

PLANTA DE PRODUCCIÓ DE FORMALDEHID

PROJECTE DE FINAL DE GRAU
Enginyeria Química

Juny 2026

Tomás Cabeza Rabadán
Anna Del Río Duran
Arnau Martínez Valle
Júlia Pons Salvatella
Víctor Rico Fernández
Edgar Jordan Delgado

TUTOR
Rafa Bosch Palacios

PLANTA DE PRODUCCIÓ DE FORMALDEHID

PROJECTE DE FINAL DE GRAU
Enginyeria Química

CAPÍTOL 5: SEGURETAT I HIGIENE



Taula de contingut

5.1 Introducció	3
5.2 Classificació de la planta	3
5.3 Substàncies químiques emprades.....	4
5.3.1 Fitxes de seguretat	5
5.3.2 Classe de perill i pictogrames	6
5.3.3 Indicacions de perill	13
5.3.4 Consells de prudència	13
5.4 Principals riscos a la indústria.....	15
5.4.1 Riscos.....	16
5.4.2 Risc d'incendis	19
5.4.3 Risc d'explosions	26
5.5 Emmagatzematge	30
5.5.1 Normativa aplicable	31
5.5.2 Distàncies de seguretat	32
5.5.3 Cubetes de retenció	35
5.5.4 Venteigs.....	36
5.6 Senyalització de la planta.....	37
5.6.1 Colors de seguretat	38
5.6.2 Senyals en forma de panell	38
5.6.3 Senyals lluminoses i acústiques.....	41
5.6.4 senyals gestuals	41
5.6.5 Senyals de transport	42
5.7 Càrrega, descàrrega i transport	43
5.7.1 Normativa referent a la càrrega i descàrrega i al transport.....	44
5.8 Equips de protecció	45
5.8.1 Equips de protecció individuals	46
5.8.2 Equips de protecció col·lectiva.....	46
5.9 Primers auxilis	48
5.10 Higiene.....	49
5.10.1 Condicions de l'entorn laboral.....	49
5.10.2 Higiene personal.....	51
5.11 Pla d'emergència	51
5.11.1 Pla d'emergència intern	52
5.11.2 Pla d'emergència extern.....	54
5.12 Hazop.....	54
5.12.1Tancs d'emmagatzematge	56
5.12.2 Mescladors	59
5.12.3 Bescanviadors.....	62
5.12.4 Reactor	75

5.12.5 Columna	81
5.13 Bibliografia	85

5.1 Introducció

El concepte de seguretat i higiene fa referència al conjunt de normes, anàlisi, prevencions i protocols que tenen per objectiu el correcte desenvolupament de l'activitat industrial tenint cura per les persones, els productes i el medi ambient. És un aspecte fonamental a la indústria i, per tant, existeix un conjunt de normativa d'obligat compliment que s'ha de seguir per tal de minimitzar els accidents que es puguin produir a l'entorn de treball, així com una sèrie d'elements de protecció tant a nivell individual per a cada treballador com per la planta i tots els seus elements.

Seguint aquest objectiu, el disseny i l'operació de la planta dissenyada s'ha dut a terme conforme la normativa vigent, tant en l'àmbit europeu com regional. Per altre costat, s'han avaluat els possibles inconvenients mitjançant un anàlisi dels diferents riscos que existeixen a la instal·lació, així com també s'ha instruït al personal de la planta en els protocols d'actuació davant possibles accidents o situacions de perill.

En aquest capítol, s'explicaran detalladament totes les mesures de seguretat, la normativa emprada i l'anàlisi de riscos realitzat, considerant el tipus de substàncies emprades i totes les operacions que tenen lloc a la planta, incloent no només el procés en si mateix, sinó també l'emmagatzematge i la càrrega i descàrrega, entre d'altres.

5.2 Classificació de la planta

Les plantes químiques estan dividides en àrees segons la seva perillositat, que depèn dels riscos intrínsecs de les diferents activitats que es duguin a terme i de les substàncies químiques emprades. Al separar-les per àrees, s'evita haver-ne d'invertir en mesures de seguretat específiques a tota la planta i només haver de fer-ho en determinades àrees.

A la següent taula es mostren les àrees de la planta química de producció de formaldehid de FormalAir:

Taula 5.1. Distribució de la planta

Àrea	Descripció
A-100	Emmagatzematge de matèries primeres
A-200	Vaporització de metanol i mescla de gasos
A-300	Reactor
A-400	Absorció i refredament
A-500	Tractament de gasos d'escapament
A-600	Emmagatzematge i expedició del producte final
A-700	Serveis auxiliars
A-800	Oficines, laboratoris, taller, sala de control

Per classificar tant la planta en el seu global com per classificar les distintes àrees de la planta es tenen en compte les normatives següents:

- Normativa SEVESO III (RD 840/2015)
- RSCIEI (RD 2267/2004)
- ATEX (RD 681/2003)
- ITC MIE-APQ

Aquesta normativa estableix els criteris per determinar el nivell de perillositat de la planta segons la quantitat de substàncies químiques presents (SEVESO), així com la categoria de risc de crear atmosferes explosives o d'incendi (RSCIEI i ATEX). Per últim les APQ estableixen els criteris per classificar les zones d'emmagatzematge.

Segons la normativa SEVESO, el formaldehid en solució està classificat com a tòxic agut, i el metanol com a inflamable, per tant en funció de la quantitat en planta d'aquestes substàncies depèn la classificació de la planta. En el cas de la planta de FormalAir, s'acumulen un màxim de 63 tones de metanol, quantitat que es troba per sota del límit inferior de 500 tones que marca la normativa. Malgrat això, l'elevada producció de formaldehid, provoca que a planta s'arribin a acumular molt més de les 200 tones que marca la normativa SEVESO com a límit superior. Això implica que la nostra planta entra al nivell superior de perillositat al superar el llindar de substàncies tòxiques agudes i per tant que s'ha de realitzar un pla d'emergència tant interior com exterior per tal de complir amb la normativa vigent.

5.3 Substàncies químiques emprades

Es estrictament necessari conèixer les principals substàncies químiques emprades en tota la planta, així com els possibles accidents i riscos associats. Una comprensió adequada de cada substància ens permetrà evitar aquests possibles accidents i protegir tant a les persones com al medi ambient.

Les principals substàncies químiques presents al nostre procés són essencialment metanol y formaldehid, es a dir el principal reactiu i el producte del procés. També es important esmentar l'ús de nitrogen, utilitzat per a processos de refrigeració i condensació.

El reglament CLP (nº 1272/2008), que es basa en el sistema globalment harmonitzat (SGA), estipula com s'han de classificar cada tipus de substància, així com el seu envasat i etiquetat. Això permet identificar els perill de cada tipus de substància ràpidament.

D'altra banda es important esmentar el reglament REACH (CE 1907/2006), ja que es aquesta normativa la que estableix el marc legal per les fitxes de seguretat, uns documents necessaris per garantir el correcte ús de les substàncies químiques anteriorment esmentades.

5.3.1 Fitxes de seguretat

Les fitxes de seguretat (FDS) són documents de públic accés amb tot tipus d'informació de un producte químic en específic, des de les seves propietats físiques i químiques fins a una sèrie d'indicacions bàsiques respecte el seu ús, emmagatzematge, extinció en cas d'incendi, etc.

Han d'estar a l'abast dels treballadors de la planta en tot moment per tal de garantir l'accés a la informació necessària per al desenvolupament del seu treball i el compliment de les normes de seguretat.

El format de les FDS es sempre el següent:

- 1) Identificació de la substància o mescla i de la societat o empresa: Nom de la substància i de la empresa responsable de la FDS.
- 2) Identificació dels perill: Informació general sobre els possibles perills de la substància.
- 3) Composició: Descripció de les possibles mescles de la substància principal.
- 4) Primers auxilis: Principals efectes o símptomes i primers auxilis.
- 5) Mesures de lluita contra incendis: Medis d'extinció adients a la substància.
- 6) Mesures en cas d'abocament accidental: Principals precaucions e indicacions davant un possible abocament.
- 7) Manipulació i emmagatzematge: Precaucions per una manipulació segura i condicions d'emmagatzematge.
- 8) Controls d'exposició i protecció individual: Valors límits d'exposició i proteccions individuals .
- 9) Propietats físiques i químiques: Conjunt de propietats de la substància com el punt de fusió/ebullició, Ph, solubilitat...
- 10) Estabilitat y reactivitat: Possibles reacciones no desitjades.
- 11) Informació toxicològica: Estimació de la toxicitat aguda i possibles efectes per la salut humana.
- 12) Informació ecològica: Toxicitat aquàtica i impacte ambiental general.
- 13) Consideracions relatives a la seva eliminació: Mètodes pel tractament de la substància com a residu.
- 14) Informació relativa al transport: Codis i categories de la substància en relació al seu transport.

15) Informació reglamentaria: Informació complementaria de la substància que no s'hagi esmentat en els apartats anteriors.

16) Altre informació: Informació general, la majoria esmentada amb anterioritat.

5.3.2 Classe de perill i pictogrames

Segons el reglament CLP, les substàncies químiques tenen tres tipus de perill inherents que es poden donar a la vegada o no, segons la substància en qüestió.

Els tres tipus de perill són: Físics, per a la salut i per al medi ambient.



Figura 5.1. Pictogrames SGH

Perills físics:

- **Explosivitat:** Són productes que poden provocar una forta reacció exotèrmica a l'entrar en contacte amb flames, espurnes, calor, electricitat estàtica xocs, etc.

Segons el CLP, hi ha 7 tipus distints d'explosió que són els següents:

- En massa
- Perill de projecció
- Perill d'incendi amb perill d'ona expansiva o projecció
- Perill d'incendi o de projecció
- Substàncies poc sensibles en explosions en massa
- Substàncies molt poc sensibles en explosions en massa
- Inestables



Figura 5.2. Pictograma per a substàncies explosives.

- **Inflamabilitat:** Son aquelles substàncies que poden donar lloc a un incendi en presència d'oxigen i d'agents iniciadors com espurnes, calor o flames.

Es divideixen en tres grans grups, amb subclassificacions per a cada grup.

- **Gasos inflamables:** Són aquells gasos que s'inflamen amb aire a 20°C i amb pressió atmosfèrica. Dintre d'aquest grup hi ha els gasos de categoria 1 (1A i 1B), i els de categoria 2. La diferencia radica en el seu nivell d'inflamabilitat.
- **Líquids inflamables:** Es classifiquen segons el seu punt d'inflamació i el punt inicial d'ebullició. Dins d'aquest grup hi ha 3 subgrups:
 - Extremadament inflamables (cat. 1): Són aquests amb un punt d'inflamació menor als 23°C i un punt inicial d'ebullició menor als 35°C.

- Molt inflamables (cat. 2): Són aquests amb un punt d'inflamació menor als 23°C i un punt inicial d'ebullició major als 35°C.
- Inflamables (Cat 3.): Són aquests amb un punt d'inflamació major o igual als 23°C i un punt inicial d'ebullició menor als 60°C.
- **Sòlids inflamables:** Sòlids que en condicions adequades poden inflamar-se, sobretot per calor o per fricció. Es divideixen en dos grups depenent del seu nivell d'inflamabilitat.



Figura 5.3. Pictograma per a substàncies inflamables.

- Comburents: Són substàncies que tot i no ser inflamables en si mateixes, poden provocar o intensificar incendis degut al seu aport d'oxigen al medi.
Al igual que passa amb les classificacions anteriors, els productes comburents es classifiquen primerament segons estan en fase gas, líquid o sòlid i després hi han subclassificacions segons el risc que representen.



Figura 5.4. Pictograma per a substàncies comburents.

- Gasos a pressió: Són aquells gasos emmagatzemats en recipients a una pressió superior a la atmosfèrica així com també gasos líquids o refrigerats.
Es poden classificar en gasos comprimits, líquids, líquids refrigerats o dissolts.



Figura 5.5. Pictograma per a gasos comprimits

Perills per a la salut:

- **Toxicitat aguda:** Fa referència a substàncies que poden provocar greus problemes de salut que poden arribar a ser crònics o fins i tot letals. Aquests símptomes es poden arribar a tenir ja sigui per la inhalació, la ingestió o penetració cutània dels tòxics. Existeixen tres categories diferents on les categories una i dos són potencialment mortals.



Figura 5.6. Pictograma per a substàncies tòxiques.

- **Corrosius:** Substàncies que presenten un perill tant per a la salut de les persones (poden provocar cremades a la pell o lesions oculars) i també poden representar un perill per a les estructures susceptibles a la corrosió.

Es divideixen en tres categories diferents segons el nivell de corrosió que presenten, mesurat en el temps necessari per a produir efectes negatius a la pell.



Figura 5.7. Pictograma per a substàncies corrosives.

- Irritants: Són aquelles substàncies que poden provocar inflamacions o irritacions en entrar en contacte amb la pell, les vies respiratòries o els ulls, però de forma reversible i per tant causant menys danys que les substàncies corrosives.

Es categoritzen segons on produeixin aquestes reaccions inflamatòries.



Figura 5.8. Pictograma per a substàncies irritants

- Perill per a la salut: Són agents químics que un cop penetren en l'organisme poden originar una sèrie variada de problemes i alteracions, que poden arribar a ser crònics o fins i tot mortals.

Es divideixen en sis categories segons els seus efectes a la salut.

- Toxicitat aguda: Fa referència sobretot als possibles efectes per a la salut al aspirar determinades substàncies, comportant riscos de danys greus o fins i tot la mort.
- Sensibilització respiratòria: Poden donar problemes respiratoris menys greus que la categoria anterior, provocant símptomes semblants als de l'asma.
- Mutàgens: Són aquells que poden provocar danys al codi genètic a les cèl·lules sexuals (òvuls o espermatozoides).
- Carcinògens: Són aquells agents químics que indueixen càncer o augmenten la seva freqüència. Es divideixen en dos subgrups segons siguin sospitosos o suposats.
- Tòxic per a la reproducció: Substàncies que poden provocar problemes a la funció sexual i la fertilitat de les persones. També aquelles que poden provocar efectes teratogènics a la descendència.
- Toxicitat específica en òrgans diana: Són aquells que afecten a òrgans en concret i que no entren dins de les categories anteriors. Es diferencien entre aquelles substàncies que provoquen danys greus després d'un sol contacte i aquelles que provoquen danys després d'un llarg contacte al llarg del temps.



Figura 5.9. Pictograma per a substàncies perilloses per a la salut.

Perills pel medi ambient:

- Perill pel medi ambient: Són aquelles substàncies que poden ser un perill per l'entorn natural en qualsevol de les seves formes, incloent a la biodiversitat de cada medi.

Es divideixen en dues categories principals, dependent de si l'agent químic es perillós pel medi aquàtic o per la capa d'ozó.



Figura 5.10. Pictograma per a substàncies perilloses pel medi ambient.

Pel que fa a la planta industrial de formaldehid, a la taula següent es mostren els principals agents químics emprats, així com les seves categories i els pictogrames corresponents:

Taula 5.2. Categorització de les substàncies.

Substància	Categoria	Pictograma
Metanol	Líquids inflamables (cat. 2) Toxicitat aguda (cat. 3) Toxicitat específica en òrgans diana (STOT SE 1)	
Formaldehid	Toxicitat aguda (Cat. 3) Corrosió cutània (Cat. 1b) Sensibilització cutània (Cat. 1) Mutagenicitat (Cat. 2) Carcinogenicitat (Cat. 1B)	
Òxid de ferro	-	-
Òxid de molibdè	Irritació ocular greu (Cat. 2) Carcinogenicitat (Cat. 2) Toxicitat específica en òrgans diana (STOT SE 3)	
Monòxid de carboni	Gasos inflamables (Cat. 1A) Toxicitat aguda per inhalació (Cat. 3) Toxicitat per a la reproducció (Cat. 1B) Toxicitat específica en òrgans diana (STOT RE 1)	

5.3.3 Indicacions de perill

Les indicacions de perill són part del reglament CLP de classificació i etiquetat dels productes químics. Són frases curtes estandarditzades que descriuen el tipus de perill de cada substància. Cada frase té assignat un codi alfanumèric format per una lletra H seguida de tres números. El primer dels tres números determina si es un perill físic (H2XX), un perill per a la salut (H3XX) o un perill pel medi ambient (H4XX).

5.3.4 Consells de prudència

Com passa amb les indicacions de perill, els consells de prudència són una sèrie de frases curtes, part del reglament CLP per a la correcta classificació i etiquetat dels productes químics. La principal diferència amb les anteriors, es que mentre que les indicacions de perill descriuen els possibles riscos, els consells de prudència descriuen la forma d'evitar aquests perill a l'hora de manipular els agents químics. Tenen un codi igual però substituint la H per la P, i el primer dels tres números determina en aquest cas si es tracta d'un consell general (P1XX), un consell de prevenció (P2XX), de resposta davant un accident (P3XX), d'emmagatzematge (P4XX) o d'eliminació del producte (P5XX).

A continuació es mostra el llistat de les indicacions de perill i els consells de prudència de les substàncies emprades a la planta de formaldehid.

Taula 5.3. Indicacions de perill i consells de prudència

Substància	Indicacions de perill	Consells de prudència
Metanol	H225 H301 H311 H331 H370	P210 P270 P280 P303 P361 P353 P304 P340 P308 P311
Formaldehid	H302 H314 H317 H330 H341 H350 H370	P260 P280 P303 P361 P353 P304 P340 P305

		P351 P338 P308 P311
Òxid de ferro	-	-
Òxid de molibdè	H319 H335 H351	P260 P280 P305 P351 P338 P308 P313
Monòxid de carboni	H221 H331 H370	P260 P210 P304 P340 P377 P381

A continuació s'especifica cada indicació de perill i consell de prudència present a la taula anterior.

H221: Gas inflamable

H225: Vapors i líquids molt inflamables.

H301: Tòxic en cas d'ingestió.

H302: Nociu en cas d'ingestió.

H311: Tòxic en cas de contacte amb la pell.

H314: Provoca cremades greus a la pell i lesions oculars greus.

H317 : Pot provocar una reacció al·lèrgica a la pell.

H319: Provoca irritació ocular greu.

H330: Mortal en cas d'inhalació.

H331: Tòxic en cas d'inhalació.

H335: Pot irritar les vies respiratòries .

H341: Sospitós de provocar defectes genètics .

H350: Pot provocar càncer.

H351: Sospitós de provocar càncer .

H370: Provoca danys als òrgans.

P210: Mantenir lluny de la calor, les espurnes i les flames. No fumar.

P260: No respirar els vapors.

P270: No menjar, beure ni fumar durant el seu ús.

P280: Portar guants i roba de protecció/ protecció ocular.

P301: En cas d'ingestió: Trucar immediatament a un centre de toxicologia.

