



PLANTA DE PRODUCCIÓ D'ÒXID D'ETILÈ

Treball de fi de grau d'Enginyeria Química



Tommy Cassanello Andrea Grande Braven Pitargue
Ariadna Ramos Alexandre Ros Mònica Vidal



CAPÍTOL V

SEGURETAT I HIGIENE

Treball de fi de grau d'Enginyeria Química



Tommy Cassanello Andrea Grande Braven Pitargue
Ariadna Ramos Alexandre Ros Mònica Vidal

Índex

1	Introducció	1
2	Principals riscos i accidents de la indústria	1
2.1	Risc d'incendi	1
2.2	Risc d'emissió	4
2.3	Risc d'explosió	5
2.4	Risc elèctric	8
2.5	Riscs ergonòmics	9
2.6	Riscs de l'òxid d'etilè	10
2.6.1	Risc d'incendis	10
2.6.2	Risc de vessament	10
2.6.3	Risc de polimerització	10
2.6.4	Risc de descomposició	11
3	Substàncies químiques	11
3.1	Classificació general de les substàncies químiques	11
3.2	Classificació de les substàncies químiques presents	17
3.3	Envasat i etiquetat de les substàncies químiques	17
3.4	Fitxes de seguretat de les substàncies químiques utilitzades	19
4	Emmagatzematge de productes químics	26
4.1	Normativa d'emmagatzematge	27
4.2	Pla de revisions	28
4.3	Pla d'emergència de l'àrea d'emmagatzematge	29

5	Senyalització	30
5.1	Colors de seguretat	31
5.2	Senyals en forma de plafó	31
5.3	Senyals lluminosos i acústics	34
5.4	Comunicacions verbals	35
5.5	Senyals gestuals	35
5.6	Disposicions mínimes de caràcter general sobre la senyalització	37
5.6.1	Senyals de risc de caigudes, xocs i cops	37
5.6.2	Senyalització de les vies de circulació	37
5.6.3	Canonades, recipients i àrees d'emmagatzematge	37
5.6.4	Equips de protecció contra incendis	39
5.6.5	Medis i equips de salvament i socors	39
5.6.6	Situacions d'emergència	39
5.6.7	Maniobres perilloses	39
5.7	Senyalització d'emergència a la planta	39
6	Higiene	40
6.1	Disposicions mínimes de seguretat i salut en els llocs de treball	41
6.2	Neteja a la planta	42
6.3	Higiene personal	42
7	Pla de prevenció i protecció contra explosions	43
7.1	Àrees on es poden formar atmosferes explosives	43
7.1.1	Gas, vapor o boira (Classe I)	44
7.1.2	Núvol de pols combustible (Classe II)	46

7.2	Obligacions de l'empresari	48
7.2.1	Prevençió i protecció contra explosions	48
7.2.2	Avaluació del risc d'explosions	49
7.2.3	Document de protecció contra explosions (DPCE)	49
7.3	Mesures preventives contra les explosions	50
7.3.1	Mesures tècniques que impedeixen la formació de l'atmosfera explosiva	50
7.3.2	Mesures tècniques que impedeixen la ignició de l'atmosfera explosiva	50
7.4	Mesures de protecció contra explosions	51
7.5	Mesures organitzatives	52
7.6	Equips de treball per atmosferes explosives	53
7.7	Requisits pels equips de treball	54
8	Protecció contra incendis	55
8.1	Factors determinats en l'origen d'un incendi	56
8.2	Classificació d'incendis	56
8.3	Classificació de les àrees d'una planta industrial	57
8.3.1	Establiments industrials ubicats en un edifici	57
8.3.2	Establiments industrials que desenvolupen l'activitat industrial en espais oberts	58
8.3.3	Classificació de les àrees de la planta	59
8.4	Caracterització pel seu nivell de risc intrínsec	59
8.5	Mesures protectores contra incendis	61
8.5.1	Protecció activa contra incendis	62
8.5.2	Protecció passiva contra incendis	71
8.6	Plànol de protecció d'incendis de la planta	72

9 Il·luminació i Seguretat elèctrica	72
9.1 Il·luminació	72
9.2 Seguretat elèctrica	74
9.2.1 Factors que intervenen en el risc elèctric	75
9.2.2 Mesures preventives front el risc elèctric	76
9.2.3 Equips de protecció individual per realitzar treballs amb risc elèctric	77
10 Primers auxilis	77
10.1 Premissa P.A.S	78
10.2 Principis generals	78
10.3 Material i locals de primers auxilis	79
11 Pla d'emergència interna (PEI)	80
11.1 Estructura del pla d'emergència intern	80
11.2 Implementació	81
11.3 Actualització i revisió	82
11.4 Activació	82
11.5 Mesures de protecció a la població	83
12 Anàlisi de riscos	84
13 Simulació d'una possible BLEVE	113
13.1 Determinació de la massa equivalent de trinitrotoluenè (TNT)	114
13.2 Estimació de la pressió sobre la superfície del recipient	115
13.3 Determinació de la distància normalitzada	116
13.4 Fragments del dipòsit	118

13.5 Determinació del recorregut dels fragments	119
13.6 Determinació de la radiació tèrmica	121

Bibliografia	124
---------------------	------------

1 Introducció

En aquest capítol s'expliquen les mesures de seguretat i higiene que s'han d'implantar pel bon funcionament de la planta. És important conèixer les substàncies i les instal·lacions amb les quals es treballa.

En primer lloc, en una planta química s'utilitzen grans quantitats de substàncies que poden ser explosives, corrosives, tòxiques, etc. És per això que s'ha de conèixer amb detall amb quines substàncies s'està treballant i quines són les millors mesures a prendre, per tal de minimitzar riscos. En segon lloc, les instal·lacions també són un factor important a tenir en compte: el material dels equips, la distància entre ells i la distància amb la primera urbanització, entre altres, són característiques molt importants per tal de que la instal·lació sigui el màxim segura possible.

Actualment la seguretat d'una planta química és una de les parts més importants a estudiar, analitzant els riscos i implementant un sistema eficaç per tal d'eliminar-los o reduir-los, ja que els accidents en plantes químiques no són molt freqüents, però quan succeeixen tenen grans conseqüències.

2 Principals riscos i accidents de la indústria

En aquest apartat, es comentaran amb detall els principals riscos que es troben en les indústries químiques i les mesures aplicables per tal de prevenir-los o minimitzar les seves conseqüències. Aquests riscos són: el risc d'incendi, d'emissió, d'explosió, elèctric i riscos laborals.

2.1 Risc d'incendi

L'incendi és un dels principals riscos que es poden trobar en qualsevol indústria química. A continuació s'explica la definició de foc i les principals actuacions per prevenir-lo segons l'article de bones pràctiques "NTP 599: Evaluación del riesgo de incendio: criterios" [1].

Un incendi és una reacció química d'oxidació entre el combustible i el comburent. L'energia necessària perquè tingui lloc aquesta reacció s'anomena energia d'activació, i en aquest cas és aportada pels focus d'ignició. És una reacció exotèrmica i l'energia despesa produeix els efectes tèrmics de l'incendi a la vegada que escalfa els reactius. Si l'energia és igual o superior a la necessària el procés continua mentre hi hagi reactius. Aquest efecte es coneix com a reacció en cadena.

En resum, perquè un incendi s'iniciï han de coexistir tres factors: combustible, comburent i focus d'ignició que conformen el conegut "triangle del foc" perquè l'incendi progressi, s'ha de produir la reacció en cadena. Aquests quatre factors formen el que s'anomena "tetraedre del foc". A la **Figura 1** es poden observar aquests dos casos.

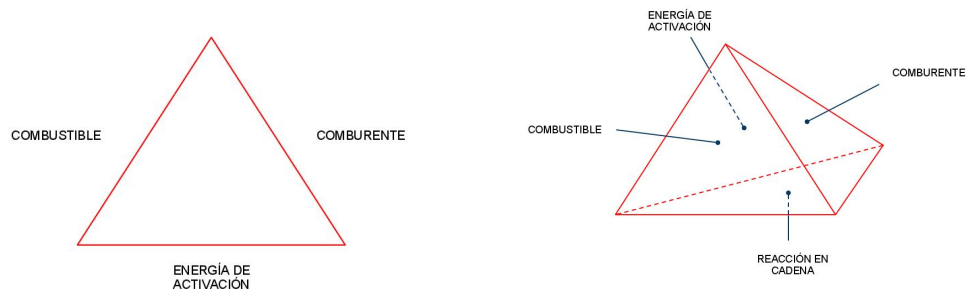


Figura 1: Triangle del foc (esquerra) i tetraedre del foc (dreta) [2].

Existeixen dos mètodes diferents per tal de prevenir el risc d'incendi. Un seria intentar evitar l'incendi en si i l'altre reduir-ne les conseqüències. Per evitar l'incendi com a accident, s'ha de tenir en compte el que s'ha comentat anteriorment de que perquè s'iniciï un incendi s'han de trobar en el mateix moment i espai el comburent, el combustible i el focus d'ignició. Tenint en compte que el comburent és l'aire i es troba sempre present, les condicions bàsiques a controlar són el combustible i l'energia d'activació. Eliminar un d'aquests dos factors és la manera de prevenir un incendi. Els altres aspectes preventius són paràmetres que es valoren per estimar les conseqüències, com per exemple, les mesures d'extinció no adoptades, vies d'evacuació correctes i de suficient amplada, una organització adequada, etc.

A continuació s'exposen les principals mesures a tenir en compte per tal de minimitzar riscos. El risc d'incendi ve determinat per dos conceptes claus, igual que qualsevol altre risc d'accident: els danys que pugui ocasionar i la probabilitat de que passi. Per tant el Nivell de Risc d'Incendi (NRI), ve determinat per:

$$\text{NRI} = \text{Probabilitat d'inici d'incendi} \cdot \text{conseqüències}$$

Per estudiar la probabilitat d'inici d'un incendi, cal avaluar la probabilitat que coexisteixin en espai, temps i suficient intensitat el combustible i el focus d'ignició. A continuació es presenta un llistat dels aspectes a tenir en compte.

- Combustible:
 - Substitució del combustible per una altra substància que no ho sigui o ho sigui en menor grau.
 - Dilució o barreja de combustible amb una altra substància que augmenti la seva temperatura d'inflamació.
 - Condicions d'emmagatzematge: Utilitzar recipients estancs; emmagatzemar estrictament la quantitat necessària de combustible; manteniment periòdic de les instal·lacions d'emmagatzematge per evitar fuites i degotejos.
 - Ventilació general i / o aspiració localitzada en locals i operacions on es puguin formar mescles inflamables.
 - Control i eliminació de residus.
 - Ordre i neteja.
 - Senyalització adequada en els recipients o conductes que continguin substàncies inflamables
- Focus d'ignició: en el següent apartat s'explica en detall com prevenir l'aparició d'un focus d'ignició.

Les mesures per minimitzar les conseqüències de l'incendi es poden dividir en mesures de protecció passiva i mesures de protecció activa i s'expliquen a continuació.

- Mesures de protecció passiva: són mesures que no actuen directament sobre el foc, però poden dificultar o evitar les conseqüències que provoqui, com pot ser la seva propagació.
 - Ubicació de l'empresa amb relació al seu entorn
 - Situació, distribució i característiques dels combustibles
 - Característiques dels elements constructius dels locals: Estabilitat al Foc (EF), Parafocs (PF) i Resistència al Foc (RF)
 - Exutoris
 - Exigències de comportament davant el foc dels materials (M0, M1, M2, M3, M4).

També es podrien considerar mesures de protecció passiva una correcta senyalització i la presència d'il·luminació especial.

- Mesures de protecció activa: són les mesures que lluiten contra l'incendi, i es poden destacar les següents:
 - Organització de la lluita contra incendis
 - Ensenyament al personal de com actuar en lluites contra incendis
 - Mitjans de detecció d'incendis

- Transmissió de l'alarma
- Mitjans de lluita contra incendis (extintors, BIE, etc.)
- Vies d'evacuació
- Pla d'emergència
- Facilitat d'accés dels serveis d'extinció d'incendis exteriors
- Manteniment dels sistemes de detecció, alarma i extinció

2.2 Risc d'emissió

El risc més comú en plantes químiques és el risc d'explosió i/o incendi. Aquests apareixeran a conseqüència d'una emissió. És per això que evitar el risc d'emissió serà el primer factor a estudiar. A continuació es presenten els cinc diferents focus emissors, amb els aspectes més importants de cada un a tenir en compte [1]:

- Emissió tèrmica:
 - Fumar o l'ús d'útils d'ignició.
 - Instal·lacions que generen calor: estufes, forns, etc.
 - Raigs solars.
 - Condicions tèrmiques ambientals.
 - Operacions de soldadura.
 - Vehicles o màquines amb motor de combustió.
- Emissió elèctrica:
 - Espurnes degudes a interruptors, motors, etc.
 - Curtcircuits.
 - Sobrecarregues.
 - Electricitat estàtica.
 - Descarregues elèctriques atmosfèriques.
- Emissió mecànica:
 - Eines que puguin produir espurnes.
 - Frecs mecànics.
 - Espurnes sabates - terra.

- Emissió química:
 - Substàncies reactives/incompatibles.
 - Reaccions exotèrmiques.
 - Substàncies auto oxidables.

A part de disposar i aplicar sempre i sistemàticament procediments de treball segurs, cal evitar o controlar possibles focus d'ignició. A continuació es presenten les mesures generals més importants que cal tenir en compte.

- D'acord amb les exigències de la Instrucción Técnica Complementaria ITC-BT29 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT): Prescripciones particulares para las instalaciones eléctricas en los locales con riesgo de incendio o explosión". Entre les mesures fonamentals a tenir en compte s'han de considerar el correcte dimensionament de la instal·lació per evitar sobrecàrregues i la instal·lació d'interruptors magnetotèrmics o fusibles calibrats de tall.
- Els aparells i equips utilitzats en àrees amb risc d'explosió, han de ser de les categories fixades en el Real Decreto 400/1996 per a les diferents zones classificades (vegeu Real Decreto 681/2003 i la seva corresponent Guia tècnica).
- Es respectaran els temps de relaxació del producte abans d'iniciar operacions que puguin generar focus d'ignició, com obertura de tapes, presa de mostres, treballs que puguin generar espurnes, etc.
- Per tal de controlar les descàrregues disruptives, s'ha de procedir a la humidificació ambiental, instal·lació de dispositius col·lectors, ionitzadors, etc. A part, el calçat i els guants han de ser conductors o antiestàtics i la roba de protecció ha de ser també ignífuga o de cotó.

2.3 Risc d'explosió

Les explosions són també un dels principals riscos que es poden trobar en qualsevol indústria química. Es poden originar en conseqüència del foc o a partir d'una atmosfera explosiva. Dit això, i com ja s'ha explicat prèviament el risc del foc, aquest apartat tractarà només d'atmosferes explosives i les principals mesures per evitar explosions segons el Reial Decret 681/2003, sobre la protecció de la salut i la seguretat dels treballadors exposats als riscos derivats d'atmosferes explosives en el lloc de treball («BOE» 145, de 18-6-2003) [3].

Una atmosfera explosiva és la mescla amb aire, en condicions atmosfèriques, de substàncies inflamables en forma de gasos, vapors, boires o pols, en què, després d'una ignició, la combustió es propaga a tota la mescla no cremada. Primerament s'haurà de fer una avaluació dels riscos d'explosió. S'haurà de seguir amb

una classificació per zones de les àrees on es poden formar atmosferes explosives. Segons el Reial decret es consideren àrees de risc aquelles on es puguin formar atmosferes explosives en una quantitat que sigui necessari adoptar precaucions especials per protegir la seguretat i la salut dels treballadors afectats. La classificació de les àrees de risc segons el Reial Decret 681/2003, sobre la protecció de la salut i la seguretat dels treballadors exposats als riscos derivats d'atmosferes explosives en el lloc de treball, és la que es presenta a la **Taula 1**. Cal destacar que aquestes zones s'explicaran en profunditat a l'apartat d'atmosferes explosives d'aquest capítol.

Taula 1: Classificació en zones de les àrees de risc.

ZONES	DESCRIPCIÓ ÀREES DE TREBALL
Zona 0	Presència d'una atmosfera explosiva consistent en una mescla amb aire de substàncies inflamables en forma de gas, vapor o boira de manera permanent, o per un període de temps prolongat, o amb freqüència
Zona 1	En condicions normals d'explotació, és probable la formació ocasional d'una atmosfera explosiva consistent en una mescla amb aire de substàncies inflamables en forma de gas, vapor o boira
Zona 2	En condicions normals d'explotació, no és probable la formació d'una atmosfera explosiva consistent en una mescla amb aire de substàncies inflamables en forma de gas, vapor o boira, o on, en cas de formar-se, l'atmosfera explosiva només roman durant períodes breus de temps
Zona 20	Presència d'una atmosfera explosiva en forma de núvol de pols combustible a l'aire de forma permanent, o per un període de temps prolongat, o amb freqüència
Zona 21	En condicions normals d'explotació, és probable la formació ocasional d'una atmosfera explosiva en forma de núvol de pols combustible a l'aire
Zona 22	En condicions normals d'explotació, és probable la formació d'una atmosfera explosiva en forma de núvol de pols combustible a l'aire, o on, en cas de formar-se, l'atmosfera explosiva només roman durant un període breu de temps

Serà en aquestes àrees en les quals s'hauran d'aplicar les mesures mínimes que s'esmentaran a continuació. Les mesures preventives contra explosions es divideixen en dos sectors: mesures de caràcter tècnic i mesures de caràcter organitzatiu. Aquestes mesures es seguiran d'acord amb els principis bàsics d'impedir la formació d'atmosferes explosives o evitar la ignició d'atmosferes explosives i minimitzar els efectes perjudicials d'una explosió. Quan sigui necessari s'haurà de complementar també amb les mesures preventives contra la propagació d'explosions.

Les mesures organitzatives exigeixen únicament la formació i informació dels treballadors i que es proporcionin instruccions per escrit i permisos de treball. De les mesures de protecció contra les explosions destaquen les següents:

- Les fugites o alliberaments que puguin donar lloc a riscos d'explosió s'ha de desviar o evacuar a un lloc

segur o s'ha de contenir o controlar amb seguretat per altres mitjans.

- Quan l'atmosfera explosiva contingui diversos tipus de gasos, vapors, boires o pols combustibles o inflamables, les mesures de protecció s'han d'ajustar al risc potencial més alt.
- S'ha de proveir els treballadors de calçat antiestàtic i roba de feina adequada feta de materials que no donin lloc a descàrregues electrostàtiques que puguin causar la ignició d'atmosferes explosives.
- La instal·lació, els aparells, els sistemes de protecció i els seus dispositius de connexió corresponents només s'han de posar en funcionament si el document de protecció contra explosions indica que es poden fer servir amb seguretat en una atmosfera explosiva.
- S'han d'adoptar totes les mesures necessàries per assegurar-se que els llocs de treball, els equips de treball i els dispositius de connexió corresponents són els adequats per reduir al màxim els riscos d'explosió.
- S'ha de disposar de senyals òptics i/o acústics d'alarma per si s'assoleixen les condicions d'explosió i s'ha de desallotjar el lloc de treball en condicions de seguretat.
- Si el document de protecció contra explosions ho exigeix, s'han de disposar sortides d'emergència.
- En àrees on es puguin formar atmosferes explosives, se n'ha de verificar la seguretat general contra explosions.

En les àrees on es puguin formar atmosferes explosives en unes quantitats que comportin un perill per a la salut i la seguretat dels treballadors s'han de senyalitzar, quan sigui necessari, de la manera que es presenta a continuació, a la **Figura 2**.



Figura 2: Senyalització de zones de risc d'atmosferes explosives [4].

2.4 Risc elèctric

Aquest apartat es centra en els riscos elèctrics començant per la seva definició i seguint amb les mesures preventives per evitar-los d'acord amb el "Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico" [5].

El risc elèctric és el risc originat per l'energia elèctrica. Queden totalment inclosos dins d'aquest sector els xocs elèctrics per contacte amb elements en tensió o amb masses posades accidentalment en tensió, les cremades per xoc elèctric o per arc elèctric, les caigudes o cops a conseqüència de xoc o arc elèctric i els incendis o explosions originats per l'electricitat.

Una instal·lació elèctrica es defineix com el conjunt de materials i equips en els quals es treballa amb energia elèctrica, tant pot ser generant, convertint, transformant, transportant, distribuïnt o utilitzant. S'inclouen les bateries, els condensadors i qualsevol altre equip que emmagatzemi energia elèctrica.

Existeixen dues maneres de treballar en una instal·lació elèctrica: treball sense tensió i treball amb tensió. El treball amb tensió és el treball en el qual el treballador entra en contacte amb elements en tensió, o entra a la zona de perill (amb el cos o amb eines i/o equips que manipula).

El treball sense tensió es realitza després d'haver pres totes les mesures necessàries de seguretat per mantenir la instal·lació sense tensió. És a dir, a l'inici comença sent un treball amb tensió i després d'aplicar la "supressió de la tensió" es passa a treball sense tensió [6].

En els treballs sense tensió no hi ha risc elèctric, sempre que s'efectuï de manera correcta la "supressió de la tensió", ja que algunes de les operacions d'aquesta, s'han d'efectuar amb tensió. En el cas del treball amb tensió, hi ha unes mesures de seguretat que s'han de complir:

- Només poden ser realitzats per treballadors qualificats, i si es requereix, ha de ser assajat prèviament amb un equip sense tensió. Depenent també de les circumstàncies, es requerirà la presència de dos treballadors amb coneixements de primers auxilis.
- La metodologia de treball així com els equips i materials utilitzats han d'assegurar la protecció del treballador davant del risc elèctric.
- Els equips i materials utilitzats, s'escolliran tenint en compte les condicions de treball i s'ajustaran a la normativa específica que se'ls hi apliqui.
- S'haurà de disposar d'un suport sòlid i estable, així com una il·luminació adequada. Paral·lelament els treballadors no podran dur objectes conductors com polseres, rellotges, cadenes o tancaments de cremallera metàl·lics.

- La zona de treball s'ha de senyalitzar i delimitar adequadament. I s'ha de tenir en compte la presència de factors que poden incrementar significativament el risc elèctric com la presència de superfícies molt conductores, aigua o humitat i la presència d'atmosferes explosives, materials inflamables o ambients corrosius.
- En el cas de treball a l'aire lliure s'haurà d'aturar l'activitat en el cas de condicions meteorològiques que dificultin la visibilitat i la manipulació d'eines, com tempesta, pluja o vents forts, nevades, etc. En cas de tempesta també s'hauran d'interrompre els treballs en instal·lacions interiors directament connectades a línies aèries elèctriques.

2.5 Riscs ergonòmics

Els factors de risc ergonòmics són aquelles condicions de treball que poden ocasionar lesions, físiques o mentals. Normalment apareixen a causa d'activitats repetitives o que impliquen un sobre esforç [7].

Els tipus de riscs ergonòmics es poden classificar en les següents [7]:

- Les postures forçades: tenint en compte la duració de la postura, la freqüència dels moviments i de quin tipus de postura es tracti.
- Els moviments repetitius: tenint en compte la duració del moviment repetitiu, la freqüència dels moviments, els temps de recuperació entre moviments i l'ús de força.
- La manipulació manual de càrregues.
- La càrrega postural.
- Les condicionals ambientals: il·luminació i temperatura.
- Els aspectes psicosocials.

A continuació es presenta un llistat general de mesures que poden ajudar a prevenir o minimitzar els riscos esmentats anteriorment [7] [8]:

- Seguir un horari amb pauses de descans i desconnexió.
- Evitar la repetició de tasques per un temps superior als 30 minuts.
- Disposar de les eines adequades per cada tipus d'activitat.
- Disposar de mobiliari i entorn adequats amb objectes ergonòmics que respectin les condicions de treball, així com d'una bona il·luminació (preferiblement es tindrà llum natural, sinó, llum artificial ben distribuïda i si cal, focalitzada a la zona de treball).

- Formar als treballadors sobre les mesures de seguretat a l'àrea de treball, per evitar postures forçades o sobreesforços.
- Disposar d'una bona organització de les tasques.
- Implantar revisions mèdiques periòdiques per als treballadors.

2.6 Riscs de l'òxid d'etilè

En aquest apartat s'inclouen els diferents riscos existents a l'emmagatzemar i manipular òxid d'etilè. Han estat extrets de la ITC MIE APQ-2 [9].

2.6.1 Risc d'incendis

Pel que fa al risc d'incendis, els recipients amb òxid d'etilè han d'estar situats a una àrea lliure d'obstacles amb fàcil accés pels equips mòbils contra incendis. El terra ha de ser impermeable i amb pendent cap a una xarxa de drenatge per evitar que qualsevol vessament penetri el terreny. Tots els recipients, canonades i equips han d'estar aïllats tèrmicament amb materials aïllants ignífugs. A més a més, s'ha de disposar d'instal·lacions contra incendis amb aigua a prop dels recipients que no estiguin enterrats.

2.6.2 Risc de vessament

S'ha de disposar d'equips amb aigua suficient com per poder diluir l'òxid d'etilè a una concentració inferior a l'1% en pes en el cas de que es produís un vessament.

2.6.3 Risc de polimerització

L'òxid d'etilè disposa de risc de polimerització. Si un catalitzador de polimerització entra en contacte amb una elevada quantitat d'òxid d'etilè pot donar lloc a una reacció de polimerització que comença poc a poc però s'accelera degut a l'increment de temperatura causat per la mateixa. Aquest tipus de reacció és coneguda com reacció *Runaway*, la qual, procedeix de manera casi adiabàtica donant lloc a un augment de temperatura i pressió sobtat que podria donar lloc a un possible esclat del recipient i la descomposició explosiva de l'òxid d'etilè alliberat en fase gas.

De tal manera, és essencial que l'òxid d'etilè no entri en contacte amb cap catalitzador de polimerització. Per aquest motiu, s'ha d'evitar que hi hagi qualsevol flux de retrocés i s'ha de controlar que la temperatura amb equips que evitin que s'assoleixin els 40 °C que podrien donar lloc a una reacció *Runaway*.

2.6.4 Risc de descomposició

L'òxid d'etilè també disposa de risc de descomposició, per evitar que això succeeixi, s'ha d'impedir el seu contacte amb acetilurs metàl·lics i evitar que es produeixin descàrregues d'electricitat estàtica.

Per reduir aquest risc, s'haurà de connectar a terra, bombes, recipients, vaporitzadors i canonades metàl·liques d'òxid d'etilè, i tot element de transport mòbil que estigui fent una unitat de transvasament. Cal tenir en compte que les connexions a terra no poden ser superiors als 5 ohms.

3 Substàncies químiques

En aquesta planta química, es treballa amb diverses substàncies químiques, algunes més perilloses que altres. Per això és necessari tenir-les detallades i classificades perquè es puguin utilitzar de manera segura i per poder aplicar les mesures de seguretat adequades.

També és fonamental que els treballadors/es estiguin informats i formats sobre els riscos dels seus llocs de treball, així com de les especificacions de seguretat que han de complir aquelles substàncies, preparats i residus perilloses (classificació, envasat, etiquetat, etc.) i de la correcta utilització, manipulació i emmagatzematge dels mateixos [10].

Respecte els productes químics, la informació sobre la seva perillositat i el risc derivat del seu ús ve recollida en les seves etiquetes i fitxes de seguretat.

Les substàncies que s'utilitzen pel procés de fabricació d'òxid d'etilè en aquesta planta són les següents:

- Matèries Primes: oxigen i etilè
- Producte: òxid d'etilè
- Altres Compostos: nitrogen, diòxid de Carboni i aigua
- Catalitzador: catalitzador de plata suportat amb α -alúmina

3.1 Classificació general de les substàncies químiques

La classificació de substàncies químiques perilloses es troba recollida en el Reglament (CE) n.º 1272/2008 ("Reglament CLP") i en el Reial Decret 255/2003 els quals aproven el reglament sobre la classificació, envasament i etiquetatge de preparats perillosos i informen les empreses/persones usuàries sobre els perills que comporten [11] [12].

El nou Reglament CLP de classificació, etiquetat i envasat de substàncies i barreges estableix una nova classificació de les mateixes segons la seva classificació. El reglament CLP, estableix nous pictogrames, canvien els pictogrames antics de forma quadrada i amb fons de color taronja pels de manera romboïdal vermell amb fons blanc. Encara que no hauria de quedar cap presència dels pictogrames antics, es mostren a continuació (**Figura 3**) el canvi d'aquests als quals actualment estan en vigor.

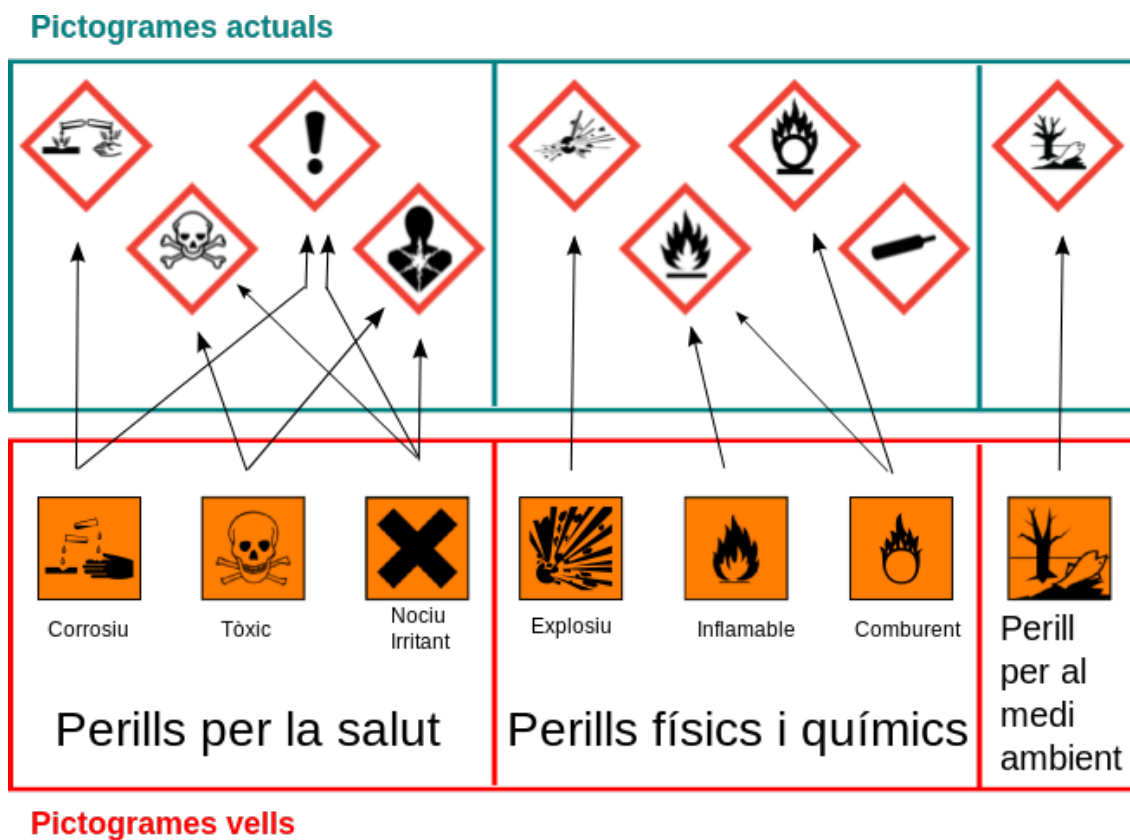


Figura 3: Canvi de pictogrames [11].

Les substàncies químiques es poden classificar en tres grans grups segons el perill que poden causar:

- Perills Físics.
- Perills per la salut.
- Perill pel medi ambient.

A continuació, es mostren els subgrups de cada grup amb les seves definicions, característiques importants i pictogrames.

- Perill Físic i Químic

- **Explosives**

Substància o barreja sòlida o líquida que de manera espontània, per reacció química, pot desprendre gasos a una temperatura, pressió i velocitat tals que poden ocasionar danys al seu entorn. Inclou les substàncies o barreges pirotècniques. El seu pictograma es pot veure a la **Figura 4**.



