

PLANTA DE PRODUCCIÓ DE FORMALDEHID A PARTIR DE METANOL

GRAU D'ENGINYERIA QUÍMICA



Hugo Cortés Ramos

Laura Carrizosa Romero

Máximo Rodrigo Esquivel Silva

Marta Lorente Puerto

David Piqueras Díaz

Loris Tao Ribreau Soulier

Tutor: Josep Anton Torà

PLANTA DE PRODUCCIÓ DE FORMALDEHID A PARTIR DE METANOL

GRAU D'ENGINYERIA QUÍMICA

5. SEGURETAT I HIGIENE



ÍNDEX

5. Seguretat	9
5.1. Introducció	9
5.2. Substàncies químiques	10
5.2.1. Classificació general de les substàncies químiques perilloses.....	10
5.2.2. Classificació de les substàncies presents a la planta	11
5.2.3. Fitxes tècniques de seguretat	12
5.2.4. Envasat i etiquetat	14
5.1.4.1. Contingut de les etiquetes CLP	15
5.2.4.2. Condicions d'envasat de substàncies perilloses	15
5.3. Emmagatzematge de productes químics	17
5.3.1. Normativa aplicable	17
5.3.2. Zones d'emmagatzematge	21
5.3.2.1. Zona d'emmagatzematge de matèries primeres (A-100).....	21
5.3.2.2. Zona d'emmagatzematge de producte final (A-400).....	22
5.3.3. Cubetes	23
5.4. Senyalització.....	26
5.4.1. Criteris de la senyalització de seguretat.....	27
5.5.2. Senyals en forma de panell	29
5.5.2.1. Senyals d'advertència	30
5.5.2.2. Senyals de prohibició	31
5.5.2.3. Senyals d'obligació	32
5.5.2.4. Senyals relatives a equips contra incendis	33
5.5.2.5. Senyals de salvament i socors	34
5.5.3. Senyals lluminoses i acústiques	35
5.5.4 Senyals gestuals i comunicacions verbals	36
5.5.5. Senyalització en el transport.....	38
5.5. Higiene.....	40

5.5.1. Higiene a la planta	41
5.5.2. Higiene personal	43
5.6. Equips de protecció individual (EPI)	43
5.6.1 Classificació dels EPI	44
5.6.1.1. Classificació segons nivell de risc	44
5.6.1.2. Classificació segons la protecció que ofereixen	45
5.6.2 Requisits dels equips de protecció	46
5.6.3 Obligacions dels treballadors i empresaris	47
5.7. Primers auxilis	47
5.7.1 Protocol general de primers auxilis	48
5.7.2 Procediment d'actuació en cas d'accident (PAS)	48
5.7.3 Material de primers auxilis	49
5.7.4 Actuacions més comunes en socorrisme	49
5.7.5 Síntomes, prevenció i primers auxilis de les substàncies de la planta	50
5.8. Seguretat i salut	52
5.8.1 Obligacions dels empresaris	52
5.8.2 Obligacions dels treballadors	53
5.9 Classificació dels riscos industrials	54
5.9.1 Classificació general dels riscos	55
5.9.2 Classificació segons la naturalesa	55
5.9.2.1. Riscos físics	57
5.9.2.2. Riscos químics	60
5.9.2.3. Riscos biològics	61
5.9.2.4. Risc d'incendi	62
5.9.2.5. Risc d'explosió	63
5.9.2.6. Risc d'emissions o fuites	65
5.9.2.7. Riscos elèctrics	66
5.9.2.8. Riscos mecànics	67

5.9.2.9. Riscos psicosocials	69
5.9.2.10. Riscos ergonòmics	70
5.9.2.11. Riscos de caigudes	71
5.9.3. Mesures generals de prevenció de riscos	72
5.9.3.1. Prevenció de riscos físics	72
5.9.3.2. Prevenció de riscos químics.....	73
5.9.3.3. Prevenció de riscos biològics	75
5.9.3.4. Prevenció d'incendi	76
5.9.3.5. Prevenció d'explosions.....	78
5.9.3.6. Prevenció de risc elèctric	80
5.10. Riscos específics de la planta MF	82
5.10.1. Risc químic	83
5.10.2. Risc d'incendi	84
5.10.3. Risc d'explosió.....	85
5.10.4. Risc de fuites	86
5.10.5. Risc elèctric	87
5.10.6. Riscos laborals	89
5.11 Seguretat de la planta	90
5.11.1 Protecció contra incendis.....	90
5.11.1.1. Classificació incendis	92
5.11.1.2. Actuació contra incendis	94
5.11.1.3. Mesures preventives contra incendis	95
5.11.1.4. Protecció passiva contra incendis	96
5.11.1.5. Protecció activa contra incendis	97
5.11.1.6. Pla d'emergència i evacuació.....	103
5.11.2 Atmosferes explosives (ATEX)	106
5.11.2.1. Normativa ATEX	106
5.11.2.2. Classificació zones ATEX.....	107

5.11.2.3. Identificació del risc	107
5.11.2.4. Mesures de prevenció i protecció ATEX.....	110
5.11.2.5. Senyalització ATEX.....	112
5.12 Anàlisi de riscos, HAZOP	113
12.1. Àrea-100. Emmagatzematge de metanol.....	115
12.2. Àrea-200. Reacció	121
12.3. Àrea-300. Absorció i obtenció de formaldehid.....	186
12.4. Àrea-400. Emmagatzematge de producte final	235
5.13. Referències bibliogràfiques	241

5. Seguretat

5.1. Introducció

La seguretat i la higiene industrial constitueixen elements essencials en el disseny, operació i manteniment de qualsevol planta química. En instal·lacions on es manipulen substàncies perilloses, com és el cas de la planta MF Formaldehyde Solutions, l'existència de riscos associats als processos químics fa necessari establir sistemes de prevenció i control que garanteixin la seguretat de les persones, les instal·lacions i el medi ambient.

La indústria química es caracteritza per la presència de substàncies inflamables, tòxiques, corrosives o reactives, que poden originar situacions d'emergència com incendis, explosions o emissions accidentals en cas de fallada operativa o de control inadequat del procés. Aquestes situacions poden tenir conseqüències significatives tant a nivell humà com ambiental i econòmic.

Per aquest motiu, la gestió de la seguretat es basa en un enfocament preventiu que inclou la identificació de perills, l'avaluació dels riscos i la implantació de mesures tècniques i organitzatives adequades. Aquestes mesures engloben sistemes de protecció col·lectiva, equips de protecció individual, procediments d'emergència i formació del personal.

D'altra banda, la higiene industrial se centra en la prevenció de malalties professionals derivades de l'exposició a agents químics, físics i biològics presents en l'entorn laboral. Factors com el soroll, les vibracions, les radiacions, les condicions termohigromètriques o la presència de contaminants químics poden afectar la salut dels treballadors si no es controlen adequadament.

En aquest capítol s'analitzen els principals riscos associats a una planta química, amb especial atenció als riscos específics de la producció de formol, així com les mesures de prevenció i protecció aplicables. També es consideren la classificació de substàncies perilloses, les condicions d'emmagatzematge, els sistemes de senyalització i els protocols de seguretat, tot això d'acord amb la normativa vigent en matèria de prevenció de riscos laborals, seguretat industrial i protecció ambiental.

5.2. Substàncies químiques

Les substàncies químiques utilitzades en la indústria química poden presentar riscos significatius per a la salut humana, la seguretat de les instal·lacions i el medi ambient, especialment quan es tracta de compostos amb propietats inflamables, tòxiques o reactives.

La identificació i classificació de les substàncies es realitza segons el **Reglament (CE) 1272/2008 (CLP)** [1], basat en el Sistema Globalment Harmonitzat (**GHS**), que estableix criteris unificats de classificació, etiquetatge i envasat de substàncies químiques. Addicionalment, el **Reglament (CE) 1907/2006 (REACH)** [2] regula el registre, avaluació i autorització de substàncies químiques dins la Unió Europea. Aquest sistema permet identificar els perills mitjançant classes de perill i pictogrames normalitzats, facilitant l'avaluació de riscos i la implementació de mesures preventives adequades.

5.2.1. Classificació general de les substàncies químiques perilloses

Les substàncies químiques es classifiquen segons la naturalesa del perill que poden generar perills físics, perills per a la salut i perills per al medi ambient, segons el sistema CLP.

A continuació, es mostra la classificació general de substàncies químiques perilloses segons la naturalesa del perill.

Taula 5.1. Classificació de substàncies perilloses segons perills físics.

Categoria	Descripció	Exemple
Explosius	Substàncies que poden reaccionar de forma violenta amb alliberament d'energia	Nitroglicerina, TNT
Comburents	Intensifiquen la combustió d'altres materials	Peròxid d'hidrogen concentrat, oxigen
Inflamables	Faciliten la formació d'atmosfera inflamables o combustibles	Etanol, acetona, metanol
Gasos a pressió	Substàncies emmagatzemades sota pressió	Propà, amoníac comprimit

Taula 5.2. Classificació de substàncies perilloses segons perills per a la salut.

Categoria	Descripció	Exemple
Tòxiques	Poden provocar efectes greus o mortals per exposició	Formaldehid, clor gasós
Nocives	Efectes adversos aguts o crònics	Toluè, xilè
Corrosives	Destruïxen teixits vius o materials	Àcid sulfúric, hidròxid de sodi
Irritants	Provocan irritació en pell, ulls o vies respiratòries	Amoníac, acetaldehid
Sensibilitzants	Poden provocar reaccions al·lèrgiques	Isocianats
Carcinogèniques	Poden provocar càncer	Benzè, formaldehid
Mutagèniques	Poden afectar el material genètic	Epòxids
Tòxiques per a la reproducció	Afecten fertilitat o desenvolupament fetal	Plom, alguns solvents orgànics

Taula 5.3. Classificació de substàncies perilloses segons el medi ambient.

Categoria	Descripció	Exemple
Perilloses per al medi ambient	Poden causar danys a ecosistemes aquàtics o terrestres	Hidrocarburs, pesticides
Contaminants atmosfèrics	Emissions amb impacte en qualitat de l'aire	Compostos orgànics volàtils
Residus perillosos	Poden requerir tractament especial	Llots químics, dissolvents usats

5.2.2. Classificació de les substàncies presents a la planta

En el procés Formox de producció de formaldehid, la seguretat química depèn en gran mesura del coneixement i control de les substàncies utilitzades i generades durant el procés, ja que es tracta d'un sistema que involucra compostos amb diferents graus de perillositat, especialment per la seva inflamabilitat, toxicitat i capacitat oxidant. En aquest sentit, la seva correcta gestió és essencial per prevenir riscos laborals, accidents greus i impactes ambientals.

En particular, el procés utilitza principalment metanol i aire (oxigen) com a reactius, i genera formaldehid en dissolució aquosa al 37%, substància considerada d'elevada perillositat per la seva toxicitat i potencial efecte sobre la salut humana. Aquesta combinació de substàncies fa que el control de la seguretat química sigui un element crític en el disseny i operació de la planta.

A continuació es mostra la classificació de les substàncies principals utilitzades i generades a la planta.

Taula 5.4. Classificació de substàncies perilloses presents a la planta [3].

Substància	Categoria	Pictograma
Metanol:	Altament Inflamable, toxicitat aguda i perillós per la salut.	  
Formaldehid:	Corrosiu, toxicitat aguda i perillós per la salut.	  
Oxigen	Comburent i gas a pressió.	 
Aigua	Substància no perillosa	

5.2.3. Fitxes tècniques de seguretat

En una planta de producció de formaldehid mitjançant el **procés Formox**, les **fitxes de dades de seguretat (FDS)** constitueixen una eina essencial per garantir la seguretat dels treballadors i la correcta gestió dels productes químics utilitzats durant el procés.

Aquestes fitxes són documents obligatoris establerts pel Reglament (CE) 1907/2006 (REACH), i s'elaboren d'acord amb els criteris de classificació del Reglament (CE) 1272/2008 (CLP). La seva funció principal és proporcionar informació normalitzada sobre els perills associats a cada substància, així com les mesures preventives i d'actuació en cas d'emergència.

Com en el procés Formox s'utilitzen substàncies perilloses com el metanol, el formaldehid i corrents de procés que poden contenir gasos inflamables o comburents, és imprescindible que les FDS estiguin disponibles en tot moment per al personal d'operació, manteniment i emergències. Les fitxes de dades de seguretat inclouen informació estructurada en diferents seccions normalitzades, entre les quals destaquen:

- **Identificació de la substància i del proveïdor**, indicant el nom del producte, ús industrial i dades de contacte en cas d'emergència.
- **Composició i informació sobre els components**, detallant les substàncies presents i les seves concentracions.
- **Identificació dels perills**, incloent classificació GHS, pictogrames i principals riscos per a la salut, inflamabilitat o medi ambient.
- **Mesures de primers auxilis**, especificant l'actuació davant inhalació, contacte amb la pell o ulls, i ingestió accidental.
- **Mesures de lluita contra incendis**, amb indicació dels agents extintors adequats i dels riscos derivats de la combustió.
- **Procediments en cas de vessament o fuga**, establint les mesures de contenció, ventilació i neteja necessàries.
- **Manipulació i emmagatzematge**, indicant les condicions segures de treball i conservació de les substàncies.
- **Controls d'exposició i equips de protecció individual (EPI)**, incloent límits d'exposició professional i proteccions recomanades.
- **Propietats físiques i químiques**, com punt d'inflamació, volatilitat, densitat o solubilitat.
- **Informació toxicològica i ecològica**, relacionada amb els efectes sobre la salut humana i el medi ambient.

En el cas concret del formaldehid, la FDS adquireix una importància crítica, ja que es tracta d'una substància classificada com a tòxica, irritant i potencialment carcinogènica. Això implica la necessitat d'implementar mesures estrictes de control d'exposició, ventilació i protecció personal durant totes les fases del procés.

Per aquest motiu, les FDS han d'estar sempre actualitzades, accessibles i integrades dins del sistema de gestió de seguretat de la planta, formant part dels protocols de prevenció de riscos laborals i emergències.

5.2.4. Envasat i etiquetat

L'objectiu principal de l'etiquetatge de substàncies químiques és proporcionar informació immediata i clara sobre els perills associats a cada producte, així com indicar les mesures preventives necessàries per a la seva manipulació, emmagatzematge i transport segur.

La classificació, etiquetatge i envasat de substàncies químiques dins de la Unió Europea es regula mitjançant el **Reglament (CE) 1272/2008 (CLP)**, harmonitzat amb el Sistema Globalment Harmonitzat (**GHS**). Aquest marc normatiu estableix criteris comuns per garantir una comunicació uniforme del risc químic.

De manera complementària, el **Reglament (CE) 1907/2006 (REACH)** regula el registre, avaluació i control de substàncies químiques, assegurant una gestió segura al llarg del seu cicle de vida.

Els principals objectius del sistema CLP són:

- Garantir un alt nivell de protecció de la salut humana i del medi ambient.
- Facilitar la identificació clara i immediata dels perills químics.
- Assegurar la lliure circulació de substàncies i mescles dins del mercat europeu.
- Harmonitzar la comunicació del risc a nivell internacional.

En aquest context, totes les substàncies classificades com a perilloses han de portar una etiqueta visible, llegible i redactada en l'idioma oficial del país de comercialització o ús.

En una planta de producció de formaldehid com la del procés Formox, aquest aspecte és especialment rellevant per substàncies com el metanol, altament inflamable, i el formaldehid, classificat com a tòxic, irritant i potencialment carcinogènic.

5.1.4.1. Contingut de les etiquetes CLP

Les etiquetes de substàncies perilloses han d'incloure, de manera obligatòria, la següent informació:

- Identificació del producte (nom químic o comercial normalitzat).
- Identificadors i composició de la substància o mescla.
- Pictogrames de perill normalitzats segons el CLP.
- Paraula d'advertència (*Perill* o *Atenció*).
- Frases H (indicacions de perill).
- Frases P (consells de prudència i mesures preventives).
- Dades del proveïdor o fabricant (nom, adreça i contacte).
- Quantitat nominal del contingut, quan sigui aplicable.
- Informació suplementària de seguretat, si escau.

Aquest sistema constitueix la primera font d'informació de seguretat per als treballadors i és essencial per garantir una manipulació segura dels productes químics.

A continuació, es mostra un exemple de la informació obligatòria establerta pel Reglament (CE) 1272/2008 (CLP), incloent pictogrames de perill, frases H i P, i identificació del proveïdor que ha de contenir etiqueta de substància perillosa.

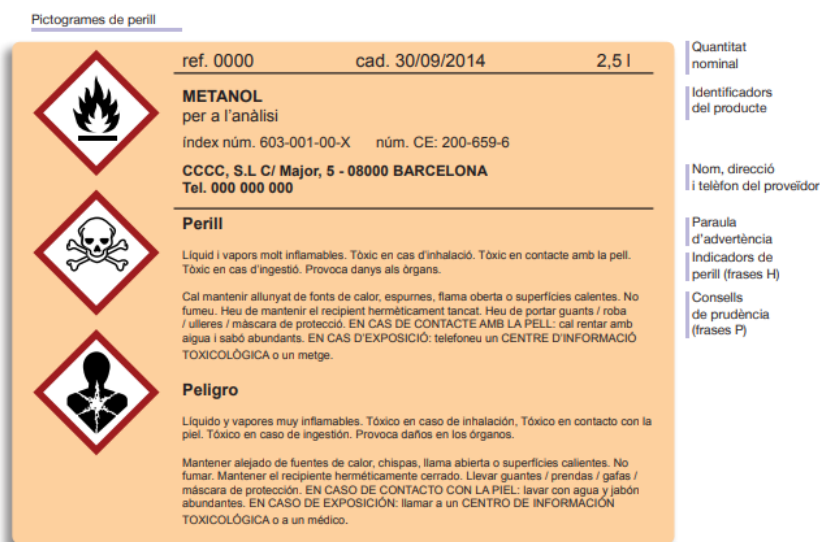


Figura 5.1. Exemple d'etiquetatge de seguretat segons el Reglament CLP per al metanol

5.2.4.2. Condicions d'envasat de substàncies perilloses

Els envasos utilitzats per a substàncies perilloses han de complir requisits estrictes per evitar fuites, reaccions indesitjades o exposicions accidentals.

En general, els recipients han de ser:

- Resistents mecànicament i químicament en condicions normals d'ús i emmagatzematge.
- Compatibles amb la substància continguda per evitar degradacions o reaccions.
- Estancs, evitant emissions de vapors o pèrdues de producte.
- Correctament identificats i etiquetats en tot moment.
- Dotats de sistemes de tancament segurs, especialment en substàncies tòxiques, corrosives o inflamables.

En el cas del metanol i del formaldehid, aquest control és crític, ja que petites fuites poden generar riscos d'intoxicació per inhalació, així com la formació d'atmosferes inflamables o explosives.

Adicionalment:

- Els envasos no han de reutilitzar-se sense un procés previ de descontaminació validat.
- Els recipients de substàncies altament perilloses han d'incorporar sistemes de seguretat específics.
- Les substàncies inflamables han d'estar clarament identificades per evitar fonts d'ignició o manipulacions inadequades.

En una planta de producció de formaldehid, la correcta identificació i envasat de les substàncies constitueix una mesura preventiva essencial per:

- Evitar errors de manipulació.
- Reduir el risc d'exposició dels treballadors.
- Prevenir incendis, explosions i reaccions incompatibles.
- Facilitar la resposta en situacions d'emergència.
- Garantir el compliment de la normativa de seguretat industrial i mediambiental.

Per aquest motiu, totes les substàncies presents a la planta han d'estar correctament etiquetades i emmagatzemades segons la seva classificació de perill, mantenint sempre accessibles les seves fitxes de dades de seguretat (FDS).

5.3. Emmagatzematge de productes químics

L'emmagatzematge de productes químics constitueix una de les parts més crítiques en el disseny d'una planta química, ja que condiciona directament la seguretat del procés, la continuïtat operativa i la protecció de les persones i del medi ambient. Una gestió inadequada dels sistemes d'emmagatzematge pot derivar en situacions de risc com fuites, incendis, explosions o exposicions a substàncies tòxiques, especialment en instal·lacions on es manipulen compostos d'elevada perillositat com el metanol i el formaldehid.

En el cas de la planta MF, l'emmagatzematge no només té una funció logística de subministrament i expedició de producte, sinó que forma part essencial de l'estratègia de seguretat del procés. Els sistemes d'emmagatzematge han de garantir la disponibilitat contínua de matèries primeres, així com la correcta contenció del producte final abans de la seva distribució, assegurant en tot moment condicions operatives segures.

Així mateix, el disseny dels tancs, les zones d'emmagatzematge i els sistemes associats s'ha realitzat d'acord amb la normativa vigent en matèria de seguretat industrial, especialment el Reglament d'emmagatzematge de productes químics (**RAPQ, RD 656/2017**) i les seves **Instruccions Tècniques Complementàries (ITC-MIE-APQ) [4]**. Aquest marc normatiu estableix els requisits tècnics necessaris per minimitzar els riscos associats a la manipulació i conservació de substàncies perilloses.

Per tant, aquest apartat analitza les condicions d'emmagatzematge adoptades a la planta, incloent la normativa aplicable, la distribució de les zones d'emmagatzematge, els sistemes de contenció i ventilació, i les distàncies de seguretat entre instal·lacions, amb l'objectiu de garantir un disseny segur, robust i alineat amb la legislació vigent.

5.3.1. Normativa aplicable

L'emmagatzematge de productes químics a la planta MF es dissenya d'acord amb la normativa vigent de seguretat industrial aplicable a instal·lacions amb substàncies perilloses, especialment inflamables i tòxiques.

El marc normatiu principal és el **Reglament d'emmagatzematge de productes químics (RAPQ)** aprovat pel **Reial Decret 656/2017 [4]**, així com les seves Instruccions Tècniques Complementàries (ITC-MIE-APQ), que estableixen els requisits tècnics específics segons la naturalesa del producte emmagatzemat.

Les ITC que formen part del Reglament d'emmagatzematge de productes químics (RD 656/2017) són les següents:

- **ITC MIE-APQ-0:** Emmagatzematge de productes químics (criteris generals aplicables a totes les instal·lacions).
- **ITC MIE-APQ-1:** Emmagatzematge de líquids inflamables i combustibles en recipients fixos.
- **ITC MIE-APQ-2:** Emmagatzematge d'òxid d'etilè en recipients fixos.
- **ITC MIE-APQ-3:** Emmagatzematge de clor en instal·lacions específiques.
- **ITC MIE-APQ-4:** Emmagatzematge d'amoníac anhidre.
- **ITC MIE-APQ-5:** Emmagatzematge de gasos en recipients a pressió mòbils.
- **ITC MIE-APQ-6:** Emmagatzematge de líquids corrosius en recipients fixos.
- **ITC MIE-APQ-7:** Emmagatzematge de líquids tòxics en recipients fixos.
- **ITC MIE-APQ-8:** Emmagatzematge de fertilitzants a base de nitrat amònic amb alt contingut en nitrogen.
- **ITC MIE-APQ-9:** Emmagatzematge de peròxids orgànics i matèries autoreactives.
- **ITC MIE-APQ-10:** Emmagatzematge en recipients mòbils.

A continuació, es mostren en quines ITC-MIE-APQ recauen les substàncies emmagatzemades a la nostra planta, en funció de la seva perillositat i de les condicions d'emmagatzematge requerides segons el Reglament d'Emmagatzematge de Productes Químics.

Taula 5.5. ITC-MIE-APQ aplicables a les substàncies de la planta MF.

Substància	Perillositat principal	ITC aplicable
Metanol	Líquid altament inflamable i tòxic	ITC MIE- APQ-1 / APQ-7
Formaldehid (solució aquosa 37%)	Líquid tòxic, irritant i potencialment carcinogènic	ITC MIE- APQ-6 / APQ-7

Aquesta classificació permet identificar les exigències normatives específiques associades a cada substància, així com establir les condicions de disseny, operació i seguretat que s'han d'aplicar en els sistemes d'emmagatzematge de la planta.

A continuació, es desenvolupen les ITC-MIE-APQ que resulten més rellevants per al cas concret de la planta MF, ja que són les que defineixen els criteris principals de seguretat per a l'emmagatzematge de metanol i formaldehid, substàncies clau del procés industrial.

L'**ITC MIE-APQ-1** regula les condicions tècniques de seguretat per a l'emmagatzematge de líquids inflamables i combustibles en recipients fixos, com ara tancs atmosfèrics o de baixa pressió. El seu objectiu principal és prevenir el risc d'incendi i explosió derivat de la presència de vapors inflamables.

Aquesta instrucció estableix una classificació interna dels líquids en funció del seu comportament davant el foc, especialment segons el punt d'inflamació i la pressió de vapor:

- **Classe A:** líquids amb pressió de vapor elevada a 15 °C, és a dir, substàncies molt volàtils. Es divideix en:
 - A1: quan la temperatura del producte és inferior a 0 °C.
 - A2: quan la temperatura és superior o igual a 0 °C.
- **Classe B:** líquids amb punt d'inflamació inferior a 55 °C i que no compleixen criteris de la Classe A. Es subdivideix en:
 - B1: punt d'inflamació inferior a 38 °C.
 - B2: punt d'inflamació entre 38 °C i 55 °C.
- **Classe C:** líquids amb punt d'inflamació entre 55 °C i 100 °C.

Aquesta classificació determina el nivell de risc i les exigències tècniques aplicables a les instal·lacions.

Entre les principals mesures establertes per l'APQ-1 destaquen:

- Ubicació preferent dels tancs a l'exterior o en zones adequadament sectoritzades.
- Distàncies mínimes de seguretat entre instal·lacions, edificacions i límits de propietat.
- Limitació de la capacitat i configuració dels recipients segons la classe del producte.
- Control estricte de fonts d'ignició i mesures de prevenció d'electricitat estàtica.
- Sistemes de protecció contra incendis (detecció, extinció amb aigua o escuma).
- Ventilació adequada per evitar acumulacions de vapors inflamables.

En conjunt, aquesta ITC té com a finalitat reduir la probabilitat d'ignició i limitar les conseqüències en cas d'incident.

L'ITC MIE-APQ-6 regula l'emmagatzematge segur de líquids classificats com a corrosius en recipients fixos, com ara tancs o dipòsits estacionaris. Aquesta instrucció s'aplica a substàncies que poden provocar danys materials importants i lesions greus en persones per contacte directe o exposició.

El seu objectiu principal és evitar la degradació dels materials, les fuites i els vessaments, així com reduir els riscos associats a la manipulació d'aquest tipus de productes.

Les principals exigències tècniques inclouen:

- Utilització de materials de construcció compatibles amb els productes corrosius, resistents a la degradació química.
- Instal·lació de sistemes de contenció secundària, com cubetes de retenció, per recollir possibles fuites o vessaments.
- Disseny de les instal·lacions per minimitzar unions, connexions i punts potencials de fuga.
- Mesures per evitar la corrosió externa i interna dels equips.
- Sistemes de drenatge controlat i gestió segura de possibles vessaments.
- Condicions de seguretat en operacions de càrrega i descàrrega.

Aquesta ITC posa especial èmfasi en la integritat dels equips i en la prevenció de danys estructurals que puguin provocar accidents o alliberaments de substàncies perilloses.

L'**ITC MIE-APQ-7** regula les condicions de seguretat per a l'emmagatzematge de líquids classificats com a tòxics en recipients fixos. S'aplica a substàncies que poden provocar efectes adversos greus sobre la salut humana per inhalació, ingestió o contacte cutani, fins i tot a baixes concentracions.

L'objectiu principal d'aquesta instrucció és prevenir l'exposició de les persones i la dispersió de substàncies tòxiques a l'entorn.

Les principals mesures establertes són:

- Garantia d'estanquitat elevada en els sistemes d'emmagatzematge per evitar emissions o fuites.
- Instal·lació de sistemes de detecció de fuites quan el risc ho requereixi.
- Ventilació adequada per evitar l'acumulació de vapors tòxics en espais confinats.
- Utilització de materials compatibles amb el producte per evitar reaccions o degradacions.
- Sistemes de contenció secundària per limitar la propagació en cas de vessament.
- Establiment de protocols de seguretat i plans d'emergència específics.
- Ús obligatori d'equips de protecció individual (EPI) adequats durant la manipulació.

Aquesta ITC prioritza la protecció de la salut humana i el control de l'exposició a substàncies perilloses, tant en condicions normals com en situacions accidentals.

5.3.2. Zones d'emmagatzematge

La planta MF disposa de dues àrees principals d'emmagatzematge diferenciades segons la funció de les substàncies.

5.3.2.1. Zona d'emmagatzematge de matèries primeres (A-100)

Aquesta zona està destinada principalment a l'emmagatzematge de metanol, reactiu principal del procés de producció de formaldehid (procés Formox), garantint el subministrament continu a la planta i l'estabilitat operativa del procés.

La seva funció principal és assegurar l'alimentació ininterrompuda del procés i actuar com a reserva estratègica davant possibles interrupcions del subministrament extern. A continuació es mostren les principals característiques dels tancs d'aquesta zona:

Taula 5.6. Característiques dels tancs d'emmagatzematge de matèries primeres (A-100).

Paràmetre	Descripció
Tancs	T-101 a T-104
Nombre d'unitats	4 tancs idèntics
Producte emmagatzemat	Metanol
Funció	Alimentació contínua del procés i reserva operativa
Volum geomètric per tanc	172,2 m ³
Volum útil per tanc	155 m ³ (90% d'ompliment màxim)
Autonomia operativa	4 dies d'operació ininterrompuda

Aquests tancs es dissenyen com a recipients fixos de gran capacitat i s'ubiquen en zona exterior, amb separació física entre unitats per reduir el risc de propagació d'incendis i facilitar les operacions d'inspecció i emergència. El disseny contempla mesures específiques associades a l'emmagatzematge de líquids inflamables, com el control de fonts d'ignició i la gestió de vapors potencialment perillosos.

5.3.2.2. Zona d'emmagatzematge de producte final (A-400)

En aquesta zona s'emmagatzema formaldehid en dissolució aquosa al 37% abans de la seva expedició, actuant com a sistema d'acumulació intermèdia entre la producció contínua i la logística de distribució.

La seva funció principal és regular el flux de producció i garantir la disponibilitat de producte per a expedició durant períodes d'operació estable. A continuació es mostren les principals característiques dels tancs d'aquesta zona:

Taula 5.7. Característiques dels tancs d'emmagatzematge de producte. (A-400).

Paràmetre	Descripció
Tancs	T-601 a T-604
Nombre d'unitats	4 tancs idèntics
Producte emmagatzemat	Formaldehid en dissolució aquosa al 37%
Funció	Emmagatzematge de producte final i regulació d'expedició
Volum total instal·lat	250 m ³
Volum útil operatiu total	209 m ³ (85% d'ompliment màxim)
Autonomia operativa	Aproximadament 3 dies de producció

Aquesta zona es projecta amb especial consideració a la seguretat, donada la naturalesa tòxica del producte emmagatzemat. Es preveuen mesures estrictes de control d'emissions, un alt nivell d'estanquitat dels equips i sistemes de contenció adequats per minimitzar el risc d'exposició del personal i la possible afectació al medi ambient.

5.3.3. Cubetes

Les mesures de les cubetes de retenció s'han definit d'acord amb el Reglament d'Emmagatzematge de Productes Químics (RAPQ, RD 656/2017), principalment segons les ITC MIE-APQ-1, ITC MIE-APQ-6 i ITC MIE-APQ-7, en funció de la perillositat dels productes emmagatzemats.

Aquestes cubetes tenen com a finalitat garantir la contenció de possibles vessaments accidentals, evitar la propagació de líquids per la planta i reduir el risc d'exposició del personal i del medi ambient.

Segons la **ITC MIE-APQ-1** (líquids inflamables i combustibles), els tancs que continguin líquids inflamables i combustibles han de disposar obligatòriament de cubetes de retenció.

Les principals condicions establertes són:

- Els recipients no han d'estar disposats en més de dues files.
- Cada fila de recipients ha de disposar d'una via d'accés adjacent per facilitar la intervenció de la brigada contra incendis.
- La distància mínima entre la paret del tanc i la paret interior de la cubeta ha de ser d'1 metre.
- El fons de la cubeta ha de disposar de pendent per dirigir els vessaments cap a zones de recollida.
- La capacitat de la cubeta ha de ser com a mínim del 10% del volum total emmagatzemat o del volum del tanc més gran, aplicant el criteri més restrictiu.
- L'alçada màxima dels murs de la cubeta no ha de superar 1,8 metres per garantir una correcta ventilació.
- Les cubetes han de disposar de drenatge amb pendent mínim de l'1%.
- Els canals d'evacuació han de tenir una secció suficient per garantir la correcta conducció dels vessaments.

Aquestes disposicions garanteixen la contenció del líquid en cas de fuga i minimitzen el risc d'ignició, evitant la propagació de foc en cas d'accident.

Segons la **ITC MIE-APQ-6** (líquids corrosius), la normativa estableix que els recipients han de disposar de cubetes de retenció, que poden ser comunes sempre que no existeixin incompatibilitats químiques entre els productes emmagatzemats.

Les condicions principals són:

- Els materials de la cubeta han de ser resistents a la corrosió i compatibles amb els productes emmagatzemats.
- Les cubetes han de garantir l'estanquitat durant un mínim de 48 hores.
- No es poden compartir cubetes entre productes que puguin reaccionar de forma perillosa o comprometre la integritat de la instal·lació.
- El sistema ha de permetre la recollida segura dels vessaments i la seva evacuació controlada.
- La disposició dels recipients i del terreny ha de garantir que els vessaments es dirigeixin únicament cap a la cubeta, sense travessar zones de risc.

Segons la **ITC MIE-APQ-7 (líquids tòxics)**, les cubetes de retenció són obligatòries i han de garantir la contenció total del producte en cas de fuga.

Les principals condicions són:

- Les cubetes poden ser comunes sempre que no hi hagi incompatibilitats entre productes.
- La distància mínima horitzontal entre el tanc i la paret interior de la cubeta ha de ser d'1 metre per a recipients atmosfèrics.
- L'alçada dels murs de la cubeta no ha de superar 1,8 metres per afavorir la ventilació.
- Les cubetes han de garantir la contenció de productes tòxics per evitar l'exposició del personal i la contaminació ambiental.
- Han de disposar de sistemes de subdivisió o drenatge per reduir l'àrea d'evaporació en cas de fuga, mitjançant canals o discs interiors de baixa alçada.
- Han d'assegurar la recollida i confinament del producte fins a la seva gestió segura.

5.3.4 Distàncies de seguretat

Les distàncies de seguretat entre els equips d'emmagatzematge, les unitats de procés i les edificacions de la planta es defineixen d'acord amb el Reglament d'emmagatzematge de productes químics (RAPQ, RD 656/2017) i les seves Instruccions Tècniques Complementàries, especialment la ITC MIE-APQ-1 (líquids inflamables), la ITC MIE-APQ-6 (líquids corrosius) i la ITC MIE-APQ-7 (líquids tòxics).

Aquestes distàncies es determinen en funció del nivell de perillositat dels productes emmagatzemats i de la capacitat de les instal·lacions, adoptant sempre el criteri més restrictiu quan concorren diferents tipologies de risc, com és el cas de la planta MF.

En concret, la presència de metanol (líquid inflamable) i formaldehid en dissolució aquosa (líquid tòxic i amb comportament corrosiu en determinades condicions) obliga a aplicar una separació estricta entre zones per minimitzar el risc d'efectes domino.

Criteris generals aplicats

Les distàncies de seguretat s'han establert amb l'objectiu de:

- Limitar la propagació d'incendis o reaccions perilloses entre equips.
- Garantir l'accessibilitat dels equips d'intervenció en cas d'emergència.
- Reduir l'exposició del personal a vapors tòxics o inflamables.
- Minimitzar l'impacte d'una possible fuga, incendi o explosió.
- Assegurar la segregació adequada entre productes regulats per APQ-1, APQ-6 i APQ-7.

Resultat del disseny

A partir dels criteris anteriors i de l'aplicació del RAPQ, s'estableixen les següents distàncies mínimes de referència en la configuració de la planta:

- **Entre tancs de metanol (APQ-1):** $\geq 8-10$ m
- **Entre zona d'emmagatzematge de metanol i unitats de procés:** ≥ 12 m
- **Entre tancs de formaldehid (APQ-7 / APQ-6):** ≥ 10 m
- **Entre zones d'emmagatzematge i límit de planta:** ≥ 6 m
- **Separació entre zona APQ-1 i APQ-7:** separació física mitjançant barrera de seguretat i sectorització de riscos

5.4. Senyalització

La senyalització de seguretat és un element fonamental per prevenir accidents, reduir riscos laborals i facilitar una actuació ràpida davant situacions d'emergència. A causa de la presència de substàncies inflamables, tòxiques i equips de procés a alta temperatura i pressió, és imprescindible que els treballadors puguin identificar de manera immediata els perills existents i les mesures de seguretat associades.

La senyalització industrial està regulada pel **Reial decret 485/1997 [5]**, pel qual s'estableixen les disposicions mínimes en matèria de senyalització de seguretat i salut en el treball. Aquesta normativa defineix els criteris de disseny, colors, formes i significats de les diferents senyals utilitzades en l'entorn industrial.

La senyalització dins la planta té com a objectius principals:

- Advertir dels riscos presents en les diferents zones de procés.
- Informar sobre obligacions i prohibicions de seguretat.
- Facilitar l'evacuació en cas d'emergència.
- Identificar equips de protecció contra incendis i primers auxilis.
- Indicar l'ús obligatori d'equips de protecció individual (EPI).
- Delimitar zones amb risc químic, elèctric o d'atmosfera explosiva (ATEX).

En una instal·lació Formox, aquestes senyals són especialment importants en àrees de manipulació de metanol, reactors, sistemes de canonades, emmagatzematge de productes químics i sales d'equips elèctrics.

A continuació es descriuen els diferents tipus de senyalització utilitzats a la planta, classificats segons el seu suport i forma de transmissió del missatge, incloent senyals en forma de panell, senyals lluminoses i acústiques, comunicacions verbals, senyals gestuals i la senyalització associada al transport de substàncies perilloses.

5.4.1. Criteris de la senyalització de seguretat

Els colors de seguretat constitueixen un element fonamental de la senyalització industrial, ja que permeten identificar de manera ràpida i intuïtiva el tipus de risc o la informació de seguretat associada. El seu ús normalitzat facilita la comprensió immediata del missatge, fins i tot en situacions d'estrès, emergència o baixa visibilitat. Aquests colors poden aparèixer de forma independent o integrats dins d'una senyal completa, acompanyats de pictogrames o textos explicatius.

A la següent taula es recullen els principals colors de seguretat utilitzats en entorns industrials, juntament amb el seu significat i les indicacions associades d'acord amb la normativa vigent.

Taula 5.8. Colors de senyals de seguretat

Color	Significat	Indicacions i precisions
Vermell	Senyal de prohibició	Comportaments perillosos
	Perill – alarma	Stop, aturada, dispositius de desconexió d'emergència. Evacuació
	Material i equips de lluita contra incendis	Identificació i localització
Groc o groc ataronjat	Senyal d'advertència	Atenció, precaució. Verificació
Blau	Senyal d'obligació	Comportament o acció específica. Obligació d'utilitzar un equip de protecció individual.
Verd	Senyal de salvament o d'auxili	Portes, sortides, passatges, material, llocs de salvament de socors, locals.
	Situació de seguretat	Tornada a la normalitat

Per tal de garantir l'eficàcia de la senyalització, no només és important el color en si mateix, sinó també el contrast entre el color de seguretat i el color de fons o dels elements gràfics. Un contrast adequat millora significativament la visibilitat i la comprensió de la senyal, especialment en zones industrials amb elevada càrrega visual o condicions d'il·luminació desfavorables.

A la següent taula es mostren les combinacions recomanades de colors de seguretat i colors de contrast per assegurar una correcta llegibilitat de la senyalització.

Taula 5.9. Contrast de colors a les senyals de seguretat

Color de seguretat	Color de contrast
Vermell	Blanc
Groc o groc ataronjat	Negre
Blau	Blanc
Verd	Blanc

5.5.2. Senyals en forma de panell

Les senyals en forma de panell són les més habituals dins de les instal·lacions industrials i es caracteritzen per combinar:

- Formes geomètriques normalitzades.
- Colors de seguretat estandarditzats.
- Símbols senzills i fàcilment identificables.

Aquest tipus de senyalització permet transmetre informació de manera ràpida i efectiva, independentment de l'idioma o nivell de formació del personal.

A més, les senyals han d'estar fabricades amb materials resistents als impactes, a les condicions ambientals i a possibles agressions químiques presents en l'entorn industrial. En una planta Formox, on poden existir atmosferes corrosives o variacions importants de temperatura i humitat, és especialment important garantir la durabilitat i llegibilitat de la senyalització al llarg del temps.

Les dimensions, característiques colorimètriques i propietats fotomètriques han d'assegurar una correcta visibilitat. Quan la il·luminació natural o artificial no sigui suficient, es podran utilitzar materials fotoluminescents o sistemes d'il·luminació complementària per reforçar la identificació de les vies d'evacuació i equips d'emergència.

La de les senyals és tan important com el seu disseny. Aquestes s'han d'instal·lar en llocs visibles, accessibles i propers al risc o equip que es vulgui identificar. En el cas de riscos generals, la senyalització s'ubicarà als accessos de la zona afectada.

Dins d'una planta de formaldehid, les senyals es localitzaran especialment en:

- Zones de manipulació i emmagatzematge de metanol i formaldehid.
- Àrees classificades ATEX.
- Quadres elèctrics i equips a pressió.
- Sortides d'emergència i recorreguts d'evacuació.
- Equips de lluita contra incendis.
- Dutxes de seguretat i rentadors oculars.
- Zones amb ús obligatori d'equips de protecció individual.

Per evitar una disminució de la seva eficàcia, és important no saturar visualment els espais amb un excés de senyals, ja que això podria dificultar la identificació ràpida dels riscos realment importants.

Les diferents categories de senyals utilitzades a la planta es diferencien principalment per la seva forma i color, seguint els criteris establerts per la normativa de seguretat.

5.5.2.1. Senyals d'advertència

Les senyals d'advertència tenen forma triangular i es caracteritzen per presentar un pictograma negre sobre un fons groc o groc ataronjat, amb una vora negra. El color groc ha de cobrir almenys el 50 % de la superfície de la senyal, ja que està associat a situacions d'atenció, precaució o perill potencial.



