustió a altes temperatures, procés en la que habitualment l'aire és el comburent.

En funció de la valència atòmica que utilitzi el nitrogen, els òxids de nitrogen tenen diferents formulacions i per això, se'ls hi apliquen diferents nomenclatures.

Taula 8.2 Diferents òxids de nitrogen.

Fórmula	Nomenclatura tradicional
$N_2O$	Òxid nítric (anhídrid hiponítric)
$NO$	Òxid nítric
$N_2O_3$	Anhídrid nítric
$N_2O_4$	Tetròxid de nitrogen
$NO_2$	Diòxid de nitrogen
$N_2O_5$	Anhídrid nítric

El monòxid de nitrogen i el diòxid de nitrogen constitueixen els dos òxids de nitrogen més importants toxicològicament.

El monòxid de nitrogen és un gas a temperatura ambient, d'un aroma dolç penetrant, és fàcilment oxidable a diòxid de nitrogen. Per altra banda, aquest últim té un fort olor desagradable, a temperatures superiors dels 21 °C es transforma en un gas vermellós. Cap dels dos compostos és inflamable.

Els òxids de nitrogen són alliberats al aire des dels tubs d'escapament dels vehicles, de la combustió del carbó, petroli o gas natural i durant processos com la soldadura per arc, galvanoplàstia, gravat de metalls o detonació de dinamita.

Els òxids de nitrogen, a través de reaccions fotoquímiques, formen contaminants secundaris com el nitrat de peroxiacetil que ocasiona el *smog* fotoquímic que s'ha explicat anteriorment en l'apartat 1.2.

### 8.4 Dispersió del plomall

Per tal d'analitzar la influència en el aire provocada per la nostra xemeneia s'ha estudiat la distribució d'aquesta en funció de la distància i la altura. Per portar a terme aquest anàlisi s'ha utilitzat el model gaussià de distribució del plomall de la xemeneia.

Aquest model consisteix en la dispersió de la contaminació provocada per la resta de COV's no oxidats en el medi. Aquesta dispersió parteix de la suposició de que la dispersió segueix una forma de campana de gauss, te la mateixa distribució a les dues bandes de l'eix on es produeix la emissió.

$$C = \frac{Q}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \left[ \exp\left(-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right) + \exp\left(-\frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2}\right) \right] \quad (8.1)$$

On C és la concentració al punt x, y, z en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Q és l'emissió en  $\mu\text{g}/\text{s}$ .

u és la mitjana del vent a la altura del focus d'emissió en m/s.

y és la coordenada horitzontal en m.

z és la coordenada vertical des de el terra en m.

H és la altura efectiva  $H=\Delta h+h$  on h és la altura del focus i  $\Delta h$  és la altura que guanya el plomall degut a les condicions de sortida de la xemeneia.

$\sigma_y, \sigma_z$  són els paràmetres de distribució que es troben en funció de x.

$$\sigma_y = ax^b.$$

$$\sigma_z = cx^d + f$$

on a, b, c, d i f depenen de la velocitat del temps i les condicions atmosfèriques, en el nostre cas hem fixat una velocitat de 4 m/s que és una velocitat normal pel territori i amb una radiació solar moderada.

$$\Delta h = \frac{v_s d_s}{u} \left[ 1.5 + 2.68 \cdot 10^{-3} P_a \left( \frac{T_s - T_a}{T_s} \right) d_s \right] \quad (8.2)$$

On u és la velocitat mitjana del vent en m/s.

$v_s$  és la velocitat del gas en m/s.

$d_s$  és el diàmetre intern de la xemeneia en m,

$P_a$  és la pressió atmosfèrica en mb,

$T_s$  és la temperatura del gas en K.

$T_a$  és la temperatura atmosfèrica en K.

Un cop obtinguda la concentració al llarg del recorregut del plomall s'ha comprovat si la concentració segueix el model gaussià, això es pot comprovar gràficament a partir del següent diagrama.

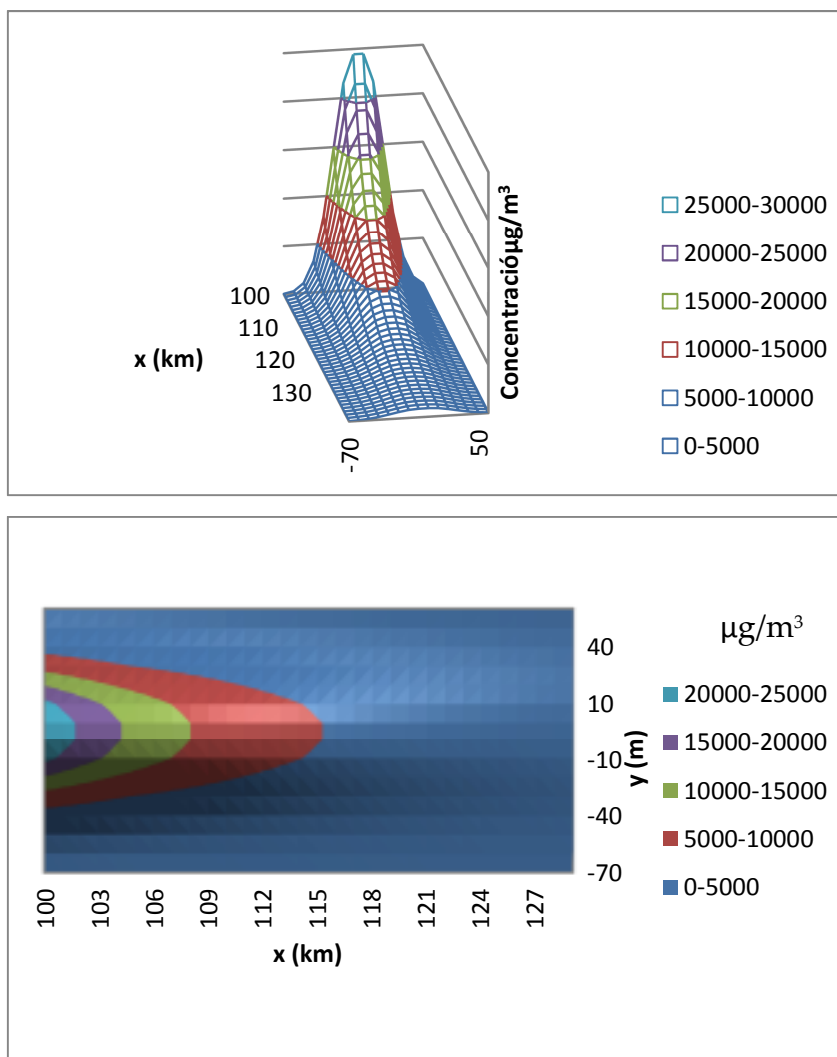


Figura 8.2 Dispersió de la concentració.

Tal com es pot veure la concentració té forma de campana de Gauss, per tant es considera que les dades estan ajustades correctament al mètode utilitzat.

També es pot veure a partir dels 115 km la concentració de COV's es pràcticament negligible.

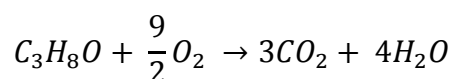
## **9. BALANÇOS**

En el apartat següent es podrà observar el procediment que s'ha seguit per saber les quantitats de material en cada corrent i el gas natural necessari per arribar a la temperatura desitjada en el catalitzador.

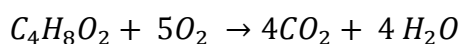
### **9.1 Balanç de matèria**

En el procés hi ha una emissió de compostos orgànics volàtils formats per isopropanol i acetat d'etil, les fraccions de cadascú són de 0.8 i 0.2 respectivament en líquid. A partir de les pressions de vapor i les densitats s'ha calculat la fracció màssica en fase gas de 0.38 i 0.62. Un cop obtingudes les fraccions i partint de unes emissions de 2000 mg/Nm<sup>3</sup> s'ha calculat el cabal de cada corrent i s'ha realitzat el balanç de matèria. Seguint les reaccions que es mostraran a continuació. Cal esmentar que les emissions reals de la planta no arriben a 2000mg/Nm<sup>3</sup> però s'ha fixat aquest valor per tal de prevenir un futur augment de les emissions, tant pugui ser per un augment de la producció com per prevenir un possible augment puntual de les emissions a causa d'una fuga.