Figura 4: Pictograma per substàncies explosives [13].

- **Gasos a pressió**

Son gasos que es troben en un recipient a una pressió de 200 kPa o superior. Estan líquats o líquats refrigerats i que comporten un risc en la forma del seu emmagatzematge degut a la pressió a que estan sotmesos per poder ser transportats o emmagatzemats. Es diferencien segons si el gas comporta un risc d'explosió o si pot comportar un perill de cremades degut a les baixes temperatures d'emmagatzemat. El seu pictograma es pot veure a la **Figura 5**.



Figura 5: Pictograma per substàncies inflamables [13].

- **Comburent**

Les substàncies son comburents quan són capaços de poder-se oxidar una a l'altra. La seva classificació es separa segons l'estat físic en el que es troben i existeixen tres diferents categories:

- * Gasos que generalment, alliberant oxigen, poden provocar o facilitar la combustió de altres substàncies a major mesura que l'aire. (Categoria 1)
- * Líquid que, sense ser necessàriament combustibles en sí, poden, en general en desprendre oxigen, provocar o afavorir la combustió d'altres materials. (Categories 1, 2 i 3)
- * Substància o barreges sòlides que, sense ser necessàriament combustibles en sí, poden en general al desprendre oxigen, provocar o afavorir la combustió d'altres substàncies. (Categories 1, 2 i 3)

Cada categoria defineix al perill de la substància en qüestió:

- Categoria 1: pot provocar un incendi o una explosió; molt comburent.
- Categoria 2: pot agreujar un incendi; comburent.
- Categoria 3: pot agreujar un incendi; comburent.

El seu pictograma es pot veure a la **Figura 6**.



Figura 6: Pictograma per substàncies comburents [13].

– Inflamabilitat

La inflamabilitat és un indicador de la facilitat que, una substància o barreja, és capaç d'inflamar-se a diferents temperatures i pressions. En funció del seu grau d'inflamabilitat es pot classificar en tres categories diferents:

- * Categoria 1: Substàncies extremadament inflamables.
- * Categoria 2: Substàncies molt inflamables.
- * Categoria 3: Substàncies inflamables.

El seu pictograma es pot veure a la **Figura 7**.



Figura 7: Pictograma per substàncies inflamables [13].

• Perills per la salut

– Toxicitat

La toxicitat és la capacitat d'alguna substància o barreja química de produir efectes perjudicials a un ésser viu quan aquest entra en contacte amb ella. Existeixen tres tipus de toxicitat segons el tipus de contacte que es produeix, contacte oral, cutani i per inhalació. Existeixen tres categories:

- * Categories 1 i 2: Mortal en cas de contacte. Aquestes categories son equivalents als pictogrames T+ i T de la antiga normativa.

- * Categoria 3: Tòxic en cas de contacte però sense ser mortal. Aquest pictograma es equivalent a Xn de la antiga normativa.

El seu pictograma es pot veure a la **Figura 8**.



Figura 8: Pictograma per substàncies tòxiques [13].

– Corrosió

Es diu que una substància o barreja és corrosiva quan pot destruir o fer malbé irreversiblement una altra substància o superfície amb què entra en contacte. Aquest tipus de perill no té subcategories. El seu pictograma es pot veure a la **Figura 9**.



Figura 9: Pictograma per substàncies corrosives [13].

– Advertència

Els pictogrames d'advertència donen informació sobre un perill que s'ha de tenir en compte, ja que el producte o material pot provocar irritacions o alguns símptomes nocius per la salut de les persones que es veuen exposades. Existeixen quatre categories:

- * Categoria 1: Provoca símptomes de malalties , al·lèrgies, etc.
- * Categoria 2: Poden provocar irritacions greus per les persones.
- * Categoria 3: Provoca efectes nocius específics com la irritació gastrointestinal quan és ingerida.
- * Categoria 4: Provoca efectes nocius amb el contacte de la pell o per ingestió.

El seu pictograma es pot veure a la **Figura 10**.



Figura 10: Pictograma per substàncies irritants [13].

– **Carcinogen i Mutagen**

- * Carcinogen: És la propietat de provocar càncer que té dita substància. Existeixen tres categories:
 - Categoria 1A: Pot provocar càncer. (Més perillós)
 - Categoria 1B: Pot provocar càncer. (Menys perillós que A)
 - Categoria 2: Sospites que pot provocar càncer.
- * Mutagen: És la capacitat de la substància de poder alterar l'ADN d'un ésser viu que hagi tingut contacte amb ella. És un factor important ja que les mutacions són irreversibles i de caràcter molt nociu. Existeixen tres categories:
 - Categoria 1A: Pot provocar defectes genètics. (Més perillós)
 - Categoria 1B: Pot provocar defectes genètics. (Menys perillós que A)
 - Categoria 2: Sospites que pot provocar defectes genètics.

Els pictogrames de aquests dos es pot veure a la **Figura 11**.



Figura 11: Pictograma per substàncies carcinogèniques i mutagèniques [13].

- Perill per el medi ambient

– **Perill pel medi ambient**

Les substàncies o barreges que presenten o poden presentar un perill immediat o futur per un o més components del medi ambient. Existeixen dues categories:

- * Perill pel medi ambient agut (exposició de curta durada).
- * Perill pel medi ambient crònic (durant exposicions determinades en relació amb el cicle de vida de l'organisme).

El seu pictograma es pot veure a la **Figura 12**.



Figura 12: Pictograma per substàncies perilloses pel medi ambient [13].

3.2 Classificació de les substàncies químiques presents

Amb la classificació de les substàncies químiques explicades a l'apartat anterior, a la següent **Taula 2** es troben classificades les substàncies químiques que s'utilitzen per la producció d'òxid d'etilè.

Taula 2: Classificació de les substàncies de la planta.

Substància	Categoria
Oxigen	Gas a pressió Comburent
Etilè	Inflamable (Categoria 2) Gas a pressió Irritant
Òxid d'etilè	Inflamable (Categoria 2) Gas a pressió Tòxic (Categoria 2) Carcinogen Mutagen
Nitrogen	Gas a pressió
Diòxid de carboni	Gas a pressió
Aigua	Substància no perillosa
Catalitzador de plata (suportat amb α -alúmina)	Substància perillosa pel medi ambient

3.3 Envasat i etiquetat de les substàncies químiques

Els envasos i l'etiquetatge per les substàncies químiques perilloses, per poder-se comercialitzar, han de seguir el Reglament (CE) n.º 1272/2008 ("Reglament CLP") i el Reial Decret 363/1995 amb la finalitat d'evitar i reduir possibles accidents i perills. L'etiquetatge també serveix per controlar i conèixer el tipus de substàncies amb què es treballa.

Les condicions que han de seguir els envasos de les substàncies perilloses perquè puguin ser comercialitzats són les següents: [12]

- Estaran dissenyats i fabricats de forma que no siguin possibles pèrdues del contingut.
- Els materials amb els quals estiguin fabricats els envasos i els tancaments no hauran de ser atacables pel contingut ni formar amb aquest últim combinacions perilloses.
- Els envasos i els tancaments hauran de ser en totes les seves parts fortes i sòlids amb la finalitat d'impedir folgances i respondre de manera fiable a les exigències normals de manipulació.
- Els recipients amb un sistema de tancament reutilitzable hauran d'estar dissenyats de manera que pugui tancar-se l'envàs diverses vegades sense pèrdua del seu contingut.

Les indicacions que han de tenir l'etiquetatge dels envasos de substàncies químiques perilloses, per poder ser comercialitzats, almenys en la llengua oficial de l'Estat (espanyol) són les següents: [12]

- La denominació o el nom comercial del preparat.
- El nom (i cognoms), l'adreça completa i el número de telèfon de la persona que, establerta a la Unió Europea, sigui responsable de la comercialització del preparat, ja sigui el fabricant, l'importador o el distribuïdor.
- La denominació química de la substància o substàncies presents en el preparat.
- Símbols i indicacions de perill.
- Frases de risc (frases R), per regla general, un màxim de sis frases R serà suficient per descriure els riscos. O també, les frases d'identificació de perill (H)[10], que permeten identificar i complementar informació de determinats riscos mitjançant la descripció del tipus de perill.
- Consells de prudència (frases S), per regla general, bastarà un màxim de sis frases S per a formular els consells de prudència més apropiats. O també, els consells de prudència (P) [10], són recomanacions per a l'adopció de mesures que redueixen o prevenen els efectes adversos causats per l'exposició a un producte perillós.
- Quantitat nominal (massa nominal o volum nominal) del contingut per als preparats oferts o venuts al públic en general.
- Número de registre CE, en cas d'estar assignat. Aquest número s'obindrà a partir del "EINECS" o del "ELINCS".

En el cas de substàncies irritants, fàcilment inflamables, inflamables o comburents, no serà necessari indicar les frases R i S (o H i P) quan el contingut de l'envàs no excedeixi dels 125 mil·lilitres. Aquesta norma s'aplicarà també a les substàncies nocives d'igual contingut, quan no s'embenen al detall al públic en general.

Les indicacions com ara «no tòxic», «innocu» o qualsevol altra indicació anàloga no podran figurar en l'etiqueta ni en l'envàs de les substàncies regulades pel present reglament.

3.4 Fitxes de seguretat de les substàncies químiques utilitzades

Les fitxes de seguretat (FDS o SDS) constitueixen un sistema bàsic i complementari de l'etiquetatge, on es recullen aspectes preventius i/o d'emergència a tenir en compte sobre el producte o preparat químic i sobre les substàncies químiques perilloses components [14].

El responsable de la comercialització d'un producte químic ha de facilitar al destinatari la fitxa de seguretat de manera gratuïta i amb el primer lliurament o fins i tot abans de rebre el producte perquè prengui les mesures de seguretat necessàries. L'empresari és responsable que posar aquestes fitxes de seguretat a l'abast dels treballadors.

La informació que es dona en una fitxa de seguretat és la següent:

1. Identificació de la substància o preparat.
2. Composició/Informació sobre els components.
3. Identificació dels perills.
4. Primers auxilis.
5. Mesures preventives o que hagin de prendre's en cas d'ingesta, inhalació, contacte amb els ulls i contacte amb la pell.
6. Mesures de lluita contra incendis.
7. Mesures que hagin de prendre's en cas d'abocament accidental.
8. Manipulació i emmagatzematge.
9. Control d'exposició/protecció individual.
10. Propietats físiques i químiques.
11. Estabilitat i reactivitat.
12. Informacions toxicològiques.

13. Informacions ecològiques.
14. Consideracions relatives a l'eliminació.
15. Informacions reglamentàries.
16. Informacions relatives al transport.
17. Una altre informació.

A continuació es troben les fitxes de seguretat extretes del Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST) [15], de les substàncies que es troben al llarg del procés.

OXÍGENO	ICSC: 0138 Octubre 1999
CAS: 7782-44-7 Nº ONU: 1072 CE: 231-956-9	

	PELIGROS	PREVENCIÓN	LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO Y EXPLOSIÓN	No combustible pero facilita la combustión de otras sustancias. El calentamiento intenso puede producir aumento de la presión con riesgo de estallido.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar. NO poner en contacto con sustancias inflamables.	En caso de incendio en el entorno: usar un medio de extinción adecuado. En caso de incendio: mantener fría la botella rociando con agua. Combatir el incendio desde un lugar protegido.

	SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS
Inhalación	Tos. Vértigo. Dolor de garganta. Alteraciones de la vista. Ver Notas.		Proporcionar asistencia médica.
Piel			
Ojos		Utilizar gafas de protección de montura integral.	
Ingestión			

DERRAMES Y FUGAS	CLASIFICACIÓN Y ETIQUETADO
Ventilar.	Conforme a los criterios del GHS de la ONU Transporte Clasificación ONU Clase de Peligro ONU: 2.2; Peligro Secundario ONU: 5.1
ALMACENAMIENTO	
A prueba de incendio. Separado de sustancias combustibles y reductores. Fresco.	
ENVASADO	



La información original ha sido preparada en inglés por un grupo internacional de expertos en nombre de la OIT y la OMS, con la asistencia financiera de la Comisión Europea.
© OIT y OMS 2018



European Commission

OXÍGENO	ICSC: 0138
----------------	-------------------

INFORMACIÓN FÍSICO-QUÍMICA	
Estado físico; aspecto GAS INODORO COMPRIMIDO. Peligros físicos El gas es más denso que el aire. Peligros químicos La sustancia es un oxidante fuerte. Reacciona con materiales reductores y combustibles. Esto genera peligro de incendio y explosión.	Fórmula: O ₂ Masa molecular: 32.0 Punto de ebullición: -183°C Punto de fusión: -218.4°C Solubilidad en agua, ml/100ml a 20°C: 3.1 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 1.1 Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: 0.65

EXPOSICIÓN Y EFECTOS SOBRE LA SALUD	
Vías de exposición La sustancia se puede absorber por inhalación. Efectos de exposición de corta duración La sustancia a concentraciones altas irrita el tracto respiratorio. La sustancia puede afectar al sistema nervioso central, a los pulmones y a los ojos.	Riesgo de inhalación Efectos de exposición prolongada o repetida La inhalación prolongada o repetida de concentraciones altas puede afectar a los pulmones.

LÍMITES DE EXPOSICIÓN LABORAL

MEDIO AMBIENTE

NOTAS
Los síntomas por inhalación son característicos de la exposición a concentraciones extremadamente altas únicamente. Ver también FISQ 0880 Oxígeno (líquido refrigerado).

INFORMACIÓN ADICIONAL
- Nº de índice (clasificación y etiquetado armonizados conforme al Reglamento CLP de la UE): 008-001-00-8 - Clasificación UE Pictograma: O; R: 8; S: (2)-17



GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRABAJO, MIGRACIONES Y SEGURIDAD SOCIAL



Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo

La calidad y exactitud de la traducción o el posible uso que se haga de esta información no es responsabilidad de la OIT, la OMS ni la Comisión Europea.
© Versión en español, INSSST, 2018

ETILENO, PURO Eteno	ICSC: 0475 Marzo 1996
CAS: 74-85-1 Nº ONU: 1962 CE: 200-815-3	

	PELIGROS	PREVENCIÓN	LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO Y EXPLOSIÓN	Extremadamente inflamable. Las mezclas gas/aire son explosivas.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar. Sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosión. Evitar la generación de cargas electrostáticas (p. ej., mediante conexión a tierra). Utilicéense herramientas manuales no generadoras de chispas.	Cortar el suministro; si no es posible y no existe riesgo para el entorno próximo, dejar que el incendio se extinga por sí mismo; en otros casos apagar con agua pulverizada. En caso de incendio: mantener fría la botella rociando con agua. Combatir el incendio desde un lugar protegido.

	SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS
Inhalación	Somnolencia. Pérdida del conocimiento.	Usar ventilación.	Aire limpio, reposo. Puede ser necesaria respiración artificial. Proporcionar asistencia médica.
Piel			
Ojos			
Ingestión			

DERRAMES Y FUGAS	CLASIFICACIÓN Y ETIQUETADO
¡Evacuar la zona de peligro! Ventilar. Eliminar toda fuente de ignición. Cortar el gas si es posible. Protección personal: traje de protección química, incluyendo equipo autónomo de respiración.	Conforme a los criterios del GHS de la ONU
ALMACENAMIENTO	Transporte Clasificación ONU Clase de Peligro ONU: 2.1
A prueba de incendio. Separado de oxidantes fuertes.	
ENVASADO	



La información original ha sido preparada en inglés por un grupo internacional de expertos en nombre de la OIT y la OMS, con la asistencia financiera de la Comisión Europea.
© OIT y OMS 2018



ETILENO, PURO	ICSC: 0475
----------------------	-------------------

INFORMACIÓN FÍSICO-QUÍMICA	
Estado físico; aspecto GAS INCOLORO COMPRIMIDO DE OLOR CARACTERÍSTICO. Peligros físicos El gas es más ligero que el aire. Como resultado del flujo, agitación, etc., se pueden generar cargas electrostáticas. Peligros químicos La sustancia puede polimerizar para formar compuestos aromáticos bajo la influencia de temperaturas por encima de 600°C. Reacción con oxidantes fuertes. Esto genera peligro de incendio y explosión.	Fórmula: C ₂ H ₄ / CH ₂ =CH ₂ Masa molecular: 28.0 Punto de ebullición: -104°C Punto de fusión: -169.2°C Solubilidad en agua: ninguna Presión de vapor, kPa a 15°C: 8100 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 0.98 Punto de inflamación: gas inflamable Temperatura de autoignición: 490°C Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 2.7-36.0

EXPOSICIÓN Y EFECTOS SOBRE LA SALUD	
Vías de exposición La sustancia se puede absorber por inhalación. Efectos de exposición de corta duración La exposición podría causar disminución del estado de alerta.	Riesgo de inhalación Al producirse pérdidas en zonas confinadas, esta sustancia puede originar asfixia por disminución del contenido de oxígeno en el aire. Efectos de exposición prolongada o repetida

LÍMITES DE EXPOSICIÓN LABORAL
TLV: 200 ppm como TWA; A4 (no clasificado como cancerígeno humano). MAK: cancerígeno: categoría 3B

MEDIO AMBIENTE

NOTAS
Altas concentraciones en el aire producen una deficiencia de oxígeno con riesgo de pérdida de conocimiento o muerte. Comprobar el contenido de oxígeno antes de entrar en la zona.

INFORMACIÓN ADICIONAL
- Límites de exposición profesional (INSHT 2012): VLA-ED: 200 ppm - Nº de índice (clasificación y etiquetado armonizados conforme al Reglamento CLP de la UE): 601-010-00-3 - Clasificación UE Pictograma: F+; R: 12-67; S: (2)-9-16-33-46



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE TRABAJO, MIGRACIONES Y SEGURIDAD SOCIAL



La calidad y exactitud de la traducción o el posible uso que se haga de esta información no es responsabilidad de la OIT, la OMS ni la Comisión Europea.
© Versión en español, INSST, 2018

NITRÓGENO (gas comprimido)	ICSC: 1198 Marzo 1999
CAS: 7727-37-9 Nº ONU: 1066 CE: 231-783-9	

	PELIGROS	PREVENCIÓN	LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO Y EXPLOSIÓN	No combustible. El calentamiento intenso puede producir aumento de la presión con riesgo de estallido.		En caso de incendio en el entorno: usar un medio de extinción adecuado. En caso de incendio: mantener fría la botella rociando con agua.

	SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS
Inhalación	Pérdida del conocimiento. Debilidad. Asfixia. Ver Notas.	Usar ventilación.	Aire limpio, reposo. Puede ser necesaria respiración artificial. Proporcionar asistencia médica.
Piel			
Ojos			
Ingestión			

DERRAMES Y FUGAS	CLASIFICACIÓN Y ETIQUETADO
Ventilar. Protección personal: equipo autónomo de respiración.	Conforme a los criterios del GHS de la ONU Transporte Clasificación ONU Clase de Peligro ONU: 2.2
ALMACENAMIENTO	
A prueba de incendio, si está en local cerrado. Fresco. Mantener en lugar bien ventilado.	
ENVASADO	



Organización
Internacional
del Trabajo



Organización
Mundial de la Salud

La información original ha sido preparada en inglés por un grupo internacional de expertos en nombre de la OIT y la OMS, con la asistencia financiera de la Comisión Europea.
© OIT y OMS 2018



European
Commission

NITRÓGENO (gas comprimido)	ICSC: 1198
-----------------------------------	-------------------

INFORMACIÓN FÍSICO-QUÍMICA	
Estado físico; aspecto GAS INODORO INCOLORO COMPRIMIDO. Peligros físicos Peligros químicos	Fórmula: N ₂ Masa molecular: 28.01 Punto de ebullición: -196°C Punto de fusión: -210°C Solubilidad en agua: escasa Densidad relativa de vapor (aire = 1): 0.97

EXPOSICIÓN Y EFECTOS SOBRE LA SALUD	
Vías de exposición La sustancia se puede absorber por inhalación. Efectos de exposición de corta duración	Riesgo de inhalación Al producirse pérdidas en zonas confinadas, esta sustancia puede originar asfixia por disminución del contenido de oxígeno en el aire. Ver Notas. Efectos de exposición prolongada o repetida

LÍMITES DE EXPOSICIÓN LABORAL

MEDIO AMBIENTE

NOTAS
Altas concentraciones en el aire producen una deficiencia de oxígeno con riesgo de pérdida de conocimiento o muerte. Comprobar el contenido de oxígeno antes de entrar en la zona.

INFORMACIÓN ADICIONAL
- Límites de exposición profesional (INSHT 2012): Notas: asfixiante simple. - Clasificación UE



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE TRABAJO, MIGRACIONES
Y SEGURIDAD SOCIAL



insst
Instituto Nacional de
Seguridad y Salud en el trabajo

La calidad y exactitud de la traducción o el posible uso que se haga de esta información no es responsabilidad de la OIT, la OMS ni la Comisión Europea.
© Versión en español, INSST, 2018

NITRÓGENO (líquido refrigerado) Nitrógeno líquido Nitrógeno (líquido) Nitrógeno (líquido criogénico)	ICSC: 1199 Marzo 1999
CAS: 7727-37-9 Nº ONU: 1977 CE: 231-783-9	

	PELIGROS	PREVENCIÓN	LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO Y EXPLOSIÓN	No combustible. El calentamiento intenso puede producir aumento de la presión con riesgo de estallido.		En caso de incendio en el entorno: usar un medio de extinción adecuado.

	SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS
Inhalación	Asfixia. Ver Notas.	Usar ventilación.	Aire limpio, reposo. Puede ser necesaria respiración artificial. Proporcionar asistencia médica.
Piel	EN CONTACTO CON LÍQUIDO: CONGELACIÓN.	Guantes aislantes del frío.	EN CASO DE CONGELACIÓN: aclarar con agua abundante, NO quitar la ropa. Proporcionar asistencia médica.
Ojos	Dolor. Quemaduras profundas graves. Además ver Piel.	Utilizar gafas de protección de montura integral.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
Ingestión			

DERRAMES Y FUGAS	CLASIFICACIÓN Y ETIQUETADO
Ventilar. NO verter NUNCA chorros de agua sobre el líquido. Protección personal: traje de protección química, incluyendo equipo autónomo de respiración.	Conforme a los criterios del GHS de la ONU
ALMACENAMIENTO	Transporte Clasificación ONU Clase de Peligro ONU: 2.2
A prueba de incendio, si está en local cerrado. Mantener en lugar bien ventilado.	
ENVASADO	
Botella especial con aislamiento.	



La información original ha sido preparada en inglés por un grupo internacional de expertos en nombre de la OIT y la OMS, con la asistencia financiera de la Comisión Europea.
© OIT y OMS 2018



European Commission

NITRÓGENO (líquido refrigerado)	ICSC: 1199
--	-------------------

INFORMACIÓN FÍSICO-QUÍMICA	
Estado físico; aspecto LÍQUIDO INODORO INCOLORO EXTREMADAMENTE FRÍO.	Fórmula: N ₂ Masa molecular: 28.01 Punto de ebullición: -196°C Punto de fusión: -210°C Densidad (en el punto de ebullición del líquido): 0.808 kg/l Solubilidad en agua: escasa
Peligros físicos El gas es más denso que el aire y puede acumularse en las zonas más bajas produciendo una deficiencia de oxígeno.	
Peligros químicos	

EXPOSICIÓN Y EFECTOS SOBRE LA SALUD	
Vías de exposición La sustancia se puede absorber por inhalación.	Riesgo de inhalación Al producirse pérdidas en zonas confinadas, esta sustancia puede originar riesgo grave de asfixia. Ver Notas.
Efectos de exposición de corta duración El líquido puede producir congelación.	Efectos de exposición prolongada o repetida

LÍMITES DE EXPOSICIÓN LABORAL

MEDIO AMBIENTE

NOTAS
Altas concentraciones en el aire producen una deficiencia de oxígeno con riesgo de pérdida de conocimiento o muerte. Comprobar el contenido de oxígeno antes de entrar en la zona.

INFORMACIÓN ADICIONAL
- Límites de exposición profesional (INSHT 2012): Notas: asfixiante simple. - Clasificación UE



GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRABAJO, MIGRACIONES Y SEGURIDAD SOCIAL




La calidad y exactitud de la traducción o el posible uso que se haga de esta información no es responsabilidad de la OIT, la OMS ni la Comisión Europea.
© Versión en español, INSST, 2018

ÓXIDO DE ETILENO 1,2-Epoxietano Oxirano Óxido de dimetileno CAS: 75-21-8 Nº ONU: 1040 CE: 200-849-9	ICSC: 0155 Julio 2015
--	--

	PELIGROS	PREVENCIÓN	LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO Y EXPLOSIÓN	Extremadamente inflamable. Las mezclas gas/aire son explosivas. Riesgo de incendio y explosión como resultado de la descomposición cuando se calienta.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar. Sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosión. Utilicéense herramientas manuales no generadoras de chispas.	Cortar el suministro; si no es posible y no existe riesgo para el entorno próximo, dejar que el incendio se extinga por sí mismo; en otros casos apagar con polvo, espuma resistente al alcohol, agua pulverizada, dióxido de carbono. En caso de incendio: mantener fría la botella rociando con agua. Combatir el incendio desde un lugar protegido.

¡EVITAR TODO CONTACTO! ¡CONSULTAR AL MÉDICO EN TODOS LOS CASOS!			
	SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS
Inhalación	Tos. Somnolencia. Dolor de cabeza. Náuseas. Dolor de garganta. Vómitos. Debilidad.	Usar sistema cerrado o ventilación.	Aire limpio, reposo. Proporcionar asistencia médica.
Piel	¡PUEDE ABSORBERSE! Congelación. Enrojecimiento. Dolor.	Guantes de protección. Guantes aislantes del frío. Traje de protección.	Quitar las ropas contaminadas. EN CASO DE CONGELACIÓN: aclarar con agua abundante, NO quitar la ropa. Aclarar la piel con agua abundante o ducharse. Proporcionar asistencia médica.
Ojos	Enrojecimiento. Dolor. Visión borrosa.	Utilizar protección ocular en combinación con protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
Ingestión		No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo. Lavarse las manos antes de comer.	

DERRAMES Y FUGAS	CLASIFICACIÓN Y ETIQUETADO
¡Evacuar la zona de peligro! ¡Consultar a un experto! Protección personal: traje hermético de protección química, incluyendo equipo autónomo de respiración. Ventilar. NO verterlo en el alcantarillado. NO verter NUNCA chorros de agua sobre el líquido. Eliminar el gas con agua pulverizada.	<p>Conforme a los criterios del GHS de la ONU</p>  <p>PELIGRO</p>
ALMACENAMIENTO	Gas extremadamente inflamable Contiene gas a presión; puede explotar si se calienta Tóxico si se inhala
A prueba de incendio. Fresco.	Provoca irritación ocular grave Provoca irritación cutánea Puede irritar las vías respiratorias Puede provocar defectos genéticos Puede provocar cáncer
ENVASADO	Transporte Clasificación ONU Clase de Peligro ONU: 2.3; Peligro Secundario ONU: 2.1



La información original ha sido preparada en inglés por un grupo internacional de expertos en nombre de la OIT y la OMS, con la asistencia financiera de la Comisión Europea.
© OIT y OMS 2018



ÓXIDO DE ETILENO **ICSC: 0155**

INFORMACIÓN FÍSICO-QUÍMICA	
<p>Estado físico; aspecto GAS INCOLORO COMPRIMIDO LICUADO DE OLOR CARACTERÍSTICO.</p> <p>Peligros físicos El gas es más denso que el aire y puede extenderse a ras del suelo; posible ignición en punto distante.</p> <p>Peligros químicos La sustancia puede polimerizar por calentamiento intenso, bajo la influencia de ácidos, bases, cloruros de metales y óxidos metálicos. Esto genera peligro de incendio o explosión. Se descompone por encima de 560°C en ausencia de aire. Esto genera peligro de incendio y explosión. Reacciona violentamente con muchos compuestos.</p>	<p>Fórmula: C₂H₄O</p> <p>Masa molecular: 44.1</p> <p>Punto de ebullición: 11°C</p> <p>Punto de fusión: -111°C</p> <p>Densidad relativa (agua = 1): 0.9</p> <p>Solubilidad en agua: miscible</p> <p>Presión de vapor, kPa a 20°C: 146</p> <p>Densidad relativa de vapor (aire = 1): 1.5</p> <p>Punto de inflamación: gas inflamable</p> <p>Temperatura de autoignición: 429°C</p> <p>Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 3-100</p> <p>Coefficiente de reparto octanol/agua como log Pow: -0.3</p>

EXPOSICIÓN Y EFECTOS SOBRE LA SALUD	
<p>Vías de exposición La sustancia se puede absorber por inhalación y a través de la piel.</p> <p>Efectos de exposición de corta duración El vapor irrita los ojos, la piel y el tracto respiratorio. Las disoluciones acuosas pueden causar ampollas cutáneas. La evaporación rápida del líquido puede producir congelación.</p>	<p>Riesgo de inhalación Al producirse una pérdida de gas, se alcanzará muy rápidamente una concentración nociva del mismo en el aire.</p> <p>Efectos de exposición prolongada o repetida El contacto prolongado o repetido puede producir sensibilización de la piel. La inhalación prolongada o repetida puede originar asma. La sustancia puede afectar al sistema nervioso. Esta sustancia es carcinógena para los seres humanos. Puede causar daño genético hereditario en células germinales humanas.</p>

LÍMITES DE EXPOSICIÓN LABORAL
TLV: 1 ppm como TWA; A2 (sospechoso de ser cancerígeno humano). EU-OEL: 1.8 mg/m ³ ; 1 ppm como TWA; (piel). MAK: absorción dérmica (H); cancerígeno: categoría 2; mutágeno: categoría 2
MEDIO AMBIENTE
La sustancia es nociva para los organismos acuáticos.
NOTAS
Ninguna persona que haya mostrado síntomas de asma causados por esta sustancia debería volver a entrar en contacto con ella. Los síntomas de asma no se ponen de manifiesto, a menudo, hasta pasadas algunas horas y se agravan por el esfuerzo físico. Reposo y vigilancia médica son, por ello, imprescindibles. Con el fin de evitar la fuga de gas en estado líquido, girar la botella que tenga un escape manteniendo arriba el punto de escape. La alerta por el olor cuando se supera el límite de exposición es insuficiente.
INFORMACIÓN ADICIONAL
- Límites de exposición profesional (INSHT 2015): VLA-ED: 1 ppm; 1,8 mg/m ³ C1B (Sustancia carcinogénica de categoría 1B). M1B (Sustancia mutagénica de categoría 1B). Notas: esta sustancia tiene establecidas restricciones a la fabricación, la comercialización o el uso especificadas en el Reglamento REACH. - N° de índice (clasificación y etiquetado armonizados conforme al Reglamento CLP de la UE): 603-023-00-X - Clasificación UE Pictograma: F+, T, R: 45-46-12-23-36/37/38; S: 53-45; Nota: E
 <p>La calidad y exactitud de la traducción o el posible uso que se haga de esta información no es responsabilidad de la OIT, la OMS ni la Comisión Europea. © Versión en español, INSST, 2018</p>

4 Emmagatzematge de productes químics

En aquest apartat es detallen les condicions a tenir en compte en l'emmagatzematge de la planta industrial. És imprescindible aplicar la normativa corresponent per a garantir la seguretat i prevenir riscos laborals i industrials. També és essencial que es realitzin controls i revisions periòdicament per assegurar que aquesta s'està seguint. Així mateix, aplicar les mesures necessàries, en el cas que els elements que les formen no estiguin en bon estat. A més a més, és fonamental l'existència d'un pla d'emergència que descriu les accions a seguir en una situació d'alarma i així minimitzar les conseqüències d'un possible accident.