P303: En cas de contacte amb la pell: Treure immediatament tota la roba contaminada.

P304+ P340: En cas d'inhalació: Transportar a la persona a l'aire lliure i mantenir-la en una posició que li faciliti la respiració.

P305+ P351+P338: En cas de contacte amb els ulls: Esbandir amb aigua amb cura durant uns minuts. Treure les lents de contacte si hi són presents i es possible fer-ho amb facilitat. Continuar amb el rentat.

P308+P311: En cas d'una exposició manifesta o presumpta: Trucar a un centre de toxicologia o metge.

P310: En cas d'ingestió: Trucar immediatament a un metge.

P353+ P361: En cas de contacte amb la pell: Esbandir la pell amb aigua o dutxar-se.

P377: Fuita de gas amb flames: No apagar, llevat de si la fuga pot aturar-se sense perill

P381: En cas de fuita, eliminar totes les fonts d'ignició

5.4 Principals riscos a la indústria

Tot i que els riscos més grans i potencialment greus dins la indústria química provenen de la presència d'agents químics, no tots els riscos són els relacionats amb aquests, de fet, la majoria d'accidents quotidians no provenen de riscos químics sinó mecànics i accidents que poden ocórrer igualment fora de l'entorn laboral.

Tots aquests possibles accidents han de tenir una resposta específica i uns procediments que tots el treballadors de planta han de conèixer i ser capaços d'aplicar.

Es diferenciarà llavors entre aquests riscos més comuns i normalment lleus amb els riscos d'incendi i explosió, molt més perillosos i que tenen la seva pròpia normativa i mesures de prevenció i resposta.

Hi ha normativa general per a un conjunt de riscos comuns tant dins com fora de la indústria química, com poden ser el R.D 486/1997 per la qual s'estableixen les disposicions mínimes de seguretat i salut al lloc de treball, o el R.D 374/2001 sobre la protecció i seguretat dels treballadors respecte riscos relacionats amb agents químics. També hi ha normativa específica respecte a la majoria de possibles accidents, que s'esmentarà a l'apartat corresponent.

5.4.1 Riscos

5.4.1.1 Caigudes

Un dels riscos més freqüents a l'entorn laboral en general són les caigudes, de les que diferenciem entre caigudes a mateix nivell i caigudes a diferent nivell.

En el cas de les caigudes a mateix nivell, els principals factors de riscos serien els obstacles a terra, vessaments que puguin provocar reliscades o mala il·luminació.

Les principals mesures preventives han de ser:

- Mantenir les zones de pas lliures d'obstacles
- Senyalitzar correctament al llarg de la planta
- Netejar ràpidament els vessaments accidentals
- Utilitzar calçat adequat, que forma part de l'ús de roba de treball a planta.
- Utilitzar baranes o passamans quan sigui necessari.

La majoria de caigudes a mateix nivell es poden solucionar amb procediments de primers auxilis.

Pel que fa a les caigudes a diferent nivell, probables en el cas d'indústria química degut a la existència de columnes de destil·lació a planta, existeix una normativa específica de treballs en alçada, el R.D 2177/2004. Aquesta norma estableix una sèrie de mesures i condicions de seguretat d'obligatori compliment a l'hora de realitzar treballs en altura:

- Prioritat de la protecció col·lectiva en vers la individual, es a dir la instal·lació de baranes o plataformes de treballar per sobre de l'ús d'arnesos de seguretat.
- Elecció adequada de l'equip, segons l'altura, la durada i la naturalesa del treball.
- Ús d'escales de mà i de bastides, que requereixen pla de muntatge si superen certa alçada.
- Formació específica als operaris que hagin de realitzar treballs en altura.

5.4.1.2 Risc elèctric

Pràcticament tots els equips de planta estan connectats a l'electricitat, així com múltiples sistemes de control i quadres elèctrics. Els accidents relacionats amb la electricitat poden ser greus per a la salut i poden arribar a derivar en riscos d'incendi i explosions, molt greus en tots els sentits. La normativa específica per a aquest tipus de riscos és la R.D 614/2001, que defineix els diferents riscos elèctrics i estableix com s'han de realitzar aquests tipus de treballs.

Aquests passos són:

- Desconnectar totes les fonts de tensió.
- Prevenir davant realimentacions elèctriques.
- Verificar l'absència de tensió amb aparells de mesura.
- Posar a terra els equips sobre els que es treballen per protegir-se de descàrregues accidentals.
- Protegir davant elements propers en tensió.

Es essencial que tots els equips tinguin presa a terra per a l'eliminació de electricitat estàtica.

5.4.1.3 Risc sísmic

El risc sísmic entra dins de la normativa Seveso pel que fa a l'avaluació de riscos naturals extrems, però la principal normativa a nivell nacional és la NCSE-02, la normativa de construcció sismorresistent. L'activitat sísmica a Tarragona és baixa, però és necessari que la planta estigui preparada per a tot tipus de d'accidents o situacions.

La normativa estableix que les plantes químiques són construccions d'importància especial, ja que el seu col·lapse podria implicar víctimes a l'exterior i un impacte mediambiental greu.

Es per aquest motiu que la planta ha de disposar d'una estructura sobredimensionada que pugui resistir el pes no només de la pròpia estructura i el vent, sinó també les forces que pot provocar un terratrèmol.

Altres factors essencials a l'hora de dissenyar la planta té a veure amb les canonades. Totes les canonades, especialment les que entren i surten dels tancs, han de comptar amb juntes d'expansió, que permeten que el tanc i la canonada es moguin de manera independent sense que la brida es parteixi, provocant vessaments.

Per acabar s'ha de tenir especial cura amb la cimentació de les torres d'absorció i dels tancs d'emmagatzematge, que són estructures crítiques degut a la seva alçada.

5.4.1.4 Risc mecànic

El risc mecànic fa referència a tot tipus d'accidents relacionats amb l'ús de maquinaria i l'atrapament d'alguna part del cos per aquesta. Aquest tipus d'accidents poden arribar a ser molt greus i fins i tot mortals, per tant s'han de garantir unes bones pràctiques per part dels operaris i també una bona qualitat de la maquinaria a planta.

La normativa referent en aquest àmbit es per un costat el R.D 1215/1997 que estableix les obligacions de l'empresa respecte l'ús segur de maquinaria i per altre part el R.D 1644/2008, que estableix que tota la maquinaria de planta ha de tenir el marcat CE, que garanteix que el fabricant ha seguit les normes de seguretat des del disseny de cada màquina.

Les obligacions per part de l'empresa són essencialment les de donar un bon manteniment a tota la maquinaria utilitzada a planta, protegir els treballadors de les parts mòbils de la maquinaria amb resguardos fixos, dispositius d'aturada d'emergència, ús de brides en zones de pas de canonades, etc.

D'aquesta manera totes les mesures de seguretat es centren en prevenir i mitigar el risc mecànic, ja que degut a la possible gravetat dels accidents, la resposta un cop l'accident s'ha produït pot resultar poc eficaç.

5.4.1.5 Risc d'exposició química

A una planta amb presència de formaldehid el risc d'exposició química es un factor a tenir en compte i s'ha de prevenir amb una sèrie d'equips i de mesures de seguretat concretes i eficaces. Les normatives referents a la exposició a productes químics són el R.D 374/2001, que estableix les mesures de seguretat que han de tenir el treballador contra aquest tipus de riscos, el R.D 665/97, que parla específicament dels riscos relacionats amb l'exposició a agents cancerígens durant el treball i també dels Límits d'exposició professionals que actualitza anualment l'institut nacional de seguretat i salut al treball (INSST), que són les concentracions màximes de diferents contaminants a l'aire al que es treballadors poden quedar exposats sense patir efectes adversos.

D'aquests últims valors existeixen els límits d'exposició diària, pensats per a una jornada de 8 hores, i els límits d'exposició de curta durada, que són els valors límit per a evitar efectes aguts davant exposicions de curta durada, un valor molt important degut a la naturalesa irritant del formaldehid.

Els valors són els següents:

Taula 5.4 Valors límits ambientals.

Agent químic	Exposició diària (8h)	Exposició curta durada (15min)
Metanol	200 ppm	-
Formaldehid	0,3 ppm	0,6 ppm
Monòxid de carboni	20 ppm	100 ppm

S'hauran de assegurar les mesures necessàries de protecció col·lectiva i de venteig per evitar que les concentracions d'aquests agents químics excedeixin mai aquest valors. Per tal d'aconseguir-ho, es decideix comptar amb ventilació localitzada a zones on és més propens que hi hagi fuites, com és la zona de càrrega i descàrrega de camions cisterna. També es dissenya tot el procés de producció de manera que sigui completament estanc. Per últim es decideix instal·lar sensors de metanol, de formaldehid i de monòxid de carboni que s'activin un cop les seves respectives concentracions s'apropin molt als VLA.

D'altra banda s'instal·len al voltant de la planta una sèrie d'elements d'emergència en cas de contacte per part de l'operari amb aquests agents químics, com són les dutxes de seguretat i rentauells.

També es molt important l'ús d'equips de protecció individual eficaços davant aquesta exposició. Es parla més de les EPIs al seu apartat, on s'especifiquen quins equips s'utilitzen a la planta de FormalAir.

Per últim, la normativa estableix un seguiment de la salut del operaris per tal d'assegurar la bona salut dels treballadors i prevenir i controlar els possibles efectes de les exposicions a aquests productes químics.

5.4.2 Risc d'incendis

El risc d'incendi representa una de les principals preocupacions a qualsevol indústria química degut a la gravetat dels possibles resultats d'un incendi a gran escala tant des del punt de vista econòmic com mediambiental o de salut per a les persones. Per tant es necessari comptar amb sistemes de prevenció, de protecció i plans d'actuació en cas de que les mesures de prevenció no siguin suficients.

Un incendi es produeix quan entren en contacte un combustible, un comburent i una energia d'activació suficientment gran com per a propiciar una ignició. Per tant, moltes estratègies de prevenció d'incendis aniran a evitar que coexisteixin combustible i comburent, que generalment serà l'oxigen de l'ambient, o evitar que hi hagi una energia d'activació suficient, fet més complicar degut a la naturalesa de les substàncies químiques de planta.

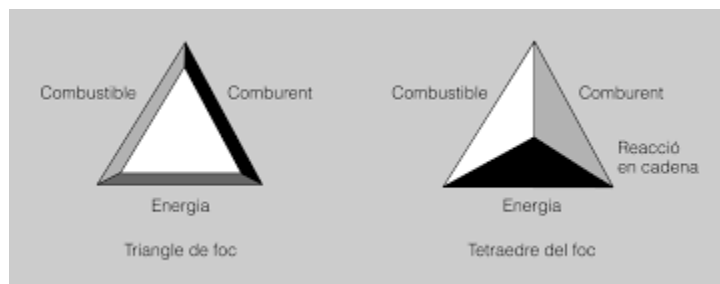


Figura 5.11. Triangle del foc

Es defineixen els components del triangle del foc per tenir clares les seves definicions per als posteriors apartats.

- **Combustible:** És qualsevol substància capaç de combustionar quan es combina amb un comburent en presència d'una energia d'activació suficient. Pot tractar-se de matèria sòlida, líquida o gasosa.
- **Comburent:** És la substància que oxida el combustible en una reacció de combustió i permet que aquesta cremi. El comburent més comú és l'oxigen, que es troba en una concentració del 21% en l'aire.
- **Energia d'activació:** És la energia mínima necessària, generalment en forma de calor, que s'ha de subministrar a una barreja de combustible i comburent per iniciar la reacció de combustió. Funciona com el "focus d'ignició" i pot ser una espurna, una flama, electricitat...

En el cas del metanol, present a la planta de FormalAir, és especialment important comptar amb mesures de prevenció d'incendis ja que és un combustible molt inflamable i amb unes característiques que fan que sigui molt senzill provocar un incendi si no existeixen mesures específiques per a aquest combustible. Les principals característiques del metanol són les següents:

- **Punt d'inflamació baix:** El metanol té un punt d'inflamació de 11°C. Això implica que a temperatura ambient el metanol emet vapors que poden inflamar-se.
- **Límits d'inflamabilitat:** El rang d'inflamabilitat del metanol és molt ampli, ja que pot provocar un incendi entre el 6,7 i el 36% de concentració en volum d'aire. Per tant és relativament senzill la creació d'atmosferes explosives.
- **Invisibilitat de la flama:** El metanol produeix una flama de color blau gairebé invisible i no produeix fum, per tant s'han de instal·lar detectors especials de flama a part dels detectors estàndards per a incendis.

5.4.2.1 Possibles causes d'incendi

Identificar les localitzacions i les causes més probables d'un possible incendi permet posar especial èmfasi a la seguretat on sigui necessari. En el cas de la planta de FormalAir, s'agrupen les causes d'incendi segons d'on provingui la energia d'activació, ja que tant metanol com oxigen hi haurà a qualsevol punt de la planta.

- Focus elèctric: Poden produir-se sobrecarregues a sistemes elèctrics, electricitat estàtica o producció d'espurnes que poden produir ignició.
- Focus mecànics: Fricció de les parts mòbils de la maquinaria emprada a la planta, com poden ser bombes o compressors. Aquestes parts poden arribar a la temperatura d'ignició del metanol si no estan refrigerades o si funcionen malament.
- Focus tèrmics: Calor produïda per radiació solar o per treballs que generin temperatura com soldadures o talls amb radial.

Un cop determinats els possibles focus, es prendran mesures de seguretat addicionals a les àrees o a les activitats que puguin comportar major risc d'incendi, encara que evidentment tota la parcel·la de FormalAir comptarà amb sistemes de seguretat i prevenció contra incendis.

5.4.2.2 Classificació de tipus d'incendis

La classificació general d'incendis segons la normativa vigent depèn de la fase a la que es trobi el combustible. Es parlarà de la classificació dels incendis i com aquesta aplica als materials i substàncies de la planta de FormalAir. La classificació és la següent:

- Classe A: Incendis com a resultat de combustió de sòlids, es caracteritza per l'aparició de flames, brases i una gran quantitat de vapor. Aquest no es el principals risc a planta, però pot arribar a existir un incendi d'aquesta classe com a conseqüència d'un incendi a les oficines o a magatzems, ja que es pot cremar paper o fusta.
- Classe B: Líquids inflamables. S'ha d'entendre que no és el líquid pròpiament dit el que combustiona, sinó els vapors que el líquids emeten. Aquesta és la classe d'incendi més probable i perillós que pot desencadenar-se a planta degut a les altes quantitats de metanol, que com ja s'ha esmentat es un agent químic molt inflamable i amb un punt d'inflamació molt baix que fàcilment pot donar-se a temperatura ambient.

Existeixen més classes d'incendi, com poden ser els de classe C on el combustible és un gas, però a la planta de FormalAir únicament poden existir incendis de les dues primeres classes i per tant no es considera rellevant la resta de classes.

Es especialment important conèixer la classe d'incendi per a poder utilitzar els mecanismes d'extinció correctes i més eficaços a cada cas.

5.4.2.3 Normativa contra incendis

A nivell nacional, la normativa que determina les mesures de seguretat i prevenció contra incendis són principalment:

- RSCIEI (R.D 2267/2004): És el reglament de seguretat contra incendis en establiments industrials. En aquest document es defineixen els tipus d'incendi, mesures mínimes de protecció obligatòries, etc. També classifica els establiments industrials segons la proximitat a altres naus industrials i segons el nivell de risc que presenta la planta.
- ITS MIE-APQ 1: És la normativa que determina quins han de ser els sistemes fixos de protecció sobre els magatzems de metanol i de formaldehid sempre i quan aquest tingui un cert percentatge en volum de metanol en dissolució. A l'apartat 5.5 s'estudien en profunditat aquests sistemes de protecció i tota la normativa referent a l'emmagatzematge.
- RIPCI (R.D 513/2017): Aquest document parla sobre els requisits tècnics que han de complir els diferents equips de prevenció o extinció d'incendis.

5.4.2.3.1 Mecanismes d'extinció

Existeixen diferents mecanismes d'extinció depenent de si actuem sobre combustible, comburent o energia d'activació. També existeixen diferents mecanismes que poden actuar sobre un mateix apartat del triangle del foc. A continuació es defineixen tots els mecanismes que possiblement s'utilitzen a la planta:

- Refredament: Consisteix a l'eliminació l'energia tèrmica del combustible per baixar la seva temperatura per sota del punt d'inflamació del material en concret.
- Sufocació: Es basa en eliminar o desplaçar l'oxigen per sota de les concentracions on el foc ja no pot continuar. Per tant es tracta d'un mètode que actua sobre el comburent. Normalment es recobreix el combustible amb un element incombustible per tal de crear una barrera física entre ell i el comburent.

- **Inhibició:** Les reaccions de combustió es produeixen gràcies a la reacció en cadena dels radicals lliures que s'hi generen. La inhibició consisteix en neutralitzar aquests radicals lliures, aturant l'incendi encara que hi hagi oxigen i calor.
- **Desalimentació:** Consisteix a eliminar o reduir l'element combustible fins que la seva concentració de vapors sigui inferior a la necessària per cremar.

Els agents extintors que s'utilitzen a planta actuen segons alguns d'aquests 4 mecanismes d'extinció.

5.4.2.3.2 Agents extintors

Hi ha una multitud d'agents extintors per a diferents classes d'incendis i segons la naturalesa dels combustibles que produeixin aquests incendis. A la planta de FormalAir el principal combustible serà el metanol i, per tant, tots els agents extintors hauran de ser eficaços i compatibles amb un incendi per metanol. Es poden trobar els agents extintors eficaços a les fitxes de seguretat de cada substància.

- **Aigua:** No es pot aplicar aigua a raig a tota la planta degut a la presència de quadres elèctrics i a la incompatibilitat d'aquest mètode amb el metanol, però s'utilitzarà aigua polvoritzada en situacions d'incendi com a principal mètode de refrigeració dels tancs de metanol per evitar que el foc inicial s'estengui.
- **Escuma:** Aquest és el principal agent extintor de planta. Ha de ser una escuma especial resistent a alcohols per tal de ser eficaç enfront del metanol. Aquest agent extintor funciona per refredament.
- **Extintors de CO₂:** Aquest tipus d'extintors actuen per sufocació i seran necessaris a la sala de control i per a utilitzar sobre quadres elèctrics ja que no tenen cap efecte negatiu sobre ells. L'ús d'aigua o d'escumes podria provocar en el pitjor dels casos un incendi elèctric i per tant es prohibeix el seu ús.
- **Extintors de pols química:** S'instal·len extintors de pols química al llarg de tota la planta ja que son eficaços contra incendis de metanol i son perfectes per a sufocar petits incendis també d'altres tipus. Actuen per inhibició.

