

UAB

Universitat Autònoma
de Barcelona



METAFORM

DE METANOL A FORMOL | INNOVACIÓN QUÍMICA

Planta de Producció de Formaldehid

Treball de Fi de Grau

Juny 2026

AUTORES

Arcadi Baró Orfila
Guillem Casals Sendra
Roc Rossello Fonollosa
Sandro Alcantara Márquez
Javier Jaenes Fernández
Àlex Cabrera Sánchez

TUTOR

Rafa Bosch Palacios



UAB

Universitat Autònoma
de Barcelona



METAFORM

DE METANOL A FORMOL | INNOVACIÓN QUÍMICA

Planta de Producció de Formaldehid

Treball de Fi de Grau

Juny 2026

CAPÍTOL 9.

OPERACIÓ DE LA PLANTA



Taula de Contingut

CAPÍTOL 9. OPERACIÓ DE LA PLANTA

9.1. Introducció	4
9.2. Descripció general de l'operació	5
9.2.1. Tipus d'operació	5
9.2.2. Filosofia de control i automatització	5
9.2.3. Variables crítiques d'operació	5
9.3. Parada de planta	7
9.3.1. Parades programades	7
9.4. Mesures operatives de seguretat, manteniment i protecció del personal	9
9.4.1. Control operatiu i resposta davant incidències	9
9.4.2. Operacions de manteniment i verificació d'equips	9
9.4.3. Higiene industrial i protecció dels treballadors	9
9.5 Formacions professionals obligatòries	11
9.6. Departaments de la planta	12
9.6.1. Departament de Producció	12
9.6.2. Departament d'Enginyeria i Manteniment	14
9.6.3. Departament de Seguretat, Salut i Medi Ambient (SSMA)	16
9.6.4. Departament de Qualitat	18
9.6.5. Departament de Logística	20
9.6.6. Departament de Laboratori i Anàlisi	21
9.6.7. Departament d'I+D+i	23
9.6.8. Departament de Direcció i Gestió Administrativa	24
9.7. Horaris, torns i condicions laborals	30
9.7.1. Organització dels torns	30
9.7.2 Personal extern	31
9.7.3. Serveis i benestar del personal	33
9.8. Bibliografia	34

CAPÍTOL 9. OPERACIÓ DE LA PLANTA

9.1. Introducció

El correcte funcionament d'una planta química depèn no només del disseny dels seus equips, sinó també d'una planificació detallada de com s'opera dia a dia. Aquest capítol descriu l'operació de la planta de producció de formaldehid a partir de metanol, detallant els procediments d'arrencada i parada, la filosofia de control, les variables crítiques del procés i l'organització del personal.

La producció de formaldehid implica condicions d'operació que requereixen una atenció especial: el metanol és un líquid inflamable i tòxic, i el propi formaldehid és un compost volàtil classificat com a carcinogen. Per això, l'operació de la planta exigeix una coordinació estreta entre els departaments de producció, manteniment, qualitat i seguretat, així com un sistema de control automatitzat robust que garanteixi l'estabilitat del procés i la protecció de les persones i l'entorn.

Aquest capítol recull tots els aspectes relacionats amb el funcionament de la planta de producció de formaldehid en condicions normals d'operació. Es considera que la instal·lació ha superat prèviament les etapes de planificació, disseny, verificació i posada en marxa, descrites als capítols anteriors, i que opera en règim estacionari sota les condicions de procés establertes.

Al llarg d'aquest apartat es descriuen els procediments i criteris necessaris per garantir una operació segura, eficient i estable de la planta, incloent-hi els paràmetres de funcionament, les tasques de control i seguiment, així com els diferents aspectes relacionats amb l'explotació diària de la instal·lació i els seus recursos.

Aquest capítol connecta el disseny dels equips amb la realitat operativa de la planta, proporcionant una visió global de com es gestionen els recursos, es controlen les variables i es garanteix la seguretat en condicions normals i d'emergència.