Amb data 25 d'octubre de 2017, va entrar en vigor el Reial Decret 656/2017, de 23 de juny, pel qual s'aprova el "Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos y sus Instrucciones Técnicas Complementarias" MIE APQ de 0 a 10. La finalitat d'aquest nou reglament és l'increment de la seguretat de les instal·lacions d'emmagatzematge de productes químics peril·losos, amb l'objectiu prioritari d'evitar danys de persones, béns i medi ambient, sense menysprear l'impacte econòmic que podria comportar la implementació dels requisits de seguretat necessaris [16].

Aquestes normatives han de ser aplicades en funció de quines substàncies estiguin emmagatzemades a la planta. A la planta s'emmagatzema òxid d'etilè, aigua i residus. De tal manera, s'ha d'aplicar la segona ITC, MIE APQ-2, ja que, aquesta fa especial referència a l'emmagatzematge de l'òxid d'etilè. A més a més, la segona ITC ha de ser aplicada conjuntament amb les MIE-APQ-1 i MIE-APQ-5, sempre que no s'oposin a la present ITC. La primera indica la normativa a seguir en l'emmagatzematge de líquids inflamables i

combustibles, i la cinquena a l'emmagatzematge i utilització d'ampolles de gasos comprimits, líquats i dissolts a pressió.

Els següents apartats recullen tota la informació necessària per a portar a terme l'emmagatzematge de manera correcta. L'apartat de normativa d'emmagatzematge inclou la normativa que ha de seguir la planta amb relació a la ITC MIE APQ-2. L'apartat de pla de revisions, que es troba més endavant, mostra la informació necessària pel que fa a l'estratègia de revisions i a l'apartat de pla d'emergència, que es troba sota, es disposa del que ha de complir la d'emergència.

4.1 Normativa d'emmagatzematge

En aquest apartat s'inclou la normativa indicada a la ITC MIE APQ-2, la qual fa especial referència a l'emmagatzematge de l'òxid d'etilè [9].

L'òxid d'etilè és considerat un líquid estable si s'emmagatzema en les condicions establertes en la present ITC. S'ha d'emmagatzemar en estat líquid, com a líquid refrigerat o com a gas comprimit líquat a temperatura ambient. S'ha de mantenir sota pressió de gas inert, amb nitrogen de puresa mínima 99%. Per mantenir la pressió constant, s'ha d'introduir gas inert en el cas que aquesta tendeixi a baixar, o bé, ventejar a una instal·lació de tractament en el cas que tendeixi a pujar. Cal tenir en compte que en cap moment l'ompliment màxim ha de ser superior als 0,78 kg d'òxid d'etilè per dm^3 de recipient. A més a més, s'ha de mantenir refrigerat per sota de la temperatura ambient. El fluid emprat com a refrigerant ha de tenir una pressió inferior a la de l'òxid d'etilè i no contindrà additius que puguin reaccionar amb l'òxid d'etilè en les condicions de treball.

La zona d'emmagatzematge d'òxid d'etilè ha d'estar allunyada de les unitats de procés i serveis, oficines, propietats, edificis de pública concurrència i de zones de risc d'incendis. La zona ha d'estar ventilada de forma natural, i no pot contenir materials combustibles com residus, greixos o mala herba. En el cas que es construís un edifici, aquest no podria disposar de parets laterals.

El material per a la construcció ha de ser acer al carboni o acer inoxidable. L'ús de qualsevol altre material ha de ser justificat. No es pot emprar ferro fos ni aliatges de materials susceptibles a formar acetilurs. La neteja es pot portar a terme amb raig de sorra o gralla, o bé, químicament en equips i canonada de nova construcció. Posteriorment a la neteja s'ha d'assegurar que no hi ha residus d'aquesta, ja que, existeix el risc que es produeixi una polimerització de l'òxid d'etilè catalitzada per àcids o bases.

Per protegir de l'impacte tèrmic s'ha de cobrir els equips, els recipients de superfície i les canonades no enterrades amb material aïllant tèrmic i ignífug, com per exemple, vidre cel·lular, i recobrir-los de xapa d'acer inoxidable o ciment ignífug. També és necessari tenir en compte que no es pot emprar xapa d'alumini.

Així mateix, s'ha de protegir els equips i canonades que treballin a temperatures inferiors a l'ambient pel fet que presenten risc de corrosió per condensació d'humitat exterior.

A l'hora de construir recipients s'ha de seguir el Reial Decret 2060/2008, de 12 de desembre, pel qual s'aprova el Reglament d'Aparells a Pressió. La construcció d'aquests ha de tenir en compte que la pressió de disseny no pot ser inferior als 4 bars i s'ha d'intentar disposar de només 3 connexions (l'entrada, la sortida inferior i la sortida superior per la fase gas). Pel que fa a les canonades connectades amb els recipients, aquestes han d'estar traçades per gravetat cap a punts de recollida, evitant així zones mortes. A més a més, han d'estar soldades amb l'excepció de les desmuntables per netejar i el diàmetre mínim tant per les canonades com per les connexions ha de ser de 25 mm [17].

Les cubetes de retenció han de tenir el terra pavimentat i inclinat. L'àrea ha d'estar rodejada per murs d'altura no superior a 1 metre i amb sortida directa a la canaleta d'evacuació. Els diferents recipients han d'estar separats els uns dels altres per murs no superiors als 30 cm. Els murs han de ser de formigó o d'obra de fàbrica. El paviment ha de ser de formigó segellat amb juntes de dilatació. La xarxa de drenatge ha d'estar a més de 10 metres de distància dels recipients i ha de tenir una capacitat superior al 100% del volum del recipient més gran. La xarxa de drenatge s'ha de portar a una instal·lació de dilució amb aigua i allà s'ha de diluir a una concentració inferior a l'1% en pes per evitar atmosferes explosives.

4.2 Pla de revisions

Segons la ITC MIE APQ-1 [18] l'emmagatzematge ha de tenir un pla de revisions pròpies per comprovar la disponibilitat i el bon estat dels elements i instal·lacions de seguretat i equips de protecció personal. A més a més, s'ha de mantenir un registre de les revisions realitzades. A continuació es mostren els elements que han de ser sotmesos a revisió.

- Les dutxes i renta-ulls seran provats com a mínim un cop per setmana. En el cas que hi hagi deficiències, aquestes s'indicaran al titular de la instal·lació, el qual haurà de reparar-les immediatament.
- Els equips de protecció personal es revisaran periòdicament seguint les instruccions dels seus fabricants i subministradors.
- Els equips i sistemes de protecció contra incendis.

A més a més, s'ha de procedir anualment amb la revisió de les instal·lacions següents:

- La protecció catòdica, si existeix, i la continuïtat elèctrica de les canonades o de la resta d'elements metàl·lics de la instal·lació.

- Comprovar en les instal·lacions que es puguin inspeccionar visualment, si estan en bon estat, com les cubetes, les bombes, els equips i les instal·lacions auxiliars.
- Comprovar als recipients i canonades que es puguin inspeccionar visualment, l'estat de les parets i mesurament de gruixos si s'observa alguna deterioració en el moment de la revisió.
- Comprovar la reserva d'aigua, el funcionament dels equips de bombament, dels sistemes de refrigeració, alarmes, extintors, mànegues i acoblaments.
- Als emmagatzematges de productes que puguin polimeritzar-se s'han de revisar les vàlvules, filtres i punts morts per a verificar que no estan obstruïts.

4.3 Pla d'emergència de l'àrea d'emmagatzematge

Segons la ITC MIE APQ-2 [9] totes les instal·lacions on s'emmagatzemi o manipuli òxid d'etilè s'ha de redactar, pel responsable d'aquestes, un pla d'emergència en el qual es descriguin les accions a prendre per a millor control de les situacions d'alarma i per a minimitzar les conseqüències d'un possible accident sobre les persones i els elements, tant de la mateixa indústria com de les alienes. Aquest pla ha de complir el que es disposa a la legislació vigent i ha de contemplar, almenys, els següents punts:

1. Designació del responsable de l'autoprotecció i organigrama del servei.
2. Informació sobre els riscos que comporta la manipulació de l'òxid d'etilè.
3. Definició de les situacions d'alarma, anàlisi de les seqüències que les desencadenen i fases d'execució: alerta i intervenció.
4. Informació sobre el maneig i ús dels mitjans materials de protecció que disposi l'establiment.
5. Informació sobre l'actuació del personal en les situacions d'alarma.
6. Enllaç i cooperació amb els serveis públics d'extinció, policia i sanitaris d'urgència. Cooperació amb altres serveis privats.
7. Entrenament regular del personal propi. Exercicis de coordinació amb altres serveis externs.
8. Redacció d'unes instruccions resumides per a l'actuació del personal en cas d'alarma; aquest resum s'ha de fixar de manera que sigui fàcilment llegible i de manera que quedi assegurada la seva fixació permanent. S'ha de col·locar, almenys, un exemplar en cada dependència o departament laboral.
9. Instruccions per a primers auxilis.

5 Senyalització

La correcta senyalització de la planta garanteix la seguretat dels treballadors, ja que informa de l'existència d'un possible risc i de les obligacions i prohibicions que han de complir tot el personal de la planta i les persones externes que hi accedeixen. La senyalització dependrà dels riscos que hi hagi en aquell sector industrial. La senyalització ha de ser entenedora i fàcilment visible i s'utilitzaran quan les accions de control, que s'hagin determinat a l'avaluació de riscos, no siguin suficientment eficaces. D'aquesta manera reduïm la probabilitat que un accident es produeixi.

La prevenció de riscos laborals ve establerta per la Llei 31/1995, al 8 de novembre [19] per a la prevenció de riscos laborals. Aquesta llei determina les condicions necessàries per establir un nivell adequat de protecció de la salut dels treballadors davant dels riscos provocats per les condicions de treball. A més a més, s'ha tingut en compte el que es troba establert al Reial Decret 486/1997, en el que s'estableixen les disposicions mínimes de seguretat i salut en el lloc de treball [20]. En aquest apartat, s'exposaran les normes reglamentàries que determinen els aspectes més rellevants de les mesures preventives.

Es considera senyalització de seguretat i salut qualsevol senyal referida a un objecte, activitat o situació que tingui una indicació o obligació indicada en forma de panell, color, il·luminació, verbal, gest o acústica. A continuació es troben els diferents tipus de senyals que podem trobar a la indústria química:

- **Senyals d'advertència:** adverteixen d'un risc o perill.
- **Senyals de prohibició:** prohibeixen una acció que pot ocasionar un perill per a la zona.
- **Senyals d'obligació:** obliguen a realitzar accions o usos d'equips d'una manera determinada.
- **Senyals de salvament o socors:** indiquen sortides d'emergència, primers auxilis i dispositius de salvament.
- **Senyals de lluita contra incendis:** indiquen els elements per l'extinció de possibles focs i la direcció d'aquests.
- **Senyals gestuals:** moviments de braços i mans d'una manera determinada per indicar les accions a seguir en cas de perill.
- **Comunicació verbal:** missatge oral que indica una acció en cas de perill.
- **Senyals indicatives:** indiquen un missatge diferent de la resta de senyals.

- **Senyals addicionals:** senyals que s'ajunten a altres facilitant informació addicional.
- **Senyals lluminoses:** emeses per dispositius per formar una superfície lluminosa.
- **Senyals acústiques:** emeses per dispositius sense ser cap mena de veu humana o sintètica.

5.1 Colors de seguretat

El tipus de senyalització ve determinada pels tipus de colors que aquesta té. A la **Taula 3** es pot observar el significat de cada senyal en funció del color i forma.

Taula 3: Significat de les senyals segons el color.

Color	Significat	Aplicació	Format i color de la senyal	Color del símbol/contrast
Vermell	<ul style="list-style-type: none"> · Parar-se · Prohibit · Elements contra incendis 	<ul style="list-style-type: none"> · Senyals de detenció · Dispositius de parada d'emergència · Senyals de prohibició 	<ul style="list-style-type: none"> · Corona circular amb una barra transversal superposada al símbol 	<ul style="list-style-type: none"> · Negre/Blanc
Groc	<ul style="list-style-type: none"> · Precaució 	<ul style="list-style-type: none"> · Indicació de riscos (incendi, explosió radiació ionitzant) 	<ul style="list-style-type: none"> · Triangle de contorn negre 	<ul style="list-style-type: none"> · Negre/Grog
	<ul style="list-style-type: none"> · Advertència 	<ul style="list-style-type: none"> · Indicació de desnivells, passos baixos, obstacles, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> · Franja groga combinada amb franges de color negre 	<ul style="list-style-type: none"> · Negre/Grog
Verd	<ul style="list-style-type: none"> · Condició segura · Senyal informativa 	<ul style="list-style-type: none"> · Indicació de rutes d'escapament, sortides d'emergència, estació de salvament o de primers auxilis, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> · Quadrat o rectangle sense contorn 	<ul style="list-style-type: none"> · Blanc/Verd
Blau	<ul style="list-style-type: none"> · Obligació 	<ul style="list-style-type: none"> · Obligació de la utilització d'equips de protecció individual (EPI's) 	<ul style="list-style-type: none"> · Cercle de color blau sense contorn 	<ul style="list-style-type: none"> · Blanc/Blau

A l'apartat següent s'exposen diversos exemples segons el tipus de senyalització explicats anteriorment.

5.2 Senyals en forma de plafó

- **Senyals d'advertència:** Forma triangular. Pictograma negre sobre fons groc, (veure **Figura 13**), com a mínim el 50 % de la superfície del senyal amb vores negres.



Figura 13: Exemples de senyalitzacions d'advertència[21].

En excepció, els senyals que indiquen **matèries nocives o irritants** tindran el fons taronja per evitar possibles confusions amb els senyals de tràfic.

- **Senyals de prohibició:** Forma rodona. Pictograma negre sobre fons blanc (veure Figura 14), vores i banda (transversal descendent d'esquerre a dreta amb una inclinació de 45^o) vermelles (com a mínim el 35 % de la superfície del senyal).



Figura 14: Exemples de senyalitzacions de prohibició [21].

- **Senyals d'obligació:** Forma rodona. Pictograma blanc sobre fons blau (veure **Figura 15**), com a mínim el 50 % de la superfície del senyal.



Figura 15: Exemples de senyalitzacions d'obligació [21].

- **Senyals per la lluita contra incendis:** Forma rectangular o quadrada. Pictograma blanc sobre fons vermell (veure **Figura 16**), com a mínim el 50 % de la superfície del senyal.



Figura 16: Exemples de senyalització per a la lluita contra incendis [21].

- **Senyals de salvament o socors:** Forma rectangular o quadrada. Pictograma blanc sobre fons verd (veure **Figura 17**), com a mínim el 50% de la superfície del senyal.

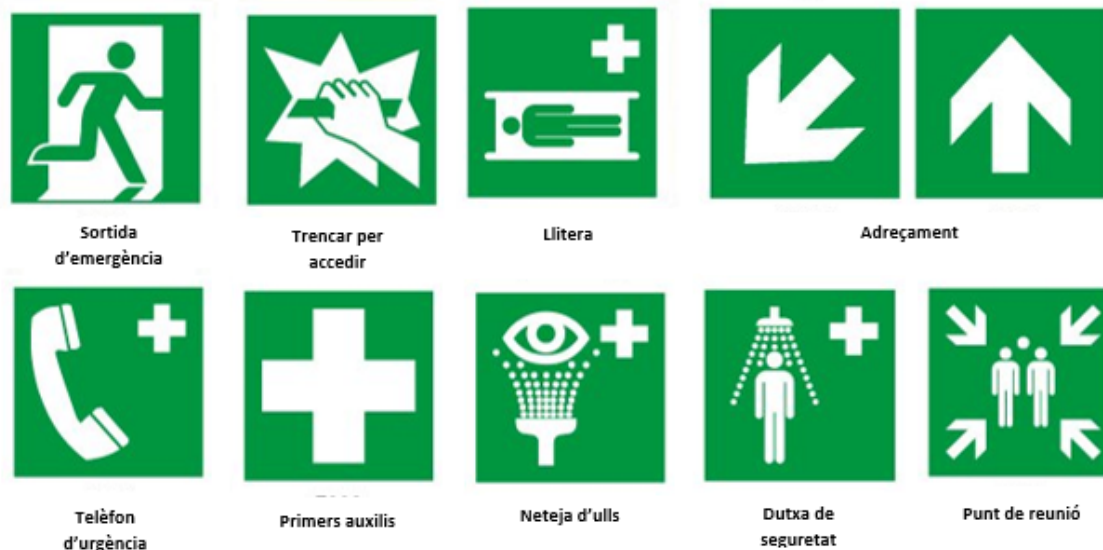


Figura 17: Exemples de senyalitzacions de salvament o socors [21].

5.3 Senyals lluminosos i acústics

Les senyals lluminoses i acústiques complementen les senyals descrites anteriorment. Les senyals acústiques i lluminoses es mantindran durant un temps determinat i es realitzaran les repeticions que calguin per indicar un estat o acció determinada. A més a més, caldrà realitzar un seguiment periòdic per comprovar que aquestes funcionen correctament.

Els senyals lluminosos han de tindre una sèrie de requisits i característiques:

- La llum emesa pel senyal ha de provocar un contrast lluminós amb l'entorn, en funció del seu ús. La seva intensitat ha d'assegurar la seva visualització però sense enlluernar.
- La superfície lluminosa pot ser uniforme o tindre algun pictograma.
- Els senyals lluminosos intermitents indiquen un major grau de perill o una major urgència de l'acció que els senyals continus.
- No s'utilitzaran dos senyals lluminosos que puguin confondre. En el cas dels senyals intermitents s'ha de poder entendre el missatge correctament i sense confondre'l amb un senyal continu o un altre senyal lluminós.
- Aquells senyals que indiquin un perill greu, caldrà que tinguin revisions especials.

En el cas dels senyals acústics, han de tindre els següents requisits i característiques:

- El senyal acústic ha de tindre un nivell de so més alt que el nivell de so del ambient, sense arribar a ser molest. En el cas de que el nivell de so del ambient sigui massa alt, no s'haurà d'utilitzar cap senyal acústica.
- El to, la durada, l'interval i agrupació dels impulsos dels senyals acústics, s'hauran de poder entendre amb claredat davant d'altres senyals acústiques o sorolls ambientals. No es podran utilitzar dues senyals acústiques a l'hora.
- Els senyals acústics intermitents indiquen un major grau de perill o una major urgència de l'acció que els senyals continus.

5.4 Comunicacions verbals

La comunicació verbal és aquella que s'estableix entre un locutor o emissor i un o varis oients. El missatge ha de ser curt, simple i clar i la comunicació d'aquest haurà de ser directa (ús de la veu humana) o indirecta (ús de la veu humana o sintètica mitjançant un medi apropiat).

Per a una correcta utilització de la comunicació verbal, és necessari seguir les següents regles d'ús:

- Els treballadors han de conèixer el significat del llenguatge utilitzat, per poder pronunciar i entendre correctament el missatge verbal i realitzar l'acció, en funció d'aquest.
- Si la comunicació verbal s'utilitza en el cas de senyals gestuals, s'utilitzaran paraules com: començament (per iniciar una acció), alt (per interrompre una acció), final (per acabar una acció), hissar (per pujar una càrrega), baixar (per baixar una càrrega), avançar, retrocedir, a la dreta, a l'esquerre (per indicar el sentit del moviment), perill (per realitzar una parada d'emergència) i ràpid (per accelerar un moviment per seguretat).

5.5 Senyals gestuals

Els senyals gestuals poden anar acompanyades de comunicació verbal i hauran de ser precises, simples, amples, fàcils de realitzar i entendre i clarament diferenciables d'altres senyals gestuals. L'ús de dos braços simultàniament, es realitzarà de forma simètrica i per a un sol senyal gestual. A la **Figura 18** es troben alguns dels senyals gestuals més habituals.







Senyals gestuals			Senyals gestuals		
Significat	Descripció	Il·lustració	Significat	Descripció	Il·lustració
Inici Atenció	Els braços estesos en horitzontal, els palmells de les mans cap a dalt.		Hissar	Braç dret estès cap a dalt, el palmell de la mà dreta cap endavant, dibuixant un cercle.	
Alt Interrupció Final del moviment	El braç dret estès cap a dalt, el palmell de la mà cap endavant.		Baixar	Braç dret estès cap a vall, el palmell de la mà dreta cap al interior, dibuixant un cercle.	
Final de les operacions	Les dos mans juntes a l'alçada del pit.		Distància	Les mans indiquen la distància vertical.	

Figura 18: Exemples de senyals gestuals [22].

Per utilitzar els senyals gestuals cal seguir les següents normes d'ús:

- L'encarregat d'emetre els senyals donarà les instruccions, a partir de senyals gestuals, a un operador.
- L'encarregat dels senyals haurà de seguir visualment les maniobres.
- L'encarregat dels senyals només haurà de dedicar-se exclusivament a dirigir les maniobres i a la seguretat dels treballadors que es troben al voltant.
- Si l'encarregat dels senyals no és capaç de visualitzar les maniobres, faran falta més d'un encarregat pels senyals suplementaris.
- L'operador haurà de suspendre la maniobra que s'està realitzant per sol·licitar noves instruccions quan no pugui executar les ordres rebudes amb seguretat.
- L'encarregat haurà de ser fàcilment reconeixible i portarà un o diversos elements d'identificació com una jaqueta, maniguets, casc i, quan sigui necessari, raquetes. Aquests elements hauran de ser de colors vius i només els podrà utilitzar només l'encarregat.

5.6 Disposicions mínimes de caràcter general sobre la senyalització

5.6.1 Senyals de risc de caigudes, xocs i cops

Per a la senyalització de desnivells, obstacles o altres elements que puguin ser un risc de caiguda, xocs o cops, es pot col·locar panells o colors de seguretat per identificar-los. Cal delimitar amb un color de seguretat aquelles zones de treball on el personal de la planta tingui accés i hi hagi qualsevol dels riscos ja esmentats. La senyalització es realitzarà amb franges gorgues i negres i aquestes hauran de tindre una inclinació d'uns 45°, tal com es pot observar a la **Figura 19**.



Figura 19: Senyal per evitar el risc de caigudes, xocs i cops [21].

5.6.2 Senyalització de les vies de circulació

Les vies de circulació per a vehicles hauran d'estar delimitades amb claredat mitjançant franges contínues d'un color visible, com el blanc o el groc (tenint en compte el color del terra). La delimitació haurà de respectar les distàncies necessàries de seguretat entre vehicles i objectes pròxims, i entre vianants i vehicles. Tanmateix, les vies exteriors permanents que es troben als voltants immediats de les zones edificades, hauran d'estar delimitades quan sigui necessari i si no disposen de barreres o un altre tipus de delimitació.

5.6.3 Canonades, recipients i àrees d'emmagatzematge

La senyalització de canonades, recipients i àrees d'emmagatzemament de substàncies químiques, han de seguir les següents normes per garantir la seguretat dels treballadors:

- Els recipients i canonades visibles que continguin productes on la seva normativa de comercialització de substàncies o productes perillosos, hauran de ser etiquetats tal com es descriu en aquesta normativa.
- Les etiquetes es fixaran o pintaran en llocs visibles dels recipients o canonades. En el cas de les canonades, les etiquetes es col·locaran al llarg d'aquesta i en aquells llocs d'especial perill, com connexions o vàlvules. La informació de l'etiqueta es podrà complementar amb altres dades com el nom de la substància o detalls addicionals del risc.
- L'etiquetatge es podrà substituir per senyals d'advertència amb el mateix pictograma. En el cas del transport de recipients, es podran substituir o complementar amb senyals en forma de panell.

- Les zones o recintes utilitzats per a l'emmagatzematge de grans quantitats de substàncies perilloses, hauran d'identificar-se mitjançant el senyal d'avertència de perill o l'etiqueta corresponent.

En el cas de la planta de l'òxid d'etilè, s'ha optat per a la següent codificació de les canonades representada a la **Figura 20**. Aquest codi consta d'un color bàsic i un altre complementari.

















Fluid	Color bàsic	Estat	Color complementari	Exemple		
Aigua	VERD	Ús industrial	Negre			
		Vapor	Lila			
		Residual	Marró			
		Potable	Blau			
		Calenta	Vermell			
		Condensada	Groc			
		A pressió	Blanc			
		Salada	Taronja			
		Aire	BLAU	Calent	Vermell	
				Comprimit	Negre	
Oxigen	Blanc					
Nitrogen	Negre					
Gas	GROC	Etilè	Blau			
		Òxid d'etilè	Verd			
		Gas natural	Lila			
		Àcids	ÀCIDS	Concentrat	Negre	
				Bases	BASES	Vermell

Figura 20: Codificació de colors per a canonades industrials.

5.6.4 Equips de protecció contra incendis

Els equips de protecció contra incendis hauran de ser de color vermell per a que es reconeixin fàcilment. La senyalització es troba representada a la **Figura 16** mostrada prèviament a l'apartat de senyals en forma de plafó.

5.6.5 Medis i equips de salvament i socors

La senyalització per els medis i equips de salvament i socors, es realitzarà a partir dels senyals en forma de panell ja representats a la **Figura 17**.

5.6.6 Situacions d'emergència

La senyalització de situacions d'emergència s'ha de dirigir als treballadors o a persones externes a la planta, en cas d'una situació de perill i de la seva necessitat d'actuació. Aquesta senyalització es realitzarà mitjançant un senyal lluminós, acústic o una comunicació verbal, o una combinació d'aquestes.

5.6.7 Maniobres perilloses

La senyalització de procediments dels treballadors durant la realització de maniobres perilloses que siguin un risc, s'hauran de realitzar a partir de senyals gestuals o comunicacions verbals, o una combinació d'aquestes.

5.7 Senyalització d'emergència a la planta

A la planta és important tindre una correcta i òptima senyalització, per evitar possibles accidents tant a treballadors com a persones externes a la planta. Aquesta perillositat augmenta al considerar tots la planta com a zona ATEX (Atmosferes explosives). A la **Figura 21** es pot veure representat el plànol de la planta amb les respectives sortides d'emergència, per a cadascuna de les zones, i del seu sentit i direcció. A més a més, es pot observar el punt de reunió pels treballadors de la planta a l'entrada de la planta.

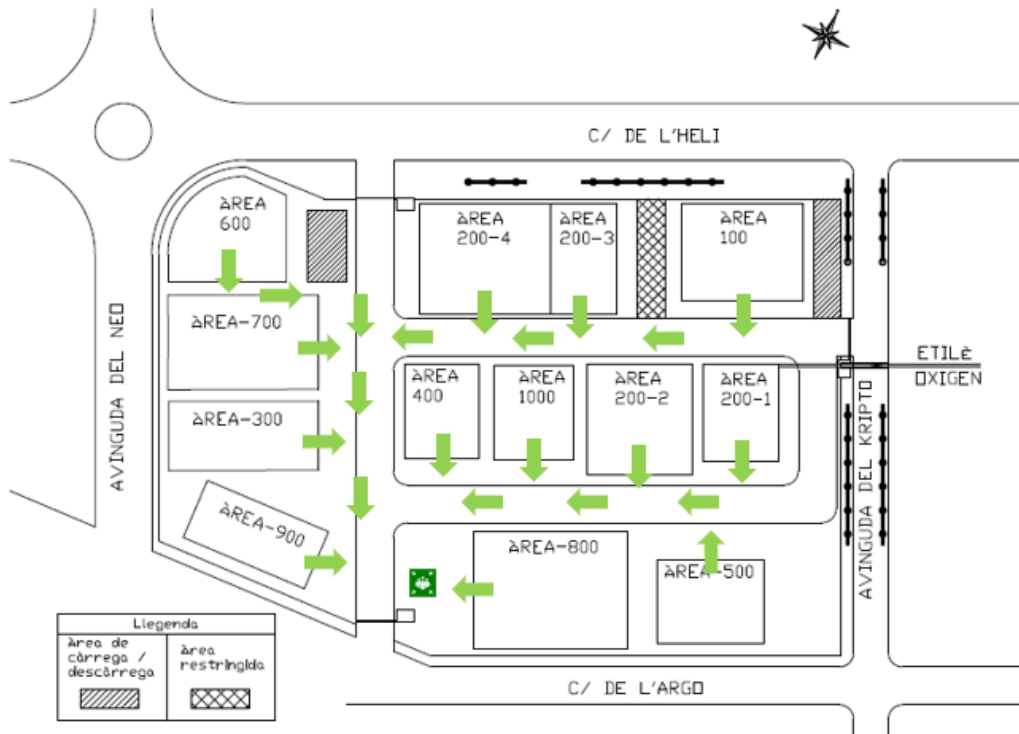


Figura 21: Esquema de la senyalització d'emergència de la planta.

6 Higiene

La higiene en ambients industrials és molt important, ja que d'aquesta manera, controlem factors que causin malalties i lesions en el lloc de treball i evitem accidents, com cops i caigudes, per ambients desordenats o bruts o per falta d'organització. S'ha de tindre en compte el fet d'estar treballant amb substàncies químiques i les condicions de l'entorn dels treballadors. Per realitzar una bona higiene cal identificar els possibles perills, mesurar les seves concentracions i determinar si aquesta és tolerable o no. En cas que la concentració no sigui tolerable caldrà prendre mesures.

A l'hora d'aconseguir unes bones condicions d'higiene a la planta, hi han d'haver una sèrie de responsables:

- L'empresa, ha de donar els coneixements i les eines necessàries als treballadors perquè puguin mantenir unes correctes condicions d'higiene.
- El personal de la planta, són responsables de seguir els protocols i les instal·lacions proporcionades per l'empresa per mantenir les condicions d'higiene.

És important establir unes normes on s'especifiqui els requisits necessaris per un sistema de gestió de salut i seguretat ocupacional, per això s'estableix la norma ISO 45001 " *Occupational health and safety management systems - Requirements with guidance for use*". Amb ajuda d'aquesta norma, es busca mantenir una bona higiene, tant pels treballadors com per l'àrea o equip en el qual estiguin treballant.

6.1 Disposicions mínimes de seguretat i salut en els llocs de treball

Les disposicions mínimes de seguretat i salut en els llocs de treball, es troben recollides al Reial Decret 486/1997, als annexos II, III i V [20]. Aquestes determinen les condicions bàsiques que ha de tindre el lloc de treball per tal d'assegurar que el personal de la planta no pateixi cap accident derivat d'una falta d'higiene. Algunes de les més importants són:

- És necessària una ràpida eliminació d'aquells residus que puguin originar accidents o contaminar l'ambient de treball.
- Les operacions de neteja no han de ser un risc per als treballadors que les realitzin. Aquestes es realitzaran periòdicament i anualment, amb la parada de la planta.
- Les instal·lacions hauran de tindre un manteniment periòdic perquè compleixin sempre les especificacions del projecte.
- L'exposició a les condicions ambientals dels llocs de treball no han de suposar un risc per a la seguretat i la salut dels treballadors.
- Les condicions ambientals òptimes per als treballadors són:
 - Temperatures d'entre els 14 i 25 °C.
 - Humitat relativa d'entre el 40% i 70%.
 - Corrents d'aire no més fortes que 0.25-0.75 m/s.
 - Renovació mínima de l'aire en llocs de treball ha de ser d'uns 30 m³ d'aire/(h-treballador).
- Els treballadors hauran de poder accedir sempre a aigua potable en quantitat suficient.
- Els treballadors han de tindre a la seva disposició vestuaris per poder canviar la roba de carrer per la de treball. D'aquesta manera s'eviten possibles contaminacions.

6.2 Neteja a la planta

La higiene de la planta es realitzarà tant periòdicament com anualment, és a dir, hi ha d'haver una neteja anual, mentre es produeix la parada de la planta, i altres periòdiques per mantenir un bon estat de salubritat.

No només és important la correcta neteja de la planta, sinó que també és important una bona organització. Cal eliminar el que sigui innecessari i emmagatzemar la resta en àrees especificades, d'una manera eficient i organitzada.