5.4.2.3.3 Abastiment d'aigua

La normativa RSCIEI obliga a garantir la demanda d'aigua de tots els equips de protecció contra incendis durant almenys 90 minuts, degut al risc alt que presenta una planta de producció de formaldehid amb les dimensions de la de FormalAir. Es necessari calcular la demanda d'aigua dels agents extintors incloent el hidrants i altres equips de protecció. En el cas de FormalAir, s'ha establert

una duració autònoma del dipòsit d'aigua d'emergències de 2h. Els paràmetres i disseny d'aquest sistema s'ha detallat al *Capítol 2, Equips*.

El sistema d'abastiment d'aigua compta amb un grup de bombeig format per 3 bombes, una bomba elèctrica convencional, una bomba amb combustible fòssil com a font d'alimentació en cas de que la bomba elèctrica no funcioni a causa de falles elèctriques i una bomba jockey per mantenir la pressió a les canonades.

5.4.2.4 Protocols de prevenció d'incendis

El protocol de prevenció d'incendis es construeix a partir de la normativa anteriorment esmentada referent a la protecció davant incendis i barreja sistemes de prevenció, de detecció, de lluita contra incendis, conjuntament amb la gestió de l'activitat humana tant en matèria d'extinció de l'incendi com d'evacuació dels treballadors. Es diferencien els sistemes de protecció activa que són els elements que s'utilitzen activament per a detectar o extingir els incendis amb els sistemes de protecció passius, que es basen en la estabilitat estructural de la planta i el confinament dels líquids inflamables, entre d'altres. El protocol de prevenció d'incendis de la planta de FormalAir es basa en els següents punts:

- Revisió periòdica dels sistemes de seguretat contra incendis per tal de garantir el seu correcte funcionament.
- Inertització dels tancs de metanol amb nitrogen (s'aprofundeix sobre aquesta mesura a l'apartat de emmagatzematge).
- Identificació dels focus d'ignició i de les àrees més propenses a formar atmosferes explosives.
- Formació dels treballadors i separació dels treballs en cas d'accidents, incloent incendis.
- Simulacres periòdics segons estableix la normativa vigent.
- Neteja d'àrees de treball per tal d'evitar l'aparició de residus que puguin ocasionar incendis o d'obstacles que dificultin l'evacuació.

Per altre banda i seguint amb la normativa Seveso, es dissenya un pla d'emergència intern que contempla, entre d'altres, la possibilitat d'un incendi a gran escala. El pla d'emergència té el seu propi apartat a aquest document.

5.4.2.4.1 Sistemas de protecció activa

Els sistemes de protecció activa són tots aquests que detecten o combaten el foc directament. Han d'estar estratègicament col·locats a planta allà on puguin resultar d'utilitat i desenvolupar la seva funció sense problemes. A la nostra planta es disposen dels sistemes següents:

- Sistemes de detecció avançada: Son sistemes que detecten alguns indicis dels incendis abans del propi incendi o a les seves primeres fases, de manera que s'activen i propicien que es pugui controlar la situació abans de que aquesta esdevingui greu.

Es distingeixen principalment:

- Detectores de flama UV/IR: Són detectors de d'ones ultraviolades o infraroges, essencials per detectar la flama de metanol que es invisible per l'ull humà en presència de llum natural. Aquest sensors detecten la radiació electromagnètica del foc.
- Detectores de gasos: Són sensors de metanol i formaldehid situats a nivell de terra, ja que aquests vapors són més densos que l'aire i per tant es concentren a nivell de terra. Permet detectar fuites prèviament a la ignició.
- Sistemes d'extinció fixos: Son diferents sistemes dels agents extintors mencionats a l'apartat anterior. N'hi han dels següents tipus:
- Sistemes d'extinció d'escuma: S'instal·len a les àrees on hi ha més presència de metanol, especialment sobre la cubeta dels tancs de metanol.
- Sistema d'aigua polvoritzada: Es compon d'un conjunt de canonades fixes connectades a una font d'abastiment d'aigua i a un conjunt de brocs polvoritzadors que, accionats de manera automàtica o manual, llancen aigua sobre l'incendi amb una mida de partícula, densitat i velocitat prèviament establerts.
- Boques d'incendi equipades: Situades a les zones on poden haver incendis de classe A, es a dir a la sala de control i d'oficines.
- Hidrants: Permeten abastir d'aigua als equips que portin els serveis d'extinció d'incendis.

Es situen al llarg del perímetre de la planta, en el cas de la planta de FormalAir hi ha 2 hidrants exteriors.

5.4.2.4.2 Sistemas de protecció passiva

Els sistemes de protecció passiva segons la normativa vigent són essencialment aquests que permeten garantir la estabilitat estructural de la planta durant un cert temps i que confinen l'incendi en cas de que aquest no es pugui controlar en poc temps. Aquests sistemes són:

- Estabilitat estructural: Es garanteix que els murs de la planta estan recoberts de pintura intumescent per tal d'assegurar que la estructura pugui aguantar un mínim de 2 hores en cas d'incendi.
- Murs estancs: La normativa estableix que els murs que separen les zones de producció de formaldehid de les oficines han de ser completament estancs al foc i al fum, degut a la toxicitat del formaldehid i del CO₂ resultant d'un incendi.
- Cubetes: Les cubetes de retenció eviten que en cas de vessament o d'incendi, el metanol s'escampi provocant encara una àrea d'incendi més gran.
- Distàncies de seguretat: Juntament amb alguns equips de protecció activa, les distàncies de seguretat entre tancs garanteixen una certa protecció en cas que un tanc s'incendiï, evitant que el foc s'escampi a l'altre tanc immediatament.

5.4.3 Risc d'explosions

Una explosió és una reacció química d'oxidació d'un material inflamable que es produeix de manera molt ràpida i alliberant una gran quantitat d'energia. La principal diferencia amb els incendis és que en el cas de les explosions, en el procés d'ignició es formen gasos que s'expandeixen a causa de l'escalfament i l'augment de la pressió. La principal àrea a la que es poden formar atmosferes explosives és la d'emmagatzemament, deguts a les variacions de pressió dins dels tancs.

El risc d'explosions, com succeeix amb el d'incendis, és un dels més importants degut a la gravetat i a les implicacions d'una possible explosió a nivell industrial que pot comportar l'alliberació d'una gran quantitat de formaldehid provocant greus danys mediambientals i fins i tot a la salut de les persones que viuen prop de la parcel·la.

Les explosions es poden classificar de dues maneres en funció de la seva forma de propagació:

- Deflagració: Es quan la explosió es propaga de forma subsònica, es a dir que la flama avança a una velocitat inferior a la ona de pressió que genera la explosió.
- Detonació: És una explosió que es propaga a velocitat supersònica i, per tant, la flama es propaga a la mateixa velocitat que la ona de pressió que genera la explosió.

La naturalesa de la explosió dependrà de la naturalesa dels agents químics responsables d'aquesta explosió.

D'altra banda els efectes de qualsevol tipus d'explosió en éssers humans es classifiquen en:

- Primaris: Són els efectes causats per a l'efecte directe de la ona explosiva. Es letal per a éssers humans i pot causar greus danys o fins i tot la destrucció total de la majoria de parts i equips de la planta.
- Secundaris: Són els efectes causats per projectils o fragments que la explosió pugui impulsar. Poden provocar efectes relativament lleus com talls o contusions o letals, dependent de la naturalesa, grandària i velocitat del projectil.
- Terciàries: Són els efectes produïts pel propi cos de la persona, que es converteix en un projectil i pot impactar en parets, el terra o altres objectes.

5.4.3.1 Possibles causes d'explosió

A la planta de FormalAir s'estudien les principals causes d'explosió per, posteriorment, dissenyar eficaçment els protocols i les mesures de seguretat per evitar aquests tipus d'accidents. És important esmentar que alguns dels protocols i de les mesures de seguretat establerts per a la protecció contra incendis funcionen igualment per a protegir-se contra atmosferes explosives.

Les causes principals són:

- Fuga de líquids o gasos: Poden produir-se fugues o vessaments a causa del trencament de canonades o durant les operacions de càrrega i descàrrega.
- Tanc mal inertitzat: Una falla al sistema d'inertització pot provocar que entri aire i la barreja dins el tanc es torni explosiva. També pot fer que les variacions de pressió produeixin zones de buit i el tanc implosioni.
- Electricitat estàtica: Es produeix pel moviment del fluid a alta velocitat, normalment a les bombes. Es per això que tots els equips tenen la seva presa a terra.

5.4.3.2 Normativa ATEX

Hi ha dues normatives principals que defineixen les obligacions de la empresa envers la protecció enfront d'explosions i que parlen també de com han de ser els equips utilitzats a planta. També és important parlar de la normativa Seveso, tot i que aquesta no es una normativa sobre les atmosferes explosives en especial, sinó d'accidents greus com pot ser una explosió a nivell industrial. Seveso

només afecta a aquest apartat a l'hora de tenir en compte la possibilitat d'una explosió a l'hora de redactar el pla d'emergència intern, document del que es parlarà a apartats posteriors. Respecte a les normatives relacionades directament amb atmosferes explosives tenim:

- R.D 681/2003: Aquest document parla de la seguretat dels treballadors envers accidents derivats de la exposició a atmosferes explosives. Aquest document obliga a la empresa a avaluar els riscos i les probabilitats de formació d'àrees explosives, de classificar les àrees en zones segons la possibilitat de formar-se atmosferes explosives i de senyalitzar correctament cada àrea.
- R.D 144/2016: En aquest cas el subjecte d'aquesta llei són els equips. Indica quines han de ser els equips i quins sensors, motors i controladors es poden utilitzar. Essencialment s'instal·len equips ATEX per tal d'evitar possibles accidents relacionats amb els equips.

5.4.3.3 Protocols de prevenció d'explosions

Els protocols i tècniques de prevenció es basen en actuar sobre alguns dels components necessaris per a que hi hagi una explosió. Aquest protocol es divideix entre:

- Prevenció primària: Es tracta d'evitar la formació d'atmosferes explosives. Això no sempre es possible en tots els equips però hi ha algunes mesures que s'han pres a la planta de FormalAir.
- Inertització amb nitrogen: Com s'ha esmentat amb anterioritat, els tancs hi ha sistemes que substitueixen l'aire de l'interior per nitrogen, que es un gas inert i evita que hi hagi barreges explosives.
- Ventilació forçada: En totes les àrees confinades hi ha sistemes de ventilació forçada per tal d'evitar l'acumulació de vapors explosius.
- Prevenció secundària: En aquest cas s'actua sobre la ignició, prevenint-la per tal d'evitar explosions tot i estar en presència d'atmosferes explosives. Les principals mesures són:
- Ús d'equips ATEX certificats. A totes les zones 0 de la planta els equips tenen certificats ATEX, aptes per treballar en condicions de formacions d'atmosferes explosives.
- Control de la electricitat estàtica. Tots els equips tenen presa a terra. Aquest control també és útil en el cas de la prevenció d'incendis.

- Prevenció terciària: Consisteix a mitigar els efectes d'una possible explosió si totes les mesures anteriors fallen o son insuficients. En el cas de FormalAir els sistemes terciaris són:
- Parallamps: Instal·lats en els venteigs per evitar que flames entrin als tancs
- Panells de trencament: Són panells més febles que els normals per tal de que es trenquin primer i poder "guiar" la pressió produïda per la explosió cap a una zona segura.
- Vàlvules d'aïllament: Funcionen tallant el camí de la explosió entre equips o zones de manera que aquesta la ona de xoc no viatja al llarg de la planta.

5.4.3.4 Zones ATEX

No totes les àrees de la planta tindran el mateix risc de crear zones amb atmosferes explosives. De la mateixa manera que amb el risc d'incendi, hi haurà zones més protegides degut a les activitats que es fan a aquestes àrees. Les zones ATEX es classifiquen segons la freqüència i duració d'aquestes atmosferes explosives. La normativa indica que les 3 zones existents per a gasos són:

- Zona 0: Presència permanent d'atmosferes explosives. Són zones especialment delicades on sempre es possible que hi hagin explosions i, per tant, hauran d'existir mesures de seguretat específiques.
- Zona 1: Presència probable en condicions normals, es a dir un àrea on les atmosferes explosives es presenten de manera intermitent. Són zones igualment perilloses per què són sempre susceptibles de produir-se atmosferes explosives.
- Zona 2: Presència molt poc probable d'atmosferes explosives, normalment només existeixen en cas d'averia o trencament de canonades.

Davant d'aquesta classificació a FormalAir s'ha realitzat un estudi per tal de llistar cada zona segons la seva classificació ATEX. En el cas en que coexisteixin distintes zones ATEX a una mateixa àrea, cosa que passa en pràcticament totes les àrees, s'ha escollit classificar aquella àrea de la manera més restrictiva possible. Per exemple, si la zona A-200 es zona 0 a l'interior dels equips però només zona 2 respecte a l'exterior de les canonades, la zona A-200 s'ha classificat com a zona 0.

La classificació final es presenta a la zona següent:

Taula 5. 5. Zones ATEX

Àrea	Descripció	Zona ATEX
A-100	Emmagatzematge de matèries primeres	Zona 0
A-200	Vaporització de metanol i mescla de gasos	Zona 0
A-300	Reactor	Zona 0
A-400	Absorció i refredament	Zona 0
A-500	Tractament de gasos d'escapament	Zona 0
A-600	Emmagatzematge i expedició del producte final	Zona 0
A-700	Serveis auxiliars	-
A-800	Oficines, laboratoris, taller, sala de control	-

La part interior de pràcticament tots els equips es classifiquen dins de la zona 0 degut a la presència permanent d'atmosferes explosives. Davant d'aquest fet tots els equips, sensors i resta d'elements de la planta tindran la distinció ATEX.

5.5 Emmagatzematge

L'emmagatzematge de les substàncies químiques emprades a la planta FormalAir es un apartat crític de la seguretat d'aquesta, ja que es tracta amb substàncies molt perilloses degut que aquestes son inflamables, corrosives i fins i tot tòxiques. Les substàncies en qüestió són el metanol i el formaldehid.

El metanol s'emmagatzema en fase líquida, a una pressió lleugerament superior a l'atmosfèrica per raons de seguretat, ja que s'utilitza nitrogen per inertitzar el tanc, eliminant l'oxigen de les parts buides del tanc per tal de que aquest sigui segur contra atmosferes explosives. A planta es troben dos tancs de metanol amb una capacitat de 500 metres cúbics cadascun. Són tancs verticals cilíndrics de fons pla i sostre fix. Els tancs estan fets d'acer inoxidable, conforme s'estipula a les FDS.

Respecte al formaldehid, s'emmagatzema com a solució aquosa amb unes concentracions de formaldehid d'un 37%. La resta es aigua amb una petita part de metanol, al voltant d'un 8,8%. S'emmagatzema a pressió atmosfèrica i a una temperatura d'entre 15 i 25°C, com determinen les fitxes de seguretat del producte. És cert que normalment s'acostuma a emmagatzemar el formol a temperatures superiors a les normals (35-50°C) però només és necessari quan es treballa a concentracions molt altes de formaldehid o aquest no es troba estabilitzat, en el cas de FormalAir, el formaldehid no es troba a una concentració extremadament alta i a més aquest es troba estabilitzat amb metanol, per tant es improbable que polimeritzi o precipiti i per tant no és necessari el seu

emmagatzematge calorifugat. Els tancs per tant han d'estar tèrmicament aïllats i disposar d'un sistema de refrigeració o calefacció. A la planta hi ha quatre tancs de 500 metres cúbics cadascun, fet d'acer inoxidable, més econòmic que d'altres opcions per al formaldehid.

Gràcies a la presència de metanol a la dissolució final, que actua com a un estabilitzador del formaldehid, s'evita l'ús d'un sistema de calefacció més potent, ja que sense la presència de metanol el formaldehid s'hauria d'emmagatzemar a una temperatura d'entre 35 i 50°C per evitar reaccions adverses com la formació de paraformaldehid o d'àcid fòrmic.

Tots els tancs de la planta compten amb un sistema de *blanketing*, per poder controlar les variacions de pressió del tanc mitjançant la injecció o purga de nitrogen.

5.5.1 Normativa aplicable

La normativa que regeix sobre l'emmagatzematge de substàncies químiques ve determinada per el R.D 656/2017, on s'hi troben distints documents enumerats del 0 a la 10, segons la naturalesa dels productes als que fan referencia. Aquests document s'anomenen ITC MIE-APQ i són els següents:

- ITS MIE APQ-0: Definicions generals.
- ITS MIE APQ-1: Emmagatzematge de líquids inflamables i combustibles en recipients fixos.
- ITS MIE APQ-2: Emmagatzematge d'òxid d'etilè en recipients fixos.
- ITS MIE APQ-3: Emmagatzematge de clor.
- ITS MIE APQ-4: Emmagatzematge d'amoníac anhidre.
- ITS MIE APQ-5: Emmagatzematge de gasos en recipients a pressió mòbils.
- ITS MIE APQ-6: Emmagatzematge de líquids corrosius en recipients fixos.
- ITS MIE APQ-7: Emmagatzematge de líquids tòxics en recipients fixos
- ITS MIE APQ-8: Emmagatzematge de fertilitzants a base de nitrat amònic amb alt contingut en nitrogen
- ITS MIE APQ-9: Emmagatzematge de peròxids orgànics i de matèries autoreactives.
- ITS MIE APQ-10: Emmagatzematge en recipients mòbils.

A la planta de FormalAir, apliquen la MIE-APQ 1 respecte el metanol i les MIE-APQ 6 i 7 respecte al formaldehid.

L'APQ-1 estableix distintes categories segons la inflamabilitat de les substàncies químiques. El metanol pertany a la categoria 2, líquids inflamables amb un punt d'inflamació inferior als 23°C i amb un punt d'ebullició superior als 35°C.

Respecte el formaldehid, la MIE-APQ 7 el categoritza com a producte amb toxicitat aguda de categoria 3, ja que es extremadament tòxic i a més a més carcinogen. Aquest fet implica una sèrie de mesures de seguretat addicionals no respecte a l'emmagatzematge en si sinó a l'accés a l'àrea dels tancs de formaldehid i sistemes de recuperació de vapors.

La categoria de les substàncies es especialment important a l'hora de dissenyar l'àrea de emmagatzematge, ja que segons la categoria es requereixen unes distàncies de seguretat en específic, uns venteigs forçats, sistemes de recollida de vapors...