Isopropanol



Acetat d'etil



Les reaccions tenen una conversió del 98.5% i el balanç de matèria es troba al PFD, indicant els cabals de cada compost al llarg de la planta, per tal de realitzar-lo s'ha seguit la formula 9.1, on es considera que es treballa en l'estat estacionari i que només hi ha reacció en la part catalítica del oxidador tèrmic.

$$A = E - S \pm G \tag{9.1}$$

## **9.2 Balanç d'energia**

En aquest apartat s'ha calculat quin serà el gradient de temperatura al llarg de la planta, especialment al oxidador tèrmic. Primerament s'ha calculat l'energia que necessita el cabal de gas per arribar a la temperatura del llit catalític. Un cop trobat, s'ha calculat el cabal de fuel que es necessita per escalfar-lo. S'ha partit de l'equació general dels balanços (9.2)

$$\text{Acumulació} = \text{Entrada d'energia} - \text{Sortida d'energia} \pm \text{Energia de reacció} \quad (9.2)$$

En el nostre cas:

$$0 = \sum m_1 \cdot Cp_1(T_1 - T_{ref}) - \sum m_2 \cdot Cp_2(T_2 - T_{ref}) \pm Q \quad (9.3)$$

D'aquesta manera es troba l'energia que necessita el sistema per arribar a la temperatura desitjada. Un cop trobada es fa el balanç pel corrent de gas natural, on en aquest cas l'equació emprada és la 9.4.

$$Q = m_{gas\ natural} \sum \Delta H_R^{ref} \quad (9.4)$$

Per tal de calcular l'energia de la reacció de combustió del gas natural que es troba al apartat 6.

Com a hipòtesis s'ha fixat que l'energia generada per l'oxidació dels COV's del corrent és zero, ja que la concentració d'aquests és molt petita i suposaria una diferència de temperatura a un corrent amb un cabal tan elevat.

## **10. CONTROL I SEURETAT DE L'OXIDADOR**

Per tal de mantenir l'equip en les condicions desitjades s'ha de controlar la pressió i la temperatura d'aquest en tot moment, ja que un canvi d'aquestes propietats podria originar un mal funcionament de l'equip. També s'ha de tenir en conte la importància de les arrancades i les parades d'aquest equip.

### **10.1 Estratègia de control**

Donat que en aquesta instal·lació és molt simple només té dos controls automatitzats en la planta. El primer i el més important és la temperatura,

aquest té un controlador que afecta directament sobre el cabal de gas natural. Aquest control és invers donat que, si la temperatura puja, el cabal ha de disminuir i s'ha de col·locar el control de manera que si aquest falles es tanques.

D'altra banda tenim el controlador de pressió, aquest és molt semblant al de temperatura ja que casualment també treballa de forma inversa i en cas de fallida també es col·loca en normalment tancat.

## **10.2 Consideracions de seguretat**

A part dels llaços de control també s'han de tenir en compte altres consideracions per la seguretat de la planta. Bàsicament aquestes consten de la neteja i el manteniment de l'oxidador i del catalitzador. El catalitzador es necessari netejar-lo de forma periòdica donat que si no és així, amb el temps va perdent la seva eficiència i pot arribar a contaminar-se, el que provocaria haver de canviar-lo en al seva totalitat. També s'han de netejar els cremadors, en cas de no ser així, es poden taponar i crear gradients de temperatura dintre del oxidador.

## **10.3 Posta en marxa**

### **10.3.1 Primera posta en marxa**

La primera posta en marxa és molt important degut a que hi pot haver restes d'oli, greixos o matèries estranyes ocasionades pel muntatge del equip. Així que primerament s'han d'eliminar totes les restes perquè no intervinguin en el procés, perjudicant el procés i/o l'equip.

Per tal de rentar-ho s'acostumen a utilitzar productes químics com el fosfat tri-sòdic o la sosa càustica. Normalment venen determinats pel fabricant. Primerament es dilueixen aquests abans d'aplicar-los i posteriorment cal eliminar totes les restes que hagin pogut deixar perquè res no intervingui en el procés.

### **10.3.2 Preparació per a la posta en marxa**

La situació normal en la preparació prèvia serà amb la línia de gas natural amb pressió però amb les vàlvules del cremador tancades.

### **10.3.3 Etapa prèvia**

- Assegurar-se de que les vàlvules de control del gas estiguin tancades i bloquejades.
- Assegurar-se de que totes les vàlvules d'alimentació de cada cremador estiguin tancades.
- Inspeccionar, mitjançant proves d'exposímetre i a través dels miralls de la cambra de combustió per assegurar-se de que no hi ha gas natural en l'interior.
- Comprovar que no hi ha atmosfera explosiva al voltant del forn, restes de hidrocarburs, brutícia o restes d'altres combustibles pel terra, etc.
- Comprova que tots els instruments estan preparats per entrar a servei.
- Comprovar que està llest l'equip antiincendis.

### **10.3.4 Posada en marxa**

Per a la posta en marxa del forn es necessari utilitzar, a més del corresponent equip de protecció individual (EPI), una pantalla protectora per la cara anticalòrica i uns protectors auditius.

- Encendre el isopo i introduir-lo dins del forn junt el cremador que és vol encendre.
- Obrir poc a poc la vàlvula de control de pressió just abans d'encendre el cremador.
- Obrir la vàlvula del cremador a encendre i observar a través del mirall que aquest està.

- Comprovar possibles fugues de la línia fins el cremador, jocs de brides, etc.
- Continuar encenent els cremadors un a un segons es vaguin necessitant. Mai s'ha d'encendre un cremador aprofitant un altre contigu. Segons es vaguin encenent s'ha de comprovar que no hi hagi fugues en aquests.

#### **10.4 Parada de l'equip**

- Disminuir el cabal de gas natural a poc a poc per tal de baixar la temperatura a l'oxidador.
- Ajustar el cabal de gas a tractar.
- Tancar les vàlvules dels cremadors un a un.
- Tancar la vàlvula d'entrada de gas natural.
- Tancar la vàlvula de gas a tractar.
- Un cop finalitzat tot el procés s'hauria de realitzar una purga de tots els cabals connectats al oxidador.

#### **10.5 Parada prolongada**

Si per qualsevol causa s'ha de deixar l'equip sense funcionar durant un període llarg de temps cal prendre mesures extraordinàries per tal de que no es pugui fer malbé.

Primerament cal dur a terme el mateix procés de la parada, baixant gradualment la temperatura del equip i apagant-lo progressivament. Cal anar amb compte al baixar la temperatura per tal de que no afecti l'equip i aquest es vegi afectat per expansions o contraccions per el diferencial de temperatura.

Un cop aturat l'equip cal realitzar una neteja acurada d'aquest, prestant especial interès en els cremadors o al catalitzador, eliminant el sutge en el primer cas o revisant l'estat del catalitzador per si s'ha de canviar. Es aconsellable rentar-ho amb aigua a pressió tot i que després s'ha d'eliminar

totalment les restes d'humitat, això es pot fer o amb aire o aplicant calor. Després d'això es aconsellable aplicar alguna material anticorrosiu per tal de que no s'oxidi, però recordant que abans de tornar a utilitzar l'equip caldrà eliminar totalment les restes que hi puguin quedar d'aquests.

### **10.6 Manteniment**

Degut a les regulacions o lleis locals es requereixen inspeccions periòdiques de l'equip. Generalment es planejaran amb antelació per tal de parar l'equip perquè es pugui prepara per a la inspecció.