Per mantenir aquesta organització, és necessari que a les zones de pas, les vies de circulació i a les sortides d'emergència no hi hagi objectes que puguin impedir l'accés hi ha aquestes. La neteja periòdica es realitzarà per una empresa externa i es realitzaran en les àrees de producció, oficines, laboratoris, vestuaris i menjadors. A l'hora de netejar les àrees d'emmagatzematge (A-100) i de producció de l'òxid d'etilè (A-200), cal tindre en compte que aquestes àrees són zona ATEX. Per tant, és necessari tindre una especial cura a l'hora de realitzar la neteja, ja que haurà de ser amb equips especials que estiguin classificats com a ATEX. D'aquesta manera, s'evitarà la possible formació d'atmosferes explosives causades per la dispersió de partícules.

6.3 Higiene personal

Les normes d'higiene del personal de la planta són d'obligat compliment, ja que és imprescindible protegir als treballadors de possibles riscos que es poden trobar en treballar amb substàncies químiques. A continuació, es troben les normes d'higiene que hauran de seguir el personal de la planta per evitar possibles situacions de risc, produïdes per falta d'higiene.

- Codi estricte de la higiene personal tant del personal de la planta com a la gent externa que vinguin a la planta.
- Neteja de mans periòdiques entre treballs i a més caldrà tindre cura de que les ungles no estiguin massa llargues.
- No està permès la roba de carrer, ja que d'aquesta manera, s'eviten possibles contaminacions amb les substàncies químiques que es poden trobar a la planta.
- El personal de la planta no podrà portar cap mena de joies visibles, ni a mans ni coll.

7 Pla de prevenció i protecció contra explosions

A l'apartat de principals riscos i accidents de la indústria, s'ha determinat que un dels principals riscos en la manipulació de substàncies químiques, en especial l'òxid d'etilè, és el risc d'explosió. Aquest risc ve donat per a la formació d'atmosferaes explosives, per aquest motiu s'analitzaran les següents normatives per a zones ATEX (atmosferaes explosives):

- Llei 31/1995, del 8 de novembre, de la prevenció de riscos laborals. («BOE» 269, de 10-11-1995)[19].
- Reial decret 681/2003, del 12 de juny, sobre la protecció de la salut i la seguretat dels treballadors exposats als riscos derivats d'atmosferaes explosives en el lloc de treball («BOE» 145, de 18-6-2003).[23]
- Reial Decret 144/2016, de 8 de abril, pel qual s'estableixen els requisits essencials de salut i seguretat exigibles als aparells i sistemes de protecció per al seu ús en atmosferaes potencialment explosives [24].

7.1 Àrees on es poden formar atmosferaes explosives

Es consideren àrees de risc, aquelles on es podrien arribar a formar atmosferaes explosives. Per tant, s'hauran de prendre precaucions per a protegir la seguretat i la salut dels treballadors. Les substàncies inflamables o combustibles són capaces de formar atmosferaes explosives i de propagar una explosió al barrejar-se amb aire. Les capes, dipòsits i acumulacions de pols inflamable es poden considerar com a fonts capaces de formar atmosferaes explosives.

Per ajudar a determinar el risc d'explosió, es classifiquen les àrees en funció de la freqüència amb la que es produeixen atmosferaes explosives i la durada d'aquestes. Segons la classificació de la zona es prendran diferents mesures preventives i de protecció. Per poder classificar les diferents zones, s'han de conèixer les següents característiques:

- El tipus de substància (gas, boira, vapor o pols), que es troba a la zona i que pot formar una atmosfera explosiva.
- La possibilitat de que pugui haver-hi, de forma permanent o ocasional, una atmosfera explosiva.
- La duració de la presència d'una atmosfera explosiva.

En funció d'aquestes característiques es poden classificar les zones ATEX, esmentades a l'apartat de risc d'explosió, de la següent manera:

7.1.1 Gas, vapor o boira (Classe I)

Quan les substàncies inflamables són un gas, un vapor o boira (Classe I), poden haver-hi 3 zones diferenciades. A la **Figura 22**, es poden observar les localitzacions d'aquestes zones. A continuació s'expliquen, més en profunditat, les zones 0, 1 i 2.

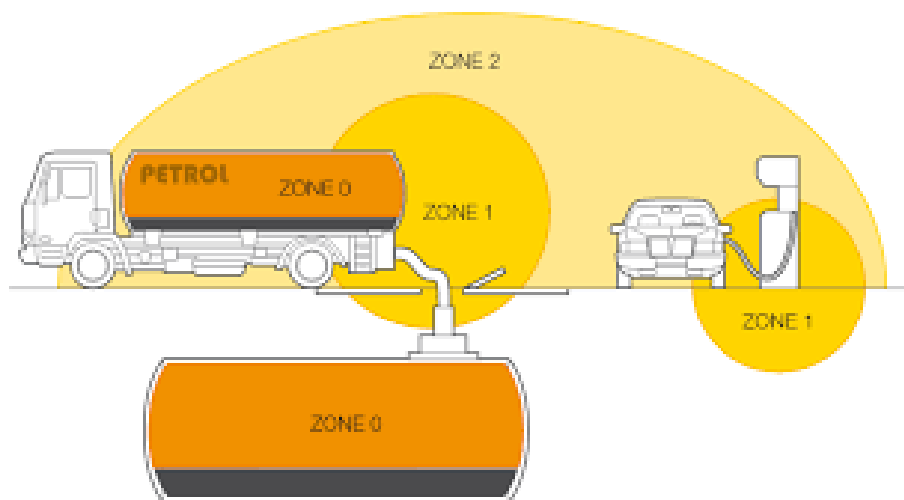


Figura 22: Zones ATEX 0, 1 i 2, en presència de gasos, vapor o boires [25].

Zona 0

La zona 0 exposa el cas d'una zona ATEX permanent o freqüent amb una duració prolongada, causada per una barreja d'aire amb un gas, vapor o boira. Per aquest motiu, només es trobaran dintre d'aquells equips que estan en contacte amb l'aire. Per exemple, algun d'aquests equips podrien ser:

- Tancs d'emmagatzematge, que contenen líquids inflamables. En el cas que estiguessin a una pressió constant i aquesta disminuís, podria entrar aire dintre d'aquests, provocant la formació d'una ATEX.
- Reactors, on es produeix una reacció de diferents substàncies inflamables. En cas d'averia o accident, l'aire que envolta al reactor podria entrar en contacte amb les substàncies que es troben en el interior i d'aquesta manera, formar una ATEX.
- Punts de càrrega i descàrrega de líquids inflamables, per sobre del seu punt d'inflamació.
- Magatzems de peces tractades amb substàncies que puguin despendre vapors inflamables i no tinguin suficient ventilació.

Zona 1

En aquesta zona, es pot formar ocasionalment una ATEX al entrar en contacte l'aire amb un gas, vapor o boira. Les atmosferes explosives seran produïdes en processos o instal·lacions no contínues, és a dir, amb una duració determinada. Els següents casos es podrien considerar exemples de zones 1:

- Al voltant d'equips i tancs d'emmagatzematge, on en el segellat per compressió, hi pot causar problemes amb la hermeticitat.
- Al voltant d'obertures, on es realitzen operacions amb substàncies inflamables.
- Punts de drenatge d'aigua de recipients que poden emmagatzemar substàncies que poden provocar atmosferes explosives.
- Orificis de sortida, com purgues d'equips, que van directes al ambient, on poden entrar en contacte amb aire.

Zona 2

A la zona 2 no és probable la formació d'una atmosfera explosiva formada per una barreja d'aire i una substància inflamable, en forma de gas, vapor o boira. I en el cas de que aparegui una ATEX, aquesta tindrà un període de duració curt. En aquesta zona, es poden produir atmosferes explosives provocades per possibles fugues no previstes.

A l'hora de treballar en aquestes zones, és important realitzar un avaluació dels possibles accidents o averies que poden provocar aquests tipus d'escapaments o fugues. A continuació es troben possibles casos que poden provocar una atmosfera explosiva de zona 2:

- L'emmagatzematge de substàncies inflamables.
- El segellat o tancament d'equips.
- Fugues o escapaments d'equips, com vàlvules o connexions de canonades.
- Cubetes de retenció.

7.1.2 Núvol de pols combustibile (Clase II)

En el cas de que les substàncies inflamables fossin un núvol de pols combustibile, podrien haver-hi 3 zones diferents: zona 20, 21 i 22. Les localitzacions d'aquestes zones es troben representades a la **Figura 22**. A continuació, s'explicaran més en detall per poder diferenciar-les correctament.

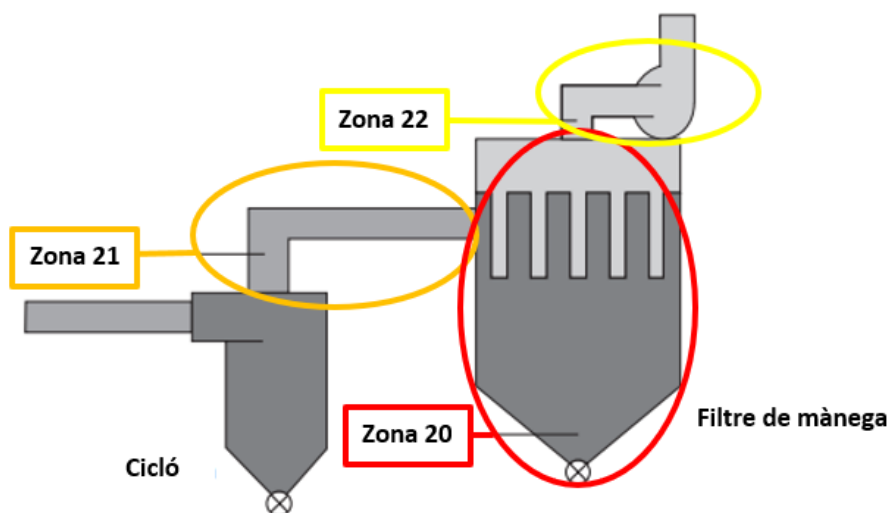


Figura 23: Zones ATEX 20, 21 i 22, en presència d'un núvol de pols combustibile.

Zona 20

En aquestes àrees es pot arribar a formar una atmosfera explosiva permanent, per un període de temps prolongat o amb freqüència. Els núvols de pols poden tindre diferents concentracions de la substància inflamable, per tant, poden tindre diferents densitats. La pols d'aquest tipus de substàncies, capaces de formar una atmosfera explosiva, poden arribar a provocar un gran risc per a la seguretat i salut dels treballadors, degut a la inhalació de pols i per la baixa visibilitat. Per tant, no es podrà treballar en aquest tipus d'àrees.

Aquestes zones seran essencialment, interior de recipients, aparells o equips que continguin pols combustibles. També es considerarà zona 20, l'exterior d'aquells equips on es formi una atmosfera explosiva de forma prolongada. Cal tindre en compte que no es produeixi el contacte d'aquestes substàncies inflamables en forma de pols amb l'aire, ja que s'estaria formant una ATEX.

Alguns d'aquests recipients o equips són: els trituradors, assecadors, filtres, canonades de transport, tancs d'emmagatzematge.

Zona 21

En aquestes zones la probabilitat de que es formi una atmosfera explosiva és ocasional, en condicions de treball normal. La formació d'ATEX es produeix en processos no continus. És necessari la incorporació d'extractors de pols, mitjançant equips ATEX, per a la seguretat del personal que treballa en aquesta zona. Alguns exemples de zones ATEX 21 poden ser:

- Zones pròximes a tancs d'emmagatzemament de pols inflamables.
- Zones on es pugui acumular certa quantitat de pols.
- Zones pròximes a punts de càrrega i descàrrega de pols.
- Zones pròximes a qualsevol lloc on es pugui realitzar una fuga d'una pols explosiva.

Zona 22

Les àrees es classificaran com a zona 22 quan no sigui probable la formació d'una atmosfera explosiva, en les condicions normals de treball. En el cas que es produeixi una ATEX, aquesta es produirà durant un període curt de temps. En aquestes zones es poden formar núvols de pols en suspensió al voltant de tancs d'emmagatzematge o equips, aquestes seran situacions puntuals com accidents o averies.

A continuació, s'esmenten alguns dels exemples d'àrees que es classifiquen com a zones 22:

- Zones on puguin aparèixer fugues de pols.
- Equips que treballen amb pols combustible i a una determinada pressió. Si aquesta pressió augmentes podria alliberar-se aquesta pols combustible creant una atmosfera explosiva.
- Zones on es probable que hi hagi acumulació de pols.
- Zones properes a tancs o recipients d'emmagatzematge.

7.2 Obligacions de l'empresari

Segons la normativa ATEX, l'empresari té l'obligació d'impedir la formació d'atmosferes explosives o, en cas que l'activitat que es realitza no ho permeti, evitar la ignició de les atmosferes explosives i atenuar els efectes perjudicials d'una explosió. D'aquesta manera, es garanteix la salut i la seguretat dels treballadors.

Amb l'objectiu de mantenir la seguretat i salut dels treballadors l'empresari ha de prendre les mesures necessàries següents:

- Els llocs on es puguin formar atmosferes explosives, en quantitats que puguin posar en perill la salut i la seguretat dels treballadors o d'altres persones, s'ha d'assegurar que l'ambient de treball sigui segur.
- En els llocs de treball en el qual sigui possible la formació d'una atmosfera explosiva, cal assegurar una supervisió adequada i una avaluació de riscos mentre els treballadors estiguin presents.
- Quan en un mateix lloc de treball es troben treballadors de diverses empreses, cada empresari haurà de prendre les mesures que siguin necessàries per a la protecció de la salut i seguretat dels seus treballadors, incloses les mesures de cooperació i de coordinació. A més a més, l'empresari haurà de presentar el document de protecció contra explosions, que s'explicarà a l'apartat de protecció contra explosions (DPCE).

7.2.1 Prevenció i protecció contra explosions

Amb l'objectiu de prevenir les explosions i proporcionar als treballadors protecció contra aquestes, l'empresari haurà de prendre mesures tècniques i/o organitzatives segons el tipus d'activitat que es realitzi. Aquestes mesures es combinaran o completaran, quan sigui necessari, amb altres mesures contra la propagació d'explosions. A més a més, es revisaran periòdicament i sempre que hi hagi canvis significatius.

Existeixen els següents tipus de mesures contra explosions:

- **Mesures preventives:** aquestes es prenen de manera anticipada per evitar la formació d'atmosferes explosives o evitar la ignició d'aquestes.
- **Mesures de protecció:** en el cas de la possible formació d'una atmosfera explosiva, aquestes mesures serveixen per disminuir els danys que puguin tindre tant treballadors com equips o materials.
- **Mesures organitzatives:** a partir d'una correcta organització, es poden disminuir els danys i la probabilitat d'aparició d'una atmosfera explosiva.

7.2.2 Avaluació del risc d'explosions

Segons la normativa ATEX, per a realitzar l'avaluació dels riscos específics derivats de les atmosferes explosives, s'han de tindre en compte els següents punts:

- La probabilitat de formació i duració d'atmosferes explosives.
- La probabilitat de la presència i activació de focus d'ignició, incloses les descàrregues electrostàtiques.
- Les instal·lacions, les substàncies utilitzades, els processos industrials i les seves possibles interaccions.
- Les proporcions dels efectes previsibles.

L'avaluació dels riscos d'explosió es realitzarà per separat i es tindran en compte els llocs que estiguin o puguin estar en contacte, mitjançant obertures, amb els llocs en els quals es puguin crear atmosferes explosives.

7.2.3 Document de protecció contra explosions (DPCE)

L'empresari s'encarregarà de que s'elabori i mantingui actualitzat un document de protecció contra explosions. Aquest document ha de contemplar els següents punts:

- Determinar i avaluar els riscos d'explosió.
- Prendre les mesures adequades per aconseguir els objectius ja esmentats.
- Les àrees que han sigut classificades en zones on es poden formar atmosferes explosives.
- Les àrees on s'aplicaran els requisits mínims establerts es troben als apartats de mesures de protecció contra explosions i de mesures organitzatives.
- El lloc i els equips de treball, inclosos els sistemes d'alerta, han d'estar dissenyats i que s'utilitzen i es mantenen segons les mesures de seguretat.
- Adoptar les mesures necessàries perquè els equips de treball s'utilitzin amb seguretat.

El document de protecció contra explosions s'elaborarà abans de que comenci el treball i es revisarà sempre que hi hagin modificacions, ampliacions o canvis en el lloc de treball, en els equips o a l'organització.

7.3 Mesures preventives contra les explosions

Existeixen dos tipus de mesures preventives contra explosions, el primer grup impedeixen la formació de l'atmosfera explosiva i el segon, impedeixen la ignició de l'atmosfera explosiva. A continuació, s'esmenten les principals mesures de cadascun dels grups.

7.3.1 Mesures tècniques que impedeixen la formació de l'atmosfera explosiva

Les mesures per a la prevenció de la formació de l'atmosfera explosiva són:

- **Substitució de substàncies inflamables:** reduir o evitar l'ús de substàncies inflamables en el procés de producció. En el cas que sigui possible, s'intentarà utilitzar aquelles substàncies menys volàtils o menys perilloses.
- **Limitació de concentració:** reduir la concentració de les substàncies inflamables mitjançant sistemes d'aspiració o neteja per evitar l'acumulació de pols.
- **Inerització:** la formació d'atmosferaes explosives poden evitar-se a partir de la dilució de l'oxigen de l'aire en l'interior de les instal·lacions o el combustible amb substàncies inerts.
- **Prevenció o reducció de la formació de l'atmosfera explosiva:** la prevenció o reducció es realitza a partir de la utilització de recipients tancats, per evitar fugues. En cas de no poder evitar l'aparició de fugues, és important realitzar una bona ventilació.
- **Utilització d'aparells avisadors de gas:** els aparells que detecten gasos, permeten verificar la concentració de substàncies perilloses a l'aire exterior. És important que tots els detectors es puguin utilitzar en zones ATEX

7.3.2 Mesures tècniques que impedeixen la ignició de l'atmosfera explosiva

En el cas que no es pugui prevenir la formació d'una atmosfera explosiva, caldrà evitar la ignició d'aquesta. Per tant, és important conèixer els tipus de fonts d'ignició per evitar la ignició i formació d'una ATEX. Existeixen diferents tipus de fonts d'ignició:

- **Superfícies calentes:** en el cas que la temperatura de la superfície arribi a la temperatura d'ignició, pot provocar que l'atmosfera s'encengui. Per evitar-ho, caldrà que la temperatura de la superfície no arribi a la d'ignició.

- **Flames i gasos calents:** són les fonts d'ignició més efectives, per això, s'han d'eliminar totalment en les zones amb un risc elevat on es puguin formar atmosferes explosives.
- **Espurnes:** aquestes poden produir-se a causa d'un xoc, abrasió o fricció. Cal escollir els materials adequats per reduir la probabilitat de produir una espurna.
- **Reaccions químiques:** en el cas que la reacció química sigui exotèrmica, pot formar una font d'ignició. En aparèixer aquest tipus de reacció, cal eliminar qualsevol substància inflamable que sigui capaç d'autoigniciar-se.
- **Material elèctric:** el material elèctric pot generar una espurna elèctrica i provocar la ignició d'una ATEX.
- **Electricitat estàtica:** cal evitar el risc d'electricitat estàtica, utilitzant materials que no provoquin aquesta electricitat i puguin provocar la ignició d'una ATEX.

7.4 Mesures de protecció contra explosions

Quan les mesures preventives no són suficient cal atenuar els efectes de l'explosió a partir de mesures de protecció. A continuació, es troben les mesures que s'han de prendre per a la protecció contra explosions:

- L'alliberació de gasos, vapors o boires inflamables o de pols combustibles que puguin donar lloc a riscos d'explosió, hauran de ser desviats o evacuats a una zona segura, ser continguts o controlats amb seguretat.
- Quan l'atmosfera explosiva estigui formada per diversos gasos, vapors, boires o pols combustible o inflamables, les mesures de protecció es realitzaran segons un gran risc potencial.
- També s'hauran de tindre en compte les descàrregues electrostàtiques produïdes pels treballadors i l'ambient de treball. Els treballadors hauran de portar sabates de seguretat antiestàtiques i roba de treball feta amb materials que no provoquin descàrregues electrostàtiques que puguin formar la ignició d'una atmosfera explosiva.
- La instal·lació, els equips, els sistemes de protecció i els dispositius de connexió, només es posaran en funcionament si el document de protecció contra explosions indica que poden utilitzar-se amb seguretat en una atmosfera explosiva.
- Es prendran totes les mesures necessàries per assegurar que els llocs de treball, els equips i els corresponents dispositius de connexió han de ser dissenyats, construïts i instal·lats de manera que es redueixin al màxim els riscos d'explosió o en cas que es produeixi una explosió, es controli o es redueixi al màxim la propagació en el lloc de treball.

- En cas que sigui necessari, els treballadors hauran de ser alertats mitjançant l'emissió de senyals òptiques i/o acústiques d'alerta i desallotjats en condicions de seguretat abans que s'arribi a les condicions d'explosió.
- Quan el document de protecció contra explosions ho indiqui, es disposaran i mantindran en funcionament de sortides d'emergència que, en cas de perill, permetin als treballadors abandonar ràpidament i amb seguretat els llocs amb perill.
- Abans de treballar per primera vegada en una zona ATEX, s'haurà de verificar la seguretat general contra explosions. Les verificacions les faran tècnics de prevenció amb una formació de nivell superior, treballadors amb experiència certificada de més de dos anys en el camp de prevenció d'explosions.
- Quan l'evolució determini que és necessari:
 - a) S'haurà de poder, en cas d'un tall en l'energia elèctrica, mantenir els equips i els sistemes de protecció en funcionament segur independent de la resta de la instal·lació.
 - b) S'haurà de poder realitzar una desconexió manual d'aparells i sistemes de protecció inclosos en processos automàtics.
 - c) L'energia emmagatzemada haurà de dissipar-se a l'utilitzar dispositius de desconexió d'emergència, de la manera més ràpida i segura possible o aïllar-se de manera que deixi de ser un perill.

7.5 Mesures organitzatives

En el cas de les mesures organitzatives és important tindre en compte els següents aspectes per a l'organització tant del personal com de les tasques a realitzar:

- **Formació i informació dels treballadors:** l'empresari haurà de proporcionar al personal que treballa en àrees on es poden formar atmosferes explosives, una formació i informació adequades i suficients sobre la protecció en cas d'explosions.
- **Instruccions per escrit i permisos de treball:** quan el document de protecció contra explosions ho determini, s'elaboraran instruccions per escrit de:
 - a) El treball en les àrees de risc es realitzarà a partir d'una sèrie d'instruccions per escrit, proporcionades per l'empresari.
 - b) S'haurà d'aplicar un sistema de permisos de treball que autoritzin l'execució de treballs perillosos, inclosos els que puguin ocasionar riscos indirectes.

Els permisos de treball hauran de ser expeditos, abans del començament del treball, per a una persona autoritzada per fer-ho.

- **Realització de controls:** els controls s'han de realitzar periòdicament i quan la instal·lació s'utilitzi per primera vegada o quan s'hagi realitzat algun canvi a la zona ATEX. Els controls els realitzarà personal qualificat.
- **Manteniment:** les operacions de reparació, conservació, inspecció i verificació es realitzaran periòdicament i, sempre que sigui possible, s'eliminaran aquells equips que podrien provocar una explosió mentre es realitza el manteniment.
- **Senyalització de les zones amb perill d'explosió:** s'hauran de senyalitzar totes aquelles zones on és possible la formació d'una atmosfera explosiva.

7.6 Equips de treball per atmosferes explosives

Considerant que tota la planta és zona ATEX, és important tindre en compte que s'hauran d'utilitzar aparells i sistemes de protecció adequats a cadascuna de les categories explicades a l'apartat d'àrees on es poden formar atmosferes explosives. Concretament, a les zones indicades s'hauran d'utilitzar les següents categories:

- A la zona 0 i a la zona 20: els aparells de la categoria 1.
- A la zona 1 i a la zona 21: els aparells de les categories 1 o 2.
- A la zona 2 i a la zona 22: els aparells de les categories 1, 2 o 3.

A continuació es recullen els criteris que determinen la classificació dels aparells en categories:

1. **Grup d'aparells I:** dintre d'aquest grup d'aparells trobem la categoria M1 i M2. Aquests s'utilitzen en treballs subterranis i en aquelles zones on puguin haver-hi pols explosives. Aquests aparells hauran de complir els requisits explicats a l'apartat de requisits pels equips de treball.
 - La categoria M1 recull tots aquells aparells dissenyats, i en cas de que sigui necessari, equipats amb elements de protecció especials per a que puguin funcionar dintre dels paràmetres establerts. En cas de fallada d'una de les mesures de protecció d'un d'aquests aparells, hi haurà al menys una segona mesura independent per assegurar-ne la protecció. I si fallessin dos mesures independents s'ha d'assegurar el nivell de protecció requerit.
 - La categoria M2 inclou tots aquells aparells dissenyats per poder funcionar en les condicions fixades pel fabricant i amb un nivell alt de protecció. En el cas de que hi hagi una atmosfera potencialment explosiva es procedirà tallant la alimentació energètica. Les mesures de protecció d'aquests aparells han d'assegurar la protecció durant el funcionament normal, un us intens i unes condicions ambientals canviants.

2. **Grup d'aparells II:** dintre d'aquest grup es troben la categoria 1, 2 i 3. Aquests aparells hauran de complir els requisits explicats a l'apartat de requisits pels equips de treball.

- La categoria 1 inclou tots aquells aparells dissenyats per poder funcionar dintre dels paràmetres operatius fixats pel fabricant i assegurar un nivell alt de protecció. En cas de fallada d'una mesura de protecció, s'haurà de disposar d'una segona per assegurar el mateix nivell de protecció. Aquests aparells es poden utilitzar en ambients on de manera constant, duradora o freqüent hi han atmosferes explosives provocades per barreges d'aire amb gasos, vapors, boires o barreges de pols-aire.

- La categoria 2 inclou els aparells que estan dissenyats per poder funcionar en les condicions fixades pel fabricant i assegurar el nivell de protecció. Les mesures de protecció relatives han d'assegurar el nivell de protecció requerit. En cas d'averia freqüent o de fallades en el funcionament de l'aparell s'hauran de tindre en compte habitualment. Aquests aparells es poden utilitzar en ambients on és probable que hi hagin atmosferes explosives provocades per barreges d'aire amb gasos, vapors, boires o barreges de pols-aire.

- El aparells de la categoria 3, són aquells que estan dissenyats per utilitzar-se en les condicions fixades pel fabricant i assegurar un nivell normal de protecció. Aquests aparells es poden utilitzar en ambients on és poc probable l'aparició d'atmosferes explosives provocades per barreges d'aire amb gasos, vapors, boires o barreges de pols-aire i en cas de que es produeixin la seva formació sigui poc freqüent i de curta duració. Els aparells d'aquesta categoria assegura'n el nivell de protecció durant el funcionament normal.

7.7 Requisits pels equips de treball

En aquest apartat es troben els requisits essencials sobre la seguretat i salut relatius al disseny i la fabricació d'aparells i sistemes de protecció per a la utilització en atmosferes potencialment explosives. Els aparells i equips classificats a l'apartat anterior hauran d'aplicar els següents requisits:

1. **Requisits generals:** els aparells i sistemes de protecció previstos per a ús en atmosfera potencialment explosiva, han d'estar dissenyats amb la intenció de la integració de la seguretat enfront de les explosions.

En aquest sentit el fabricant ha de prendre mesures per a:

a) Evitar preferentment si és possible que els aparells i sistemes de protecció produeixin o alliberin ells mateixos atmosferes explosives.

b) Impedir la ignició d'atmosferes explosives tenint en compte la naturalesa de cada focus d'ignició elèctric o no elèctric.

- c) En cas que malgrat tot es produís una explosió que pogués posar en perill a persones i animals domèstics o béns per efecte directe o indirecte, s'hauria d'aturar immediatament o limitar a un nivell de seguretat suficient.
2. **Els aparells i sistemes de protecció:** s'hauran de dissenyar i fabricar considerant possibles anomalies de funcionament per evitar el màxim situacions perilloses. Hauria de tenir-se en compte la possibilitat d'una incorrecta utilització previsible.
3. **Condicions de control i manteniment:** els aparells i sistemes de protecció que estan subjectes a condicions especials de control i manteniment hauran de dissenyar i fabricar d'acord amb aquestes condicions.
4. **Condicions de l'entorn circumdant:** els aparells i sistemes de protecció s'hauran de dissenyar i fabricar d'acord amb les condicions de l'entorn circumdant o previsibles.
5. **Mercat:** cada aparell i sistema de protecció haurà de presentar com a mínim de forma indeleble i llegible les següents indicacions:
- a) El nom i l'adreça de fabricant.
 - b) El marcatge CE.
 - c) La designació de la sèrie o del tipus.
 - d) El nombre de sèrie, si és que existeix.
 - e) El any de fabricació.
 - f) El marcat específic de protecció contra les explosions seguit del símbol de el grup d'aparells i de la categoria.
 - g) Per al grup d'aparells II, la lletra «G» (referent a atmosferes explosives degudes a gasos, vapors o boires) i/o la lletra «o» referent a atmosferes explosives degudes a la presència de pols. D'altra banda, i sempre que es consideri necessari, hauran de presentar qualsevol indicació que resulti indispensable per a una segura utilització de l'aparell.

8 Protecció contra incendis

La finalitat d'aquest apartat és el de conèixer les mesures que s'han de prendre per evitar que es produeixi un incendi dins la planta. En el cas que es produeixi, s'ha de conèixer les pautes d'actuació per tal que aquest sigui extingit el més ràpid possible, evitant la propagació i minimitzant els danys que pugui causar.

L'objectiu final és protegir tant al personal que hi treballa com les persones que viuen al voltant, no només pel propi foc sinó pel que pot arribar a desencadenar. A més a més, també es busca minimitzar els danys a

les instal·lacions que comportarien pèrdues econòmiques, ja que alguns equips s'haurien de canviar aturant així el procés productiu.

Totes les mesures de protecció contra incendis vénen recollides en el Reial Decret 2267/2004, del 3 de desembre, per al que s'aprova el Reglament de seguretat contra incendis en els establiments industrials [26]. També es indispensable la revisió de les ITC (MIE APQ-1 [18], MIE APQ-2 [9]) per assegurar-se del complet compliment de les mesures de seguretat contra incendis.

8.1 Factors determinats en l'origen d'un incendi

Per entendre com es produeix un foc, s'empra un diagrama anomenat el triangle/tetraedre del foc. En aquesta representació, es mostren els elements necessaris per a que es produeixi la combustió i si un dels elements no hi és present es impossible l'origen d'un incendi. D'aquesta manera és molt fàcil de visualitzar que s'ha de fer si es vol extingir-ne un. Per veure amb més detall aquesta explicació, veure l'apartat de Principals riscos i accidents de la indústria.

8.2 Classificació d'incendis

Els incendis es classifiquen en diferents grups segons quin sigui el combustible que l'origina, i depenent d'aquesta font, es requereix d'un mètode d'extinció concret. Els tres mètodes són: eliminació/retirada del combustible, sufocació del comburent (oxigen) i reducció de la temperatura, és a dir, les tres solucions es basen en actuar sobre els tres elements bàsics que hi ha en un foc. Existeixen 5 tipus d'incendi i són els següents:

- **Classe A:** el foc és originat per la combustió de materials combustibles sòlids (fusta, paper, plàstics, teixits, etc.) que deixen cendres. Per mitigar el foc s'ha d'utilitzar el principi de refredament, és a dir, s'ha de reduir la temperatura amb un agent refrigerant. En aquest tipus d'incendi és molt habitual l'ús de l'aigua com a substància extintora.
- **Classe B:** el foc és originat per la combustió de líquids combustibles (pintures, greixos, naftes, etc.). Aquest tipus s'apaga sufocant el comburent i així aturant la reacció.
- **Classe C:** el foc s'origina a efecte de combustibles gasosos (butà, propà, gas natural, etc.). Per apagar-los s'ha de sufocar el seu comburent, també es pot tractar d'eliminar la sortida de combustible.
- **Classe D:** són focs generats per metalls inflamables (sodi, magnesi, potassi, etc.). Per apagar aquest tipus, s'empra un mètode concret segons la classe de metall que hi està involucrat. Per tant, requereix un estudi previ dels materials que hi ha a les instal·lacions i com actuar en cadascun d'ells.