5.5.2 Distàncies de seguretat

La normativa anteriorment mencionada estableix les distàncies mínimes de seguretat que han d'haver entre els tancs i els límits de la propietat o altres tancs i equips de planta. Hi ha una sèrie de taules als documents que ens proporcionen formes de calcular les distàncies mínimes segons la categoria de la substància, el volum del tanc, els equips propers als tancs, etc. Aquestes taules son les següents:

1	(1)									
2	(3) 20	(2)								
3.1	60	(4) 30	(6)							
3.2	30	(4) 15	(6)	(6)						
3.3	30	(4) 15	(6)	(6)	(6)					
4.1	60	(5) 30	(7) 30	(7) 30	(7) 30	(2)				
4.2	30	(5) 20	(7) 30	(7) 20	(7) 15	(11) 30	(2)			
4.3	20	(5) 15	(7) 25	(7) 20	(7) 15	(2)	(2)	(2)		
5	30	(5) 15	30	20	15	30	20	15	(1)	
6	(1)	30	60	30	20	60	20	15	30	(1)
7	(1)	20	60	30	20	40	20	15	20	(8)
8	(1)	20	60	30	25	30	30	25	20	20
9	(1)	15	30	20	15	30	20	15	(9) 20	(8)
10	(1)	20	60	30	25	60	(10) 40	(10) 20	20	(8)
11	(1)	30	100	60	40	100	60	30	40	(8)
	1	2	3.1	3.2	3.3	4.1	4.2	4.3	5	6

Figura 5.12. Distància en metres entre instal·lacions fixes

Notas:

- (1) No es objeto de este Reglamento.
- (2) Sin requerimiento especial de distancias.
- (3) Pertenecientes al parque de almacenamiento.
- (4) Salvo las bombas para transferencia de productos susceptibles de ser almacenados en el mismo cubeto, en cuyo caso es suficiente que estén situados fuera del cubeto. (En casos especiales, por ejemplo, por reducción del riesgo).
- (5) Salvo las bombas de transferencia propias de esta instalación.
- (6) Aplicar el artículo 18.
- (7) Salvo los recipientes auxiliares de alimentación o recepción directa del cargadero con capacidad inferior a 25 m³ que pueden estar a distancias no inferiores a: Clase A = 15 m, clase B = 10 m y clase C = 2 m.
- (8) Ver Reglamento de Equipos a Presión.
- (9) Si el vallado es de obra de fábrica u hormigón y de altura no inferior a 1,5 m esta distancia no necesita ser superior a 10 m.
- (10) Respecto a la vía del ferrocarril de la que se derive un apartadero para carga o descarga de vagones cisterna, esta distancia puede reducirse a 15 m con un vallado de muro macizo situado a 12 m del cargadero y altura tal que proteja la instalación.
- (11) Solamente se requerirá esta distancia cuando se opere simultáneamente en ambos cargaderos con emisión de vapores en alguno de ellos.

Las distancias entre tanques de almacenamiento y otras instalaciones se considerarán individualmente en función de la clase del producto almacenado en cada tanque y no de la clasificación global del cubeto.

Aquesta taula ens indica les distàncies mínimes de seguretat entre els diferents elements interns de la planta i es essencial per dissenyar la planta, tenint en compte les distàncies necessàries entre els tancs de metanol i la resta d'equips. A la planta de FormalAir, el tanc de metanol està separat de la resta de les àrees i, per tant, les distàncies amb altres equips es compleixen amb cert marge. Tot i això aquestes distàncies poden ser reduïdes segons les següents taules:

Capacidad global de almacenamiento de la instalación m ³			Coeficiente para reducción de distancias del cuadro III-1
	Q ≥	50.000	1
50.000	>Q ≥	20.000	0,95
20.000	>Q ≥	10.000	0,90
10.000	>Q ≥	7.500	0,85
7.500	>Q ≥	5.000	0,80
5.000	>Q ≥	2.500	0,75
2.500	>Q ≥	1.000	0,70
1.000	>Q ≥	500	0,65
500	>Q ≥	250	0,60
250	>Q ≥	100	0,50
100	>Q ≥	50	0,40
50	>Q ≥	5	0,30
5	>Q		0,20

Figura 5.13. Coeficients de reducció per capacitat.

Medidas o sistemas de protección adoptados		Coeficiente de reducción
Nivel	Cantidad	
0	–	No hay reducción
1	Una	0,75
1	Dos o más	0,50
2	Una	0,50
2	Dos o más	0,40

Figura 5.14. Reduccions de les distàncies entre instal·lacions fixes segons el número de proteccions addicionals.

La primera taula ens mostra el coeficient de reducció de distàncies segons el volum de metanol (en el cas de la planta de FormalAir) que es tingui. El volum total de metanol es la suma dels 2 tancs de metanol, es a dir de 1000 metres cúbics, per tant el coeficient de reducció es de 0.65.

La segona taula indica els coeficients de reducció segons la quantitat de mesures de protecció addicionals de existeixi respecte a l'emmagatzematge. En el cas de la planta de FormalAir, tots els tancs presenten un sistema fix d'aigua polvoritzada. Això provoca que el coeficient de reducció d'aquesta taula sigui de 0.50, ja que aquest sistema es de nivell 2 segons la normativa vigent.

La distancia mínima de seguretat segons la normativa hauria de ser de 15 metres respecte el límit de propietat, de 8 metres amb altres instal·lacions i de 5 metres (la meitat del diàmetre del tanc més gran, que es de 10m de diàmetre).

Però tenint en compte el volum total de metanol emmagatzemat a planta i els sistemes de protecció addicionals, podem aplicar els coeficients de reducció de manera que:

$$15m \cdot 0,65 \cdot 0,5 = 4,875m$$

S'obté un valor de 4,875 per tant es decideix arrodonir a 5m.

$$20m \cdot 0,5 = 10m$$

S'obté una distància entre equips de 10m. En aquest cas no aplica el coeficient de 0.65 segons la quantitat de volum total a planta.

Distancia a altres tancs= ½ del diàmetre del tanc més gran (10m). Per tant 5m entre tancs.

Pel que fa al formaldehid, la normativa respecte a aquesta substància en matèria de distàncies de seguretat es molt menys restrictiva, degut a que no es un producte intrínsecament inflamable, i la normativa es centra més en qüestions de seguretat respecte a la salut del operaris. Tot i això la normativa contempla que per a tancs de més de 100 metres cúbics, la distancia ha de ser mínim de 7m respecte al límit de la planta i de 4m respecte altres edificis de la planta.

Finalment les distàncies definitives respecte els tancs de metanol i el de formaldehid són:

Taula 5.6. Distàncies definitives.

Volum del tanc (m ³)	Substància química	Distància al límit de propietat (m)	Distància a altres tancs (m)	Distàncies a altres equips (m)
500	Metanol	5	5	10
500	Formaldehid	7	4	5

5.5.3 Cubetes de retenció

Les cubetes de retenció son unes construccions que envolten l'àrea dels tancs i, en cas de vessament accidental o trencament del tanc, contenen el contingut d'aquests per evitar que la substància s'escampi més enllà.

Per tal de garantir la eficàcia de les cubetes, la capacitat i les característiques d'aquestes han de ser adients respecte al volum i a la substància retinguda en qüestió. La normativa estableix una sèrie de requeriments específics que han de complir les cubetes referents al material, al volum, la estanquitat, etc. Aquests requisits són els següents:

- La cubeta ha de ser impermeable i tant el terra com els murs han de ser totalment estancs.
- Han de poder suportar la pressió hidrostàtica del líquid en cas que el tanc rebenti sobtadament.
- Han de ser resistents al foc, especialment en cas de que el líquid contingut sigui inflamable.
- Cada cubeta ha de tenir capacitat de retenir un 10% més del volum total del tanc d'emmagatzemament.
- La cubeta ha de ser resistent a la corrosió de manera que aquest no deixi mai de ser estanc i segueixi complint la seva funció.
- El fons de la cubeta ha de tenir una pendent de manera que tot el producte vagi cap a la zona més allunyada possible dels tancs, tubàries i dels equips antiincendis.
- La cubeta ha d'estar connectat a un desguàs amb una vàlvula de tancament manual.
- El drenatge de la cubeta mai ha d'estar connectat directament a la xarxa pública.

Tenint en compte tots aquest requisits, la cubeta de metanol serà de formigó, assegurant que estigui completament segellat. El volum de la cubeta serà un 10% superior al volum dels 2 tancs sumats, es a dir que el volum de la cubeta serà de 1100 metres cúbics. El disseny d'aquesta es troba al plànol de la parcel·la al *Capítol 10, Diagrames i Plànols*.

Pel que fa el formaldehid, la cubeta serà de formigó però s'haurà d'utilitzar algun material resistent a la corrosió, com demana la MIE-APQ 6, per tal d'evitar la corrosió del formaldehid. S'ha escollit utilitzar pintura epòxica per garantir la resistència del formigó sense haver de realitzar una inversió major en materials més cars. Pel que fa el volum de les cubetes dels tancs de formaldehid, seran un 10% superior al volum del tanc, es a dir de 550 metres cúbics cadascun.

5.5.4 Venteigs

El sistema de ventilació es essencial per evitar deformacions, formació de buit al tanc i en definitiva poder controlar les variacions de pressió al tanc. També es important en cas d'incendi, ja que sense sistemes de venteig el líquid dels tancs bulliria i podrien provocar una explosió. Són sistemes que controlen el moviment dels gasos entre l'exterior i l'interior del tanc.

En el cas del metanol, aquest sistema porta incorporat un parallamps, que evita que el foc entri dins del tanc a través del venteig.

En el cas del formaldehid, el sistema de venteig està connectat a un scrubber que s'encarregaria de d'absorbir les traces de formaldehid que queden evaporades a la fracció vapor del tanc (majoritàriament nitrogen i formaldehid). Aquest scrubber funcionaria amb aigua, en la qual quedarien absorbits els compostos anomenats anteriorment (el nitrogen en una fracció molt més petita).

Als sistemes habituals se'ls hi suma un sistema de venteig d'emergència en casos extrems, normalment d'exposició a un incendi, que permet evacuar el vapor resultant d'una pujada de temperatura extrema i sobtada.

5.5.4.1 Venteigs habituals

El venteig habitual consta d'un sistema de respiració mecànica que fa entrar o sortir gas en funció de la pressió interna del tanc. Aquest gas pot ser aire, però segons la normativa es molt necessari i eficaç inertitzar els tancs (en el cas dels tancs de metanol) amb nitrogen.

El nitrogen evita l'aparició d'oxigen dins el tanc, el que es crucial per prevenir incendis. Aquest sistema funciona a una pressió de 50mbar més que la ambiental. Aquest sistema també contempla els canvis de temperatura el dia i la nit, que provoca canvis en el volum total del tanc, injectant nitrogen quan la temperatura baixa per evitar que es faci buit o entri aire. Aquest sistema té una sèrie de controladors de pressió, de nivell i detectors d'oxigen per assegurar el seu correcte funcionament.

Com s'ha esmentat a l'apartat anterior, en el cas des tancs de formaldehid, el sistema de venteig està directament connectat a un *scrubber* com estableix la normativa MIE-APQ 7, per tal d'evitar la emissió de gasos tòxics que poden afectar la salut dels operaris en planta.

5.5.4.2 Venteigs d'emergència

Els venteig d'emergència son sistemes independents dels sistemes d'ús habitual, per garantir la seva eficàcia en cas de que els primers fallin o de que hi hagin situacions anòmales com poden ser principalment casos d'incendi.

Aquests sistemes normalment deixen anar tot el gas a l'interior dels tancs per evitar que aquests explotin per sobrepressió. Son alguns exemples les escotilles d'emergència o els discs de ruptura. Tots els tancs de planta tindran discs de ruptura en el cas de FormalAir.

5.6 Senyalització de la planta

La correcta senyalització dels diferents components, reactius i zones de la planta es essencial pel normal desenvolupament de les activitats de la planta i per la seguretat dels treballadors. Les senyals son per tant part de les mesures de protecció vigents a qualsevol planta química i venen regulades principalment pel reial decret 485/1997, on s'estableixen els tipus de senyals d'advertència que s'han d'utilitzar. Aquestes senyals van patir petits canvis amb l'entrada en vigor del reial decret 598/2015, on es van adaptar la senyalització relativa a l'emmagatzemament de substàncies químiques al reglament CLP.

Els diferents tipus de senyalització consisteixen en:

- Senyals d'advertència
- Senyals de prohibició
- Senyals d'obligació
- Senyals de salvament o socors
- Senyals de lluita contra incendis

No totes les senyals son necessàriament cartells, sinó que poden ser a més a més senyals acústiques, verbals o gestuals.

5.6.1 Colors de seguretat

Senyalitzar en diferents colors permet identificar visualment el tipus de senyal ràpidament. A la taula següent es mostren els diferents colors emprats.

Taula 5.7. Colors de seguretat i significats.

Color	Significat	Indicacions
Vermell	Senyal de prohibició	Comportaments perillosos
	Perill/alarma	Stop, dispositius de desconexió d'emergència, evacuació
	Material i equip de lluita contra incendis	Identificació i localització
Groc o taronja	Senyal d'avertència	Atenció, precaució. Verificació.
Blau	Senyal d'obligació	Comportament o acció específica. Obligació d'utilitzar un EPI
Verd	Situació de seguretat	Tornada a la normalitat
	Senyal de salvament o socors	Portes, passatges, material, punts de salvament o d'assistència, locals.

La disposició a la planta de les distintes senyals serà sempre conforme els reials decrets anteriorment esmentats, per tal de garantir-ne un correcte ús.

5.6.2 Senyals en forma de panell

Aquests tipus de senyals són les principals dins de qualsevol planta química i també les més emprades i conegudes de manera quotidiana. Són senyals amb un color, una forma i un símbol en específic per tal de ser fàcilment reconegudes, ja que d'aquesta manera presenten una utilitat com a mètode de prevenció d'accidents. La senyal ha d'estar a una altura convenient i estar ben il·luminada i ser fàcilment visible. A continuació es presentaran els senyals de cada tipus que s'usen a la actualitat.

- Senyals d'avertència: Són senyals que adverteixen d'un possible perill. Són de color groc o taronja amb el negre com a color secundari. Tenen forma triangular i un pictograma al centre que determina el significat específic de cada senyal.

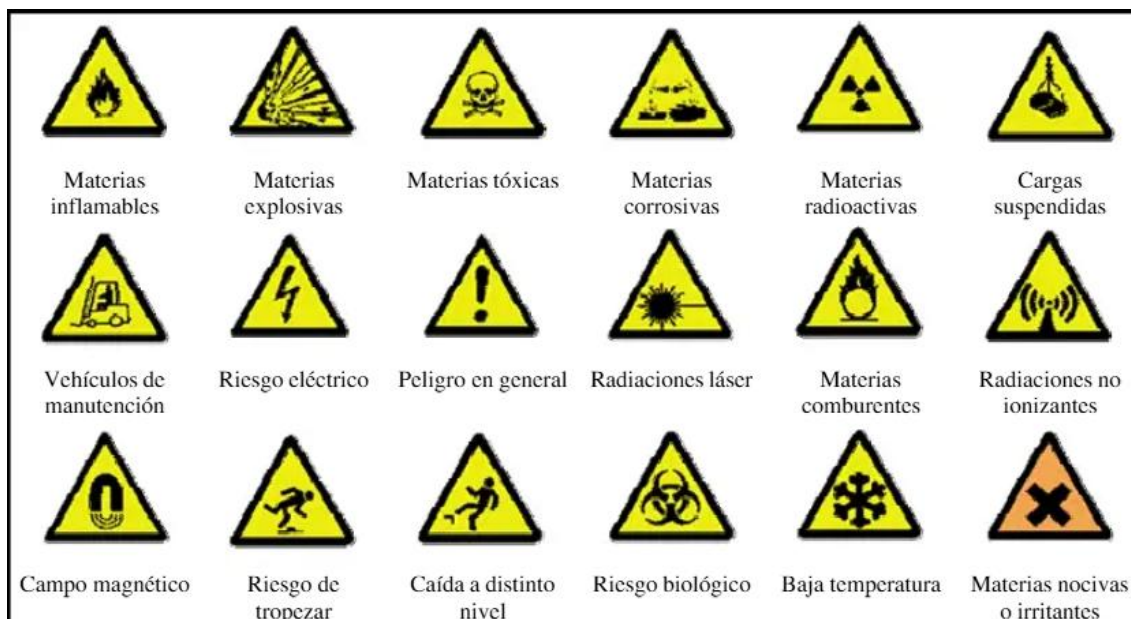


Figura 5.15. Senyals d'advertència.

- Senyals de prohibició: Aquestes senyals prohibeixen determinades accions que poden resultar en un risc o possible accident. En aquest cas les senyals son rodones, amb el vermell com a color principal i el blanc com a color secundari.



Figura 5.16. Senyals de prohibició.

- Senyals d'obligació: Senyals que obliguen a realitzar una acció determinada o a utilitzar un equip en específic. Són senyals igualment rodones però de color blau amb el color blanc com a color secundari.



Figura 5.17. Senyals d'obligació.

- Senyals de lluita contra incendis: Aquestes senyals fan referència a la ubicació de tots els equips de la planta. Tenen una forma quadrada i són de color vermell amb el color blanc com a color secundari.



Figura 5.18. Equips de lluita contra incendis.

- Senyals de salvament i socors: Aquestes senyals proporcionen indicacions relatives les sortides d'emergència, dispositius de salvament o primers auxilis de la planta. Són senyals de forma quadrada o rectangular i de color verd amb el color blanc com a color secundari.

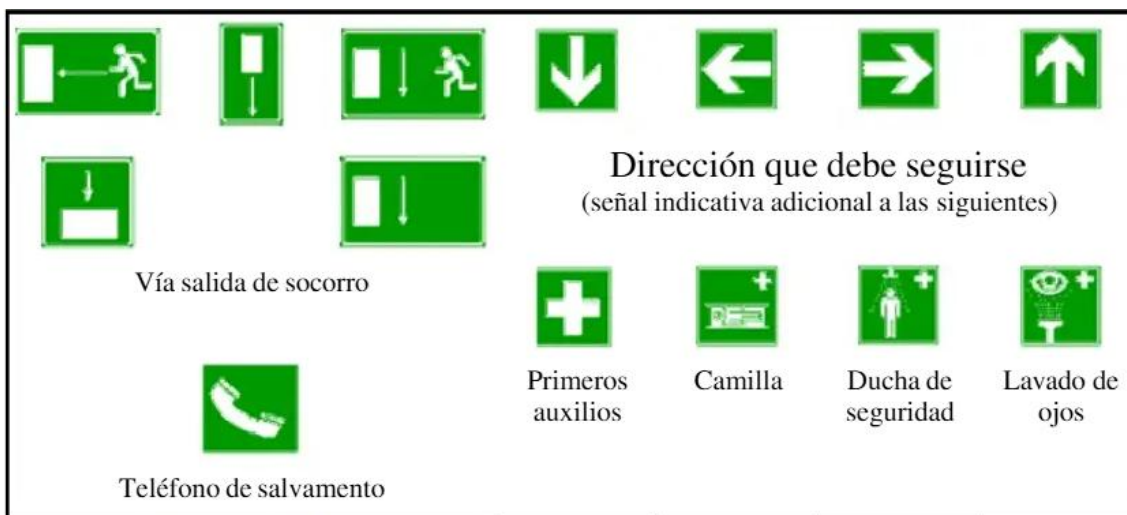


Figura 5.19. Senyals de salvament i socors.