Cal inspeccionar regularment els cremadors, per evitar que si acumuli sutge, si això passa s'han de netejar. Si se n'acumula regularment s'han de prendre mesures preventives, pot ser necessari fer un tractament preventiu al corrent de gasos residuals que hi ha abans del cremador. Si els dipòsits són causats pel carboni, pot se degut a una relació incorrecta de gas residual i combustible, per la qual cosa caldria comprovar els ajustos de control.

També cal inspeccionar les vàlvules dels equips, soldadures, connexions i la resta de superfície dels materials i qualsevol reparació anterior que es pugui inspeccionar sense dificultat. Qualsevol variació en aquests o que les vàlvules no funcionin correctament caldrà investigar-ho.

## **11. BALANÇ ECONOMIC**

L'abast del projecte és decidir si s'ha d'invertir i seguir treballant o assumir les multes i tancar l'empresa. Així doncs, un cop triat el millor equip per l'eliminació de COV's de les MTD, es realitza un balanç econòmic per veure si el projecte és econòmicament viable. Es realitzen dos balanços, un per a cada hipòtesis. Per tal de realitzar el balanç necessitem algunes dades inicials.

En la taula següent es poden observar els Beneficis Abans d'Impostos dels últims 6 anys. Es pot observar que l'any 2009 va haver-hi una gran

disminució de guanys, això es degut a algunes iniciatives de reducció de bosses en supermercats.

Taula 11.1 Beneficis durant els últims 7 anys

Any	BAI (€)
2005	192500
2006	191200
2007	180290
2008	195300
2009	165080
2010	150280
2011	132100

Així doncs, es prendrà el valor de l'any 2011 per a realitzar els càlculs econòmics. En el cas de no invertir, els guanys mensuals seran de 11.000 €, una dotzena part del es que guanya a l'any.

L'interès és del 35%, ja que és el valor més utilitzat en aquests tipus de càlculs.

El primer balanç serà doncs:

### **11.1 No invertir**

Segons el Reial Decret 117/2003 i la Llei 16/2002, s'ha d'abonar una multa de 200.000 € com a càstig per superar les emissions de COV's. Segons l'article 36 s'han de pagar unes multes coercitives de 200 € durant els 3 primers mesos. Un cop passat aquest temps, es procedeix a tancar les instal·lacions, amb les conseqüents indemnitzacions als treballadors i desmantellament de la planta. Aquest valor s'ha agafat com a un 10% de la inversió inicial a realitzar. A més, s'ha de pagar una multa de 6.000 €.

Així doncs, podem extreure la següent taula:

Taula 11.2 Beneficis i costos de la opció no invertir

	1r mes	2n mes	3r mes	4t mes
<b>Beneficis (€)</b>	11.000	11.000	11.000	11.000
<b>Costos fixes (€)</b>	--	--	--	--
<b>Costos variables (€)</b>	--	--	--	--
<b>Costos extraordinaris (€)</b>	200.000 +200	200	200	6.000
				+410.200
<b>Costos totals (€)</b>	200.200	200	200	416.200
<b>EBIT (€)</b>	-189.200	10.800	10.800	-405.200

Ara ja només fa falta calcular el *cashflow* restant l'EBIT dels impostos i de la inversió inicial (en aquest cas zero). També es realitza el *cashflow* acumulat, els resultats dels quals es poden veure a continuació.

Taula 11.3 *Cashflow* i *cashflow* acumulat de l'opció no invertir

	1r mes	2n mes	3r mes	4t mes
<b><i>cashflow</i> (€)</b>	-189.200	7025	7025	-405.200
<b><i>cashflow</i> acumulat (€)</b>	-189.200	-182.200	-175.200	-580.300

Com es pot observar el *cashflow* acumulat és negatiu, això vol dir que al final del 4t mes l'empresa sortirà perdent molts diners, a més del tancament d'aquesta.

## **11.2 Invertir**

Com en l'apartat anterior, la multa de 200.000 € s'ha de pagar igualment, ja que es superen les emissions de COV's. En aquest cas, per contrari, es decideix fer el disseny d'un oxidador catalític per tal d'eliminar-les. Tal com es pot veure a l'apartat 11.3.2, la inversió inicial d'aquest oxidador és de 4.1 milions d'euros. Així doncs la taula de beneficis i costos es la següent:

Taula 11.4 Beneficis i costos de l'opció invertir

	2012	2013	2014	2015	2016
<b>Inversió Inicial (€)</b>	4.100.000	--	--	--	--
<b>Beneficis (€)</b>	132.100	132.100	132.100	132.100	132.100
<b>Costos fixes (€)</b>	--	--	--	--	--
<b>Costos extraordinaris (€)</b>	200.000	--	--	--	--
<b>Costos variables (€)</b>	376.500	376.500	376.500	376.500	376.500
<b>Costos finals (€)</b>	576.500	376.500	376.500	376.500	376.500
<b>EBIT (€)</b>	-1.020.900	-244.400	-244.400	-244.400	-244.400

	2017	2018	2019	2020	2021
<b>Inversió Inicial (€)</b>	--	--	--	--	--
<b>Beneficis (€)</b>	132.100	132.100	132.100	132.100	132.100
<b>Costos fixes (€)</b>	--	--	--	--	--
<b>Costos extraordinaris (€)</b>	--	--	--	--	--
<b>Costos variables (€)</b>	376.500	376.500	376.500	376.500	376.500
<b>Costos finals (€)</b>	376.500	376.500	376.500	376.500	376.500
<b>EBIT (€)</b>	-244.400	-244.400	-244.400	-244.400	-244.400

Tot seguit es calculen les possibles amortitzacions, en el nostre cas, s'amortitza el valor de l'oxidador a deu anys. Així doncs, l'amortització serà de 410.000 €.

Com en l'apartat anterior es calcula *cashflow* i el *cashflow* acumulat de la nova situació.

Taula 11.5 *Cashflow* i *cashflow* acumulat de l'opció invertir

	2012	2013	2014	2015	2016
<i>cashflow</i> (€)	-4.546.000	-244.400	-244.400	-244.400	-244.400
<i>cashflow acumulat</i> (€)	-4.546.000	-4.790.800	-5.035.200	-5.279.600	-5.524.000

	2017	2018	2019	2020	2021
<i>cashflow</i> (€)	-244.400	-244.400	-244.400	-244.400	-244.400
<i>cashflow acumulat</i> (€)	-6.013.000	-6.012.800	-5.257.200	-6.502.000	-6.746.000

Un cop calculat el *cashflow* s'ha de realitzar el VAN. El VAN és un procediment que permet calcular el valor present d'un determinat numero de *cashflow* futurs, originats per una inversió. La fórmula del qual és:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0 \quad (4.1)$$

On:  $V_t$  és el *cashflow*

K és el cost d'oportunitat

T és el període

$I_0$  és la inversió inicial

La decisió important en aquest apartat és decidir el valor del cost d'oportunitat. Aquest valor designa el cost de la inversió dels recursos disponibles, a costa de la millor inversió alternativa disponible. El que s'ha decidit és realitzar el VAN en diferents valors del cost d'oportunitat per tal de veure la tendència que té. Així doncs, els valors es poden veure en la taula següent:

Taula 11.6 Valor del VAN per diferents valors d'oportunitat

Valor d'oportunitat	VAN (€)
0,01	-6,57·10 <sup>6</sup>
0,02	-6,42·10 <sup>6</sup>
0,04	-6,12·10 <sup>6</sup>
0,06	-5,86·10 <sup>6</sup>
0,08	-5,62·10 <sup>6</sup>
0,10	-5,41·10 <sup>6</sup>
0,12	-5,22·10 <sup>6</sup>
0,14	-5,05·10 <sup>6</sup>
0,16	-4,89·10 <sup>6</sup>
0,18	-4,75·10 <sup>6</sup>
0,20	-4,61·10 <sup>6</sup>

Amb els resultats de la taula anterior es pot concloure que el VAN és negatiu, amb tots els valors del cost d'oportunitat, i per tant la inversió no seria econòmicament viable.