Figura 5.2. Senyals d'advertència

Aquest tipus de senyalització s'utilitza per alertar els treballadors de la presència de riscos que poden provocar accidents o afectar la salut si no s'adopten les mesures preventives adequades. En planta, aquestes senyals són especialment importants en zones amb substàncies tòxiques o inflamables, equips a alta temperatura, risc elèctric o àrees classificades ATEX. La seva funció és advertir de manera immediata dels possibles perills presents a la instal·lació i afavorir un comportament segur per part del personal.

5.5.2.2. Senyals de prohibició

Les senyals de prohibició tenen forma rodona i es caracteritzen per presentar un pictograma negre sobre fons blanc, amb una vora i una banda diagonal de color vermell que travessa el símbol. El color vermell ha de cobrir almenys el 35 % de la superfície de la senyal i s'utilitza per indicar comportaments o accions que estan estrictament prohibides dins de la instal·lació.



Figura 5.3. Senyals de prohibició

Aquestes senyals tenen una gran importància en planta, especialment en zones amb presència de metanol, formaldehid o atmosferes potencialment explosives.

La seva funció principal és evitar conductes que puguin generar situacions de risc, com fumar, utilitzar flames obertes, accedir a zones restringides o manipular equips sense autorització. Les senyals s'han de situar en punts visibles i estratègics per garantir la seva ràpida identificació per part dels treballadors i visitants.

5.5.2.3. Senyals d'obligació

Les senyals d'obligació tenen forma rodona i es caracteritzen per presentar un pictograma blanc sobre un fons blau, color que ha de cobrir almenys el 50 % de la superfície de la senyal. Aquest tipus de senyalització s'utilitza per indicar una acció o comportament que els treballadors han de complir obligatòriament per garantir la seva seguretat dins de la instal·lació.



Figura 5.4. Senyals d'obligació

A la planta, aquestes senyals són especialment importants en zones amb risc químic, exposició a vapors tòxics o treballs amb equips industrials, ja que indiquen l'obligació d'utilitzar equips de protecció individual (EPI) com casc, ulleres de seguretat, guants de protecció, protecció auditiva o equips respiratoris. La seva col·locació ha de realitzar-se en llocs visibles i propers a la zona de risc o a l'accés de l'àrea on sigui necessari complir l'obligació indicada.

5.5.2.4. Senyals relatives a equips contra incendis

Aquestes senyals corresponen a la senyalització relativa als equips de lluita contra incendis i tenen com a objectiu principal facilitar la localització ràpida dels mitjans de protecció davant d'un incendi. Es caracteritzen per presentar un pictograma blanc sobre un fons vermell, color que ha de cobrir almenys el 50 % de la superfície del senyal.



Figura 5.5. Senyals relatives a equips contra incendis

En planta, aquest tipus de senyalització és especialment important a causa de la presència de substàncies inflamables com el metanol i de possibles atmosferes explosives. Per aquest motiu, s'utilitza per identificar de manera clara i immediata extintors, boques d'incendi equipades (BIE), polsadors d'alarma i altres equips destinats a la resposta inicial davant un foc, garantint una actuació ràpida i eficaç en cas d'emergència.

5.5.2.5. Senyals de salvament i socors

Les senyals de salvament o socors tenen com a finalitat facilitar una evacuació ràpida i segura de les instal·lacions, així com indicar la ubicació dels mitjans de primers auxilis. Es caracteritzen per presentar un pictograma blanc sobre un fons verd, color associat a la seguretat i a les situacions de normalitat o emergència controlada.



Figura 5.6. Senyals de salvament i socors

En planta, aquestes senyals són especialment rellevants per garantir una resposta eficaç davant incidents com fuites de substàncies tòxiques, atmosferes perilloses o incendis. Permeten identificar de manera immediata les vies d'evacuació, sortides d'emergència, dutxes de seguretat, rentadors oculars i punts d'assistència sanitària, elements essencials per minimitzar les conseqüències d'un accident i facilitar l'actuació ràpida dels treballadors.

En conjunt, la senyalització de seguretat constitueix una eina preventiva imprescindible dins d'una planta de producció de formaldehid, contribuint a reduir accidents, millorar la resposta davant emergències i garantir unes condicions de treball més segures dins de la instal·lació industrial.

5.5.3. Senyals lluminoses i acústiques

Les senyals lluminoses i acústiques formen part dels sistemes de senyalització no permanent i s'utilitzen per transmetre informació de seguretat de manera ràpida i immediata. Aquest tipus de senyalització és especialment útil en entorns industrials, on les condicions de soroll, il·luminació o complexitat operativa poden dificultar la comunicació convencional.

Les senyals lluminoses es basen en dispositius visuals (llums, balises o indicadors intermitents) que permeten informar sobre situacions d'alerta, emergència o estat de funcionament d'equips. La seva principal funció és captar l'atenció de manera immediata, especialment en entorns amb elevada càrrega acústica o baixa visibilitat.

Per la seva banda, les senyals acústiques utilitzen sons codificats per advertir o alertar els treballadors davant situacions que requereixen una resposta ràpida. Aquests senyals han de ser clarament identificables i fàcilment diferenciables dels sorolls habituals del lloc de treball, evitant així possibles confusions.

En la següent taula es resumeixen les principals característiques i usos d'aquests dos tipus de senyalització.

Taula 5.10. Senyals lluminoses i acústiques

Tipus de senyal	Característiques principals	Aplicacions habituals
Lluminoses	Senyals visuals basades en llums intermitents o fixes. Alta visibilitat en condicions adverses.	Indicació d'alarmes, estat d'equips, situacions d'emergència o advertència.
Acústiques	Senyals sonores amb patrons diferenciats. Han de ser clarament identificables respecte el soroll ambiental.	Avisos d'emergència, evacuació, perill imminent o notificació de funcionament d'equips.

En general, aquests sistemes de senyalització complementen la senyalització en forma de panell, reforçant la transmissió de missatges de seguretat i millorant la capacitat de resposta dels treballadors davant situacions de risc.

5.5.4 Senyals gestuals i comunicacions verbals

En determinades operacions industrials, com ara el manteniment d'equips, la manipulació de càrregues, les maniobres amb maquinària o les intervencions en zones de risc, és necessari establir una coordinació precisa entre els treballadors implicats. En aquests casos, la senyalització gestual constitueix un sistema de comunicació ràpid i eficaç que permet transmetre instruccions de manera clara i immediata, especialment en entorns amb elevats nivells de soroll o amb visibilitat reduïda.

Per garantir-ne l'eficàcia, els senyals gestuals han de ser simples, estandarditzats i fàcilment interpretables, evitant qualsevol ambigüitat. Els moviments han de ser amplis, visibles i realitzats de manera clara, de manera que puguin ser identificats sense dificultat per l'operador durant l'execució de la maniobra. En cas d'utilitzar ambdós braços simultàniament, els moviments han de ser simètrics i coherents.

La persona encarregada d'emetre aquests senyals, denominada encarregat de senyals, és la responsable de dirigir les operacions i transmetre les instruccions a l'operador. Aquesta figura resulta especialment important en activitats amb risc potencial, com ara la manipulació de càrregues, les intervencions en equips a pressió o els treballs en zones classificades com a ATEX.

Per garantir unes condicions adequades de seguretat durant aquestes operacions, s'han de complir les següents condicions:

- L'encarregat de senyals ha de mantenir en tot moment contacte visual amb la maniobra, situant-se en una posició segura des de la qual pugui supervisar l'operació sense exposar-se als riscos associats.
- Durant el desenvolupament de la maniobra, l'encarregat ha de dedicar-se exclusivament a les tasques de coordinació i seguretat.
- L'operador ha d'aturar immediatament la maniobra si no pot executar les instruccions amb garanties suficients de seguretat o si perd el contacte visual amb l'encarregat.
- Els senyals utilitzats han de ser clarament reconeguts i coneguts prèviament per tot el personal implicat en l'operació.

Adicionalment, l'encarregat de senyals ha de ser fàcilment identificable mitjançant elements distintius com armelles d'alta visibilitat, casc o altres dispositius específics. Aquests elements han de presentar colors vius i contrastats respecte a l'entorn, de manera que en faciliti la identificació immediata dins l'àmbit industrial.

A continuació es mostra una representació gràfica dels principals senyals gestuals utilitzats en entorns industrials, juntament amb el seu significat. Aquest tipus de senyalització permet la comunicació entre l'encarregat de senyals i l'operador de manera clara i estandarditzada, especialment en operacions on no és possible l'ús de comunicació verbal a causa del soroll ambiental o de les condicions de treball.

Significat	Descripció	Il·lustració	Significat	Descripció	Il·lustració
Començament. Atenció. Presa de comandament	Els braços estesos de forma horitzontal, els palmells de les mans cap endavant.		Retrocedir	Tots dos braços doblegats, els palmells de les mans cap a l'exterior, els avantbraços es mouen lentament allunyant-los del cos.	
Aturada. Interrupció. Fi del moviment	El braç dret estès cap amunt, el palmell de la mà dreta cap endavant.		Cap a la dreta: respecte a l'encarregat dels senyals	El braç dret estès més o menys en horitzontal, el palmell de la mà dreta cap avall, fa petits moviments lents que indiquen la direcció.	
Fi de les operacions	Les dues mans juntes a l'alçada del pit.		Cap a l'esquerra: respecte a l'encarregat dels senyals	El braç esquerre estès més o menys en horitzontal, el palmell de la mà esquerra cap avall, fa petits moviments lents que indiquen la direcció.	
Hissar	Braç dret estès cap amunt, el palmell de la mà dreta cap endavant, descrivint lentament un cercle.		Distància horitzontal	Les mans indiquen la distància.	
Baixar	Braç dret estès cap avall, el palmell de la mà dreta cap a l'interior, descrivint lentament un cercle.		Perill: parada d'emergència	Tots dos braços estesos cap amunt, els palmells de les mans cap endavant.	
Distància vertical	Les mans indiquen la distància		Ràpid	Els gestos codificats referits als moviments es fan amb rapidesa.	
Avançar	Tots dos braços doblegats, els palmells de les mans cap a l'interior, els avantbraços es mouen lentament cap el cos.		Lent	Els gestos codificats referits als moviments es fan molt lentament.	

Figura 5.7. Senyals gestuals

En conjunt, en instal·lacions industrials complexes, la utilització adequada de la senyalització gestual i la comunicació operativa resulta essencial per garantir la coordinació entre treballadors i minimitzar el risc d'accidents durant les operacions.

5.5.5. Senyalització en el transport

El transport de substàncies químiques utilitzades o generades en la planta està regulat per la normativa vigent, concretament el **Reial decret 97/2014 [6]**, que estableix les disposicions aplicables al transport de mercaderies perilloses per carretera. Aquesta regulació és especialment rellevant en instal·lacions industrials on es manipulen substàncies com el metanol, el formaldehid o altres reactius amb propietats inflamables, tòxiques o corrosives.

L'objectiu principal d'aquesta senyalització és garantir una identificació ràpida i inequívoca dels perills associats a cada substància durant el seu transport, facilitant així la prevenció d'accidents i la resposta adequada en cas d'emergència.

Els vehicles destinats al transport de mercaderies perilloses han d'estar identificats mitjançant panells rectangulars normalitzats, els quals proporcionen informació essencial sobre la substància transportada i el seu nivell de risc. A continuació, es mostra un exemple representatiu d'aquest tipus de panell.

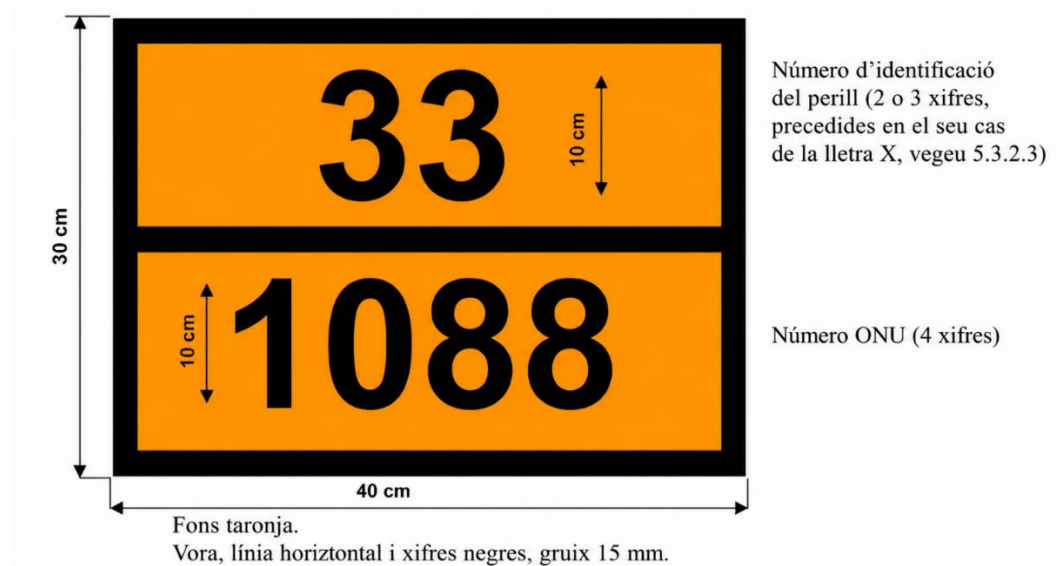


Figura 5.8. Panell d'identificació pel transport de substàncies

Aquest panell es divideix en dues parts clarament diferenciades, cadascuna amb una funció específica.

Part superior: número d'identificació del perill (codi Kemler)

La part superior del panell conté un codi numèric de dues o tres xifres que indica la naturalesa del perill associat a la substància transportada.

- La **primera xifra** indica el perill principal.
- Les **segones i terceres xifres** indiquen perills secundaris o intensificacions del risc.
- En alguns casos pot aparèixer la lletra “X” davant del codi, indicant que el contacte amb aigua és perillós i que no s’ha d'utilitzar com a agent extintor.

La interpretació general de les xifres és la següent:

- **2:** gasos o emissió de gas per pressió o reaccions químiques.
- **3:** líquids inflamables o vapors inflamables.
- **4:** sòlids inflamables.
- **5:** substàncies comburents o oxidants.
- **6:** substàncies tòxiques.
- **7:** material radioactiu.
- **8:** substàncies corrosives.
- **9:** risc de reacció violenta o descomposició espontània.

Les segones i terceres xifres aporten informació addicional sobre el tipus de perill específic, com inflamabilitat, toxicitat, corrosivitat o reaccions perilloses, permetent una identificació més precisa del risc associat al producte transportat.

- **0:** Sense significat.
- **1:** Explosiu.
- **2:** Emanació de gasos.
- **3:** Inflamable.
- **5:** Propietats comburents.
- **6:** Toxicitat. 8 Corrosivitat.
- **9:** Perill de reacció violenta de la descomposició espontània o de polimerització

Part inferior: número ONU

La part inferior del panell mostra el número ONU (Nacions Unides), un codi numèric de quatre dígits que identifica de manera universal la substància química concreta que està sent transportada.

Aquest sistema permet una identificació inequívoca del producte, independentment del país o del idioma, facilitant així la gestió de riscos i la resposta en situacions d'emergència.

En conjunt, aquest sistema de senyalització és especialment rellevant en instal·lacions on es manipulen substàncies com el metanol o el formaldehid, ja que permet gestionar de manera segura el seu transport extern.

Una correcta identificació dels vehicles permet:

- Reconèixer immediatament el nivell de perillositat del producte.
- Adoptar mesures de seguretat adequades durant les operacions de càrrega i descàrrega.
- Facilitar l'actuació dels serveis d'emergència en cas d'accident.
- Evitar incompatibilitats en el transport o en l'emmagatzematge temporal.

5.5. Higiene

La higiene industrial engloba el conjunt de mesures destinades a identificar, avaluar i controlar aquells factors ambientals presents al lloc de treball que poden afectar negativament la salut dels treballadors. En una planta de producció de formaldehid al 37% a partir de metanol i aire, la higiene industrial adquireix una especial importància degut a la presència de substàncies tòxiques i inflamables, com el formaldehid i el metanol, així com per l'existència de possibles emissions gasoses, vessaments i exposicions accidentals.

L'objectiu principal de les mesures higièniques és garantir unes condicions de treball segures i saludables, minimitzant l'exposició dels operaris a agents químics, físics i ambientals que puguin provocar accidents, intoxicacions o malalties professionals. Per aquest motiu, s'han d'establir protocols adequats de neteja, manteniment, ventilació i higiene personal, així com fomentar hàbits de treball segurs entre tots els treballadors de la planta.

D'acord amb el **Reial Decret 486/1997, de 14 d'abril** [7], sobre seguretat i salut als llocs de treball, especialment els Annexos II i III, s'estableixen les condicions bàsiques d'ordre, neteja i ambient que han de complir les instal·lacions per garantir la seguretat i salut dels treballadors i evitar riscos per una mala higiene. A continuació, es resumeixen les principals exigències d'aquests annexos:

Annex II: tracta sobre l'ordre, neteja i manteniment dels llocs de treball, aspectes clau per garantir la seguretat i reduir el risc d'accidents laborals.

- **Ordre i neteja dels llocs de treball:** les zones de pas, vies de circulació i sortides d'emergència han d'estar lliures d'obstacles i senyalitzades. Les superfícies, equips i instal·lacions es netejaran periòdicament per evitar acumulacions de residus o substàncies perilloses com metanol o formaldehid.
- **Manteniment d'equips i instal·lacions:** s'establiran plans de manteniment preventiu dels equips de procés, ventilació i seguretat. Qualsevol incidència es repararà immediatament i l'equip quedarà fora de servei fins a la seva reparació.

Annex III: regula les condicions ambientals dels llocs de treball per garantir la salut i el confort dels treballadors.

- **Temperatura:** es mantindrà una temperatura adequada segons l'activitat, evitant canvis bruscos i corrents d'aire.
- **Ventilació:** la planta disposarà de ventilació i extracció localitzada per evitar l'acumulació de vapors tòxics o inflamables.
- **Humitat relativa:** es mantindrà entre el 30% i el 70% per assegurar condicions ambientals adequades.

5.5.1. Higiene a la planta

Per tal de garantir la seguretat i salut dels treballadors, la planta haurà de mantenir unes condicions adequades d'ordre, neteja i manteniment en totes les seves instal·lacions. Les zones de treball, passadissos, vies de circulació i sortides d'emergència hauran de romandre lliures d'obstacles per facilitar el moviment dels treballadors i permetre una evacuació ràpida en cas d'emergència.

A causa de la manipulació de productes químics perillosos com el formaldehid i el metanol, serà necessari establir protocols periòdics de neteja i descontaminació de les superfícies, equips i instal·lacions. Qualsevol vessament o fuga detectada s'haurà d'eliminar immediatament mitjançant els procediments establerts, evitant així riscos d'intoxicació, incendi o contaminació ambiental.

Els equips de procés, conduccions, reactors, tancs d'emmagatzematge i sistemes de ventilació seran sotmesos a programes de manteniment preventiu amb l'objectiu de garantir el correcte funcionament de les instal·lacions i evitar possibles emissions o fuites de substàncies perilloses. En cas de detectar-se qualsevol anomalia o desperfecte, l'equip afectat quedarà fora de servei fins a la seva reparació.

La planta disposarà de sistemes adequats de ventilació i extracció localitzada per evitar l'acumulació de vapors tòxics o inflamables, especialment a les zones de reacció, càrrega i descàrrega de productes químics.

Les condicions ambientals es mantindran dins dels límits establerts per la normativa vigent, procurant temperatures i nivells d'humitat adequats per al confort i la seguretat dels treballadors.

Així mateix, es fomentaran bones pràctiques d'ordre i neteja mitjançant les següents actuacions generals:

- Eliminar materials innecessaris i mantenir únicament els equips i eines requerits per a cada operació.
- Organitzar i identificar correctament les zones d'emmagatzematge i els equips de treball.
- Senyalitzar adequadament les àrees de risc i les vies d'evacuació.
- Netejar immediatament qualsevol vessament o residu generat durant el procés productiu.
- Implantar hàbits de treball orientats a mantenir l'ordre i la neteja de manera contínua.

Finalment, la planta disposarà de serveis higiènics, vestuaris i zones de descans adequades per als treballadors, així com d'aigua potable accessible en diferents punts de les instal·lacions.

5.5.2. Higiene personal

Tots els treballadors de la planta hauran de complir estrictament les normes d'higiene personal establertes per l'empresa amb l'objectiu de reduir l'exposició a substàncies químiques perilloses i garantir unes condicions de treball segures.

Abans i després de realitzar qualsevol operació, especialment en les zones de procés i manipulació de productes químics, serà obligatori rentar-se adequadament les mans i les zones exposades de la pell. També serà necessari utilitzar roba de treball específica proporcionada per l'empresa, evitant portar roba de carrer a les àrees de producció.

La roba de treball haurà de mantenir-se neta i en bon estat, substituint-se immediatament en cas de contaminació amb productes químics. Els treballadors disposaran de vestuaris i taquilles individuals per separar la roba personal de la roba de treball.

No es permetrà portar joies, rellotges, penjolls o altres objectes personals que puguin dificultar l'ús dels equips de protecció individual o incrementar el risc d'accident. Així mateix, les persones amb cabells llargs hauran de portar-los recollits adequadament.

Quedarà totalment prohibit menjar, beure o fumar a les zones de procés i emmagatzematge de productes químics, amb l'objectiu d'evitar intoxicacions accidentals o contaminacions. Aquestes activitats únicament es podran realitzar a les zones habilitades específicament per a aquest ús.

Finalment, tots els treballadors rebran formació específica en matèria d'higiene industrial i manipulació segura de substàncies perilloses, fomentant la conscienciació sobre els riscos associats a la producció de formaldehid i les mesures preventives necessàries per minimitzar-los.

5.6. Equips de protecció individual (EPI)

Els Equips de Protecció Individual (EPI) són qualsevol equip o dispositiu destinat a ser portat o subjectat pel treballador amb la finalitat de protegir-lo d'un o diversos riscos que puguin afectar la seva seguretat o salut durant el desenvolupament de la seva activitat laboral.

La seva regulació a l'Estat espanyol es recull principalment al **Reial decret 773/1997, de 30 de maig [8]**, pel qual s'estableixen les disposicions mínimes de seguretat i salut relatives a la utilització dels EPI, en desenvolupament de la Llei 31/1995 de Prevenció de Riscos Laborals, així com en el **Reglament (UE) 2016/425 [9]** relatiu als equips de protecció individual.

En una planta de producció de formaldehid a partir de metanol i aire, l'ús dels EPI és especialment rellevant a causa de la presència de riscos químics i industrials significatius. El formaldehid és una substància tòxica, irritant i potencialment carcinogènica per inhalació, a més de presentar risc d'inflamabilitat en determinades condicions de procés. Per aquest motiu, en zones d'operació, manteniment, mostreig i manipulació de producte, la protecció individual del treballador resulta imprescindible.

Els EPI constitueixen una mesura de protecció complementària dins del sistema global de prevenció, juntament amb les mesures de protecció col·lectiva, la ventilació localitzada, el control d'emissions i els sistemes de detecció i alarma.

5.6.1 Classificació dels EPI

5.6.1.1. Classificació segons nivell de risc

Els EPI es poden classificar segons el nivell de risc per al qual estan dissenyats, d'acord amb el Reglament (UE) 2016/425:

Taula 5.11. Classificació EPIs segons nivell de risc.

Categoria	Nivell de risc	Descripció	Exemples
Categoria I	Riscos mínims	Protecció contra riscos de baixa gravetat, els efectes dels quals poden ser percebuts a temps pel treballador.	Guants contra brutícia, ulleres bàsiques contra pols no perillosa, protecció lleugera.
Categoria II	Riscos intermedis	Protecció contra riscos que poden provocar lesions no irreversibles.	Casc de seguretat, calçat de protecció, guants mecànics, ulleres contra esquitxades químiques.
Categoria III	Riscos greus o mortals	Protecció contra riscos que poden causar danys greus o irreversibles, com exposició a substàncies tòxiques o atmosferes perilloses.	Protecció respiratòria, vestits químics estancs, guants d'alta resistència química, sistemes anticaiguda.

5.6.1.2. Classificació segons la protecció que ofereixen

Addicionalment, els EPI es poden classificar segons la protecció que ofereixen, diferenciant entre equips parcials i integrals.

EPIs PARCIAIS

Els EPI parcials són aquells equips que protegeixen una part concreta del cos. Es poden utilitzar de manera combinada segons els riscos presents en cada activitat.

Taula 5.12. Tipus de EPIs parcials.

Zona del cos	Tipus d'EPI	Funció principal	Exemples
Cap	Protecció del cap	Protegir contra impactes, caiguda d'objectes o riscos elèctrics	Casc de seguretat
Ulls i cara	Protecció ocular i facial	Evitar esquitxades, partícules o vapors irritants	Ulleres de seguretat, pantalles facials
Vies respiratòries	Protecció respiratòria	Protegir contra gasos, vapors o partícules en suspensió	Mascaretes filtrants, mascaretes amb filtres específics, equips autònoms
Mans i braços	Protecció de mans	Evitar contacte amb substàncies químiques o riscos mecànics	Guants químics, guants mecànics
Peus i cames	Protecció del peu	Protegir contra impactes, lliscaments o agents químics/tèrmics	Calçat de seguretat amb puntera reforçada

EPIs INTEGRALS

Els EPI integrals proporcionen una protecció global del treballador, cobrint diverses parts del cos de manera simultània. S'utilitzen en situacions de risc elevat on els EPI parcials no són suficients.

Taula 5.13. Tipus de EPIs Integrals.

Tipus d'EPI integral	Descripció	Funció principal	Aplicacions habituals
Roba de protecció química	Granotes o vestits de protecció	Evitar el contacte amb substàncies perilloses	Manipulació de productes químics
Vestits estancs o encapsulats	Vestits completament tancats	Protecció en atmosferes tòxiques o perilloses	Entorns amb vapors o gasos perillosos
Sistemes anticaiguda	Arnesos i elements de subjecció	Protecció contra caigudes en altura	Treballs en altura o manteniment industrial
Roba d'alta visibilitat	Vestimenta reflectant	Millorar la visibilitat del treballador	Zones amb vehicles o maquinària mòbil

5.6.2 Requisits dels equips de protecció

Els EPI utilitzats a la instal·lació han de complir una sèrie de requisits tècnics i normatius per garantir la seva eficàcia:

- Disposar del marcatge CE conforme al Reglament (UE) 2016/425.
- Ser adequats als riscos específics presents en la planta de producció de formaldehid, especialment l'exposició a vapors tòxics i inflamables.
- Garantir un nivell de protecció suficient sense generar riscos addicionals.
- Ser compatibles entre ells quan s'utilitzin diversos EPI simultàniament.
- Adaptar-se correctament a les característiques ergonòmiques del treballador.
- Mantenir-se en condicions adequades de conservació, neteja i manteniment.

L'empresa ha de garantir igualment la seva revisió periòdica, substitució quan sigui necessari i disponibilitat en les zones de treball on siguin requerits.

5.6.3 Obligacions dels treballadors i empresaris

En matèria de prevenció de riscos laborals, tant l'empresa com els treballadors tenen responsabilitats definides respecte a l'ús dels EPI.

Obligacions de l'empresa:

- Proporcionar de manera gratuïta els EPI adequats als riscos de cada lloc de treball.
- Garantir que compleixen la normativa vigent i són adequats a l'entorn industrial.
- Assegurar el seu manteniment, neteja i reposició quan sigui necessari.
- Formar i informar els treballadors sobre el seu ús correcte i limitacions.
- Vetllar pel seu ús efectiu a les zones on sigui obligatori.

Obligacions dels treballadors:

- Utilitzar correctament els EPI segons la formació rebuda.
- Mantenir-los en bon estat i comunicar qualsevol deteriorament.
- No modificar-ne les característiques ni el funcionament.
- Emprar-los exclusivament per a les tasques professionals assignades.
- Col·laborar en el compliment de les mesures de seguretat establertes.

5.7. Primers auxilis

Tot i que en el disseny de la planta s'han incorporat mesures tècniques, organitzatives i de protecció col·lectiva per minimitzar els riscos, en una instal·lació química com la producció de formaldehid a partir de metanol i aire, no es pot garantir l'eliminació total de la possibilitat d'accident. Per aquest motiu, és imprescindible disposar d'un sistema estructurat de primers auxilis que permeti una actuació immediata, eficaç i ordenada davant qualsevol emergència.

Els primers auxilis tenen com a finalitat principal preservar la vida de la persona accidentada, evitar l'agreujament de les lesions, afavorir la recuperació i garantir el trasllat segur als serveis sanitaris. Aquestes actuacions s'han d'aplicar de manera immediata fins a l'arribada dels serveis d'emergència (112).

El marc normatiu de referència en matèria de seguretat i salut en el treball inclou, entre altres, el **Reial decret 486/1997** [7], que estableix les disposicions mínimes de seguretat i salut als llocs de treball.

5.7.1 Protocol general de primers auxilis

El protocol general d'actuació estableix una sèrie de pautes bàsiques per a qualsevol tipus d'accident:

- Mantenir la calma i actuar amb rapidesa i ordre.
- Valorar la seguretat de l'escena abans d'intervenir.
- Identificar l'estat de la víctima (consciència, respiració, lesions visibles).
- Evitar moviments innecessaris del ferit, especialment en possibles lesions traumàtiques.
- Prioritzar les funcions vitals per sobre de qualsevol altra actuació.
- Evitar donar aliments o begudes a persones inconscients o amb risc d'asfíxia.
- Mantenir la víctima aïllada i tranquil·la.
- No deixar la persona sola fins a l'arribada dels serveis sanitaris.

En el cas concret d'una planta de formaldehid, s'ha de tenir especial precaució amb intoxicacions per inhalació, ja que el formaldehid és un compost irritant i tòxic que pot afectar les vies respiratòries, ulls i pell.

5.7.2 Procediment d'actuació en cas d'accident (PAS)

En qualsevol situació d'emergència s'aplica el protocol PAS, que estableix una seqüència d'actuació bàsica per garantir una resposta segura i eficient:

P – Protegir:

Abans d'intervenir, s'ha de garantir la seguretat de l'entorn. En una planta química això pot implicar aturar equips, aïllar la zona afectada, eliminar fonts d'ignició i utilitzar equips de protecció individual. També s'ha d'evitar exposar-se a atmosferes tòxiques, especialment en cas de fuites de formaldehid o metanol.

A – Avisar:

Un cop assegurada la zona, s'ha d'activar el protocol d'emergència intern i avisar els serveis d'emergència externs (112). La informació ha de ser clara i precisa: ubicació, tipus d'accident, substància implicada, nombre de ferits i gravetat aproximada.

S – Socórrer:

Finalment, s'ha d'atendre la víctima segons els coneixements adquirits, prioritzant sempre la vida. Les actuacions principals inclouen la valoració de consciència, respiració i pols, el control d'hemorràgies, la posició lateral de seguretat si cal i l'inici de maniobres de reanimació cardiopulmonar en cas necessari.

5.7.3 Material de primers auxilis

Segons el RD 486/1997, els centres de treball han de disposar de material de primers auxilis adequat als riscos existents, ubicat en zones accessibles i correctament senyalitzades.

En una planta química com la descrita, el contingut mínim recomanat de les farmacioles inclou:

- Gases estèrils i benes
- Apòsits i esparadrap
- Guants d'un sol ús
- Antisèptics (p. ex. clorhexidina)
- Sèrum fisiològic
- Tisores i pinces
- Manta tèrmica
- Màscara de reanimació cardiopulmonar

A més, per la naturalesa dels riscos químics, és imprescindible disposar d'equipaments específics:

- Dutexes de seguretat d'emergència
- Rentadors oculars
- Senyalització d'emergència i plànols d'evacuació
- Equip de comunicació d'emergències intern

En funció de la dimensió de la instal·lació, també pot ser necessari un local de primers auxilis, equipat per a l'atenció inicial de ferits fins al trasllat mèdic.

5.7.4 Actuacions més comunes en socorrisme

En una planta de producció de formaldehid, els accidents més probables estan relacionats amb l'exposició a substàncies tòxiques, corrosives o inflamables. Les actuacions bàsiques són:

Inhalació de vapors (formaldehid o metanol):

Traslladar la persona a una zona amb aire fresc, mantenir-la en repòs i afluixar la roba. Si no respira amb normalitat, iniciar suport vital bàsic i sol·licitar assistència mèdica immediata.

Contacte amb la pell:

Retirar la roba contaminada i rentar la zona afectada amb aigua abundant durant almenys 15 minuts. No aplicar neutralitzants sense indicació sanitària.

Contacte amb els ulls:

Rentar immediatament amb aigua o solució salina durant almenys 15 minuts, mantenint les parpelles obertes. Retirar lents de contacte si és possible.

Ingestió accidental:

No provocar el vòmit. Rentar la boca amb aigua i mantenir la persona en repòs. Derivar urgentment a assistència mèdica.

Incendi o exposició associada:

Prioritzar l'evacuació i la protecció de les vies respiratòries. Un cop controlada la situació, tractar possibles cremades amb aigua freda i cobrir amb gases estèrils.

5.7.5 Síntomes, prevenció i primers auxilis de les substàncies de la planta

En una instal·lació química com la planta de producció de formaldehid a partir de metanol i aire, els treballadors poden estar exposats accidentalment a diferents substàncies perilloses. Aquestes exposicions poden produir efectes adversos sobre la salut en funció de la via d'entrada (inhalació, contacte cutani o ocular, o ingestió).

A continuació es recullen els principals símptomes associats a l'exposició a les substàncies més rellevants del procés, així com les mesures preventives recomanades i les actuacions bàsiques de primers auxilis en cada cas.

Taula 5.14. Síntomes, prevenció i primers auxilis per la zona d'exposició, inhalació

ZONA D'EXPOSICIÓ: INHALACIÓ			
SUBSTÀNCIA	SÍMPTOMES	PREVENCIÓ	PRIMERS AUXILIS
Formaldehid	Irritació de vies respiratòries, tos, llagimeig, dificultat respiratòria. En altes concentracions: edema pulmonar.	Sistemes tancats, ventilació localitzada, detectors de gas, EPI respiratori adequat.	Aire fresc, repòs, oxigen si cal i assistència mèdica urgent.
Metanol	Mareig, cefalea, nàusees, somnolència. En casos greus: depressió del SNC i risc de ceguesa.	Sistemes tancats, ventilació adequada i control de vapors.	Aire fresc, control de constants i assistència mèdica immediata.

Taula 5.15. Síntomes, prevenció i primers auxilis per la zona d'exposició, ulls.

ZONA D'EXPOSICIÓ: ULLS			
SUBSTÀNCIA	SÍMPTOMES	PREVENCIÓ	PRIMERS AUXILIS
Formaldehid	Irritació intensa, dolor ocular, risc de dany corneal.	Ulleres tancades o pantalla facial.	Rentat ocular 15 min i assistència mèdica urgent.
Metanol	Irritació, envermelliment, visió borrosa.	Ulleres de seguretat anti-esquitxades.	Rentat amb sèrum fisiològic 15 min i derivació mèdica.

Taula 5.16. Síntomes, prevenció i primers auxilis per la zona d'exposició, pell

ZONA D'EXPOSICIÓ: PELL			
SUBSTÀNCIA	SÍMPTOMES	PREVENCIÓ	PRIMERS AUXILIS
Formaldehid	Irritació, envermelliment, dermatitis.	Guants químics, roba de protecció.	Rentat amb aigua abundant 15 min i retirada de roba contaminada.
Metanol	Irritació lleu, absorció sistèmica en exposicions prolongades.	Guants resistents a químics.	Rentat amb aigua i sabó abundant.

5.8. Seguretat i salut

La seguretat i salut en el treball constitueixen un element fonamental en el disseny i explotació d'una planta química, especialment en instal·lacions com la producció de formaldehid a partir de metanol i aire, on existeixen riscos químics, tèrmics i d'explosivitat associats als processos.

L'objectiu principal de la prevenció de riscos laborals és garantir la protecció dels treballadors mitjançant la integració de l'activitat preventiva en el conjunt de les operacions de l'empresa, assegurant unes condicions de treball segures i minimitzant la probabilitat d'accidents o malalties professionals.

Aquest marc es regula principalment per la **Llei 31/1995 de Prevenció de Riscos Laborals** [10] i la seva normativa de desenvolupament.

5.8.1 Obligacions dels empresaris

Segons la normativa vigent en matèria de prevenció de riscos laborals, l'empresari té la responsabilitat principal de garantir la seguretat i la salut dels treballadors en tots els aspectes relacionats amb el treball.

Entre les principals obligacions destaquen:

- **Integració de la prevenció:** la seguretat i salut han d'estar integrades en el sistema de gestió de l'empresa, formant part de totes les decisions tècniques, organitzatives i productives.
- **Avaluació de riscos:** l'empresa ha de realitzar una identificació i avaluació de tots els riscos existents en el lloc de treball, incloent riscos químics (exposició a metanol i formaldehid), riscos d'incendi i explosió i riscos mecànics.
- **Planificació preventiva:** un cop identificats els riscos, s'han d'establir mesures preventives adequades per eliminar-los o reduir-los al màxim nivell possible.
- **Mesures de protecció col·lectiva i individual:** prioritzant sempre la protecció col·lectiva sobre l'individual, i facilitant equips de protecció individual (EPI) quan sigui necessari.

- **Informació i formació dels treballadors:** l'empresa ha de garantir que els treballadors rebin informació clara sobre els riscos del seu lloc de treball i formació específica sobre com actuar de manera segura.
- **Vigilància de la salut:** s'ha de garantir la vigilància periòdica de la salut dels treballadors en funció dels riscos associats al seu lloc de treball.
- **Mesures d'emergència:** l'empresari ha de planificar i implementar procediments d'actuació davant emergències, com fugites de substàncies tòxiques, incendis o explosions.
- **Coordinació d'activitats empresarials:** en cas d'intervenció de diverses empreses a la planta, s'ha de garantir la coordinació de les activitats preventives.

5.8.2 Obligacions dels treballadors

Els treballadors també tenen un paper essencial en la prevenció de riscos laborals, ja que han de col·laborar activament en el manteniment de condicions de treball segures.

D'acord amb la Llei 31/1995, les seves principals obligacions són:

- **Complir les mesures preventives establertes** per l'empresa i seguir els procediments de treball segurs definits.
- **Utilitzar correctament els equips de treball i els EPI**, mantenint-los en bon estat i seguint les instruccions d'ús.
- **No anul·lar ni manipular dispositius de seguretat**, com sistemes d'alarma, proteccions de maquinària o sistemes de ventilació.
- **Informar immediatament** sobre qualsevol situació de risc detectada o incidència que pugui comprometre la seguretat.
- **Cooperar amb l'empresa** en matèria preventiva, facilitant el compliment de les obligacions legals.
- **Participar en la formació en prevenció de riscos**, aplicant els coneixements adquirits a la seva activitat diària.

Aquest conjunt d'obligacions és essencial en una planta química com la de formaldehid, on una mala pràctica operativa pot derivar en conseqüències greus per a la salut o la seguretat.

5.9 Classificació dels riscos industrials

Les activitats desenvolupades a la indústria química impliquen la manipulació de substàncies perilloses, equips a pressió, instal·lacions elèctriques i processos que operen sota condicions exigents de temperatura i pressió. Per aquest motiu, és necessari identificar i classificar els riscos presents a la planta amb l'objectiu d'establir mesures preventives adequades i garantir la seguretat dels treballadors, les instal·lacions i el medi ambient.

El concepte de risc fa referència a la probabilitat que un determinat perill provoqui un accident amb unes conseqüències determinades. El perill, en canvi, correspon a la capacitat intrínseca d'una substància, equip o situació de causar danys. En l'àmbit industrial, els riscos no es poden eliminar completament, però sí reduir-se fins a nivells acceptables mitjançant mesures tècniques, organitzatives i de protecció.

Els accidents industrials poden originar-se per diferents causes, entre les quals destaquen:

- Fallades mecàniques o estructurals.
- Errors humans durant l'operació.
- Manca de manteniment dels equips.
- Reaccions químiques descontrolades.
- Emmagatzematge inadequat de substàncies incompatibles.
- Deficiències en sistemes de ventilació o protecció.
- Factors externs com incendis, inundacions o fallades elèctriques.

La prevenció dels riscos industrials requereix l'aplicació de sistemes de control, protocols operatius segurs, inspeccions periòdiques i una formació adequada del personal.

Els riscos presents en una instal·lació industrial es poden classificar segons diferents criteris amb l'objectiu de facilitar-ne l'anàlisi, l'avaluació i l'aplicació de mesures preventives adequades. En primer lloc, es poden classificar de manera general segons la seva gravetat i l'abast de les seves conseqüències, diferenciant entre riscos convencionals, específics i majors. D'altra banda, també es poden classificar segons la seva naturalesa, en funció de l'origen del perill i dels efectes que poden provocar sobre les persones, les instal·lacions o el medi ambient.

A continuació es presenta la classificació dels principals riscos industrials presents en l'àmbit de la indústria química.

5.9.1 Classificació general dels riscos

Els riscos industrials es poden agrupar en tres grans categories segons el seu origen, gravetat i possibilitat de control.

Taula 5.17. Classificació general dels riscos.

Tipus de risc	Descripció	Exemples
Riscos convencionals	Associats a activitats habituals presents a qualsevol entorn industrial.	Caigudes, cops, atrapaments, relliscades.
Riscos específics	Relacionats amb substàncies o equips perillosos propis de la indústria química.	Productes tòxics, substàncies corrosives, equips a pressió.
Riscos majors	Situacions excepcionals capaces de provocar conseqüències molt greus sobre persones, instal·lacions i medi ambient.	Explosions, incendis, fuites tòxiques o emissions contaminants.

Els riscos majors són especialment importants a la indústria química, ja que poden afectar tant els treballadors de la planta com la població exterior i el medi ambient. Per aquest motiu, la legislació estableix mesures específiques de prevenció i control dels accidents greus associats a substàncies perilloses.

En aquest context, el **Reial decret 1254/1999 [11]**, derivat de la Directiva 96/82/CE, estableix les mesures destinades a prevenir accidents greus i minimitzar-ne les conseqüències sobre les persones, les instal·lacions industrials i el medi ambient.