5.6.3 Senyals lluminoses i acústiques

Els senyals lluminosos i acústics són un tipus de senyals generalment temporals, utilitzats per advertir de perills immediats o emergències. Normalment les senyals lluminoses tenen un significat diferent depenent del color i les senyals acústiques es reconeixen segons el patró i el tipus de soroll. Comunament aquets senyals es presenten a la vegada i s'acaben un cop ha passat el perill, només en cas d'evacuació aquestes senyals es presenten de manera continuada.

Hi ha unes quantes consideracions importants a part de les anteriorment mencionades:

- Les senyals acústiques han de tenir un nivell de soroll superior al de l'ambiental, de manera que sigui clarament audible.
- No s'utilitzaran dues senyals lluminoses al mateix cop, ja que podrien confondre als treballadors.
- Una senyal ja sigui lluminosa, com acústica com ambdues, continuarà en funcionament mentre es necessiti realitzar una acció en específic i parará quan aquesta necessitat termini.
- S'hauran de realitzar Revisions periòdiques d'aquest tipus de senyals per tal de garantir el seu correcte funcionament.

5.6.4 senyals gestuals

Els senyals gestuals han d'estar realitzades per operaris amb formació prèvia en aquest tipus de tasques per tal de realitzar-les correctament. Els receptors evidentment també hauran de conèixer y entendre aquests senyals.

- Aquests senyals han de ser precises, simples, amplies, fàcils de realitzar i recordar i distingibles de qualsevol altre senyal gestual.
- La persona que emet els senyals, donarà les instruccions de maniobra mitjançant senyals gestuals al destinatari de les mateixes que serà un operador de planta.
- L'encarregat dels senyals haurà de poder seguir visualment el desenvolupament de les maniobres sense estar en perill per elles.
- L'encarregat dels senyals haurà de dedicar-se exclusivament a dirigir les maniobres i a la seguretat dels treballadors.
- L'operador haurà de suspendre la maniobra que s'estigui realitzant per sol·licitar noves instruccions sempre que no es puguin executar les ordres rebudes amb les garanties de seguretat adients.

A continuació es mostren els senyals gestuals emprats a FormalAir juntament amb el seu significat.



Figura 5.14. Senyals gestuals i el seu significat

5.6.5 Senyals de transport

El transport de mercaderies perilloses està regit per la normativa ADR, aplicada a Espanya a través del RD 97/2014, que estableix els criteris de seguretat necessaris per al correcte transport d'aquest tipus de mercaderies, així com les figures implicades en el procés, sobretot el conseller de seguretat, que és l'encarregat de la planta que supervisa que totes les mesures de seguretat s'apliquen conforme a la normativa establerta.

L'ADR estableix com s'han de senyalitzar els vehicles emprats en aquest tipus d'activitat. Les substàncies perilloses s'han de senyalitzar segons el tipus de perill que representin, de manera que a cada cisterna s'ha d'afegir un panell de color taronja amb una sèrie de números, els de la primera fila

indiquen el tipus de perill de la substància i els números de la segona fila permeten identificar-la. El panell es mostra a la següent figura:



Figura 5.20. Panell de transport de substància perillosa

A la taula següent es mostren els possibles números de la primera fila del panell i el significat associat:

Taula 5.8. Significat xifres panell de transport

Primera xifra		Segona i tercera xifra	
Xifra	Significat	Xifra	Significat
2	Gas. Fuita de gas, resultant de pressió o de reaccions química	0	Sense significat
3	Líquid inflamable o gasos i vapors combustibles	1	Explosió
4	Sòlid. Inflamabilitat de matèria sòlida	2	Emanació de gasos
5	Matèria comburent o peròxid orgànic	3	Inflamable
6	Matèria tòxica	5	Propietats comburents
7	Radioactivitat	6	Toxicitat
8	Corrosiu	8	Corrosivitat
9	Perill de reacció espontània	9	Perill de reacció violenta resultat de la descomposició espontània o de polimerització

Coneixent el significat de les xifres es possible saber quin tipus de substància s'està transportant.

5.7 Càrrega, descàrrega i transport

Les zones de càrrega i descàrrega són un àrea on es poden produir distints accidents relacionats amb la inflamabilitat i explosivitat de les substàncies transportades degut que es poden produir vessaments, espurnes degut a la circulació de vehicles de combustió i manipulació de material per

part dels operaris. Per tant, hi ha normatives específiques per a realitzar aquestes activitats, així com mesures de seguretat que s'han de posar en pràctica en aquesta zona en especial.

Aquestes àrees de càrrega i descàrrega estan situades a prop dels tancs de formaldehid i de metanol respectivament, per tal d'evitar llargues canonades de les substàncies que provoquin grans pèrdues de pressió o variacions en la temperatura del fluid. Tot i així s'ha de complir sempre amb les distàncies mínimes nombrades al l'apartat anterior.

5.7.1 Normativa referent a la càrrega i descàrrega i al transport

Les normatives relatives a la càrrega i descàrrega són les ITC MIE-APQ, en el cas de la planta de FormalAir, la 1, la 6, la 9 i la 10, però sempre es dissenya conforme a la més restrictiva que resulta ser la APQ 1. Per altre lloc la normativa que regula el transport de mercaderies perilloses és l'ADR, com s'ha esmentat a l'apartat 6.5 en referència a les senyals de transport.

Entre les principals mesures de seguretat, basades en les normatives ITC MIE-APQ pertinents, es troben les següents:

- Pendent d'un 1% cap a arqueta de recollida per tal d'evitar que els vessaments accidentals flueixin sense control.
- Separació de xarxes, per evitar que el desguàs de la zona de càrrega no estigui connectat a la claveguera pública.
- Presa a terra i monitoratge, per evitar problemes relacionats amb sobrecàrregues o electricitat estàtica. Si el sistema de monitoratge no detecta que la resistència de la presa a terra és inferior a 10ohms, la bomba de carrega no s'ha d'activar.
- Equip ATEX degut a que la zona de càrrega pot formar atmosferes explosives.
- Disseny intel·ligent de les zones de càrrega i descàrrega per evitar possibles accidents entre dues o més cisternes.
- Equips de protecció contra incendis per tal de poder actuar ràpidament en cas d'incendi.

Totes aquestes mesures en conjunt redueixen al mínim la possibilitat d'accidents i permeten garantir la seguretat tant dels treballadors involucrats com dels reactius i productes transportats.

5.8 Equips de protecció

Els equips de protecció són una eina per a minimitzar els possibles accidents i els seus efectes en cas de que passin. S'anomenen EPIs tots els dispositius destinats a complir amb aquests cometes. Com es treballa amb metanol i formaldehid, els equips de protecció hauran de ser útils contra substàncies tòxiques, inflamables i també carcinògens. Cal recalcar que, al contrari que la majoria de mesures de seguretat adoptades, la funció dels equips de protecció no són la d'evitar que l'accident ocorri, sinó que actuen com a una última barrera entre el risc i el treballador. Els equips de protecció s'escullen en base als riscos específics de cada activitat i s'ha de realitzar una avaluació de riscos prèviament a l'elecció dels equips.

La gestió dels EPIs en Espanya ve donada per les següents normatives:

- Llei 31/1995: Llei de prevenció de riscos laborals
- R.D 773/1997: Normativa sobre la utilització per part dels treballadors d'EPIs.
- R.D 374/2001: Protecció contra riscos relacionats amb agents químics
- R.D 665/1997: Protecció contra la exposició a agents cancerígens

La Llei de prevenció de riscos laborals obliga a realitzar una avaluació de riscos per tal de garantir la seguretat dels treballadors. Estableix que els EPIs han de ser la última opció dins de la jerarquia de protecció, preferentment usant equips de protecció col·lectiva. Evidentment la primera opció és eliminar tots els riscos possibles o controlar-los d'alguna manera abans d'haver d'utilitzar els equips individuals.

La normativa sobre la utilització d'EPIs exigeix que el operador disposi dels equips individuals adequats i que aquests tinguin unes condicions de manteniment i reposició òptimes. L'operari ha de rebre formació respecte a la correcta utilització dels EPIs.

Les normatives de protecció contra agents químics i cancerígens fan referència a l'ús d'equips més avançats i a portar un registre de les concentracions de formaldehid en planta i dels treballadors exposats, així com un control mèdic dels treballadors.

En base a aquestes lleis s'estableixen el tipus de proteccions que són presents a la planta. S'hi distingeix entre les proteccions individuals i col·lectives, així com entre les proteccions bàsiques de planta i les proteccions específiques per a determinades activitats que comportin uns riscos addicionals.

5.8.1 Equips de protecció individuals

Es distingeixen entre tres categories d'equips de protecció individuals depenent del nivell de protecció conferida, sent la categoria 1 el nivell més baix de protecció i el nivell 3 el més alt. També cal esmentar que hi han equips específics per a determinades accions que no entren dins d'aquestes categories.

A continuació s'enumeraran les principals proteccions necessàries per a la correcta realització de les activitats de planta i els EPIs corresponents:

- Proteccions respiratòries:
 - Màscares. En operacions normals, mitja màscara amb filtres combinats (A2-B2-P3) segons es tracti amb metanol, formaldehid o ambdós.
 - En operacions de càrrega i descàrrega, màscara completa de categoria 2 o 3 i que protegeixi també els ulls.
 - En situacions d'emergència, específicament a les àrees del reactor o dels vaporitzadors, equips de respiració autònoma.
- Protecció de la pell:
 - Roba de treball ignífuga i antiestàtica.
 - Vestits de protecció química, per a operacions de manteniment i càrrega, impermeables a líquids i polvoritzacions.
 - Guants de butil per a ús regular.
 - Guants de nitril per a manteniment mecànic amb presència de residus.
- Protecció ocular i facial
 - Ulleres de muntura integral
 - Pantalles facials, que s'utilitzen sobre les ulleres o la màscara, sobretot en operacions de càrrega i descàrrega.
- Protecció de peus
 - Calçat de seguretat amb puntera reforçada i sola antiperforació, resistent a la penetració de productes químics i propietats antiestàtiques.
 - Tots aquests EPIs han d'estar correctament emmagatzemats i han de ser personals.

5.8.2 Equips de protecció col·lectiva

Pertanyen a aquesta categoria tots els equips que actuen sobre l'entorn per tal de prevenir l'ús d'equips de protecció individuals. Aquests equips han de tenir prioritat absoluta respecte els EPIs, tal i com marca la normativa vigent. Alguns d'aquests equips ja han sigut esmentats anteriorment als apartats corresponents, però igualment s'esmenten en aquest apartat.

A continuació s'enumeren els principals equips de protecció col·lectius:

- Sistemes de control de l'atmosfera:
 - Extracció localitzada: Campanes i braços d'aspiració situats a aquells llocs on hi hagi riscos de fuga.
 - Ventilació forçada: Essencial en estàncies tancades per garantir la renovació de l'aire i evitar l'acumulació de vapors.
- Sistemes de contenció de vessament de líquids
 - Cubetes de retenció fets de formigó que han de ser capaços de contenir el doble del volum del tanc més gran
 - Pendent direccionades a arquetes de recollida a les zones de càrrega
 - Vàlvules de tall de clavegueram: Vàlvules que segellen la sortida de la planta en cas de que es detecti un vessament. Essencials per evitar la contaminació de la xarxa pública d'aigua.
- Detecció i monitoratge
 - Detectors de gasos: Sensors de metanol i formaldehid prop de possibles zones de fuga de gasos.
 - Detectors de flama i fum: Sensors d'infrarojos o ultraviolats especialment en l'àrea del reactor i emmagatzematge.
 - Alarmes Acústiques i Visuals: Sirenes i llums (de color groc ataronjat o vermell) que avisin a tota la planta de la necessitat d'evacuació o confinament.
- Protecció contra incendis
 - Sistemes fixos d'escuma: Instal·lacions automàtiques que s'activen sobre els tancs o les zones de càrrega en cas d'incendi.
 - Sistemes d'inertització: Són sistemes d'injecció de nitrogen als espais buits dels tancs per eliminar l'oxigen i evitar atmosferes explosives.
 - Murs tallafocs
- Equips d'emergència i primers auxilis:
 - Dutxes i renta ulls d'emergència
 - Estacions de descontaminació: Armaris amb kits antivessaments i de primers auxilis contra cremades químiques
 - Desfibril·ladors externs automàtics

Aquests equips en conjunt conformen els equips de protecció col·lectiva responsables de prevenir la majoria de situacions perilloses que es poden donar a la planta.

5.9 Primers auxilis

Els primers auxilis són fonamentals davant d'un accident. En el context de les plantes químiques, la majoria d'accidents són contaminacions i, per tant, els primers auxilis tracten de descontaminar el més ràpidament possible seguint les indicacions de les FDS. La normativa relativa als primers auxilis és la següent:

- Llei 31/1995 mencionada anteriorment
- R.D 486/1997: Aquest decret tracta sobre les mínimes condicions de seguretat i salut al lloc de treball, així com dels primers auxilis que han d'haver a la planta.
- R.D 374/2001: Que obliga a tenir protocols específics de descontaminació immediata.

D'acord amb aquestes lleis, han d'estar presents a planta una sèrie d'equips i recursos materials de primers auxilis en cas d'accident. Cal recalcar que hi ha equips dels que ja s'ha parlat amb anterioritat i, per tant, no es tornaran a esmentar tot i que formin part dels equips de primers auxilis. Són alguns exemples les dutxes d'emergència, els renta ulls i els desfibril·ladors entre d'altres. A continuació es presenten els diferents equipaments de la planta:

- Farmaciola de planta, amb material bàsic per a possibles accidents lleus. Són alguns exemples els desinfectants, esparadraps, cotó, tisores, pinces i guants d'un sol ús.
 - També forma part de la farmaciola l'equip específic contra productes químics com solucions amfòteres, que neutralitzen el formaldehid més eficaçment que l'aigua. També hi són presents ampolles de renta ulls portàtils i mantes tèrmiques per a utilitzar posteriorment d'haver accionar les dutxes d'emergència.
- Equip d'oxigenoteràpia, per contrarestar els possibles efectes al sistema respiratori que pot provocar l'aspiració accidental de formaldehid.
- Lliteres de transport, per transportar als ferits que no es puguin moure de forma autònoma cap a zones segures.

Per altre banda la normativa dona indicacions sobre les possibles respostes davant diferents tipus d'accidents. El protocol general dicta que la jerarquia d'actuació ha de ser protegir, avisar i socórrer en aquest ordre. El primer pas consta d'utilitzar els EPIs corresponents abans d'apropar-se a l'accidentat.

Avisar als serveis mèdics o toxicològics corresponents i activar l'alarma d'emergència.

La part de socórrer a la víctima depèn de la via d'exposició. La normativa dicta els següents procediments:

- Contacte amb la pell:
 1. Portar a la víctima a la dutxa d'emergència .
 2. Treure tota la roba i calçat durant la dutxa.
 3. Rentar-se durant uns 15 o 20 minuts.
- Contacte amb els ulls:
 1. Rentar-se amb el rentauells durant 15 minuts amb els ulls oberts.
 2. No aplicar cap tipus de medicament (pomades o col·liris) sense ordre mèdica.
- Inhalació de vapors:
 1. Retirar a la víctima de la zona contaminada cap a un lloc obert.
 2. Mantenir la víctima en repòs .
 3. Si la víctima deixa de respirar, realitzar respiració cardiopulmonar.
- Ingestió:
 1. Mai provocar el vòmit, ja que tant el metanol com el formaldehid provoquen corrosió.
 2. No beure res, especialment si la víctima està inconscient.

5.10 Higiene

La higiene dins l'entorn laboral també està regulada segons el R.D 486/1997 que estableix les condicions mínimes que ha de reunir el lloc de treball per tal de que aquest sigui saludable i segur. Aquest apartat es essencial per la seguretat i per la comoditat i salut del treballador.

La normativa estableix una sèrie de límits d'exposició a agents químics, una sèrie de drets dels treballadors en quant a temps que dedicar a la higiene, unes condicions ambientals que permetin als treballadors estar còmodes mentre realitzin les seves activitats, fixant uns valors de temperatura o humitat entre d'altres. També han d'existir unes condicions de neteja adients sobretot respecte els residus químics que puguin existir i que s'han de tractar amb especial cura segons la normativa vigent, per tal de dipositar-los correctament per possibles tractaments específics posteriors.

5.10.1 Condicions de l'entorn laboral

Els annexos II i III de la R.D esmentada regulen els aspectes i les condicions ambientals en que han de treballar els operaris, per tal de complir amb els objectius d'higiene i de confort ambiental. A continuació s'esmenten les mesures portades a terme a la planta de FormalAir:

- Temperatura: La temperatura de totes les estàncies de la planta està monitorada i controlada per tal de mantenir-se entre 17 i 27°C dependent de les condicions

climàtiques exteriors i de les activitats realitzades a cada estància. L'ús de sistemes de climatització es essencial per al control de la temperatura, i s'ha de tenir cura de que aquests no generin corrents ni canvis bruscos de temperatura.

- Respecte a l'aïllament tèrmic, es un aspecte fonamental per maximitzar la eficàcia dels sistemes de climatització. Es fonamental utilitzar materials aïllants per tal de garantir un ambient segur i saludable.
- Ventilació: La ventilació en espais tancats es essencial no només per la comoditat dels operaris sinó per qüestions de salut i seguretat, ja que es treballa amb agents químics perillosos per aspiració. Es important esmentar que tot i que hagi d'existir ventilació, els treballadors mai podran estar exposats a corrents d'aire superior a 0.75m/s. La ventilació serà natural o forçada depenent de les possibilitats de cada estància i es posarà especial èmfasi en aquesta variable en les àrees on més perill d'aspiració de productes tòxics hi hagi.
- Humitat relativa: La normativa exigeix que la humitat relativa ha d'estar controlada i ha de mantenir-se en uns valors entre el 30 i el 70%. Però en la majoria de plantes químiques (i també a la nostra) existeix el perill d'atmosferes explosives, per tant existeix la necessitat de limitar la humitat relativa al 50% a totes les àrees on hi hagin equips relacionats amb l'emmagatzemament o tractament de productes químics.
- Il·luminació: Es prioritza la llum natural a l'entorn laboral sempre que sigui possible. Quan no ho sigui, el sistema de il·luminació artificial haurà de ser el suficient per a veure correctament i desenvolupar les activitats de la planta sense cap problema, evitant ombres o enlluernaments.

A banda de les condicions ambientals, la normativa també contempla una sèrie de mesures respecte la neteja, la organització i el manteniment a l'àmbit de treball.