### **11.3 Estudi econòmic alternatiu**

Donat que la planta ha de tancar, s'ha realitzat un estudi alternatiu per si aquest mateix mercat en el futur amplia el rang comercial. El nou objectiu es mirar a partir de quin valor de beneficis seria rentable la nova obertura de la indústria i quines serien les modificacions que s'hi haurien de realitzar.

#### **11.3.1 Noves dades econòmiques**

S'agafen els mateixos valors de la inversió inicial, el de l'amortització, d'interès i les multes. El procediment es totalment igual però ara s'ha d'iterar, calculant els beneficis fent que el VAN sigui 0.

En aquest cas agafarem un cost d'oportunitat de 0,12. Aquest valor és un valor aproximat extret de valors que s'utilitzen a l'indústria.

Així, el valor mínim de beneficis que s'haurien de tenir durant deu anys ha de ser de 1.185.000 €/any.

Amb aquest valor de beneficis la quedaria la següent taula:

Taula 11.7 Beneficis i costos de la nova opció.

	2012	2013	2014	2015	2016
<b>Inversió Inicial (€)</b>	4.100.000	--	--	--	--
<b>Beneficis (€)</b>	1.185.000	1.185.000	1.185.000	1.185.000	1.185.000
<b>Costos fixes (€)</b>	--	--	--	--	--
<b>Costos extraordinaris (€)</b>	200.000	--	--	--	--
<b>Costos variables (€)</b>	376.500	376.500	376.500	376.500	376.500
<b>Costos finals (€)</b>	576.500	376.500	376.500	376.500	376.500
<b>EBIT (€)</b>	608.000	808.000	808.000	808.000	808.000

	2017	2018	2019	2020	2021
<b>Inversió Inicial (€)</b>	--	--	--	--	--
<b>Beneficis (€)</b>	1.185.000	1.185.000	1.185.000	1.185.000	1.185.000
<b>Costos fixes (€)</b>	--	--	--	--	--
<b>Costos extraordinaris (€)</b>	--	--	--	--	--
<b>Costos variables (€)</b>	376.500	376.500	376.500	376.500	376.500
<b>Costos finals (€)</b>	376.500	376.500	376.500	376.500	376.500
<b>EBIT (€)</b>	808.000	808.000	808.000	808.000	808.000

Com en l'apartat anterior es calcula *cashflow* i el *cashflow* acumulat de la nova situació.

Taula 11.8 *Cashflow* i *cashflow* acumulat de la nova opció

	2012	2013	2014	2015	2016
<b>cashflow (€)</b>	-3.573.400	669.000	669.000	669.000	669.000
<b>cashflow acumulat (€)</b>	-3.563.400	-2.894.500	-2.225.800	-1.557.000	-888.300

	2017	2018	2019	2020	2021
<b>cashflow (€)</b>	669.000	669.000	669.000	669.000	669.000
<b>cashflow acumulat (€)</b>	-219.500	449.300	1.118.000	1.786.700	2.455.500

### 11.3.2. Càlcul de la inversió inicial

#### CALCULO DEL COSTE INSTALADO

EP - Equipo Principal	Nr.Equipos	Indices de coste	Estimado	Bajo	Probable	Alto
	1	1,34	1.154		1.551	
CEP - Coste Equipo Principal				1.396	1.551	1.706
Coste Equipo no Listado	P&ID: Muy elaborado 2-10%, Preliminar 10-20%		10%	140	155	171
CEB - Coste Equipo Base (sin catalizadores)				1.535	1.706	1.877
CM - Coste Medio			1.551			
		Comentarios	Factores			
Montaje equipo básico		XXX	9% 10% 11%			
Cimentaciones y estructuras		XXX	4% 5% 6%			
Tuberías		XXX	5% 6% 7%			
Aislamiento equipos y tuberías		XXX	3% 4% 5%			
Electricidad + Iluminación		XXX	5% 5% 6%			
Instrumentación		XXX	4% 5% 5%			
No Contabilizado		XXX	1% 1% 1%			
Edificios		XXX	6% 7% 8%			
Otros		XXX				
Servicios de edificios % de edificio						
Iluminación	5%					
Ventilación y aire acondic.	8%					
Calefacción	10%					
Fontanería	12%					
otros	5%					
Total servicios	40%		2% 3% 3%			
Subtotal factores			38% 45% 51%			
Ajustes	Bajo Alto					
	5% -5%					
CF - Coste de los Factores de Ajuste			40% 45% 49%	619	764	913
CD - Coste Directo de Límites de Planta				2.154	2.470	2.789
CI - Costes Indirectos	29%	del Coste directo		625	716	809
Subtotal				2.779	3.187	3.598
Imprevistos	14%	del Subtotal		389	446	504
GPM - Gastos de Puesta en Marcha		uncion de la instalacion, PE 30 dias de gastos F		0	0	0
CTI - Coste Total de Instalacion y Puesta en Marcha				3.168	3.633	4.102
			Rango	87%	100%	113%

## **12. DISSENY**

S'hauran de dissenyar bàsicament 2 equips, el primer es el mateix oxidador catalític i el segon el ventilador que haurà de contrarestar les pèrdues de carrega creades per les canonades i per el catalitzador de el oxidador. Primerament s'haurà de realitzar el dimensionament de les canonades.

### **12.1 Disseny de canonades**

Per tal de calcular el diàmetre de les canonades s'ha començat calculant el cabal, com és diu anteriorment en el balanç de matèria. El següent pas és suposar una velocitat, que s'ha suposat de 10 m/s i amb aquesta trobar el diàmetre que hauria de tenir la canonada (12.1).

$$D = 2 * \sqrt{\frac{Q/V}{\pi}} \quad (12.1)$$

On Q es el cabal en m<sup>3</sup>/s, V és la velocitat en m/s i D es el diàmetre de la canonada en m

Aquestes canonades serien les canonades necessàries per tal de que la velocitat fos 10 m/s però per tal de disminuir-ne el cost, s'han escollit les canonades de mida estàndard més properes mirant que la nova canonada sigui mes gran. El càlcul de la nova velocitat que serà la velocitat real en la canonada és realitza amb la formula següent (12.2)

$$V = \frac{Q}{\frac{D^2}{4} \pi} \quad (12.2)$$

El resultat de les velocitats i els diàmetres es mostren en la taula següent (12.1).

Corrent	Diàmetre (mm)	Velocitat real (m/s)
1	406	19,95
2	457	16,60
3	406	17,59
4	406	18,24

5	609	18,21
6	609	15,93
7	812	19,20
8	812	19,20
9	812	19,32

Taula (12.1) Diàmetre i velocitat de les canonades.

## **12.2 Disseny de l'oxidador catalític**

El disseny de l'oxidador catalític s'ha realitzat d'una manera molt superficial, ja que en la indústria aquests tenen unes dimensions estandarditzades i donant les dades de cabal i de concentració ja es suficient. Tot i això s'ha calculat la massa de catalitzador per tal de calcular les pèrdues de carga generades. Per aquest, s'ha realitzat un ajust de les dades bibliogràfiques tenint en conte la conversió desitjada i un posterior ajust en funció de la concentració i el cabal, aquest ultim es degut a que el catalitzador perd eficiència amb l'excés de aire en el corrent. El resultat obtingut per es de 160 kg de catalitzador.

### **12.2.1 Pèrdues de l'oxidador catalític**

Per a calcular les pèrdues generades en el catalitzador s'ha partit de l'equació d'Ergun (12.3)

$$\frac{dP}{dW} = - \frac{G}{\rho D_p A_c \rho_c \Phi^3} \left( \frac{150(1-\Phi)\mu}{D_p} + 1.75G \right) \quad (12.3)$$

On  $\phi$  es la porositat del catalitzador,  $\mu$  és la viscositat del fluid,  $\rho$  és la densitat del fluid,  $D_p$  és el diàmetre de la partícula,  $A_c$  és l'àrea de oxidador i  $G$  és  $u \cdot \rho$  on  $u$  és la velocitat del fluid.