9.2. Descripció general de l'operació

9.2.1. Tipus d'operació

La planta opera en règim continu durant els dies de producció planificats. Això significa que totes les unitats de procés — des de l'alimentació de metanol fins a l'emmagatzematge del producte final — funcionen de forma simultània i coordinada, amb fluxos màssics i energètics estables. Aquest mode d'operació és l'habitual en la indústria de producció de formaldehid a escala industrial, ja que permet maximitzar la productivitat, minimitzar les variacions de qualitat i facilitar l'automatització del control.

La planta operarà un total de 330 dies a l'any, amb dos parades tècniques programades que es detallen a l'apartat 9.5. Durant els dies operatius, la planta funciona les 24 hores del dia, cosa que obliga a organitzar el personal en torns rotatius per garantir la cobertura contínua de totes les àrees (respectant sempre la normativa aplicable) [1].

9.2.2. Filosofia de control i automatització

La planta compta amb un sistema de control distribuït (DCS, *Distributed Control System*) que centralitza la supervisió i el control de tots els llaços de regulació del procés. Complementàriament, un sistema SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) permet als operadors de sala de control visualitzar en temps real l'estat de tots els equips, les variables de procés i les alarmes actives.

La filosofia de control es basa en els principis següents:

- **Control automàtic de variables crítiques:** temperatura, pressió, cabal i composició es regulen mitjançant llaços PID que actuen sobre vàlvules de control.
- **Interbloquejos de seguretat (SIS o intern locks):** el sistema de seguretat instrumentada actua de forma independent al DCS i executa accions de parada automàtica quan se superen límits de seguretat predefinits.
- **Gestió d'alarmes:** es disposa d'un sistema jerarquitzat d'alarmes que distingeix entre avisos informatius, alarmes de procés i alarmes de seguretat, minimitzant la fatiga de l'operador.
- **Actuació manual de suport:** tots els llaços de control disposen de mode manual per permetre la intervenció de l'operador en situacions excepcionals.

9.2.3. Variables crítiques d'operació

Les variables que determinen el correcte funcionament del procés i que s'han de mantenir dins de rangs estrictament controlats són:

- **Temperatura del reactor:** la reacció d'oxidació catalítica del metanol és fortament exotèrmica i sensible a la temperatura. Desviaments fora del rang d'operació poden reduir la selectivitat, danyar el catalitzador o fins i tot acabar generant una exotermia descontrolada.
- **Relació aire/metanol en l'alimentació al reactor:** s'ha de mantenir dins dels límits d'inflamabilitat per garantir la seguretat i maximitzar la conversió.
- **Pressió en les columnes d'absorció:** condiciona l'eficiència d'absorció del formaldehid en aigua i, per tant, la concentració del producte final.
- **Temperatura dels sistemes de refrigeració:** una fallada en el sistema de refrigeració pot provocar una elevació de temperatura no controlada al reactor.
- **Concentració de metanol residual en el producte final:** variable clau per a la qualitat del producte i la seva classificació comercial.
- **Nivells en els tancs d'emmagatzematge:** tant de matèries primeres com de producte final, per evitar desbordaments o interrupcions en el subministrament al procés.

9.3. Parada de planta

9.3.1. Parades programades

La planta comptarà amb dues parades tècniques programades anuals, amb l'objectiu de garantir la seguretat operativa, mantenir l'eficiència dels equips i assegurar unes condicions adequades de treball pel personal. Aquestes aturades es coordinaran amb els principals períodes de vacances dels treballadors per tal de minimitzar l'impacte organitzatiu i afavorir la recuperació física i mental dels operaris.

Les dues parades anuals suposaran un total de 35 dies sense producció, de manera que la planta operarà aproximadament **330 dies l'any** en règim normal de funcionament continu. Tot i que aquestes aturades impliquen una disminució temporal de la producció i un elevat cost econòmic derivat de la pèrdua d'operació, mà d'obra externa i treballs de manteniment especialitzat, es consideren indispensables per reduir el risc d'accidents materials i humans, prevenir fallades crítiques i mantenir el rendiment global de la planta.