- **Classe E:** aquest tipus de foc són originats per equips elèctrics de baixa tensió o instal·lacions elèctriques. A la Classe E queden inclosos els combustibles que puguin cremar en presència d'equips elèctrics. El sistema d'extinció és primer tallar el subministrament elèctric i seguidament la utilització d'un agent extintor que no sigui conductor, és a dir, sense solucions aquoses.

8.3 Classificació de les àrees d'una planta industrial

Per classificar les àrees de la planta de producció d'òxid d'etilè segons el risc d'incendi, s'ha seguit "ANEXO I: Caracterización de los establecimientos industriales en relación con la seguridad contra incendios" que es troba contingut en el Reial Decret 2267/2004 [26] esmentat anteriorment. La classificació realitzada a continuació es fa segons les característiques dels establiments industrials en relació amb la seva configuració i ubicació pel que fa amb el seu entorn.

8.3.1 Establiments industrials ubicats en un edifici

Primer s'haurà de definir els tipus d'establiments industrials que hi ha ubicats en un edifici:

- Tipus A: el conformen les instal·lacions industrials que ocupen parcialment un edifici que, a més, té altres establiments, siguin aquests d'ús industrial o no.

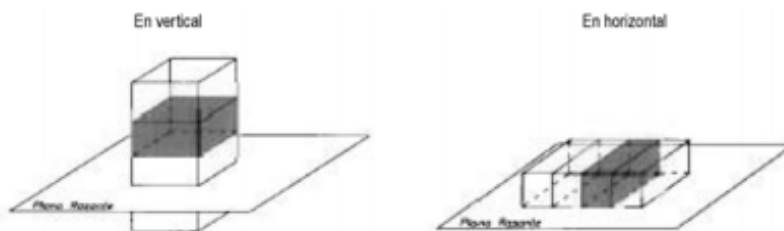


Figura 24: Estructura referent al Tipus A [26].

- Tipus B: el conformen els establiments industrials que ocupen totalment un edifici que està adossat a un o diverses instal·lacions a una distància igual o inferior a tres metres entre ells, ja siguin d'ús industrial o no. Per establiments industrials que ocupin una nau adossada amb estructura compartida amb les contigües, que en tot cas hauran de tenir una coberta independent, s'admetrà el compliment de les exigències corresponents al tipus B, sempre que es justifiqui tècnicament que el possible col·lapse de l'estructura no afecti les naus adjacents.

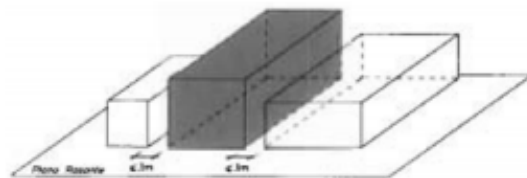


Figura 25: Estructura referent al Tipus B [26].

- Tipus C: són els establiments industrials que ocupen totalment un edifici o diversos, en el seu cas, que es troben a una distància major de tres metres entre ells. Aquesta distància entre edificis haurà d'estar lliure de mercaderies combustibles o elements intermedis que puguin propagar un incendi.

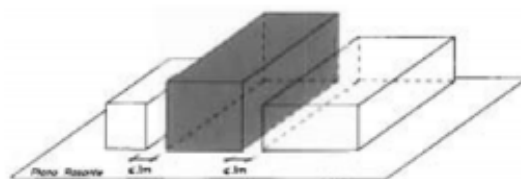


Figura 26: Estructura referent al Tipus C [26].

8.3.2 Establiments industrials que desenvolupen l'activitat industrial en espais oberts

- Tipus D: l'establiment industrial ocupa un espai obert, que pot estar totalment protegit, on alguna de les seves façanes pot no tenir tancament lateral.
- Tipus E: l'establiment industrial ocupa un espai obert que pot estar parcialment albergat (fins a un 50% de la seva superfície), on alguna de les seves façanes en la part coberta no té un tancament lateral complet.

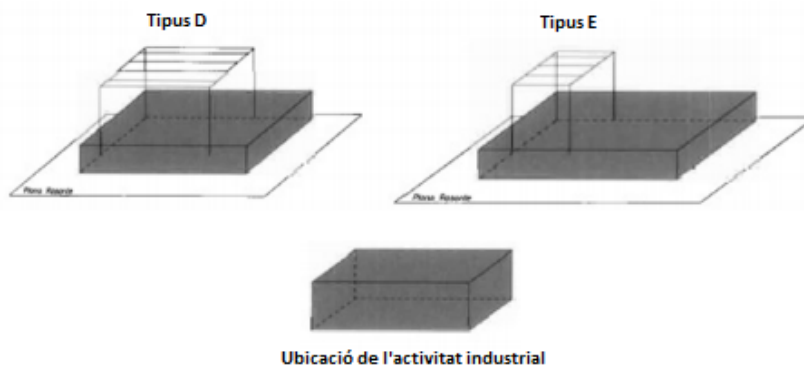


Figura 27: Estructura referent als tipus D i E [26].

Quan un establiment industrial o part d'aquest no entra en la descripció de cap dels tipus anteriors definits, es considera que pertany al que més s'hi assembli de forma justificada. En una mateixa instal·lació industrial poden coexistir diferents configuracions, per la qual cosa s'han d'aplicar per cada una de les zones els requisits reglamentaris.

8.3.3 Classificació de les àrees de la planta

A continuació, es classifiquen les diferents zones de la planta definides en la **Taula 4** segons els criteris definits amb relació a la classificació d'establiments industrials ubicats en un edifici i els que desenvolupen l'activitat industrial en espais oberts.

Taula 4: Tipus de configuració segons les àrees.

Abreviació	Descripció	Tipus de configuració
Àrea-100	Àrea d'emmagatzematge	E
Àrea-200-1	Producció d'òxid d'etilè: Condicionament de matèries primeres	E
Àrea-200-2	Producció d'òxid d'etilè: Reacció de l'òxid d'etilè	E
Àrea-200-3	Producció d'òxid d'etilè: Purificació de l'òxid d'etilè	E
Àrea-200-4	Producció d'òxid d'etilè: Eliminació del diòxid de carboni	E
Àrea-300	Manteniment	C
Àrea-400	Sales de control	C
Àrea-500	Laboratoris	C
Àrea-600	Serveis	C
Àrea-700	Tractament de residus	E
Àrea-800	Oficines, vestuaris i menjadors	C
Àrea-900	Pàrquing	E
Àrea-1000	Bassa contra incendis	E

8.4 Caracterització pel seu nivell de risc intrínsec

En aquest apartat, i un cop definides les diferents àrees de l'establiment industrial, es determina el nivell de risc intrínsec a través del càlcul de la densitat de càrrega de foc. L'equació 1 i l'equació 2, es troben al Reial Decret 2267/2004 del 3 de desembre [26]. L'equació 1 és la general i es pot utilitzar per a la zona d'emmagatzematge, en canvi, l'equació 2 s'utilitza per activitats de producció, transformació, reparació o qualsevol activitat diferent a l'emmagatzemament.

$$Q_s = \frac{G_i \cdot q_i \cdot C_i}{A} \cdot R_a \quad (1)$$

On:

- Q_s : densitat de càrrega de foc, ponderada i corregida, del sector o àrea d'incendi en $[MJ/m^2]$ o $[Mcal/m^2]$
- G_i : massa, en kg, de cada un dels combustibles (i) que existeixen en el sector o àrea d'incendi (inclosos els materials constructius combustibles).
- q_i : poder calorífic, en $[MJ/m^2]$ o $[Mcal/m^2]$, de cada un dels combustibles (i) que existeixen en el sector d'incendi.
- C_i : coeficient adimensional que pondera el grau de perillositat (per la combustibilitat) de cada un dels combustibles (i) que existeixen en el sector d'incendi. Els valors del coeficient de perillositat per combustibilitat C_i es poden deduir a la Taula 1.1, del Reial Decret mencionat [26], amb consonància de la ITC MIE-APQ1 [18] on es classifiquen els combustibles segons si la seva perillositat és Alta, Mitja o Baixa.
- R_a : coeficient adimensional que corregeix el grau de perillositat (per l'activació) inherent a l'activitat industrial que es desenvolupa en el sector d'incendi, producció, muntatge, transformació, reparació, emmagatzematge, etc. Els valors del coeficient de correcció R_a es poden deduir a la Taula 1.2, del Reial Decret mencionat [26].

,

$$Q_s = \frac{q_{si} \cdot S_i \cdot C_i}{A} \cdot R_a \quad (2)$$

On:

- q_{si} : densitat de càrrega de foc de cada zona $[MJ/m^2]$.
- S_i : superfície de cada zona amb procés diferent i densitat de càrrega de foc, en $[m^2]$.

A la **Taula 28** es pot veure la classificació del risc intrínsec de cada àrea de la planta en funció de la seva densitat de càrrega.

Nivel de riesgo intrínseco		Densidad de carga de fuego ponderada y corregida	
		Mcal/m ²	MJ/m ²
BAJO	1	$Q_s \leq 100$	$Q_s \leq 425$
	2	$100 < Q_s \leq 200$	$425 < Q_s \leq 850$
MEDIO	3	$200 < Q_s \leq 300$	$850 < Q_s \leq 1.275$
	4	$300 < Q_s \leq 400$	$1.275 < Q_s \leq 1.700$
	5	$400 < Q_s \leq 800$	$1.700 < Q_s \leq 3.400$
ALTO	6	$800 < Q_s \leq 1.600$	$3.400 < Q_s \leq 6.800$
	7	$1.600 < Q_s \leq 3.200$	$6.800 < Q_s \leq 13.600$
	8	$3.200 < Q_s$	$13600 < Q_s$

Figura 28: Classificació del risc intrínsec segons la Q_s [26].

S'han realitzat els càlculs de les zones seguint el Reial Decret 2267/2004, annex I [26]. A la **Taula 5** es poden observar els valors de les diferents densitats de càrrega de les àrees que es troben a la planta.

Taula 5: Risc d'incendi en funció de la Q_s .

Àrea	Descripció	Q_s [MJ/m ²]	Risc
100	Àrea d'emmagatzematge	46685	Alt-8
200-1	Condicionament de matèries primeres	12510	Alt-7
200-2	Reacció de l'òxid d'etilè	11710	Alt-7
200-3	Purificació de l'òxid d'etilè	5930	Alt-6
200-4	Eliminació del diòxid de carboni	2575	Mig-5
300	Manteniment	780	Baix-2
400	Sales de control	430	Baix-2
500	Laboratoris	1200	Mig-3
600	Serveis	6770	Alt-6
700	Tractament de residus	3695	Alt-6
800	Oficines, vestuaris i menjadors	1380	Mig-4
900	Pàrquing	450	Baix-2
1000	Bassa contra incendis	0	Baix-1

8.5 Mesures protectores contra incendis

Totes les àrees de la planta, estaran proveïdes per mesures protectores contra incendis. Algunes tindran més recursos que d'altres depenent de la naturalesa d'aquesta, és a dir, de l'àrea que ocupa, de la funció que realitza, dels equips que hi disposa, dels compostos químics que hi ha. En resum, aquests recursos estaran subjectes a la perillositat de causar danys majors.

El tipus de protecció pot ser de dues maneres: de forma activa o de forma passiva, tot i que solen ser complementàries.

8.5.1 Protecció activa contra incendis

La protecció activa contra incendis es centra en l'extinció del foc un cop s'ha produït i requereix de la detecció manual o automàtica per actuar.

- **Detecció humana:** la responsabilitat recau en la persona que està al lloc on es produeix l'incendi.
- **Detecció automàtica:** és la forma més ràpida d'actuació, ja que la responsabilitat no es centra en una persona, sinó a un sistema automatitzat. Sovint es deixa a un responsable en cas que aquest sistema arribés a fallar.

La protecció activa, recull el conjunt de medis, equips i sistemes instal·lats per alertar d'un incendi i evitar que es propagui.

- **Sistemes automàtics de detecció d'incendis**

Els conformen totes les instal·lacions fixes, capaços de detectar un incendi en els seus instants inicials i de comunicar-ho a la sala de control de forma automàtica i que, posteriorment, s'encarregarà de prendre les mesures necessàries. Aquest tipus de sistemes són bàsicament detectors: òptics de fum, tèrmics, termovelocimètrics, de flama, etc.



Figura 29: Diferents detectors automàtics [27].

- **Sistemes manuals de detecció d'incendis**

Els conformen totes les instal·lacions fixes, que tenen com a finalitat proveir a una persona la capacitat d'avisar mitjançant un senyal acústic de la presència d'un foc als altres treballadors i, a més, transmetre un altre senyal a la sala de control. Aquest tipus de sistema sol ser activat a través d'un polsador.



Figura 30: Polsador manual [28].

• **Agents extintors**

- **Aigua:** és l'agent més econòmic, de més fàcil obtenció i el més utilitzat. Combat els incendis amb el refredament, dilució, inertització i sufocació. Depenent de la forma d'actuació, s'aplicarà de la manera que correspongui (polvoritzada, nebulitzada o en forma de raig).
- **Diòxid de carboni:** és emprat per a sufocar focs, és a dir, per tractar d'aïllar el combustible del comburent. Aquest agent extintor és molt útil quan l'incendi és produït per líquids inflamables o focs elèctrics (incendis del tipus B i E), ja que no és conductor. Els gasos, al ser més pesats que l'aire, desplacen l'oxigen extingint així l'incendi.
- **Pols seca:** com l'agent anterior, aquest també actua sufocant el foc i trencant així la reacció en cadena. La pols química està formada d'una base de bicarbonat sòdic o potàssic, barrejat amb un compost hidròfob, el fosfat tricàlcic, que fa que millori les característiques extintores de la pols. En l'actualitat, s'empren dos tipus de pols seca. Primerament, el químic normal, que s'utilitza en focs del tipus B, C i E, i després hi ha el polivalent, que es fa servir en els de classe A.
- **Espumes:** n'hi ha de dos tipus, la química i la física. La primera no s'utilitza pel fet que presenta diferents desavantatges: és conductora de l'electricitat, es dissol en alcohols i té un impacte danyí contra els metalls. La segona és emprat per apagar focs de classe B. El problema de les espumes és que no es pot fer servir amb consonància d'un segon agent extintor com l'aigua, ja que aquesta la descompon. Les espumes actuen sobre el foc sufocant-lo tot i que i requereixen un cert perquè l'actuació sigui efectiva.
- **Substituts d'halons:** són emprats per apagar focs elèctrics, tanmateix poden sufocar focs de tipus A i B.

A la **Taula 6** s'expressa la qualitat de cada un dels agents extintors mencionats segons el tipus de foc que hi hagi. L'ordre de millor condició a pitjor és el següent; Molt adequat, Adequat, Bo, Acceptable, Nul (perillós) i Nul (molt perillós). Aquesta informació s'ha extret del Reial Decret 2267/2004, del 5 de novembre [26].

Taula 6: Qualitat dels agents extintors segons la classe de foc [26].

* = Per focs petits	Classe				
	A	B	C	D	E
Agent extintor					
Aigua (Polvoritzada)	Molt adequat	Acceptable	Nul	Nul	Nul (Perillós)
Aigua (Raig)	Adequat	Nul	Nul	Nul	Nul (Molt perillós)
CO ₂	Acceptable*	Acceptable*	Nul	Nul	Bo
Espuma Física	Adequat	Adequat	Nul	Nul	Nul (perillós)
Pols seca normal	Acceptable*	Bo	Bo	Nul	Bo
Pols seca polivalent	Adequat	Adequat	Adequat	Nul	Tensions <1000V
Substitut d'halons	Acceptable*	Acceptable*	Nul	Nul	Bo

- **Equips extintors**

- **Extintors**

Els extintors són equips que permeten evitar la propagació d'un foc en les seves fases inicials, evitant així un incendi major. Aquests hauran d'estar col·locats a una alçada màxima d'1.70 metres i hauran de ser fàcilment visibles i accessibles i hauran d'estar situats en els punts on hi hagi major risc de que s'iniciï un incendi. A les zones d'emmagatzemament, on s'hi operi de forma automàtica, o en les que l'activitat no permet l'accés de persones, es justificaria la no instal·lació d'extintors. Quan en un foc coexisteixin combustibles de classes A i B, només es considerarà exclusivament un d'ells si com a mínim el 90% de la càrrega és d'A o B. D'altra forma es considerarà A-B. A la **Taula 7** s'avalua la quantitat i qualitat d'extintors que es necessita una àrea en funció de la seva superfície i el grau de risc intrínsec.



Figura 31: Extintors portàtil [29].

Taula 7: Determinació de la dotació d'extintors portàtils en sectors d'incendi amb càrrega de foc aportada per un combustible de classe A [26].

Grau de risc intrínsec	Eficàcia mínima del extintor	Àrea màxima protegida del sector d'incendi
Baix	21A	Fins a 600 m (un extintor més per cada 200 m ²)
Mig	21A	Fins a 400 m (un extintor més per cada 200 m ²)
Alt	34A	Fins a 300 m (un extintor més per cada 200 m ²)

On 21 i 34 són un indicatiu numèric de la mida del foc que pot apagar.

- **Sistemes d'abastiment d'aigua contra incendis**

- **Boca d'incendi equipada (B.I.E)**

Aquest equip extintor consisteix en una instal·lació semi-fixe que utilitza aigua com agent extintor i es troba fix a la paret i connectat a la xarxa d'aigua. El B.I.E disposa de tot el necessari pel seu ús: una mànega, una debanadora, una vàlvula i una llança. Té un avantatge respecte altres equips com els

extintors, és inesgotable. S'instal·laran sistemes de boques d'incendi equipades en els sectors d'incendi dels establiments industrials si:

- Estan localitzats en edificis de tipus A i la seva superfície total construïda és de 300 m² o superior.
 - Estan ubicats en edificis de tipus B, el seu nivell de risc intrínsec és mitjà i la seva superfície total construïda és de 500 m².
 - Estan situats en edificis de tipus B, el seu nivell de risc intrínsec és alt i la seva superfície total construïda és de 200 m².
 - Estan ubicats en edificis de tipus C, el seu nivell de risc intrínsec és mitjà i la seva superfície total construïda és de 1.000 m².
 - Estan localitzats en edificis de tipus C, el seu nivell de risc intrínsec és alt i la seva superfície total construïda és de 500 m² o superior.
 - Són establiments de configuracions de tipus D o E, el seu nivell de risc intrínsec és alt i la superfície ocupada és de 5.000 m² o superior.
- * En zones on l'activitat no permet l'accés de persones, podrà justificar-se la no instal·lació d'aquest equip.

La xarxa de canonades haurà de proporcionar, com a mínim, durant una hora, en la hipòtesi de funcionament simultani de les dues BIE hidràulicament més desfavorables, una pressió dinàmica mínima de 2 bar en l'orifici de sortida de qualsevol BIE [26].



Figura 32: Boca d'incendi equipada (B.I.E) [30].

- Ruixadors o sprinklers

Normalment, formen part d'un sistema contra incendis que es basa en una xarxa de canonades que tenen una reserva d'aigua per al seu subministrament. Generalment, s'activen al detectar temperatures elevades o el fum del mateix incendi. Tenen com a objectiu controlar un incendi evitant la seva propagació.



Figura 33: Ruixador o Sprinkler [31].

- Polvoritzadors

Els sistemes d'extinció per aigua polvoritzada es diferencien dels sistemes de ruixadors anteriors, en que no disposen de cap dispositiu que alliberi l'orifici de la boca polvoritzadora, ja que l'orifici ja està obert.

Els sistemes d'aigua polvoritzada, a l'igual que els ruixadors automàtics, són un mètode d'extinció per refredament i sufocació. La diferència és que els sistemes d'extinció per aigua polvoritzada destaquen per la seva activació immediata, l'absència de problemes de toxicitat i el respecte pel medi ambient, a més de servir eficaçment contra una gran varietat d'incendis [32].

- Hidrants

Són els encarregats de proveir aigua en cas que els bombers o els serveis d'emergència manquin de disponibilitat. Consisteixen en un aparell hidràulic capaç de proporcionar l'aigua necessària en cas d'haver-hi un incendi, les quals solen estar connectats a l'exterior dels edificis i han d'estar degudament senyalitzats. Poden estar connectats a la xarxa d'aigua o a una reserva especialment per a combatre incendis.

- **De columna humida:** s'utilitzen en llocs on no hi ha risc de col·lisió amb vehicles o gelada. També, ofereixen l'avantatge que no estan enterrats, sent més fàcil el seu accés en cas d'incendi.

- **De columna seca:** aquest tipus d'hydrant, es buida per complet una vegada és utilitzat, protegint d'aquesta manera a l'equip contra les gelades. A més, estan enterrats parcialment, i això proporciona una característica d'interès en la seva col·locació en llocs, on hi hagi trànsit de vehicles, que el poguessin activar en cas de col·lisió.
- **D'arqueta:** es troben totalment enterrats i es col·loquen quan hi ha una falta d'espai, un perill de gelades o si s'ha de posar en mig d'un camí transitable per vehicles. Presenten un cabal menor que els altres hydrants i la dificultat que per accedir a ells s'ha d'aixecar una tapa.



Figura 34: Tres tipus d'hydrants [33].

8.5.1.1 Càlcul de la necessitat d'aigua contra incendis

Primer s'haurà de consultar la ITC MIE APQ-1 [18], ITC MIE APQ-2 [9], els articles referents a la protecció contra incendis i el Reial Decret 2267/2004, del 3 de desembre [26].

*“Los almacenamientos de superficie con capacidades globales superiores a las del apartado 2 (60 [m³]) de este artículo deberán disponer de una red de agua contra incendios con abastecimiento y acometida exclusiva para este fin. Los diámetros de tuberías se calcularán de modo que garanticen los caudales requeridos con una presión manométrica mínima, en cualquier punto de la red, de 7 [bar]. Recipientes a presión o almacenamientos elevados. Deberá disponerse de un volumen de agua suficiente para los máximos caudales requeridos para la completa protección de la zona afectada por el incendio y sus alrededores durante un período mínimo de: **Tres horas** para capacidades de almacenamiento superiores a 200 [m³] para líquidos de la clase A. Para los almacenamientos de superficie con capacidad superior a 200 [m³] para líquidos de la clase A el mínimo caudal será de 100 [m³/h]” [18].*

Taula 8: Necessitats d'aigua per hidrants exteriors [26].

Configuració del establiment industrial	Nivell de risc intrínsec					
	Baix		Mig		Alt	
Tipus	Cabal (L/min)	Autonomia (min)	Cabal [L/min]	Autonomia [min]	Cabal [L/min]	Autonomia [min]
A	500	30	1000	60	-	-
B	500	30	1000	60	1000	90
C	500	30	1500	60	2000	90
D i E	1000	30	2000	60	3000	90

Quan en un establiment industrial, constituït per configuracions de tipus C, D o E, i que hi hagi emmagatzematges de productes combustibles a l'exterior, els cabals indicats a la taula s'han d'incrementar en 500 [L/min].

$$Q_{hidrants} = Q + Q_{extra} \quad (3)$$

$$Q_{hidrants} = 3000 \frac{L}{min} + 500 \frac{L}{min} = 3500 \frac{L}{min} = 210 \frac{m^3}{h}$$

$$Reserva_{hidrants} = 210 \frac{m^3}{h} \cdot 3 \text{ hores} = 630 m^3$$

Taula 9: Necessitats d'aigua per BIE [26].

Nivell de risc intrínsec de l'establiment industrial	Tipus de BIE	Simultaneïtat	Autonomia [min]
Baix	DN 25 mm	2	60
Mig	DN 45 mm	2	60
Alt	DN 45 mm	3	90

$$Q_{BIE} = \left(\frac{\Pi}{4} \cdot D^2 \right) \cdot v_{tipicaH_2O} \quad (4)$$

$$Q_{BIE} = \left(\frac{\Pi}{4} \cdot 0.045^2 m^2 \right) \cdot 2 \frac{m}{s} = 11.45 \frac{m^3}{h} \cdot 3 \text{ simulataneïtat} = 34.35 \frac{m^3}{h}$$

$$Reserva_{BIE} = 34.35, \frac{m^3}{h} \cdot 3 \text{ hores} = 103.05 m^3$$

“Excepto para recipientes enterrados, se dispondrá adicionalmente de instalaciones de protección contra incendios con agua. Se considerarán los siguientes caudales mínimos de agua: 1. Para refrigeración mediante boquillas pulverizadoras de recipientes e intercambiadores: 1.333 por 10^{-4} metros cúbicos por segundo (8 litros/min) por cada metro cuadrado de superficie exterior del equipo, se tomará la superficie lateral en los cilindros de eje vertical” [9].

$$Q_{pulveritzadors} = Q_{ITC2} \cdot area_{lateral} \quad (5)$$

$$Q_{pulveritzadors} = 1.333 \cdot 10^{-4} \frac{m^3}{s} \cdot 246.32 m^2 = 0.032883 \frac{m^3}{s} = 118.20 \frac{m^3}{h}$$

$$Q_{pulveritzadors} = 118.20 \frac{m^3}{h} \cdot 6 \text{ tancs emmagatzematge} = 709.24 \frac{m^3}{h}$$

$$Reserva_{pulveritzadors} = 709.24 \frac{m^3}{h} \cdot 3 \text{ hores} = 2127.72 m^3$$

Amb aquest càlcul realitzat pels equips preparats per apagar un incendi i que la seva font d'aigua serà la bassa que es troba a l'àrea 1000, podem saber la reserva d'aigua total:

$$Reserva_{total} = 630 m^3 + 103.05 m^3 + 2127.72 \frac{m^3}{h} = 2860.77 m^3$$

L'àrea de la bassa contra incendis és de $1344.56 m^2$, sabent que la bassa ha de tenir un volum de $2860.77 m^3$, es pot determinar que la profunditat d'aquesta bassa és de 2.12 metres (40x33x2.1)m.

Pel sistema de bombeig, es necessitarà un sistema de bombes capaces de donar un cabal de:

$$Q_{total} = 210 \frac{m^3}{h} + 34.35 \frac{m^3}{h} + 709.24 \frac{m^3}{h} = 953.59 \frac{m^3}{h}$$

Per complir aquesta demanda, s'ha optat per instal·lar un sistema de bombes de la sèrie AF GS, que estan especialment dissenyades per cobrir les necessitats de mitjanes i grans instal·lacions proveïdes amb: hidrants, BIE, ruixadors, etc. Aquesta sèrie consta d'una o diverses bombes principals més una d'auxiliar [34]. A continuació, es pot veure a la fulla d'especificació d'aquest sistema d'impulsió.



FULL 1 DE 1	<h1>Bomba contra incendis</h1>
	
REVISAT PER: Departament d'Enginyeria	ÀREA: 1000
DATA: 05 / 05 / 2020	PLANTA: Ranoxi
APROVAT PER: Direcció General	UBICACIÓ: Tarragona
DADES GENERALS	
DENOMINACIÓ:	Bomba radial amb doble succió
FINALITAT:	Abastir els equips de protecció contra incendis
PROVEÏDOR:	EBARA
MODEL:	SÈRIE AF GS
DADES DE DISSENY	
TEMPERATURA MÀXIMA [°C]:	40
TEMPERATURA D'OPERACIÓ:	Ambient
PRESSIÓ MÀXIMA [bar]:	15
CABAL MÀXIM [m³/h]:	1000
	

Figura 35: Serie AF GS.

8.5.2 Protecció passiva contra incendis

Són tots aquells materials, sistemes i tècniques dissenyades per dificultar l'aparició d'un incendi o bé per evitar la seva propagació, de forma que la vida de les persones i els béns materials no es posin en perill i són les següents:

- **Sistemes de protecció passiva**

- **Ignifugació:** es basa en un tractament en el que s'aplica un element ignífug a un que no ho és, per tal d'evitar completament la propagació de la flama i del fum per combustió.
- **Pintures intumescentes:** són pintures que poden resistir fins als 600°C. Aquestes s'inflen amb el calor generant una espuma capaç d'aïllar la superfície.
- **Recobriments:** es basen en aplicar recobriments que actuen com aïllants tèrmics.

- **Soluciones de protecció passiva**

- **Protecció d'estructures metàl·liques.**
 - **Divisions i compartiments:** la compartimentació evita la propagació del foc d'un sector a un d'altre.
 - **Conductes de ventilació:** poden evitar la propagació del foc i del calor. Eviten, a més, la intoxicació per inhalació de fum durant un incendi.
 - **Segellat:** consisteix en segellar tots els forats de tots els passos de canonades combustibles i no combustibles, de les juntes, dels cables, etc.
 - **Protecció de safates de cables:** es basa en una protecció pels cables de la instal·lació elèctrica destinada a que els serveis utilitzats per dur a terme una evacuació en un incendi funcionin.
- **Portes i cortines tallafocs:** simplement funcionen com una barrera que evita la propagació del foc.
 - **Senyalització:** sistema pel qual es facilita l'evacuació encara en absència total de llum, indicant les sortides d'emergència, equips de protecció contra incendis, riscos específics, etc.

8.6 Plànol de protecció d'incendis de la planta

A la **Figura 36**, es pot veure la distribució dels elements de protecció contra incendis en les diferents àrees de la planta.



Figura 36: Distribució dels equips de protecció contra incendis.

9 Il·luminació i Seguretat elèctrica

9.1 Il·luminació

La indústria està en constant evolució, i les tècniques de producció també. Per a continuar sent competitives, les empreses han d'invertir en noves tecnologies que proporcionin condicions de treball òptimes als operaris.

La il·luminació en magatzems i en grans plantes de fabricació és un factor clau per a augmentar la seguretat i la comoditat dels empleats, i així millorar la qualitat de la producció. La il·luminació dels llocs de treball haurà de permetre que els treballadors disposin de condicions de visibilitat adequades per a poder circular pels mateixos i desenvolupar en ells les seves activitats sense risc per a la seva seguretat i salut [35].

En el Reial Decret 486/1997, de 14 d'abril, pel qual s'estableixen les disposicions mínimes de seguretat i salut als llocs de treball, en l'Annex IV s'indica les següents disposicions que ha de complir la il·luminació dels llocs de treball [36]:

1. La il·luminació de cada zona o part d'un lloc de treball haurà d'adaptar-se a les característiques de l'activitat que s'efectui en ella, tenint en compte els riscos per a la seguretat i salut dels treballadors dependents de les condicions de visibilitat i les exigències visuals de les tasques desenvolupades.
2. Sempre que sigui possible, els llocs de treball tindran una il·luminació natural, que haurà de complementar-se amb una il·luminació artificial quan la primera, per si sola, no garanteixi les condicions de visibilitat adequades. En tals casos s'utilitzarà preferentment la il·luminació artificial general, complementada al seu torn amb una localitzada quan en zones concretes es requereixin nivells d'il·luminació elevats.
3. Els nivells mínims d'il·luminació dels llocs de treball seran els establerts en la següent taula:

Taula 10: Nivells mínim d'il·luminació.

Zona o part del lloc de treball (*)	Nivell mínim d'il·luminació [lux]
1. Baixes exigències visuals	100
2. Exigències visuals moderades	200
3. Exigències visuals altes	500
4. Exigències visuals molt altes	1000
Àrees o locals d'ús ocasional	50
Àrees o locals d'ús habitual	100
Vies de circulació d'ús ocasional	25
Vies de circulació d'ús habitual	50

(*) El nivell d'il·luminació d'una zona en la qual s'executi una tasca es mesurarà a l'altura on aquesta es realitzi; en el cas de zones d'ús general a 85 cm del sòl i en el de les vies de circulació a nivell del sòl.