Per tal d'optimitzar les pèrdues generades en aquesta zona s'ha d'anar variant l'àrea de l'oxidador ja que aquesta intervé en la equació anterior. S'ha decidit dons que l'àrea del oxidador es de 3 m<sup>2</sup>.

### 12.3 Disseny del ventilador

Per tal de calcular la potència del ventilador, s'han de calcular les pèrdues de carga generades per les canonades i pel catalitzador. Per poder realitzar la de les canonades s'ha de calcular en primer lloc el Reynolds (12.4)

$$R_e = \frac{v \cdot D \cdot \rho}{\mu} \quad (12.4)$$

També s'ha calculat el factor de fricció  $f$  mitjançant l'expressió (12.5), on  $\varepsilon$  equival al valor de la rugositat del material emprat, acer al carbó, que en aquest cas equival a  $4,5 \cdot 10^{-5}m$ .

$$f = \frac{0,25}{\left[ \log \left( \frac{1}{3,7 \cdot \left( \frac{D}{\varepsilon} \right)} + \frac{5,74}{R_e^{0,9}} \right) \right]^2} \quad (12.5)$$

Per a calcular l'energia perduda en cada canonada s'ha utilitzat la següent fórmula (12.6).

$$h_l = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \quad (12.6)$$

Vàlvules:

Les vàlvules escollides per a col·locar al llarg del procés són les anomenades vàlvula de papallona. Així, cada vàlvula té una pèrdua de fricció calculada segons la fórmula (12.7), on s'ha trobat bibliogràficament que el valor

de  $\left( \frac{L_e}{D} \right)$  en aquestes vàlvules és 35.

$$h_l = \frac{L_e}{D} \cdot f \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \quad (12.7)$$

Colzes:

El colze i tes emprats a la planta és el colze estàndard de  $90^\circ$  i tes a través d'un tram, amb un valor  $\left( \frac{L_e}{D} \right)$  de 30 i 60 respectivament en la fórmula (12.7).

Entrades i sortides:

Cada cop que el fluid entra o surt d'un equip o accessori pateix una pèrdua de fricció, calculada segons la fórmula següent (12.8), on els valors de K són 1 per a les sortides i 0,25 per a les entrades.

$$h_L = K \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \quad (12.8)$$

Com estem treballant en fase gas aquest valor s'ha de multiplicar per la gravetat i la densitat per aconseguir unitats de pressió (Pa).

### **12.3.1 Càlcul de la potencia del ventilador**

Finalment tenint en compte tant les pèrdues del catalitzador com les de les canonades es calcula la potencia del ventilador amb un balanç d'energia mecànica (12.9).

$$P_1 + \rho \cdot \frac{v^2}{2} + \rho \cdot g \cdot z_1 + \Delta P_{\text{ventilador}} - \Delta P_{\text{fricció}} = P_2 + \rho \cdot g \cdot \frac{v^2}{2} + z_2 \cdot g \cdot \rho \quad (12.9)$$

La  $\Delta P$  del ventilador es de 3,8 bar.

## **13. CONCLUSIONS**

Segons els balanços econòmics s'ha decidit que la millor opció és tancar l'empresa.

Per tal de que l'empresa fós viable econòmicament amb un cost d'oportunitat del 12% s'haurien d'obtenir uns guanys aproximats de 100000 € al mes, que és el que actualment és guanya anualment.

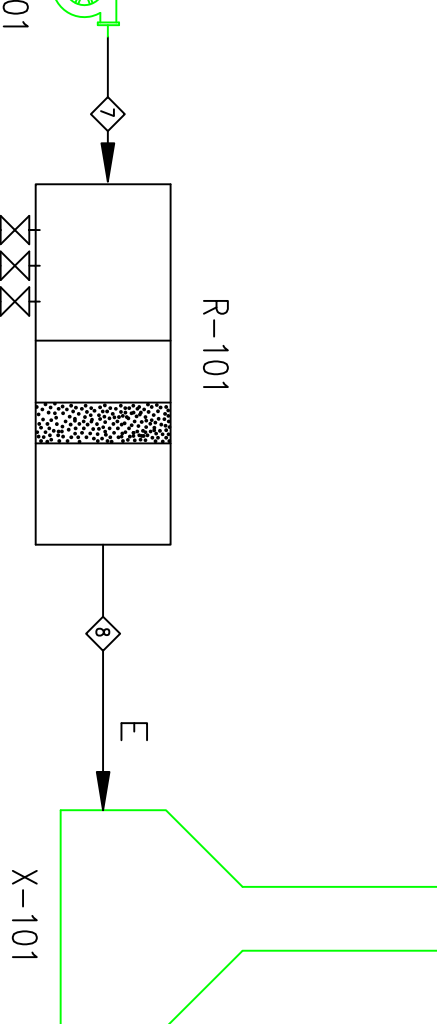
Una altre alternativa a estudiar seria canviar la tinta que s'utilitza per a la impressió. Actualment s'utilitzen tintes en base aigua amb un contingut de COV's elevat però inferior a les tintes en base a dissolvents, que és podrien canviar per les tintes UV que no generen emissió de COV's. Aquest canvi suposaria un canvi també en les instal·lacions de assecatge i impremta.

Els equips biològics no es poden aplicar en el nostre treball ja que aquests no arriben a eliminar la quantitat de COV's necessària com per complir la normativa.

S'ha dissenyat l'oxidador catalític per un error que es va tenir al principi del projecte, encara que l'ideal econòmicament és l'oxidador tèrmic regeneratiu. Comentar que mediambientalment seria millor un oxidador catalític recuperatiu, ja que la temperatura a la que treballa és molt baixa i disminueix molt la generació de NOx.

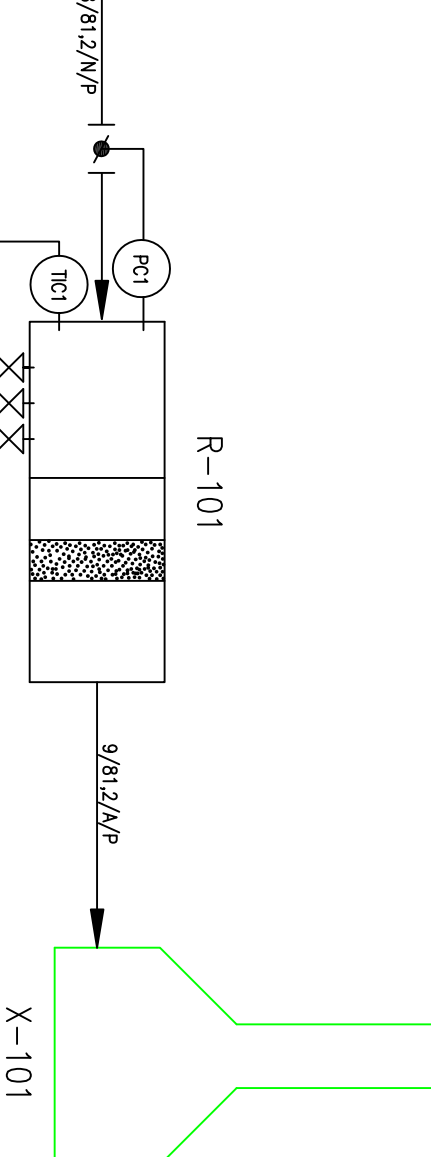
Per a millorar encara més l'impacte mediambiental seria ideal tindre un aparell concentrador. Així es disminuiria la quantitat de combustible consumit en el forn.