Les parades programades seran les següents:

- **Parada d'estiu (15 dies): del 4 d'agost al 18 d'agost**, coincidint amb el període de vacances principal. Durant aquesta parada es realitzaran les intervencions de manteniment majors, incloent la inspecció interna de reactors, revisió de compressors i bombes principals, substitució parcial o regeneració del catalitzador, calibratge d'instrumentació crítica i neteja profunda d'intercanviadors i línies de procés. Aquestes operacions permetran recuperar eficiència tèrmica i de conversió, reduint consums energètics i desviacions operatives.
- **Parada de Nadal (20 dies): del 22 de desembre al 10 de gener**. Aquesta parada es destinarà principalment a revisions generals de seguretat, inspeccions estructurals, verificació de sistemes elèctrics i d'emergència, proves de sistemes contra incendis i actuacions de manteniment correctiu detectades durant l'any. També es duran a terme neteges d'equips crítics i renovacions de components sotmesos a desgast continuat.

La seqüència de parada es realitzarà de forma controlada i seguint els procediments establerts de seguretat industrial. En primer lloc, es reduirà gradualment l'alimentació de metanol al reactor fins a aturar completament el procés. Posteriorment, es purgaran les línies amb nitrogen per eliminar compostos inflamables i es refredarà la instal·lació de forma progressiva per evitar tensions tèrmiques als equips. Finalment, es drenaran, inertitzaran i aïllaran els sistemes que hagin de ser intervinguts durant les tasques de manteniment.

Aquest model de manteniment preventiu permetrà incrementar la fiabilitat global de la planta, allargar la vida útil dels equips i mantenir unes condicions òptimes de seguretat, producció i benestar laboral.

9.4. Mesures operatives de seguretat, manteniment i protecció del personal

L'operació diària de la planta es duu a terme seguint un conjunt de mesures de control, manteniment i seguretat orientades a garantir la continuïtat del procés, la integritat dels equips i la protecció dels treballadors.

9.4.1. Control operatiu i resposta davant incidències

Durant l'operació, els operadors realitzen un seguiment continu de les principals variables de procés mitjançant el sistema DCS i la interfície SCADA, permetent supervisar en temps real l'estat de la planta, detectar desviacions respecte als valors de consigna i actuar sobre qualsevol anomalia detectada.

El sistema d'alarmes i interbloquejos de seguretat permet una resposta ràpida davant condicions anormals d'operació. En cas de superar-se els límits de seguretat establerts, el sistema de seguretat instrumentada (SIS) executa de forma automàtica les accions necessàries per portar la instal·lació a un estat segur, incloent, si és necessari, la parada d'emergència de la planta.

9.4.2. Operacions de manteniment i verificació d'equips

Per garantir la disponibilitat i fiabilitat dels equips, es realitzen activitats periòdiques de manteniment preventiu segons un pla gestionat mitjançant un sistema GMAO. Aquestes activitats inclouen inspeccions visuals, comprovació de possibles fuites, calibratge d'instruments, verificació del funcionament de les vàlvules de seguretat i comprovació dels sistemes d'alarma i interbloqueig.

De manera complementària, s'apliquen tècniques de manteniment predictiu, com l'anàlisi de vibracions en equips rotatius, la termografia en equips elèctrics i el control de l'estat dels lubricants, amb l'objectiu d'identificar possibles degradacions abans que derivin en una avaria. En cas que es produeixi una fallada, les actuacions de manteniment correctiu es prioritzen segons el nivell crític de l'equip i el seu impacte sobre la seguretat i la producció.

9.4.3. Higiene industrial i protecció dels treballadors

L'exposició dels treballadors a substàncies perilloses com el metanol i el formaldehid es controla mitjançant programes periòdics de monitorització ambiental que permeten verificar que les concentracions presents a les zones de treball es mantenen per sota dels límits d'exposició establerts.