4. Els llocs de treball, o part d'aquests, en els quals una fallada de l'enllumenat normal suposi un risc per a la seguretat dels treballadors disposaran d'un enllumenat d'emergència d'evacuació i de seguretat.
5. Els sistemes d'il·luminació utilitzats no han d'originar riscos elèctrics, d'incendi o d'explosió, complint, a aquest efecte, el que es disposa en la normativa específica vigent.
6. La distribució dels nivells d'il·luminació serà el més uniforme possible.
7. Es procurarà mantenir uns nivells i contrastos de luminància adequats a les exigències visuals de la tasca, evitant variacions brusques de luminància dins de la zona d'operació i entre aquesta i els seus voltants.

8. S'evitaran els enlluernaments directes produïts per la llum solar o per fonts de llum artificial d'alta luminància. En cap cas aquestes es col·locaran sense protecció en el camp visual del treballador.
9. S'evitaran, així mateix, els enlluernaments indirectes produïts per superfícies reflectores situades a la zona d'operació o les seves proximitats.
10. No s'utilitzaran sistemes o fonts de llum que perjudiquin la percepció dels contrastos, de la profunditat o de la distància entre objectes en la zona de treball, que produeixin una impressió visual de intermitència o que puguin donar lloc a efectes estroboscòpics.

9.2 Seguretat elèctrica

A la indústria, és necessari disposar d'unes instal·lacions elèctriques adequades que permetin que el procés productiu es desenvolupi amb total normalitat. La maquinària requerida en aquests espais consumeix gran quantitat de recursos elèctrics, i per això és necessari que es realitzin escomeses elèctriques a gran escala que permetin que tots els elements funcionin a la perfecció.

El risc elèctric, que també s'explica a l'apartat de principals riscos i accidents de la indústria, és aquell susceptible de ser produït per instal·lacions elèctriques, parts d'aquestes, i qualsevol dispositiu elèctric baix tensió, amb potencial de mal suficient per a produir fenòmens d'electrocució i cremades [37].

Els accidents produïts per l'electricitat són generalment deguts a:

- **Contacte directe:** Per contacte directe s'entén la posada en contacte d'una part del cos del treballador o usuari i una peça o element conductor habitualment sota tensió elèctrica (part activa), bé perquè aquesta part activa és accessible o per possibles fallades d'aïllament.
- **Contacte indirecte:** S'entén per contacte indirecte el contacte amb parts o elements metàl·lics accidentalment posats sota tensió a conseqüència d'un defecte d'aïllament.
- **Arc elèctric:** Produïdes per la unió de 2 punts a diferent potencial mitjançant un element de baixa resistència elèctrica.

9.2.1 Factors que intervenen en el risc elèctric

Els principals factors que intervenen en els accidents elèctrics són els factors tècnics i humans, i es poden classificar en [38]:

- **Factors Tècnics:**

- Intensitat del corrent que passa pel cos humà.

A partir de 8 mA es produeixen contraccions musculars i tetanització de mans i braços. Entre 30 i 50 mA, es produeix fibril·lació ventricular si el corrent passa per la regió cardíaca.

- Temps d'exposició al risc.

A major temps d'exposició al corrent, majors són les conseqüències.

- Trajectòria del corrent elèctric pel cos humà.

La gravetat de l'accident estarà condicionada per la trajectòria del corrent elèctric a través del cos. Aquesta trajectòria pot ser (**Figura 37**):

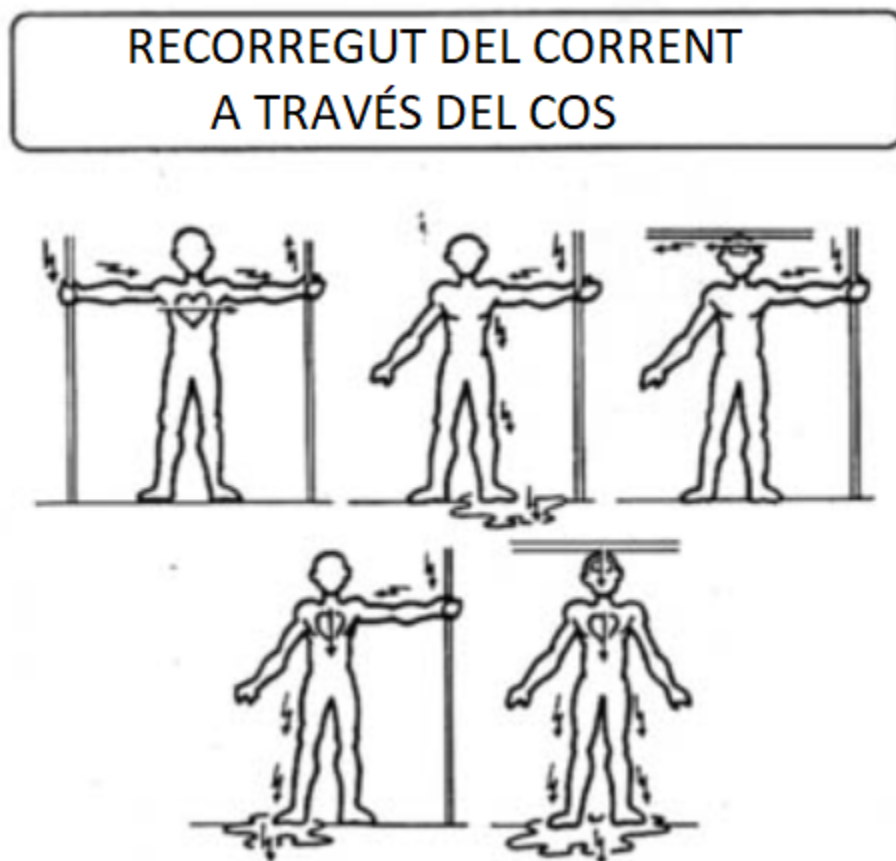


Figura 37: Trajectòries del corrent elèctric pel cos humà [39].

- Naturalesa del corrent (alterna/contínua).

El corrent continu, en general, no és tan perillós com l'altern. Encara que depèn d'altres factors.

- Resistència elèctrica del cos humà.

Una menor resistència a l'electricitat produeix un conseqüent augment de la intensitat de corrent, i a més, els efectes negatius augmenten.

- Tensió aplicada. Com més gran sigui la tensió, major podrà ser el valor del corrent elèctric, és a dir, una tensió de 380 V és més perillosa que una de 220 V [39].

- **Factors Humans:**

- Edat.
- Malalties.
- Sexe.
- Estat emocional.
- Professió habitual.
- Experiència, etc.

9.2.2 Mesures preventives front el risc elèctric

Primerament, la seguretat absoluta contra riscos elèctrics no existeix. No obstant això, és necessari minimitzar els seus efectes, tractant de corregir les causes originadores de fallades, per a obtenir major seguretat.

Les mesures de seguretat contra riscos elèctrics poden classificar-se en [39]:

- **Mesures informatives:**

Són aquelles que, d'alguna manera, fan conèixer l'existència de risc, com:

- Instrucció del personal.

Tota persona que faci treballs elèctrics haurà de ser especialitzada i coneixerà perfectament els perills que comporta el seu maneig i manera d'evitar-los.

- Normes de seguretat.

A part de les de caràcter general com són l'Ordenança de Seguretat i Higiene en el Treball i els Reglaments Electrotècnics, han d'existir altres de caràcter específic per a cada tipus d'indústria o d'obra, que complementin, en cada cas, les assenyalades.

- **Mesures de protecció:** Són aquelles l'objectiu de les quals és protegir a l'individu dels riscos elèctrics. Es poden dividir en:

- Mesures de protecció incorporades a la instal·lació.
- Mitjans de protecció personal, com els EPI's, catifes aïllants, etc.

Els equips i instal·lacions hauran de ser projectats de manera que el risc de xoc elèctric en ús normal o en condicions de primera fallada, sigui el menys probable possible.

9.2.3 Equips de protecció individual per realitzar treballs amb risc elèctric

A continuació s'exposen les característiques dels equips de protecció individual per realitzar treballs amb risc elèctric [39]:

- Atès que els treballadors que s'exposen a riscos elèctrics poden veure's afectats per l'elevada temperatura de l'arc elèctric accidental, la roba de treball d'aquests haurà de ser ininflamable.
- Per a fer els treballs en les instal·lacions elèctriques, tant en les proximitats d'elements en tensió com en la manipulació de fusibles, aparellatge, etc., i com a mesura bàsica de protecció contra l'arc elèctric accidental, els treballadors hauran d'utilitzar guants resistents a la flama. En els treballs de tensió serà necessària la utilització d'aquests guants juntament amb els guants aïllants.
- Els EPI's per protegir els ulls contra els efectes aguts o crònics de les fonts de relacions ultraviolades, hauran d'absorbir o reflectir la major part de l'energia radiada en longituds d'ones nocives, sense alterar per això excessivament la transmissió de la part no nociva de l'espectre visible, la percepció dels contrastos i els colors.
- Els EPI's per protegir totalment o parcialment el cos contra els efectes del corrent elèctric, tindran un grau d'aïllament adequat a les calors de les tensions a les quals l'usuari pugui exposar-se en les condicions més desfavorables predictibles.

10 Primers auxilis

A continuació es mostren els coneixements fonamentals perquè treballadors i treballadores puguin prestar ajuda eficaç quan es produeixi un accident laboral, ja que, encara que es segueixin les pautes de seguretat mostrades al llarg del capítol de seguretat, mai es redueixen els accidents laborals al 100% en una indústria.

Aquests coneixements capaciten al personal a tenir un major rigor a l'hora d'intervenir quan es produeix un accident, reduint-se així el perill o la possibilitat d'agreujament de les lesions produïdes i fins i tot la mort.

10.1 Premissa P.A.S

Davant un accident o una situació d'urgència es pot actuar sempre que es coneguin els principis bàsics. S'ha d'actuar si es té seguretat del que es farà i és preferible no fer res si es tenen dubtes, perquè és possible que l'auxili prestat no sigui l'adequat i que contribueixi a agreujar a l'accidentat. En el cas que es disposi dels coneixements suficients i es decideixi procedir, l'ordre a seguir és el mostrat a continuació, el qual correspon a la premissa P.A.S.

1. Protegir

En primer lloc t'has de protegir a tu mateix i després a l'accidentat. Tot seguit, determinar els possibles perills, ja que, si es senyalitza el lloc de l'accident, es poden evitar nous possibles accidents. Només es desplaçarà l'accidentat en el cas que hi hagi perill per ell, sempre mantenint recte l'eix cap-coll-tronc, si existeix lesió a l'esquena.

2. Alertar

S'ha de trucar al telèfon d'urgències corresponent indicant el número i l'estat de ferits, si existeixen factors que puguin agreujar l'accident i el lloc exacte on s'ha produït l'accident.

3. Socórrer

Parlar a l'accidentat per veure si està conscient, comprovar si respira, si es creu que el cor no batega s'ha de prendre el pols a l'artèria caròtide situada al lloc. Tot seguit, actuar.

10.2 Principis generals

Els principis generals a tenir en compte en un accident són els mostrats a continuació.

- Mantenir la calma, transmetre tranquil·litat i confiança a l'accidentat.
- Avaluar el lloc de l'accident. Atendre als accidentats més greus i avaluar si hi ha altres riscos imminents.
- Només si és imprescindible, moure a l'accidentat amb molta precaució. S'haurà de moure només per protegir-lo d'un nou accident, per evitar l'agreujament de les seves ferides o per poder aplicar els primers auxilis.
- Examinar a l'accidentat, revisar si respira, si té pols, si té alguna fractura o cremada o si ha perdut el coneixement.
- No fer més que l'imprescindible. És millor no portar a terme les tècniques de primers auxilis si no s'està capacitats, ja que és possible que l'auxili no sigui l'adequat i contribueixi a agreujar la condició de la persona en qüestió.

- Mantenir a l'accidentat calent, si fa fred és essencial tapar-lo amb una manta o amb qualsevol ítem que compleixi la funció com una jaqueta o un abric.
- No donar beure a una persona inconscient, es podria ofegar.
- Tranquil·litzar a la víctima, parlar-li, preguntar-li preguntes senzilles amb resposta fàcils. Informar-la que els serveis d'urgències han estat avisant i mai deixar que vegi les seves ferides, ja que això augmentaria la seva ansietat.
- No deixar sol a l'accident sota cap circumstància, el seu estat es podria agreujar en qualsevol moment.

10.3 Material i locals de primers auxilis

El Reial Decret 486/1997, de 14 d'abril, pel qual s'estableixen les disposicions mínimes de seguretat i salut en els llocs de treball [36], mostra els següents punts a complir per les empreses pel que fa al material i als locals de primers auxilis:

- Els llocs de treball disposaran de material per a primers auxilis en cas d'accident, que haurà de ser adequat, quant a la seva quantitat i característiques, al nombre de treballadors, als riscos als quals estiguin exposats i a les facilitats d'accés al centre d'assistència mèdica més pròxim.
- La localització o distribució del material en el lloc de treball i les facilitats per a accedir al mateix i per a desplaçar-ho al lloc de l'accident, hauran de garantir que la prestació dels primers auxilis pugui realitzar-se amb la rapidesa que requereixi el tipus de mal previsible.
- Tot lloc de treball haurà de disposar, com a mínim, d'una farmaciola portàtil que contingui desinfectants i antisèptics autoritzats, gases estèrils, cotó hidròfil, bena, esparadrap, apòsits adhesius, tisores, pinces i guants d'un sol ús.
- El material de primers auxilis es revisarà periòdicament i s'anirà reposant tan aviat com caduqui o sigui utilitzat.
- Els llocs de treball de més de 50 treballadors hauran de disposar d'un local destinat als primers auxilis i altres possibles atencions sanitàries. També hauran de disposar del mateix els llocs de treball de més de 25 treballadors per als quals així ho determini l'autoritat laboral, tenint en compte la perillositat de l'activitat desenvolupada i les possibles dificultats d'accés al centre d'assistència mèdica més pròxim.
- Els locals de primers auxilis disposaran, com a mínim, d'una farmaciola, una llitera i una font d'aigua potable.
- El material i locals de primers auxilis hauran d'estar clarament senyalitzats.

11 Pla d'emergència interna (PEI)

El pla d'emergència té com a objectiu fer front a les emergències causades per accidents greus amb substàncies perilloses prèviament analitzats, classificats i majoritàriament avaluats. En ell s'estableix l'esquema de coordinació de les autoritats, organismes i serveis cridats a intervenir, els recursos humans i materials necessaris per a la seva aplicació i les mesures de protecció més idònies.

El document PLASEQCAT, recull totes les especificacions del pla d'emergència del sector químic de Catalunya [40] [41]. Es pot considerar que l'abast territorial del PLASEQCAT és tot el territori català. Pel que fa a l'abast industrial, el PLASEQCAT es pot activar en qualsevol tipus d'establiment industrial, quan es produeixi un accident que requereixi l'aplicació de mesures de protecció a la població i en el què es vegin involucrades substàncies perilloses.

La planta de producció de l'òxid d'etilè, es considera que té un nivell superior de perillositat. Això és degut a que es treballa amb etilè i òxid d'etilè. Per aquest motiu i segons el Reial decret 1254/99, totes aquelles empreses que treballin amb substàncies perilloses estaran obligades a elaborar un pla d'emergència intern.

11.1 Estructura del pla d'emergència intern

El pla d'emergència ha de tindre una estructura concreta, aquesta compta amb els següents punts:

- 1. Identificació dels accidents:** Existeixen 3 categories d'accidents diferents, segons la gravetat d'aquest.
 - Categoria 1: Aquest accidents provoquen una única conseqüència de danys a materials i/o instal·lacions, només interiors.
 - Categoria 2: Aquests accidents provoquen danys materials i possibles víctimes humanes internes. Els danys exteriors són mínims.
 - Categoria 3: Accidents que provoquen possibles víctimes, danys materials i conseqüències greus en el medi ambient.
- 2. Procediments d'actuació:** Aquests procediments dependran del tipus d'accident, com per exemple:
 - Fuga de gasos tòxics, irritants o corrosius
 - Incendi
 - Explosió (Bleve)
- 3. Determinació de la direcció en cas d'emergència:** Cal determinar el personal encarregat de la direcció de les actuacions en cas d'emergència.

4. **Operativitat:** A més a més, és important la determinació de grups per a cadascuna de les actuacions per garantir una bona organització.
5. **Interfase amb el pla d'emergència externa:** En cas d'un accident greu on hi hagi conseqüències a l'exterior, s'han de definir els procediments que cal seguir.
6. **Fi de l'emergència.**

11.2 Implementació

La implementació es produeix en el moment que s'aprova el pla d'emergència. Aquesta consisteix en la realització de les següents tasques:

- Informar els membres del consell assessor de l'estructura del pla, de la seva operativitat i de les funcions de cada membre en cas de que s'activi.
- Determinar les aportacions per part de la direcció general de Protecció Civil i les conseqüències de la incorporació del pla.
- Realització d'una proposta d'estructuració del grup depenent de les seves funcions, per part de cada cap de grup d'actuació.
- El pla d'emergència té un pla d'actuació per a cada grup que conté les funcions assignades. Aquest pla d'actuació ha d'incloure les dades necessàries per tal que aquest document especifiqui les accions que cal realitzar, amb quins mitjans, i com i qui ho farà. El pla d'actuació serà entregat a la Direcció General de Protecció Civil i aquesta comprovarà que no hi hagi interferències operatives ni descoordinació entre grups ni amb la resta de l'estructura del pla.
- Formació específica als components dels grups en funció de les seves tasques en el pla. Aquesta fase es realitza durant la implantació dels plans i s'actualitza durant tota la vida del pla d'emergència (Manteniment del Pla).
- Comprovació del funcionament i operativitat del pla d'emergència. Aquesta comprovació es realitza a través d'un programa d'exercicis i simulacres que s'ha d'acordar amb els caps dels grups d'actuació i ha d'aprovar el director del pla d'emergència.
- La Generalitat amb l'ajuntament i amb l'empresa afectada pel pla seran els encarregats d'informar a la població. D'una banda s'informa del risc potencial de l'empresa, dels seus sistemes de seguretat, i d'altra banda de les actuacions més adequades davant d'una emergència així com els mitjans i recursos al seu abast.

11.3 Actualització i revisió

Per mantenir l'operativitat del pla en qualsevol moment cal treballar tres aspectes diferents:

1. Formació periòdica continuada als integrants del pla.
2. Comprovacions del pla mitjançant exercicis i simulacres.
3. Revisions periòdiques del pla que seran necessàries quan es produeixin modificacions a les instal·lacions, a les estructures dels grups actuant, a la xarxa viària, etc.

Com les circumstàncies canvien, el pla haurà de tindre una sèrie de revisions, independents de les actualitzacions, que vindran determinades per: modificacions importants dels riscos i pel termini de vigència previst. A més del pla, es preveuen les comprovacions periòdiques dels equips adscrits al Pla d'Emergència Exterior, donat que cada equip està adscrit a algun responsable dels grups d'actuació o d'altres organismes que participen en el pla. Els detalls del manteniment són específics per a cada equip i responsable.

11.4 Activació

Els accidents es poden classificar en categories, els accidents greus que poden implicar danys i víctimes a l'interior (categoria 2) i aquells accidents que poden causar danys importants i víctimes a l'exterior (categoria 3). El Plaseqcat s'activarà en emergència sempre davant d'un accident de categoria 2 o 3. El nivell de resposta el determinarà el Director del Pla segons l'accident i la seva possible evolució. En l'activació del pla en emergència cal avisar a tot el personal adscrit al pla per tal d'engegar els mecanismes de resposta previstos: la notificació de l'accident és rebuda en primer lloc pels Bombers i en segon lloc pel CECAT.

A continuació es troba el procediment per a l'activació del pla d'emergència:

- Els Bombers mobilitzen els recursos propis que considerin.

El CECAT amb la informació rebuda i amb caràcter general haurà de:

- Confirmar la sortida dels Bombers.
- Confirmar la trucada de la indústria.
- Avisar als components dels grups d'ordre i logístic, sanitari i control ambiental.
- Notificar l'accident al Director del pla que declararà l'activació del pla en accidents de categoria 2 o 3.

- Notificar l'accident al segon membre del Comitè de Direcció.
- Avisar de l'activació formal del pla als caps dels grups d'actuació.
- Avís als ajuntaments afectats. Activació dels PAM dels municipis afectats, segons la categoria, tipus d'accident i condicions meteorològiques
- Constituir el Gabinet d'informació.
- Activar la resta del Consell Assessor (els caps de grup d'actuació ja han estat avisats).
- Contactar amb informació meteorològica.
- Alertar, si s'escau, altres entitats integrades en la estructura del pla.
- Avisar a empreses possiblement afectades.
- Carreteres i autopistes.
- En cas que es produeixi algun accident que, malgrat no afecti a municipis veïns, la població d'aquests el pugui percebre, s'avisarà als ajuntaments d'aquests municipis.

11.5 Mesures de protecció a la població

Les mesures de protecció per a la població dependran de la gravetat de l'accident. Per determinar la magnitud del accident, el director del pla disposarà de tres fonts d'informació:

1. La procedent de la pròpia empresa afectada.
2. La facilitada pels actuants: grup d'intervenció i grup de control ambiental especialment.
3. El PLASEQCAT i quan sigui necessari, el sector de risc corresponent.

A continuació es recullen les diferents mesures de protecció per a la població que contempla el pla d'emergència:

- **Sistema d'avisos:** té com a principals objectius alertar i informar a la població, assegurar l'autoprotecció i disminuir les conseqüències de l'accident.
- **Confinament:** consisteix en el refugi de la població en els seus propis domicilis o en altres edificis de tal forma que quedi protegida dels efectes de l'accident.
- **Evacuació** és una mesura que pot ser necessària puntualment en alguna de les zones afectades per evitar els efectes d'alguns dels accidents possibles. Perquè sigui eficaç cal que sigui ràpida i ordenada.

- **Control d'accessos:** té com a objectiu controlar les entrades i sortides de persones i vehicles, amb la finalitat de limitar al màxim els possibles efectes negatius en cas d'accident.
- **Informació a la població durant l'emergència:** el nivell d'informació per a la població dependrà de la categoria de l'accident i de la seva finalitat concreta.


12 Anàlisi de riscos

L'anàlisi de riscos o HAZOP (Hazard and Operability studies) es realitza amb l'objectiu d'identificar les possibles desviacions que es podrien donar en el procés i detectar els possibles perills generats en conseqüència. Durant l'estudi es verifica que les mesures de protecció tingudes en compte per al procés són les adequades i, en el cas que sigui necessari, es defineixen les mesures de protecció que caldria afegir per a la correcta seguretat de la planta.

Abans d'iniciar l'anàlisi s'ha definit l'abast del sistema. En aquest cas s'ha realitzat l'estudi per a cadascun dels equips principals del procés: reactors, columnes d'absorció, columnes de destil·lació, columna flash, bescanviadors, tancs d'emmagatzematge, bombes i compressors. Per a cadascun dels equips s'han estudiat els possibles perills que es podrien donar a causa de canvis en la pressió, el cabal, la temperatura, el nivell i el manteniment dels equips, entre d'altres. S'han analitzat les possibles causes i conseqüències, i s'ha establert l'acció a dur a terme per solucionar el possible perill.

A l'hora de realitzar l'anàlisi, aquest s'ha estructurat mitjançant les següents paraules claus:

- **No:** absència total de la variable.
- **Més:** augment quantitatiu de la variable.
- **Menys:** disminució quantitativa de la variable.
- **A demés de:** augment qualitatiu de la variable.
- **Invers:** s'aconsegueix l'invers a l'establert.
- **Part de:** activitat diferent de l'establerta.

	ANÀLISI DE RISCOS: Reactor			Full 1/6
	Planta de producció d'òxid d'etilè			Ubicació: Polígon Industrial Gasos Nobles, Tarragona
Paraula clau	Variable	Causa	Conseqüència	Acció
No	Cabal de refrigeració	Fallada del servei del fluid refrigerant	La temperatura i pressió del reactor augmenten, perill de reacció descontrolada	Aturar l'entrada de reactius al reactor, alliberar pressió de manera controlada cap als punts de tractaments de gasos.
		Fallada de la vàlvula de control		Fer ús del by-pass, aturar l'entrada de reactius al reactor i alliberar pressió de manera controlada cap als punts de tractaments de gasos i canviar la vàlvula.
		Fallada del llaç de control		Fer ús del by-pass, aturar l'entrada de reactius al reactor i alliberar pressió de manera controlada cap als punts de tractaments de gasos i arreglar el llaç de control.
		Fallada de les bombes		Fer ús del by-pass, aturar l'entrada de reactius al reactor i alliberar pressió de manera controlada cap als punts de tractaments de gasos i canviar les bombes afectades.
		Trencament/Obstrucció completa de canonades		Fer ús del by-pass, aturar l'entrada de reactius al reactor i alliberar pressió de manera controlada cap als punts de tractaments de gasos i solucionar el problema de les canonades.

**ANÀLISI DE RISCOS: Reactor**

Full 2/6

Planta de producció d'òxid d'etilè

Ubicació: Polígon Industrial
Gasos Nobles, Tarragona

Paraula clau	Variable	Causa	Conseqüència	Acció
No	Cabal aliment	Fallada del subministrament de matèries primeres	La temperatura i pressió del reactor disminueixen	Alliberar pressió de manera controlada cap als punts de tractaments de gasos i preparar les instal·lacions per una purga i inertització del sistema.
		Fallada de la vàlvula de control		Alliberar pressió de manera controlada cap als punts de tractaments de gasos i preparar les instal·lacions per una purga i inertització del sistema i canviar la vàlvula.
		Fallada del llaç de control		Alliberar pressió de manera controlada cap als punts de tractaments de gasos i preparar les instal·lacions per una purga i inertització del sistema i arreglar el llaç de control.
		Trencament de canonades	La temperatura i pressió del reactor disminueixen, perill de polimerització. Possible fuga de productes químics	Alliberar pressió de manera controlada cap als punts de tractaments de gasos i preparar les instal·lacions per una purga i inertització del sistema i solucionar el problema en les canonades.



ANÀLISI DE RISCOS: Reactor

Full 3/6

Planta de producció d'òxid d'etilè

Ubicació: Polígon Industrial
Gasos Nobles, Tarragona

Paraula clau	Variable	Causa	Conseqüència	Acció
No	Cabal de recirculació	Trencament/Obstrucció completa de canonades	Tot el cabal de recirculació es purga	Preparar l'àrea de tractaments de gasos per a tractar els gasos de la purga i adequar les condicions del reactor per al nou cabal i solucionar el problema en les canonades.
	Reacció	Fallada del subministrament de matèries primeres	La temperatura i pressió del reactor disminueixen, perill de polimerització	Alliberar pressió de manera controlada cap als punts de tractaments de gasos i preparar les instal·lacions per una purga i inertització del sistema.
		Fallada de les condicions mínimes de pressió i temperatura	La reacció desitjada no es produeix	
Absència de catalitzador	La reacció no es produeix	Alliberar pressió de manera controlada cap als punts de tractaments de gasos, inertitzar i introduir al reactor nou catalitzador.		
Més	Cabal de refrigeració	Fallada de la vàlvula de control	La temperatura i pressió del reactor disminueixen	Fer ús del by-pass i canviar la vàlvula.
		Fallada del llaç de control		Fer ús del by-pass i arreglar el llaç de control.
		Fallada de les bombes		Fer ús del by-pass i canviar les bombes afectades.



ANÀLISI DE RISCOS: Reactor

Full 4/6

Planta de producció d'òxid d'etilè

Ubicació: Polígon Industrial Gasos Nobles, Tarragona

Paraula clau	Variable	Causa	Conseqüència	Acció
Més	Cabal aliment	Fallada del subministrament de matèries primeres	La temperatura i pressió del reactor augmenten, perill de reacció descontrolada	Adequar els reactors al nou cabal d'entrada i controlar la entrada de caudal de reactius.
		Fallada de la vàlvula de control		Fer ús del by-pass i canviar la vàlvula de control.
		Fallada del llaç de control		Fer ús del by-pass i canviar del llaç de control.
	Cabal de recirculació	Fallada de la columna d'absorció (AC-201-4)	Recircula diòxid de carboni	Adequar els reactors al nou cabal d'entrada i arreglar el problema a la columna d'absorció.
		Fallada de la columna flash (FC-201-4)		Adequar els reactors al nou cabal d'entrada i arreglar el problema a la columna flash.
	Temperatura	Fallada del bescanviador (E-201-1)	La temperatura i pressió del reactor augmenten, perill de reacció descontrolada	Augmentar el cabal de fluid refrigerant de bescanviador.
	Pressió	Fallada del compressor (K-201-1)		Fer ús del by-pass i canviar el compressor.
	Reacció	Desviació de les condicions de treball	Augment de la temperatura	Comprovar el sistema de refrigeració i de preparació de matèries primeres.
		Desviació de les condicions de treball	Augment o disminució de la pressió	




ANÀLISI DE RISCOS: Reactor


Full 5/6


Planta de producció d'òxid d'etilè

Ubicació: Polígon Industrial
Gasos Nobles, Tarragona

Paraula clau	Variable	Causa	Conseqüència	Acció
Menys	Cabal de refrigeració	Fallada de la vàlvula de control	La temperatura i pressió del reactor augmenten, perill de reacció descontrolada	Fer ús del by-pass, aturar l'entrada de reactius al reactor i alliberar pressió de manera controlada cap als punts de tractaments de gasos i canviar la vàlvula.
		Fallada del llaç de control		Fer ús del by-pass, aturar l'entrada de reactius al reactor i alliberar pressió de manera controlada cap als punts de tractaments de gasos i arreglar el llaç de control.
		Fallada de les bombes		Fer ús del by-pass, aturar l'entrada de reactius al reactor i alliberar pressió de manera controlada cap als punts de tractaments de gasos i canviar les bombes afectades.
	Cabal aliment	Fallada del subministrament de matèries primeres	La temperatura i pressió del reactor disminueix, perill de polimerització	Adequar la forma d'operar dels dos reactors a les noves condicions.
		Fallada de la vàlvula de control		Adequar la forma d'operar dels dos reactors a les noves condicions. Fer ús del by-pass i canviar la vàlvula.
		Fallada del llaç de control		Adequar la forma d'operar dels dos reactors a les noves condicions. Fer ús del by-pass i arreglar el llaç de control.

	ANÀLISI DE RISCOS: Reactor			Full 6/6
	Planta de producció d'òxid d'etilè			Ubicació: Polígon Industrial Gasos Nobles, Tarragona
Paraula clau	Variable	Causa	Conseqüència	Acció
Menys	Cabal de recirculació	Fallada de la columna d'absorció (AC-201-4)	Pèrdua de reactius	Adequar els reactors al nou cabal d'entrada i arreglar el problema a la columna d'absorció.
		Fallada de la columna flash (FC-201-4)		Adequar els reactors al nou cabal d'entrada i arreglar el problema a la columna flash.
	Temperatura	Fallada del bescanviador (E-201-1)	La temperatura i pressió del reactor disminueixen, perill de polimerització	Disminuir el cabal de fluid refrigerant de l'intercanviador.
	Pressió	Fallada del compressor (K-201-1)		Fer ús del by-pass i arreglar el compressor afectat.
	Reacció	Embrutiment del catalitzador	Menys conversió de la reacció desitjada	Augmentar la temperatura gradualment a la màxima d'operació.
		Catalitzador defectuós		Aturar l'entrada de reactius al reactor, alliberar pressió de manera controlada cap als punts de tractaments de gasos, inertitzar el sistema i canviar el catalitzador.
Invers	Cabal d'entrada i cabal de sortida	Fallada de la vàlvula antiretorn i bomba/compressor	El fluid pot circular en sentit invers	Fer ús del by-pass i arreglar la vàlvula antiretorn i bomba/compressor.
		Instal·lació de la bomba en sentit contrari	No hi ha cabal	Fer ús del by-pass i girar la bomba/compressor.