# ANEXOS



3	4	5	6	7	8	9	10
3,60	8,16	7,08	15,2	15,2	0,227	—	—
6,47	14,5	12,7	27,5	27,5	0,409	—	—
10,0	22,5	19,7	42,3	42,3	41,5	—	—
—	—	—	—	—	408	—	—
—	—	—	—	—	536	—	—
—	—	—	—	—	—	163	—
0,92	0,91	0,91	0,91	0,90	2,90	1,12	1,11
63	21,97	61,52	40,42	40,42	250	23	23

	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	<b>UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI</b> <b>EXPRESSIO GRAFICA A L'ENGINYERIA</b>	<b>Nº 1</b>
<i>Dibuixat</i>				
<i>Comprovat</i>				
<i>S.normes</i>				
<i>Escala</i>	<b>PFD</b>			
			<i>Sustitueix a</i>	
			<i>Sustituit per</i>	



N)/Contingut de la canonada

<i>Data</i>	<i>Nom</i>		
<i>Dibuixat</i>			
<i>Comprovat</i>			
<i>S.normes</i>			
<i>Escala</i>			
<b>P&amp;ID</b>		<b>UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI</b> <b>EXPRESSIO GRAFICA A L'ENGINYERIA</b>	
		<b>Nº 1</b>	
		<i>Sustitueix a</i>	
		<i>Sustituit per</i>	

## **C.FULLS D'ESPECIFICACIÓ**

### **C.1 Fulla d'especificació del ventilador**

Nombre:	Empresa
Teléfono	Dirección
Facsímile	E-mail
Referencia	
Cantidad Requerida	

#### CONDICIONES DE SERVICIO:

1. Fluido: Gas
2. Presión suministrada: 4 bar
3. Cabal: 36.000 Nm<sup>3</sup>/h
4. Capacidad requerida/Unidades
5. TemperaturadeOperación: 40 °C
6. Contrapresión: ( )Variable ( ) Constante
7. Cumplimiento con ASME: ( ) Si ( ) No
8. Cuerpo: Ac. Carbono


## C.2 Fitxa de l'oxidador catalític.

Àrea (m <sup>2</sup> )	3
Volum (m <sup>3</sup> )	
Tipus de catalitzador	Magnesi i coure
Massa de catalitzador (kg)	160
Tipus de cremadors	Distribuïts
Combustible	Gas natural
Temperatura (°C)	250
Pressió de treball (bar)	3


### C.2.1 Dades del catalitzador

Rati Mn/Cu	9/1
Àrea superficial (m <sup>2</sup> /g)	33.5
Densitat del catalitzador (kg/m)	2750
Diàmetre del por (nm)	12.5
Porositat	0.41
Mida de partícula (µm)	500-841

### C.3 Fulla d'especificació de l'acetat d'etil

<b>Acetat d'etil</b>			
Acetat d'etil Àcid acètic, ester etílic $C_4H_8O_2/CH_3COOC_2H_5$ Massa molecular: 88,1  CAS 141-78.6 RTECS AH5425000 ICSC 0367 NU 1173 CE 607-022-00-5			
			
<b>Tipus de perill</b>	<b>Síntomes aguts</b>	<b>Prevencions</b>	<b>Primers auxilis</b>
<b>Incendi</b>	Altament inflamable.	Evitar flama directa, NO produir guspires i NO fumar.	AFFF, espuma resistent a l'alcohol, pols, diòxid de carboni.
<b>Explosió</b>	La mescla vapor/aire és explosiva	Sistema tancat, ventilació, equip elèctric i enllumenat a prova d'explosions.	En cas d'incendi: mantenir freds els bidons i altres instal·lacions per polvorització amb aigua.
<b>Inhalació</b>	Tos, vertigen, somnolència, mal de cap, nàusees, mal	Ventilació, extracció localitzada o protecció respiratòria.	Aire net, repòs, posició de semi incorporat i revisió mèdica.

	de coll, pèrdua del coneixement.		
<b>Pell</b>	Enrogiment, dolor.	Guants i vestit protectors.	Treure la robes contaminada, esbandir-se la pell amb aigua abundant o dutxar-se i sol·licitar atenció medica.
<b>Ulls</b>	Enrogiment, dolor.	Olleres ajustades de seguretat	Esbandir-se els ulls amb aigua abundant durant alguns minuts.
<b>Ingestió</b>	Dolor abdominal, vertigen, nàusees, mal de coll i debilitament.		Esbandir-se la boca, beure molta aigua i atenció mèdica.

Vessament i fuga	Emmagatzematge	Envasatge i etiquetat
Evacuar la zona de perill. Recollir el líquid en recipients hermètics. Absorbir el líquid residual amb arena i traslladar-lo a un lloc segur.	A prova d'incendis. Separat d'oxidants forts, àcids i bases. Mantenir- lo hermèticament tancat.	Símbol F Símbol Xi R: 11-36-66-67 S: (2-)16-26-33 Classificació de perill NU: 3 Grup d'envasat NU: II CE: 

<b>Dades importants</b>	
<p><b>Estat físic, aspecte</b></p> <p>Líquid incolor, d'olor característic.</p> <p><b>Perill físic</b></p> <p>El vapor és més dens que l'aire i pot estendre pel terra.</p> <p><b>Perills químics</b></p> <p>Un escalfament intens pot originar una combustió intensa o una explosió. Es descompon sota la influència de la llum UV, bases i àcids. La solució en aigua és una base dèbil. Reacciona amb oxidants forts, bases i àcids. Ataca a molts metalls en presència d'aigua. Ataca als plàstics.</p> <p><b>Límits d'exposició</b></p> <p>TVL: 400 ppm; 1400 mg/m<sup>3</sup> (ACGIH 1990-1991).</p>	<p><b>Vies d'exposició</b></p> <p>La substància es pot absorbir per inhalació del vapor.</p> <p><b>Riscos d'inhalació</b></p> <p>Per evaporació d'aquesta substància a 20°C es pot arribar bastant fàcilment a una concentració nociva a l'aire.</p> <p><b>Efectes d'exposició a curta durada</b></p> <p>La substància irrita els ulls, la pell i el tub respiratori. La substància pot tenir efectes sobre el sistema nerviós. La exposició per damunt de l'OEL pot produir la mort.</p> <p><b>Efectes d'exposició prolongada o repetida</b></p> <p>El contacte prolongat o repetit amb la pell pot produir dermatitis.</p>
<b>Propietats físiques</b>	
<p>Punt d'ebullició: 77°C</p> <p>Punt de fusió: -84°C</p> <p>Densitat relativa (agua = 1): 0,9</p>	

Solubilitat en l'agua: Molt bona

Pressió de vapor, kPa a 20°C: 10

Densitat relativa de vapor (aire = 1): 3,0

Punt d'inflamació: 7°C (o.c.)°C

Temperatura d'auto ignició: 427°C

Límits d'explosió, % en volum en l'aire: 2,2-11.5


Coefficient de repartiment octanol/agua como logPow: 0,73

#### **Dades Ambientals**

Aquesta substància pot ser perillosa pel medi ambient; s'haurà de tenir especial vigilància amb l'aigua.



**C.4 Fulla d'especificació de l'isopropanol**


<b>Propan-2-ol</b>			
Propan-2-ol Isopropanol, alcohol isopropílic $C_3H_8O / (CH_3)_2CHOH$ Massa molecular: 60,1  CAS 67-63-0 RTECS NT8050000 ICSC 0554 NU 1219 CE 603-117-00-0			
			
<b>Tipus de perill</b>	<b>Síntomes aguts</b>	<b>Prevencions</b>	<b>Primers auxilis</b>
<b>Incendi</b>	Altament inflamable.	Evitar flama directa, NO produir guspires i NO fumar.	AFFF, espuma resistent a l'alcohol, pols, aigua en grans quantitats, diòxid de carboni.
<b>Explosió</b>	La mescla vapor/aire és explosiva	Sistema tancat, ventilació, equip elèctric i enllumenat a prova d'explosions.	En cas d'incendi: mantenir freds els bidons i altres instal·lacions per polvorització amb aigua.
<b>Inhalació</b>	Tos, vertigen, somnolència, mal de cap, nàusees, mal	Ventilació, extracció localitzada o protecció respiratòria.	Aire net, repòs, posició de semi incorporat i revisió mèdica.

	de coll, pèrdua del coneixement.		
<b>Pell</b>	Pell seca	Guants i vestit protectors.	Treure la robes contaminada, esbandir-se la pell amb aigua i sabó.
<b>Ulls</b>	Enrogiment.	Olleres ajustades de seguretat	Esbandir-se els ulls amb aigua abundant durant alguns minuts.
<b>Ingestió</b>	Dolor abdominal, dificultat respiratòria, nàusees, pèrdua del coneixement i vòmits .	No menjar, beure ni fumar durant el treball.	Esbandir-se la boca, NO provocar-se el vòmit i atenció mèdica.