- Neteja: Hi ha d'haver un equip de neteja que mantingui totes les àrees netes, diferenciant entre residus perillosos i disposar-los als contenidors apropiats per al seu tractament posterior fora de planta si escau.
- Organització: L'entorn de treball ha d'estar ben organitzar per tal de garantir que el desenvolupament de les activitats sigui eficient i segur. No han d'existir obstacles als passadissos ni als accessos a les àrees.
- Manteniment: La normativa indica un manteniment periòdic i exhaustiu de tots el equips i sistemes per tal de garantir el seu correcte funcionament. Es veuen inclosos

en aquesta necessitat de manteniment els EPIs, els sistemes de climatització i tots els sistemes de seguretat, a part dels equips de tractament de productes químics.

Totes aquestes mesures asseguruen el compliment de la normativa i permeten realitzar totes les activitats necessàries en un entorn segur, higiènic i còmode per treballar.

5.10.2 Higiene personal

Pel que respecte a la higiene personal, aquesta sempre correrà a càrrec dels treballadors, tot i que la empresa ha de garantir una sèrie de facilitats i de normes per tal de garantir la higiene personal a l'entorn laboral. Les mesures en qüestió són les següents:

- Els treballadors hauran d'utilitzar exclusivament roba de treball a dins de la planta, tret de la zona de cafeteria i altres serveis on hauran d'anar amb roba de carrer. Els canvis de roba es faran als vestuaris corresponents.
- Els treballadors tenen prohibit menjar i fumar a la planta tret de les àrees designades per a dites activitats.
- La normativa indica que els treballadors han de disposar de 20 minuts dins de la jornada laboral per a la seva higiene personal, dividits en 10 minuts abans del dinar i 10 minuts abans d'acabar la seva jornada.
- Els treballadors tenen prohibit l'ús de cosmètics a l'hora de realitzar les seves activitats en planta, així com la prohibició d'utilitzar joies visibles o esmalts. Aquesta mesura ajuda a prevenir accidents a planta i contribueix a l'ús correcte dels equips.

5.11 Pla d'emergència

El pla d'emergència és un document requerit segons la normativa Seveso sempre i quan la planta en qüestió estigui classificada com a establiment de nivell superior de perillositat. En el cas de la planta de FormalAir, les quantitats de formaldehid per si soles (superiors en tot moment a les 200 tones) fan arribar a la planta a aquest nivell superior.

Aquest document obligatori recull les mesures de seguretat i els procediments que s'han de seguir en cas de qualsevol emergència, adequant-se els procediments als nivells d'emergència de l'accident en qüestió.

Segons el R.D 1196/2003, els accidents en indústria química es classifiquen en tres categories segons la seva perillositat i tipus de danys:

- Categoria 1: Accidents que tenen com a única conseqüència danys materials dins del establiment, sense que es produeixi danys a l'exterior.
- Categoria 2: Accidents amb possibles víctimes i danys materials a l'establiment, amb danys lleus a l'exterior a la parcel·la de la planta i/o impacte mediambiental.
- Categoria 3: Accidents amb possibles víctimes i danys materials greus tant a l'interior com a l'exterior de la planta, amb impacte al medi ambient greu.

El pla d'emergència contempla accidents dins de les tres categories i s'han d'activar uns protocols o d'altres depenent de la gravetat de la situació.

El pla d'emergència interior és responsabilitat de cada empresa i organitza la resposta dins dels límits de la planta. Es important identificar els possibles perills amb un anàlisi de riscos (s'ha escollit l'anàlisi HAZOP en el cas de FormalAir), dividir les responsabilitats entre diferents perfils de professionals, com poden ser el cap d'emergència, el cap d'intervenció, els equips d'intervenció...

El pla d'emergència extern organitza la resposta fora dels límits de la planta, té com a objectiu minimitzar els efectes dels possibles accidents i protegir la població propera i el medi ambient.

5.11.1 Pla d'emergència intern

El pla d'emergència intern defineix clarament quin rol han de tenir cadascun dels treballadors involucrats i les mesures d'actuació segons la categoria i naturalesa dels possibles accidents. Prèviament a redactar aquest del document és essencial identificar els possibles perills, instruir als treballadors en les seves obligacions en casos d'emergència i disposar dels mitjans de protecció adients per a poder fer front als diversos accidents.

El pla d'emergència intern estableix que en cas d'accident s'ha de identificar primerament quin tipus d'accident hi ha i quines son les substàncies químiques involucrades. Els principals accidents greus que poden produir-se a la planta de FormalAir són:

- Fuita tòxica de formaldehid: a causa del trencament d'algun equip, tubària o mànega per la qual passi formaldehid, formant un núvol tòxic. Aquest tipus d'accident pot donar-se principalment a la zona de càrrega de formaldehid, a l'àrea A-600.
- Incendi amb metanol com a combustible: Principalment pel trencament del tanc de metanol (A-100). Tot i existir cubeta de retenció l'incendi resultant seria molt gran degut a les quantitats de metanol dels tancs.
- Explosió: Acumulació de vapors de metanol en una zona tancada i per tant poc ventilada, que pot resultar en una explosió si hi ha ignició. Tot i a utilitzar equips ATEX

a les zones més propenses a provocar atmosferes explosives, aquest tipus d'accident seria un dels més devastadors possibles a planta.

Existeixen altres tipus d'accidents fora dels que s'han contemplat, però s'arriba a la conclusió de que aquest 3 exemples son els més probables i greus als que es poden enfrontar els treballadors i les autoritats respecte a la planta FormalAir.

Posteriorment, es realitza el càlcul de conseqüències on es determina la distancia on els possibles accidents serien perillosos. Això es molt important de cara a conèixer la zona al voltant de la planta on s'hauria d'evacuar a la població, principalment en cas de que hi hagi una fuga de formaldehid, provocant concentracions letals d'aquesta substància a certa distància.

La següent part del document estipula quins procediments i quines accions han de fer tots el treballadors de la planta, des de prendre decisions i coordinar els diferents equips d'intervenció, fins a mitigar fins on sigui possible els efectes de l'accident abans de que arribin equips d'emergència externs o simplement dirigir-se cap als punts de reunió, disposats estratègicament al llarg de tota la parcel·la.

Les principals tasques seran les següents:

- Cap d'emergència: Màxim responsable en cas d'emergència, encarregat de classificar l'accident i de prendre les decisions requerides.
- Cap d'intervenció: Es qui rep la informació del cap d'emergència i coordina als diferents grups d'intervenció, es el llaç entre els equips d'intervenció i el cap d'emergència.
- Equips de primera intervenció: És el personal encarregat d'actuar en primer lloc davant de l'emergència amb els mitjans adients per a cada tipus d'accident. Són personal amb coneixements específics per a actuar en aquests casos.
- Equips de segona intervenció: És el personal que actuarà en cas de que l'equip de primera intervenció no pugui controlar l'emergència per si mateixos.
- Equip d'alarma i evacuació: Són els encarregats de evacuar la resta de treballadors ordenadament i dirigir-los als punts de reunió.

Posteriorment el document ha de recollir informació sobre tots el equips de protecció i de resposta a accidents, indicant-ne l'ús, l'acció de l'equip, a quines substàncies no es poden aplicar, quins treballadors han de fer-ne ús, etc.

L'última part del document ha d'incloure l'anàlisi de riscos fet per l'empresa on es detallen tots els possibles accidents que poden ocórrer, les accions correctores, els medis disponibles per a fer front a

qualsevol situació, etc. L'anàlisi de riscos escollits per FormalAir, com s'ha esmentat abans, es mitjançant el mètode HAZOP.

5.11.2 Pla d'emergència extern

El pla d'emergència extern indica quins procediments s'han de seguir i com gestionar les situacions d'emergència a l'exterior del recinte de la planta. Es responsabilitat de la generalitat de Catalunya, concretament la direcció general de protecció civil del departament d'interior.

La zona de Tarragona, on es situa la planta de FormalAir, té un pla general de risc químic específic anomenat PLASEQTA (Pla d'emergència exterior del sector químic de Tarragona).

Per tant el pla d'emergència extern no és competència de la planta, però tot i això hi ha una sèrie d'obligacions i responsabilitats amb les entitats esmentades, que són:

- Lliurament de l'informe de seguretat: És un document amb informació bàsica de la planta, la disposició dels equips a la parcel·la, anàlisi de riscos, etc.
- Estudi d'abast de conseqüències: Essencialment l'estudi de càlculs de conseqüències realitzat al pla d'emergència intern.
- Simulacres: La normativa obliga a realitzar un simulacre d'emergència general cada 3 anys en coordinació amb protecció civil.

5.12 Hazop

El HAZOP, *Hazard and Operability Study*, per les seves sigles en anglès, és una tècnica d'anàlisi de riscos estructurada i qualitativa. La seva principal funció és la de identificar potencials perills i problemes operatius i identificar les seves causes, conseqüències i solucions, per tal de poder corregir possibles falles abans de que aquestes succeeixin. És una part clau de qualsevol anàlisi de seguretat industrial.

Aquesta tècnica es pot realitzar o sobre àrees específiques de la planta o sobre cada conjunt d'equips amb les mateixes característiques, estudiant de manera individualitzada tots els paràmetres rellevants de cada equip com poden ser el cabal, la temperatura, la pressió, el flux, la composició...

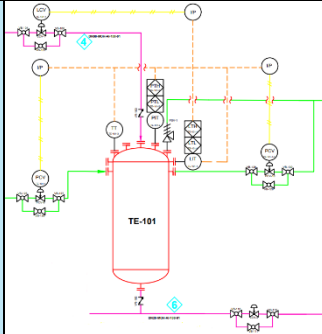
Totes aquestes variables es classifiquen segons una sèrie de paraules guia que permeten identificar que està passant amb aquesta variable, si està augmentant, disminuint, etc. A continuació es mostra un llistat de les paraules guia possiblement emprades en el HAZOP i el seu significat.

Taula 5.9. Paraules guia.

Paraula guia	Significat
No	Absència de la variable
Més	Augment de la variable
Menys	Disminució de la variable
Part de	Implicació parcial de la variable
Invers	Efecte contrari de la variable
Diferent de	Variable en estat o propietats diferents
En lloc de	Causa o efecte indesitjat

La realització del HAZOP s'ha fet a partir d'utilitzar les paraules guia davant diferents paràmetres, donant diverses situacions de perill de les quals s'han intentat determinar totes les possibles causes, així com tots les possibles conseqüències i també mesures correctores.

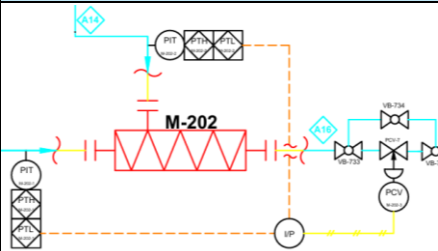
5.12.1 Tancs d'emmagatzematge

Anàlisi de risc- HAZOP					
	UBICACIÓ	A-100, A-600			EQUIP 
	ITEM	TE-101, TE-102, TE-601, TE-602, TE-603, TE-604			
PARÀMETRE	PARAULA GUIA	DESVIACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS CORRECTORES
Temperatura	Més	- Major temperatura al tanc.	- Fallada del sistema de control. - Fallada del sistema de ventilació. - Augment dràstic de la temperatura ambient.	- Risc d'explosió o incendi - Vessaments o fugues. - Canvis en la pressió en el tanc.	- Revisió i manteniment del sistema de control i de ventilació. - Instal·lar un sistema de ventilació d'emergència. - Instal·lació de vàlvules d'emergència al tanc.
Pressió	Més	- Major pressió al tanc	- Fallada del sistema de control. - Obstrucció de les canonades. - Fallada en el sistema de blanketing.	- Risc d'explosió - Vessaments o fugues. - Canvis en les propietats del producte.	- Instal·lació de vàlvules d'emergència. - Revisió i manteniment del sistema de control i de les canonades. - Duplicar la bomba de nitrogen del sistema de blanketing. - Instal·lació de vàlvules d'emergència al tanc.

Cabal	Més	- Major cabal surt del tanc	- Obstrucció o fugues de la canonada. - Fallada de la bomba. - Fallada del sistema de control.	- Canvis a la pressió del tanc. - Menor qualitat del producte. - Disminució de la productivitat de la planta.	- Revisió i manteniment del sistema de control i de les canonades. - Duplicar la quantitat de bombes.
Temperatura	Menys	- Menor temperatura al tanc	- Variacions de temperatura ambiental. - Fallada dels sistemes de control.	- Canvis en les propietats del producte. - Disminució de la pressió - Risc de buit. - Entrada d'aire atmosfèric. - Mal funcionament de l'evaporador.	- Sistema de blanketing amb control de pressió automàtic. - Control de la temperatura al tanc. - Aïllament tèrmic del tanc. - Vàlvula de seguretat de buit.
Pressió	Menys	- Menor pressió al tanc	- Fallada en el sistema de blanketing. - Fallada en les vàlvules de regulació de nitrogen. - Baixada sobtada de la temperatura exterior. - Pèrdua de velocitat de la bomba de càrrega. - Obstrucció de la canonada de càrrega.	- Risc de buit. - Col·lapse del tanc. - Afectació a la producció. - Entrada d'aire atmosfèric.	- Control de la pressió del tanc. - Vàlvula de seguretat de buit. - Sistema de blanketing amb control de pressió automàtic. - Realitzar revisions i manteniment de vàlvules, bombes i canonades.

Cabal	Menys	- Menor cabal surt del tanc	- Obstrucció o fugues de la canonada. - Fallada de les vàlvules. - Fallada en el sistema de control.	- Danys d'equips. - Canvis en les propietats del producte. - Risc d'explosió.	- Revisió i manteniment del sistema de control i de les vàlvules. - Instal·lació de vàlvules de seguretat.
Cabal	No	- Falta de cabal en la càrrega	- Mal funcionament de la bomba de càrrega. - Obstrucció en la canonada. - Fallada de les vàlvules reguladores de cabal. - Fallada del sistema de control.	- Cavitació de la bomba. - Interrupció de subministrament de metanol al procés i per tant de la producció de formaldehid. - Sobrepressions a les canonades i possibles ruptures.	- Col·locar detectors de cabal a l'entrada del tanc. - Instal·lar una bomba d'emergència. - Realitzar manteniment del sistema de control. - Realitzar revisions i manteniment de les vàlvules, bombes i canonades.
Cabal	Invers	- El cabal flueix cap a dins del tanc.	- Canvis de pressió al tanc. - Fallada de la bomba. - Fallada del sistema de control. - Fallada de la vàlvula de retenció.	- Contaminació del tanc. - Increment de la pressió a les canonades. - Danys en els equips.	- Manteniment i revisió del sistema de control i les canonades. - Manteniment de la vàlvula de retenció. - Control sobre la pressió del tanc.

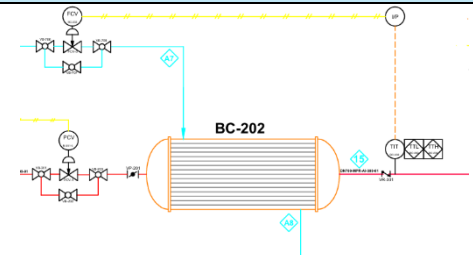
5.12.2 Mescladors

Anàlisi de risc- HAZOP					
	UBICACIÓ	A-200, A-300, A-400,A-700			
	ITEM	M-201, M-202, M-302, M-401, M-701			
PARÀMETRE	PARAULA GUIA	DESVIACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS CORRECTORES
Composició	Més	- Cabal de metanol molt superior al cabal nominal	- Fallada de la vàlvula de control del cabal de metanol. - Fallada del sistema de control.	- La mescla entra dins del rang d'explosivitat.	- Revisió i manteniment del sistema de control. - Control exhaustiu dels cabals d'aire i metanol. - Revisió i manteniment del sistema de vàlvules.
Pressió	Més	- Major pressió a l'interior del mesclador	- Excés de cabal d'entrada. - Obstrucció a la sortida. - Reacció exotèrmica.	- Possible explosió. - Aturada forçada del procés.	- Revisió i manteniment de les canonades. - Instal·lació de vàlvules d'emergència. - Sistema de control a l'entrada per evitar mescles explosives.

Cabal	Més	- Major cabal d'entrada o de sortida del cabal nominal	- Fallada de vàlvules d'entrada o de sortida. - Fallada de la bomba d'impulsió. - Fallada del sistema de control.	- Augment de la pressió al mesclador. - Cabal de sortida massa elevat. - Possible desbordament del mesclador.	- Revisió i manteniment del sistema de canonades i de la bomba. - Revisió i manteniment del sistema de control. - Instal·lació de vàlvules d'emergència de descàrrega.
Temperatura	Menys	- Menor temperatura d'entrada d'alguns dels fluids	- Fallada prèvia d'un altre equip o menor temperatura d'alguns dels fluids captats per causes atmosfèriques.	- Condensació parcial del metanol. - Fallada del mesclador o d'equips posteriors.	- Control sobre la temperatura a tots els trams del procés. - Aïllament tèrmic de canonades i tancs.
Composició	Menys	- Menor cabal d'entrada d'aire de procés del cabal nominal	- Fallada mecànica del sistema de captació d'aire. - Obstrucció als filtres.	- La mescla pot entrar a la zona d'inflamabilitat. - Oxigen insuficient per a la posterior reacció química.	- Sistemes de control sobre el cabal d'aire. - Vàlvules automàtiques per a interrompre el flux del cabal de metanol.
Pressió	Menys	- Menor pressió a l'interior del mesclador	- Fuita al bescanviador. - Pèrdua de càrrega per incrustacions.	- Menor pressió de la pressió nominal a processos posteriors. - Menor eficiència del procés.	- Revisió i manteniment del bescanviador.
Cabal	Menys	- Menor cabal d'entrada o de sortida del cabal nominal	- Obstruccions a les canonades. - Fallada de la bomba d'impulsió. - Fallada de les vàlvules. - Fallada del sistema de control.	- Augment de la pressió interna del mesclador. - Flux insuficient per als equips posteriors. - Reducció de la eficiència del mesclador.	- Revisió i manteniment del sistema de canonades, de les vàlvules i la bomba. - Revisió i manteniment del sistema del sistema de control. - Instal·lació de vàlvules d'emergència de descàrrega.