5.9.2 Classificació segons la naturalesa

Segons la seva naturalesa, els riscos industrials presents en una planta química es poden classificar en riscos físics, químics, mecànics, elèctrics, ergonòmics i psicosocials.

Taula 5.18. Classificació dels riscos segons la naturalesa.

Tipus de risc	Descripció	Possibles conseqüències
Riscos físics	Derivats de factors ambientals com el soroll, les vibracions, les temperatures extremes o les radiacions presents en l'entorn laboral.	Pèrdua auditiva, fatiga, cremades, estrès tèrmic, lesions per radiació.
Riscos químics	Associats a l'exposició a substàncies perilloses, ja sigui per inhalació, contacte cutani, ingestió o absorció a través de mucoses.	Intoxicacions, irritacions, cremades químiques, malalties professionals.
Riscos biològics	Derivats de l'exposició a agents biològics com bacteris, virus, fongs o paràsits presents en determinats entorns laborals.	Infeccions, al·lèrgies, malalties respiratòries, intoxicacions biològiques.
Risc d'incendi	Provocat per la combustió no controlada quan coincideixen combustible, oxigen i font d'ignició.	Cremades, danys materials, emissió de gasos tòxics, propagació del foc.
Risc d'explosió	Originat per una alliberació sobtada d'energia o per mescles inflamables en espais confinats o no confinats.	Ones de pressió, projecció de fragments, lesions greus, destrucció d'instal·lacions.
Risc d'emissions o fuites	Derivat de l'alliberació accidental de substàncies perilloses en forma de gasos o líquids.	Exposicions tòxiques, contaminació ambiental, incendis, explosions.
Riscos elèctrics	Derivats del contacte directe o indirecte amb instal·lacions o equips elèctrics en tensió.	Electrocució, cremades, aturada cardíaca, incendis.
Riscos mecànics	Originats pel contacte amb màquines, eines o elements en moviment.	Aixafaments, talls, fractures, projecció de fragments.
Riscos psicosocials	Relacionats amb l'organització del treball i factors socials o emocionals dins l'empresa.	Estrès laboral, ansietat, fatiga mental, baix rendiment.
Riscos ergonòmics	Derivats de la manipulació de càrregues, postures forçades i moviments repetitius.	Lesions musculoesquelètiques, fatiga, dolors d'esquena, contractures.
Riscos de caigudes	Produïts per caigudes al mateix nivell o a diferent nivell durant l'activitat laboral.	Contusions, fractures, esquinços, lesions greus o mort en caigudes d'altura.

A continuació es descriuen amb més detall els diferents riscos industrials presents en l'àmbit de la indústria química, així com les seves principals causes, conseqüències i mesures preventives associades.

5.9.2.1. Riscos físics

Els riscos físics són aquells derivats de factors ambientals presents al lloc de treball que poden afectar la salut dels treballadors. Aquests factors estan relacionats amb diferents formes d'energia presents en l'entorn laboral, com el soroll, les vibracions, les radiacions o les condicions de temperatura i humitat. L'exposició continuada o intensa a aquests agents pot provocar efectes perjudicials tant a curt com a llarg termini, afectant el benestar físic i psicològic de les persones.

I. El Soroll:

El soroll és un dels riscos físics més habituals en l'àmbit industrial. Es produeix principalment per equips i maquinària com compressors, bombes, turbines, motors, ventiladors o equips rotatius. També pot aparèixer en processos com el tall, la fricció o els impactes entre materials.

El soroll es considera qualsevol so no desitjat que pot resultar molest o perjudicial per a la salut de les persones. Aquest risc físic es caracteritza principalment per dues magnituds:

- Intensitat, mesurada en decibels d'escala A (dB(A)).
- Freqüència, mesurada en Hertz (Hz).

L'exposició prolongada a nivells elevats de soroll pot provocar diversos efectes negatius sobre la salut, entre els quals destaquen:

- Pèrdua auditiva progressiva.
- Fatiga.
- Estrès.
- Irritabilitat.
- Dificultats de concentració.

En casos més greus, una exposició continuada pot arribar a provocar sordesa irreversible.

Pel que fa a la normativa aplicable, a nivell europeu aquest risc està regulat per **la Directiva 2003/10/CE [12]**, que estableix les disposicions mínimes de seguretat i salut relatives a l'exposició dels treballadors als riscos derivats del soroll.

A nivell nacional, la normativa vigent és el **Reial decret 286/2006 [13]**, sobre la protecció dels treballadors davant els riscos derivats de l'exposició al soroll. Aquest decret estableix els valors límit d'exposició, així com les obligacions de l'empresa en matèria d'avaluació del risc, adopció de mesures preventives i ús d'equips de protecció individual quan sigui necessari.

Taula 5.19. Valors establerts per la normativa de soroll.

Nivell d'exposició	Valor establert
Valor inferior d'acció	80 dB(A)
Valor superior d'acció	85 dB(A)
Valor límit d'exposició	87 dB(A)
Pic de pressió acústica inferior	135 dB(C)
Pic de pressió acústica superior	137 dB(C)
Valor límit de pic acústic	140 dB(C)

II. Vibracions

Les vibracions són moviments oscil·latoris que es transmeten al cos humà a través d'elements com el terra, eines o seients. Aquest risc físic es produeix habitualment per l'ús de maquinària industrial, vehicles, equips rotatius desequilibrats o eines manuals i pneumàtiques.

L'exposició continuada a vibracions pot provocar diversos efectes sobre la salut, com:

- Trastorns musculars i articulars.
- Fatiga.
- Marejos.
- Alteracions del sistema nerviós.
- Problemes circulatoris.

Aquests efectes poden variar en funció del tipus d'exposició, ja que no és el mateix si les vibracions afecten el cos sencer que si només incideixen sobre les mans i els braços, sent en aquest últim cas habituals lesions específiques a les extremitats superiors.

Pel que fa a la normativa, a nivell europeu s'aplica la **Directiva 2002/44/CE [14]**, que estableix els valors límit d'exposició a vibracions i defineix les mesures preventives bàsiques per reduir el risc laboral.

A nivell estatal, la normativa vigent és el **Reial decret 1311/2005 [15]**, que regula la protecció dels treballadors davant els riscos derivats de l'exposició a vibracions mecàniques i estableix l'obligació d'avaluar, controlar i reduir aquesta exposició.

Quan es superen els valors d'acció, és obligatori adoptar mesures preventives per reduir l'exposició dels treballadors.

III. Temperatura i humitat

Les condicions ambientals, especialment la temperatura i la humitat, tenen una gran influència sobre la salut i el confort dels treballadors. L'exposició a temperatures extremes pot generar situacions de risc important per a l'organisme.

En ambients calorosos, el cos activa mecanismes de regulació tèrmica com la sudoració i la vasodilatació amb l'objectiu de mantenir estable la temperatura interna. No obstant això, quan aquestes respostes fisiològiques no són suficients, es poden produir efectes adversos com:

- Deshidratació.
- Esgotament tèrmic.
- Cops de calor.

En casos greus, aquestes situacions poden arribar a posar en risc la vida.

En canvi, l'exposició al fred extrem pot provocar:

- Hipotèrmia.
- Congelacions.
- Pèrdua de sensibilitat.
- Disminució de la destresa manual.

Aquestes conseqüències no només afecten la salut, sinó que també augmenten el risc d'accidents laborals a causa de la reducció de la capacitat de resposta.

Pel que fa a la normativa aplicable, a nivell nacional el **Reial decret 486/1997 [7]** estableix les disposicions mínimes de seguretat i salut als llocs de treball, regulant aspectes com la temperatura, la humitat i la ventilació.

De manera complementària, el **Reial decret 1027/2007 (RITE) [16]** regula les condicions tèrmiques en els edificis i les instal·lacions de climatització, amb l'objectiu de garantir unes condicions ambientals adequades i segures per als treballadors.

IV. Radiacions

Les radiacions són emissions d'energia que es propaguen en forma d'ones electromagnètiques o partícules. Poden ser ionitzants o no ionitzants segons la seva capacitat d'afectar la matèria.

Les radiacions infraroges estan estretament relacionades amb la calor i poden provocar un augment de la temperatura corporal, generant sobreescalfament o fins i tot cremades a la pell. Les radiacions ultraviolades, presents en activitats com la soldadura o en l'exposició solar, poden causar lesions oculars, Irritacions i Cremades cutànies. Per altra banda, les radiacions ionitzants, com els raigs X o les emissions procedents de materials radioactius, tenen una energia suficient per alterar les cèl·lules de l'organisme, provocant danys biològics greus i potencialment acumulatius.

Pel que fa a la normativa, la protecció davant les radiacions ionitzants està regulada pel **Reial decret 783/2001 [17]**, el qual estableix les mesures de protecció sanitària aplicables als treballadors exposats a aquest tipus de radiació. A nivell europeu, la **Directiva 2013/59/Euratom** fixa les normes bàsiques de seguretat radiològica amb l'objectiu de garantir una protecció adequada davant les exposicions ionitzants. Pel que fa a les radiacions no ionitzants i als camps electromagnètics, s'aplica la **Directiva 2013/35/UE [18]**, que regula els nivells d'exposició laboral i estableix els criteris de seguretat corresponents.

Finalment, el marc normatiu es completa amb el **Reial decret 1027/2007 (RITE) [16]**, que complementa la regulació de les condicions tèrmiques i de ventilació en els edificis, amb la finalitat de contribuir a un control adequat de l'ambient laboral.

5.9.2.2. Riscos químics

Un agent químic és qualsevol element o compost químic, ja sigui pur o en mescla, que s'ha elaborat de manera intencionada i que pot estar comercialitzat o present en un lloc de treball. Quan aquest agent té la capacitat d'afectar la salut o la seguretat dels treballadors, es considera un agent químic perillós.

L'exposició a agents químics es defineix com la presència d'un contaminant a la zona de respiració del treballador. Aquesta exposició es produeix habitualment per via respiratòria, tot i que també pot donar-se a través d'altres vies d'entrada.

L'exposició pot ser:

- Continua o prolongada, amb efectes potencialment crònics.
- Curta o puntual, amb efectes aguts de gravetat variable segons la toxicitat.

Vies d'entrada dels contaminants a l'organisme

I. Inhalació: És la via d'entrada més freqüent en l'àmbit industrial. Es produeix quan una persona respira gasos, vapors, fums, pols o aerosols presents a l'ambient de treball. Pot provocar afectacions respiratòries, intoxicacions i altres problemes de salut segons el tipus de substància i el temps d'exposició.

II. Contacte cutani: Es produeix quan una substància entra en contacte amb la pell. Alguns productes químics poden causar irritacions, cremades o ser absorbits a través de la pell i passar a l'organisme, generant efectes perjudicials per a la salut.

III. Ingestió accidental: Té lloc quan substàncies perilloses entren a l'organisme per la boca de manera involuntària. Generalment està relacionada amb una higiene inadequada o amb la contaminació d'aliments i begudes dins de l'àrea de treball.

IV. Absorció a través de mucoses: Les mucoses dels ulls, el nas o la boca són zones especialment sensibles i poden absorbir substàncies tòxiques amb facilitat. Aquesta via pot provocar irritacions i una entrada ràpida dels contaminants a l'organisme.

Efectes sobre la salut

L'exposició a agents químics pot provocar:

- Efectes aguts (irritacions, intoxicacions immediates).
- Efectes crònics (malalties professionals a llarg termini).
- En casos extrems, danys greus irreversibles o fins i tot la mort.
-

Els efectes sobre la salut depenen principalment de la toxicitat de la substància, la seva concentració i el temps d'exposició.

5.9.2.3. Riscos biològics

Els riscos biològics són aquells derivats de l'exposició a agents biològics capaços de provocar infeccions, al·lèrgies o malalties en les persones. Aquests agents inclouen microorganismes com bacteris, virus, fongs o paràsits, així com toxines produïdes per aquests organismes.

La protecció davant els riscos biològics està regulada principalment pel **Reial decret 664/1997 [19]**, sobre la protecció dels treballadors contra els riscos relacionats amb l'exposició a agents biològics durant el treball.

Aquest tipus de risc pot aparèixer en diferents sectors industrials, laboratoris, plantes de tractament d'aigües, indústries alimentàries o en activitats on existeixi contacte amb matèria orgànica o residus biològics.

Agents biològics més habituals

- **Bacteris:** microorganismes que poden causar infeccions i intoxicacions.
- **Virus:** agents infecciosos que necessiten un organisme viu per reproduir-se.
- **Fongs:** poden provocar infeccions respiratòries o reaccions al·lèrgiques.
- **Paràsits:** organismes que viuen a expenses d'un altre ésser viu i poden generar malalties.

Vies d'entrada a l'organisme

Els agents biològics poden entrar a l'organisme a través de:

- Inhalació de bioaerosols o partícules contaminades.
- Contacte amb la pell o mucoses.
- Ferides o punxades accidentals.
- Ingestió accidental de substàncies contaminades.

Efectes sobre la salut

Els riscos biològics representen una amenaça important per a la salut laboral, especialment en activitats amb exposició a microorganismes o materials contaminats. L'exposició a agents biològics pot provocar:

- Infeccions.
- Malalties respiratòries.
- Reaccions al·lèrgiques.
- Intoxicacions derivades de toxines biològiques.

La gravetat dependrà del tipus d'agent, del nivell d'exposició i de l'estat de salut de la persona afectada.

5.9.2.4. Risc d'incendi

Un incendi és una combustió no controlada que es produeix quan coincideixen els tres elements bàsics del foc: combustible, comburent (normalment l'oxigen de l'aire) i una font d'ignició. Aquest fenomen representa un dels riscos més importants dins l'àmbit industrial,

especialment en instal·lacions on es manipulen substàncies inflamables o equips que treballen a elevades temperatures.

Els incendis poden iniciar-se de manera ràpida i propagar-se amb facilitat, provocant conseqüències greus tant per a les persones com per a les instal·lacions i el medi ambient.

Els principals factors que afavoreixen un incendi són:

- Presència de líquids inflamables
- Acumulació de vapors combustibles
- Espurnes o descàrregues elèctriques
- Sobreescalfament d'equips

Quan aquests factors coincideixen amb una font d'ignició, el risc d'incendi augmenta considerablement.

La prevenció, el manteniment de les instal·lacions i la preparació davant emergències són fonamentals per garantir la seguretat de les persones i de les instal·lacions industrials, ja que pot generar conseqüències molt greus en poc temps:

- Danys estructurals
- Cremades
- Emissió de gasos tòxics
- Propagació a altres zones de la planta

5.9.2.5. Risc d'explosió

Una explosió és una alliberació sobtada d'energia que genera una ona de pressió que es desplaça allunyant-se de la font mentre l'energia es va dissipant. Aquesta alliberació és molt ràpida i concentrada, fet que provoca una expansió violenta de gasos a elevada temperatura, acompanyada de soroll, efectes lluminosos i efectes mecànics de tipus vibratori.

Segons les característiques de l'ona produïda, les explosions es poden classificar en:

- Deflagració: explosió amb una propagació de l'ona a velocitat subsònica
- Detonació: explosió molt més violenta en què es generen ones de xoc supersòniques

Segons el lloc on es produeixen, les explosions es poden classificar en:

I. Explosions confinades

Es produeixen quan la fuga té lloc dins d'un recipient o espai tancat, és a dir, quan el fluid està confinat. Si el gas es troba dins dels límits d'inflamabilitat i existeix una font d'ignició, es pot originar una explosió que provoqui la ruptura del recipient.

Aquest tipus d'explosió pot generar:

- Ones de pressió molt intenses
- Projecció de fragments metàl·lics
- Danys importants a les instal·lacions i a les persones

Els fragments expulsats poden actuar com a projectils i provocar accidents de gran magnitud.

II. Explosions no confinades (deflagracions)

S'originen a l'aire lliure, generalment a causa d'una fuga ràpida d'un fluid inflamable que es dispersa i forma un núvol inflamable amb l'aire.

Quan aquest núvol entra en contacte amb una font d'ignició, es produeix una combustió ràpida que genera:

- Flames
- Augment de pressió
- Radiació tèrmica

Aquestes explosions acostumen a afectar grans superfícies.

III. BLEVE

Les explosions tipus BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion) es produeixen per la descomposició sobtada d'un líquid emmagatzemat a pressió.

Quan el recipient es trenca, el líquid passa bruscament d'un estat estable a un estat d'ebullició, generant una expansió molt ràpida del vapor.

Si el producte és inflamable, es pot formar:

- Una gran bola de foc
- Radiació tèrmica intensa
- Ones de pressió molt perilloses

Aquest tipus d'explosió és especialment greu en dipòsits de gasos líquats o combustibles.

5.9.2.6. Risc d'emissions o fuites

Les emissions accidentals de substàncies perilloses constitueixen un dels riscos més rellevants en l'àmbit industrial especialment en el sector químic. Aquestes situacions poden generar danys greus tant a les instal·lacions com a les persones i al medi ambient i estan regulades per la normativa vigent de control de riscos d'accidents greus com la **Directiva Seveso III 2012/18/UE** i la seva transposició a l'ordenament espanyol mitjançant el **Reial decret 840/2015 [20]**.

Una **fuita** es produeix quan hi ha una alliberació no controlada de gasos o vapors a l'atmosfera, mentre que un **vessament** fa referència a la pèrdua de contenció de líquids.

Ambdós casos impliquen una fallada en el sistema de confinament del producte i poden derivar en situacions de risc com:

- Exposicions tòxiques
- Incendis
- Explosions

La seva gravetat dependrà de les característiques de la substància, la quantitat alliberada i el temps d'exposició. Les fuites solen aparèixer en punts on el sistema presenta més vulnerabilitat, com ara:

- Canonades i conduccions,
- Unions i connexions entre equips,
- Tancs i dipòsits d'emmagatzematge.

Aquests elements estan sotmesos a pressió, corrosió o desgast, fet que incrementa el risc de fallada.

L'**impacte** d'una emissió accidental depèn principalment de:

- la toxicitat i perillositat del producte,
- la concentració i quantitat alliberada,
- les condicions ambientals de dispersió,
- el temps d'exposició de les persones afectades.

Quan les substàncies poden formar núvols inflamables o tòxics, el risc es considera especialment crític.

Les **causes principals** de les emissions accidentals son:

- **Deficiències en la manipulació i emmagatzematge:** Un ús inadequat dels recipients o condicions d'emmagatzematge incorrectes pot provocar la degradació dels envasos i la pèrdua de contenció del producte.
- **Errors operatius:** La manipulació incorrecta dels equips o la realització d'operacions sense les mesures de seguretat adequades pot desencadenar reaccions no controlades o alliberaments accidentals.
- **Deficiències en les instal·lacions:** La manca de manteniment, inspeccions insuficients o l'absència de sistemes de seguretat i control augmenten significativament la probabilitat de fugues.

5.9.2.7. Riscos elèctrics

El **risc elèctric** és un dels riscos més freqüents a la indústria i, al mateix temps, un dels que pot provocar accidents més greus. Es deriva del contacte amb instal·lacions o equips elèctrics en tensió, ja sigui de manera directa o indirecta.

Els accidents elèctrics poden produir-se per:

- **Contacte directe:** quan una persona entra en contacte amb parts actives de la instal·lació elèctrica. Aquest tipus de contacte és el més perillós i pot provocar conseqüències molt greus, inclosa l'electrocució.
- **Contacte indirecte:** quan es toca una part metàl·lica que s'ha posat en tensió de manera accidental. Normalment, els efectes són menys greus, però poden causar lesions com cremades.

A aquests accidents se'ls denomina en general **electrització**, independentment de la gravetat de les conseqüències.

L'exposició a una descàrrega elèctrica pot provocar diferents efectes, com ara:

- Cremades de diferent gravetat.
- Aturada cardíaca.
- Asfíxia per afectació del sistema respiratori.
- Lesions neuromusculars, com paràlisi o contractures permanents.
- En casos extrems, la mort per electrocució.

A més dels efectes directes sobre les persones, el risc elèctric també pot provocar:

- Despreniment d'espurnes.
- Inici d'incendis.
- Explosions en entorns amb substàncies inflamables.

Aquests riscos augmenten especialment quan les instal·lacions no estan en bon estat o no reben el manteniment adequat.

La gravetat d'un accident elèctric depèn de diversos factors, entre els quals destaquen:

- Intensitat del corrent elèctric.
- Durada del contacte.
- Resistència del cos humà.
- Tensió aplicada.
- Freqüència del corrent.
- Trajecte del corrent a través del cos.
- Capacitat de reacció de la persona.

5.9.2.8. Riscos mecànics

Els **riscos mecànics** són aquells derivats del contacte amb objectes, equips, màquines o elements en moviment presents a l'entorn industrial. Aquest tipus de riscos poden provocar lesions greus als treballadors, especialment en activitats de producció i manteniment.

Dins d'aquesta categoria destaquen els **aixafaments** i les **projeccions de fragments o partícules**.

I. Aixafaments

Es produeixen quan una persona, o alguna part del seu cos, queda atrapada entre objectes en moviment o entre un element mòbil i un altre de fix. També poden produir-se per contactes violents amb equips, eines o maquinària.

Aquest tipus d'accidents poden provocar:

- Contusions i traumatismes.
- Fractures.
- Lesions musculars.
- Aixafaments de mans, braços o altres extremitats.

Els riscos augmenten especialment en zones amb maquinària mòbil, equips de transport o sistemes mecànics sense proteccions adequades.

Per reduir el risc d'aixafaments es necessari:

- Instal·lar proteccions i resguards a les màquines.
- Mantenir les zones de treball ordenades i senyalitzades.
- Realitzar manteniments periòdics dels equips.
- Formar els treballadors en l'ús segur de la maquinària.
- Utilitzar equips de protecció individual adequats.

II. Projeccions de fragments i partícules

Les projeccions de fragments, partícules o líquids constitueixen un risc important dins la indústria, especialment en processos químics i tasques de manteniment. Aquestes projeccions poden afectar principalment els ulls i la pell.

En l'àmbit industrial poden produir-se:

- Projeccions de líquids químics per fuites o ruptures de canonades.
- Esquitxades durant transvasaments de substàncies perilloses.
- Projecció de partícules sòlides en operacions amb productes pulverulents.
- Emissió de fragments durant treballs de manteniment o reparació.

Aquest tipus d'accidents poden provocar:

- Lesions oculars.
- Cremades químiques.
- Talls o ferides.
- Pèrdua parcial o total de la visió en casos greus.

Per reduir el risc de projeccions de fragments i partícules, es necessari:

- Revisar periòdicament canonades i equips a pressió.
- Protegir unions i brides de conduccions.
- Utilitzar procediments segurs en transvasaments.
- Emprar equips de protecció individual com ulleres, pantalles facials, roba resistent i calçat de seguretat.
- Garantir una correcta manipulació i neteja dels equips contaminants.

5.9.2.9. Riscos psicosocials

Els riscos psicosocials són aquells relacionats amb l'organització del treball, les condicions laborals i les relacions personals dins l'entorn professional. Aquests riscos poden afectar tant la salut física com la salut mental dels treballadors, influint directament en el seu benestar i rendiment laboral.

Els factors psicosocials inadequats poden generar situacions d'estrès, fatiga física i mental o problemes emocionals derivats de la pressió laboral.

Els riscos psicosocials solen estar associats a:

- Excés de càrrega de treball.
- Ritmes de treball elevats.
- Jornades prolongades o manca de descans.
- Pressió constant per complir objectius.
- Falta d'organització o planificació.
- Ambigüitat de funcions i responsabilitats.
- Mala comunicació dins l'empresa.
- Conflictes laborals o manca de suport social.
- Monotonia o treball repetitiu.

Els riscos psicosocials tenen un impacte important en la salut i el benestar laboral. Una correcta organització del treball i un entorn laboral saludable són fonamentals per prevenir l'estrès, la fatiga i altres problemes derivats de les condicions psicosocials inadequades.

L'exposició continuada a aquests factors pot provocar:

- Estrès laboral.
- Fatiga física i mental.
- Ansietat.
- Problemes de concentració.
- Alteracions del son.
- Disminució del rendiment laboral.
- Desmotivació i esgotament emocional.

En situacions prolongades, aquests riscos poden derivar en problemes de salut més greus i augmentar la probabilitat d'accidents laborals.

5.9.2.10. Riscos ergonòmics

Els **riscos ergonòmics** són aquells relacionats amb les condicions de treball i amb la manera en què el treballador desenvolupa les seves tasques. Aquest tipus de riscos apareixen principalment per males postures, manipulació manual de càrregues, moviments repetitius o esforços físics continus.

Els **sobreesforços** són un dels riscos ergonòmics més freqüents en l'àmbit laboral i es produeixen principalment durant la manipulació manual de càrregues o a causa de moviments bruscos, repetitius o realitzats de manera incorrecta.

Aquest tipus d'accidents poden afectar persones de qualsevol edat, no només treballadors d'edat avançada, i solen estar relacionats amb lesions musculars i articulars.

Els sobreesforços acostumen a produir-se per:

- Aixecament inadequat de càrregues.
- Moviments repetitius.
- Postures forçades o incorrectes.
- Manipulació de pesos excessius.
- Esforços físics continus durant períodes prolongats.

Els sobreesforços poden provocar:

- Dolors musculars.
- Lesions d'esquena.
- Contractures.
- Problemes articulars.
- Fatiga física.
- Lesions musculoesquelètiques cròniques.

Aquestes afectacions poden reduir la capacitat de treball i provocar baixes laborals.

Per reduir el risc de sobreesforç és necessari:

- Utilitzar mitjans mecànics per al moviment i aixecament de càrregues.
- Evitar manipular pesos excessius manualment.
- Formar els treballadors en tècniques correctes de manipulació.
- Adoptar postures adequades tant en posició estàtica com durant l'aixecament de càrregues.
- Organitzar el treball per reduir esforços repetitius i innecessaris.

5.9.2.11. Riscos de caigudes

Les **caigudes de persones** són un dels accidents més habituals en l'entorn laboral i es poden classificar en dos grans grups: caigudes al mateix nivell i caigudes a diferent nivell o des d'altura. Tot i que les caigudes al mateix nivell són més freqüents, les caigudes des d'altura solen provocar lesions més greus.

I. Caigudes al mateix nivell

Les caigudes al mateix nivell es produeixen quan una persona cau sobre la mateixa superfície on està caminant o treballant. Normalment són causades per relliscades, ensopegades o empentes. Encara que sovint no generen lesions greus, són accidents molt habituals i poden provocar contusions, esquinços o lesions lleus.

Per reduir aquest tipus de risc és important:

- Mantenir els terres nets, secs i ordenats.
- Retirar immediatament vessaments utilitzant materials absorbents.
- Reparar superfícies en mal estat i fer inspeccions periòdiques.
- Utilitzar paviments antilliscants, impermeables i de fàcil neteja.
- Evitar pràctiques que augmentin la lliscament, com el mal ús de productes de neteja.
- Caminar amb atenció i evitar córrer en zones de treball.
-

II. Caigudes a diferent nivell o des d'altura

Les caigudes a diferent nivell es produeixen quan una persona cau des d'una altura superior a la superfície on es troba. La gravetat de les lesions depèn directament de l'altura de caiguda, i poden ser molt importants. Aquest tipus d'accidents requereix una especial atenció, ja que poden provocar danys greus o irreversibles.

Per evitar aquest tipus de caigudes cal:

- Mantenir escales i superfícies de treball netes i seques.
- Utilitzar escales en bon estat, amb elements antilliscants i estabilitzadors adequats.
- Col·locar correctament les escales, amb un angle segur i en zones sense obstacles.
- No situar escales davant de portes o zones de pas.
- Utilitzar escales de manera correcta, pujant i baixant amb seguretat.
- Fer ús d'equips de protecció individual com arnesos quan es treballa a més de 2 metres d'altura.

La prevenció de caigudes requereix tant el manteniment adequat de les instal·lacions com la detecció i correcció de condicions perilloses. La formació dels treballadors i el compliment de les normes de seguretat són essencials per reduir la sinistralitat.

5.9.3. Mesures generals de prevenció de riscos

En l'àmbit industrial, la identificació dels diferents tipus de risc constitueix només la primera fase dins del procés de prevenció de riscos laborals. Per garantir la seguretat dels treballadors, de les instal·lacions i del medi ambient, és imprescindible establir i aplicar mesures preventives específiques adaptades a cada tipologia de risc, ja sigui químic, físic, mecànic o ambiental. Aquestes mesures permeten reduir la probabilitat d'accidents i minimitzar-ne les conseqüències, assegurant un entorn de treball segur i controlat.

A continuació, es descriuen els principals mètodes i estratègies de prevenció utilitzats en la indústria per al control dels riscos més habituals i rellevants.

5.9.3.1. Prevenció de riscos físics

La prevenció dels riscos físics en l'entorn laboral requereix un conjunt de mesures tècniques, organitzatives i individuals destinades a reduir o eliminar l'exposició dels treballadors a agents com el soroll, les vibracions, les radiacions i les condicions ambientals extremes (temperatura i humitat). Aquestes mesures s'han d'aplicar de manera integrada, prioritzant sempre l'eliminació del risc en origen.

I. Soroll: La prevenció del soroll en l'entorn laboral es basa principalment en reduir-ne l'emissió a l'origen i limitar-ne la propagació fins al treballador. En primer lloc, és fonamental actuar sobre la maquinària, mitjançant el manteniment adequat dels equips o la seva substitució per models més silenciosos. També és habitual l'aïllament acústic de les fonts de soroll o la instal·lació de materials que absorbeixin el so en les zones de treball.

Quan aquestes mesures no són suficients, es recorre a l'organització del treball, reduint el temps d'exposició o establint pauses. Finalment, es complementa amb l'ús d'equips de protecció individual, com taps o cascos antisoroll, per reduir l'impacte directe sobre l'oïda.

II. Vibracions: Les mesures preventives davant les vibracions es centren en disminuir la transmissió del moviment al cos del treballador. Això s'aconsegueix principalment mitjançant el manteniment de la maquinària i l'ús d'equips que incorporin sistemes d'amortiment o reducció de vibracions.

També és important limitar el temps d'exposició, organitzant rotacions de llocs de treball o pauses durant la jornada laboral. En alguns casos, s'utilitzen elements de protecció com guants antivibració o seients especials que redueixen l'impacte sobre el cos sencer.

III. Temperatura i humitat: Per prevenir els riscos derivats de temperatures extremes, les mesures se centren en mantenir unes condicions ambientals adequades dins del lloc de treball. Això inclou la ventilació correcta dels espais, la climatització i el control de la humitat per evitar situacions de calor o fred excessiu.

També és important adaptar l'organització del treball, evitant esforços intensos en moments de temperatures elevades i establint pauses per recuperar l'organisme. A més, es proporciona roba de protecció adequada segons si es tracta d'ambients calorosos o freds, amb l'objectiu de mantenir l'equilibri tèrmic del cos.

V.Radiacions: Les mesures preventives davant les radiacions es basen principalment en evitar l'exposició directa o reduir-la al mínim possible. Això s'aconsegueix mitjançant l'aïllament de les fonts emissores i la senyalització de les zones on existeix risc.

Quan no és possible eliminar completament l'exposició, s'utilitzen equips de protecció individual com ulleres, pantalles facials o roba especial segons el tipus de radiació. També es limita el temps d'exposició i s'aplica un control estricte de les condicions de treball, especialment en el cas de radiacions ionitzants o processos industrials específics com la soldadura.

5.9.3.2. Prevenció de riscos químics

L'objectiu principal dins d'una indústria química és evitar que s'hagi de posar en marxa el pla d'emergència per vessaments o fugues. Per aconseguir-ho, és fonamental disposar d'un pla de prevenció d'emissions que permeti reduir o eliminar el risc d'aquests incidents.

Després de la fase de muntatge de la instal·lació, es considera una etapa clau per evitar possibles defectes i errors. En aquesta fase, és necessari complementar els detalls del projecte i assegurar que la instal·lació compleixi totes les mesures de seguretat establertes, com les recollides a la **NTP 363 [21]**.

Durant el muntatge de canonades i equips, s'han d'adoptar diverses mesures preventives:

- Evitar el muntatge de canonades subterrànies. En el cas de fluids molt perillosos, s'ha de valorar l'ús de doble canonada o sistemes equivalents que evitin fugues incontrolades.
- Utilitzar mà d'obra especialitzada per garantir una instal·lació segura i correcta.

- No fixar rígidament les canonades mitjançant soldadures o suports que impedeixin la seva dilatació tèrmica.
- Verificar que els suports i fixacions no impedeixin la lliure expansió del tub.
- Evitar que les canonades estiguin en contacte directe amb el terra o passin per zones susceptibles a inundacions.
- Disposar de sistemes de drenatge adequats per buidar canonades d'aigua i evitar riscos de gelades.
- Instal·lar vàlvules de purga abans de les bombes per facilitar el manteniment i la seguretat del sistema.
- Assegurar que no quedin retencions d'aigua entre superfícies metàl·liques de la instal·lació.

Un cop finalitzada la instal·lació, és imprescindible realitzar una sèrie de comprovacions:

- Verificar que s'han eliminat tots els suports provisionals.
- Comprovar que les derivacions temporals han estat substituïdes per elements definitius.
- Confirmar que la instal·lació respecta la direcció del flux dels fluids segons el projecte.
- Assegurar que el pendent de les canonades coincideix amb el que s'indica al disseny.
- Revisar que no hi hagi extrems de canonades sense circulació, on es puguin acumular líquids corrosius o residus.
- Comprovar que les canonades no presentin vibracions que puguin afectar la seva integritat.

En indústries on s'utilitzen productes químics amb risc d'inflamabilitat, toxicitat o corrosivitat, és imprescindible disposar d'un pla d'emergència ben definit. Davant d'un vessament o fuga, la seqüència d'actuació habitual és la següent:

- Allunyar-se immediatament de la zona perillosa i situar-se en un lloc segur.
- Identificar el producte químic, si és possible.
- Informar de l'accident i alertar si hi ha ferits, aplicant primers auxilis si cal.
- Aïllar la zona afectada.
- Informar-se sobre els riscos específics del producte.
- Equipar-se amb els equips de protecció adequats.
- Contenir el vessament o la fuga.
- Netejar la zona i gestionar correctament els residus generats.

En el cas concret del **formaldehid**, és essencial controlar l'exposició, ja que es tracta d'una substància altament volàtil, irritant i potencialment tòxica per inhalació i contacte. A més, pot provocar efectes greus sobre la salut en exposicions prolongades, per la qual cosa el seu control en ambient industrial és prioritari.

Per reduir els riscos associats, es recomanen les següents mesures:

I. Sistemes de ventilació i extracció localitzada per reduir la concentració de vapors de formaldehid a l'aire, especialment en zones de manipulació, emmagatzematge i transferència del producte.

II. Ús de detectors de gasos o sistemes de monitoratge ambiental, específics per a compostos orgànics volàtils (COV), que permetin detectar possibles fuites o increments perillosos de concentració.

III. Emmagatzematge adequat de les substàncies químiques, mantenint el formaldehid en recipients hermèticament tancats, en zones fresques, ventilades i allunyades de fonts de calor o incompatibles químiques.

IV. Formació contínua del personal en prevenció de riscos, incloent el coneixement de les fitxes de dades de seguretat (FDS), protocols d'actuació davant de fuites i manipulació segura del producte.

V. Utilització d'equips de protecció individual (EPI) adequats, com:

- Protecció ocular (ulleres tancades contra esquitxades i vapors)
- Mascaretes o respiradors amb filtres adequats per a vapors orgànics
- Roba protectora resistent a productes químics
- Calçat de seguretat antilliscant i resistent a agents químics

Aquestes mesures permeten minimitzar l'exposició dels treballadors i reduir significativament el risc associat a la manipulació del formaldehid dins de la instal·lació industrial.

5.9.3.3. Prevenció de riscos biològics

L'objectiu principal de la prevenció dels riscos biològics és evitar l'exposició dels treballadors a agents microbiològics que puguin provocar infeccions o altres efectes sobre la salut, garantint un entorn de treball segur i controlat.

Per aconseguir-ho, s'apliquen les següents mesures preventives:

I. Higiene personal adequada, especialment el rentat freqüent de mans amb sabó o solucions desinfectants, així com evitar el contacte directe amb zones potencialment contaminades.

II. Neteja i desinfecció regular de les instal·lacions, equips i superfícies de treball, utilitzant productes desinfectants adequats i protocols establerts per mantenir unes condicions higièniques òptimes.

III. Utilització d'equips de protecció individual (EPI) com guants, mascaretes, ulleres i roba de protecció, per evitar el contacte directe amb agents biològics o aerosols potencialment contaminants.

IV. Gestió adequada dels residus, assegurant la correcta separació, manipulació i eliminació dels materials contaminats per evitar la propagació de microorganismes.

V. Formació i sensibilització del personal, per garantir el coneixement dels protocols de seguretat i la correcta actuació davant possibles exposicions.

5.9.3.4. Prevenció d'incendi

La prevenció del risc d'incendi en l'àmbit industrial és un element fonamental de la seguretat laboral, especialment en processos on es manipulen substàncies inflamables, es treballa amb gasos combustibles o es desenvolupen operacions a temperatures elevades. L'objectiu principal és evitar la formació d'atmosfera inflamables i controlar qualsevol possible font d'ignició, reduint així la probabilitat d'inici d'un incendi i limitant-ne les conseqüències en cas que es produeixi.

Un dels aspectes clau en la prevenció és el control de les condicions d'inflamabilitat de les substàncies presents al procés. Perquè es produeixi combustió, és necessari que la concentració del combustible es trobi dins dels límits d'inflamabilitat, per tant, és essencial mantenir aquestes concentracions fora d'aquest rang mitjançant una ventilació adequada, el control de les emissions i sistemes de monitoratge continu. De la mateixa manera, factors com la temperatura i la pressió influeixen directament en la possibilitat d'ignició, fet que requereix un control rigorós de les condicions operatives en tot moment.

Per reduir el risc d'incendi en entorns industrials, s'apliquen diverses mesures preventives generals:

I. Control de fonts d'ignició, evitant espurnes, superfícies calentes, electricitat estàtica i l'ús d'equips no adequats en zones amb presència de substàncies inflamables o atmosferes potencialment explosives

II. Operació en sistemes tancats, amb l'objectiu de minimitzar l'alliberament de vapors inflamables i reduir el contacte amb l'aire

III. Ventilació i detecció contínua de gasos, especialment en zones on es manipulen, emmagatzemen o transfereixen substàncies inflamables, per evitar concentracions dins del rang d'inflamabilitat

IV. Emmagatzematge segur de substàncies inflamables, en recipients i instal·lacions adequades, amb separació de productes incompatibles i, quan sigui necessari, sistemes de control tèrmic

V. Sectorització de les instal·lacions en zones de risc, per limitar la propagació d'un possible incendi i garantir l'ús d'equips adequats segons el nivell de perillositat

VI. Sistemes automàtics de control de procés, que permeten regular variables com la temperatura, la pressió i la composició de les mescles per mantenir condicions segures de funcionament

VII. Formació del personal en matèria de seguretat contra incendis, incloent la manipulació segura de substàncies inflamables, la detecció de situacions de risc i la resposta davant emergències

VIII. Plans d'emergència i evacuació, adaptats a entorns industrials amb risc d'incendi i explosions, per garantir una resposta ràpida i organitzada en cas d'accident

En general, la protecció contra incendis en instal·lacions industrials es divideix en dos grans blocs:

Protecció passiva: orientada a limitar la propagació del foc i protegir l'estructura

- Compartimentació de zones de risc
- Ús de materials resistents al foc
- Disseny segur de vies d'evacuació
- Separació i distàncies de seguretat entre equips i instal·lacions crítiques

Protecció activa: destinada a la detecció i extinció del foc

- Sistemes de detecció d'incendis i gasos inflamables
- Extintors adequats segons el tipus de foc
- Boques d'incendi equipades i sistemes d'aigua polvoritzada
- Sistemes d'extinció amb escuma o CO₂ en zones de risc elevat
- Sistemes de parada d'emergència dels processos industrials

En cas d'incendi, les estratègies d'extinció es basen en la interrupció dels elements del triangle del foc:

- Eliminació del combustible mitjançant el tall o bloqueig de fluxos de substàncies inflamables i l'aturada de processos
- Refrigeració dels equips i materials per reduir la temperatura per sota del punt d'ignició
- Sufocació del foc reduint la concentració d'oxigen amb agents com CO₂ o escumes
- Inhibició de la reacció en cadena mitjançant agents extintors químics adequats per a focs de líquids i gasos inflamables

Aquest tipus de mesures s'ha de complementar amb el compliment de la normativa de seguretat industrial vigent, especialment el Reglament de seguretat contra incendis en establiments industrials **Reial decret 2267/2004 (RSCIEI) [22]**, el Reglament d'instal·lacions de protecció contra incendis **Reial decret 513/2017 (RIPCI) [23]**, les condicions mínimes de seguretat als llocs de treball establertes pel **Reial decret 486/1997 [7]**, i la normativa ATEX **Directiva 2014/34/UE i Directiva 1999/92/CE**, essencial en entorns amb atmosferes potencialment explosives.

5.9.3.5. Prevenció d'explosions

El risc d'explosió en l'àmbit industrial està estretament relacionat amb la possible formació d'atmosferes explosives (ATEX), que poden aparèixer quan es combinen substàncies inflamables amb oxigen en determinades condicions de concentració, temperatura i pressió. Per aquest motiu, la prevenció i el control d'aquest risc són fonamentals i es basen

principalment en el que estableix el **Reial decret 681/2003 [24]**, que regula la protecció de la salut i seguretat dels treballadors davant els riscos derivats d'atmosferes explosives.

L'objectiu principal és evitar la formació de mescles inflamables dins del rang d'explosivitat i, en cas que aquestes es produeixin, impedir la seva ignició o limitar al màxim les conseqüències derivades d'una possible explosió.