Els treballadors han d'utilitzar els equips de protecció individual (EPI) corresponents segons l'àrea de treball i el risc associat a cada operació, incloent protecció respiratòria, guants químicament resistents, ulleres de seguretat i roba de protecció. Així mateix, el personal rep formació contínua sobre els riscos del procés, els procediments de treball segur i els protocols d'actuació davant situacions d'emergència.

Finalment, es realitzen inspeccions periòdiques dels equips de seguretat destinats a la protecció del personal, com les dutxes d'emergència, els renta-ulls, els detectors de gasos i els sistemes de protecció contra incendis, assegurant-ne la correcta disponibilitat en cas d'incident.

9.5 Formacions professionals obligatòries

Per garantir una operació segura i eficient de la planta, tot el personal tècnic i operari rebrà una formació obligatòria de manera periòdica cada cert temps, per tal de garantir tant la seva seguretat com la de la planta i el medi ambient. Aquesta formació inclourà aspectes de seguretat industrial, operació d'equips, resposta davant emergències i coneixement dels procediments interns.

Entre les formacions més rellevants es troben:

- Prevenció de riscos laborals (PRL) específica del sector químic.
- Manipulació de substàncies perilloses, incloent formaldehid i altres reactius del procés.
- Ús d'equips de protecció individual (EPI).
- Formació en sistemes de control i operació de planta (DCS/PLC).
- Procediments operatius estàndard (SOPs) de cada àrea.
- Resposta en cas d'accidents, lesions i danys.
- Accions preventives de seguretat, benestar i comportament proactiu.

A més, es duran a terme simulacres d'evacuació periòdics, amb l'objectiu d'entrenar el personal en situacions d'emergència i verificar els temps de resposta. També es realitzen proves auditives de les alarmes per assegurar que són correctament percebudes en totes les zones de la planta, que funcionen bé i que són clarament enteses pel personal.

Finalment, es planificaran sessions regulars de repàs de protocols en cas d'accident o emergència, incloent actuacions davant fuites, incendis o exposicions a substàncies perilloses.

9.6. Departaments de la planta

Per garantir el correcte funcionament de la planta de producció de formaldehid, és imprescindible comptar amb una estructura organitzativa sòlida que cobreixi tant les necessitats tècniques i operatives del procés com les exigències logístiques, normatives i de gestió. Atesa la complexitat de la instal·lació i la naturalesa de les substàncies manipulades, com el metanol i el formaldehid, totes elles classificades com a perilloses, cadascun dels departaments assumeix funcions especialitzades i alhora interdependents.

Cal subratllar que l'eficiència global de la planta depèn directament de la coordinació transversal entre les diferents àrees. La planta s'ha de concebre com un sistema integrat, en el qual qualsevol disfunció en un departament repercuteix inevitablement en la resta. Per aquest motiu, cada àrea ha de disposar de la informació actualitzada sobre l'estat del procés i les necessitats de l'empresa, de manera que pugui actuar amb agilitat davant qualsevol incidència o situació d'emergència. A continuació es presenten els departaments principals que conformen l'estructura operativa de METAFORM, amb les seves funcions específiques i la dotació de personal associada.

9.6.1. Departament de Producció

El Departament de Producció constitueix el nucli operatiu de la planta i és el responsable de garantir que la fabricació de formaldehid es dugui a terme de manera contínua, segura i d'acord amb les especificacions tècniques establertes. La seva missió principal és assolir els objectius de producció diaris, setmanals i anuals, complint simultàniament amb els estàndards de qualitat, seguretat i medi ambient definits en els capítols corresponents d'aquest projecte.

La planta opera en règim continu durant 330 dies a l'any, les 24 hores del dia, i per cobrir aquesta operació ininterrompuda, el personal s'organitza en torns rotatius de 8 hores, tal com es detalla als apartats 9.7 (Organització del personal) i 9.8. (Horaris, torns i condicions laborals). Cada torn compta amb un mínim de 6 persones, distribuïdes de la manera següent:

- **Responsable de producció:** Lidera el departament, supervisa el conjunt del procés de fabricació i actua com a interlocutor principal amb els responsables d'altres àrees. Vetlla perquè les fites productives s'assoleixin sense comprometre la seguretat ni la qualitat del producte.