<b>Vessament i fuga</b>	<b>Emmagatzematge</b>	<b>Envasatge i etiquetat</b>
Protecció personal: filtre per gasos i vapors orgànics. Recollir el líquid en recipients hermètics. Absorbir el líquid residual amb arena i traslladar-lo a un lloc segur.	A prova d'incendis. Separat d'oxidants forts. Mantenir-lo hermèticament tanca i en llocs freds.	Símbol F Símbol Xi R: 11-36-67 S: (2-)7-16-24/25-26 Nota 6 Classificació de perill NU: 3 Grup d'envasat NU: II CE:

			
--	--	---	---

<b>Dades importants</b>	
<p><b>Estat físic, aspecte</b></p> <p>Líquid incolor.</p> <p><b>Perill físic</b></p> <p>El vapor es barreja bé amb l'aire, es formen fàcilment barreges explosives</p> <p><b>Perills químics</b></p> <p>Reacciona amb oxidants forts. Ataca algunes formes de plàstics i cautxú.</p> <p><b>Límits d'exposició</b></p> <p>TVL(como TWA): 200 ppm; (como STEL) 400ppm; A4(ACGIH 2004). MAK: 200 ppm, 500 mg/m<sup>3</sup>; Categoria de limitació de pico: II(2). Risc per l'embaràs: grup C (DFG 2004)</p>	<p><b>Vies d'exposició</b></p> <p>La substància es pot absorbir per inhalació del vapor.</p> <p><b>Riscos d'inhalació</b></p> <p>Per evaporació d'aquesta substància a 20°C es pot arribar bastant fàcilment a una concentració nociva a l'aire, encara que més ràpidament per polvorització o quan es dispersa.</p> <p><b>Efectes d'exposició a curta durada</b></p> <p>La substància irrita els ulls i el tub respiratori. La substància pot tenir efectes sobre el sistema nerviós central. La exposició per damunt de l'OEL pot produir la pèrdua del coneixement.</p> <p><b>Efectes d'exposició prolongada o repetida</b></p> <p>El líquid desengreixa la pell</p>

<b>Propietats físiques</b>	
Punt d'ebullició: 83°C	
Punt de fusió: -90°C	
Densitat relativa (agua = 1): 0,79	
Solubilitat en l'agua: miscible	
Pressió de vapor, kPa a 20°C: 4,4	
Densitat relativa de vapor (aire = 1): 2,1	
Punt d'inflamació: 11,7°C (o.c.)°C	
Temperatura d'auto ignició: 456°C	
Límits d'explosió, % en volum en l'aire: 2-12	
Coeficient de repartiment octanol/agua como logPow: 0,05	
<b>Dades Ambientals</b>	
	

**C.5 Fulla d'especificació del diòxid de carboni**

<b>Diòxid de carboni</b>			
<p>Diòxid de carboni</p> <p>Gas àcid carbònic, anhídridcarbonic</p> <p><math>CO_2</math></p> <p>Massa molecular: 44,0</p> <p>CAS 124-38-9</p> <p>RTECS FF6400000</p> <p>ICSC 0021</p> <p>NU 1013</p> <p>CE 204-696-9</p>			
			
<b>Tipus de perill</b>	<b>Síntomes aguts</b>	<b>Prevencions</b>	<b>Primers auxilis</b>
<b>Incendi</b>	No combustible		En cas d'incendi en l'entorn: està permès tots els agents extintors.
<b>Explosió</b>	Els envasos poden cremar amb l'incendi		En cas d'incendi: mantenir freds els bidons mullant-los amb aigua. Combatre l'incendi des de un lloc protegit
<b>Inhalació</b>	Vertigen, pressió cardíaca elevada, mal de cap, asfixia,	Ventilació.	Aire net, repòs i revisió mèdica.

	pèrdua del coneixement.		
<b>Pell</b>	En contacte amb líquid: congelació.	Guants aïllants del fred. Roba de protecció.	En cas de congelació: Esbandidir amb aigua abundant. NO treure la roba. Proporcionar assistència mèdica.
<b>Ulls</b>	En contacte amb líquid: congelació.	Olleres ajustades de seguretat o pantalla facial.	Esbandidir-se els ulls amb aigua abundant durant alguns minuts.
<b>Ingestió</b>			

<b>Vessament i fuga</b>	<b>Emmagatzematge</b>	<b>Envasatge i etiquetat</b>
Protecció personal: equip autònom de respiració. Ventilar. NO vessar MAI aigua sobre el líquid.	A prova d'incendis. Mantenir-lo en un lloc sec. Ventilació a terra.	

<b>Dades importants</b>	
<p><b>Estat físic, aspecte</b></p> <p>Gas líquid comprimit incolor.</p> <p><b>Perill físic</b></p> <p>El vapor és més dens que l'aire i pot acumular-se a les zones baixes produint una deficiència d'oxigen. A velocitats altes pot produir cargues</p>	<p><b>Vies d'exposició</b></p> <p>La substància es pot absorbir per inhalació del vapor.</p> <p><b>Riscos d'inhalació</b></p> <p>Al produir-se pèrdua de zones confinades, aquest líquid s'evapora molt ràpidament, originant una</p>

<p>electrostàtiques i pot inflamar-se qualsevol mescla explosiva existent.</p> <p><b>Perills químics</b></p> <p>La substància es descompon al escalfar-se intensament, per damunt dels 2000 °C produint monòxid de carboni tòxic.</p> <p><b>Límits d'exposició</b></p> <p>TVL: 500 ppm com TWA; 30000 ppm com STEL; (ACGIH 2006).</p> <p>MAK: 5000 ppm, 9100 mg/m<sup>3</sup>; Categoria de limitació de pico: II(2). (DFG 2006)</p>	<p>saturació total de l'aire amb greus riscos d'asfíxia.</p> <p><b>Efectes d'exposició a curta durada</b></p> <p>L'evaporació ràpida del líquid pot produir congelació. La inhalació a nivells elevats pot originar pèrdua del coneixement.</p> <p><b>Efectes d'exposició prolongada o repetida</b></p> <p>La substància pot afectar el metabolisme.</p>
<p><b>Propietats físiques</b></p>	
<p>Punt d'ebullició: -79°C</p> <p>Solubilitat en l'agua,ml/100 ml a 20°C: 88</p> <p>Pressió de vapor, kPa a 20°C: 5720</p> <p>Densitat relativa de vapor (aire = 1): 1,5</p> <p>Coefficient de repartiment octanol/agua como logPow: 0,83</p>	
<p><b>Dades Ambientals</b></p>	


**C.6 Fulla d'especificació de l'aigua**

<b>Aigua</b>			
<p style="text-align: center;">Aigua                  Òxid de dihidrogen  <math>H_2O</math>                  Massa molecular: 18,02</p> <p>CAS 7732-18-5                  RTECS ZC0110000</p>			
<b>Tipus de perill</b>	<b>Síntomes aguts</b>	<b>Prevencions</b>	<b>Primers auxilis</b>
<b>Incendi</b>	No inflamable	No aplicable	No aplicable
<b>Explosió</b>	No aplicable	No aplicable	No aplicable
<b>Inhalació</b>	No perillós	No aplicable	No aplicable
<b>Pell</b>	No perillós	No aplicable	No aplicable
<b>Ulls</b>	No perillós	No aplicable	No aplicable
<b>Ingestió</b>	No perillós	No aplicable	No aplicable


<b>Vessament i fuga</b>	<b>Emmagatzematge</b>	<b>Envasatge i etiquetat</b>
Netejar la zona o absorbir-ho amb un material inert sec i col·locar-lo en un recipient adequat.		