Per reduir el risc d'explosió en instal·lacions industrials, s'apliquen les següents mesures preventives generals:

I. Formació i informació del personal, assegurant que els treballadors coneguin els riscos associats a atmosferes explosives, així com els procediments de treball segur i les actuacions a seguir en cas d'emergència

II. Control de concentracions inflamables, mantenint les substàncies fora del rang d'inflamabilitat mitjançant ventilació adequada, monitoratge continu i control rigorós dels processos

III. Millora de la ventilació, especialment en zones on es pugui produir emissió de vapors o gasos inflamables, per evitar acumulacions perilloses

IV. Inertització de sistemes, utilitzant gasos inerts com el nitrogen per reduir la concentració d'oxigen i evitar la formació d'atmosferes explosives

V. Evacuació i canalització de gasos inflamables cap a sistemes segurs de tractament o eliminació, com torxes o sistemes de combustió controlada

VI. Sistemes d'alleujament de pressió, com vàlvules de seguretat o discs de ruptura, per evitar sobrepressions en cas de reaccions descontrolades

VII. Ús d'equips certificats per a zones ATEX, evitant qualsevol font d'ignició elèctrica, mecànica o tèrmica en zones classificades

VIII. Posada a terra i equipotencialitat, especialment en operacions amb líquids o gasos inflamables, per evitar descàrregues d'electricitat estàtica

IX. Aïllament d'equips i recipients a pressió, separant-los de les zones de treball per reduir l'exposició de les persones al risc

X. Aïllament tèrmic dels equips, per evitar increments de temperatura que puguin afavorir sobrepressions o reaccions perilloses

XI. Robustesa estructural de les instal·lacions, amb dissenys preparats per resistir possibles sobrepressions i efectes d'una explosió

A més de les mesures de prevenció, també s'apliquen estratègies per limitar els efectes d'una possible explosió:

- Disseny de zones segures i compartimentació de les instal·lacions per reduir la propagació dels efectes
- Instal·lació de barreres físiques i sistemes de contenció per limitar danys materials i personals
- Implementació de procediments d'emergència i sistemes de parada segura del procés (ESD)
- Ús d'equips de protecció individual adequats, com roba antiestàtica i calçat de seguretat

Aquest conjunt de mesures permet controlar de manera efectiva el risc d'explosió en instal·lacions industrials, garantint la seguretat dels treballadors i de les instal·lacions.

5.9.3.6. Prevenció de risc elèctric

En instal·lacions industrials en general, el risc elèctric es considera un factor crític, ja que pot actuar com a font d'ignició d'incendis o explosions, especialment en entorns on hi ha presència de substàncies inflamables o equips en funcionament continu. Per aquest motiu, la seva prevenció requereix l'aplicació d'un conjunt de mesures tècniques, organitzatives i de control rigorós.

El marc normatiu principal que regula aquestes actuacions és el **Reial decret 614/2001 [25]**, sobre la protecció dels treballadors davant del risc elèctric, i el **Reial decret 842/2002 [25]**, pel qual s'aprova el Reglament Electrotècnic per a Baixa Tensió (REBT). Aquestes normatives estableixen l'obligació d'avaluar els riscos, mantenir les instal·lacions en condicions segures i aplicar procediments de treball adequats.

Per reduir el risc elèctric en una instal·lació industrial, s'apliquen les següents mesures:

I. Disseny adequat de les instal·lacions elèctriques, adaptades a les condicions de treball i a la possible presència de zones amb risc d'atmosfera explosiva.

II. Ús d'equips elèctrics homologats i certificats, especialment en zones amb risc d'atmosfera explosiva.

III. Senyalització i informació de seguretat, amb indicacions de perill elèctric i restriccions d'accés a personal no autoritzat.

IV. Desconnexió d'equips abans de qualsevol intervenció, assegurant la inexistència de tensió en les operacions de manteniment.

V. Revisió i manteniment periòdic de les instal·lacions, incloent cables, connexions, aïllaments i sistemes de protecció.

VI. Aïllament de materials inflamables respecte de les instal·lacions elèctriques, per evitar que una fallada elèctrica es converteixi en font d'ignició.

VII. Aïllament de conductors i protecció de parts actives, per evitar contactes accidentals.

Per garantir la seguretat en intervencions elèctriques s'apliquen les anomenades cinc regles:

- Desconnectar la instal·lació i deixar-la sense tensió.
- Prevenir qualsevol possible realimentació, bloquejant i senyalitzant els dispositius de maniobra.
- Comprovar l'absència de tensió amb equips de mesura adequats.
- Posar a terra i en curtcircuit les parts de la instal·lació per evitar tensions accidentals.
- Delimitar i senyalitzar la zona de treball, protegint-la de parts properes en tensió.

Contactes directes: es produeixen quan una persona entra en contacte amb parts actives de la instal·lació. Les mesures preventives són:

- Aïllament de les parts actives
- Interposició d'obstacles físics per evitar contactes accidentals
- Recobriments amb materials aïllants que mantinguin les seves propietats amb el temps

Contactes indirectes: es produeixen quan una massa metàl·lica accidentalment es posa en tensió. Les mesures principals són:

- Posada a terra de les masses, derivant possibles corrents cap al terra
- Tensions de seguretat, utilitzant sistemes de baixa tensió en determinats equips
- Separació de circuits mitjançant transformadors d'aïllament
- Aïllament doble com a sistema de protecció addicional sense necessitat de conductor de protecció

Protecció davant sobreintensitats i sobretensions

Les fallades elèctriques poden generar sobreescalfaments o espurnes capaces de provocar incendis o explosions en entorns amb atmosferes perilloses. Per això, es duen a terme les següents mesures:

- Disseny correcte de les instal·lacions segons la càrrega prevista
- Protecció mitjançant interruptors automàtics davant sobrecàrregues i curtcircuits
- Instal·lació de dispositius de protecció contra sobretensions (descàrregues atmosfèriques o induïdes)
- Manteniment periòdic dels sistemes elèctrics per detectar defectes en aïllaments o connexions
- Ús d'elements de protecció reglamentaris segons el REBT
- Posada a terra de totes les masses metàl·liques
- Control i revisió periòdica de totes les instal·lacions elèctriques
- Desconnexió d'equips abans de qualsevol intervenció
- Formació del personal en risc elèctric i procediments segurs de treball

Aquest conjunt de mesures permet minimitzar el risc elèctric en instal·lacions industrials, evitant que els sistemes elèctrics es converteixin en un focus d'ignició o de perill dins de l'entorn de treball.

5.10. Riscos específics de la planta MF

La planta MF presenta una elevada complexitat operativa pròpia de la indústria química, derivada de la manipulació de substàncies inflamables, tòxiques i potencialment corrosives, així com de l'existència de processos que treballen en condicions controlades de temperatura i pressió.

En una instal·lació dedicada a la producció de formaldehid a partir de metanol i aire, resulta imprescindible identificar i analitzar els riscos específics associats a l'activitat, amb la finalitat de prevenir accidents, garantir la seguretat dels treballadors i protegir la integritat de les instal·lacions i del medi ambient.

Els riscos més significatius en aquest tipus de planta inclouen el risc d'incendi, el risc d'explosió, el risc de fuites de substàncies químiques, el risc elèctric i altres riscos laborals derivats de l'activitat industrial. A continuació es descriuen aquests riscos específics, així com les principals mesures preventives i de control associades a cadascun d'ells.

5.10.1. Risc químic

El risc químic en la planta MF està determinat per la presència de diferents substàncies que intervenen directament en el procés i que presenten propietats perilloses que poden afectar tant la salut de les persones com la seguretat de les instal·lacions.

El **metanol** és una substància altament inflamable i amb toxicitat aguda, fet que implica un risc important d'incendi i d'intoxicació en cas d'exposició per inhalació, contacte o ingestió. A més, els seus vapors poden formar mescles inflamables amb l'aire, augmentant la probabilitat de situacions perilloses en cas de fuga.

El **formaldehid** presenta un caràcter corrosiu i toxicitat aguda, i és especialment perillós per la seva capacitat d'afectar les vies respiratòries, la pell i els ulls. L'exposició a aquesta substància pot provocar irritacions greus i efectes nocius sobre la salut, especialment en casos d'exposició continuada o concentracions elevades.

L'**oxigen**, tot i no ser tòxic, actua com a agent comburent i pot intensificar de manera significativa qualsevol procés de combustió. Aquesta característica el converteix en un factor clau en el risc d'incendi i explosió, especialment quan es troba en contacte amb substàncies inflamables. A més, el seu emmagatzematge com a gas a pressió implica un risc addicional en cas de fuga o ruptura de contenidors.

En conjunt, la combinació d'aquestes substàncies fa necessari un control estricte de les condicions de procés, la prevenció de fuites i la implementació de mesures de seguretat adequades per minimitzar el risc químic global de la instal·lació.

5.10.2. Risc d'incendi

Un incendi és una combustió no controlada que es produeix quan coincideixen un combustible, un comburent i una font d'ignició, configurant el denominat triangle del foc. En una planta de producció de formaldehid, aquest risc adquireix una especial rellevància a causa de la presència de substàncies inflamables com el metanol i de la possible generació de vapors combustibles durant les diferents etapes del procés industrial.

La probabilitat d'incendi es concentra principalment en les operacions d'emmagatzematge, bombeig, càrrega i descàrrega de metanol, així com en les zones de procés, especialment al voltant del reactor i de les línies de transferència, on poden coexistir substàncies inflamables i fonts potencials d'ignició.

Les principals fonts d'ignició presents a la planta poden ser:

- Espurnes elèctriques.
- Electricitat estàtica.
- Superfícies calentes.
- Equips mecànics.
- Operacions de manteniment amb flama o soldadura.

Per minimitzar el risc d'incendi, s'adoptaran les següents mesures preventives:

- Instal·lació d'equips certificats ATEX.
- Connexió a terra de canonades, tancs i equips metàl·lics.
- Sistemes automàtics de detecció i alarma.
- Xarxa contra incendis amb hidrants i extintors.
- Sectorització de les zones amb major càrrega de foc.
- Ventilació adequada de les àrees de procés.
- Formació específica del personal en emergències i extinció d'incendis.

A continuació es mostren els principals riscos d'incendi associats a les substàncies presents a la planta.

Taula 5.20. Risc d'incendi a la planta MF.

Substància	Perill	Prevenció	Lluita contra incendis
Metanol	Líquid altament inflamable. Forma mescles explosives amb l'aire.	Sistema tancat, ATEX, ventilació, connexió a terra.	Escuma resistent a alcohols, CO ₂ , pols química seca.
Solució de formaldehid 37%	Baixa inflamabilitat, però pot alliberar vapors combustibles en escalfament o fuga.	Emmagatzematge tancat i ventilat, control de temperatura.	Aigua polvoritzada, escuma i CO ₂ .
Aire	Comburent que afavoreix la combustió.	Control de mescles i ventilació adequada.	Tall del procés i confinament de l'àrea.
Oli tèrmic	Combustible a alta temperatura.	Control de temperatura i manteniment preventiu.	Escuma i pols química seca.

5.10.3. Risc d'explosió

El risc d'explosió en la planta està directament relacionat amb la possible formació d'atmosferes explosives generades per vapors inflamables, especialment en presència de substàncies com el metanol i en condicions en què aquests vapors poden acumular-se i barrejar-se amb l'aire dins del rang d'inflamabilitat. Aquest risc és especialment rellevant en zones de procés, emmagatzematge o transferència, on poden produir-se fuites o situacions de ventilació insuficient.

El risc d'explosió està associat a la formació d'aquestes mescles inflamables de vapors amb aire, que en presència d'una font d'ignició poden provocar una combustió extremadament ràpida, amb alliberament sobtat d'energia i generació de sobrepressió.

Les causes principals són:

- Acumulació de vapors de metanol.
- Espurnes o electricitat estàtica.
- Sobrepressió en equips.
- Fallades en sistemes de ventilació.
- Fuites no detectades.

Per reduir aquest risc s'aplica classificació ATEX, ventilació forçada, control de temperatura i pressió, connexió a terra i sistemes de detecció de gasos.

A continuació es presenta la classificació del risc d'explosió en funció de les substàncies i equips implicats.

Taula 5.21. Risc d'explosió a la planta MF..

Substància	Perill	Prevenció	Mesures en cas d'explosió
Metanol	Formació d'atmosferes explosives amb aire.	Ventilació, eliminació d'ignició i ATEX.	Evacuació i aïllament de la zona.
Solució de formaldehid 37%	Baix risc directe, possible contribució per evaporació de metanol.	Control de temperatura i sistema tancat.	Activació del pla d'emergència.
Aire	Comburent necessari per a la reacció.	Control de mescles inflamables.	Inertització i parada del procés.
Vapors de metanol	Alt risc d'explosió en determinades concentracions.	Detecció i ventilació.	Despressurització i evacuació.
Equips a pressió	Possibles ruptures per sobrepressió.	Vàlvules de seguretat i manteniment.	Despressurització controlada.

5.10.4. Risc de fuites

Les fuites constitueixen un dels riscos més crítics en la planta, especialment a causa de la presència de substàncies com el metanol i la solució aquosa de formaldehid, que poden generar situacions perilloses tant per a la salut de les persones com per a la seguretat de les instal·lacions i del medi ambient.

Les causes principals són:

- Fallades en juntes, brides i vàlvules
- Corrosió dels materials i equips
- Sobrepressió en línies i recipients
- Errors operatius durant la manipulació o transferència
- Manteniment insuficient o inadequat de les instal·lacions

Les conseqüències poden ser:

- Exposició tòxica al formaldehid i altres vapors perillosos
- Risc d'incendi associat a fuites de metanol inflamable
- Contaminació ambiental del sòl, aire o aigües
- Irritacions respiratòries, oculars i cutànies en els treballadors

Per reduir aquest risc s'apliquen mesures com inspeccions periòdiques de les instal·lacions, sistemes de detecció de fuites, cubetes de retenció per a productes químics, vàlvules automàtiques de tall i sistemes de ventilació adequats a les zones de procés.

A continuació es presenta la classificació del risc de fuites segons les substàncies presents a la planta.

Taula 5.22. Risc de fuga a la planta MF..

Substància	Perill	Prevenció	Mesures en cas de fuga
Metanol	Tòxic i inflamable.	Sistema tancat i inspeccions periòdiques.	Eliminació d'ignició i ventilació.
Solució de formaldehid 37%	Tòxic i irritant per inhalació i contacte.	Detecció de fuites i sistema tancat.	Evacuació i ús d'EPI químic.
Aire	Pot dispersar vapors peril·losos.	Ventilació controlada.	Aïllament de la zona.
Oli tèrmic	Risc de cremades i incendi secundari.	Control d'estanquitat.	Contenció i neteja del vessament.

5.10.5. Risc elèctric

El risc elèctric està present en tota la planta de producció de formaldehid a causa de la utilització contínua d'equips elèctrics, motors, sistemes de control, instrumentació i elements d'automatització del procés industrial. Aquest risc adquireix una especial rellevància en entorns on poden aparèixer atmosferes inflamables degut a la presència de vapors de metanol, ja que una fallada elèctrica pot actuar com a font d'ignició i desencadenar situacions d'incendi o explosió.

Els principals riscos associats al sistema elèctric de la planta són:

- Contacte directe amb parts en tensió
- Contacte indirecte amb masses electrificades
- Sobrecàrregues i curtcircuits en la instal·lació
- Acumulació d'electricitat estàtica, especialment en zones amb presència de vapors de metanol
- Incendis d'origen elèctric que poden afectar equips i processos

Per reduir aquests riscos s'apliquen diverses mesures preventives basades en la normativa de seguretat industrial:

- Posada a terra de tots els equips i estructures metàl·liques
- Instal·lació d'interruptors diferencials i proteccions magnetotèrmiques
- Aïllament adequat de conductors i components elèctrics
- Utilització d'equips certificats ATEX en zones amb risc d'atmosfera explosiva
- Realització de manteniment preventiu periòdic de les instal·lacions

Aplicació de procediments de bloqueig i consignació (LOTO) durant intervencions

A continuació es presenta la classificació dels principals riscos elèctrics presents a la planta, així com les mesures de prevenció associades.

Taula 5.23. Risc elèctric a la planta MF..

Tipus de risc	Perill	Prevenció	Mesures de protecció
Contacte directe	Contacte amb parts de la instal·lació en tensió.	Aïllament de conductors i proteccions físiques.	Ús d'EPI dielèctrics (guants, calçat i eines aïllades).
Contacte indirecte	Electrificació accidental de masses metàl·liques.	Posada a terra de totes les estructures.	Desconnexió automàtica mitjançant diferencials.
Sobrecàrrega	Augment excessiu del corrent en circuits.	Proteccions magnetotèrmiques i dimensionament adequat.	Tall automàtic del subministrament elèctric.
Electricitat estàtica	Generació d'espurnes en zones amb vapors de metanol.	Connexió a terra i control d'humitat ambiental.	Materials antiestàtics i equips ATEX.
Curtcircuit	Fallada elèctrica amb risc d'incendi.	Manteniment i protecció de circuits.	Desconnexió immediata del sistema.

5.10.6. Riscos laborals

Els riscos laborals engloben el conjunt de situacions derivades de les condicions de treball que poden afectar la seguretat i la salut dels treballadors. En una planta de producció de formaldehid, aquests riscos estan associats tant a la manipulació de substàncies químiques com al funcionament d'equips industrials, les condicions ambientals i l'organització del treball.

Els principals riscos laborals identificats en la planta són:

- Exposició a agents químics (metanol i solució de formaldehid al 37%).
- Riscos mecànics derivats de l'ús d'equips en moviment.
- Riscos físics com soroll, vibracions i temperatures elevades (oli tèrmic).
- Riscos ergonòmics associats a la manipulació de càrregues i postures forçades.
- Riscos psicosocials derivats dels torns de treball i la càrrega mental.

Per tal de minimitzar aquests riscos, s'apliquen diverses mesures preventives basades en la protecció col·lectiva, l'organització del treball i l'ús d'equips de protecció individual:

- Formació específica dels treballadors en seguretat industrial i manipulació de productes químics.
- Ús obligatori d'equips de protecció individual (EPI) adequats a cada tasca.
- Senyalització de zones de risc i procediments de treball segur.
- Manteniment preventiu dels equips i instal·lacions.
- Control de l'exposició a agents químics mitjançant ventilació i sistemes tancats.
- Vigilància periòdica de la salut dels treballadors.

A continuació es presenta la classificació dels principals riscos laborals identificats a la planta, així com les seves conseqüències i mesures preventives associades.

Taula 5.24. Risc laboral a la planta MF.

Tipus de risc	Descripció	Possibles conseqüències	Prevenció
Químic	Exposició a metanol i solució de formaldehid al 37% per inhalació, contacte o ingestió accidental.	Intoxicacions, irritacions cutànies i respiratòries, efectes crònics per exposició prolongada.	Sistemes tancats, ventilació localitzada i ús d'EPI químic.
Mecànic	Contacte amb equips en moviment com bombes, compressors i agitadors.	Talls, atrapaments, contusions i fractures.	Proteccions mecàniques, manteniment i bloqueig de seguretat.
Físic	Exposició a soroll, vibracions i temperatures elevades associades a l'oli tèrmic.	Fatiga, pèrdua auditiva, estrès tèrmic i malestar general.	Aïllament acústic, protecció auditiva i control de temperatura.
Ergonòmic	Manipulació manual de càrregues i postures forçades durant operacions.	Lesions musculoesquelètiques i fatiga crònica.	Ajuts mecànics, formació ergonòmica i automatització de tasques.
Psicosocial	Treball a torns, pressió operativa i càrrega mental elevada.	Estrès, ansietat, fatiga mental i disminució del rendiment.	Organització de torns, pauses adequades i suport organitzatiu.

5.11 Seguretat de la planta

5.11.1 Protecció contra incendis

El foc en entorns industrials químics és una reacció de combustió que es produeix quan un material combustible reacciona de manera ràpida amb un comburent, habitualment l'oxigen de l'aire, alliberant energia en forma de calor i, sovint, de flama i emissió de gasos. Perquè es produeixi aquest fenomen és necessària la coexistència de tres elements: un **combustible**, un **comburent** i una **font d'energia d'activació**. Aquesta relació es coneix com el triangle del foc, al qual habitualment s'afegeix el concepte de **reacció en cadena**, que permet la propagació del procés de combustió i completa el denominat tetraedre del foc.

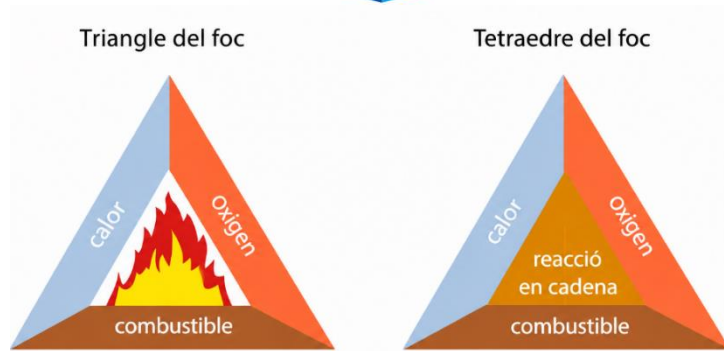


Figura 5.9. Triangle i tetraedre de foc.

Combustible

El combustible és qualsevol substància capaç de reaccionar amb un comburent, habitualment l'oxigen de l'aire, mitjançant un procés d'oxidació ràpida i exotèrmica, generant alliberament d'energia en forma de calor i, en molts casos, flama i emissió de gasos. En entorns industrials, la major part dels combustibles es presenten en forma de líquids volàtils o gasos, els quals poden generar atmosferes inflamables en determinades condicions de temperatura i concentració.

En la planta MF, els principals combustibles identificats són el **metanol**, tant en fase líquida com en fase vapor, així com les mescles gasoses intermèdies del procés que contenen compostos orgànics volàtils com el propi metanol i el formaldehid. Addicionalment, alguns materials auxiliars presents en equips i instal·lacions (lubricants, juntes i elements polimèrics) poden actuar com a combustibles secundaris en cas d'incendi.

Comburent

En la planta MF, el principal agent comburent és l'oxigen present a l'aire de procés, amb una concentració aproximada del 21%. Aquest oxigen actua com a oxidant necessari per a la reacció d'oxidació del metanol en la secció de reacció (A-200), on es produeix formaldehid mitjançant el procés Formox.

Tot i ser un element essencial per al procés productiu, la presència d'oxigen també incrementa el risc d'incendi, especialment en combinació amb vapors de metanol, ja que pot afavorir la formació de mescles inflamables en cas de fuites o pèrdues d'estanquitat.

Energia d'activació

L'energia d'activació és la quantitat mínima d'energia necessària perquè s'iniciï una combustió quan coincideixen un combustible i un comburent en condicions adequades. En entorns industrials, aquesta energia pot provenir de diverses fonts d'ignició presents a la instal·lació.

En la planta MF, les principals fonts potencials d'ignició inclouen equips elèctrics, superfícies a alta temperatura (com intercanviadors i el reactor), descàrregues electrostàtiques durant la manipulació i transferència de metanol, així com treballs de manteniment o operacions puntuals.

El metanol presenta una baixa energia d'ignició en fase vapor, fet que el converteix en una substància especialment sensible davant petites fonts d'energia.

Reacció en cadena

La reacció en cadena és el procés pel qual la combustió es manté i es propaga un cop iniciada. A nivell molecular, es basa en la formació de radicals lliures altament reactius que continuen oxidant el combustible en presència d'oxigen, permetent l'expansió del procés de combustió.

En la planta MF, aquest mecanisme és especialment rellevant en cas d'ignició de vapors de metanol, ja que pot provocar una propagació ràpida de l'incendi si no s'interromp adequadament.

Els sistemes de protecció contra incendis de la instal·lació actuen precisament sobre aquest mecanisme, mitjançant l'extinció per refredament, sufocació o eliminació del combustible, evitant la continuïtat de la reacció.

5.11.1.1. Classificació incendis

Segons la norma **UNE-EN 2:1994/A1:2005** vigent al **Reial Decret 2267/2004 [27]**, els incendis es classifiquen en funció del tipus de combustible implicat.

Classe A: incendis de materials sòlids. En la planta corresponen principalment a materials auxiliars, embalatges, aïllaments i elements de suport.

Classe B: incendis de líquids inflamables. Constitueixen el risc principal de la planta, associats al metanol en emmagatzematge, procés i producte final.

Classe C: incendis de gasos inflamables. Potencialment associats a fuites en corrents gasosos del reactor i sistemes de mescla metanol-aire.

Classe D: incendis de metalls combustibles. No es considera rellevant en condicions normals de la instal·lació.

Classe F: associats a olis i greixos sobreescalfats. Risc molt limitat, vinculat únicament a equips auxiliars.

Els combustibles presents a la planta es poden classificar en funció del seu estat físic:

- **Líquids inflamables:** principalment el metanol emmagatzemat a l'àrea A-100 i present en diverses etapes del procés. Presenta elevada volatilitat i un ampli rang d'inflamabilitat, fet que incrementa el risc de formació de mescles inflamables amb l'aire.
- **Gasos i vapors inflamables:** mescles de metanol vaporitzat i corrents gasosos procedents de la reacció i de les unitats de separació i absorció.
- **Sòlids combustibles (secundaris):** materials auxiliars com aïllaments, plàstics tècnics i elements estructurals no metàl·lics.

A continuació es presenta la relació entre les substàncies presents a la planta i la seva possible contribució al desenvolupament d'un incendi:

Taula 5.25. Classificació classe d'incendi a la planta MF.

Classe d'incendi	Substàncies
A	Materials auxiliars, aïllaments tèrmics, estructures plàstiques i elements d'oficina
B	Metanol, mescles metanol-aigua, producte final (formaldehid 37%)
C	Corrents gasosos del reactor, mescles metanol-aire, emissions en punts de ventilació
F	Olis i lubricants de manteniment en equips mecànics

En la planta MF, el risc d'incendi es considera elevat degut a la presència de substàncies inflamables, principalment metanol, així com a la coexistència d'oxigen en excés en la secció de reacció, elevades temperatures d'operació i sistemes amb potencial d'emissió de vapors inflamables. Per aquest motiu, el disseny de la seguretat contra incendis s'ha desenvolupat seguint criteris de prevenció, protecció passiva i protecció activa, d'acord amb la normativa vigent aplicable a instal·lacions industrials de procés químic.

5.11.1.2. Actuació contra incendis

La planta MF presenta un risc d'incendi significatiu degut principalment a la presència de metanol, substància altament inflamable utilitzada com a matèria primera del procés, així com a l'existència de corrents gasosos combustibles, equips operant a elevada temperatura i atmosferes potencialment inflamables en diverses zones de procés.

Les àrees amb major risc d'incendi corresponen principalment a:

- L'emmagatzematge de metanol (A-100)
- La zona de reacció i evaporació (A-200)
- Les àrees d'absorció amb presència de vapors orgànics (A-300)
- Les zones de càrrega i descàrrega de producte

Per tal de minimitzar el risc i garantir la seguretat dels treballadors, de les instal·lacions i del medi ambient, la planta disposa d'un sistema integral de protecció contra incendis basat en:

- Mesures preventives
- Sistemes de protecció passiva
- Sistemes de protecció activa
- Equips d'extinció
- Protocols d'actuació i evacuació en cas d'emergència

La protecció passiva inclou totes aquelles mesures constructives destinades a evitar la propagació de l'incendi i facilitar l'evacuació segura del personal, sense necessitat d'actuació directa sobre el foc. En canvi, la protecció activa engloba els sistemes capaços de detectar, avisar i actuar directament sobre l'incendi, com detectors, alarmes, extintors o BIEs.

El disseny dels sistemes de seguretat contra incendis s'ha desenvolupat segons els criteris establerts al **Reglament de Seguretat Contra Incendis en Establiments Industrials (RSCIEI, RD 2267/2004) [22]**, al **Reglament d'Instal·lacions de Protecció Contra Incendis (RIPCI, RD 513/2017) [23]** i a la normativa ATEX aplicable a atmosferes explosives amb presència de vapors inflamables.

5.11.1.3. Mesures preventives contra incendis

Les mesures preventives tenen com a objectiu reduir la probabilitat d'inici d'un incendi mitjançant el control del combustible, dels focus d'ignició i de les condicions d'operació de la planta.

Control del combustible

A la planta MF, el principal combustible és el metanol, tant en fase líquida com vapor. Per reduir el risc d'incendi s'han adoptat les mesures següents:

- Emmagatzematge del metanol en tancs verticals tancats situats a l'àrea A-100.
- Limitació del nivell màxim d'ompliment al 90% dels dipòsits de metanol i al 85% dels dipòsits de formaldehid.
- Sistemes de ventilació controlada als tancs d'emmagatzematge.
- Minimització de fuites mitjançant brides estanques i bombes segellades.
- Posada a terra i connexió equipotencial de tancs, canonades i línies de càrrega per evitar descàrregues electrostàtiques.
- Retirada periòdica de residus combustibles i manteniment de l'ordre i neteja a totes les àrees de procés.

A les àrees A-200 i A-300 es controla especialment la formació de mesclures inflamables metanol-aire, evitant acumulacions de vapors combustibles.

Control dels focus d'ignició

Les principals fonts potencials d'ignició identificades a la planta són:

- Equips elèctrics
- Superfícies calentes
- Treballs de manteniment
- Descàrregues electrostàtiques

Per aquest motiu s'han implementat les mesures següents:

- Prohibició de fumar a tota la instal·lació.
- Utilització d'equips certificats ATEX a les zones classificades.
- Aïllament tèrmic del reactor R-201 i dels intercanviadors E-201 i E-202.
- Permisos especials de treball per operacions de soldadura o treballs en calent.
- Manteniment preventiu periòdic dels equips mecànics i elèctrics.
- Control continu de temperatures de procés i detecció automàtica de condicions anòmales.

5.11.1.4. Protecció passiva contra incendis

La protecció passiva està formada per les mesures constructives destinades a limitar la propagació del foc i facilitar l'evacuació segura del personal.

Sectorització d'incendis

La instal·lació MF es divideix en diferents sectors en funció de les operacions desenvolupades i del nivell de risc associat a cada àrea. Aquesta sectorització permet limitar la propagació d'un incendi i reduir la possibilitat que un incident localitzat afecti altres zones de la planta.

- A-100: emmagatzematge de metanol.
- A-200: reacció i evaporació.
- A-300: absorció i tractament de gasos.
- A-400: emmagatzematge de formaldehid.
- zones de càrrega i descàrrega.

Les separacions entre sectors disposen d'elements constructius amb resistència al foc EI-120, limitant la propagació tèrmica entre àrees. Els elements EI-120 impedeixen la propagació de flames i calor entre sectors durant un mínim de 120 minuts.

Protecció estructural

Les estructures metàl·liques principals disposen de:

- Pintures intumescentes
- Recobriments ignífugs
- Aïllaments resistents al foc

Aquestes mesures garanteixen l'estabilitat estructural de la planta durant el temps necessari per a l'evacuació i intervenció dels equips d'emergència.

Evacuació i control de fums

La planta disposa de:

- Vies d'evacuació degudament senyalitzades.
- Enllumenat d'emergència.
- Sortides d'emergència distribuïdes estratègicament.
- Portes amb obertura en sentit de l'evacuació.
- Punt de reunió exterior situat en una zona segura.

A més, les àrees interiors disposen de sistemes de ventilació i evacuació de fums per reduir l'acumulació de gasos tòxics i vapors inflamables en cas d'incendi.

5.11.1.5. Protecció activa contra incendis

La protecció activa contra incendis engloba els sistemes destinats a detectar, senyalitzar i combatre un incendi en les seves fases inicials, amb l'objectiu de minimitzar els danys sobre les persones, les instal·lacions i el medi ambient.

D'acord amb el plànol general de seguretat, els equips de detecció i extinció s'han distribuït estratègicament segons el nivell de risc associat a cada àrea, reforçant especialment les zones amb presència de metanol, formaldehid i equips que operen a temperatures elevades.

Sensors de fum

Els sensors de fum estan instal·lats principalment a:

- A-800 (zona de control).
- A-900 (taller i manteniment).
- A-1000 (oficines).
- A-1100 (vestuaris).
- A-1200 (menjador i sala d'estar).
- A-1300 (laboratori).
- Magatzems i dependències auxiliars.

Aquests detectors permeten identificar de forma precoç la presència de productes de combustió.

Sensors tèrmics

Els sensors tèrmics es troben distribuïts a:

- A-200 (reacció).
- A-300 (absorció i obtenció de formaldehid).

- A-700 (utilities).
- A-600 (estació de bombament).
- Zones de càrrega i descàrrega.

La seva funció és detectar increments anòmals de temperatura o sobreescalfaments.

Sensors de flama

Els sensors de flama UV/IR s'han instal·lat especialment a:

- A-100 (emmagatzematge de metanol).
- A-200 (reacció).
- A-300 (absorció i obtenció de formaldehid).
- A-400 (emmagatzematge de producte final).
- A-700 (utilities).
- Zones de càrrega i descàrrega.

Estacions de bombament i transferència de productes. Aquests sistemes permeten detectar de forma molt ràpida flames associades a incendis de líquids inflamables.

Sensors de líquids inflamables

Els sensors de líquids inflamables es localitzen principalment:

- Al voltant dels tancs de metanol de l'àrea A-100.
- A les zones de bombament.
- Als punts de transferència de producte.
- A les zones de càrrega i descàrrega.

La seva funció és detectar vessaments de metanol o producte inflamable abans que es generi una atmosfera perillosa.

Sensors de formaldehid

Els detectors específics de formaldehid (HCHO) es troben principalment a:

- A-300 (absorció i obtenció de formaldehid).
- A-400 (emmagatzematge de producte final).
- A-1300 (laboratori).
- Zones de càrrega del producte final.

Aquests sensors permeten detectar emissions tòxiques i activar els sistemes d'alarma i ventilació d'emergència.

Alarmes i polsadors manuals

La planta disposa de:

- Sirenes acústiques
- Alarmes lluminoses
- Polsadors manuals distribuïts estratègicament segons el plànol de seguretat

Els polsadors manuals es troben situats de manera que la distància màxima de recorregut no superi els 25 m, tal com estableix el RIPCI.

La central de control és capaç de:

- Activar alarmes generals
- Ordenar la parada d'emergència del procés
- Interrompre el subministrament de metanol
- Activar sistemes d'extinció automàtica

Extintors portàtils

La planta disposa d'extintors distribuïts segons el nivell de risc de cada àrea, garantint una distància màxima de recorregut inferior a 15 m. Els principals agents extintors utilitzats són:

Taula 5.26. Extintors portàtils.

Tipus d'extintor	Aplicació principal
Polis ABC	Incendis generals i líquids inflamables
CO ₂	Equips elèctrics
Escuma AFFF	Vessaments de metanol
Aigua polvoritzada	Refredament d'estructures i equips

Agents extintors

Degut a la diversitat de substàncies presents a la planta MF, és necessari seleccionar adequadament l'agent extintor en funció del tipus de combustible implicat i de les característiques fisicoquímiques de cada producte.

L'ús incorrecte d'un agent extintor pot incrementar el risc de propagació de l'incendi, provocar projeccions de líquid inflamable o generar situacions de perill addicional per al personal i les instal·lacions. Per aquest motiu, la selecció dels sistemes d'extinció s'ha realitzat considerant la naturalesa dels productes presents a cada àrea de procés.

A continuació, es mostren els principals agents extintors recomanats i els agents que s'han d'evitar per a les substàncies presents a la planta.

Taula 5.27. Agents extintors recomanats segons la substància implicada.

Substància	Agent recomanat	Agents a evitar
Metanol	Escuma AFFF, pols ABC, CO ₂	Aigua a raig directe
Formaldehid 37%	Aigua polvoritzada, pols ABC	Raig compacte d'aigua
Equips elèctrics	CO ₂	Aigua
Vapors inflamables	Pols ABC	Aigua directa

Boques d'incendi equipades (BIEs)

La planta disposa de:

- BIEs de 25 mm a zones auxiliars
- BIEs de 45 mm a les àrees de procés i emmagatzematge

Les BIEs es troben connectades a una xarxa independent d'aigua contra incendis i distribuïdes segons el plànol general de seguretat.

Xarxa exterior d'hidrants

La instal·lació disposa d'una xarxa exterior d'hidrants situada al perímetre de la planta per facilitar la intervenció dels serveis externs d'emergència.

La xarxa inclou:

- Reserva d'aigua
- Grup de bombament
- Canonada anellada
- Vàlvules de sectorització

Sistemes automàtics d'extinció

A les zones amb major risc de vessament de metanol s'instal·len sistemes d'escuma AFFF, especialment a:

- A-100 (emmagatzematge de metanol).
- Zones de càrrega i descàrrega.
- Àrees de transferència de producte.

A més, els tancs d'emmagatzematge disposen de sistemes d'aigua polvoritzada per al refredament exterior en cas d'exposició tèrmica.

A continuació es mostra el plànol general de mesures de protecció contra incendis de la planta MF, als diferents equips de detecció, alarma i extinció distribuïts a les diferents àrees de la instal·lació.

En el plànol s'hi representa la ubicació dels principals sistemes de seguretat contra incendis implantats a la planta, incloent:

- Sensors de fum
- Sensors tèrmics
- Sensors de flama
- Sensors de líquids inflamables
- Sensors de formaldehid
- Extintors portàtils
- Boques d'incendi equipades (BIEs)
- Polsadors manuals d'alarma

La distribució d'aquests equips s'ha realitzat en funció del risc associat a cada zona de procés, reforçant especialment les àrees amb presència de metanol, vapors inflamables i formaldehid, com les àrees A-100, A-200, A-300 i les zones de càrrega i descàrrega.

Així mateix, la ubicació dels equips permet garantir una detecció ràpida d'incendis, una actuació immediata sobre el focus inicial i una intervenció segura del personal i dels serveis externs d'emergència.

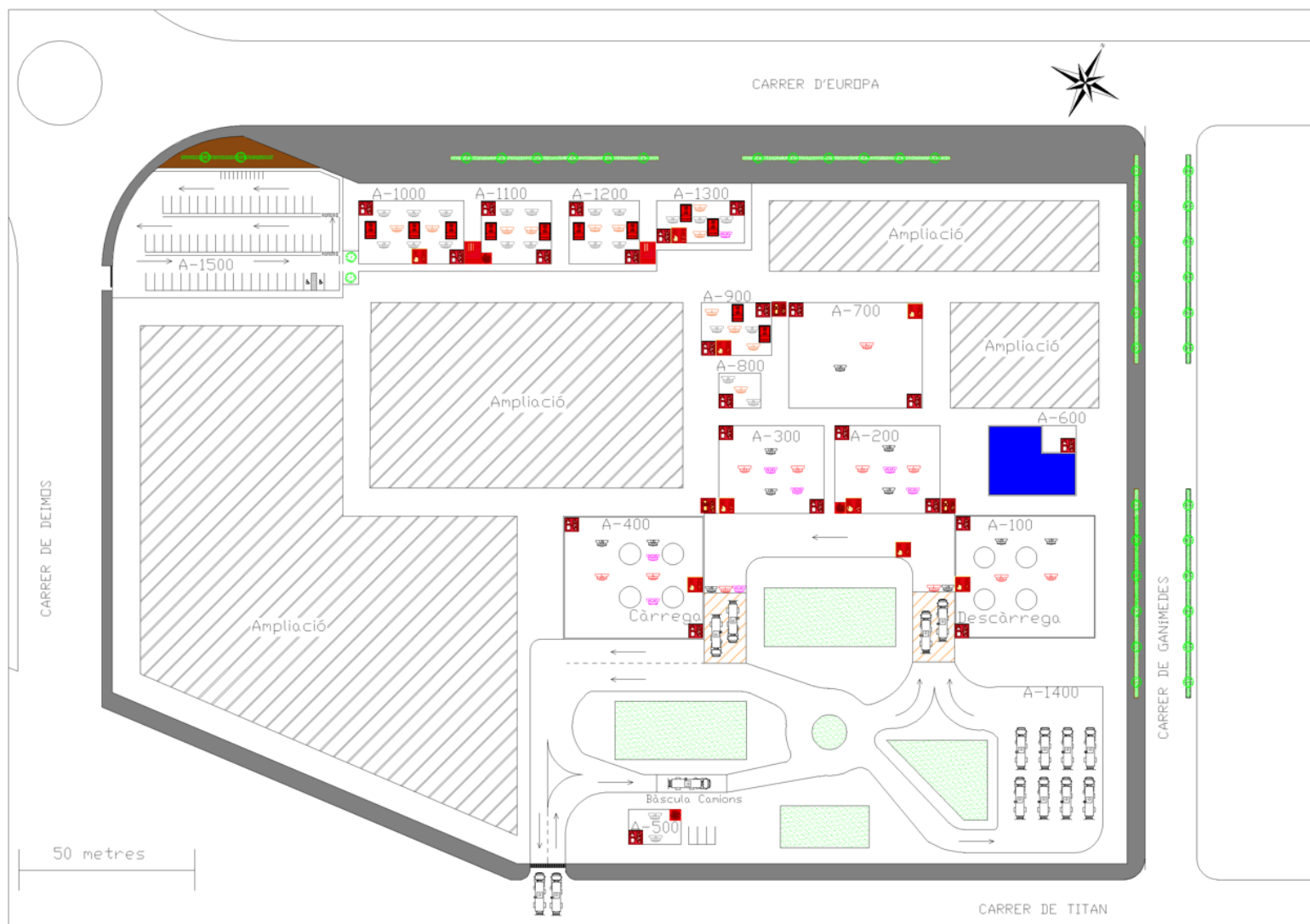


Figura 5.10. Plànol general de mesures de protecció contra incendis de la planta MF.

5.11.1.6. Pla d'emergència i evacuació

La planta MF disposa d'un pla d'emergència i evacuació destinat a protegir les persones presents a la instal·lació, minimitzar les conseqüències derivades d'accidents greus i garantir una resposta ràpida i coordinada davant qualsevol situació d'emergència.

Aquest pla estableix els procediments d'actuació davant d'incendis, explosions, fuites de metanol, emissions accidentals de formaldehid o qualsevol altra situació susceptible de comprometre la seguretat de les persones, les instal·lacions o el medi ambient.

En cas d'incendi, l'actuació prevista és la següent:

1. Es produeix l'activació automàtica o manual del sistema d'alarma mitjançant detectors o polsadors d'emergència.
2. La central de control rep el senyal d'alarma i ordena automàticament la parada d'emergència del procés.
3. Es realitza el tall immediat del subministrament de metanol i la desconexió dels equips crítics susceptibles d'incrementar el risc.
4. S'activen els sistemes automàtics d'extinció i ventilació d'emergència corresponents a la zona afectada.
5. El personal evacua la instal·lació seguint les rutes d'evacuació indicades al plànol d'emergència, dirigint-se cap al punt de reunió exterior.
6. L'equip de primera intervenció actua sobre el focus inicial de l'incendi sempre que les condicions de seguretat ho permetin.
7. Es comunica immediatament l'emergència als serveis externs d'emergència i bombers.
8. Es realitza el recompte del personal evacuat al punt de reunió per verificar que no queda cap treballador dins la instal·lació.