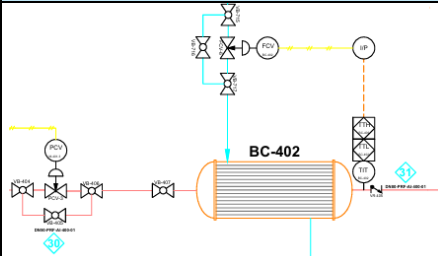
Cabal	No	- Absència de cabal d'entrada o de sortida	- Obstrucció de les canonades. - Fallada de vàlvules d'entrada o de sortida. - Fallada de la bomba d'impulsió. - Fallada del sistema de control.	- Aturada del procés i interrupció de la producció. - Falta de reactius a l'equip. - Augment de la pressió al mesclador.	- Revisió i manteniment del sistema de canonades i de la bomba. - Revisió i manteniment del sistema de control. - Instal·lació de vàlvules d'emergència de descàrrega.
Cabal	Invers	- Flux des del reactor cap al mesclador	- Sobrepressió al reactor. - Fallada a la vàlvula antiretorn.	- Risc d'incendis a causa del cabal de metanol i formaldehid a l'interior del mesclador. - Contaminació dels conductes d'aire pur.	- Revisió i manteniment de la vàlvula antiretorn.
Fase	Diferent de	- Presència de fase líquida a la mescla d'entrada	- Fallada dels vaporitzadors.	- Espatllament de l'equip. - Entrada de líquid a equips posteriors.	- Control de temperatura a la sortida. - Revisió i manteniment dels evaporadors.

5.12.3 Bescanviadors

Anàlisi de risc- HAZOP					
	UBICACIÓ	A-200			
	ITEM	BC-202			
PARÀMETRE	PARAULA GUIA	DESVIACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS CORRECTORES
Temperatura	Més	- Major temperatura del fluid calent de la nominal	- Fluid tèrmic massa calent. - Fluid sortida M-201 massa calent - Fallada del sistema de control.	- Risc de reacció descontrolada (runaway) o reaccions secundàries. - Entrada de gasos al reactor per sobre de la temperatura de disseny. -Degradació del catalitzador.	- Revisió i manteniment del sistema de refrigeració i de control. - Llaç de control automàtic. - Alarma de temperatura alta
Pressió	Més	- Sobrepressió al bescanviador.	- Obstrucció a la canonada de sortida o a l'entrada del reactor. - Augment de temperatura al bescanviador.	- Esquerdes mecàniques. - Risc de fuites. - Disminució de la eficiència.	- Instal·lació de vàlvules de seguretat de pressió. - Revisió i manteniment de les canonades. - Alarma de pressió alta a l'entrada del reactor PTH-R301

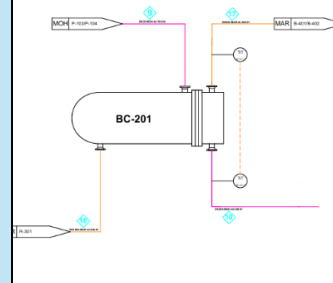
Cabal	Més	- Major cabal de gasos d'entrada	- Fallada del sistema de vàlvules. - Fallada del sistema de control. - Impulsió de la bomba excessiva. - Excés de cabal de matèries primeres.	- Disminució de l'eficiència a causa de la menor temperatura d'entrada al reactor. - Canvis en la pressió de treball.	- Revisió i manteniment del sistema de control. - Revisió i manteniment de les vàlvules i de la bomba. - Alarma de cabal alt FTH
Temperatura	Menys	- Temperatura de la sortida de la mescla massa baixa.	- Temperatura insuficient del fluid calent o la vàlvula d'aquesta entrada tancada. - Incrustacions al bescanviador.	- Disminució de l'eficiència tèrmica. - Escalfament insuficient. - La reacció química no assoleix la conversió desitjada.	- Control sobre la temperatura d'entrada dels fluids. - Revisió i manteniment del bescanviador.
Pressió	Menys	- Pressió per sota del disseny.	- Fuita al bescanviador. - Pèrdues de càrrega. - Trencament de canonades.	- Pèrdua de concentració i emissió de gasos tòxics inflamables a la planta. - Menor eficiència tèrmica. - Aturada de la producció.	- Revisió i manteniment del bescanviador. - Alarma de pressió baixa PTL. - Detector de gasos (formaldehid/metanol).

Cabal	Menys	- Cabal de gasos insuficient	- Fallada del sistema de vàlvules. - Fallada del sistema de control. - Impulsió de la bomba insuficient.	- Disminució de l'eficiència. - Canvis a la pressió de treball. - Cabal insuficient per al reactor.	- Revisió i manteniment del sistema de control. - Revisió i manteniment de les vàlvules i de la bomba. - Alarma de cabal baix FTL. - Accionament de la segona bomba de metanol.
Transferència de calor	No	Transferència de calor inexistent entre fluids	- Obstrucció total a l'interior del bescanviador. - No hi ha cabal del fluid fred o calent.	- Aturada total del procés.	- Revisió i manteniment del bescanviador. - Revisió i manteniment del sistema de control i de les vàlvules.
Cabal	No	- Falta de cabal d'entrada de la mescla.	- Obstrucció total a les canonades o a l'interior el bescanviador. - Fallada de les vàlvules d'entrada o de sortida del bescanviador. - Fallada del sistema de control.	- Acumulació de fluid al bescanviador. - Pèrdua d'eficiència tèrmica . - Aturada total del procés. - Augment de la pressió del bescanviador.	- Revisió i manteniment del sistema de control. - Revisió i manteniment de les vàlvules i del bescanviador. - Instal·lació de vàlvules d'emergència.
Flux	Invers	- El fluid fred o el calent circulen en sentit invers	- Fallada de la bomba. - Fallada de les vàlvules.	- Canvi de configuració de contracorrent a paral·lel. - Contaminació de la línia de procés.	- Revisió i manteniment de les vàlvules i de la bomba. - Accionament de les vàlvules antiretorn.

Anàlisi de risc- HAZOP					
	UBICACIÓ	A-400			
	ITEM	BC-401, B-402			
PARÀMETRE	PARAULA GUIA	DESVIACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS CORRECTORES
Temperatura	Més	- Major temperatura del fluid calent de la nominal.	- Fallada de la vàlvula de refrigerant tancada. - Pèrdua de subministrament d'aigua de la planta. - Incrustacions als tubs.	- El fluid passa a la següent etapa massa calent. - Pèrdua d'eficiència a la torre d'absorció.	- Revisió i manteniment del sistema de refrigeració i de control. - Alarma de temperatura alta TTH
Pressió	Més	- Sobrepressió al bescanviador.	- Obstrucció de les canonades. - Augment de temperatura al bescanviador.	- Esquerdes mecàniques o dany estructural. - Risc de fuites. - Disminució de l'eficiència.	- Instal·lació de vàlvules de seguretat de pressió. - Revisió i manteniment de les canonades. - Alarma de pressió alta PTH.

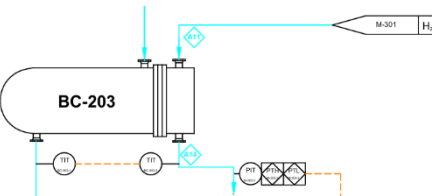
Cabal	Més	- Excés de cabal de procés d'entrada	- Fallada del sistema de vàlvules. - Fallada del sistema de control. - Impulsió de la bomba/compressor excessiva.	- Disminució de l'eficiència. - Canvis en la pressió de treball. - Pujades de nivells dels equips posteriors.	- Revisió i manteniment del sistema de control. - Revisió i manteniment de les vàlvules i de la bomba. - Alarma de cabal alt FTH.
Temperatura	Menys	- Temperatura sortida del procés massa baixa.	- Vàlvula del refrigerant encallada en posició 100% oberta - Incrustacions al bescanviador. - Temperatura de refrigeració alta (estiu).	- Disminució de l'eficiència tèrmica. - Escalfament insuficient. - Risc de condensació de gasos, cristal·lització o polimerització.	- Control sobre la temperatura d'entrada dels fluids. - Revisió i manteniment del bescanviador. - Ús d'aigua descalcificada com a fluid fred.
Pressió	Menys	- Pressió per sota a la de disseny	- Fuita al bescanviador. - Pèrdues de càrrega. - Pèrdua d'impulsió dels equips.	- Pèrdua de producte. - Menor eficiència tèrmica. - Caiguda de producció.	- Revisió i manteniment del bescanviador. - Alarma de pressió baixa PTL

Cabal	Menys	- Cabal insuficient de procés	- Fallada del sistema de vàlvules. - Impulsió de la bomba excessiva. - Aturada dels equips previs. - Obstrucció per polimerització.	- Disminució de la eficiència. - Canvis a la pressió de treball. - Cabal insuficient per al següent equip.	- Revisió i manteniment del sistema de control. - Revisió i manteniment de les vàlvules i de la bomba. - Alarma de cabal massa baix FTL
Transferència de calor	No	- Transferència de calor inexistent entre fluids	- Obstrucció total a l'interior del bescanviador. - No hi ha cabal del fluid de mescla o del refrigerant.	- Aturada total del procés. - Concentració de sortida no desitjada.	- Revisió i manteniment del bescanviador. - Revisió i manteniment del sistema de control i de les vàlvules.
Cabal	No	- Falta de cabal d'entrada o de sortida	- Obstrucció total a les canonades o a l'interior el bescanviador. - Fallada de les vàlvules d'entrada o de sortida del bescanviador. - Fallada del sistema de control.	- Acumulació de fluid al bescanviador. - Pèrdua d'eficiència tèrmica . - Aturada total del procés. - Augment de la pressió del bescanviador.	- Revisió i manteniment del sistema de control. - Revisió i manteniment de les vàlvules i del bescanviador. - Instal·lació de vàlvules d'emergència.
Flux	Invers	- El fluid fred o el calent circulen en sentit invers	- Fallada de la bomba. - Fallada de les vàlvules.	- Canvi de configuració de contracorrent a paral·lel. - Contaminació de la línia de procés.	- Revisió i manteniment de les vàlvules i de la bomba. - Accionament de les vàlvules antiretorn.

Anàlisi de risc- HAZOP					
	UBICACIÓ	A-200			EQUIP 
	ITEM	BC-201			
PARÀMETRE	PARAULA GUIA	DESVIACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS CORRECTORES
Temperatura	Més	- Major temperatura del fluid calent de la nominal	- Gasos de reacció massa calent - Major cabal de metanol d'entrada - Fallada dels sensors de temperatura	- Sobreescalfament de la mescla reactiva (risc d'ignició o runaway) - Estrès mecànic a les canonades per dilatació.	- Fallada de l'alarma de la temperatura alta (TTH) - Desviació per by-pass dels gasos calents
Pressió	Més	- Sobrepressió al bescanviador	- Obstrucció de les canonades. - Augment de temperatura al bescanviador.	- Esquerdas mecàniques. - Risc de fuites. - Disminució de la eficiència.	- Instal·lació de vàlvules d'alleujament de seguretat a la pressió de disseny - Desviació per by-pass dels gasos calents - Inspeccions visuals rutinàries.
Cabal	Més	- Major cabal d'entrada de metanol o sortida de gasos de reacció	- Fallada del sistema de vàlvules. - Fallada del sistema de control. - Impulsió de la bomba de metanol excessiva.	- Disminució de l'eficiència. - Canvis en la pressió de treball. - Conversió menor a la sortida del reactor.	- Disminució de l'obertura de la vàlvula d'entrada del bescanviador

Temperatura	Menys	- Menor Transferència de calor cap al fluid fred	- Temperatura insuficient del fluid calent. - Incrustacions fouling al bescanviador.	- Disminució de la conversió a la sortida del reactor. - Escalfament insuficient.	- Fallada de l'alarma de temperatura baixa (TTL) - Pla de manteniment preventiu (neteja interna del bescanviador).
Pressió	Menys	- Pressió per sota de la de disseny	- Fuita al bescanviador. - Pèrdues de càrrega.	- Pèrdua de producte. - Menor eficiència tèrmica.	- Detecció de gasos a l'àrea d'operació - Inspeccions visuals rutinàries
Cabal	Menys	- Menor cabal d'entrada de metanol o de sortida de gasos de reacció	- Fallada del sistema de vàlvules. - Obstrucció a l'interior del bescanviador - Impulsió insuficient de la bomba.	- Disminució de la eficiència. - Canvis a la pressió de treball. - Cabal insuficient per al següent equip. - Aturada total del procés a les etapes següents	- Alarma de cabal baix - Accionament de la segona bomba de metanol
Transferència de calor	No	- Transferència de calor inexistent entre fluids	- Obstrucció total a l'interior del bescanviador. - No hi ha cabal de metanol d'entrada o gasos a la sortida	- Aturada total del procés.	- Accionar el pla de manteniment

Cabal	No	- Falta de cabal d'entrada de metanol	- Obstrucció total a les canonades o a l'interior el bescanviador. - Fallada de les vàlvules d'entrada o de sortida del bescanviador. - Fallada del sistema de control. - Fuita de les canonades	- Acumulació de fluid al bescanviador. - Pèrdua d'eficiència tèrmica . - Aturada total del procés. - Augment de la pressió del bescanviador.	- Inspecció i manteniment d'equips - Accionament de la segona bomba de metanol
Flux	Invers	- El fluid fred o el calent circulen en sentit invers	- Fallada de la bomba. - Fallada de les vàlvules.	- Canvi de configuració de contracorrent a paral·lel. - Contaminació de la línia de procés.	- Accionament de les vàlvules d'antiretorn

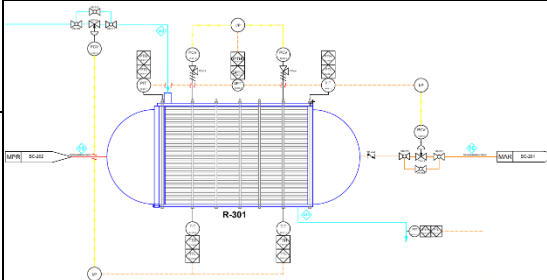
Anàlisi de risc- HAZOP					
	UBICACIÓ	A-200, A-300, A-700			
	ITEM	BC-203, BC-301, BC-701			
PARÀMETRE	PARAULA GUIA	DESVIACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS CORRECTORES
Temperatura de calor	Més	- Major temperatura del fluid calent (aigua o vapor de procés)	- Excés de pressió/cabal a la xarxa de vapor d'entrada. -Vàlvula de control de vapor encallada totalment oberta. -Fallada del controlador TIC (demana més escalfament de l'assignat).	- Vaporització (flashing) de l'aigua líquida dins l'equip. -Dilatació de les canonades de sortida. - Malbaratament d'energia tèrmica (vapor).	-Alarma d'alta temperatura (TTH) a la sortida de l'aigua. -Vàlvula de control amb posició de fallada tancada (Fail-Closed) pel vapor. -Purgadors de vapor adequats.

Pressió	Més	- Major pressió al bescanviador o de sortida	- Tancament accidental de vàlvules d'entrada i sortida amb aigua líquida a l'interior. - Cop d'ariet per condensació brusca de vapor. - Excés de pressió al col·lector general de vapor (M-301).	- Sobretensió mecànica que pot provocar la ruptura o deformació de la carcassa, feix tubular o juntes. - Fuites d'aigua a alta temperatura o vapor a l'exterior.	- Instal·lació de vàlvules d'alliberament de pressió (PSV) en el costat de l'aigua líquida. - Alarma d'alta pressió (PTH).
Cabal	Més	- Major cabal d'entrada o sortida	- Vàlvula de control de cabal d'aigua oberta al per error. - Fallada de la bomba de subministrament d'aigua. - Fallada distribuïdor de vapor. - Més temperatura al reactor que provoca un augment del cabal de vapor total.	- Erosió de les parets dels tubs interns degut a l'alta velocitat de l'aigua. - Pèrdua de pressió al col·lector general de la xarxa d'aigua, afectant altres equips de la planta.	- Accionament de les vàlvules de control. - Alarma d'alt cabal (FTH) a la línia principal.

Temperatura de calor	Menys	- Menor transferència de calor cap al fluid fred	- Incrustacions minerals (calç/òxid) severes als tubs que actuen com a aïllant tèrmic. - Vàlvula de vapor parcialment tancada o pèrdua de pressió de vapor. - Purgador de vapor bloquejat (inundació de condensat).	- L'aigua no assoleix la temperatura del disseny per donar servei. - Acumulació de condensat fred a l'equip, causant corrosió i pèrdua d'eficiència global.	- Pla de manteniment i neteja química per eliminar incrustacions. - Manteniment preventiu dels purgadors de vapor. - Alarma de baixa temperatura (TTL).
Pressió	Menys	- Menor pressió al bescanviador	- Trencament intern d'un tub que comunica les dues cambres (igualant pressions incorrectament). - Fuga a l'exterior en juntes degradades.	- Cavitació a la línia si l'aigua calenta perd pressió i assoleix la pressió de vapor. - Falta de pressió per impulsar l'aigua de servei fins a l'equip de destinació.	- Monitoratge de pressió diferencial - Alarma de baixa pressió (PAL). - Manteniment i neteja preventiva de les canonades.
Cabal	Menys	- Menor cabal d'entrada o sortida	- Fallada parcial de la bomba de subministrament d'aigua. - Filtres taponats per partícules d'òxid o brutícia de la xarxa. - Vàlvula manual parcialment tancada per error.	- Ebullició localitzada de l'aigua (si és un escalfador) per falta de renovació de fluid, generant bosses de vapor perilloses. - Rendiment insuficient del servei per a la planta.	- Neteja i purga rutinària dels filtres d'aigua. - Alarma de baix cabal (FAL). - Duplicació de les bombes de subministrament per seguretat.

Transferència de calor	No	- Transferència de calor inexistent entre fluids	- Pèrdua total del subministrament de vapor des de les calderes generals. - Tall complet de subministrament elèctric a les bombes d'aigua.	- Interrupció total de la generació del servei d'escalfament/refrigeració, obligant a parar les unitats de procés que en depenen per seguretat.	- Sistema de subministrament elèctric d'emergència (SAI/Generador) per a bombes de serveis crítics. - Comunicació directa entre el control de calderes i el PLC.
Cabal	No	- Falta de cabal d'entrada o de sortida	- Tancament total i brusc d'una vàlvula d'aïllament manual. - Aturada sobtada i completa de la bomba d'impulsió. - Fuita o trencament total d'una canonada de servei.	- Estancament de l'aigua a l'interior. Si el vapor continua obert, l'aigua estancada bullirà ràpidament generant sobrepressió extrema.	- Tancar automàticament la vàlvula de vapor si el cabal d'aigua cau a zero (Interruptor de flux).
Flux	Invers	- El fluid fred o el calent circulen en sentit invers	- Fallada de la vàlvula antiretorn de l'aigua coincidint amb una parada de la bomba impulsora. - Retorn de condensat a major pressió des d'un altre equip pel col·lector comú.	- L'aigua calenta o el vapor retrocedeixen cap a l'aspiració de les bombes d'aigua freda, danyant els segells mecànics de la bomba i provocant cavitació.	- Revisió i substitució periòdica de les vàlvules antiretorn de les línies d'aigua i condensat.