- **Cap de torn:** Coordina les operacions durant la seva franja horària, gestiona les incidències que es puguin produir i assegura el compliment del pla de producció diari. Fa d'enllaç entre els operadors de camp i sala, i la direcció tècnica.
- **Operadors de sala de control:** Supervisen el sistema de control de la planta des del centre de control, on es monitoritzen en temps real els paràmetres crítics del procés FORMOX: temperatura d'entrada i sortida del reactor catalític (300°C), pressions en les línies de gas (200-250 kPa), cabal de metanol i aire als mescladors, i nivells a la columna d'absorció. Gestionen les alarmes del sistema i actuen sobre les variables de procés per mantenir la planta dins de les condicions operatives òptimes.
- **Operadors de camp:** Realitzen inspeccions periòdiques in situ dels equips principals: reactor R-100, bescanviadors de calor I-100 a I-103, columna d'absorció T-100, mescladors Mix-100 i Mix-101, calderes CV-100 i CO-100, i tancs d'emmagatzematge de metanol i formaldehid. Prenen mostres dels corrents de procés, fan comprovacions manuals i executen maniobres d'emergència quan sigui necessari.

Amb aquesta estructura de torns, i considerant els períodes de descans establerts legalment, la secció de fabricació requereix un mínim de 31 treballadors en règim de torns rotatius. A més, l'àrea compta amb 2-3 enginyers de procés que treballen en horari de dia, de dilluns a divendres, i que s'ocupen del control tècnic, la programació del sistema de control i la supervisió dels paràmetres del procés a llarg termini.

Les principals activitats del Departament de Producció es poden resumir en les següents:

- Controlar i supervisar el procés de fabricació de formaldehid via oxidació catalítica del metanol (procés FORMOX), garantint unes condicions d'operació segures, eficients i estables.
- Verificar el compliment estricte de les consignes d'operació definides per al reactor catalític de llit fix multitubular, els bescanviadors de calor, els mescladors estàtics i la columna d'absorció empacada.
- Gestionar les desviacions operatives de petita magnitud i coordinar-se amb el Departament d'Enginyeria i Manteniment davant d'avaries o incidents que requereixin intervenció tècnica.

- Coordinar amb el Departament de Logística les operacions de descàrrega de metanol als tancs TMetOH i de càrrega del formaldehid producte acabat als tancs TForm, assegurant la continuïtat del subministrament i l'expedició.
- Col·laborar amb el Departament de Laboratori i Anàlisi en la recollida i enviament de mostres dels corrents intermedis i del producte final, per garantir el compliment de les especificacions de qualitat establertes.

La importància d'aquest departament rau en el fet que qualsevol desviació en les condicions de reacció pot tenir conseqüències tant sobre la qualitat del producte com sobre la seguretat de la instal·lació. Per aquest motiu, és imprescindible disposar d'un equip altament qualificat, amb formació contínua i protocols d'actuació ben definits.

9.6.2. Departament d'Enginyeria i Manteniment

El Departament d'Enginyeria i Manteniment té la missió d'assegurar que tots els equips i instal·lacions de la planta es mantinguin en condicions òptimes de funcionament, minimitzant el risc d'avaries no programades i garantint la disponibilitat contínua dels actius productius. En una instal·lació com la de METAFORM, on operen equips crítics com el reactor catalític multitubular R-100, els bescanviadors de calor amb fluids tèrmics a temperatures superiors als 300°C, compressors i bombes de procés amb metanol i formaldehid, la fiabilitat dels equips és un factor determinant per a la seguretat i la productivitat.