Les rutes d'evacuació han estat dissenyades aprofitant el vial perimetral que envolta les diferents àrees de la planta, permetent l'accés ràpid a una sortida segura des de qualsevol punt de la instal·lació. Els recorreguts condueixen cap als punts de reunió situats a l'exterior del recinte, des d'on es realitza el control i recompte del personal evacuat.

En cas d'emergència, s'evitarà el pas per les zones amb major potencial de risc, especialment:

- A-100: emmagatzematge de metanol.
- A-200: unitat de reacció.

- A-300: sistema d'absorció i obtenció de formaldehid.
- A-400: emmagatzematge de producte final.
- A-1400: zona de càrrega, descàrrega i espera de camions.

El personal ubicat a les àrees administratives i auxiliars (A-1000 Oficines, A-1100 Vestuaris, A-1200 Menjador i sala d'estar, A-1300 Laboratori i A-900 Taller i manteniment) disposa d'itineraris d'evacuació específics que connecten directament amb el vial exterior de seguretat.

Totes les vies d'evacuació es troben correctament senyalitzades mitjançant senyals fotoluminiscent i disposen d'enllumenat d'emergència autònom per garantir la seva visibilitat fins i tot en cas de fallada del subministrament elèctric.

Les portes i accessos d'emergència obren en el sentit de l'evacuació i els recorreguts es mantenen permanentment lliures d'obstacles per facilitar una sortida ràpida i segura.

La planta disposa, a més, dels següents mitjans de protecció i intervenció:

- Equips de respiració autònoma (ERA).
- Equips de protecció individual resistents a agents químics i al foc.
- Equips de primers auxilis.
- Xarxa d'extintors portàtils i boques d'incendi equipades (BIE).
- Sistema de comunicació d'emergència.
- Bassa d'aigua contra incendis i estació de bombament (A-600).
- Formació periòdica del personal en actuació davant emergències químiques i incendis.
- Simulacres anuals d'emergència.
- Equip de primera intervenció format en evacuació i ús dels equips d'extinció.

Atès que les principals substàncies manipulades a la planta són el metanol i el formaldehid, el personal rep formació específica sobre els riscos associats a la inflamabilitat del metanol i a la toxicitat del formaldehid, així com sobre els procediments d'actuació en cas de vessament, incendi o emissió accidental. Igualment, es realitzen simulacres periòdics per verificar l'eficàcia dels procediments d'emergència, el correcte funcionament de les vies d'evacuació i la coordinació amb els serveis externs d'emergència.

A continuació es mostra el plànol general d'evacuació de la planta, on s'indiquen les rutes d'emergència, les sortides d'evacuació i la ubicació dels principals equips de seguretat.

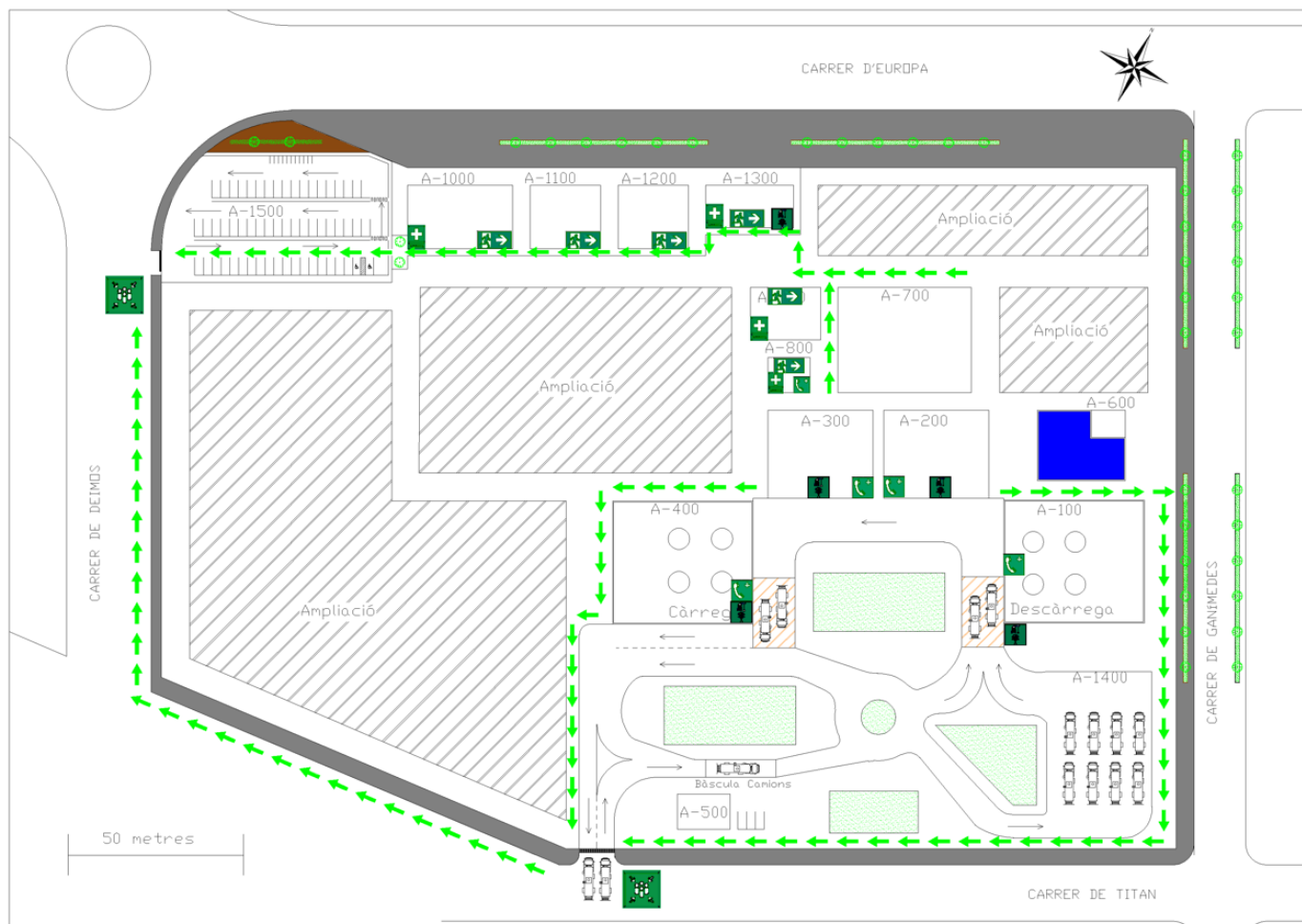


Figura 5.11. Plànol general d'evacuació de la planta MF.

5.11.2 Atmosferes explosives (ATEX)

Les atmosferes explosives constitueixen un dels principals riscos de seguretat presents en la indústria química. Aquestes atmosferes es formen quan una substància combustible es barreja amb aire en unes determinades concentracions i, en presència d'una font d'ignició, es produeix una combustió ràpida amb propagació de la flama a tota la mescla. La generació d'una explosió en aquest tipus d'instal·lacions pot provocar conseqüències molt greus tant per als treballadors com per a les instal·lacions industrials.

Per aquest motiu, la normativa ATEX, formada pel conjunt de directives europees i reglaments tècnics relacionats amb la seguretat industrial, estableix els requisits necessaris per prevenir explosions i protegir els treballadors i equips en entorns on es poden formar atmosferes explosives per la presència de gasos, vapors, boires o pols combustibles.

5.11.2.1. Normativa ATEX

La **Llei 31/1995 de Prevenció de Riscos Laborals [10]** estableix el marc general per garantir la seguretat i salut dels treballadors, obligant a identificar, avaluar i controlar els riscos derivats de la presència d'atmosferes explosives, així com a proporcionar formació i informació adequada al personal exposat.

La normativa específica més rellevant és el **Reial Decret 681/2003 [24]**, relatiu a la protecció de la salut i seguretat dels treballadors exposats a atmosferes explosives, el qual transpon la **Directiva 1999/92/CE**. Aquest reial decret estableix la classificació de zones ATEX, les mesures preventives i organitzatives necessàries, així com l'obligació d'elaborar el Document de Protecció Contra Explosions (DPCE).

D'altra banda, el **Reial Decret 144/2016 [28]** regula els equips i sistemes de protecció destinats a treballar en atmosferes potencialment explosives, establint els requisits de disseny, fabricació, instal·lació i certificació dels equips ubicats en zones classificades ATEX.

Adicionalment, la sèrie de normes UNE-EN 60079 defineix els criteris tècnics per a la classificació de zones, selecció d'equips elèctrics, sistemes de protecció i control de fonts d'ignició en atmosferes explosives, sent especialment rellevant la **UNE-EN 60079-10-1** relativa a atmosferes explosives per gasos i vapors inflamables.

5.11.2.2. Classificació zones ATEX

Per tal de garantir la seguretat en entorns ATEX, és fonamental classificar les diferents àrees i equips de la planta segons la probabilitat i durada de presència d'una atmosfera explosiva. Aquesta classificació, definida al Reial Decret 681/2003, es basa en la possible presència de gasos, vapors inflamables o pols combustibles en les diferents zones del procés.

Atmosferes explosives per pols: es produeixen quan partícules sòlides combustibles es troben dispersades en l'aire formant un núvol inflamable.

- Zona 20: presència contínua o freqüent de pols explosiva.
- Zona 21: probable presència durant el funcionament normal.
- Zona 22: presència poc probable i de curta durada.

Atmosferes explosives per gasos i vapors: es formen quan gasos o vapors inflamables es barregen amb aire en concentracions capaces de provocar una explosió. Aquestes atmosferes són les més habituals en la indústria química i petroquímica.

- Zona 0: presència contínua o freqüent d'atmosfera explosiva.
- Zona 1: probable presència en condicions normals d'operació.
- Zona 2: presència poc probable i de curta durada.

5.11.2.3. Identificació del risc

La identificació del risc ATEX és fonamental per poder establir les mesures de prevenció i protecció necessàries davant possibles explosions dins la planta. Aquesta identificació permet determinar les zones amb major probabilitat de formació d'atmosferes explosives i seleccionar adequadament els equips i sistemes de seguretat associats.

A la planta MF, el principal risc ATEX està relacionat amb la presència de metanol, substància altament inflamable utilitzada com a matèria primera del procés.

Per aquest motiu, el risc associat a la planta correspon principalment a atmosferes explosives per gasos i vapors inflamables. A diferència d'altres processos químics amb risc de pols combustible, no es generen atmosferes explosives per pols, ja que totes les substàncies manipulades es troben en fase líquida o gasosa.

Aquest risc és especialment rellevant en:

- Tancs d'emmagatzematge de metanol.
- Bombes i línies de transferència.
- Etapa d'evaporació i preescalfament.
- Sistema de mescla metanol-aire.
- Reactor d'oxidació catalítica.
- Columnes d'absorció i equips de refredament.
- Sistemes de ventilació i punts de purga.

El risc principal deriva de la possible formació de mescles inflamables de vapors de metanol amb aire, ja que el metanol presenta un punt d'inflamació molt baix i un ampli rang d'inflamabilitat comprès entre el límit inferior d'inflamabilitat (LII) i el límit superior d'inflamabilitat (LSI). A més, la presència d'oxigen en excés en el procés d'oxidació incrementa la severitat potencial d'una ignició.

Per aquest motiu, resulta imprescindible establir una correcta classificació de zones ATEX, aplicar mesures de prevenció i protecció adequades i seleccionar equips certificats segons la normativa vigent.

A continuació es mostra la classificació ATEX dels principals equips de la planta MF.

Taula 5.28. Classificació de zones ATEX a la planta MF.

Àrea	Equip	Zona interior	Zona exterior	Conexions	Justificació
A-100	Tancs de metanol T-101 a T-104	Zona 0	Zona 2	Zona 1	Presència contínua de metanol altament inflamable
	Bombes de transferència	Zona 1	Zona 2	Zona 1	Possible emissió de vapors durant operació contínua
A-200	E-201 Evaporador de metanol	Zona 1	Zona 2	Zona 1	Vaporització contínua de metanol altament inflamable
	M-201 Mesclador estàtic	Zona 1	Zona 2	Zona 1	Mescla directa metanol-aire dins del rang d'inflamabilitat
	E-202 Preescalfador	Zona 1	Zona 2	Zona 1	Presència de reactius inflamables a elevada temperatura
	Reactor R-201	Zona 1	Zona 2	Zona 1	Presència contínua de metanol, formaldehid i oxigen a alta temperatura
	E-203 Intercanviador	Zona 1	Zona 2	Zona 1	Corrents amb formaldehid i metanol residual
A-300	Columna C-301	Zona 1	Zona 2	Zona 1	Absorció de formaldehid i metanol amb vapors residuals
	Compressor línia gasosa	Zona 1	Zona 2	Zona 1	Compressió de corrent amb metanol i formaldehid
	E-301 i E-302	Zona 1	Zona 2	Zona 1	Refredament de corrent gasós inflamable
	Columna C-302	Zona 1	Zona 2	Zona 1	Recuperació final de metanol i formaldehid
	Mesclador M-301	Zona 1	Zona 2	Zona 1	Ajust de composició amb metanol fresc
A-400	Tancs de formaldehid 37%	Zona 1	Zona 2	Zona 1	Presència de metanol estabilitzant
	Bombes de càrrega	Zona 1	Zona 2	Zona 1	Possible emissió de vapors inflamables

5.11.2.4. Mesures de prevenció i protecció ATEX

La presència de substàncies inflamables en diferents etapes del procés de producció de formaldehid fa necessari establir un conjunt de mesures tècniques i organitzatives destinades a prevenir la formació d'atmosferes explosives i minimitzar el risc d'ignició.

Les principals mesures adoptades a la planta MF són les següents:

- **Control de fuites i emissions:** els equips, canonades i accessoris que treballen amb metanol o corrents inflamables disposen de sistemes d'estanquitat adequats per minimitzar possibles emissions de vapors inflamables. Es realitza un manteniment periòdic de brides, vàlvules, segells mecànics i connexions per evitar fuites durant l'operació normal.
- **Ventilació adequada:** les zones amb risc potencial d'acumulació de vapors inflamables disposen de sistemes de ventilació natural o forçada amb l'objectiu d'evitar concentracions superiors al límit inferior d'inflamabilitat (LII).
- **Control de fonts d'ignició:** es controla la presència de superfícies calentes, espurnes mecàniques, flames obertes i acumulacions d'electricitat estàtica susceptibles de provocar una ignició en zones classificades.
- **Posada a terra i protecció electrostàtica:** els tancs, canonades, bombes i equips metàl·lics es connecten a terra per evitar acumulacions de càrrega electrostàtica capaces de generar espurnes o descàrregues elèctriques.
- **Control de temperatura i procés:** el procés disposa de sistemes automàtics de control de temperatura, cabal i pressió per evitar condicions anormals d'operació que puguin afavorir la formació d'atmosferes explosives.
- **Sistemes de detecció i alarma:** les zones crítiques de la planta disposen de detectors de gasos inflamables i sistemes d'alarma que permeten detectar ràpidament possibles fuites de metanol o formaldehid.
- **Formació del personal:** el personal que treballa en zones classificades ATEX rep formació específica sobre riscos d'explosió, procediments de seguretat i actuació en cas d'emergència.

- **Equips de protecció individual (EPIs):** el personal que treballa en zones classificades ATEX disposa d'equips de protecció adequats, incloent roba antiestàtica, calçat de seguretat conductor o dissipatiu, guants de protecció química i ulleres de seguretat. Aquests equips permeten reduir el risc de generació d'electricitat estàtica i minimitzar l'exposició a substàncies inflamables o tòxiques presents al procés.

- **Senyalització i restricció d'accés:** les zones classificades ATEX es troben degudament senyalitzades i es limita l'accés únicament al personal autoritzat.

- **Selecció d'equips i control de fonts d'ignició:** a les diferents zones classificades ATEX mostrades anteriorment a la Taula 5.28 (àrees A-100, A-200, A-300 i A-400), tots els equips susceptibles d'actuar com a font d'ignició disposen de certificació ATEX adequada segons la classificació de la zona corresponent (Zona 0, Zona 1 o Zona 2).

Aquesta mesura afecta principalment motors elèctrics, bombes, compressors, sensors, instrumentació de procés, electrovàlvules, equips d'il·luminació, ventiladors, quadres elèctrics i connexions elèctriques instal·lades en àrees amb possible presència de vapors inflamables de metanol o formaldehid.

L'objectiu principal d'aquesta certificació és evitar la generació d'espurnes, arcs elèctrics, descàrregues electrostàtiques o superfícies calentes capaces d'iniciar la ignició d'una atmosfera explosiva.

D'altra banda, els equips principals de procés classificats a la Taula 5.28, com els tancs de metanol, reactors, columnes, intercanviadors, evaporadors o canonades de procés, no disposen pròpiament de certificació ATEX, ja que habitualment no constitueixen fonts directes d'ignició. Tot i això, aquests equips han estat dissenyats específicament per treballar de forma segura en atmosferes potencialment explosives mitjançant criteris d'enginyeria orientats a minimitzar el risc d'explosió.

Entre aquestes mesures destaquen la utilització de materials metàl·lics adequats com acer inoxidable AISI 316/316L, sistemes d'estanquitat per evitar fuites de vapors inflamables, connexió a terra per prevenir acumulacions electrostàtiques i control de temperatura superficial per evitar punts calents durant l'operació.

5.11.2.5. Senyalització ATEX

Per tal d'informar els treballadors de la presència de zones amb risc d'atmosfera explosiva, la planta MF disposa de la senyalització ATEX corresponent, d'acord amb el **Reial Decret 681/2003**.

Aquesta senyalització s'ubica a les entrades de les zones classificades, així com en aquells equips i àrees amb risc potencial de formació d'atmosferes explosives, especialment a les àrees d'emmagatzematge i reacció.

El senyal ATEX consisteix en un triangle de color groc amb vores negres i les lletres "EX" en negre al seu interior, indicant la presència d'una zona amb risc d'explosió. El color groc ha de representar almenys el 50% de la superfície total del senyal, segons estableix la normativa.



Figura 5.12. Senyalització zona ATEX

A més de la senyalització específica ATEX, la planta disposa de cartelleria complementària relativa a la prohibició de flames obertes, prohibició de fumar, obligatorietat d'ús d'equips de protecció individual i restricció d'accés a personal no autoritzat.

La correcta senyalització de les zones classificades permet reduir el risc d'accidents, facilitar el compliment dels protocols de seguretat i augmentar la conscienciació del personal sobre els riscos associats a atmosferes explosives.

5.12 Anàlisi de riscos, HAZOP

Per a l'avaluació dels possibles riscos associats a la planta de producció de formaldehid MF, s'ha realitzat un estudi HAZOP (Hazard and Operability Study). Aquesta metodologia constitueix una eina sistemàtica i qualitativa utilitzada per identificar desviacions en les condicions normals d'operació del procés, així com els possibles perills i problemes d'operabilitat associats.

L'objectiu principal de l'anàlisi HAZOP és detectar situacions que puguin comprometre la seguretat de les instal·lacions, dels treballadors i del medi ambient, a més d'avaluar possibles afectacions sobre el correcte funcionament de la planta. L'estudi es basa en una revisió metòdica de les diferents etapes del procés, analitzant variables de procés com el cabal, la temperatura, la pressió o el nivell, entre d'altres.

Per tal de dur a terme aquesta anàlisi, s'utilitzen paraules guia que permeten identificar desviacions respecte a les condicions normals de funcionament. Aquestes paraules guia s'apliquen sobre les variables del procés per estudiar les possibles causes, conseqüències, mesures de protecció existents i accions correctives o preventives necessàries. Les principals paraules guia utilitzades en l'estudi HAZOP es mostren a continuació:

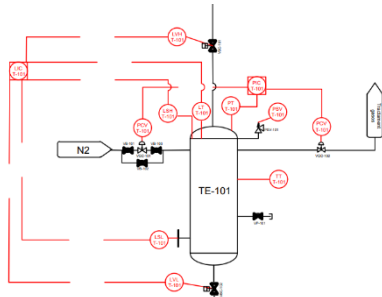
Taula 5.29. Paraules guia anàlisi riscos HAZOP.

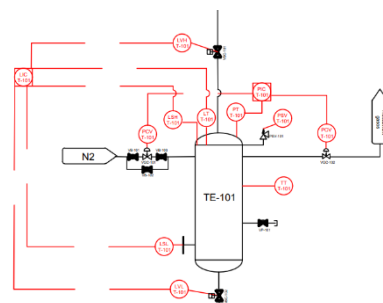
Paraula guia	Significat
No	Absència total de la variable
Més	Increment quantitatiu de la variable
Menys	Disminució quantitativa de la variable
A més	Presència addicional d'una altra condició o substància
Part de	Funcionament parcial o incomplet
Invers	Efecte contrari al desitjat
En lloc de	Substitució d'una acció o resultat per un altre no desitjat

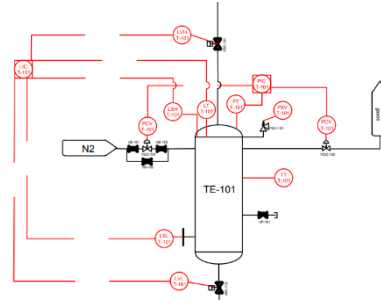
L'estudi HAZOP de la planta MF s'ha dividit segons les diferents àrees principals del procés, amb l'objectiu de facilitar-ne l'anàlisi i adaptar-lo a les característiques específiques de cada etapa de producció: **A-100:** Emmagatzematge, **A-200:** Reacció, **A-300:** Absorció i obtenció de formaldehid i **A-400:** Emmagatzematge de producte acabat

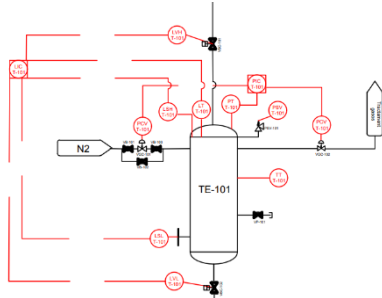
Cal destacar que, degut al caràcter qualitatiu i subjectiu del mètode HAZOP, les desviacions analitzades corresponen a aquelles considerades més rellevants des del punt de vista de la seguretat i operabilitat de la planta. Tanmateix, això no implica que altres desviacions no estudiades no puguin representar també situacions de risc.

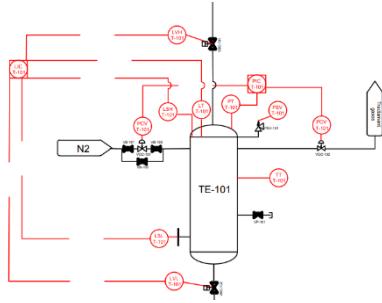
12.1. Àrea-100. Emmagatzematge de metanol

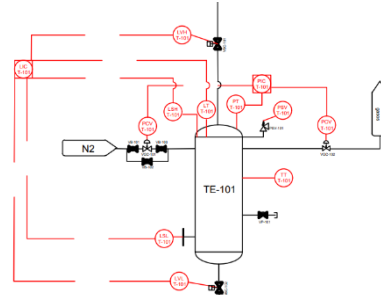
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-100	TANCS EMMAGATZEMATGE		
		EQUIP: TE-101, TE-102,T4-103, TE-104		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
NO	Cabal d'entrada	Vàlvula d'entrada tancada	Interrupció de l'ompliment del tanc	Verificació de vàlvules i alarmes
	Cabal de sortida	Fallada de la bomba d'impulsió	No alimentació a l'àrea A-200, parada de producció	Bombes redundants i manteniment preventiu
		Obstrucció línia de descàrrega	Acumulació de metanol i augment de nivell	Inspecció i neteja de canonades
	Sistema d'inertització	Fallada del subministrament de N ₂	Increment del risc d'explosió per presència d'oxigen	Alarma de baixa pressió de N ₂ i línia redundant

	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-100	TANCS EMMAGATZEMATGE		
		EQUIP: TE-101, TE-102,T4-103, TE-104		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
NO	Ventilació	Vàlvula de respiració bloquejada	Acumulació de vapors i sobrepressió	Revisió periòdica de respiradors
	Senyal de nivell	Fallada del transmissor de nivell	Lectura incorrecta del nivell del tanc i risc de sobreeximent	Redundància de transmissors i manteniment periòdic
		Error de calibració de l'instrument	Errors en el control d'ompliment i descàrrega	Calibració periòdica dels instruments
		Pèrdua de senyal al sistema de control	Possible parada de producció o funcionament inadequat de les bombes	Verificació del senyal al DCS i alarmes de fallada
		Avaria elèctrica o pneumàtica de l'instrumentació	Risc de funcionament en buit de les bombes o vessament de metanol	Sistemes redundants i inspeccions periòdiques
MÉS	Nivell	Excés de cabal d'entrada	Sobreeximent i vessament de metanol inflamable	Alarma de nivell alt i parada automàtica

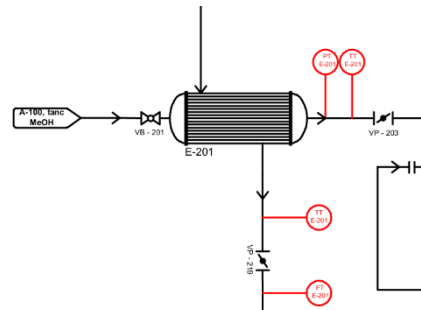
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-100	TANCS EMMAGATZEMATGE		
		EQUIP: TE-101, TE-102,T4-103, TE-104		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
MÉS	Nivell	Error del controlador de nivell	Ompliment excessiu del dipòsit	Redundància d'instruments i calibració
	Pressió	Fallada del sistema de ventilació o inertització	Sobrepessió del tanc i emissió de vapors inflamables	Vàlvula PSV i manteniment del sistema
		Vaporització excessiva de metanol	Increment de pressió interna	Control de temperatura i ventilació
	Temperatura	Font externa de calor	Increment d'evaporació i pressió interna	Monitorització tèrmica i aïllament
		Incendi extern proper	Escalfament del dipòsit i possible BLEVE	Sistema contra incendis i refrigeració externa
	Cabal de sortida	Obertura excessiva de la vàlvula de descàrrega	Descàrrega massa elevada de metanol	Control automàtic de cabal

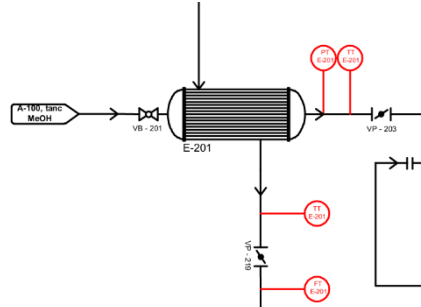
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-100	TANCS EMMAGATZEMATGE		
		EQUIP: TE-101, TE-102,T4-103, TE-104		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
MÉS	Concentració de vapors	Ventilació insuficient	Acumulació de vapors inflamables	Ventilació forçada i detectors LEL
	Electricitat estàtica	Mala connexió a terra	Ignició de vapors inflamables	Sistema ATEX i connexió equipotencial
MENYS	Nivell	Cabal de sortida excessiu	Entrada d'aire i cavitació de bombes	Alarma de nivell baix
		Fuita al tanc	Pèrdua de producte i contaminació	Inspecció mecànica periòdica
	Pressió	Fuita al tanc o línies	Emissió de vapors tòxics i inflamables	Detecció de fuites i manteniment
		Funcionament excessiu del respirador	Entrada d'aire al dipòsit	Revisió del sistema de ventilació

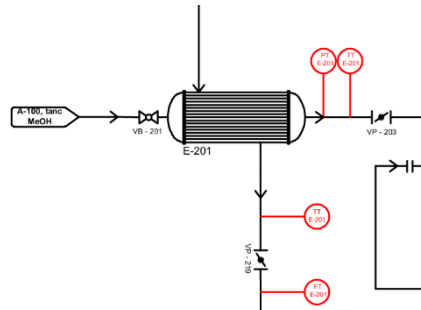
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-100	TANCS EMMAGATZEMATGE		
		EQUIP: TE-101, TE-102,T4-103, TE-104		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
MENYS	Cabal d'entrada	Obstrucció parcial de la línia	Ompliment insuficient del dipòsit	Neteja i inspecció de canonades
	Cabal de sortida	Fallada parcial de bomba	Alimentació insuficient al procés	Manteniment preventiu de bombes
	Temperatura	Temperatura ambiental baixa	Problemes de bombeig del metanol	Monitorització operacional
	Concentració de nitrogen	Inertització insuficient	Increment del risc d'inflamabilitat	Control continu de N ₂
A MÉS	Electricitat estàtica	Mala connexió a terra en càrrega/descàrrega	Ignició de vapors inflamables	Sistema ATEX i connexió a terra
	Pressió	Vaporització addicional de metanol	Increment addicional de pressió	Vàlvules de seguretat

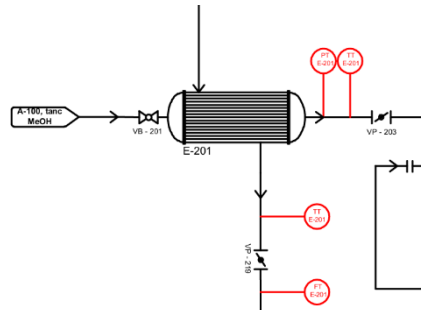
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-100	TANCS EMMAGATZEMATGE		
		EQUIP: TE-101, TE-102,T4-103, TE-104		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
A MÉS	Oxigen	Entrada d'aire al tanc	Formació d'atmosfera explosiva	Monitorització d'O ₂
PART DE	Fuita parcial de metanol	Corrosió o fallada mecànica	Risc d'incendi i contaminació ambiental	Cubeta de contenció i inspeccions
	Inertització parcial	Baix cabal de nitrogen	Atmosfera parcialment inflamable	Verificació contínua del sistema
INVERS	Flux invers	Retorn de metanol des del procés	Sobrecompliment o contaminació del tanc	Instal·lació de vàlvules antiretorn
	Flux de gas invers	Retorn de vapors inflamables	Augment del risc d'explosió	Vàlvules de retenció i PSV
EN LLOC DE	Entrada d'aire al tanc	Fallada del sistema d'inertització	Formació d'atmosfera explosiva	Control d'oxigen i alarmes
	Aigua dins del tanc	Contaminació durant operacions de càrrega	Contaminació del metanol i alteració del procés	Procediments operacionals i drenatges

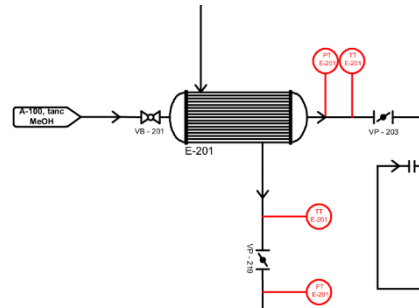
12.2. Àrea-200. Reacció

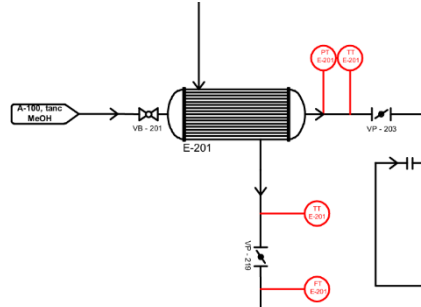
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-200	REACCIÓ		
		EQUIP: E-201 (EVAPORADOR METANOL)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
NO	Cabal de metanol	Fallada de la bomba d'alimentació	Absència d'alimentació al reactor	Bomba redundant
		Tall del subministrament elèctric	Parada de producció	Sistema elèctric d'emergència
		Vàlvula d'alimentació tancada	Interrupció del procés	Procediments operatius
		Obstrucció completa de la línia	No entrada de metanol a l'evaporador	Neteja periòdica
		Nivell insuficient als tancs d'emmagatzematge	Aturada del procés	Alarmes de nivell baix

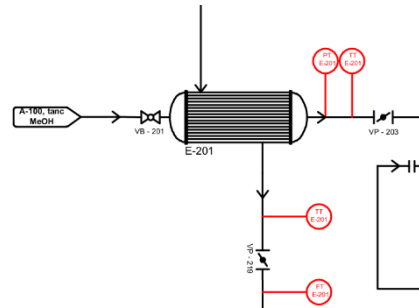
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-200	REACCIÓ	EQUIP: E-201 (EVAPORADOR METANOL)	
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
NO	Cabal de metanol	Error del controlador de cabal	Alimentació nul·la al procés	Calibració periòdica
	Transferència de calor	Absència del corrent calent procedent del reactor	No evaporació del metanol	Alarma de cabal
		Vàlvula del costat calent tancada	Refredament excessiu del metanol	Verificació operativa
		Acumulació de dipòsits interns	Pèrdua d'eficiència tèrmica	Neteja periòdica
		Trencament intern de tubs	Disminució de la transferència de calor	Inspecció mecànica
		Error operatiu durant arrencada	No evaporació del corrent	Procediments d'arrencada

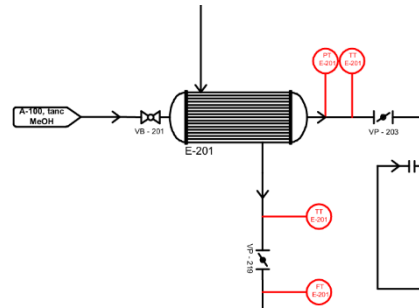
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP				
	ÀREA-200	REACCIÓ EQUIP: E-201 (EVAPORADOR METANOL)			
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES	
MÉS	Temperatura de sortida	Excés de calor procedent del reactor	Sobreescalfament del metanol	Control automàtic de temperatura	
		Temperatura elevada del corrent calent	Variació de les condicions de reacció	Monitorització contínua	
		Cabal baix de metanol	Excés d'escalfament del corrent	Alarma de temperatura alta	
		Error del controlador de temperatura	Alimentació fora d'especificació	Calibració periòdica	
		Error del transmissor de temperatura	Lectura incorrecta	Instrumentació redundant	

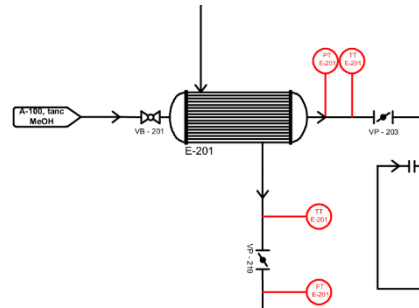
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-200	REACCIÓ EQUIP: E-201 (EVAPORADOR METANOL)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
MÉS	Temperatura de sortida	Vàlvula de regulació oberta excessivament	Sobreescalfament del corrent	Control automàtic
	Pressió	Obstrucció de la línia de sortida	Sobrepessió de l'equip	Vàlvula PSV
		Vàlvula parcialment tancada	Increment de pressió interna	Alarmes de pressió
		Vaporització excessiva de metanol	Augment de pressió	Control de temperatura
		Excés de cabal d'alimentació	Sobrecàrrega de l'equip	Control de cabal

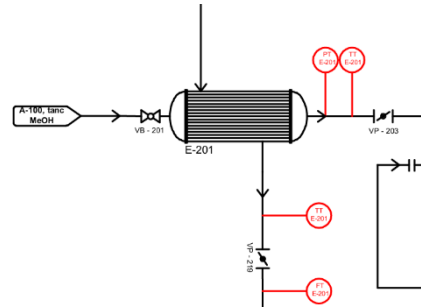
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-200	REACCIÓ		
		EQUIP: E-201 (EVAPORADOR METANOL)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
MÉS	Pressió	Error del controlador de pressió	Funcionament fora de rang	Redundància d'instruments
		Fallada de la PSV	Risc de dany mecànic	Manteniment periòdic
	Cabal de metanol	Error del controlador de cabal	Excés de metanol al reactor	Sistema de control redundant
		Funcionament incorrecte de la bomba	Alteració de la relació aire/metanol	Monitorització
		Obertura excessiva de vàlvules	Sobrecàrrega del reactor	Procediments operatius
		Error de calibració del cabalímetre	Lectura incorrecta	Calibració periòdica

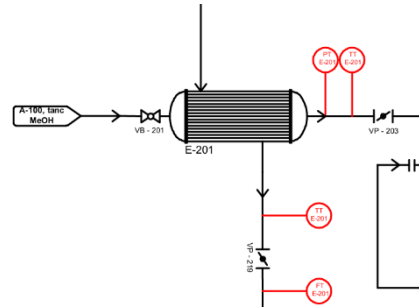
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP				
	ÀREA-200	REACCIÓ EQUIP: E-201 (EVAPORADOR METANOL)			
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES	
MENYS	Temperatura de sortida	Acumulació de dipòsits interns	Vaporització incompleta	Neteja periòdica	
		Disminució del cabal calent del reactor	Menor transferència tèrmica	Seguiment de cabals	
		Temperatura baixa del corrent calent	Conversió inferior al reactor	Control operacional	
		Error del controlador de temperatura	Alimentació insuficientment escalfada	Calibració	
		Error del transmissor	Lectures errònies	Instrumentació redundant	
		Pèrdues de calor per degradació de l'aïllament	Disminució del rendiment energètic	Revisió de l'aïllament	

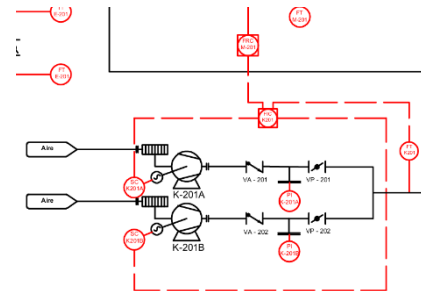
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-200	REACCIÓ		
		EQUIP: E-201 (EVAPORADOR METANOL)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
MENYS	Temperatura de sortida	Bypass parcialment obert	Refredament del corrent	Inspeccions periòdiques
	Pressió	Fuita a l'intercanviador	Emissió de metanol inflamable	Detecció de fuites
		Fuita en canonades o brides	Pèrdua de producte	Inspeccions periòdiques
		Obertura accidental de drenatges	Disminució de pressió	Procediments operatius
		Error del controlador de pressió	Funcionament fora d'especificació	Calibració
		Fallada d'una junta	Emissió de vapors inflamables	Manteniment preventiu

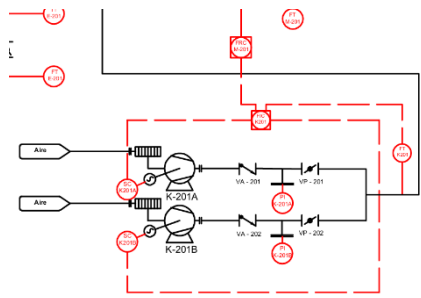
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-200	REACCIÓ		
		EQUIP: E-201 (EVAPORADOR METANOL)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
MENYS	Cabal de metanol	Obstrucció parcial de la línia	Alimentació insuficient al reactor	Neteja periòdica
		Desgast de la bomba	Disminució de producció	Manteniment preventiu
		Cavitació de la bomba	Funcionament inestable	Control de condicions d'aspiració
		Fuites a la línia	Pèrdua de producte	Detecció de fuites
		Error del controlador de cabal	Relació aire/metanol incorrecta	Calibració
		Vàlvula parcialment tancada	Restricció de cabal	Verificació operativa

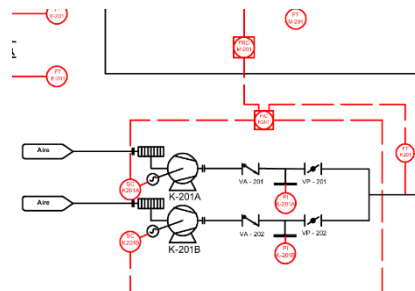
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-200	REACCIÓ		
		EQUIP: E-201 (EVAPORADOR METANOL)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
A MÉS	Aigua al metanol	Fuita interna entre corrents	Contaminació de la matèria primera	Inspeccions d'integritat
		Entrada d'aigua durant manteniment	Alteració de la reacció	Procediments operatius
		Neteja inadequada de l'equip	Variació de composició	Protocols de neteja
		Condensació accidental	Disminució de qualitat del corrent	Monitorització
PART DE	Evaporació parcial	Temperatura insuficient	Entrada de metanol líquid al mesclador	Control de temperatura
		Transferència de calor insuficient	Menor conversió al reactor	Seguiment operacional

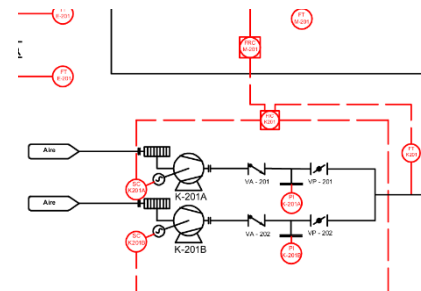
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-200	REACCIÓ		
		EQUIP: E-201 (EVAPORADOR METANOL)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
PART DE	Evaporació parcial	Acumulació parcial de dipòsits	Disminució del rendiment	Neteja programada
		Cabal excessiu de metanol	Temps insuficient per evaporar	Control de cabal
		Variacions de temperatura del corrent calent	Inestabilitat del procés	Monitorització contínua
INVERS	Flux invers	Fallada de la vàlvula antiretorn	Retorn de gasos del reactor	Vàlvules de retenció
		Diferències de pressió durant una parada	Contaminació de la línia de metanol	Procediments d'aturada
		Error operatiu	Dany a equips aigües amunt	Formació d'operadors

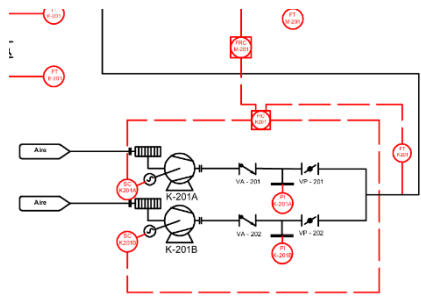
		ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
ÀREA-200	REACCIÓ				
	EQUIP: E-201 (EVAPORADOR METANOL)				
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES	
INVERS	Flux invers	Fallada del sistema de control	Flux no desitjat	Interbloquejos	
EN LLOC DE	Aire dins la línia de metanol	Fuita a les canonades	Formació de mescles inflamables	Proves d'estanqueïtat	
		Entrada d'aire durant manteniment	Risc d'ignició	Purga abans de l'arrencada	
		Fallada de segellament	Alteració de la composició	Inspeccions periòdiques	
	Productes de reacció en lloc de metanol	Retorn des del reactor	Contaminació de la matèria primera	Vàlvules antiretorn	
		Error de maniobra de vàlvules	Funcionament incorrecte del procés	Procediments operatius	