	ANÀLISI DE RISCOS: Columna d'absorció			Full 1/3
	Planta de producció d'òxid d'etilè			Ubicació: Polígon Industrial Gasos Nobles, Tarragona
Paraula clau	Variable	Causa	Conseqüència	Acció
No	Cabal d'entrada	Fallada de l'equip anterior	Columna d'absorció sense component a absorbir	Revisar l'equip anterior i en funció de la gravetat, aturar el procés. Aturada del cabal d'absorbent.
		Trencament/Obstrucció completa de canonades	Fuga del fluid de procés	Tancar les vàlvules d'abans i després del punt on s'ha produït el trencament o l'obstrucció. Alhora aturar el procés fins que aquesta canonada hagi estat arreglada.
	Cabal de caps	Tots els compostos s'absorbeixen	Absència de corrent gasós de sortida	Revisar l'equip i en funció de la gravetat, aturar el procés.
		Absència de cabal d'entrada		
	Cabal de cues	Absència de cabal d'absorbent	Absència de corrent líquid de sortida	Aturar el procés. Revisar el sistema que proporciona el cabal del líquid absorbent, reparar o substituir les parts afectades.
	Cabal del líquid absorbent	Trencament/Obstrucció completa de canonades	Fuga del líquid absorbent	Tancar les vàlvules d'abans i després del punt on s'ha produït el trencament o l'obstrucció. Alhora aturar el procés fins que aquesta canonada hagi estat arreglada.
		Fallada del subministrament d'absorbent	Columna d'absorció sense líquid absorbent	Aturar el procés. Revisar el sistema que proporciona el cabal del líquid d'absorbent
	Absorció	Fallada del subministrament d'absorbent		
		Absència de cabal d'entrada	Columna d'absorció sense component a absorbir	Revisar l'equip anterior i en funció de la gravetat, aturar el procés. Aturada del cabal d'absorbent.
		Obstrucció del rebliment	Absència d'absorció	Revisar l'equip i en funció de la gravetat, aturar el procés.

	ANÀLISI DE RISCOS: Columna d'absorció			Full 2/3
	Planta de producció d'òxid d'etilè			Ubicació: Polígon Industrial Gasos Nobles, Tarragona
Paraula clau	Variable	Causa	Conseqüència	Acció
Més	Cabal d'entrada	Fallada de l'equip anterior	Augmenta la pressió. Quantitat de líquid absorbent insuficient	Revisar l'equip anterior i en funció de la gravetat, aturar el procés. Anàlisi de la composició del component d'entrada.
	Temperatura i pressió	Condicions de l'aliment diferent a les fixades d'operació	Les condicions de la columna no seran les òptimes	Revisar els equips anteriors i en funció de la gravetat, aturar el procés.
		Condicions de l'absorbent diferent a les fixades d'operació		Revisar els equips que realitzen la subministració del líquid absorbent i en funció de la gravetat, aturar el procés.
Menys	Cabal d'entrada	Fallada de l'equip anterior	Disminueix la pressió	Revisar l'equip anterior i en funció de la gravetat, aturar el procés. Anàlisi de la composició del component d'entrada.
		Trencament/Obstrucció de canonades	Fuga del fluid de procés	Tancar les vàlvules d'abans i després del punt on s'ha produït el trencament o l'obstrucció. Alhora aturar el procés fins que aquesta canonada hagi estat arreglada.
	Cabal de caps	Fallada en el cabal d'entrada	Disminueix la pressió	Revisar l'equip anterior i en funció de la gravetat, aturar el procés. Anàlisi de la composició del component d'entrada.
	Cabal de cues	Cabal d'absorbent insuficient	Disminució de l'eficiència de la columna	Revisar el sistema de subministrament d'absorbent.

**ANÀLISI DE RISCOS: Columna d'absorció**

Full 3/3

Planta de producció d'òxid d'etilè

Ubicació: Polígon Industrial
Gasos Nobles, Tarragona

Paraula clau	Variable	Causa	Conseqüència	Acció
Menys	Cabal del líquid absorbent	Trencament/Obstrucció de canonades	Fuga del líquid absorbent	Tancar les vàlvules d'abans i després del punt on s'ha produït el trencament o l'obstrucció. Alhora aturar el procés fins que aquesta canonada hagi estat arreglada.
	Temperatura i pressió	Condicions de l'aliment diferent a les fixades d'operació	Les condicions de la columna no seran les òptimes	Revisar l'equip anterior i en funció de la gravetat, aturar el procés.
		Condicions de l'absorbent diferent a les fixades d'operació		Revisar el sistema de subministrament del líquid absorbent i en funció de la gravetat, aturar el procés.
	Absorció	Fallada del subministrament de l'absorbent	Disminució de l'eficiència de la columna	Revisar el sistema de subministrament del líquid absorbent i en funció de la gravetat, aturar el procés.
Obstrucció del rebliment		Revisar l'equip i en funció de la gravetat, aturar el procés.		
Part de	Components absorbits	Condicions de treball diferents a les fixades d'operació	Disminució de l'eficiència de la columna. Disminució del cabal gasós per caps. Més cabal líquid per cues.	Revisar totes les condicions dels corrents d'entrada a la columna. Un cop detectada la variable desviada cal revisar l'equip on es provoca aquesta desviació. L'anàlisi de la composició del corrent de líquid a la sortida determinarà la gravetat i en cas de necessitat s'aturarà el procés.




ANÀLISI DE RISCOS: Columna destil·lació

Full 1/3

Planta de producció d'òxid d'etilè

Ubicació: Polígon Industrial
Gasos Nobles, Tarragona

Paraula clau	Variable	Causa	Conseqüència	Acció
No	Cabal d'entrada	Trencament/Obstrucció completa de canonades	No arriba aliment a la columna. Possible fuga de productes químics	Fer ús dels possibles by-pass, en cas que no es pugui, és necessari aturar el funcionament de la planta, arreglar canonada.
		Fallada de l'equip anterior	No arriba aliment a la columna i possible acumulació de matèria en l'equip anterior	Fer ús dels possibles by-pass, en cas que no es pugui, és necessari parar el funcionament de la planta, arreglar l'equip anterior
	Cabal de cues	Temperatura superior a la d'operació	Tot l'aliment es troba en fase gas i surt per caps	Regular la temperatura del condensador i reboiler
		Pressió inferior a la d'operació		
	Cabal de recirculació de caps	Fallada en les condicions del fluid refrigerant del condensador	No hi ha reflux i la puresa del destil·lat disminueix	Regular la temperatura del condensador
	Cabal de recirculació de cues	Fallada en les condicions del fluid tèrmic del reboiler	No hi ha reflux i la quantitat del destil·lat disminueix	Regular la temperatura del reboiler
	Cabal de retorn al procés		Inundació de la columna	Regular la temperatura del reboiler
	Separació	Fallada del reboiler	Nul·la transferència de les fases	Comprovar el funcionament del reboiler, solucionar els problemes i parar producció en cas que fos necessari.
		Fallada del condensador		Comprovar el funcionament dels llaços de control del condensador i solucionar problemes.
		Fallada en el rebliment de la columna		Aturar l'entrada de productes a la columna, alliberar pressió de manera controlada cap als punts de tractaments de gasos.

	ANÀlisi DE RISCOS: Columna destil·lació			Full 2/3
	Planta de producció d'òxid d'etilè			Ubicació: Polígon Industrial Gasos Nobles, Tarragona
Paraula clau	Variable	Causa	Conseqüència	Acció
Més	Cabal d'entrada	Fallada de l'equip anterior	Inundació de la columna	Controlar el nivell de la columna
	Cabal de cues	Fallada en les condicions del fluid tèrmic	La quantitat del destil·lat disminueix	Regular la temperatura del fluid tèrmic que va al reboiler
	Cabal de caps	Fallada en les condicions del fluid refrigerant del condensador	La puresa del destil·lat disminueix	Regular la temperatura del fluid tèrmic que va al condensador
	Temperatura	Fallada en les condicions del fluid tèrmic del reboiler	Inundació de la columna	Regular la temperatura del fluid tèrmic que va al reboiler
		Fallada en les condicions del reboiler		Regular la temperatura del reboiler
		Condicions de temperatura de l'aliment diferent a les fixades d'operació	Modificació de la quantitat/puresa del destil·lat	Regular la temperatura de la columna
	Pressió	Fracció de gas inferior a la d'operació	La quantitat del destil·lat disminueix	Regular la temperatura/pressió de la columna



ANÀLISI DE RISCOS: Columna destil·lació

Full 3/3

Planta de producció d'òxid d'etilè

Ubicació: Polígon Industrial Gasos Nobles, Tarragona

Paraula clau	Variable	Causa	Conseqüència	Acció
Menys	Cabal d'entrada	Trencament/Obstrucció de canonades	No arriba tot l'aliment a la columna.	Fer ús dels possibles by-pass, en cas que no es pugui, és necessari parar el funcionament de la planta, arreglar canonada.
		Fallada de l'equip anterior		Arreglar l'equip anterior
	Cabal de caps	Fallada en les condicions del fluid tèrmic	La puresa del producte augmenta, disminueix la quantitat	Regular la temperatura del fluid tèrmic que va al condensador
		Fallada en les condicions del fluid tèrmic del reboiler	Disminueix la quantitat de producte, es recircula més al procés	Regular la temperatura del fluid tèrmic que va al reboiler
	Temperatura	Fallada en les condicions del fluid tèrmic del reboiler		La puresa del producte augmenta, disminueix la quantitat
		Fallada en les condicions del condensador	Regular la temperatura de la columna	
		Condicions de temperatura de l'aliment diferent a les fixades d'operació	Modificació de la quantitat/puresa del destil·lat	
	Pressió	Fracció de gas superior a la d'operació	La quantitat del destil·lat augmenta, la puresa del destil·lat disminueix	Regular la temperatura/pressió de la columna
	Separació	Condicions de la columna diferents a les d'operació	La quantitat/puresa del destil·lat disminueix.	




ANÀLISI DE RISCOS: Columna flash

Full 1/2

Planta de producció d'òxid d'etilè

Ubicació: Polígon Industrial Gasos Nobles, Tarragona

Paraula clau	Variable	Causa	Conseqüència	Acció
No	Cabal d'entrada	Fallada de l'equip anterior	No purificació dels gasos de recirculació	Solucionar el problema de l'equip anterior, en cas que sigui necessari parar el procés de fabricació.
	Cabal de caps	No hi ha separació	No purificació dels gasos de recirculació, els gasos continuaran cap a la següent etapa	Comprovar la temperatura/pressió de la columna flash, en cas que sigui necessari parar el procés de fabricació.
	Cabal de cues		Tot el cabal d'entrada es recircula, possible entrada de líquid al sistema de fabricació amb gasos	
	Separació	Condicions d'entrada de l'aliment diferents a les fixades d'operació	Els gasos continuaran cap a la següent etapa	Modificar les condicions d'entrada a les establertes
Més	Cabal d'entrada	Fallada de l'equip anterior	Inundació de la columna	Solucionar el problema de l'equip anterior, en cas que sigui necessari parar el procés de fabricació.
	Cabal de caps	Condicions d'entrada de l'aliment diferents a les d'operació	Mala separació, possible entrada de líquid al sistema	Solucionar el problema de les condicions de entrada, en cas que sigui necessari parar el procés.
	Cabal de cues		Mala separació, els gasos continuaran cap a la següent etapa	

	ANÀLISI DE RISCOS: Columna flash			Full 2/2
	Planta de producció d'òxid d'etilè			Ubicació: Polígon Industrial Gasos Nobles, Tarragona
Paraula clau	Variable	Causa	Conseqüència	Acció
Més	Temperatura	Condicions d'entrada de l'aliment diferents a les fixades d'operació	Mala separació, possible entrada de vapor d'aigua al sistema de fabricació amb gasos	Solucionar el problema de les condicions d'entrada, en cas que sigui necessari parar el procés de fabricació.
	Pressió	Condicions d'entrada de l'aliment diferents a les fixades d'operació		
Menys	Cabal d'entrada	Fallada de l'equip anterior	Modificació de la separació	Solucionar el problema de l'equip anterior, en cas que sigui necessari parar el procés de fabricació.
	Cabal de caps	Condicions d'entrada de l'aliment diferents a les fixades d'operació	Menor quantitat de recirculació de gasos al procés	Solucionar el problema de les condicions d'entrada, en cas que sigui necessari parar el procés de fabricació.
	Cabal de cues		Major quantitat de diòxid de carboni/vapor d'aigua recirculat al sistema	
	Pressió		Menor quantitat de recirculació de gasos d'interès	
	Temperatura		Menor quantitat de recirculació de gasos al procés	
Separació				



ANÀLISI DE RISCOS: Bescanviadors

Full 1/3

Planta de producció d'òxid d'etilè

Ubicació: Polígon Industrial
Gasos Nobles, Tarragona

Paraula clau	Variable	Causa	Conseqüència	Acció
No	Cabal de fluid refrigerant/tèrmic	Fallada del servei del fluid refrigerant/tèrmic	La temperatura del fluid de procés augmenta o disminueix, en funció de l'operació de bescanvi	Solucionar el problema a l'àrea de servei i si fos necessari parar el procés
		Fallada de la vàlvula de control		Fer ús del by-pass i canviar la vàlvula de control afectada
		Fallada del llaç de control		Fer ús del by-pass i arreglar el llaç de control
		Fallada de les bombes		Fer ús del by-pass i canviar la bomba afectada
		Trencament/Obstrucció completa de canonades		Fer ús del by-pass si fos recorrent, solucionar el problema de canonada i si fos necessari aturar el procés
	Cabal de procés	Trencament/Obstrucció completa de canonades	No arriba el fluid de procés al bescanviador i possible fuga de productes químics	És necessari aturar el funcionament de la planta i arreglar al problema de la canonada
Fallada de l'equip anterior		No arriba el fluid de procés al bescanviador, possible acumulació de matèria a l'equip anterior	És necessari aturar el funcionament de la planta i arreglar l'equip anterior	
Més	Cabal de fluid refrigerant/tèrmic	Fallada del servei del fluid refrigerant/tèrmic	Major bescanvi de calor amb el fluid de procés, podent arribar a provocar problemes en equips posteriors	Regular el cabal de fluid refrigerant/tèrmic, desviant part d'aquest als tancs pulmons
		Fallada de la vàlvula de control		Fer ús del by-pass i canviar la vàlvula de control afectada
		Fallada del llaç de control		Fer ús del by-pass i arreglar el llaç de control
		Fallada de les bombes		Fer ús del by-pass i canviar la bomba afectada
	Cabal de procés	Fallada de l'equip anterior	Bescanvi d'energia insuficient	Detectar i solucionar el problema que provoca la desviació del cabal i controlar-ho amb les vàlvules de regulació.




ANÀLISI DE RISCOS: Bescanviadors


Full 2/3


Planta de producció d'òxid d'etilè


Ubicació: Polígon Industrial Gasos Nobles, Tarragona


Paraula clau	Variable	Causa	Conseqüència	Acció
Més	Temperatura del fluid de refrigerant/tèrmic	El fluid es troba fora del rang de temperatura de treball	No s'arriba a la temperatura de consigna	Regular la temperatura del fluid refrigerant/tèrmic en l'àrea de serveis
	Temperatura del fluid de procés			Regular el cabal de fluid de refrigeració/tèrmic
Menys	Cabal de fluid refrigerant/tèrmic	Fallada del servei del fluid refrigerant/tèrmic	Menor bescanvi de calor amb el fluid de procés, podent arribar a provocar problemes en equips posteriors	Regular el cabal de fluid refrigerant/tèrmic, desviant part d'aquest als tancs pulmons
		Fallada de la vàlvula de control		Fer ús del by-pass i canviar la vàlvula de control afectada
		Fallada del llaç de control		Fer ús del by-pass i arreglar el llaç de control
		Fallada de les bombes		Fer ús del by-pass i canviar la bomba afectada
		Trencament/Obstrucció de canonades		Fer ús del by-pass si fos recurrent i solucionar el problema
	Cabal de procés	Fallada de l'equip anterior	Menys fluid de procés al bescanviador i possible acumulació de matèria en l'equip anterior	Detectar i solucionar el problema que provoca la desviació del cabal i controlar-ho amb les vàlvules de regulació
		Temperatura del fluid de refrigerant/tèrmic	El fluid es troba fora del rang de temperatura de treball	No s'arriba a la temperatura de consigna
Temperatura del fluid de procés	Regular el cabal de fluid de refrigeració/tèrmic			

	ANÀLISI DE RISCOS: Bescanviadors			Full 3/3
	Planta de producció d'òxid d'etilè			Ubicació: Polígon Industrial Gasos Nobles, Tarragona
Paraula clau	Variable	Causa	Conseqüència	Acció
A demés de	Presència d'impureses en el fluid	Incrustracions en qualsevol de les parets	Pitjor bescanvi de calor entre els fluids	Neteja de l'equip o millorar manteniments
Invers	Temperatura del fluid de servei	Temperatura del fluid refrigerant/tèrmic	Bescanvi incorrecte de temperatura	Revisió dels equips de servei i correcció de la temperatura del fluid
Part de	Fluid de procés	Ruptura d'una part del feix de tubs	Contaminació creuada del fluid refrigerant/tèrmic i del fluid de procés	Aturar el procés, aïllar l'equip afectat i reparar-lo

	ANÀLISI DE RISCOS: Tanc d'emmagatzematge			Full 1/8
	Planta de producció d'òxid d'etilè			Ubicació: Polígon Industrial Gasos Nobles, Tarragona
Paraula clau	Variable	Causa	Conseqüència	Acció
No	Cabal de procés	Fallada de la vàlvula de control	No s'omple el tanc	Instal·lar vàlvula manual i realitzar les reparacions corresponents o substituir-la.
		Fallada del llaç de control del nivell del tanc		Tancar la vàlvula d'entrada al tanc i redirigir el producte cap al següent tanc d'emmagatzematge. Revisar el llaç de control i reparar o substituir les parts afectades.
		Fallada de l'equip anterior		Aturada del procés i realitzar la revisió de la columna de destil·lació DC-202-3.
		Trencament/Obstrucció completa de canonades	Fuga d'òxid d'etilè	Tancar les vàlvules d'abans i després del punt on s'ha produït el trencament o l'obstrucció. Alhora aturar el procés fins que aquesta canonada hagi estat arreglada. La fuga es recollirà mitjançant les conduccions apropiades, i serà dirigida a una instal·lació de dilució amb aigua fins a garantir que la concentració d'òxid d'etilè no sobrepassa a l'u per cent en pes en cap punt i així evitar atmosferes explosives.

	ANÀLISI DE RISCOS: Tanc d'emmagatzematge			Full 2/8
	Planta de producció d'òxid d'etilè			Ubicació: Polígon Industrial Gasos Nobles, Tarragona
Paraula clau	Variable	Causa	Conseqüència	Acció
No	Cabal refrigerant	Fallada del servei del fluid refrigerant	Augmenten la pressió i la temperatura del tanc	Utilització del servei de refrigeració d'emergència. Revisar el servei de refrigeració, reparar o substituir les parts afectades.
		Fallada de la vàlvula de control		Si el tanc està buit, tancar la vàlvula d'entrada al tanc i redirigir el producte cap al següent tanc d'emmagatzematge. En el cas de que estigui mig ple o ple, buidar el producte al tanc d'emergència. Revisar la vàlvula de control i reparar o substituir les parts afectades.
		Fallada del llaç de control de la temperatura del tanc		Si el tanc està buit, tancar la vàlvula d'entrada al tanc i redirigir el producte cap al següent tanc d'emmagatzematge. En el cas de que estigui mig ple o ple, buidar el producte al tanc d'emergència. Revisar el llaç de control i reparar o substituir les parts afectades.
		Trencament/Obstrucció completa de canonades	Absència de control de temperatura	Utilització del servei de refrigeració d'emergència. Tancar les vàlvules d'abans i després del punt on s'ha produït el trencament o l'obstrucció.

	ANÀLISI DE RISCOS: Tanc d'emmagatzematge			Full 3/8
	Planta de producció d'òxid d'etilè			Ubicació: Polígon Industrial Gasos Nobles, Tarragona
Paraula clau	Variable	Causa	Conseqüència	Acció
No	Cabal a camió cisterna	Fallada de la connexió amb el camió cisterna	El camió cisterna no s'omple	Aturar el procés de descàrrega del tanc. Connectar el camió a un altre tanc i continuar la descàrrega.
		Fallada de la vàlvula automàtica tot res del buidat del tanc		Aturar el procés de descàrrega del tanc. Instal·lar vàlvula manual i realitzar les reparacions corresponents o substituir-la.
		Fallada de la bomba		Utilitzar la bomba situada en paral·lel. Realitzar les reparacions corresponents o substituir-la.
		Trencament/Obstrucció completa de canonades	Fuga d'òxid d'etilè	Tancar les vàlvules d'abans i després del punt on s'ha produït el trencament o l'obstrucció. Alhora aturar el procés fins que aquesta canonada hagi estat arreglada. La fuga es recollirà mitjançant les conduccions apropiades, i serà dirigida a una instal·lació de dilució amb aigua fins a garantir que la concentració d'òxid d'etilè no sobrepassa a l'u per cent en pes en cap punt i així evitar atmosferes explosives.

	ANÀLISI DE RISCOS: Tanc d'emmagatzematge			Full 4/8
	Planta de producció d'òxid d'etilè			Ubicació: Polígon Industrial Gasos Nobles, Tarragona
Paraula clau	Variable	Causa	Conseqüència	Acció
No	Cabal de nitrogen	Fallada del llaç de control de la pressió del tanc	Menys pressió	Si el tanc està buit, tancar la vàlvula d'entrada i redirigir el producte cap al següent tanc d'emmagatzematge. En el cas de que estigui mig ple o ple, buidar el producte al tanc d'emergència. Reparar o substituir les parts afectades.
		Fallada a l'àrea de serveis		Connectar el tanc criogènic d'emergència de nitrogen. Revisar el servei de nitrogen, reparar i substituir les parts afectades.
		Fallada de la vàlvula de control		Si el tanc està buit, tancar la vàlvula d'entrada i redirigir el producte cap al següent tanc d'emmagatzematge. En el cas de que estigui mig ple o ple, buidar el producte al tanc d'emergència. Reparar o substituir les parts afectades.
		Trencament/Obstrucció completa de canonades	Fuga de nitrogen	Tancar les vàlvules d'abans i després del punt on s'ha produït el trencament o l'obstrucció.
	Venteig	Fallada del llaç de control de la pressió del tanc	Més pressió	Si el tanc està buit, tancar la vàlvula d'entrada i redirigir el producte cap al següent tanc d'emmagatzematge. En el cas de que estigui mig ple o ple, buidar el producte al tanc d'emergència. Reparar o substituir les parts afectades.
		Fallada de la vàlvula de sobrepessió o de la vàlvula de pressió crítica		
	Volum d'emmagatzematge	Fallada en el servei de recollida	Tancs plens	Aturar el procés per no produir més fins que hi hagi volum disponible d'emmagatzematge.




ANÀLISI DE RISCOS: Tanc d'emmagatzematge


Full 5/8


Planta de producció d'òxid d'etilè

Ubicació: Polígon Industrial
Gasos Nobles, Tarragona

Paraula clau	Variable	Causa	Conseqüència	Acció
Més	Cabal nitrogen	Fallada de la vàlvula de control	Augmenta la pressió	<p>Si el tanc està buit, tancar la vàlvula d'entrada al tanc i redirigir el producte cap al següent tanc d'emmagatzematge.</p> <p>En el cas de que estigui mig ple o ple, buidar el producte al tanc d'emergència. Reparar o substituir les parts afectades.</p>
		Fallada del llaç de control de la pressió del tanc		
	Cabal de refrigerant	Fallada del llaç de control de la temperatura del tanc	<p>Disminueix la temperatura del tanc. La solubilitat de l'òxid d'etilè a baixes temperatures disminueix donant lloc a una possible precipitació del polímer. Això podria causar una obstrucció a les canonades de descàrrega del tanc.</p>	
		Fallada de la vàlvula de control		
	Cabal de tractament de gasos	Fallada del llaç de control de la pressió del tanc	Disminueix la pressió	
		Fallada de la vàlvula de sobrepressió		
Temperatura	S'està produint una reacció de polimerització	Possible esclat del recipient	<p>Activar el sistema de refrigeració d'emergència, en el cas de que aquest no s'hagi activat. Seguidament, actuar segons el protocol d'emergència establert.</p>	
Nivell del tanc	Fallada del control del nivell del tanc	Augment del nivell del tanc per sobre del de disseny, causant un possible esclat del recipient	<p>Tancar la vàlvula d'entrada al tanc i redirigir el producte cap al següent tanc d'emmagatzematge. Revisar el llaç de control i reparar o substituir les parts afectades.</p>	

	ANÀLISI DE RISCOS: Tanc d'emmagatzematge			Full 6/8
	Planta de producció d'òxid d'etilè			Ubicació: Polígon Industrial Gasos Nobles, Tarragona
Paraula clau	Variable	Causa	Conseqüència	Acció
Menys	Cabal refrigerant	Fallada del servei del fluid refrigerant	Augmenta la temperatura	Utilització del servei de refrigeració d'emergència. Revisar el servei de refrigeració, reparar o substituir les parts afectades.
		Fallada de la vàlvula de control		Si el tanc està buit, tancar la vàlvula d'entrada i redirigir el producte cap al següent tanc d'emmagatzematge. En el cas de que estigui mig ple o ple, buidar el producte al tanc d'emergència. Reparar o substituir les parts afectades.
		Fallada del llaç de control de la temperatura del tanc		
		Trencament/Obstrucció de canonades		Utilització del servei de refrigeració d'emergència. Tancar les vàlvules d'abans i després del punt on s'ha produït el trencament o l'obstrucció.
	Cabal de nitrogen	Fallada a l'àrea de serveis	L'òxid d'etilè es troba a la seva franja explosiva	Connectar el tanc criogènic d'emergència de nitrogen. Revisar el servei de nitrogen, reparar i substituir les parts afectades.
		Fallada del llaç de control de la pressió del tanc		Si el tanc està buit, tancar la vàlvula d'entrada i redirigir el producte cap al següent tanc d'emmagatzematge. En el cas de que estigui mig ple o ple, buidar el producte al tanc d'emergència. Reparar o substituir les parts afectades.
		Fallada de la vàlvula de control		
		Trencament/Obstrucció de canonades	Fuga de nitrogen	Tancar les vàlvules d'abans i després del punt on s'ha produït el trencament o l'obstrucció.

	ANÀLISI DE RISCOS: Tanc d'emmagatzematge			Full 7/8
	Planta de producció d'òxid d'etilè			Ubicació: Polígon Industrial Gasos Nobles, Tarragona
Paraula clau	Variable	Causa	Conseqüència	Acció
Menys	Cabal de tractament de gasos	Fallada del llaç de control de la pressió del tanc	Augmenta la pressió	<p>Si el tanc està buit, tancar la vàlvula d'entrada al tanc i redirigir el producte cap al següent tanc d'emmagatzematge.</p> <p>En el cas de que estigui mig ple o ple, buidar el producte al tanc d'emergència. Reparar o substituir les parts afectades.</p>
		Fallada de la vàlvula de sobrepressió		
	Temperatura	Fallada del llaç de control de la temperatura del tanc	La solubilitat de l'òxid d'etilè a baixes temperatures disminueix donant lloc a una possible precipitació del polímer. Això podria causar una obstrucció a les canonades de descàrrega del tanc.	
	Pressió	Fallada del llaç de control de la pressió del tanc	L'òxid d'etilè es troba a la seva franja explosiva	
		Fallada del llaç que proporciona nitrogen		
Fallada del llaç encarregat del venteig				
Nivell del tanc	Fallada del control del nivell del tanc	Menys nivell del tanc		
Invers	Cabal de descàrrega del tanc	Bomba/compressor instal·lada en sentit contrari	Possible contaminació de l'òxid d'etilè emmagatzemat al tanc	Aturar la descàrrega. Tancar les vàlvules d'abans i després de la bomba. Connectar el camió a un altre tanc i continuar la descàrrega.
		Fallada de la vàlvula antiretorn		Aturar el procés de descàrrega del tanc. Instal·lar vàlvula manual i realitzar les reparacions corresponents o substituir-la.
		Fallada del llaç de control diferencial de pressió		Aturar el procés de descàrrega del tanc. Connectar el camió a un altre tanc i continuar la descàrrega.

	ANÀLISI DE RISCOS: Tanc d'emmagatzematge			Full 8/8
	Planta de producció d'òxid d'etilè			Ubicació: Polígon Industrial Gasos Nobles, Tarragona
Paraula clau	Variable	Causa	Conseqüència	Acció
Part de	Temperatura	Contaminació de l'òxid d'etilè	Reacció de polimerització, possible esclat del recipient	Activar el sistema de refrigeració d'emergència, en el cas de que aquest no s'hagi activat. Seguidament, actuar segons el protocol d'emergència establert.
	Fluid refrigerant	Contaminació de l'òxid d'etilè degut a una fuga del líquid refrigerant	Disminució de la puresa del producte	Aturar el sistema de refrigeració. Fer una anàlisi del contingut del tanc i actuar en funció de la puresa.



ANÀLISI DE RISCOS: Bombes i compressors

Full 1/3

Planta de producció d'òxid d'etilè

Ubicació: Polígon Industrial
Gasos Nobles, Tarragona

Paraula clau	Variable	Causa	Conseqüència	Acció
No	Cabal del fluid	Fallada de la bomba/compressor	Absència d'impulsió del fluid	Tancar les vàlvules d'abans i després de l'equip. Aturar l'equip i utilitzar únicament el situat en paral·lel, fins que estigui arreglat.
		Trencament/Obstrucció completa de canonades	Fuga del fluid	Tancar les vàlvules d'abans i després del punt on s'ha produït el trencament o l'obstrucció. Alhora aturar l'equip fins que aquesta canonada hagi estat arreglada.
		Fallada de l'equip anterior	Absència d'impulsió del fluid. Cavitació de la bomba	Revisar l'equip anterior i en funció de la gravetat, aturar el procés.
		Fallada de la vàlvula antiretorn	Absència d'impulsió del fluid	Instal·lar vàlvula manual i realitzar les reparacions corresponents o substituir-la.
Més	Pressió del fluid	Fallada de l'equip anterior	Les condicions del fluid seran diferents a les condicions d'operació	Revisar l'equip anterior i en funció de la gravetat, aturar el procés.
		Fallada de la vàlvula de control del compressor		Tancar les vàlvules d'abans i després de l'equip. Aturar l'equip i utilitzar únicament el situat en paral·lel, fins que la vàlvula estigui arreglada.
		Fallada del llaç de control del compressor		Tancar les vàlvules d'abans i després de l'equip. Aturar l'equip i utilitzar únicament el situat en paral·lel, fins que el llaç estigui arreglat. Revisar el llaç de control i reparar o substituir les parts afectades.



ANÀLISI DE RISCOS: Bombes i compressors

Full 2/3

Planta de producció d'òxid d'etilè

Ubicació: Polígon Industrial
Gasos Nobles, Tarragona

Paraula clau	Variable	Causa	Conseqüència	Acció
Menys	Pressió del fluid	Fallada de la bomba/compressor	Les condicions del fluid seran diferents a les condicions d'operació	Tancar les vàlvules d'abans i després de l'equip. Aturar l'equip i utilitzar únicament el situat en paral·lel, fins que estigui arreglat.
		Trencament/Obstrucció de canonades		En funció de l'estat de la canonada netejar-la o substituir-la.
		Fallada de la vàlvula de control del compressor		Tancar les vàlvules d'abans i després de l'equip. Aturar l'equip i utilitzar únicament el situat en paral·lel, fins que la vàlvula estigui arreglada.
		Fallada del llaç de control del compressor		Tancar les vàlvules d'abans i després de l'equip. Aturar l'equip i utilitzar únicament el situat en paral·lel, fins que el llaç estigui arreglat. Revisar el llaç de control i reparar o substituir les parts afectades.
Invers	Fluid de procés	Bomba/compressor instal·lada en sentit contrari	Circulació del fluid contrària a la d'operació	Tancar les vàlvules d'abans i després de l'equip. Aturar l'equip i girar-lo. Mentrestant utilitzar únicament el situat en paral·lel.