<b>Dades importants</b>	
<b>Estat físic, aspecte</b> Líquid incolor, inodor i insípid. d'aigua. Ataca als plàstics.	
<b>Propietats físiques</b>	
Punt d'ebullició: 100°C Densitat relativa (agua = 1): 1 Pressió de vapor, kPa a 20°C: 2,3 Densitat relativa de vapor (aire = 1): 0,62 pH (1% dissol/aigua): 7	
<b>Dades Ambientals</b>	

**C.7 Fulla d'especificació del gas natural**

<b>Gas natural</b>			
<p style="text-align: center;">Gas natural Hidrur de metil, gas natural líquid Mescla <math>CH_4 + C_2H_6 + C_3H_8</math> Massa molecular: 88,1</p> <p>CAS 74-82-8</p> <div style="text-align: right;">  </div>			
<b>Tipus de perill</b>	<b>Síntomes aguts</b>	<b>Prevencions</b>	<b>Primers auxilis</b>
<b>Incendi</b>	Altament inflamable.	Evitar flama directa, NO produir guspires i NO fumar.	Tallar el subministrament, si es pot deixar que l'incendi s'apagui sol, NO utilitzar aigua.
<b>Explosió</b>	La mescla vapor/aire és explosiva	Sistema tancat, ventilació, equip elèctric i enllumenat a prova d'explosions.	Indumentària protectora completa i aparell respiratori autònom.
<b>Inhalació</b>	Asfíxia, marejos, nàusees i pèrdua del	Ventilació, extracció localitzada o protecció	Aire net, repòs i revisió mèdica.

	coneixement.	respiratòria.	
<b>Pell</b>	Cremades fredes amb contacte al gas líquid	Guants i vestit protectors.	Submergir la zona afectada en aigua tèbia i sol·licitar atenció mèdica.
<b>Ulls</b>	Inflor i dolor		Esbandir-se els ulls amb aigua tèbia.
<b>Ingestió</b>	En condicions normals, no té perill d'ingestió.		

Vessament i fuga	Emmagatzematge	Envasatge i etiquetat
Aïllar la fuga, eliminar totes les possibles fonts d'ignició, evacuar tot el personal	Allunyat de focs d'ignició o guspies. Contenidors hermèticament tancats.	Símbol F+  CE: 

Dades importants	
<b>Estat físic, aspecte</b> Líquid incolor, d'olor característic.	<b>Vies d'exposició</b> La substància es pot absorbir per inhalació del vapor.  <b>Efectes d'exposició a curta durada</b> Amb altes concentracions, provoca

	<p>una depressió del sistema nerviós central, cosa que provoca nàusees, marejos, mal de cap i vertigen.</p> <p><b>Efectes d'exposició prolongada o repetida</b></p> <p>Pot produir la mort.</p>
<b>Propietats físiques</b>	
<p>Punt d'ebullició: -160 °C</p> <p>Punt de fusió: -182 °C</p> <p>Densitat relativa (agua = 1): 0,554</p> <p>Solubilitat en l'agua: Molt bona</p> <p>Pressió de vapor, kPa a 20°C: 10</p> <p>Densitat relativa de vapor (aire = 1): 0,61</p>	
<b>Dades Ambientals</b>	
<p>Es un dels gasos que provoca l'efecte hivernacle. No provoca la destrucció de la capa d'ozó.</p>	

**C.8 Fulla d'especificació de l'aire**

<b>Aire</b>			
Aire Massa molecular: 88,1  CAS 7440-37-1 NU 1002			
<b>Tipus de perill</b>	<b>Síntomes aguts</b>	<b>Prevencions</b>	<b>Primers auxilis</b>
<b>Incendi</b>			
<b>Explosió</b>			
<b>Inhalació</b>			
<b>Pell</b>			
<b>Ulls</b>			
<b>Ingestió</b>			

<b>Vessament i fuga</b>	<b>Emmagatzematge</b>	<b>Envasatge i etiquetat</b>
Evacuar la zona de perill. Tallar el subministrament.	Utilització de cilindres autoritzats. Protegir contra cops. Tenir els cilindres agafats.	

<b>Dades importants</b>	
<b>Estat físic, aspecte</b> Gas incolor, inodor.	
<b>Propietats físiques</b>	
Punt d'ebullició: No aplicable	

Punt de fusió: No aplicable

Punt d'inflamació: No aplicable

Temperatura d'auto ignició: No aplicable

Densitat del gas a 21 °C/ 1 atm: 1,21 kg/m<sup>3</sup>

## **BIBLIOGRAFIA I WEBGRAFIA**

[http://www.sinia.cl/1292/articles-39918\\_recurso\\_1.pdf](http://www.sinia.cl/1292/articles-39918_recurso_1.pdf)

<http://www.boe.es/boe/dias/2012/02/22/pdfs/BOE-A-2012-2583.pdf>

[http://www.uniglobalunion.org/apps/UNINews.nsf/7a1fe394b29b0003c12574c6004d8645/c316deab6f29e4f8c1257566004364ca/\\$FILE/IdentificacionProblemas.pdf](http://www.uniglobalunion.org/apps/UNINews.nsf/7a1fe394b29b0003c12574c6004d8645/c316deab6f29e4f8c1257566004364ca/$FILE/IdentificacionProblemas.pdf)

Reial Decret 117/2003, de 31 de gener, sobre limitació d'emissions de compostos orgànics causades per l'ús de dissolvents en determinades activitats.

Llei 16/2002, de 1 de juliol, de prevenció i control integrats de la contaminació.

<http://www.meteoclimatic.com/index/mapinfo/ESCAT?d=20120410&mp=10>

[http://es.windfinder.com/windstats/windstatistic\\_reus\\_tarragona.htm](http://es.windfinder.com/windstats/windstatistic_reus_tarragona.htm)

[http://www.ine.es/inebmenu/mnu\\_entornofis.htm](http://www.ine.es/inebmenu/mnu_entornofis.htm)

<http://www.monografias.com/trabajos88/compuestos-organicos-volatiles/compuestos-organicos-volatiles.shtml>

<http://www.cienciaybiologia.com/medio-ambiente/atmosfera/compuestos-organicos-volatiles.htm>

<http://www.ihobe.net/Documentos/Eventos/000-RD%20COVs%20.pdf>

<http://www.tecnun.es/asignaturas/Ecologia/Hipertexto/10CAtm1/330Smog.htm>

<http://pagina.jccm.es/medioambiente/rvca/covs.htm>

<http://quimica.laguia2000.com/compuestos-quimicos/compuestos-organicos-volatiles>

Mejores técnicas disponibles de referencia europea: Sistemas de gestión y tratamiento de Aguas y Gases Residuales en el Sector Químico.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378382011003134>

*C. David Cooper i F.C. Alley, Air Pollution Control: A design Approach*

<http://webbook.nist.gov/chemistry/>

[www.insht.es](http://www.insht.es)

Perry, R. H.; Green, D., Perry's Chemical Engineers Handbook, McGraw-Hill, 1988

Robert L. Mott, Mecánica de fluidos aplicada



Disseny d'una mesura correctora per emissions de COV's by [Inglés Monteiro, Eduard; Torres Rives, Alba; Moreno Gene, Marc Cabello Rimbao, Juan Ramon](#) is licensed under a [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional License](#).

Puede hallar permisos más allá de los concedidos con esta licencia en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.ca>