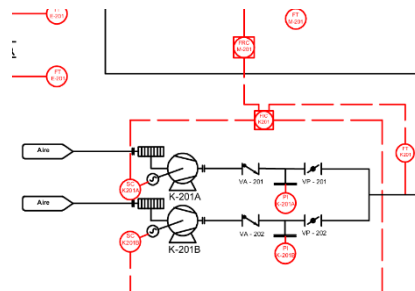
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP				
	ÀREA-200	REACCIÓ EQUIP: K-201A, K-201B (Aliment aire)			
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES	
NO	Cabal d'aire	Fallada mecànica del compressor	Absència d'oxigen al reactor i parada de producció	Compressor redundant	
		Tall del subministrament elèctric	Interrupció del procés	Sistema d'alimentació d'emergència	
		Vàlvula d'impulsió tancada	No alimentació al reactor	Verificació operativa	
		Obstrucció total de la línia	Absència de cabal d'aire	Inspeccions periòdiques	
		Col·lapse o avaria del filtre d'aire	Aturada de l'alimentació	Manteniment preventiu	

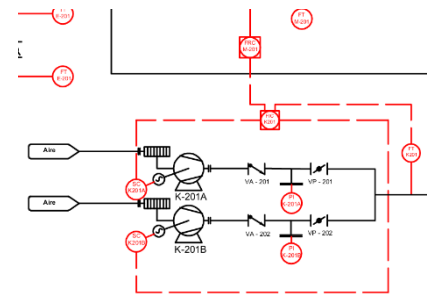
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP				
	ÀREA-200	REACCIÓ EQUIP: K-201A, K-201B (Aliment aire)			
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES	
NO	Cabal d'aire	Error del controlador de cabal	Interrupció del procés	Calibració periòdica	
	Pressió d'impulsió	Parada del compressor	No entrada d'aire al reactor	Alarma de baixa pressió	
		Fuita important a la línia	Incapacitat per assolir la pressió requerida	Detecció de fuites	
		Fallada del motor del compressor	Disminució de producció	Manteniment predictiu	
		Error del transmissor de pressió	Lectura incorrecta i actuació errònia del control	Instrumentació redundant	
		Obertura accidental d'un drenatge	Pèrdua de pressió	Procediments operatius	

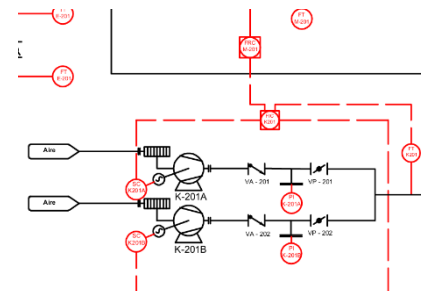
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-200	REACCIÓ		
		EQUIP: K-201A, K-201B (Aliment aire)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
MÉS	Cabal d'aire	Error del controlador de cabal	Excés d'oxigen al reactor	Control automàtic
		Obertura excessiva de la vàlvula de regulació	Alteració de la relació aire/metanol	Monitorització contínua
		Error de calibració del cabalímetre	Lectura incorrecta del cabal	Calibració periòdica
		Funcionament excessiu del compressor	Increment del cabal alimentat	Alarmes de cabal alt
		Error humà durant l'operació	Alimentació fora d'especificació	Procediments operatius
	Pressió	Vàlvula de sortida parcialment tancada	Sobrepessió de la línia	Vàlvula PSV

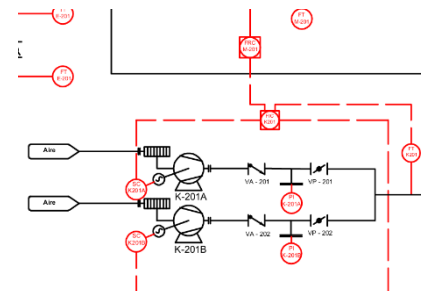
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-200	REACCIÓ		
		EQUIP: K-201A, K-201B (Aliment aire)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
MÉS	Pressió	Obstrucció parcial de canonades	Increment de pressió aigües amunt	Inspeccions periòdiques
		Error del controlador de pressió	Funcionament fora de rang	Instrumentació redundant
		Funcionament excessiu del compressor	Sobrecàrrega mecànica	Control automàtic
		Error del transmissor de pressió	Actuació incorrecta del sistema de control	Calibració periòdica
		Fallada de la vàlvula reguladora	Augment de pressió a la línia	Manteniment preventiu
	Concentració d'oxigen	Excés de cabal d'aire	Augment del risc de reaccions secundàries	Analitzador d'O ₂

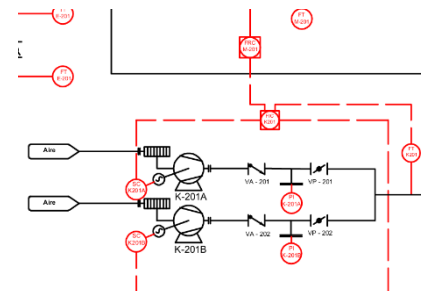
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP				
	ÀREA-200	REACCIÓ EQUIP: K-201A, K-201B (Aliment aire)			
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQUÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES	
MÉS	Concentració d'oxigen	Error en la regulació aire/metanol	Disminució de selectivitat a formaldehid	Control automàtic	
		Error de lectura de cabal	Relació incorrecta de reactius	Instrumentació redundant	
		Variacions de les condicions d'entrada del compressor	Inestabilitat del procés	Monitorització contínua	
MENYS	Cabal d'aire	Filtre parcialment obstruït	Conversió insuficient de metanol	Neteja periòdica	
		Desgast mecànic del compressor	Disminució de producció	Manteniment predictiu	
		Fuita a la línia	Pèrdua de cabal	Detecció de fuites	

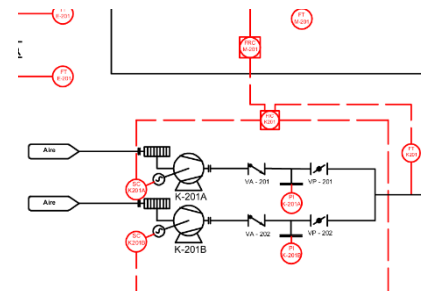
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-200	REACCIÓ		
		EQUIP: K-201A, K-201B (Aliment aire)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
MENYS	Cabal d'aire	Vàlvula parcialment tancada	Alimentació insuficient	Verificació operativa
		Error del controlador de cabal	Relació aire/metanol incorrecta	Calibració periòdica
		Baixa velocitat del compressor	Conversió inferior al reactor	Seguiment operacional
	Pressió	Fuites en canonades o brides	Pèrdua de capacitat d'impulsió	Inspeccions periòdiques
		Desgast intern del compressor	Disminució del rendiment	Manteniment preventiu
		Obertura accidental d'una purga	Pèrdua de pressió	Procediments operatius

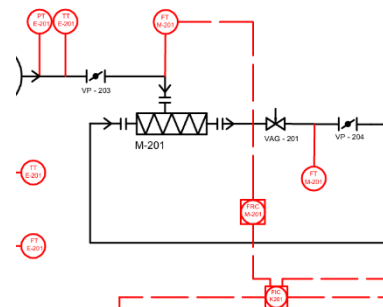
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-200	REACCIÓ		
		EQUIP: K-201A, K-201B (Aliment aire)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
MENYS	Pressió	Error del transmissor de pressió	Lectures incorrectes	Instrumentació redundant
		Funcionament deficient del motor	Pressió insuficient al reactor	Monitorització contínua
	Concentració d'oxigen	Cabal d'aire insuficient	Conversió incompleta de metanol	Analitzador d'O ₂
		Entrada de gas inert al sistema	Disminució de la capacitat oxidant	Procediments operatius
		Error de regulació	Baixa eficiència del reactor	Control automàtic
		Problemes de captació d'aire	Alteració de composició	Monitorització contínua

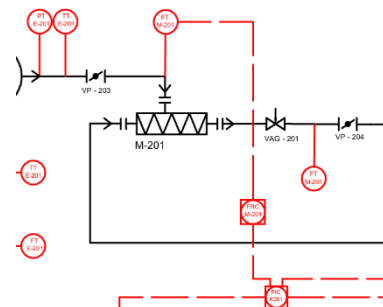
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-200	REACCIÓ		
		EQUIP: K-201A, K-201B (Aliment aire)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
A MÉS	Humitat	Entrada d'aigua a la línia d'aspiració	Corrosió d'equips	Separadors d'humitat
		Condensació dins les canonades	Deteriorament de l'equip	Drenatges periòdics
		Mal funcionament del sistema de tractament d'aire	Contaminació del procés	Inspeccions periòdiques
		Entrada d'aigua durant manteniment	Alteració de la reacció	Procediments operatius
	Partícules sòlides	Filtre deteriorat	Dany al catalitzador	Filtració d'alta eficiència
		Aspiració de pols ambiental	Contaminació del reactor	Manteniment dels filtres

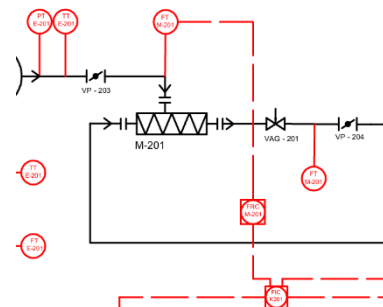
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-200	REACCIÓ		
		EQUIP: K-201A, K-201B (Aliment aire)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
A MÉS	Partícules sòlides	Trencament d'elements filtrants	Arribada de sòlids al procés	Inspeccions periòdiques
		Operacions de manteniment inadequades	Introducció d'impureses	Procediments de treball
PART DE	Cabal parcial	Funcionament degradat del compressor	Disminució de producció	Manteniment preventiu
		Obstrucció parcial del filtre	Conversió inferior	Neteja periòdica
		Obstrucció parcial de la línia	Variacions operatives	Inspeccions periòdiques
		Problemes elèctrics del motor	Rendiment insuficient	Monitorització del motor

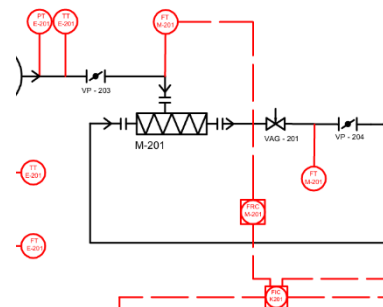
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-200	REACCIÓ		
		EQUIP: K-201A, K-201B (Aliment aire)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
PART DE	Cabal parcial	Fuites moderades al sistema	Pèrdua de capacitat d'impulsió	Detecció de fuites
INVERS	Flux invers	Fallada de la vàlvula antiretorn	Retorn de gasos inflamables al compressor	Vàlvules de retenció
		Sobrepessió al reactor	Dany mecànic al compressor	Interbloquejos de seguretat
		Error operatiu durant una parada	Contaminació de la línia d'aire	Procediments d'aturada
		Fallada del sistema de control	Flux no desitjat	Alarmes i bloquejos automàtics

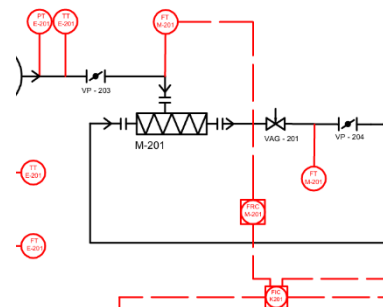
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-200	REACCIÓ		
		EQUIP: K-201A, K-201B (Aliment aire)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
EN LLOC DE	Gas inert en lloc d'aire	Error de connexió de línies	Disminució de conversió	Identificació clara de canonades
		Error operatiu	Aturada del procés	Procediments operatius
	Aire contaminat en lloc d'aire net	Fallada dels filtres	Desactivació del catalitzador	Manteniment dels filtres
		Entrada de contaminants externs	Alteració del procés de reacció	Controls de qualitat de l'aire

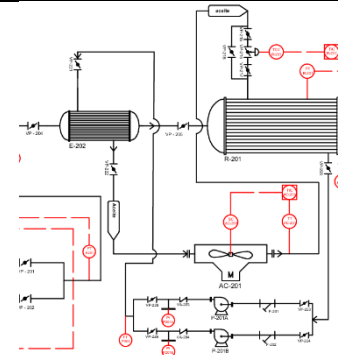
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-200	REACCIÓ		
		EQUIP: M-201 (MESCLADOR ESTÀTIC)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
NO	Cabal de metanol	Fallada de la bomba d'alimentació	Absència de metanol al reactor	Manteniment preventiu
		Vàlvula tancada	Aturada de producció	Verificació operativa
		Obstrucció de la línia	Alimentació nul·la de metanol	Inspeccions periòdiques
	Cabal d'aire	Fallada del compressor	Absència d'oxigen per a la reacció	Compressor redundant
		Vàlvula tancada	Aturada del procés	Verificació operativa
		Obstrucció de la línia	Conversió nul·la de metanol	Inspeccions periòdiques

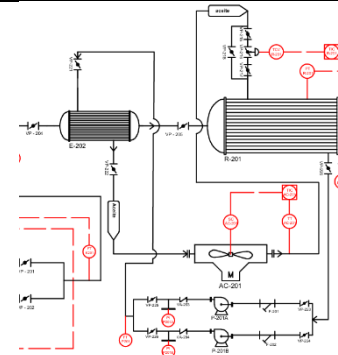
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-200	REACCIÓ		
		EQUIP: M-201 (MESCLADOR ESTÀTIC)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
NO	Mescla	Absència d'un dels corrents d'alimentació	Alimentació fora d'especificació al reactor	Interbloqueig de cabals
		Obstrucció total dels elements interns	Pèrdua de la funció de mescla	Inspeccions periòdiques
MÉS	Pressió	Obstrucció de la línia de sortida	Sobrepresió del mesclador	PSV
		Vàlvula aigües avall parcialment tancada	Increment de pressió	Alarmes de pressió
		Acumulació de dipòsits interns	Augment de la pèrdua de càrrega	Neteja periòdica
	Temperatura	Metanol excessivament calent procedent de l'E-201	Alimentació fora d'especificació al reactor	Control de temperatura

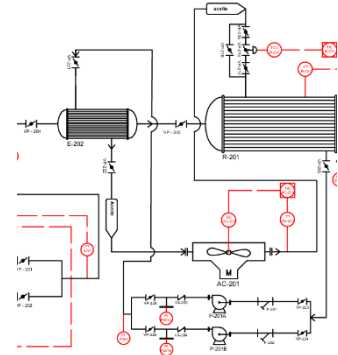
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-200	REACCIÓ		
		EQUIP: M-201 (MESCLADOR ESTÀTIC)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
MÉS	Temperatura	Error del controlador de temperatura	Increment del risc d'inflamabilitat	Calibració periòdica
MENYS	Pressió	Fuites en brides o connexions	Emissió de vapors inflamables	Detecció de fuites
		Defectes de segellat	Pèrdua de producte	Inspeccions periòdiques
	Cabal total	Obstrucció parcial d'una línia	Menor alimentació al reactor	Neteja periòdica
		Funcionament deficient de la bomba o compressor	Disminució de producció	Manteniment preventiu
	Homogeneïtat de la mescla	Evaporació incompleta del metanol	Distribució desigual dels reactius	Control de temperatura a l'E-201

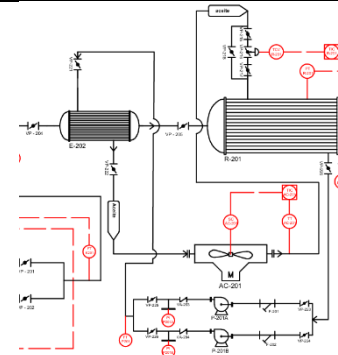
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-200	REACCIÓ		
		EQUIP: M-201 (MESCLADOR ESTÀTIC)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
MENYS	Homogeneïtat de la mescla	Cabals fora de disseny	Alimentació irregular al reactor	Control de cabals
		Acumulació de dipòsits interns	Disminució de l'eficiència de mescla	Inspeccions periòdiques
A MÉS	Oxigen	Excés de cabal d'aire	Increment de reaccions secundàries	Analitzador d'O ₂
		Error de regulació aire/metanol	Disminució de selectivitat	Control automàtic
	Metanol	Excés de cabal de metanol	Mescla massa rica en combustible	Control de relació aire/metanol
		Error del controlador de cabal	Augment del risc d'inflamabilitat	Calibració periòdica

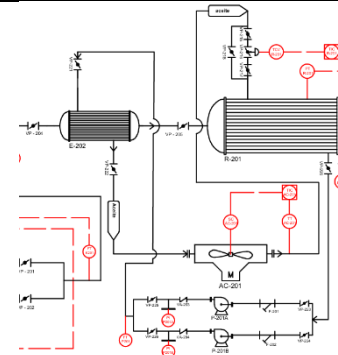
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-200	REACCIÓ		
		EQUIP: M-201 (MESCLADOR ESTÀTIC)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
PART DE	Mescla parcial	Obstrucció parcial dels elements interns	Homogeneïtzació insuficient	Neteja periòdica
		Acumulació de dipòsits	Alimentació irregular al reactor	Inspeccions internes
INVERS	Flux invers	Fallada de la vàlvula antiretorn	Contaminació de les línies d'alimentació	Vàlvules de retenció
		Diferència de pressions entre equips	Retorn de producte	Control de pressió
EN LLOC DE	Metanol líquid en lloc de vapor	Temperatura insuficient a l'E-201	Mala distribució dels reactius al reactor	Control de temperatura
		Excés de cabal de metanol	Vaporització incompleta	Control automàtic
	Aire en lloc de mescla reactiva	Absència de cabal de metanol	No es produeix la reacció	Interbloquejos de cabal

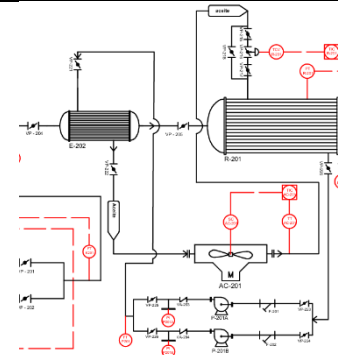
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-200	REACCIÓ		
		EQUIP: E-202 (BESCANVIADOR)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
NO	Cabal de reactius	Obstrucció total de la línia d'alimentació	No entrada de reactius al reactor	Alarmes de cabal
		Vàlvula tancada accidentalment	Aturada del procés	Procediments operatius
		Error del sistema de control	Interrupció de producció	Calibració periòdica
		Fallada del sistema aigües amunt (M-201)	No alimentació al reactor	Interbloquejos
		Tall del subministrament elèctric	Aturada de la planta	Sistema d'emergència
	Cabal de sal fosa	Fallada de la bomba de recirculació	Pèrdua de preescalfament	Bomba redundant

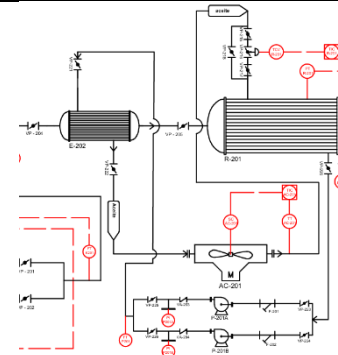
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-200	REACCIÓ		
		EQUIP: E-202 (BESCANVIADOR)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
NO	Cabal de sal fosa	Fallada de la bomba de recirculació	Pèrdua de preescalfament	Bomba redundant
		Vàlvula de sal tancada	Absència de transferència de calor	Procediments operatius
		Obstrucció del circuit de sal	Refredament dels reactius	Inspeccions periòdiques
		Tall elèctric a la bomba	Interrupció del sistema tèrmic	Alimentació d'emergència
		Error del sistema de control	Pèrdua de circulació	Monitorització contínua
	Transferència de calor	Absència de circulació de sal	Reactius freds a l'entrada del reactor	Alarma de temperatura

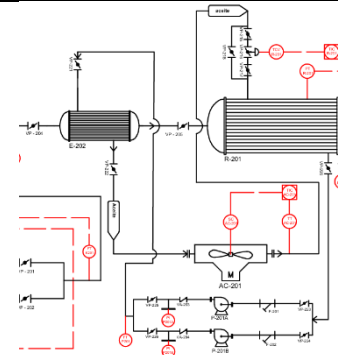
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP				
	ÀREA-200	REACCIÓ EQUIP: E-202 (BESCANVIADOR)			
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES	
NO	Transferència de calor	Trencament intern de tubs	Pèrdua d'eficiència tèrmica	Inspeccions mecàniques	
		Acumulació de dipòsits	Baixa transferència de calor	Neteja periòdica	
		Error operatiu	Disminució de la conversió	Formació d'operadors	
		Aïllament incorrecte del sistema	Refredament del corrent	Inspeccions	
MÉS	Temperatura de sortida dels reactius	Excés de temperatura de la sal fosa	Sobreescalfament de l'alimentació al reactor	Control automàtic	
		Excés de cabal de sal	Increment de temperatura	Monitorització contínua	

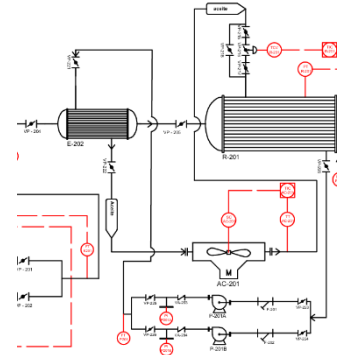
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-200	REACCIÓ		
		EQUIP: E-202 (BESCANVIADOR)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
MÉS	Temperatura de sortida dels reactius	Baix cabal de reactius	Major escalfament del corrent	Alarmes de temperatura
		Error del controlador de temperatura	Alimentació fora d'especificació	Calibració periòdica
		Error del transmissor de temperatura	Lectures incorrectes	Instrumentació redundant
		Fallada de la vàlvula reguladora de sal	Augment de temperatura	Manteniment preventiu
	Pressió costat reactius	Obstrucció de la línia de sortida	Sobrepessió de l'equip	PSV
		Vàlvula aigües avall parcialment tancada	Increment de pressió	Alarmes de pressió

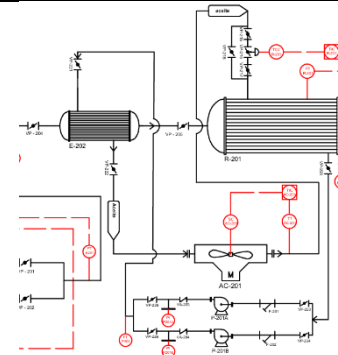
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-200	REACCIÓ		
		EQUIP: E-202 (BESCANVIADOR)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
MÉS	Pressió costat reactius	Cabal excessiu de reactius	Sobrecàrrega hidràulica	Control de cabal
		Error del controlador de pressió	Funcionament fora de rang	Calibració
		Error del transmissor de pressió	Lectura incorrecta	Instrumentació redundant
	Cabal de sal fosa	Error del controlador de cabal	Sobreescalfament dels reactius	Control automàtic
		Obertura excessiva de la vàlvula de regulació	Increment de temperatura	Alarmes de temperatura
		Error de calibració del cabalímetre	Lectures incorrectes	Calibració periòdica

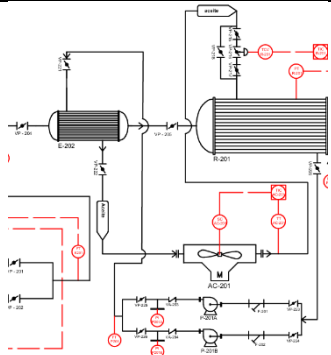
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-200	REACCIÓ		
		EQUIP: E-202 (BESCANVIADOR)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
MÉS	Cabal de sal fosa	Funcionament excessiu de la bomba	Sobrecàrrega tèrmica	Monitorització contínua
MENYS	Temperatura de sortida dels reactius	Baixa temperatura de la sal fosa	Conversió inferior al reactor	Control de temperatura
		Cabal insuficient de sal	Escalfament insuficient	Alarmes de cabal
		Fallada parcial de la bomba de sal	Pèrdua d'eficiència	Manteniment preventiu
		Error del controlador de temperatura	Alimentació insuficientment escalfada	Calibració
		Error del transmissor	Lectura incorrecta	Instrumentació redundant

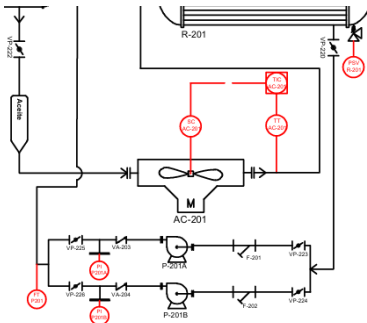
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-200	REACCIÓ		
		EQUIP: E-202 (BESCANVIADOR)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
MENYS	Temperatura de sortida dels reactius	Pèrdues tèrmiques per degradació de l'aïllament	Disminució del rendiment energètic	Revisió periòdica
	Pressió costat reactius	Fuites a l'intercanviador	Emissió de gasos inflamables	Detecció de fuites
		Fuites en brides o connexions	Pèrdua de reactius	Inspeccions periòdiques
		Obertura accidental d'un drenatge	Caiguda de pressió	Procediments operatius
		Error del transmissor de pressió	Lectura incorrecta	Calibració
		Defecte mecànic del cos de l'equip	Funcionament inestable	Inspecció mecànica

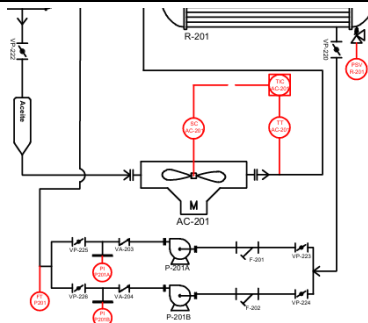
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-200	REACCIÓ		
		EQUIP: E-202 (BESCANVIADOR)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
MENYS	Cabal de sal fosa	Desgast de la bomba	Menor escalfament dels reactius	Manteniment preventiu
		Obstrucció parcial del circuit de sal	Disminució de transferència tèrmica	Neteja periòdica
		Vàlvula parcialment tancada	Reducció de cabal	Verificació operativa
		Fuites al circuit de sal	Pèrdua de capacitat tèrmica	Detecció de fuites
		Error del controlador de cabal	Funcionament fora d'especificació	Calibració
		Error del cabalímetre	Lectura incorrecta	Instrumentació redundant

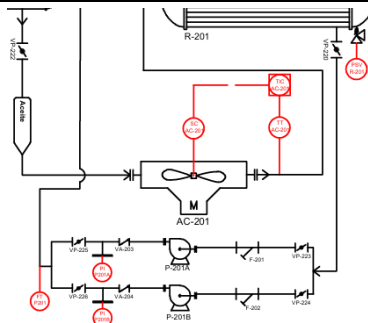
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-200	REACCIÓ EQUIP: E-202 (BESCANVIADOR)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
PART DE	Escalfament parcial	Distribució no uniforme de la sal	Diferències de temperatura en el corrent	Control de cabals
		Obstrucció parcial dels canals de sal	Menor rendiment de l'equip	Neteja programada
		Cabal insuficient de sal	Conversió inferior al reactor	Monitorització contínua
		Funcionament parcial de la bomba	Inestabilitat operativa	Manteniment preventiu
INVERS	Flux invers de reactius	Diferència de pressions entre equips	Dany mecànic a l'intercanviador	Vàlvules antiretorn
		Error operatiu durant una parada	Contaminació de línies	Procediments d'aturada

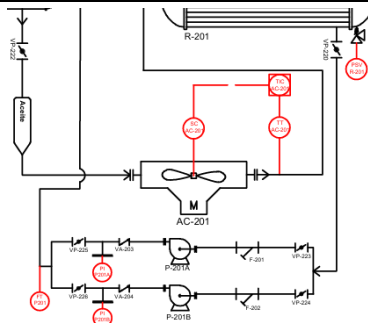
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-200	REACCIÓ		
		EQUIP: E-202 (BESCANVIADOR)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
INVERS	Flux invers de reactius	Fallada del sistema de control	Flux no desitjat	Interbloquejos
		Sobrepresió aigües avall	Retorn de gasos calents	Control de pressió
EN LLOC DE	Reactius freds en lloc de preescalfats	Fallada del sistema de sal fosa	Baixa conversió de metanol	Interbloqueig per temperatura mínima
		Absència de circulació de sal	Menor rendiment del reactor	Alarmes de temperatura
		Error del controlador de temperatura	Alimentació fora d'especificació	Calibració periòdica
		Obstrucció severa de l'intercanviador	Escalfament insuficient	Neteja programada

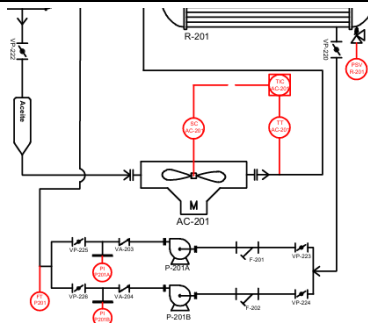
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP				
	ÀREA-200	REACCIÓ			
		EQUIP: E-202 (BESCANVIADOR)			
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES	
EN LLOC DE	Aire o gas inert en lloc de corrent reactiu	Error operatiu	Aturada del procés	Procediments operatius	
		Error de connexió de línies	Pèrdua de producció	Identificació clara de canonades	
		Error de maniobra de vàlvules	Alimentació incorrecta al reactor	Verificació operativa	

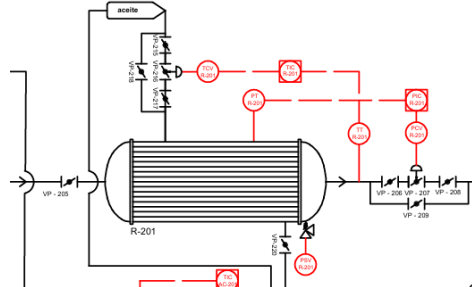
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP				
	ÀREA-200	REACCIÓ EQUIP: AC-201 (AIR COOLER)			
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES	
NO	Cabal de sal	Fallada de la bomba P-201A	No refrigeració de la sal	Bomba redundant	
		Fallada de la bomba P-201B	Disminució de capacitat de refrigeració	Bomba de reserva	
		Vàlvula tancada	Interrupció de circulació	Procediments operatius	
		Obstrucció de la línia	Aturada del circuit tèrmic	Inspeccions periòdiques	
	Refrigeració	Fallada del ventilador	Increment de temperatura de la sal	Manteniment preventiu	
		Tall elèctric	Pèrdua de dissipació de calor	Alimentació d'emergència	

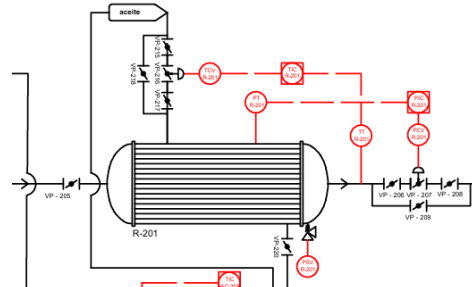
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-200	REACCIÓ		
		EQUIP: AC-201 (AIR COOLER)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
NO	Refrigeració	Error del sistema de control	Sobreescalfament del circuit	Alarmes
MÉS	Temperatura de la sal	Fallada del ventilador	Sal massa calenta a E-202	Control automàtic
		Baixa velocitat del ventilador	Disminució de refrigeració	Monitorització
		Temperatura ambiental elevada	Menor capacitat de refredament	Seguiment operacional
		Excés de càrrega tèrmica del reactor	Augment de temperatura del circuit	Control del reactor
	Pressió	Obstrucció de la línia	Sobrecàrrega mecànica	PSV

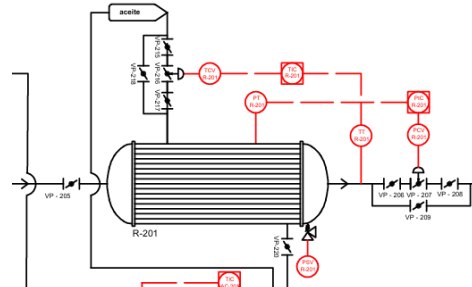
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-200	REACCIÓ		
		EQUIP: AC-201 (AIR COOLER)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
MÉS	Pressió	Vàlvula parcialment tancada	Augment de pressió	Alarmes de pressió
		Dilatació tèrmica de la sal	Increment de pressió interna	Vas d'expansió
MENYS	Cabal de sal	Desgast de la bomba	Menor refrigeració	Manteniment preventiu
		Obstrucció parcial	Disminució de transferència tèrmica	Neteja periòdica
		Vàlvula parcialment tancada	Funcionament fora de disseny	Inspeccions
	Temperatura de la sal	Excés de refrigeració	Reactius insuficientment preescalfats a E-202	Control automàtic

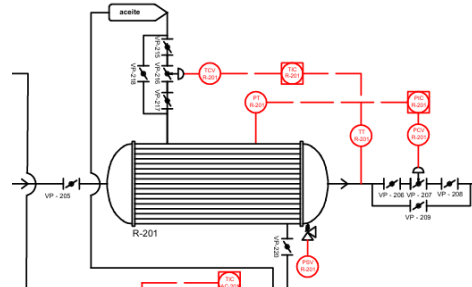
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-200	REACCIÓ		
		EQUIP: AC-201 (AIR COOLER)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQUÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
MENYS	Temperatura de la sal	Error del controlador	Disminució de conversió al reactor	Calibració
A MÉS	Aire al circuit de sal	Entrada durant manteniment	Problemes de circulació	Procediments operatius
		Fuites en aspiració de bomba	Cavitació	Inspeccions periòdiques
PART DE	Refrigeració parcial	Funcionament parcial del ventilador	Temperatura inestable de la sal	Monitorització contínua
		Obstrucció parcial de les aletes	Pèrdua de rendiment	Neteja programada

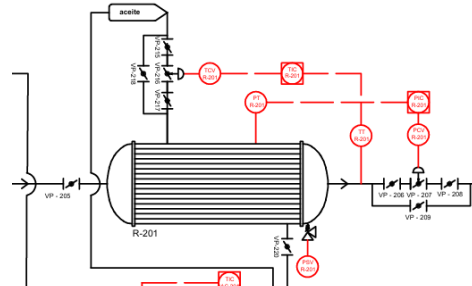
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-200	REACCIÓ		
		EQUIP: AC-201 (AIR COOLER)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
INVERS	Flux invers de sal	Parada sobtada de la bomba	Alteració del circuit tèrmic	Vàlvules antiretorn
		Diferències de pressió	Funcionament incorrecte	Control de pressió
EN LLOC DE	Sal insuficientment refredada	Fallada del ventilador	Augment de temperatura a E-202 i reactor	Alarma de temperatura
		Error de control	Pèrdua de control tèrmic del procés	Interbloquejos

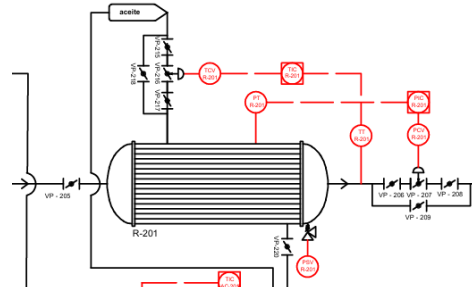
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-200	REACCIÓ EQUIP: R-201 (REACTOR)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
NO	Cabal de reactius	Compressor d'aire K-201A o K-201B fora de servei per avaria mecànica o fallada elèctrica	Aturada de la reacció per manca d'oxigen	Redundància de compressors K-201A/B i manteniment preventiu
		Fallada de la bomba d'alimentació de metanol des de l'àrea A-100 (P-101)	No alimentació de metanol al reactor	Alarmes de cabal i bomba de reserva
		Vàlvula d'entrada al reactor tancada accidentalment (VP-205)	Bloqueig total de l'alimentació al reactor	Check-list de prearrencada i interbloqueig
		Obstrucció del mesclador estàtic (M-201) o del bescanviador de preescalfament (E-202)	Absència de flux de gas reactiu	Inspecció i neteja periòdica
		Fallada de vaporització del metanol al bescanviador E-201	El metanol no arriba en fase gasosa	Control de temperatura i pressió a E-201

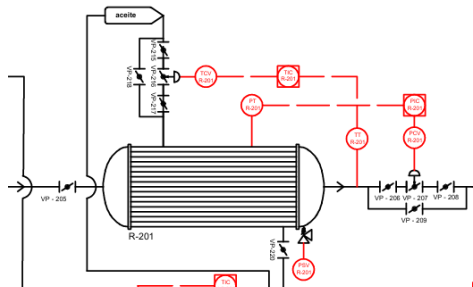
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-200	REACCIÓ		
		EQUIP: R-201 (REACTOR)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQUÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
NO	Cabal de reactius	Fallada del cabalímetre/transmissor de cabal de metanol (FT-M201)	Lectura falsa de cabal zero i control incorrecte	Redundància d'instruments
	Circulació sal fosa	Fallada de les bombes de recirculació de sal fosa (P-201A/P-201B)	Sobreescalfament del reactor R-201	Redundància de bombes
		Vàlvules del circuit de sal tancades accidentalment (VP-223/VP-224)	Pèrdua de refrigeració del reactor	Interbloqueig automàtic
		Obstrucció de la línia de circulació de sal fosa	Formació de punts calents al reactor	Neteja i purga periòdica del sistema
		Fallada de l'air cooler del circuit tèrmic (AC-201)	La sal no es refreda adequadament	Alarmes de temperatura de sal
		Fuita al circuit de sal fosa	Pèrdua de fluid tèrmic i refrigeració	Sensors de fuita i cubeta de contenció

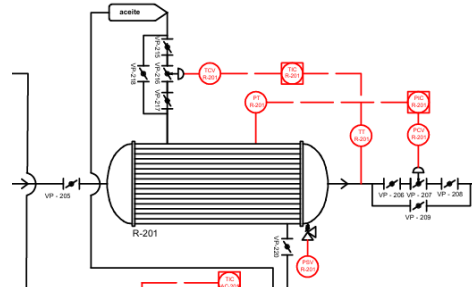
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-200	REACCIÓ		
		EQUIP: R-201 (REACTOR)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
NO	Circulació sal fosa	Error operatiu durant maniobres del circuit tèrmic	Desconnexió involuntària del circuit de refrigeració	Procediments d'operació
	Refrigeració	Fallada de circulació de sal fosa al reactor	Runaway tèrmic i increment descontrolat de temperatura	Sistema ESD del reactor
		Fallada de l'intercanviador/refredador de sal (AC-201)	No dissipació de la calor de reacció	Redundància d'equips de refrigeració
		Pèrdua de cabal de les bombes de sal fosa (P-201A/P-201B)	Sobreescalfament del reactor	Alarmes de cabal
		Error del controlador de temperatura del reactor (TIC-R201)	Control incorrecte de la temperatura	Control redundant
		Obstrucció de la carcassa del reactor R-201 pel costat de sal	Formació de "hot spots"	Monitorització tèrmica

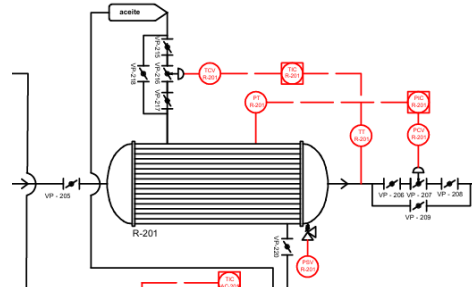
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-200	REACCIÓ		
		EQUIP: R-201 (REACTOR)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
MÉS	Temperatura reactor R-201	Excés d'alimentació de metanol des de tancs A-100 per obertura excessiva de la vàlvula d'alimentació o error de control de cabal de metanol (FRC-M201)	Increment de l'exotèrmia de la reacció	Control automàtic de la relació metanol/O ₂ (FRC-M201)
		Excés d'aire dels compressors K-201A/B per fallada del control de cabal o sobrecompressió	Acceleració de la reacció d'oxidació	Analitzador i control de concentració d'O ₂
		Baix cabal de sal fosa per fallada de les bombes de recirculació (P-201A/B)	Pèrdua de capacitat de refrigeració del reactor	Control i redundància de bombes P-201A/B
		Fallada de l'air cooler de sal fosa (AC-201)	Acumulació de calor al circuit tèrmic	Alarmes de temperatura alta i manteniment AC-201
		Desactivació parcial del catalitzador Fe-Mo dins R-201	Formació de punts calents ("hot spots")	Seguiment periòdic de l'estat del catalitzador

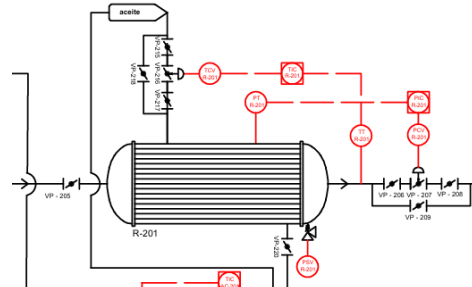
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-200	REACCIÓ		
		EQUIP: R-201 (REACTOR)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
MÉS	Temperatura reactor R-201	Error del transmissor de temperatura del reactor (TT-R201)	Lectura incorrecta de temperatura i control inadequat	Redundància de sensors de temperatura
	Pressió reactor R-201	Obstrucció de la línia de sortida del reactor o de la vàlvula de sortida (VP-206)	Sobrepessió al reactor	Vàlvula de seguretat del reactor (PSV-R201)
		Excés de cabal d'alimentació de reactius per error del control de cabal (FRC-M201)	Sobrecàrrega hidrodinàmica del reactor	Control automàtic de cabal a M-201
		Fallada d'un compressor d'aire (K-201A/B) generant desbalanceig de fluxos	Variacions de pressió i inestabilitat	Regulació automàtica dels compressors
		Incrustació o fouling als tubs del reactor R-201	Increment de pèrdua de càrrega	Inspecció i neteja periòdica
		Error del controlador de pressió del reactor (PIC-R201)	Control incorrecte de la pressió	Calibració periòdica dels instruments