5.12.4 Reactor

Anàlisi de risc- HAZOP					
	UBICACIÓ	A-300			
	ITEM	R-301			
PARÀMETRE	PARAULA GUIA	DESVIACIÓ	CAUSES	CONSEQUÈNCIES	ACCIONS CORRECTORES
Temperatura	Més	- Major temperatura al reactor	- Fallada en el sistema de refrigeració per aigua (pèrdua de cabal) - Excés de metanol - Reacció descontrolada (runaway).	- S'afavoreixen les reaccions secundàries (formació de monòxid de carboni) - Risc d'explosió i trencament - Desactivació del catalitzador.	- Alarma d'alta temperatura (TTH). - Ús d'un disc de ruptura d'acció inversa al capçal superior tarat a 4-5 bars. - Aturada d'alimentació.
Composició	Més	- Major concentració d'entrada Metanol	Fallada en el control de ràtio (mal funcionament del mesclador M-201 o excés de bombament).	La mescla reactiva entra en límits d'explosivitat (sobrepassa el LEL), generació de "hot spots" extrems.	Analitzador de concentració en línia. Sistema instrumentat de seguretat per tancar l'entrada immediatament si es passa del límit

Pressió	Més	- Més pressió d'entrada	- Obstrucció parcial o total del llit catalític als tubs del reactor R-301.	- Sobrepressió a la carcassa/tubs de procés que treballen a 2 atmosferes - Risc de fuga massiva de gasos tòxics i inflamables.	- Disc de ruptura calibrat dirigit a torxa o dipòsit d'apagada. - Alarma de pressió alta (PTH).
Cabal	Més	- Més cabal d'entrada	- Fallada de les bufadores (B-101/B-102) que injecten excés d'aire.	- Disminució del temps de residència (pèrdua de conversió) - dificultat del refrigerant per absorbir tota la calor generada per volum.	- Control PID actiu del cabal d'aire amb limitació a les bufadores.
Temperatura	Menys	- Menor temperatura al reactor	- Fallada al preescalfador de mescla (BC-202). -Excés de refrigeració al reactor.	- Disminució cinètica dràstica. - El metanol no assoleix la conversió esperada. - Apagament de la reacció química.	- Alarma de baixa temperatura (TAL). - Sistema de control de cabal o pressió de l'aigua de refrigeració.
Composició	Menys	- Menor concentració entrada Metanol	Pèrdua de bombament del tanc pulmó (TE-102) o bloqueig a la canonada d'entrada al vaporitzador (BC-201).	Menor producció o nul·la del producte final, disminució del guany tèrmic del reactor.	Alarma de cabal baix de reactiu, aturada controlada de la planta.

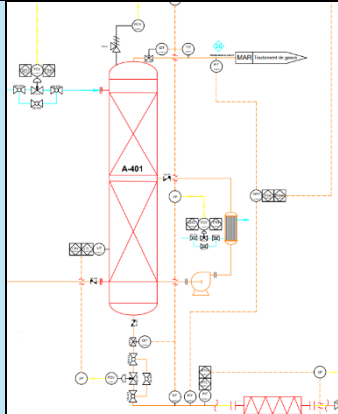
Pressió	Menys	- Menys pressió d'entrada	- Fuita important a les canonades de gasos - Fallada d'impulsió de les bufadores o bruts els filtres de les bufadores.	- El sistema no té prou pressió per vèncer la pèrdua de càrrega del llit catalític, aturada del procés cap endavant.	- Alarma de baixa pressió (PTL). - Manteniment rutinari de fuites.
Cabal	Menys	- Menys cabal d'entrada	- Bruta o taponament als filtres de captació d'aire d'entrada (prefiltre G4 o filtre F7).	- Inestabilitat en la distribució de flux dins dels 10.000 tubs del reactor.	- Monitorització contínua de pressió diferencial als filtres d'aspiració d'aire per preveure manteniment.
Temperatura	No	- No hi ha augment de temperatura al reactor	- Catalitzador envellit, totalment desactivat per impureses o olis - Manca total de metanol.	- Tota la mescla reacciona com a gas inert cap a la columna d'absorció. '- Risc per sobrecàrrega orgànica a etapes posteriors.	- Monitorització periòdica de conversió. '- Evitar olis lubricants a les bufadores centrífugues mitjançant coixinets d'aire.
Composició	No	- Absència de metanol (només entra aire)	- Esgotament complet als tancs d'emmagatzematge - Aturada de bomba d'alimentació sense que actuï l'enclavament.	- El reactor es va refredant al bombar només aire fred. Procés totalment parat en eficiència.	- Controls de nivell (LTL) als tancs TE-101/102 - Enclavament que pari l'aire si s'atura el metanol.
Pressió	No	- Sense pressió d'operació (Pressió atmosfèrica)	- Fallada general de corrent elèctric - Apagament general de seguretat (ESD).	- Aturada general - El gas no avança i s'acumula calor residual per manca de circulació als tubs.	- Sistema elèctric d'emergència (SAI) i generadors d'emergència. '- Obertura automàtica de vàlvules de purga.

Cabal	No	- Sense cabal (obstrucció total)	- Tancament accidental d'una vàlvula de papallona manual/automàtica a la línia principal de gasos.	- El reactor pateix una aturada per estancament (no avança la reacció). - Possible augment de temperatura puntual residual.	- Revisió i enclavament de vàlvules de seccionament de pas total per evitar el tancament amb la instal·lació en funcionament.
Temperatura	Invers	- Perfil tèrmic invers (pic calent a l'inici del tub)	- Error en el procés de càrrega del catalitzador: col·locació de catalitzador pur al principi en lloc de la distribució heterogènia progressiva requerida.	- Pic de temperatura molt prop de l'entrada (sobre 427°C), reacció descontrolada "runaway". - Formació de subproductes indesitjats.	- Procediments estrictes de càrrega amb inspecció visual de les capes d'inert (55% i 70% de concentració) abans del catalitzador pur.
Composició	Invers	- Inversió dominant de la cinètica	- Augment extrem de la temperatura. - Pressions fora de rang que capgiren l'equilibri de les reaccions secundàries capítol.	- Reversió de formaldehid en monòxid de carboni altament tòxic, invalidant el rendiment productiu.	- Gestió integral de refrigeració (assegurar el cabal d'aigua refrigerant adequat).
Pressió	Invers	- Pressió inversa (fluids retornant cap al reactor)	- Pressió excessiva a la columna d'absorció provinent de tancaments inadequats. - Buit al sistema del reactor.	- Retrocés de la solució aquosa des de l'absorbidor cap a la sortida del reactor calent causant estrès tèrmic greu i danys per aigua.	- Instal·lació de vàlvules antiretorn a les canonades de sortida del reactor de gran diàmetre.

Cabal	Invers	- Flux de gasos en contracorrent	- Sobrepressió en equips de l'Àrea 400 que supera la de les bufadores B-101 i B-102.	- Empenyiment de gas de síntesi de tornada al mesclador. - Compressors causant danys a rodets i possible inflamació.	- Ús de sistemes de vàlvules d'aleta antiretorn de tancament ultra ràpid a l'Àrea 300.
Temperatura	Part de	- Punts calents localitzats (hot spots) a una zona	- Distribució poc homogènia de la mescla aire-metanol dins de la canonada abans d'entrar als tubs.	- Tubs individuals del reactor pateixen pics destructius de calor, desactivant el seu propi catalitzador i compromentent els tubs adjacents.	- Assegurar que la graella d'injecció prèvia (sparger) i el mesclador estàtic M-201 operin bé i homogeneïtzin la mescla.
Composició	Part de	- Reacció només per part de la mescla	- Conversió incompleta pel catalitzador. - Gas inert com el Nitrogen ocupa massa espai (fracció massica 53,26%).	- Gran volum de gas no útil. - Presència alta de metanol a la columna d'absorció.	- Control estacional del rendiment i preveure manteniment del llit catalític complet al final de la vida útil.
Pressió	Part de	- Pèrdues de càrrega desiguals o fluctuants	- Obstruccions desiguals als tubs; alguns tenen més pèrdua de pressió que altres per brutícia o pols de polímer.	- Desequilibri cinètic de tota la placa de tubs del reactor. - Pèrdua del rendiment mecànic esperat.	- Mesurament de pressió diferencial per garantir la uniformitat.

Cabal	Part de	- Cabal mal distribuït entre tubs	- Taponament físic només en alguns dels 10.000 tubs del reactor de carcassa.	- El flux deriva pels tubs sense obstruir abaixant-ne la conversió, mentre el poc gas als obstruïts crema i fa hot spots.	- Realitzar inspeccions tubulars preventives durant parades programades amb sistemes de bufat d'aire a pressió als tubs.
--------------	----------------	-----------------------------------	--	---	--

5.12.5 Columna

Anàlisi de risc- HAZOP						
	UBICACIÓ	A-400			EQUIP	
	ITEM	A-401				
PARÀMETRE	PARAULA GUIA	DESVIACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS CORRECTORES	
Temperatura	Més	- Temperatura de sortida, tant de caps com de cues superiors a les de disseny	- Fallada dels condensadors. - Cabal d'aigua de refrigeració insuficient.	- Els cabals de sortida són superiors al nominal. - Sobreescalfament de la columna. - Concentració de sortida de cues de la columna inferior	- Revisió i manteniment del circuit de refrigeració. - Sistema de seguretat que augmenti el cabal de refrigeració del pump around i el cabal d'aigua descalcificada de la columna.	

Pressió	Més	- Pressió d'alimentació superior a la de disseny - Pèrdua de càrrega alta de la columna	- Cabal d'aigua de refrigeració insuficient. - Fallada de la vàlvula de sortida de la columna.	- Risc de trencament de la columna o deformació dels plats. - Canvis en la concentració del producte. - Acumulació de vapor a caps.	- Revisió i manteniment de les vàlvules de sortida. - Instal·lació d'una vàlvula de seguretat segons la pressió màxima de treball.
Cabal	Més	- El cabal d'alimentació a la columna és molt superior al nominal	- Fallada de la vàlvula de control. - Error del sistema de control. - Variacions dels equips anteriors.	- Inundacions dels plats de la columna. - Canvis en la concentració del producte. - Sobrepressions.	- Manteniment del sistema de control. - Manteniment de les vàlvules d'entrada. - Tancament automàtic de la vàlvula d'alimentació davant de sobrepressions.
Temperatura	Menys	- Menor temperatura de sortida, tant de caps com de cues de la columna	- Reducció de la pressió a la columna. - Refrigeració excessiva.	- Excés de condensació. - Canvis en la concentració del producte. - Pèrdua de matèria prima.	- Control de la temperatura del fluid i de la columna. - Revisió i manteniment del sistema de refrigeració.

Pressió	Menys	- Menor pressió al cabal d'alimentació o a la columna	- Reducció de la temperatura a la columna. - Refrigeració excessiva.	- Excés de condensació. - Canvis en la concentració del producte. - Pèrdua de matèria prima.	- Control de la pressió del fluid i de la columna. - Revisió i manteniment del sistema de refrigeració.
Cabal	Menys	- Cabal d'entrada menor al cabal nominal	- Fallada de la vàlvula de control. - Fallada de la bomba d'impulsió. - Obstrucció a les canonades.	- Disminució de la producció. - Major vaporització del producte. - Canvis en la concentració del producte.	- Instal·lar una segona bomba d'impulsió. - Revisió i manteniment de canonades i vàlvules.
Condensació	No	- El vapor de la columna no es condensa	- Cabal d'aigua de refrigeració insuficient. - Temperatura o pressió fora dels rangs de treballs. - Entrada d'aire o gasos inerts.	- Acumulació de vapor a caps. - Augment de la pressió. - Aturada completa de la producció.	- Sistemes de control de temperatura i pressió amb aturada automàtica. - Vàlvula de seguretat d'emergència. - Revisió i manteniment del sistema de refrigeració.

Cabal	No	- No entra fluid des del reactor, no surt de la torre d'absorció o no hi ha cabal de reflux..	- Fallada de la bomba o les vàlvules. - Obstrucció de les canonades. - Fallada del sistema de control. - El fluid no s'evapora o no condensa. - Fallada de la bomba de reflux.	- Interrupció de la producció a la planta. - Canvis en la pressió de treball. - Acumulació de líquid o de gas. - Canvis en la concentració del producte.	- Revisió i manteniment de bombes, canonades i vàlvules. - Manteniment del sistema de control. - Instal·lació d'una bomba extra.
Condensació total/ reflux incomplet	En lloc de	- El fluid no condensa per complet.	- Condicions de temperatura o pressió subòptimes. - Fallada dels condensadors.	- No es condensa tot el vapor i el rendiment disminueix. - Transferència de calor insuficient.	- Revisió i manteniment dels condensadors. - Control de la temperatura i la pressió. - Revisió i manteniment del sistema de refrigeració.
Separació completa/separació incompleta	En lloc de	- No es produeix una separació completa entre el producte i els gasos de rebuig	- Cabal d'entrada major al cabal nominal. - Condicions de temperatura o pressió subòptimes. - Deteriorament dels plats.	- Separació incompleta de la mescla. - Menor eficiència del procés.	- Control de la temperatura i la pressió. - Revisió i manteniment de la columna i dels plats. - Revisió i manteniment del sistema d'impulsió.

5.13 Bibliografia

1. Universitat de Barcelona. (s.f.). *Operacions Bàsiques al Laboratori de Química. Metodologia. Pictogrames de Seguretat*. Recuperat de http://www.ub.edu/oblq/oblq%20castellano/seguretat_pictogrames.html
2. Parlament Europeu i Consell de la Unió Europea. (2008). *Reglament (CE) núm. 1272/2008 sobre classificació, etiquetatge i envasat de substàncies i mescles, i pel qual es modifiquen i deroguen les Directives 67/548/CEE i 1999/45/CE i es modifica el Reglament (CE) núm. 1907/2006*. Recuperat de <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2008-82637>
3. Carl Roth. (2025). *Fitxa de dades de seguretat: Metanol*. Recuperat de [Ficha de Datos de Seguridad: Metanol](#)
4. Carl Roth. (2024). *Fitxa de dades de seguretat: Solució de formaldehid*. Recuperat de [Ficha de Datos de Seguridad: Solución de formaldehido](#)
5. Carl Roth. (2024). *Fitxa de dades de seguretat: Òxid de ferro(III)*. Recuperat de [Ficha de Datos de Seguridad: Óxido de hierro\(III\)](#)
6. Carl Roth. (2024). *Fitxa de dades de seguretat: Òxid de molibdè(VI)*. Recuperat de [Ficha de Datos de Seguridad: Óxido de molibdeno \(VI\)](#)
7. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. (s.f.). *Monóxido de carbono*. Recuperat de [FICHAS-DE-DATOS-DE-SEGURIDAD-MONOXIDO-DE-CARBONO.pdf](#)
8. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. (1997). *Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo*. Recuperat de <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1997-8671>
9. Ministerio de Industria, Energía y Turismo. (2015). *Real Decreto 598/2015, de 3 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad para la distribución y utilización de combustibles gaseosos y sus instrucciones técnicas complementarias ICG 01 a 11*. Recuperat de <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2015-7458>
10. Rodriguez, C. M. (s.f.). *Señales de Seguridad en Laboratorios. Senyals d'avertencia, prohibició...* Recuperat de [Señales de Seguridad en Laboratorios | PDF | Ciencia y matemáticas](#)
11. Aprendamos juntos: compartiendo conocimientos y experiencias. (s.f.). *Señalización gestual. Senyals gestuals*. Recuperat de [señalizacion gestual - Aprendamos juntoscompartiendo conocimientos y experiencias](#)
12. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. (2004). *Real Decreto 2177/2004, de 12 de noviembre, por el que se modifica el Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los*

- equipos de trabajo, en materia de trabajos temporales en altura.* Recuperat de <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2004-19311>
13. Ministerio de Fomento. (2002). *Real Decreto 996/2002, de 27 de septiembre, por el que se aprueba la Norma de Construcción Sismorresistente: Parte General y Edificación (NCSE-02).* Recuperat de <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2002-19677>
14. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. (1997). *Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.* Recuperat de <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1997-17824>
15. Ministerio de la Presidencia. (2008). *Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas.* Recuperat de <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2008-16387>
16. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. (2026). *Formaldehído CAS: 50-00-0. Límites de exposición profesional para agentes químicos en España.* Recuperat de <https://bdlep.insst.es/LEP/vlapr.jsp?ID=478>
17. Generalitat de Catalunya. (s.f.). *Seguretat contra incendis: triangle del foc i info foc.* Recuperat de [seguretat_contra_incendis.pdf](#)
18. BIOEX. (s.f.). *¿Cuáles son las diferentes clases de incendios? Tipos d'incendis.* Recuperat de [¿Cuáles son las diferentes clases de incendios? - BIOEX](#)
19. Ministerio de Ciencia y Tecnología. (2004). *Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.* Recuperat de <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2004-21216>
20. Ministerio de la Presidencia. (2003). *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.* Recuperat de <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2003-12099>
21. Ministerio de Industria, Energía y Turismo. (2016). *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 y por el que se modifica el Real Decreto 455/2012, de 5 de marzo.* Recuperat de <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2016-3539>
22. WIKA. (s.f.). *Apuntes sobre protección contra explosiones: La Seguridad intrínseca. Prevenció contra ATEX.* Recuperat de [Apuntes sobre protección contra explosiones: La Seguridad intrínseca. - Blog de WIKA](#)

23. Ministerio de Economía, Industria y Competitividad. (2017). *Real Decreto 656/2017, de 23 de junio, por el que se aprueba el Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos y sus Instrucciones Técnicas Complementarias MIE APQ 0 a 10*. Recuperat de <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2017-8755>
24. Ministerio de Fomento. (2014). *Real Decreto 97/2014, de 14 de febrero, por el que se regulan las operaciones de transporte de mercancías peligrosas por carretera en territorio español*. Recuperat de <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2014-2110>
25. Jefatura del Estado. (1995). *Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales*. Recuperat de <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1995-24292>
26. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. (1997). *Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual*. Recuperat de <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1997-12735>
27. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. (2001). *Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo*. Recuperat de <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2001-8436>
28. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. (1997). *Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo*. Recuperat de <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1997-11145>
29. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. (1997). *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*. Recuperat de <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1997-8669>
30. Ministerio de la Presidencia. (2003). *Real Decreto 1196/2003, de 19 de septiembre, por el que se aprueba la Directriz básica de protección civil para el control y planificación ante el riesgo de accidentes graves en los que intervienen sustancias peligrosas*. Recuperat de <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2003-18682>

31. Generalitat de Catalunya. (s.f.). *PLASEQCAT i PLASEQTA. Plans d'emergència exterior del sector químic*. Departament d'Interior i Seguretat Pública. Recuperat de [PLASEQCAT i PLASEQTA. Departament d'Interior i Seguretat Pública](#)