El departament col·labora estretament amb Producció per planificar i executar les intervencions de manteniment, tant les programades com les correctives, minimitzant l'impacte sobre la continuïtat del procés. Atès que la planta opera les 24 hores del dia, el servei de manteniment ha d'estar disponible en tot moment, organitzant-se per torns amb cobertura permanent. Els perfils professionals que integren aquest departament són:

- **Responsable de manteniment:** Lidera el departament i n'és el referent tècnic principal. Elabora i supervisa els plans anuals i semestrals de manteniment, avalua les necessitats de renovació d'equips i gestiona la relació amb proveïdors especialitzats, incloent-hi el fabricant del catalitzador $\text{Fe}_2(\text{MoO}_4)_3$.
- **Enginyers de manteniment:** Experts en les disciplines mecànica, elèctrica i d'instrumentació. S'ocupen de dissenyar i actualitzar els plans de manteniment

preventiu dels equips principals, analitzen les causes arrel de les avaries repetitives i proposen solucions de millora per augmentar la fiabilitat dels actius.

- **Tècnics de manteniment especialitzats:** Un per a cada especialitat: mecànica, electricitat i automatització/instrumentació. Garanteixen la disponibilitat de suport tècnic immediat davant qualsevol fallada durant les hores de treball ordinàries.
- **Tècnics de manteniment per torn:** Cobren les 24 hores del dia en torns rotatius. Executen les tasques de manteniment preventiu programades, les inspeccions periòdiques dels equips, el calibratge d'instruments i participen activament en les parades de manteniment.
- **Operari auxiliar per torn:** Dona suport en tasques de caràcter general: transport intern de peces de recanvi, gestió del magatzem de recanvis i actualització de la documentació de manteniment.

Durant els caps de setmana i festius, s'estableix un sistema de guàrdies localitzables per especialitat, de manera que davant d'una avaria urgent que comprometi la seguretat o la continuïtat de la producció es pugui mobilitzar el tècnic competent en el menor temps possible.

Les funcions principals d'aquest departament inclouen:

- **Manteniment preventiu:** Execució de tasques periòdiques planificades per evitar l'aparició de fallades: canvi de segells en bombes de metanol, inspecció de les unions bridades de les canonades d'acer inoxidable 316L, revisió dels sistemes de control de temperatura del reactor i comprovació de l'estat de l'empacament de la columna d'absorció.
- **Manteniment correctiu:** Reparació de les avaries que es produeixen de manera imprevista, actuant en el menor temps possible per minimitzar l'impacte sobre la producció.
- **Manteniment predictiu:** Aplicació de tècniques avançades de diagnòstic: anàlisi de vibracions en compressors, termografia als bescanviadors de calor, inspecció per ultrasons de les canonades i diagnòstic de vàlvules de control, per anticipar-se a les fallades abans que es produeixin.

- **Gestió del magatzem de recanvis:** Control i aprovisionament de les peces de recanvi crítiques, coordinant la informació amb el Departament de Logística per garantir la disponibilitat immediata dels materials necessaris.
- **Documentació i traçabilitat:** Registre de totes les intervencions en el sistema GMAO (Gestió del Manteniment Assistida per Ordinador), permetent el seguiment de l'historial de cada equip i l'optimització dels intervals de manteniment.
- **Suport a parades programades:** Participació activa en les parades tècniques planificades, durant les quals s'executen les intervencions de major envergadura, com ara la substitució del catalitzador gastat del reactor R-100 cada 18-24 mesos.

9.6.3. Departament de Seguretat, Salut i Medi Ambient (SSMA)

El Departament de Seguretat, Salut i Medi Ambient constitueix un pilar fonamental per a l'operació responsable de la planta. La producció de formaldehid implica la manipulació de substàncies classificades com a perilloses, tant per la seva toxicitat com per la seva inflamabilitat. El metanol (punt d'inflamació 11°C) és un solvent tòxic i altament inflamable, mentre que el formaldehid és un compost cancerigen de categoria 1B segons el Reglament CLP^{[7] [8]}, que presenta alhora risc d'irritació severa de les vies respiratòries [7] [8] (tal com s'explica amb més detall al capítol de Seguretat). A més, la planta opera a temperatures de fins a 400°C en els circuits d'oli tèrmic i a pressions de fins a 250 kPa en les línies de gas.