**ANÀLISI DE RISCOS: Bombes i compressors**

Full 3/3

Planta de producció d'òxid d'etilè

Ubicació: Polígon Industrial
Gasos Nobles, Tarragona

Paraula clau	Variable	Causa	Conseqüència	Acció
A demás de	Temperatura del fluid	Fallada del llaç de control del compressor	Sobreescaïfament del fluid degut a un augment de pressió	Tancar les vàlvules d'abans i després de l'equip. Aturar l'equip i utilitzar únicament el situat en paral·lel, fins que el llaç estigui arreglat. Revisar el llaç de control i reparar o substituir les parts afectades.
Part de	Cabal de procés	Fuga de la bomba/compressor	Pèrdua de la quantitat de fluid	Tancar les vàlvules d'abans i després de l'equip. Aturar l'equip i utilitzar únicament el situat en paral·lel, fins que estigui arreglat. Respecte a la fuga, actuar en conseqüència en funció de la composició d'aquesta.

13 Simulació d'una possible BLEVE

En aquest apartat, s'ha realitzat una simulació de les possibles conseqüències en cas que es produís una explosió BLEVE (*Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion*) amb bola de foc. La simulació s'ha determinat per a una explosió a l'àrea d'emmagatzematge dels tancs d'òxid d'etilè, ja que és la zona amb major risc d'explosió. En el cas de l'explosió que es simula en aquest apartat, es pot considerar que es tracta d'una BLEVE confinada dintre d'un recipient.

Una explosió BLEVE es produeix en tancs que emmagatzemen gasos líquids a pressió i sobreescalfats on, degut a una ruptura o fuga del tanc, el líquid comença a bullir i el vapor s'expandeix provocant l'explosió. Les possibles causes d'aquesta poden ser:

- Un defecte en la construcció dels tancs.
- Presència de corrosió dintre dels tancs.
- Aparició d'una reacció de polimerització.

A la **Figura 38**, es pot observar l'evolució d'una explosió BLEVE, tal i com es produiria en cas que l'explosió succeís a la planta Ranoxi. A la **Figura 38 (a)** s'observa com, degut a un possible incendi proper al tanc d'emmagatzematge, aquest provoca que el líquid que es troba a dins comenci a bullir. D'aquesta manera, el gas augmenta la pressió dins del tanc. A la **Figura 38 (b)**, a causa de la sobrepressió del tanc, es provoca una fuga disminuint el nivell d'aquest. A la **Figura 38 (c)**, s'observa com la fuga dels compostos inflamables i explosius ocasiona un núvol inflamable. Per últim, a la **Figura 38 (d)**, es veu com l'incendi provoca l'explosió del núvol inflamable, originant l'esclat.

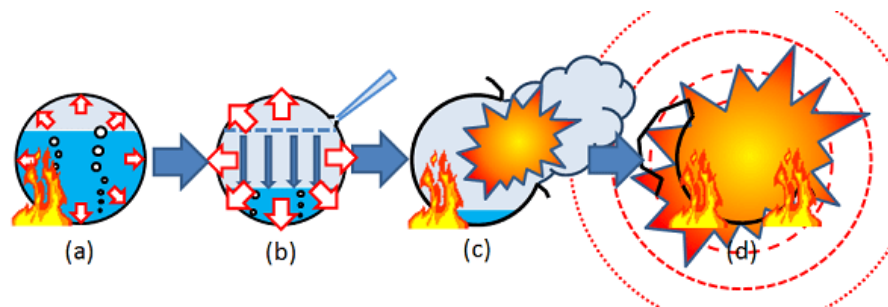


Figura 38: Esquema de l'evolució d'una explosió BLEVE [42].

Per poder realitzar la simulació, primerament s'ha determinat que l'explosió es produeix a causa dels sis tancs d'emmagatzematge que disposa la planta per a la producció de l'òxid d'etilè. A partir d'aquí, s'ha determinat que el volum total és la suma dels sis tancs. D'aquesta manera es considera com si els sis tancs formessin un de sol. Aleshores, les dades utilitzades a la simulació, es troben recollides a la **Taula 11**.

Taula 11: Dades utilitzades a la simulació.

Volum del recipient (V) [m³]	1530
Composició de l'òxid d'etilè [%]	0.85
Temperatura del esclat [°C]	50
Temperatura absoluta (T) [K]	323
Pressió del esclat (P₁) (P_B) [bar]	61
Pressió (P₂) [atm]	1
Distància als treballadors (D) [m]	200
Densitat de l'òxid d'etilè [kg/m³] [43]	871
Pressió parcial vapor aigua [Pa] [44]	802
Hc de l'òxid d'etilè [kJ/kg] [45]	27649
Pes del tanc [kg]	246378
Pes molecular de l'òxid d'etilè [g/mol][46]	44
Radi del tanc [m]	6.72
Alçada del tanc [h]	10.8
Densitat de l'aire [kg/m³][47]	1.3
Factor de radiació [0.25-0.4]	0.4

A continuació, es troba explicat el procediment per portar a terme la simulació.

13.1 Determinació de la massa equivalent de trinitrotoluen (TNT)

Per començar, s'aplica el mètode TNT per explosions confinades amb la finalitat de determinar la massa de TNT equivalent per recipients a pressió, en condicions isotèrmiques. L'equació 6 permet determinar la massa de TNT equivalent:

$$W = 0.0219 \cdot P_1 \cdot V_1 \cdot \ln \frac{P_1}{P_2} \quad (6)$$

On:

W: massa de TNT equivalent [g].

P₁: pressió d'esclat [atm.abs].

P₂: pressió atmosfèrica [atm.abs].

V₁: volum del gas comprimit [L].

Després de calcular la massa de TNT equivalent, s'ha determinat que el 50% correspon a l'ona de pressió i l'altre 50% als fragments de l'explosió. A la **Taula 12**, es troben recollits els resultats obtinguts en aquest apartat:

Taula 12: Determinació de la massa equivalent de TNT.

W recipients a pressió [kg]	6995
W ona de pressió [50%]	3498
W fragments [50%]	3498

13.2 Estimació de la pressió sobre la superfície del recipient

A continuació, es troben els càlculs relacionats amb l'ona de pressió de l'explosió. La determinació de la pressió sobre la superfície del recipient, s'ha realitzat a partir de l'equació de Purgh (7). Aquesta equació s'ha resolt iterativament.

$$P_B = P_S \left[1 - \frac{3.5 \cdot (\gamma - 1) \cdot (P_S - 1)}{\left[\left(\frac{\gamma T}{M} \right) \cdot (1 + 5.9 \cdot P_S) \right]^{0.5}} \right]^{\frac{-2 \cdot \gamma}{\gamma - 1}} \quad (7)$$

On:

P_B : pressió a la que es produeix l'explosió del recipient [bar abs].

P_S : pressió estimada a la superfície del recipient [bar abs].

γ : quocient de les capacitats calorífiques de l'aire ($C_p/C_v = 1.4$).

T: temperatura absoluta [K].

M: pes molecular del gas [g/mol] .

Al determinar la pressió sobre la superfície del recipient (P_S), es calcula el pic de sobrepressió (ΔP) a partir de l'equació 8.

$$\Delta P = P_S - P \quad (8)$$

On:

ΔP : pic de sobrepressió [bar].

P_S : pressió estimada a la superfície del recipient [bar].

P: pressió atmosfèrica [bar].

A la **Taula 13** es recull el valor estimat del nombre de la pressió sobre la superfície del recipient, després de realitzar la iteració a partir de l'eina "Solver" del programa Excel. A més, es troba el valor de la diferència de pressió calculada a partir de l'equació 8.

Taula 13: Determinació de la (P_s) i (ΔP)

Pressió superficial (P_s) [bar]	5
Pic sobrepressió (ΔP) [bar]	3.8

13.3 Determinació de la distància normalitzada

La determinació de la distància normalitzada (d_n), es realitza a partir del gràfic representat a la **Figura 39**. Per fer-ho, es parteix del valor del pic de sobrepressió (ΔP) i es determina la distància normalitzada seguint la línia vermella.

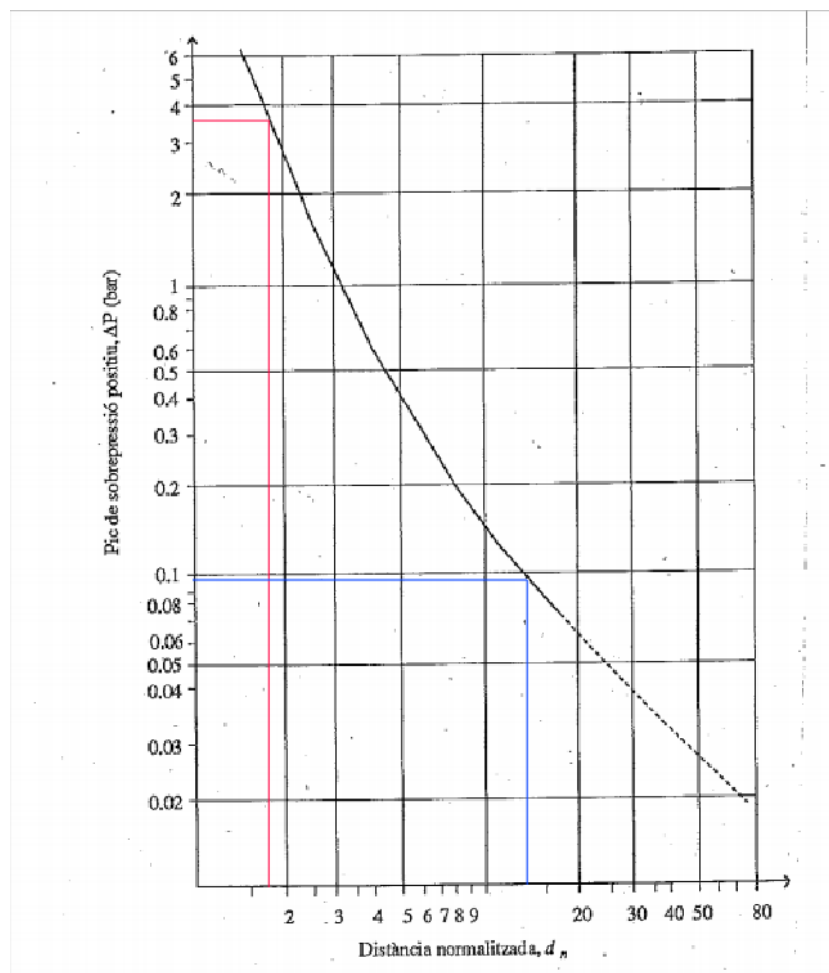


Figura 39: Representació gràfica per a la determinació de (d_n) [48].

Per tant, el valor trobat per la distància normalitzada (d_n) és de $1.5 \text{ m/kg}^{\frac{1}{3}}$. A partir d'aquest, es determina la distància en la qual es veuran els efectes de l'explosió sense tenir en compte el recipient, utilitzant l'equació 9.

$$d = d_n \cdot \sqrt[3]{W} \quad (9)$$

On:

d: distància efectes de l'explosió [m].

d_n : distància normalitzada [$\text{m/kg}^{\frac{1}{3}}$].

W: massa de TNT equivalent [kg].

Les equacions 10 i 11, s'utilitzen per calcular la distància virtual i la distància a la qual s'han de calcular els efectes de l'explosió tenint en compte el recipient, respectivament.

$$d_v = d - r \quad (10)$$

$$d_e = d_v + D \quad (11)$$

On:

d_v : distància virtual [m].

d: distància dels efectes de l'explosió [m].

r: radi del recipient [m].

d_e : distància dels efectes tenint en compte el recipient [m].

D: distància a la que es troben els treballadors [m].

La d_e , determina a quina distància s'han de calcular els efectes de l'explosió, tenint en compte el recipient. Cal tornar a calcular la distància normalitzada, a partir de l'equació 9. A més, a partir del valor obtingut del paràmetre d_n i del gràfic representat a la **Figura 39**, es pot determinar el pic de sobrepressió $\Delta P'$ seguint la línia blava. A la **Taula 14**, es troben recollits els valors dels paràmetres calculats en aquest apartat.

Taula 14: Determinació de la distància normalitzada.

Distància dels efectes de l'explosió (d) [m]	22.8
Distància virtual (d_v) [m]	16.1
Distància dels efectes tenint en compte el recipient (d_e) [m]	216.1
Distància normalitzada recalculada (d_n') [m]	14.2
Pic de sobrepressió recalculat ($\Delta P'$) [bar]	0.1

13.4 Fragments del dipòsit

A continuació, es troben els càlculs relacionats amb els fragments resultants de l'explosió. En aquest apartat, es determinen el número de fragments i el pes de cadascun d'ells.

$$N = -3.77 + 0.0096 \cdot V \quad (12)$$

$$A_r = (2 \cdot \pi \cdot r \cdot h) + (2 \cdot \pi \cdot r^2) \quad (13)$$

$$A_f = \frac{A_r}{N} \quad (14)$$

$$D_f = \sqrt{\frac{A_f}{\pi}} \quad (15)$$

$$M_f = \frac{M_r}{N} \quad (16)$$

On:

N: número de fragments.

V: volum del recipient [m³].

A_r: àrea del recipient [m²].

r: radi del recipient [m].

h: alçada del recipient [m].

A_f: àrea del fragment [m²].

D_f: diàmetre del fragment [m].

M_f: massa del fragment [kg].

M_r: massa del recipient [kg].

A la **Taula 15**, es troben recollits els valors dels paràmetres calculats en aquest apartat, a partir de les equacions 12, 13, 14, 15 i 16.

Taula 15: Determinació del número i la massa dels fragments.

Número de fragments	11
Àrea del recipient (cilindre toriesfèric) [m ²]	739
Àrea de cada fragment [m ²]	67
Diàmetre de cada fragment (esfèrics) [m]	4.62
Pes de cada fragment [kg]	22398

13.5 Determinació del recorregut dels fragments

Per determinar la distància fins a on arriben els fragments després de l'explosió, s'ha utilitzat l'equació de Moore 17.

$$u = 2.05 \cdot \left(\frac{P \cdot D^3}{W} \right)^{0.5} \quad (17)$$

On:

u: velocitat inicial [ft/s].

P: pressió de ruptura [psig].

D: diàmetre del fragment [in].

W: pes del fragment [lb].

Una vegada s'ha determinat la velocitat inicial del fragment, s'utilitza el gràfic representat a la **Figura 40**.

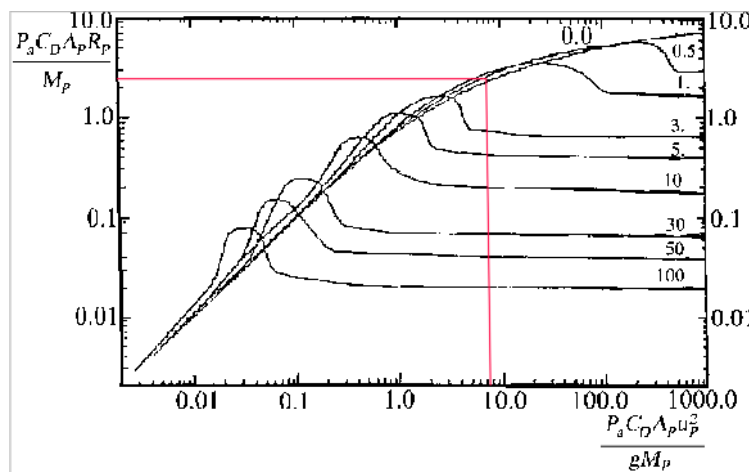


Figura 40: Representació gràfica per a la determinació del recorregut del fragment [49].

Primerament es determina la variable del eix X del gràfic anterior, a partir de l'equació 18.

$$V_x = \frac{\rho_a \cdot C_d \cdot A_d \cdot u^2}{M_p} \quad (18)$$

On:

V_x : variable del eix X.

ρ_a : densitat de l'aire [kg/m³].

C_d : coeficient de drag.

A_d : àrea de drag o del fragment.

u : velocitat inicial del fragment [m/s].

M_p : massa del fragment [kg].

Seguidament, es determina la variable del eix y, seguint la línia vermella representada a la **Figura 40**. Per últim, es calcula la distància a la que arriben els fragments (r) a partir de l'equació 19.

$$V_y = \frac{\rho_a \cdot C_d \cdot A_d \cdot r}{M_p} \quad (19)$$

On:

V_y : variable del eix Y.

ρ_a : densitat de l'aire kg/m³.

C_d : coeficient de drag.

A_d : àrea de drag o del fragment.

r : radi del fragment [m].

M : massa del fragment [kg].

A la **Taula 16**, es troben recollits els valors dels paràmetres calculats en aquest apartat.

Taula 16: Determinació del recorregut dels fragments.

Diàmetre fragment [in]	182
Pes del fragment (W) [lb]	49276
Velocitat inicial (u) [ft/s]	674
Velocitat inicial (u) [m/s]	205
Coefficient de drag (Cd)	0.47
Variable eix X (V_x)	7.85
Variable eix Y (V_y)	2.5
Distància a la que arriben els fragments (r) [m]	1371.5

Al finalitzar aquest apartat, s'ha pogut observar com en el cas de que hi hagués una explosió de l'àrea d'emmagatzematge de l'òxid d'etilè, considerant que els sis tancs formessin un de sol, es podrien formar 11 fragments i arribarien a una distància de fins 1.37 km. A la **Figura 41**, es troba representat el perímetre (color vermell) fins a on els fragments podrien arribar. Es pot observar com arribarien fins a zones residencials i fins a altres empreses dels voltants.



Figura 41: Distància on podrien arribar els fragments expulsats en la explosió [50].

13.6 Determinació de la radiació tèrmica

En aquest apartat, s'ha determinat les dimensions de la bola de foc, el calor emès i la radiació tèrmica rebuda per un observador. A continuació, es troben recollides les equacions utilitzades per a determinar el paràmetres d'aquest apartat.

$$D_m = 6.48 \cdot m^{0.325} \quad (20)$$

$$H = 0.75 \cdot D_m \quad (21)$$

$$t = 0.825 \cdot m^{0.26} \quad (22)$$

$$E = \frac{F_{rad} \cdot m \cdot H_c}{\pi \cdot D_m^2 \cdot t} \quad (23)$$

$$F = \frac{D_m^2}{4 \cdot X^2} \quad (24)$$

On:

D_m : diàmetre màxim de la bola de foc [m].

m : massa que intervé en l'explosió [kg].

H : alçada de la bola de foc [m].

t : durada de la bola de foc [s].

E : calor emès [kW/m^2].

F_{rad} : factor de radiació.

H_c : calor de combustió [kJ/kg].

F : factor de vista.

X : distància entre el focus emissor i el receptor [m].

A la **Figura 42**, es troben representades les distàncies utilitzades en les equacions anteriors.

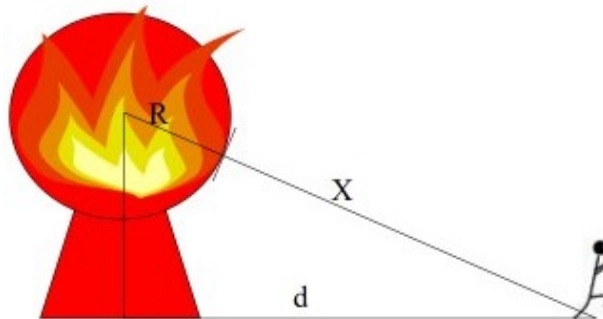


Figura 42: Esquema explosió BLEVE amb bola de foc [48].

Les equacions 25 i 26 s'utilitzen per a determinar la durada de la bola de foc i la radiació tèrmica, respectivament.

$$\tau = 2.02 \cdot (P_w \cdot X)^{-0.09} \quad (25)$$

$$Q_x = \tau \cdot E \cdot F \quad (26)$$

On:

τ : durada de la bola de foc [s].

P_w : pressió parcial del vapor d'aigua [Pa].

X: distància entre el focus emissor i el receptor [m].

Q_x : radiació tèrmica rebuda per un observador [kW/m^2].

E: calor emès [kW/m^2].

F: factor de vista.

A la **Taula 17**, es troben recollits els valors dels paràmetres d'aquest apartat.

Taula 17: Dades determinació de la radiació tèrmica.

Diàmetre màxim bola de foc BLEVE [m]	601
Alçada de la bola de foc [m]	451
Durada de la bola de foc [s]	31
Calor emès (E) [kW/m^2]	356
X (x+R)	494
Factor de vista (F21)	0.37
Pressió parcial vapor aigua (Pv) [Pa]	802
Transmissivitat atmosfèriques (τ)	0.63
Radiació tèrmica rebuda a una distància D [kW/m^2]	83.82

Per últim, s'ha determinat que la bola de foc tindrà un diàmetre màxim de 601.5 metres i una alçada de 451. Aquesta distància és menor a la distància a la qual arribaran els fragments. Tot i això, els voltants es poden trobar les empreses confrontants a la planta per a la producció d'òxid d'etilè. De tal manera, un cop més es reafirma la importància del bon funcionament de tots els sistemes de control i seguretat de la planta, especialment els de la zona d'emmagatzematge d'òxid d'etilè.

Bibliografia

- [1] *NTP 599: Evaluación del riesgo de incendio: criterio.* https://www.insst.es/documentos/94886/327064/ntp_599.pdf/390d3910-3ad3-404b-8d12-ef93a1b7f0b0. Visitat 25-03-2020. 2001.
- [2] *Imatges del triangle i tetraedre del foc.* https://ca.wikipedia.org/wiki/Triangle_del_foc. Visitat 25-03-2020.
- [3] *REIAL DECRET 681/2003, de 12 de juny, sobre la protecció de la salut i la seguretat dels treballadors exposats als riscos derivats d'atmosferes explosives en el lloc de treball. («BOE» 145, de 18-6-2003.)* https://www.boe.es/boe_catalan/dias/2003/07/16/pdfs/A02743-02748.pdf. Visitat 25-03-2020. 2003.
- [4] *Imatge senyalització de zones de risc d'atmosferes explosives.* http://previpedia.es/Real_Decreto_681/2003,_de_12_de_junio,_sobre_la_protecci%C3%B3n_de_la_salud_y_la_seguridad_de_los_trabajadores_expuestos_a_los_riesgos_derivados_de_atm%C3%B3sferas_explosivas_en_el_lugar_de_trabajo. Visitat 25-03-2020.
- [5] *Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico. (BOE-A-2001-11881).* <https://www.boe.es/buscar/pdf/2001/BOE-A-2001-11881-consolidado.pdf>. Visitat 26-03-2020. 2001.
- [6] *Guía técnica para la evaluación y prevención del riesgo eléctrico.* <https://www.insst.es/documentos/94886/203536/Gu%C3%ADa+t%C3%A9cnica+para+la+evaluaci%C3%B3n+y+prevenci%C3%B3n+de+los+riesgos+relacionados+con+la+protecci%C3%B3n+frente+al+riesgo+el%C3%A9ctrico/7455ad76-c68b-498a-b898-cdb8e09baa4f>. Visitat 26-03-2020. 2014.
- [7] *Los riesgos Ergonómicos en el trabajo.* <https://acciopreventiva.com/riesgos-ergonomicos/>. Visitat 26-03-2020.
- [8] *Riesgos ergonómicos: medidas para prevenirlos.* <http://www.ergoibv.com/blog/riesgos-ergonomicos-medidas-para-prevenirlos/>. Visitat 26-03-2020. 2016.
- [9] *ITC MIE APQ-2: « Almacenamiento de óxido de etileno ».* <http://www.apici.es/wp-download/legislacion/ITCMIEAPQ2.pdf>. Visitat 27-05-2020.
- [10] *Cuaderno preventivo: Nueva clasificación y etiquetado de sustancias y mezclas químicas.* http://www.ugt.cat/download/salut_laboral/higiene_industrial/PQuimicos-etiquetado.pdf. 2008.
- [11] *CLP: clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas químicas.* <https://osha.europa.eu/es/themes/dangerous-substances/clp-classification-labelling-and-packaging-of-substances-and-mixtures>. Visitat 30-03-2020. 2020.
- [12] *Real Decreto 255/2003, de 28 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento sobre clasificación, envasado y etiquetado de preparados peligrosos.* <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2003-4376>. Visitat 29-03-2020. 2003.

- [13] *Símbolos de peligro. Salud y seguridad.* https://ec.europa.eu/taxation_customs/dds2/SAMANCTA/ES/Safety/SymbolsOfHazard_ES.htm. Visitat 21-04-2020. 2012.
- [14] *Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud.* <https://istas.net/istas/riesgo-quimico/intervencion-sindical-frente-al-riesgo-quimico/identificar-los-peligros/la-0>. Visitat 01-04-2020. 2018.
- [15] *Fichas Internacionales de Seguridad Química. FISQ (INSST).* <https://www.insst.es/fisq>. Visitat 07-06-2020.
- [16] *Guía técnica de aplicación del reglamento de almacenamiento de productos químicos y sus Instrucciones técnicas Complementarias.* http://www.f2i2.net/documentos/lisi/AlmacenamientoProductosQuimicos/GUIA_APQ_2018_MAYO.pdf. Visitat 18-03-2020. 2018.
- [17] *Real Decreto 2060/2008, de 12 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias.* <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2009-1964>. Visitat 10-05-2020. 2020.
- [18] *ITC MIE APQ-1: « Almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles ».* <http://www.apici.es/wp-download/legislacion/ITCMIEAPQ1.pdf>.
- [19] *Llei 31/1995, de 8 de novembre, de prevenció de riscos laborals.* https://treball.gencat.cat/web/.content/09_-_seguretat_i_salut_laboral/documents/04_-_riscos_i_condicions_de_treball/riscos_laborals/agricultura/6_normativa/llei_31-1995.pdf. Visitat 03-04-2020.
- [20] *Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.* <https://www.boe.es/eli/es/rd/1997/04/14/486/con>. Visitat 03-04-2020.
- [21] *Señalización en los lugares de trabajo.* <https://electricidad-viatger.blogspot.com/2008/04/sealizacion-en-el-lugar-de-trabajo.html>. Visitat 01-04-2020.
- [22] *Señales gestuales en los lugares de trabajo.* <https://sites.google.com/site/1ofpbinfycomnoesobe/modulos-profesionales/prl/3-medidas-de-prevencion-y-de-proteccion/4-2-senales-gestuales>. Visitat 01-04-2020.
- [23] *Real Decreto 681/2003, de 12 de junio, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo.* <https://www.boe.es/eli/es/rd/2003/06/12/681>. Visitat 06-04-2020.
- [24] *Real Decreto 144/2016, de 8 de abril, por el que se establecen los requisitos esenciales de salud y seguridad exigibles a los aparatos y sistemas de protección para su uso en atmósferas potencialmente explosivas.* <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2016-3539#ddunica>. Visitat 06-04-2020.
- [25] *Guía para trabajos de soldadura en atmósferas explosivas (ATEX).* <http://prl.ceo.es/guia-para-trabajos-de-soldadura-en-atmosferas-explosivas-atex/>. Visitat 07-04-2020.
- [26] *Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.* <https://www.boe.es/buscar/pdf/2004/BOE-A-2004-21216-consolidado.pdf>. Visitat 27-03-2020. 2004.

- [27] *Detector de humo. Qué son, tipos y funcionamiento.* <https://www.fuegorescate.com/detector-de-humo/>. Visitat 09-04-2020.
- [28] *Pulsador manual de alarma.* <https://sites.google.com/site/mp04grupo05/home/detectores/pulsadores/pulsador-manual-de-alarma>. Visitat 09-04-2020.
- [29] *CLP: clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas químicas.* <https://www.okchem.com/showroom/dcp-fire-extinguisher-filler.html>. Visitat 09-04-2020. 2020.
- [30] *Bocas de incendio equipadas.* <https://docplayer.es/50960861-2-2-bocas-de-incendio-equipadas.html>. Visitat 09-04-2020. 2018.
- [31] *National Fire and Safety Solutions.* <http://www.callfireman.com/index.php?page=Services&pageid=2>. Visitat 10-04-2020. 2019.
- [32] *Instalación de sistemas fijos de extinción por rociadores automáticos (sprinkler) y agua pulverizada.* <https://www.solerprevencion.com/servicios/instalacion-de-proteccion-contraincendios/proteccion-activa/sistemas-fijos-de-extincion-por-rociadores-automaticos-sprinkler-y-agua-pulverizada/>. Visitat 09-04-2020.
- [33] *Diferencias entre hidrantes contra incendios.* <http://semamcoin.com/diferencias-entre-hidrantes-contraincendios/>. Visitat 10-04-2020. 2015.
- [34] *Equipos contra incendios industriales.* <http://www.ebara.es/productos/equipos-contraincendios-industriales/serie-af-enr/>. Visitat 06-06-2020. 2015.
- [35] *Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.* <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1997-8669>. Visitat 01-06-2020. 1997.
- [36] *Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.* <https://www.boe.es/buscar/pdf/1997/BOE-A-1997-8669-consolidado.pdf>. Visitat 02-04-2020. 1997.
- [37] *Servicio Integrado de Prevención y Salud Laboral.* https://www.sprl.upv.es/d7_4_b.htm. Visitat 01-06-2020. 2012.
- [38] *Riesgos Eléctricos.* https://www.isastur.com/external/seguridad/data/es/1/1_5_3_1.htm. Visitat 01-06-2020. 2010.
- [39] *RIESGOS RELACIONADOS CON LA SEGURIDAD EN EL TRABAJO. Electricidad.* <https://riesgoslaborales.saludlaboral.org/portal-preventivo/riesgos-laborales/riesgos-relacionados-con-la-seguridad-en-el-trabajo/electricidad/>. Visitat 01-06-2020. 2015.
- [40] *Pla d'emergència del sector químic de Catalunya (PLASEQCAT).* https://interior.gencat.cat/web/.content/home/030_arees_dactuacio/proteccio_civil/plans_de_proteccio_civil/plans_de_proteccio_civil_a_catalunya/documents/plaseqcat_memoria.pdf. Visitat 08-06-2020.
- [41] *Annexos del pla d'emergència del sector químic de Catalunya (PLASEQCAT).* https://interior.gencat.cat/web/.content/home/030_arees_dactuacio/proteccio_civil/plans_de_proteccio_civil/plans_de_proteccio_civil_a_catalunya/documents/plaseqcat_annexos.pdf. Visitat 08-06-2020.

- [42] *Explosión Mecánica*. <https://apmine.wordpress.com/explosion-mecanica-2/>. Visitat 15-06-2020. 2019.
- [43] *ethyleneoxide third edition*. <https://www.americanchemistry.com/ProductsTechnology/Ethylene-Oxide/EO-Product-Stewardship-Manual-3rd-edition/EO-Product-Stewardship-Manual-Figures-Tables.PDF>. Visitat 14-06-2020. 2007.
- [44] *Presión de vapor de agua líquida y hielo a varias temperaturas*. <http://kimerius.com/app/download/5780666773/Tabla+de+presi%C3%B3n+de+vapor+de+agua+1%C3%ADquida+y+hielo.pdf>. Visitat 14-06-2020. 2020.
- [45] *Directrices para la distribución de Óxido de Etileno*. https://www.petrochemistry.eu/wp-content/uploads/2018/01/Guidelines_EO_2013_SP_v2.pdf. Visitat 14-06-2020. 2013.
- [46] *Óxido de etileno*. https://es.wikipedia.org/wiki/%C3%93xido_de_etileno. Visitat 14-06-2020. 2020.
- [47] *Aire*. <https://es.wikipedia.org/wiki/Aire>. Visitat 14-06-2020. 2020.
- [48] Escola d'Enginyeria de la UAB. *Apunts d'Enginyeria Química*. 2020.
- [49] *Research Gate*. https://www.researchgate.net/figure/Scaled-velocity-versus-scaled-pressure-from-Baker-et-al-1983-and-Woodward-Ketchum_fig4_222988523. Visitat 14-06-2020. 2019.
- [50] *Google Maps*. <https://www.google.es/maps/@41.109679,1.189891,4927m/data=!3m1!1e3>. Visitat 14-06-2020. 2020.