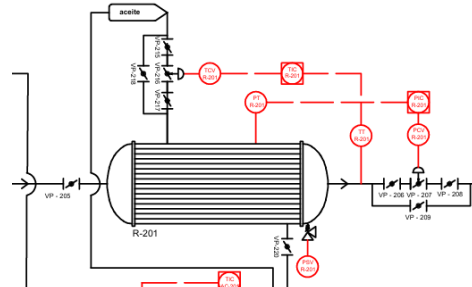
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-200	REACCIÓ		
		EQUIP: R-201 (REACTOR)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
MÉS	Cabal reactius	Obertura excessiva de la vàlvula/controlador de cabal de metanol (FRC-M201)	Sobrealimentació del reactor	Control automàtic de cabal
		Excés d'aire subministrat pels compressors (K-201A/B)	Relació O ₂ /metanol fora d'especificació	Analitzador de concentració d'O ₂
		Fallada del cabalímetre de metanol (FT-M201)	Lectura errònia del cabal real	Redundància de cabalímetres
		Error operatiu durant l'ajust manual dels cabals	Sobrecàrrega tèrmica del reactor	Procediments operatius i formació
	Concentració d'O ₂	Excés d'aire dels compressors K-201A/B	Oxidació total del metanol a CO/CO ₂	Control automàtic amb analitzador d'O ₂
		Baix cabal de metanol des de l'alimentació A-100	Excés relatiu d'oxidant	Control relació metanol/O ₂

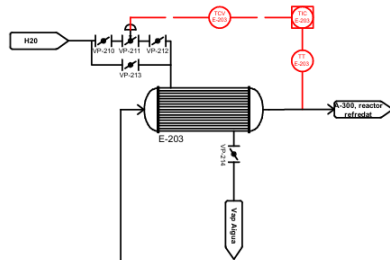
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-200	REACCIÓ EQUIP: R-201 (REACTOR)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
MÉS	Concentració d'O ₂	Error del controlador de cabal de metanol (FRC-M201)	Desequilibri de la reacció	Calibració periòdica
		Fallada del sensor/analitzador d'O ₂	Lectura incorrecta de composició	Redundància d'analitzadors
MENYS	Temperatura reactor R-201	Excés de refrigeració de la sal fosa a l'air cooler (AC-201)	Conversió baixa de metanol	Control automàtic de temperatura AC-201
		Temperatura baixa al bescanviador de preescalfament (E-202)	Reacció lenta	Control del preescalfament
		Sal fosa massa freda al circuit tèrmic	Pèrdua d'activitat aparent del reactor	Monitorització tèrmica contínua
		Desactivació parcial del catalitzador Fe-Mo	Baixa conversió	Seguiment del catalitzador

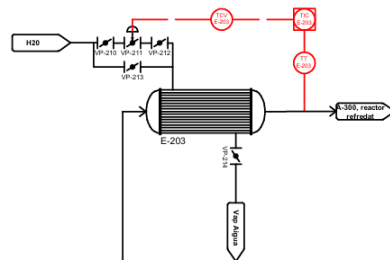
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-200	REACCIÓ		
		EQUIP: R-201 (REACTOR)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
MENYS	Temperatura reactor R-201	Error del transmissor de temperatura (TT-R201)	Lectura falsa baixa	Redundància de sensors
	Pressió reactor R-201	Fuita al reactor o línies associades	Pèrdua de producte i risc d'emissions	Detector de fuites
		Vàlvula de drenatge oberta accidentalment	Despressurització del sistema	Interbloqueig de seguretat
		Juntes defectuoses als equips o canonades	Inestabilitat operacional	Manteniment preventiu
		Vàlvules de control mal ajustades	Caiguda de pressió	Inspeccions periòdiques
	Cabal reactius	Fallada d'un compressor d'aire (K-201A/B)	Alimentació insuficient d'O ₂	Sistema redundant de compressors

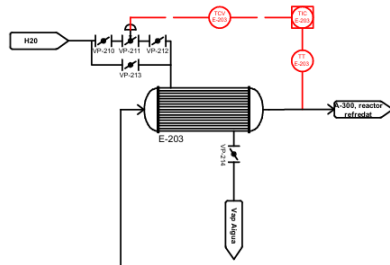
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-200	REACCIÓ		
		EQUIP: R-201 (REACTOR)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
MENYS	Cabal reactius	Obstrucció al mesclador estàtic (M-201)	Baix flux de gas reactiu	Neteja periòdica
		Fallada de la bomba d'alimentació de metanol	Baixa conversió de reactor	Bomba de reserva
		Error del controlador de cabal (FRC-M201)	Desviació de les condicions d'operació	Calibració periòdica
	Cabal de productes	Obstrucció parcial de la línia de sortida del reactor o de la vàlvula de sortida (VP-206)	Acumulació de productes al reactor i augment de pressió	Inspecció i neteja periòdica
		Baixa conversió al reactor R-201 per desactivació del catalitzador Fe-Mo	Menor producció de formaldehid	Seguiment i reemplaçament del catalitzador
		Fallada del bescanviador de recuperació de calor (E-201) generant condensació parcial	Reducció del flux gasós de productes	Control de temperatura i manteniment

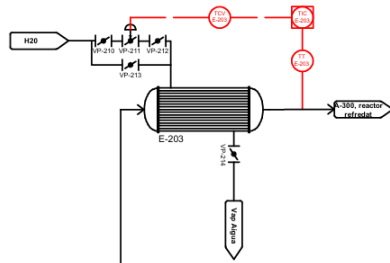
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-200	REACCIÓ		
		EQUIP: R-201 (REACTOR)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
MENYS	Cabal de productes	Pèrdua de cabal d'alimentació de reactius des de M-201	Menor generació de productes de reacció	Control automàtic de cabals
		Fuita a la línia de productes entre R-201 i E-203	Pèrdua de producte i emissions	Detecció de fuites i manteniment preventiu
		Fallada del controlador de pressió del reactor (PIC-R201)	Restricció incorrecta de la sortida de productes	Calibració periòdica d'instruments
	Conversió metanol	Desactivació del catalitzador Fe-Mo	Reducció de producció de formaldehid	Seguiment i regeneració
		Baixa temperatura al reactor R-201	Reacció incompleta	Control tèrmic
		Mala relació metanol/O ₂ per desviació de cabals	Baixa selectivitat	Control de composició

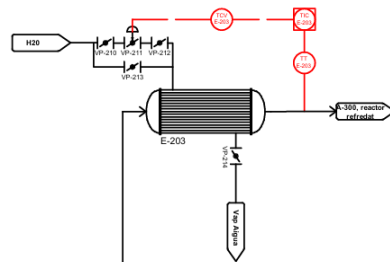
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-200	REACCIÓ		
		EQUIP: R-201 (REACTOR)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
INVERS	Flux invers	Fallada durant parada de planta (ESD)	Contaminació de línies	Procediments de parada segura
		Diferència negativa de pressió	Inestabilitat del flux	Control de pressió
EN LLOC DE	Mescla reactiva incorrecta	Error del controlador de relació/cabal de metanol (FRC-M201)	Baixa selectivitat a formaldehid	Control automàtic
		Fallada dels cabalímetres de metanol o aire (FT-M201)	Relació incorrecta metanol/O ₂	Calibració periòdica
		Mala vaporització del metanol al bescanviador (E-201)	Mescla no homogènia	Control de temperatura a E-201
		Fallada del mesclador estàtic (M-201)	Gradient de composició	Manteniment preventiu

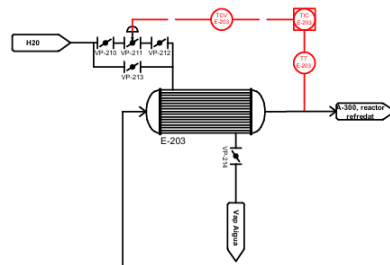
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP				
	ÀREA-200	REACCIÓ EQUIP: E-203 (BESCANVIADOR)			
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES	
NO	Refrigeració	Tall de subministrament d'aigua de refrigeració a E-203	El corrent de productes no es refreda adequadament	Alarmes de temperatura i línia d'aigua redundant	
		Vàlvula d'entrada d'aigua tancada accidentalment (VP-210/VP-211)	Absència total de refrigeració	Interbloqueig i check-list operatiu	
		Obstrucció interna dels tubs d'aigua de E-203 per incrustacions	Pèrdua de transferència tèrmica	Neteja química periòdica	
		Fallada del control de temperatura de l'aigua de refrigeració (TCV-E203)	No regulació del cabal de refrigeració	Manteniment i calibració del control	
		Fuita interna entre costat procés i costat aigua	Contaminació creuada i pèrdua d'eficiència	Inspecció d'integritat mecànica	
		Error del transmissor de temperatura de sortida (TT-E203)	Lectura incorrecta i manca d'acció correctiva	Redundància d'instrumentació	

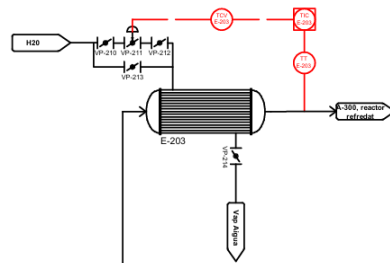
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-200	REACCIÓ		
		EQUIP: E-203 (BESCANVIADOR)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
MÉS	Temperatura de productes	Baix cabal d'aigua de refrigeració a E-203	Productes massa calents cap a absorció C-301	Control automàtic de cabal d'aigua
		Fallada parcial del bescanviador E-203 per fouling	Reducció de la transferència tèrmica	Programa de neteja periòdica
		Excés de cabal de productes procedents del reactor R-201	Temps de residència insuficient al bescanviador	Control de cabal de procés
		Entrada de productes més calents des de E-201	Sobrecàrrega tèrmica del sistema d'absorció	Monitorització de temperatura upstream
		Fallada de la vàlvula de control d'aigua (TCV-E203) en posició tancada	Reducció del refredament	Manteniment preventiu
		Temperatura elevada de l'aigua de xarxa	Disminució de la capacitat de refredament	Monitorització de serveis auxiliars

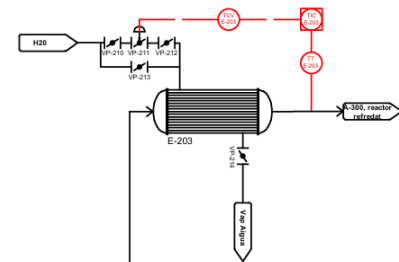
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP				
	ÀREA-200	REACCIÓ EQUIP: E-203 (BESCANVIADOR)			
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES	
MÉS	Pressió a l'àrea de procés	Obstrucció parcial de la sortida de E-203 cap a absorció	Sobrepessió a la línia de productes	Alarmes de pressió	
		Fouling intern als tubs del bescanviador	Increment de pèrdua de càrrega	Neteja periòdica	
		Vàlvula de sortida VP-212 parcialment tancada	Restricció del flux	Procediments operatius	
		Excés de cabal procedent del reactor R-201	Sobrecàrrega hidràulica	Control automàtic de cabal	
		Condensació parcial dins el bescanviador	Formació de taps líquids	Control de temperatura	
	Cabal de productes	Excés de producció al reactor R-201	Sobrecàrrega tèrmica de E-203	Control de cabal upstream	

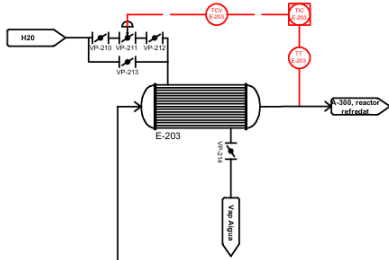
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-200	REACCIÓ	EQUIP: E-203 (BESCANVIADOR)	
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
MÉS	Cabal de productes	Vàlvula de control upstream excessivament oberta	Velocitat elevada dins el bescanviador	Regulació automàtica
		Error del cabalímetre FT-E203	Lectura incorrecta del cabal real	Redundància d'instruments
		Increment sobtat de pressió al reactor	Augment del flux de sortida	Alarmes de procés
MENYS	Temperatura de productes	Excés de cabal d'aigua de refrigeració	Refredament excessiu del corrent de procés	Control automàtic de temperatura
		Vàlvula de control TCV-E203 oberta excessivament	Temperatura massa baixa abans de C-301	Limitació de consigna mínima
		Temperatura molt baixa de l'aigua de xarxa	Condensació excessiva de metanol o formaldehid	Monitorització contínua

	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-200	REACCIÓ		
		EQUIP: E-203 (BESCANVIADOR)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
MENYS	Temperatura de productes	Baix cabal de productes procedents del reactor	Sobretemps de residència a E-203	Control de cabal de procés
		Error del transmissor TT-E203	Lectura falsa baixa i control incorrecte	Redundància de sensors
	Pressió a l'àrea de procés	Fuita a E-203 o a les línies associades	Pèrdua de producte i emissions	Detector de fuites
		Obertura accidental d'un drenatge o purga	Despressurització del sistema	Interbloqueig i bloqueig mecànic
		Trencament intern de tubs	Pas de producte cap al circuit d'aigua	Inspecció mecànica periòdica
		Baix cabal de gas procedent del reactor	Reducció de pressió operativa	Monitorització upstream

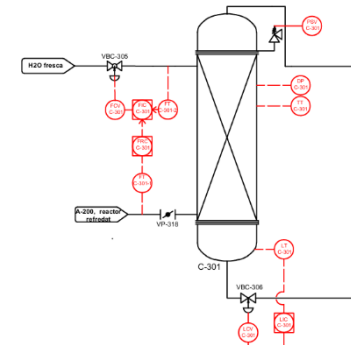
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-200	REACCIÓ		
		EQUIP: E-203 (BESCANVIADOR)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
MENYS	Pressió costat procés	Error del controlador de pressió upstream (PIC-R201)	Inestabilitat de procés	Calibració periòdica
	Cabal de productes	Obstrucció parcial de la línia de sortida de E-203	Reducció del flux cap a absorció	Inspecció i neteja periòdica
		Baixa conversió al reactor R-201	Menor producció de formaldehid	Seguiment de reactor i catalitzador
		Condensació excessiva dins E-203	Acumulació de líquid i reducció de flux gasós	Control de temperatura
		Fuita a la línia de productes	Pèrdua de cabal i emissions	Detecció de fuites
		Fallada del control upstream	Restricció del cabal d'entrada	Manteniment del sistema de control

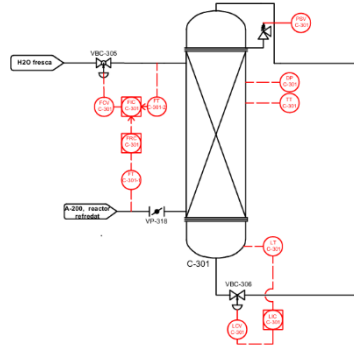
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-200	REACCIÓ		
		EQUIP: E-203 (BESCANVIADOR)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
A MÉS	Contaminació	Trencament de tubs interns de E-203	Entrada d'aigua al corrent de productes	Inspecció d'integritat mecànica
		Corrosió interna del bescanviador	Contaminació del producte final	Selecció adequada de materials
		Presència d'òxids o incrustacions	Arrossegament de sòlids cap a C-301	Filtració i neteja
		Fuites de refrigerant	Dilució del corrent de procés	Monitorització de qualitat
PART DE	Refredament parcial	Fouling parcial a E-203	Refredament insuficient	Programa CIP i neteges
		Distribució desigual d'aigua als tubs	Zones amb baixa transferència tèrmica	Revisió hidràulica

	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-200	REACCIÓ		
		EQUIP: E-203 (BESCANVIADOR)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
PART DE	Refredament parcial	Cabal insuficient d'aigua	Refredament incomplet	Alarmes de cabal
		Obstrucció parcial costat procés	Pèrdua d'eficiència tèrmica	Manteniment preventiu
INVERS	Flux invers	Sobrepessió a la zona d'absorció C-301	Retorn de fluids cap a E-203	Vàlvules antiretorn
		Parada sobtada del reactor R-201	Inversió temporal del flux	Procediment ESD
		Diferència incorrecta de pressions	Inestabilitat operacional	Control automàtic de pressió
EN LLOC DE	Refredament incorrecte	Error del controlador de temperatura TCV-E203	Temperatura fora d'especificació	Calibració periòdica

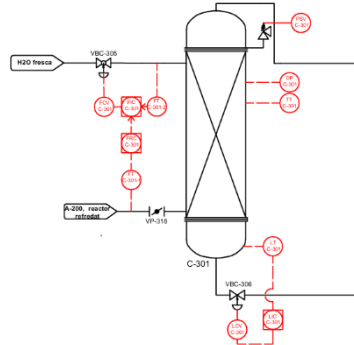
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-200	REACCIÓ		
		EQUIP: E-203 (BESCANVIADOR)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
EN LLOC DE	Refredament incorrecte	Sensor TT-E203 defectuós	Control incorrecte del bescanviador	Redundància de sensors
		Mala distribució interna dels fluxos	Refredament no homogeni	Revisió mecànica
		Operació fora de rang de disseny	Baixa eficiència tèrmica	Procediments operatius

The diagram shows a distillation column (C-301) with several feed and control streams. At the top, a 'H2O Inflow' stream enters through a control valve 'VRC-305'. A temperature measurement point 'T-301' is located on the top vapor line. On the right side, two temperature measurement points 'T-302' and 'T-303' are shown. At the bottom, a 'A-200, recycle, inhibitor' stream enters through a control valve 'VPC-313'. A temperature measurement point 'T-304' is located on the bottom liquid line. The bottom product stream exits through a control valve 'VRC-306'. Two temperature measurement points 'T-305' and 'T-306' are shown on the bottom product line. The column is labeled 'C-301' at the bottom.

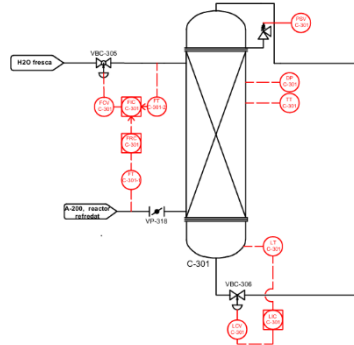
Pàgina 187 de 244

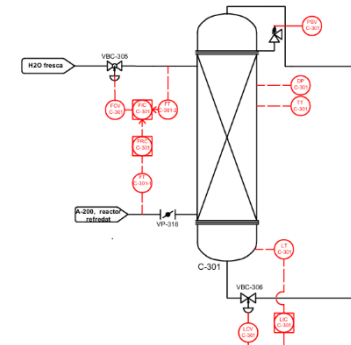
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-300	ABSORCIÓ I OBTENCIÓ FORMALDEHID		
		EQUIP: C-301 (PRIMERA COLUMNA D'ABSORCIÓ)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
MÉS	Pressió a la columna	Obstrucció parcial de la línia de sortida superior cap al compressor K-301A/B	Sobrepessió a C-301	Alarma de pressió (PT C-301)
		Fallada del compressor K-301A/B amb acumulació de gasos	Increment de pressió interna	Interbloqueig de parada
		Excés de cabal de gas procedent de l'àrea de reacció	Sobrecàrrega hidràulica de la columna	Control automàtic de cabal
		Inundació del reblliment per excés de líquid	Augment de la pèrdua de càrrega	Control de nivell
	Temperatura a la columna	Entrada de gasos més calents procedents d'E-203	Disminució de l'eficiència d'absorció	Monitorització de temperatura upstream
		Cabal insuficient d'aigua d'absorció	Escalfament de la columna	Control automàtic de cabal

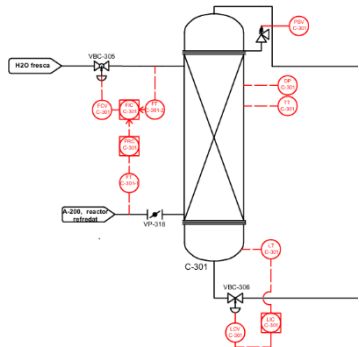
Pàgina 189 de 244

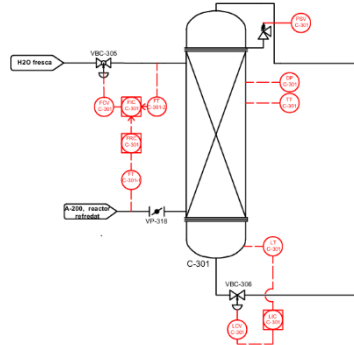
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP				
	ÀREA-300	ABSORCIÓ I OBTENCIÓ FORMALDEHID			
		EQUIP: C-301 (PRIMERA COLUMNA D'ABSORCIÓ)			
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES	
MENYS	Pressió a la columna	Fuita a la columna o a les línies associades	Emissions de formaldehid i metanol	Detector de fuites	
		Obertura accidental d'una purga o drenatge	Despressurització del sistema	Procediments operatius	
		Cabal insuficient de gas procedent del reactor	Operació fora de disseny	Monitorització upstream	
	Temperatura de la columna	Excés de cabal d'aigua d'absorció	Refredament excessiu	Control automàtic	
		Entrada d'aigua excessivament freda	Condensació elevada de metanol	Control de temperatura	
	Cabal d'aigua	Obstrucció parcial de la línia d'aigua	Menor absorció de formaldehid	Alarmes de cabal	

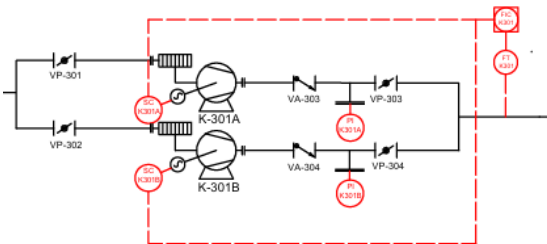
Pàgina 191 de 244

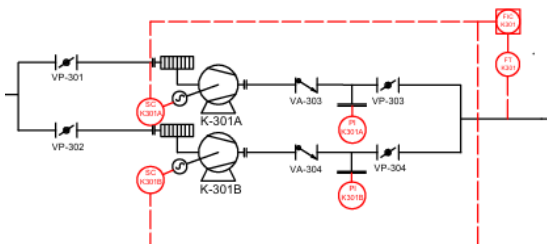
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-300	ABSORCIÓ I OBTENCIÓ FORMALDEHID		
		EQUIP: C-301 (PRIMERA COLUMNA D'ABSORCIÓ)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
A MÉS	Contaminació del líquid absorbent	Trencament intern d'elements de rebliment	Contaminació del corrent líquid	Inspecció mecànica periòdica
	Aigua addicional	Error de control de cabal d'aigua	Dilució excessiva del producte	Control automàtic de cabal
	Oxigen en excés	Excés d'aire procedent de reacció	Increment del risc d'inflamabilitat	Control de composició del reactor
	Productes secundaris	Reaccions laterals al reactor	Producte final fora d'especificació	Control operatiu del reactor
PART DE	Absorció parcial	Cabal insuficient d'aigua absorbent	Recuperació incompleta de formaldehid	Alarmes de cabal
		Distribució deficient d'aigua al distribuïdor superior	Zones seques al rebliment	Inspecció interna periòdica

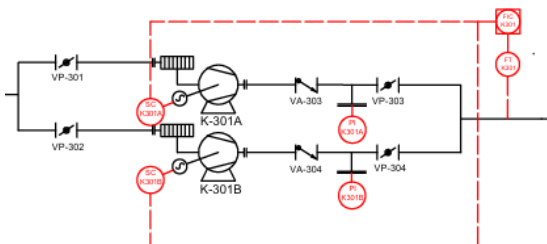


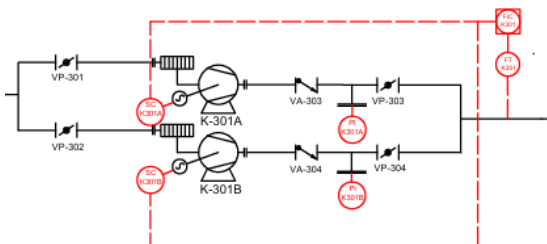
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-300	ABSORCIÓ I OBTENCIÓ FORMALDEHID		
		EQUIP: C-301 (PRIMERA COLUMNA D'ABSORCIÓ)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
PART DE	Absorció parcial	Fouling parcial del rebliment	Reducció de superfície de contacte	Neteja programada
		Canalització del gas dins la columna	Disminució del rendiment d'absorció	Revisió del rebliment
	Refredament parcial per evaporació	Variacions de temperatura del gas d'entrada	Absorció irregular	Control de temperatura
INVERS	Flux invers de gas	Sobrepessió a la descàrrega dels compressors K-301A/B	Retorn de gas cap a la columna	Vàlvules antiretorn
		Aturada sobtada del reactor amb diferències de pressió	Inestabilitat operacional	Sistema ESD
	Flux invers de líquid	Sobrepessió a la línia inferior de producte	Retorn de líquid a la columna	Control de pressió

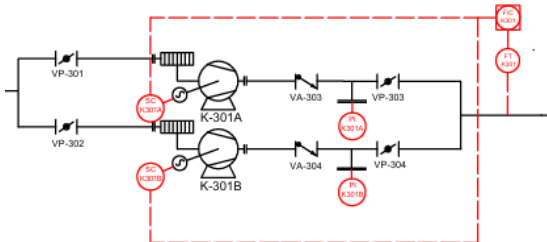
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP				
	ÀREA-300	ABSORCIÓ I OBTENCIÓ FORMALDEHID			
		EQUIP: C-301 (PRIMERA COLUMNA D'ABSORCIÓ)			
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES	
INVERS	Flux invers de líquid	Error operacional durant maniobres	Inundació localitzada	Procediments de treball	
EN LLOC DE	Absorció incorrecta	Cabal d'aigua excessiu respecte al de disseny	Producte massa diluït	Control automàtic de cabal	
		Cabal d'aigua insuficient	Elevades emissions de formaldehid	Alarmes de procés	
		Error del transmissor de cabal (FT C-301)	Operació fora de consigna	Redundància d'instrumentació	
		Distribució incorrecta del líquid sobre el reblliment	Baixa eficiència d'absorció	Revisió periòdica del distribuïdor	
		Funcionament fora de les condicions de disseny	Producte fora d'especificació	Procediments operatius	
	Separació incorrecta	Deteriorament del reblliment intern	Disminució de la recuperació de formaldehid	Inspeccions mecàniques periòdiques	

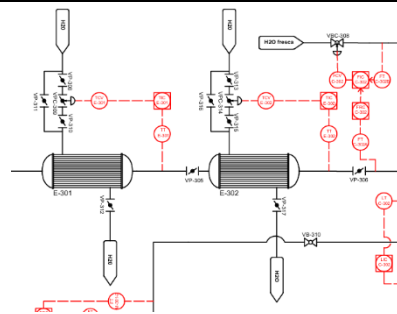
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP				
	ÀREA-300	ABSORCIÓ I OBTENCIÓ FORMALDEHID			
		EQUIP: K-301A/K-301B (COMPRESSIÓ DE GASOS)			
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES	
NO	Compressió	Fallada elèctrica del compressor K-301A o K-301B	Interrupció del flux cap a E-301	Compressor de reserva K-301B	
		Fallada simultània dels compressors K-301A i K-301B	Aturada de la recuperació de formaldehid	Sistema ESD	
		Tancament accidental de la línia d'aspiració (VP-301)	Absència de compressió	Procediments operatius	
		Activació de protecció per alta temperatura	Parada automàtica del compressor	Alarmes i monitorització	
		Obstrucció severa a la línia d'entrada	Cabal nul de gas	Inspeccions periòdiques	
MÉS	Pressió de descàrrega	Vàlvula de sortida parcialment tancada (VA-303/VA-304)	Sobrepessió al compressor	PSV i alarma de pressió	

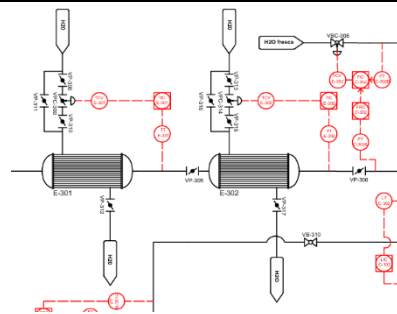
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-300	ABSORCIÓ I OBTENCIÓ FORMALDEHID		
		EQUIP: K-301A/K-301B (COMPRESSIÓ DE GASOS)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
MÉS	Pressió de descàrrega	Obstrucció a E-301	Increment de contrapressió	Monitorització de pressió
		Excés de velocitat del compressor	Sobreesforç mecànic	Control automàtic
	Temperatura de descàrrega	Compressió excessiva	Degradació d'equips downstream	Alarma de temperatura
		Refrigeració insuficient del compressor	Dany als segells mecànics	Manteniment preventiu
	Cabal de gas	Excés de producció a C-301	Sobrecàrrega del compressor	Control de cabal
	Vibracions	Desalineació mecànica	Dany de coixinets	Monitorització vibracional

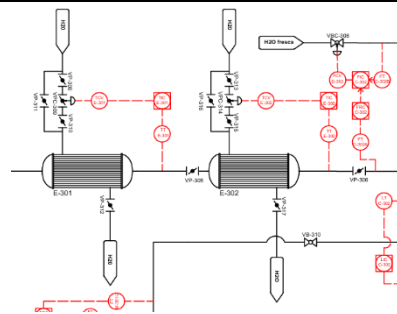
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-300	ABSORCIÓ I OBTENCIÓ FORMALDEHID		
		EQUIP: K-301A/K-301B (COMPRESSIÓ DE GASOS)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQUÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
MENYS	Pressió de descàrrega	Desgast de l'impulsor	Compressió insuficient	Manteniment periòdic
		Fuites internes	Pèrdua de rendiment	Inspeccions mecàniques
	Cabal de gas	Obstrucció parcial d'entrada	Menor alimentació a E-301	Alarmes de cabal
		Baix cabal procedent de C-301	Reducció de recuperació de formaldehid	Monitorització upstream
	Temperatura de descàrrega	Compressió insuficient	Condensacions no previstes	Control operatiu
A MÉS	Líquid al compressor	Arrossegament de líquid des de C-301	Dany mecànic sever	Separador de gotes

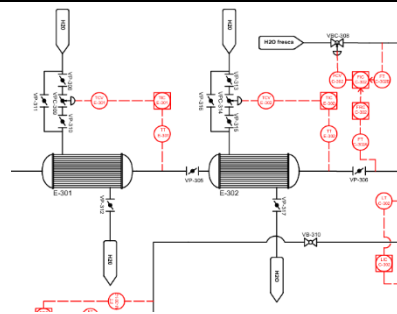
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-300	ABSORCIÓ I OBTENCIÓ FORMALDEHID		
		EQUIP: K-301A/K-301B (COMPRESSIÓ DE GASOS)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
A MÉS	Líquid al compressor	Inundació de la columna C-301	Cop de líquid	Alarmes de nivell
	Contaminació	Corrosió interna	Partícules cap a E-301	Inspeccions periòdiques
PART DE	Compressió parcial	Funcionament degradat de l'impulsor	Menor recuperació global	Seguiment de rendiment
		Obstrucció parcial de l'aspiració	Cabal insuficient	Neteja periòdica
INVERS	Flux invers	Aturada sobtada del compressor	Retorn de gas cap a C-301	Vàlvula antiretorn
		Sobrepessió downstream	Dany a l'impulsor	Proteccions automàtiques

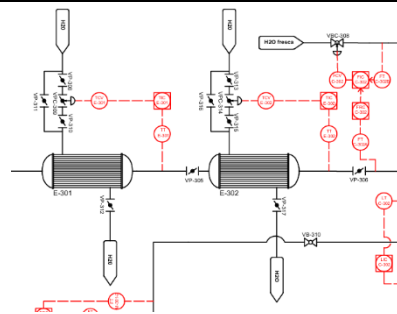
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-300	ABSORCIÓ I OBTENCIÓ FORMALDEHID		
		EQUIP: K-301A/K-301B (COMPRESSIÓ DE GASOS)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
EN LLOC DE	Compressió incorrecta	Error del controlador de velocitat	Pressió fora d'especificació	Calibració periòdica
		Instrumentació defectuosa	Operació inestable	Redundància d'instruments

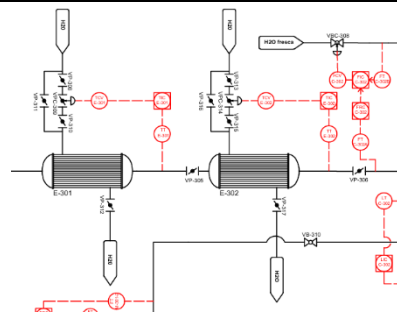
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-300	ABSORCIÓ I OBTENCIÓ FORMALDEHID		
		EQUIP: E-301, E-302 (REFREDAMENT GASOS)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
NO	Cabal d'aigua de refrigeració a E-301	Fallada de la xarxa d'aigua industrial	No es produeix refredament	Alarma de cabal
		Vàlvula d'entrada tancada accidentalment	Increment de temperatura del gas	Procediments operatius
		Obstrucció de tubs per incrustacions	Pèrdua de capacitat tèrmica	Programa CIP i neteja periòdica
		Fallada del transmissor de cabal	Operació fora de control	Redundància d'instrumentació
		Trencament de la canonada d'aigua	Pèrdua total de refrigeració	Manteniment preventiu
	Cabal d'aigua refrigerada a E-302	Fallada del chiller	Temperatura insuficientment baixa abans de C-302	Sistema redundat de refrigeració

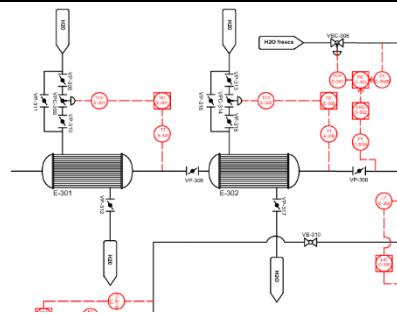
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-300	ABSORCIÓ I OBTENCIÓ FORMALDEHID		
		EQUIP: E-301, E-302 (REFREDAMENT GASOS)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
NO	Cabal d'aigua refrigerada a E-302	Aturada de les bombes del circuit fred	Disminució del rendiment d'absorció	Bombes en reserva
		Tancament accidental d'una vàlvula	No condensació de formaldehid i metanol	Interbloqueigs
		Fuita al circuit frigorífic	Pèrdua de capacitat de refrigeració	Detecció de fuites
		Error de control del sistema de fred	Temperatura elevada del corrent	Alarmes de temperatura
MÉS	Temperatura de sortida del gas	Absència de refrigeració a E-301	Menor absorció de formaldehid a C-302	Control automàtic de temperatura
		Absència de refrigeració a E-302	Increment de pèrdues de formaldehid	Alarmes TT

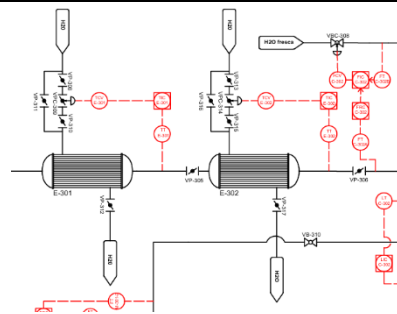
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-300	ABSORCIÓ I OBTENCIÓ FORMALDEHID		
		EQUIP: E-301, E-302 (REFREDAMENT GASOS)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQUÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
MÉS	Temperatura de sortida del gas	Fouling als tubs dels bescanviadors	Disminució de transferència de calor	Neteja periòdica
		Excés de cabal gasós	Temps de residència insuficient	Control de cabal
		Error del controlador TIC	Refredament insuficient	Calibració periòdica
		Temperatura elevada de l'aigua de xarxa	Baix rendiment tèrmic	Monitorització contínua
		Temperatura elevada del sistema de fred	Menor condensació	Sistema redundant
	Pressió als E-301/E-302	Obstrucció parcial de tubs	Sobrepresió del sistema	PSV i monitorització

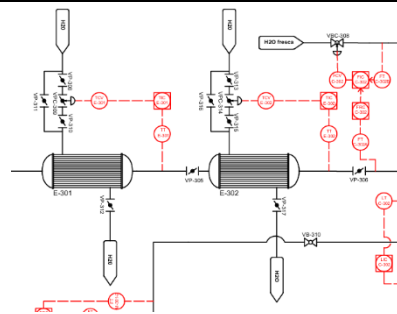
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-300	ABSORCIÓ I OBTENCIÓ FORMALDEHID		
		EQUIP: E-301, E-302 (REFREDAMENT GASOS)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
MÉS	Pressió als E-301/E-302	Acumulació de condensats	Increment de pèrdua de càrrega	Sistema de drenatge
		Vàlvula de sortida parcialment tancada	Sobrepessió upstream	Alarmes de pressió
		Formació de dipòsits de paraformaldehid	Bloqueig progressiu	Control de temperatura
		Excés de cabal dels compressors	Sobrecàrrega dels equips	Control PIC
		Error del controlador de pressió	Operació fora de disseny	Calibració periòdica
	Cabal de gas	Excés de capacitat dels compressors K-301A/B	Temps insuficient de refredament	Control automàtic de cabal

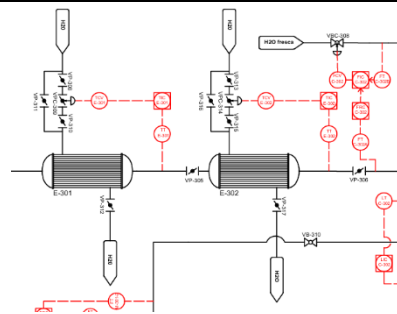
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-300	ABSORCIÓ I OBTENCIÓ FORMALDEHID		
		EQUIP: E-301, E-302 (REFREDAMENT GASOS)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
MÉS	Cabal de gas	Error operatiu	Sobrecàrrega dels bescanviadors	Procediments operatius
		Fallada del cabalímetre FT	Lectura errònia	Redundància FT
		Increment inesperat del cabal procedent de C-301	Saturació tèrmica	Alarmes de cabal
	Condensació de formaldehid/metanol	Temperatura excessivament baixa a E-302	Acumulació de líquids a línies	Drenatges automàtics
		Excés de capacitat del chiller	Formació de condensat superior al previst	Control de temperatura
		Error de regulació TIC	Inestabilitat operacional	Calibració periòdica

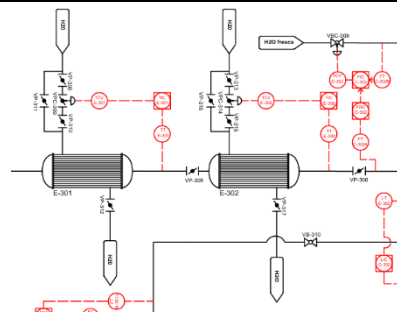
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-300	ABSORCIÓ I OBTENCIÓ FORMALDEHID		
		EQUIP: E-301, E-302 (REFREDAMENT GASOS)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
MENYS	Temperatura del gas	Excés de refrigeració a E-301	Condensació prematura	Control automàtic
		Excés de refrigeració a E-302	Formació de líquid en línies	Alarmes de temperatura baixa
		Error del controlador TIC	Refredament excessiu	Calibració periòdica
		Temperatura massa baixa del chiller	Formació de paraformaldehid	Control operatiu
		Cabal excessiu de refrigerant	Sobrefredament	Vàlvules de control
	Cabal de gas	Baix cabal dels compressors K-301A/B	Menor producció	Redundància compressors

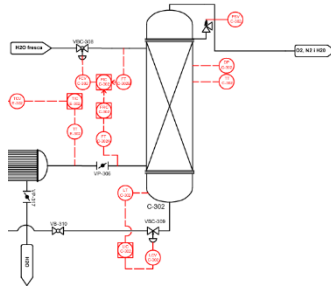
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-300	ABSORCIÓ I OBTENCIÓ FORMALDEHID		
		EQUIP: E-301, E-302 (REFREDAMENT GASOS)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
MENYS	Cabal de gas	Fouling als equips	Restricció del flux	Neteja programada
		Obstrucció parcial de línies	Disminució del rendiment global	Inspeccions periòdiques
		Error del controlador de cabal	Operació fora d'especificació	Calibració
		Acumulació de condensats	Restricció de pas	Drenatges automàtics
A MÉS	Condensació addicional	Refredament excessiu	Formació de bosses de líquid	Control TIC
		Variacions estacionals del sistema de fred	Acumulació de condensats	Drenatges

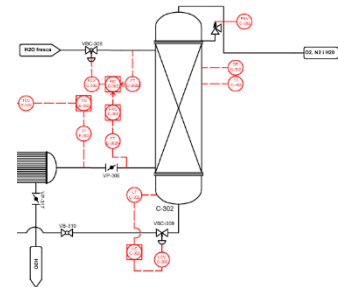
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-300	ABSORCIÓ I OBTENCIÓ FORMALDEHID		
		EQUIP: E-301, E-302 (REFREDAMENT GASOS)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
A MÉS	Condensació addicional	Error de control	Inestabilitat del procés	Alarmes de temperatura
	Aigua al corrent gasós	Fuita interna als tubs d'E-301	Contaminació del corrent de procés	Inspeccions periòdiques
		Trencament d'un tub	Variació de composició	Monitorització analítica
		Corrosió interna	Pèrdua de qualitat del producte	Programa d'integritat mecànica
PART DE	Refredament parcial	Fouling parcial dels tubs	Menor recuperació de formaldehid	Neteja periòdica
		Cabal insuficient de refrigerant	Eficiència reduïda	Alarmes de cabal

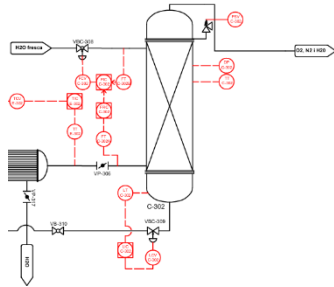
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-300	ABSORCIÓ I OBTENCIÓ FORMALDEHID		
		EQUIP: E-301, E-302 (REFREDAMENT GASOS)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
PART DE	Refredament parcial	Distribució no uniforme del flux	Refredament desigual	Revisió del disseny
		Alguns tubs fora de servei	Pèrdua de rendiment	Inspeccions internes
	Condensació parcial	Temperatura insuficientment baixa	Menor absorció posterior	Control de temperatura
		Funcionament parcial del chiller	Pèrdua d'eficiència global	Equip redundant
		Variacions del cabal gasós	Operació inestable	Control automàtic
	INVERS	Flux invers de gas	Sobrepessió a C-302	Dany mecànic als bescanviadors