Davant d'aquest context de risc, el Departament de SSMA s'encarrega d'assegurar que totes les operacions es realitzin d'acord amb els estàndards de seguretat més exigents, protegint la salut dels treballadors i minimitzant l'impacte ambiental de l'activitat, en línia amb el marc normatiu descrit al Capítol 6 d'aquest projecte. L'equip que integra aquest departament és el següent:

- **Responsable de SSMA:** Dirigeix el departament, defineix la política de seguretat i medi ambient de la planta i representa l'empresa davant les autoritats competents, com ara l'Agència de Residus de Catalunya (ARC) i l'Oficina de Gestió Ambiental Unificada (OGAU) de la Generalitat de Catalunya.
- **Tècnics de seguretat industrial:** Analitzen els riscos associats a cada lloc de treball i operació, elaboren i actualitzen el Pla d'Emergència Interior, imparteixen

formació periòdica als operadors i investiguen les causes de qualsevol incident o accident. Gestionen els permisos de treball per a tasques especials, com els treballs en calent en zones amb risc d'atmosferes explosives (ATEX), degut a la presència de vapors de metanol.

- **Tècnics de medi ambient:** Gestionen els residus generats per la planta, d'acord amb la classificació establerta en el Capítol 6: residus peril·losos (catalitzador gastat LER 16 08 02*, EPIs contaminats LER 15 02 02*, olis de lubricació LER 13 02 05*) i no peril·losos (filtres d'aire, ferralla metàl·lica, embalatges). Controlen les emissions atmosfèriques del focus canalitzat F-1 i vetllen pel compliment dels valors límit establerts en el document BREF LVOC.
- **Tècnics de salut laboral:** Col·laboren amb la mútua de l'empresa per a la vigilància de la salut del personal, avaluen els riscos higiènics derivats de l'exposició al formaldehid i al metanol, i asseguren que tots els treballadors disposin i facin ús dels Equips de Protecció Individual (EPI) adequats.

Les funcions del Departament de SSMA s'estructuren en tres àmbits:

1. Seguretat industrial:

- Avaluació i actualització periòdica de l'anàlisi de riscos (HAZOP) de les unitats de procés.
- Redacció i manteniment actualitzat del Pla d'Emergència Interior, incloent-hi els procediments d'actuació davant fuites de metanol o formaldehid, incendis i explosions.
- Realització de simulacres periòdics i revisió dels equips d'emergència: dutxes de seguretat, renta-ulls, detectors de gasos (metanol i formaldehid) i sistemes d'extinció.
- Gestió del sistema de permisos de treball per a operacions de risc elevat.

2. Salut laboral:

- Vigilància de la salut dels treballadors exposats a formaldehid i metanol, amb controls mèdics periòdics específics.
- Avaluació de l'exposició professional als contaminants químics i comparació amb els valors límit d'exposició professional (VLE-ED i VLE-EC) establerts per l'INSST.

- Assegurar que tot el personal disposi i faci servir correctament els EPIs requerits: màscares de semimàscara amb filtre ABEK per a operacions en zones de procés, guants de nitril resistent a dissolvents orgànics i ulleres de seguretat.

3. Gestió mediambiental:

- Controlar que les emissions atmosfèriques del focus canalitzat F-1 (gasos residuals de la columna d'absorció) compleixin els valors límit del BREF LVOC: metanol < 20 mg/Nm³ i formaldehid < 5 mg/Nm³.
- Supervisar el correcte funcionament de l' catalític, que garanteix l'eliminació del 99,9% dels COVs residuals.
- Gestionar els residus perillosos generats per la planta, incloent-hi la coordinació amb el gestor autoritzat per al transport ADR i el registre telemàtic a l'ARC.
- Mantenir actualitzada l'Autorització Ambiental Integrada (AAI) i tota la documentació associada, assegurant el compliment permanent de les condicions imposades.
- Impulsar i coordinar l'obtenció i manteniment de les certificacions ISO 14001, ISO 45001 i ISO 50001, tal com es descriu en el Sistema de Gestió Ambiental del Capítol 6.