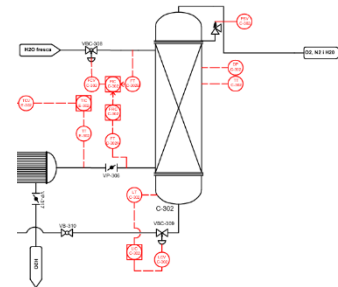
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-300	ABSORCIÓ I OBTENCIÓ FORMALDEHID		
		EQUIP: E-301, E-302 (REFREDAMENT GASOS)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
INVERS	Flux invers de gas	Parada sobtada dels compressors	Retorn del corrent	Lògica ESD
		Error operatiu	Contaminació de línies	Procediments operatius
		Diferència negativa de pressió	Inestabilitat del sistema	Control PIC
	Flux invers d'aigua refrigerant	Error de manteniment	Dany als equips	Vàlvules de retenció
		Diferència de pressió inadequada	Funcionament incorrecte	Procediments operatius
EN LLOC DE	Refredament insuficient en lloc del requerit	Error del controlador TIC	Menor absorció a C-302	Calibració periòdica

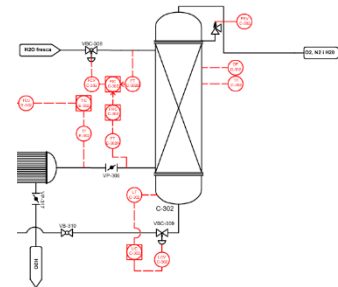
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-300	ABSORCIÓ I OBTENCIÓ FORMALDEHID		
		EQUIP: E-301, E-302 (REFREDAMENT GASOS)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
EN LLOC DE	Refredament insuficient en lloc del requerit	Fouling sever	Baixa recuperació de formaldehid	Neteja programada
		Fallada parcial del chiller	Pèrdues de producte	Redundància
		Cabal inadequat de refrigerant	Operació fora d'especificació	Alarmes i control automàtic
	Escalfament del corrent gasós en lloc de refredament	Entrada accidental d'aigua calenta a E-301	Disminució dràstica de l'absorció	Interbloqueigs de temperatura
		Error de connexió durant manteniment	Operació insegura	Procediments i permisos de treball
		Fallada de control del sistema de refrigeració	Increment de les emissions de formaldehid	Alarmes de temperatura alta

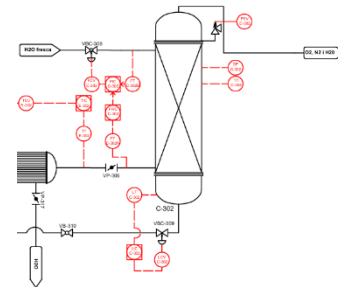
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP				
	ÀREA-300	ABSORCIÓ I OBTENCIÓ FORMALDEHID			
		EQUIP: C-302 (SEGONA COLUMNA D'ABSORCIÓ)			
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES	
NO	Cabal de gas d'entrada	Fallada dels compressors K-301A/K-301B	Absència d'alimentació a la columna	Redundància de compressors	
		Tancament accidental de la vàlvula VP-306	Interrupció del procés d'absorció	Procediments operatius	
		Obstrucció total de la línia procedent d'E-302	Parada de la recuperació de formaldehid	Neteja periòdica	
		Tall elèctric general	Aturada del sistema	UPS i grup electrogen	
		Error operatiu durant manteniment	Columna fora de servei	Permisos de treball	
	Cabal d'aigua d'absorció	Fallada del subministrament d'aigua	No absorció de formaldehid ni metanol	Alarma de cabal	

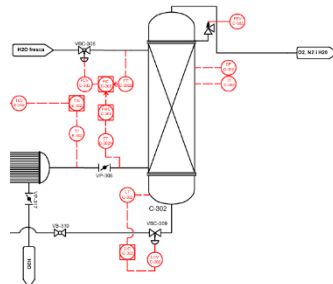
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-300	ABSORCIÓ I OBTENCIÓ FORMALDEHID		
		EQUIP: C-302 (SEGONA COLUMNA D'ABSORCIÓ)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
NO	Cabal d'aigua d'absorció	Vàlvula VBC-308 tancada accidentalment	Emissions elevades de formaldehid	Interbloqueig operatiu
		Obstrucció de la línia d'aigua	Pèrdua d'eficiència d'absorció	Neteja periòdica
		Error operatiu	Funcionament incorrecte de la columna	Procediments de treball
		Fallada del controlador de cabal	Alimentació nul·la d'absorbent	Calibració periòdica
	Absorció	Absència simultània d'aigua i gas	Aturada del procés	Sistema de monitorització
		Distribuïdor superior bloquejat	Absorbent no distribuït correctament	Inspeccions internes

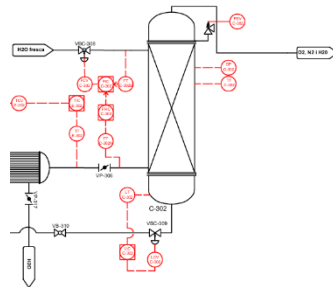
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP				
	ÀREA-300	ABSORCIÓ I OBTENCIÓ FORMALDEHID			
		EQUIP: C-302 (SEGONA COLUMNA D'ABSORCIÓ)			
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES	
NO	Absorció	Col·lapse del rebliment	Pèrdua total d'eficiència	Inspecció estructural	
		Canalització extrema del líquid	Absorció pràcticament nul·la	Revisió periòdica del packing	
MÉS	Pressió columna C-302	Obstrucció de la línia de sortida de gasos	Sobrepresió interna	PSV a la columna	
		Obstrucció del packing per dipòsits	Increment de la pèrdua de càrrega	Inspeccions periòdiques	
		Inundació de la columna	Augment sobtat de pressió	Control de cabals	
		Tancament accidental de la línia superior	Acumulació de gasos	Alarmes de pressió	

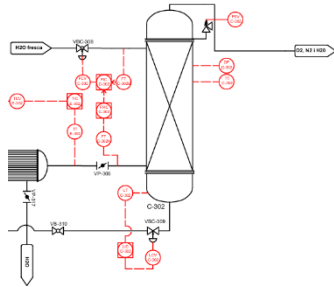
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-300	ABSORCIÓ I OBTENCIÓ FORMALDEHID		
		EQUIP: C-302 (SEGONA COLUMNA D'ABSORCIÓ)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
MÉS	Pressió columna C-302	Error del controlador PIC	Operació fora de disseny	Calibració periòdica
	Temperatura columna	Entrada de gas insuficientment refredat des d'E-302	Menor absorció de formaldehid	Control TIC E-302
		Temperatura elevada de l'aigua d'absorció	Disminució de la solubilitat	Monitorització contínua
		Cabal excessiu de gas	Escalfament intern	Control automàtic
		Error de l'instrument de temperatura	Operació fora d'especificació	Redundància TT
		Pèrdua de refrigeració upstream	Disminució del rendiment global	Alarmes de temperatura

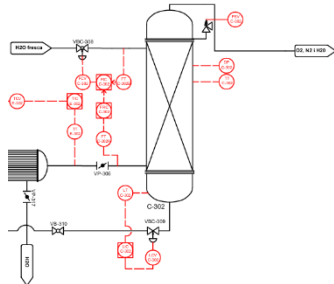
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-300	ABSORCIÓ I OBTENCIÓ FORMALDEHID		
		EQUIP: C-302 (SEGONA COLUMNA D'ABSORCIÓ)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
MÉS	Cabal de gas	Excés de capacitat dels compressors	Inundació de la columna	Control de cabal
		Error del controlador de compressió	Reducció de l'eficiència d'absorció	Sistema automàtic
		Error operatiu	Sobrecàrrega hidràulica	Formació del personal
		Variacions de procés a C-301	Inestabilitat operacional	Alarmes de procés
	Cabal d'aigua d'absorció	Obertura excessiva de la vàlvula de control	Inundació del packing	Control automàtic
		Error del controlador de cabal	Augment de la pèrdua de càrrega	Calibració periòdica

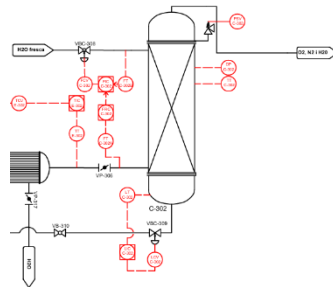
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-300	ABSORCIÓ I OBTENCIÓ FORMALDEHID		
		EQUIP: C-302 (SEGONA COLUMNA D'ABSORCIÓ)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
MÉS	Cabal d'aigua d'absorció	Error operatiu	Arrossegament de líquid cap a la sortida gasosa	Procediments operatius
		Fallada del transmissor de cabal	Lectura errònia	Redundància FT
	Nivell al fons de columna	Excés de cabal d'aigua	Risc de vessament	Control LIC
		Restricció de la línia de sortida líquida	Acumulació de producte	Alarmes de nivell
		Vàlvula VBC-309 parcialment tancada	Inundació de la columna	Monitorització contínua
		Error del controlador de nivell	Operació insegura	Calibració periòdica

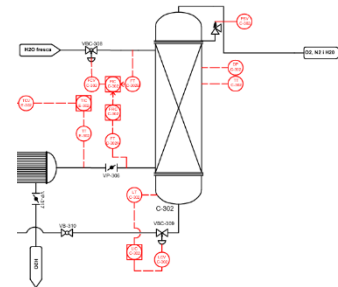
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-300	ABSORCIÓ I OBTENCIÓ FORMALDEHID		
		EQUIP: C-302 (SEGONA COLUMNA D'ABSORCIÓ)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
MENYS	Pressió columna	Fuita en la carcassa	Emissió de formaldehid	Detector de fuites
		Junta defectuosa	Exposició del personal	Manteniment preventiu
		Corrosió interna	Pèrdua de contenció	Inspeccions periòdiques
		Vàlvula de drenatge oberta	Despressurització	Procediments operatius
		Trencament de canonada	Parada del procés	Pla d'emergència
	Temperatura columna	Excés de refredament als E-301/E-302	Condensació excessiva	Control de temperatura

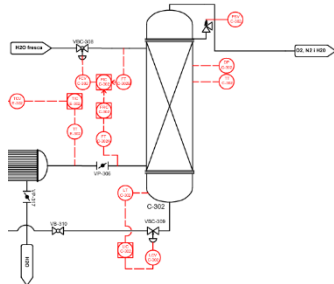
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-300	ABSORCIÓ I OBTENCIÓ FORMALDEHID		
		EQUIP: C-302 (SEGONA COLUMNA D'ABSORCIÓ)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
MENYS	Temperatura columna	Temperatura baixa de l'aigua	Variació del comportament hidràulic	Monitorització
		Error de control	Operació fora de rang	Alarmes TT
	Cabal d'aigua d'absorció	Fallada parcial del subministrament	Menor absorció de formaldehid	Alarma de cabal
		Obstrucció parcial de la línia	Emissions elevades	Neteja periòdica
		Error del controlador	Baixa eficiència	Calibració
	Cabal de gas	Baix rendiment dels compressors	Menor producció	Redundància

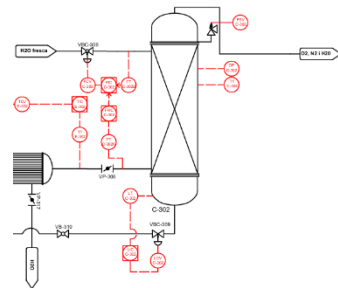
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP				
	ÀREA-300	ABSORCIÓ I OBTENCIÓ FORMALDEHID			
		EQUIP: C-302 (SEGONA COLUMNA D'ABSORCIÓ)			
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES	
MENYS	Cabal de gas	Obstrucció parcial de la línia	Operació inestable	Neteja periòdica	
		Error de control	Recuperació insuficient	Calibració FT	
		Variacions del procés anterior	Menor producció global	Monitorització	
	Nivell al fons de columna	Baix cabal d'aigua absorbent	Aspiració de gas a la línia líquida	Control LIC	
		Excés de descàrrega líquida	Inestabilitat operacional	Alarmes de nivell	
		Fuita al dipòsit inferior	Pèrdua de producte	Detecció de fuites	

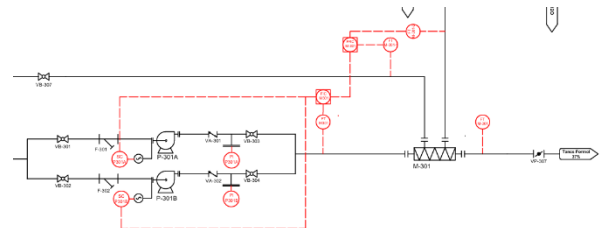
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP				
	ÀREA-300	ABSORCIÓ I OBTENCIÓ FORMALDEHID			
		EQUIP: C-302 (SEGONA COLUMNA D'ABSORCIÓ)			
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES	
MENYS	Eficiència d'absorció	Canalització del líquid al packing	Pèrdues de formaldehid	Inspeccions internes	
		Distribució deficient de l'aigua	Recuperació insuficient	Revisió distribuïdor	
		Rebliment deteriorat	Menor superfície de contacte	Reemplaçament programat	
		Temperatura elevada del gas	Disminució de la solubilitat	Control tèrmic	
A MÉS	Formaldehid al corrent gasós de sortida	Absorció insuficient	Emissions contaminants	Analitzador de formaldehid	
		Baix cabal d'aigua	Incompliment ambiental	Control de cabal	

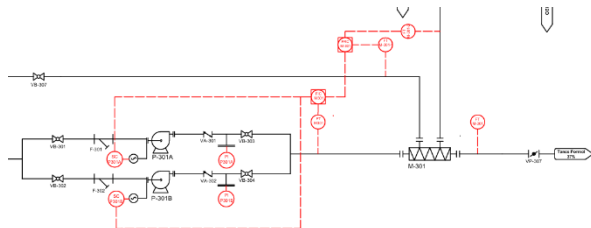
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-300	ABSORCIÓ I OBTENCIÓ FORMALDEHID		
		EQUIP: C-302 (SEGONA COLUMNA D'ABSORCIÓ)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
A MÉS	Formaldehid al corrent gasós de sortida	Temperatura elevada	Menor recuperació	Monitorització contínua
	Arrossegament de líquid	Excés de cabal gasós	Pèrdua de producte	Control hidràulic
		Inundació de la columna	Transport de líquid a la sortida superior	Monitorització DP
		Disseny inadequat del demister	Emissions líquides	Separador de gotes
PART DE	Absorció parcial	Distribució irregular d'aigua	Recuperació insuficient	Inspeccions internes
		Packing parcialment obstruït	Zones inactives	Neteja periòdica

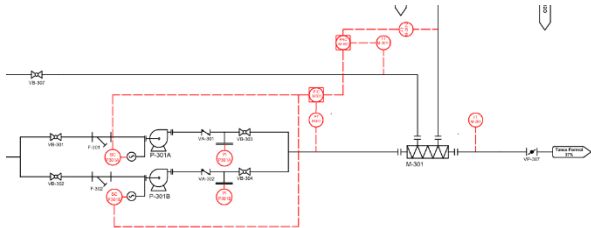
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-300	ABSORCIÓ I OBTENCIÓ FORMALDEHID		
		EQUIP: C-302 (SEGONA COLUMNA D'ABSORCIÓ)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
PART DE	Absorció parcial	Cabal insuficient d'aigua	Augment d'emissions	Control FT
		Rebliment deteriorat	Baixa eficiència	Reemplaçament programat
	Funcionament parcial de la columna	Alguns sectors del packing col·lapsats	Pèrdua de rendiment	Inspeccions internes
		Distribuïdor superior parcialment tapat	Canalització	Manteniment preventiu
		Operació fora del rang de disseny	Menor recuperació global	Procediments operatius
INVERS	Flux invers de gas	Sobrepresió downstream	Dany al packing	Vàlvula antiretorn

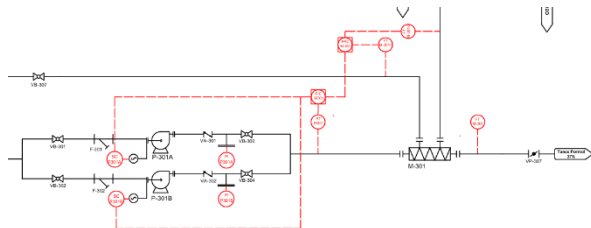
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-300	ABSORCIÓ I OBTENCIÓ FORMALDEHID		
		EQUIP: C-302 (SEGONA COLUMNA D'ABSORCIÓ)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
INVERS	Flux invers de gas	Parada sobtada dels compressors	Inversió de flux	Lògica ESD
		Error operatiu	Inestabilitat de procés	Procediments operatius
		Diferència negativa de pressió	Contaminació de línies	Control PIC
	Flux invers de líquid	Sobrepresió al col·lector de producte	Contaminació del sistema	Vàlvules antiretorn
		Error durant manteniment	Inestabilitat operacional	Procediments LOTO
		Diferència incorrecta de nivell	Retorn de producte	Control de nivell

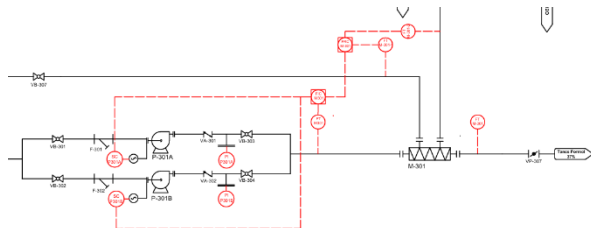
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-300	ABSORCIÓ I OBTENCIÓ FORMALDEHID EQUIP: C-302 (SEGONA COLUMNA D'ABSORCIÓ)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
EN LLOC DE	Absorció d'aigua en lloc d'absorció de formaldehid	Temperatura massa elevada	Formaldehid a emissions	Control de temperatura
		Cabal insuficient d'aigua	Recuperació deficient	Control FT
		Canalització interna	Contacte gas-líquid deficient	Inspeccions internes
	Emissió de formaldehid en lloc de recuperació	Absència d'absorbent	Incompliment ambiental greu	Interbloqueig de cabal d'aigua
		Error operatiu	Emissions tòxiques	Formació del personal
		Fallada del sistema d'absorció	Pèrdues de producte	Monitorització contínua
		Deteriorament sever del packing	Baixa eficiència global	Programa d'integritat mecànica

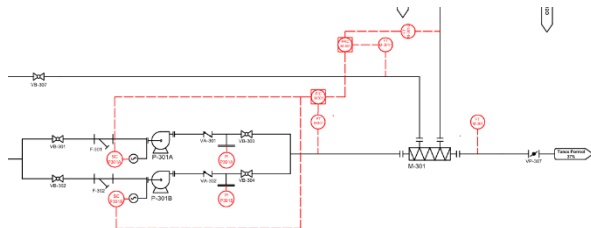
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-300	ABSORCIÓ I OBTENCIÓ FORMALDEHID		
		EQUIP: M-301 (AJUST COMPOSICIÓ)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
NO	Cabal procedent de C-301	Tancament accidental de la línia de fons de C-301	Alteració de la composició final	Alarmes de cabal
		Obstrucció de la canonada	Pèrdua parcial d'alimentació	Neteja periòdica
		Error operatiu	Producte fora d'especificació	Procediments operatius
		Fallada d'instrumentació	Control incorrecte de la barreja	Calibració periòdica
	Cabal procedent de C-302	Tancament accidental de la línia de sortida	Variació de la concentració de formaldehid	Alarmes de cabal
		Obstrucció de la línia	Reducció de producció	Inspeccions periòdiques

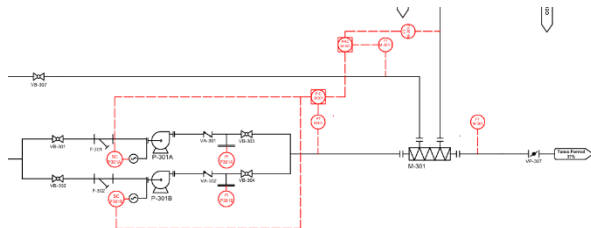
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-300	ABSORCIÓ I OBTENCIÓ FORMALDEHID		
		EQUIP: M-301 (AJUST COMPOSICIÓ)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
NO	Cabal procedent de C-302	Error operatiu	Producte fora d'especificació	Formació del personal
	Cabal de metanol fresc	Fallada de la bomba P-301A/P-301B	Absència d'estabilitzant	Redundància de bombes
		Tancament accidental d'una vàlvula	Producte no estabilitzat	Procediments operatius
		Dipòsit de metanol buit	Interrupció de l'addició	Alarmes de nivell
		Error del controlador de cabal	Composició incorrecta	Calibració periòdica
		Tall elèctric	Absència de dosificació	UPS i grup electrog

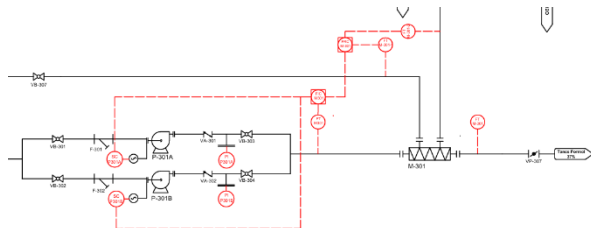
ANÀLISI DE RISCOS HAZOP				
	ÀREA-300	ABSORCIÓ I OBTENCIÓ FORMALDEHID		
		EQUIP: M-301 (AJUST COMPOSICIÓ)		
				
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
NO	Mescla	Absència simultània d'una de les corrents	Producte fora d'especificació	Control automàtic de cabals
		Obstrucció interna del mesclador	Barreja insuficient	Neteja periòdica
		Error de muntatge intern	Homogeneïtzació deficient	Inspeccions durant manteniment
MÉS	Cabal de metanol fresc	Obertura excessiva de la vàlvula de control	Excés de metanol al producte final	Control automàtic FRC
		Error del controlador de cabal	Producte fora d'especificació comercial	Calibració periòdica
		Fallada del cabalímetre	Lectura errònia	Redundància FT

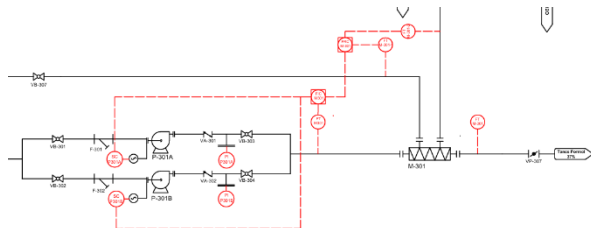
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-300	ABSORCIÓ I OBTENCIÓ FORMALDEHID		
		EQUIP: M-301 (AJUST COMPOSICIÓ)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQUÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
MÉS	Cabal de metanol fresc	Error operatiu	Increment de costos de producció	Formació del personal
	Concentració de metanol al producte	Sobredosificació de metanol fresc	Producte fora d'especificació	Analitzador de composició
		Baix cabal dels corrents procedents de C-301/C-302	Variació de la formulació	Control de relació de cabals
	Concentració de formaldehid	Insuficient addició d'aigua procedent de les columnes	Producte fora d'especificació	Control analític
		Variacions de les corrents absorbides	Problemes de qualitat	Mostrejos periòdics
		Error de control de cabals	Increment de reactivitat del producte	Control automàtic

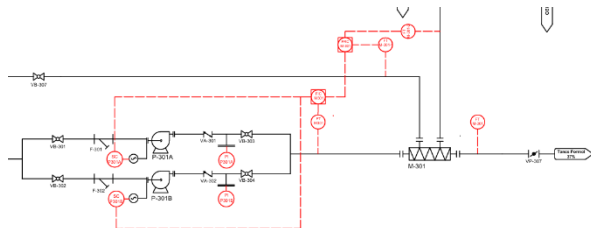
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-300	ABSORCIÓ I OBTENCIÓ FORMALDEHID		
		EQUIP: M-301 (AJUST COMPOSICIÓ)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQUÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
MÉS	Pressió al mesclador	Obstrucció de la línia de sortida	Sobrepresió local	PSV o protecció mecànica
		Vàlvula de sortida parcialment tancada	Increment de pressió	Alarmes de pressió
		Error operatiu	Dany a les canonades	Procediments operatius
MENYS	Cabal de metanol fresc	Fallada parcial de la bomba P-301A/P-301B	Producte insuficientment estabilitzat	Bomba de reserva
		Obstrucció parcial de la línia	Menor addició de metanol	Inspeccions periòdiques
		Error del controlador de cabal	Desviació de composició	Calibració periòdica

	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-300	ABSORCIÓ I OBTENCIÓ FORMALDEHID		
		EQUIP: M-301 (AJUST COMPOSICIÓ)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
MENYS	Cabal de metanol fresc	Baix nivell al tanc de metanol	Alimentació insuficient	Alarmes de nivell
	Concentració de formaldehid	Excés de metanol afegit	Producte fora d'especificació comercial	Control automàtic
		Variacions de composició dels corrents procedents de les columnes	Qualitat insuficient	Analitzadors en línia
		Error en el control de cabals	Rebuig de lots	Mostrejos periòdics
	Pressió al mesclador	Fuita a les connexions	Pèrdua de producte	Detector de fuites
		Juntes defectuoses	Emissions de formaldehid i metanol	Manteniment preventiu

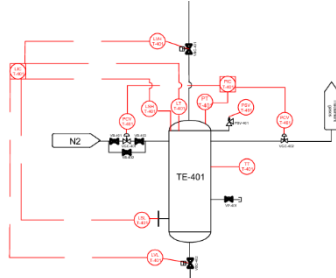
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-300	ABSORCIÓ I OBTENCIÓ FORMALDEHID		
		EQUIP: M-301 (AJUST COMPOSICIÓ)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
MENYS	Pressió al mesclador	Corrosió interna	Pèrdua de contenció	Inspeccions periòdiques
		Trencament de canonada	Aturada del procés	Pla d'emergència
A MÉS	Metanol addicional no desitjat	Error de dosificació	Producte fora d'especificació	Control automàtic
		Error humà durant operació manual	Augment del contingut orgànic	Procediments operatius
		Fallada de vàlvula de control oberta	Sobredosificació contínua	Alarmes de cabal
	Contaminants al producte final	Corrosió interna de línies	Degradació de qualitat	Selecció adequada de materials

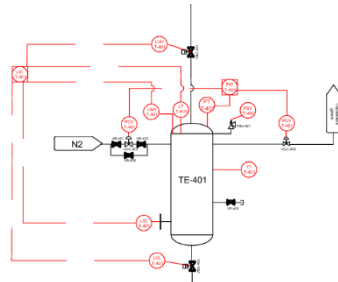
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-300	ABSORCIÓ I OBTENCIÓ FORMALDEHID		
		EQUIP: M-301 (AJUST COMPOSICIÓ)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
A MÉS	Contaminants al producte final	Entrada accidental d'aigua externa	Variació de concentració	Controls analítics
		Residus de manteniment	Contaminació del lot	Procediments de neteja
PART DE	Dosificació parcial de metanol	Funcionament parcial de la bomba	Producte insuficientment estabilitzat	Bombes redundants
		Obstrucció parcial de la línia	Variació de composició	Neteja periòdica
		Error del controlador	Inestabilitat del producte	Calibració periòdica
INVERS	Flux invers cap a C-301 o C-302	Sobrepresió al col·lector de producte	Contaminació de les columnes	Vàlvules antiretorn

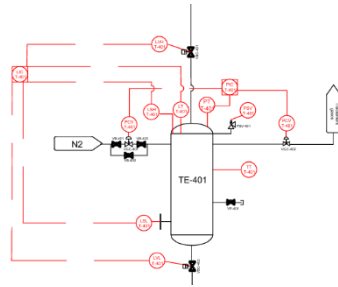
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-300	ABSORCIÓ I OBTENCIÓ FORMALDEHID		
		EQUIP: M-301 (AJUST COMPOSICIÓ)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
INVERS	Flux invers cap a C-301 o C-302	Diferència de pressió incorrecta	Inestabilitat operacional	Control de pressió
		Error durant parada de planta	Retorn de producte	Procediments ESD
	Flux invers de metanol	Sobrepessió al mesclador	Retorn cap al sistema de metanol	Vàlvules antiretorn
		Error operatiu	Contaminació del tanc de metanol	Procediments operatius
		Fallada d'una vàlvula de retenció	Risc de contaminació creuada	Manteniment periòdic
EN LLOC DE	Composició incorrecta del producte	Error del controlador de dosificació de metanol	Producte fora d'especificació comercial	Control automàtic de relació

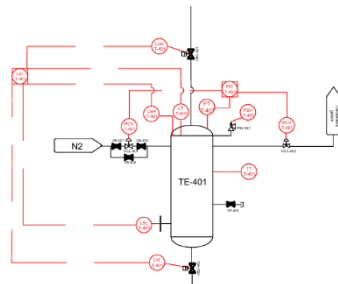
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-300	ABSORCIÓ I OBTENCIÓ FORMALDEHID		
		EQUIP: M-301 (AJUST COMPOSICIÓ)		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
EN LLOC DE	Composició incorrecta del producte	Error dels cabalímetres	Ajust incorrecte de composició	Calibració periòdica
		Variacions de composició procedents de C-301/C-302	Qualitat inadequada	Analitzadors en línia
	Producte no estabilitzat en lloc de formaldehid comercial estabilitzat	Absència de metanol fresc	Polimerització durant l'emmagatzematge	Alarma de cabal de metanol
		Error de configuració de recepta	Formació de paraformaldehid als tancs	Sistema de control automàtic
		Fallada de bomba de metanol	Pèrdua de qualitat del producte	Bomba de reserva
		Error operatiu durant l'arrencada	Producte no comercialitzable	Procediments d'operació i check-list

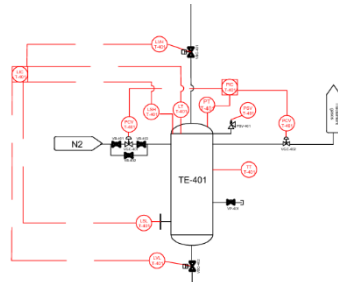
12.4. Àrea-400. Emmagatzematge de producte final

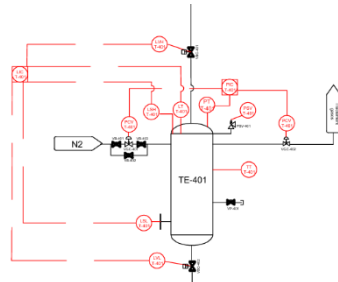
	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-400	EMMAGATZEMATGE PRODUCTE FINAL		
		EQUIP: TE-401, TE-402, TE-403, TE-404		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
NO	Cabal d'entrada	Fallada de la bomba procedent d'A-300	El tanc no s'omple, disminució de capacitat d'emmagatzematge	Manteniment preventiu de bombes
		Vàlvula d'entrada tancada	Interrupció de l'ompliment del dipòsit	Verificació de vàlvules i alarmes
	Cabal de sortida	Fallada de la bomba d'expedició	No es pot enviar producte a càrrega	Bombes redundants i revisió periòdica
		Obstrucció de la línia de sortida	Acumulació de producte i augment de nivell	Neteja i inspecció de canonades
	Ventilació	Vàlvula de respiració bloquejada	Acumulació de vapors tòxics i sobrepressió	Revisió periòdica dels respiradors
	Senyal de nivell	Fallada del transmissor LT-401	Lectura incorrecta del nivell del tanc	Calibració i redundància d'instruments

	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-400	EMMAGATZEMATGE PRODUCTE FINAL		
		EQUIP: TE-401, TE-402, TE-403, TE-404		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
NO	Sistema de segellat	Deteriorament de juntes	Emissió de vapors de formaldehid	Inspecció mecànica periòdica
MÉS	Nivell	Excés de cabal d'entrada	Sobreeiximent i vessament de formaldehid	Alarma de nivell alt i parada automàtica
		Error del controlador de nivell	Ompliment excessiu del dipòsit	Redundància i verificació d'instruments
	Pressió	Obstrucció del sistema de ventilació	Sobrepessió del tanc	Vàlvula PSV i manteniment
		Vaporització de metanol contingut al producte	Increment de pressió interna	Control de temperatura i ventilació
	Temperatura	Incendi extern	Escalfament del dipòsit i augment de vapors tòxics	Sistema contra incendis i refrigeració

	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-400	EMMAGATZEMATGE PRODUCTE FINAL		
		EQUIP: TE-401, TE-402, TE-403, TE-404		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
MÉS	Temperatura	Temperatura ambiental elevada	Increment de la volatilitat del metanol	Monitorització de temperatura
	Cabal de sortida	Obertura excessiva de la vàlvula de descàrrega	Descàrrega no controlada de producte	Control automàtic de cabal
	Concentració de vapors	Ventilació insuficient	Acumulació de vapors tòxics i inflamables	Ventilació forçada i detectors de gas
	Concentració de formaldehid	Error en la dosificació de metanol estabilitzant	Increment del risc de polimerització	Control de composició i mostreig periòdic
MENYS	Nivell	Cabal de sortida excessiu	Nivell insuficient per a expedició	Alarma de nivell baix
		Fuita al dipòsit	Pèrdua de producte i contaminació	Inspeccions mecàniques periòdiques

	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-400	EMMAGATZEMATGE PRODUCTE FINAL		
		EQUIP: TE-401, TE-402, TE-403, TE-404		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
MENYS	Pressió	Fuita al tanc o a les canonades	Emissió de vapors tòxics	Detecció de fuites i manteniment preventiu
		Funcionament excessiu del respirador	Entrada d'aire i contaminació del producte	Revisió del sistema de ventilació
	Cabal d'entrada	Obstrucció parcial de la línia	Ompliment insuficient del dipòsit	Inspecció i neteja de línies
	Cabal de sortida	Fallada parcial de la bomba	Subministrament insuficient a expedició	Manteniment preventiu
	Temperatura	Temperatura baixa	Problemes de viscositat i estabilitat del producte	Control operacional
	Concentració de metanol	Dosificació insuficient de metanol estabilitzant	Polimerització del formaldehid	Control analític periòdic

	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP			
	ÀREA-400	EMMAGATZEMATGE PRODUCTE FINAL		
		EQUIP: TE-401, TE-402, TE-403, TE-404		
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES
A MÉS	Toxicitat ambiental	Fuita de formaldehid	Exposició del personal i contaminació ambiental	Sistemes de detecció, alarma i EPIs
	Pressió	Generació addicional de vapors	Augment de pressió interna	Vàlvules de seguretat (PSV)
	Corrosió	Atac químic del formaldehid	Deteriorament del dipòsit	Selecció adequada de materials i inspeccions periòdiques
PART DE	Fuita parcial de producte	Corrosió o fallada mecànica	Risc tòxic i contaminació ambiental	Cubeta de contenció i manteniment
	Segellat parcial	Deteriorament de juntes	Emissió parcial de vapors	Revisió i substitució periòdica de juntes
INVERS	Flux invers	Retorn de producte des de la línia d'expedició	Contaminació o sobrecompliment del dipòsit	Instal·lació de vàlvules antiretorn

	ANÀLISI DE RISCOS HAZOP				
	ÀREA-400	EMMAGATZEMATGE PRODUCTE FINAL			
		EQUIP: TE-401, TE-402, TE-403, TE-404			
PARAULA GUIA	PERTORBACIÓ	CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	ACCIONS PREVENTIVES	
INVERS	Flux de gas invers	Retorn de vapors cap al dipòsit	Increment del risc de sobrepressió	Vàlvules de retenció i PSV	
EN LLOC DE	Entrada d'aigua al tanc	Contaminació durant operacions de neteja o càrrega	Alteració de la composició del producte	Procediments operacionals estrictes	
	Producte fora d'especificació	Error en la mescla procedent de M-601	Producte no comercialitzable	Control analític de qualitat	

5.13. Referències bibliogràfiques

- [1] Parlament Europeu i Consell. (2008). *Reglament (CE) núm. 1272/2008 del Parlament Europeu i del Consell, de 16 de desembre de 2008, sobre classificació, etiquetatge i envasament de substàncies i mesclures (CLP)*. Recuperat el 14 de maig de 2026, de <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2008-82637>
- [2] Parlament Europeu i Consell. (2006). *Reglament (CE) núm. 1907/2006 del Parlament Europeu i del Consell, de 18 de desembre de 2006, relatiu al registre, l'avaluació, l'autorització i la restricció de substàncies i mesclures químiques (REACH)*. Recuperat el 14 de maig de 2026, de <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2006-82750>
- [3] National Center for Biotechnology Information. (s. f.). *PubChem*. Recuperat el 14 de maig de 2026, de <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov>
- [4] Espanya. (2017). *Llei 9/2017, de 8 de novembre, de contractes del sector públic*. Recuperat el 14 de maig de 2026, de <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2017-8755>
- [5] Espanya. (1997). *Reial decret 485/1997, de 14 d'abril, pel qual s'estableixen les disposicions mínimes en matèria de senyalització de seguretat i salut en el treball*. Recuperat el 14 de maig de 2026, de <https://www.boe.es/eli/es/rd/1997/04/14/485/con>
- [6] Espanya. (2014). *Reial decret 97/2014, de 14 de febrer, pel qual es regulen les operacions de transport de mercaderies perilloses per carretera en territori espanyol*. Recuperat el 14 de maig de 2026, de <https://www.boe.es/eli/es/rd/2014/02/14/97>
- [7] Espanya. (1997). *Reial decret 486/1997, de 14 d'abril, pel qual s'estableixen les disposicions mínimes de seguretat i salut als llocs de treball*. Recuperat el 14 de maig de 2026, de <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1997-8669>
- [8] Espanya. (1997). *Reial decret 773/1997, de 30 de maig, sobre disposicions mínimes de seguretat i salut relatives a la utilització d'equips de protecció individual pels treballadors*. Recuperat el 14 de maig de 2026, de <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1997-12735>

- [9] Parlament Europeu i Consell. (2016). *Reglament (UE) 2016/425 del Parlament Europeu i del Consell, de 9 de març de 2016, relatiu als equips de protecció individual*. Recuperat el 14 de maig de 2026, de <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2016-80531>
- [10] Espanya. (1995). *Llei 31/1995, de 8 de novembre, de prevenció de riscos laborals*. Recuperat el 14 de maig de 2026, de <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1995-24292>
- [11] Espanya. (1999). *Reial decret 1254/1999, de 16 de juliol, pel qual s'aproven mesures de control dels riscos inherents als accidents greus en què intervenen substàncies perilloses*. Recuperat el 14 de maig de 2026, de <https://www.boe.es/buscar/pdf/1999/BOE-A-1999-15798-consolidado.pdf>
- [12] Parlament Europeu i Consell. (2003). *Directiva 2003/10/CE, de 6 de febrer de 2003, sobre les disposicions mínimes de seguretat i salut relatives a l'exposició dels treballadors als riscos derivats dels agents físics (soroll)*. Recuperat el 14 de maig de 2026, de <https://www.boe.es/doue/2003/042/L00038-00044.pdf>
- [13] Espanya. (1997). *Reial decret 485/1997, de 14 d'abril, sobre disposicions mínimes en matèria de senyalització de seguretat i salut en el treball*. Recuperat el 14 de maig de 2026, de <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2006-4414>
- [14] Parlament Europeu i Consell. (2002). *Directiva 2002/49/CE, de 25 de juny de 2002, sobre avaluació i gestió del soroll ambiental*. Recuperat el 14 de maig de 2026, de <https://www.boe.es/doue/2002/177/L00013-00020.pdf>
- [15] Espanya. (2005). *Reial decret 1311/2005, de 4 de novembre, sobre la protecció de la salut i la seguretat dels treballadors davant els riscos derivats de l'exposició al soroll*. Recuperat el 14 de maig de 2026, de <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2005-18262>
- [16] Espanya. (2007). *Reial decret 1027/2007, de 20 de juliol, pel qual s'aprova el Reglament d'instal·lacions tèrmiques als edificis (RITE)*.
- [17] Espanya. (2001). *Reial decret 783/2001, de 6 de juliol, pel qual s'aprova el Reglament sobre protecció sanitària contra radiacions ionitzants*.

[18] Parlament Europeu i Consell. (2014). *Reglament (UE) núm. 165/2014, de 4 de febrer de 2014, relatiu als tacògrafs en el transport per carretera*. Recuperat el 14 de maig de 2026, de <https://www.boe.es/doue/2014/013/L00001-00073.pdf>

[19] Espanya. (1997). *Reial decret 664/1997, de 12 de maig, sobre la protecció dels treballadors contra els riscos relacionats amb l'exposició a agents biològics durant el treball*.

[20] Espanya. (2015). *Reial decret 840/2015, de 21 de setembre, pel qual s'aproven mesures de control dels riscos inherents als accidents greus en què intervenen substàncies perilloses*.

[21] Institut Nacional de Seguretat i Higiene en el Treball. (s. f.). *NTP 363: Prevenció de fuites en instal·lacions industrials*.

[22] Espanya. (2004). *Reial decret 2267/2004, de 3 de desembre, pel qual s'aprova el Reglament de seguretat contra incendis en establiments industrials (RSCIEI)*. Recuperat el 14 de maig de 2026, de <https://www.boe.es/eli/es/rd/2004/12/03/2267>

[23] Espanya. (2017). *Reial decret 513/2017, de 22 de maig, pel qual s'aprova el Reglament d'instal·lacions de protecció contra incendis (RIPCI)*. Recuperat el 14 de maig de 2026, de <https://www.boe.es/eli/es/rd/2017/05/22/513/con>

[24] Espanya. (2003). *Reial decret 681/2003, de 12 de juny, sobre la protecció de la salut i la seguretat dels treballadors exposats als riscos derivats d'atmosferes explosives al lloc de treball*. Recuperat el 14 de maig de 2026, de <https://www.boe.es/eli/es/rd/2003/06/12/681/con>

[25] Espanya. (2001). *Reial decret 614/2001, de 8 de juny, sobre disposicions mínimes per a la protecció de la salut i la seguretat dels treballadors davant el risc elèctric*. Recuperat el 14 de maig de 2026, de <https://www.boe.es/eli/es/rd/2001/06/08/614/con>

[26] Espanya. (2002). *Reial decret 842/2002, de 2 d'agost, pel qual s'aprova el Reglament electrotècnic per a baixa tensió (REBT)*. Recuperat el 14 de maig de 2026, de <https://www.boe.es/eli/es/rd/2002/08/02/842>

[27] Ministeri d'Indústria i Turisme. (2025). *Resolució de 10 d'abril de 2025, per la qual es publiquen les normes UNE aprovades per AENOR durant el mes de març de 2025*. Recuperat el 14 de maig de 2026, de <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2025-7190>

[28] Espanya. (2016). *Reial decret 144/2016, de 8 d'abril, pel qual s'estableixen els requisits essencials de salut i seguretat exigibles als aparells i sistemes de protecció per al seu ús en atmosferes potencialment explosives*. Recuperat el 14 de maig de 2026, de <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2016-3539>