9.6.4. Departament de Qualitat

La principal responsabilitat del Departament de Qualitat és verificar que tant el producte final —formaldehid en solució aquosa estabilitzada amb metanol— com les matèries primeres i els corrents intermedis del procés compleixin els requisits tècnics i normatius establerts. En el context de la planta de METAFORM, el control de qualitat és un element crític no només per garantir la competitivitat comercial del producte, sinó també per assegurar la seguretat del procés, ja que qualsevol desviació en la concentració de formaldehid o en el contingut de metanol residual pot afectar tant les propietats del producte com el comportament dels equips.

El departament gestiona de forma integrada el Control de Qualitat (QC) i la Garantia de Qualitat (QA), i juga un paper clau en el compliment de la normativa internacional, la traçabilitat dels lots i la correcció de les desviacions detectades. Atès que la planta opera 330 dies l'any en règim continu, el Departament de Qualitat ha de comptar amb una dotació mínima de 6 persones organitzades de la manera següent:

- **Responsable de qualitat:** Lidera l'equip, defineix els criteris de qualitat del producte, assegura el compliment normatiu i coordina les auditories internes i externes. Representa l'empresa davant els clients i les autoritats en matèria de qualitat.
- **Tècnics de laboratori de control de qualitat:** Realitzen les anàlisis fisicoquímiques de les matèries primeres (metanol d'entrada), els corrents intermedis i el producte final. Treballen en torns rotatius per garantir la cobertura analítica durant tota l'operació.
- **Tècnic de garantia de qualitat:** Responsable de la revisió de la documentació del procés, la gestió de les no conformitats, les accions correctives i preventives, i l'actualització dels procediments normalitzats d'operació (SOP).
- **Inspectors de qualitat en planta:** Realitzen controls en línia de producció, verificant els punts crítics de control del procés FORMOX, prenent mostres representatives i comunicant immediatament qualsevol desviació al Departament de Producció.

Entre les funcions principals del Departament de Qualitat destaquen les següents:

- Analitzar cada lot de formaldehid produït per verificar que compleix les especificacions del producte: concentració de formaldehid en solució, contingut de metanol estabilitzador, absència de subproductes com el paraformaldehid i l'àcid fòrmic, i pH de la solució. Només un cop validats els resultats analítics s'autoritza la càrrega del producte en els tancs TForm i el seu alliberament per a l'expedició.
- Inspeccionar el metanol d'entrada als tancs TMetOH, tant documentalment com mitjançant anàlisi fisicoquímica, verificant la puresa i l'absència d'impureses que puguin afectar la cinètica de la reacció o la vida útil del catalitzador $\text{Fe}_2(\text{MoO}_4)_3$.
- Realitzar mostres i anàlisis periòdiques dels corrents intermedis del procés: mescla metanol/aire a l'entrada del reactor, corrent de sortida del reactor i solució de la columna d'absorció, per detectar desviacions abans que afectin el producte final.
- Mantenir actualitzats tots els registres de producció, inspecció i alliberament de producte, gestionant el sistema de qualitat sota estàndards ISO o equivalents.

- Garantir la traçabilitat completa de cada lot produït, des de l'entrada de les matèries primeres fins a l'expedició del producte acabat, de manera que qualsevol lot pugui ser rastrejat en cas d'incidència o reclamació de client.
- Promoure activament la millora contínua del procés a través de l'anàlisi de tendències en els indicadors clau de qualitat i la implementació de projectes de reducció de variabilitat.

9.6.5. Departament de Logística

El Departament de Logística i Emmagatzematge és responsable de gestionar el flux de materials des de la recepció de les matèries primeres fins a l'expedició del producte acabat, garantint en tot moment les condicions de seguretat exigides per la naturalesa dels productes manipulats. En una planta on les matèries primeres principals —metanol i aire— i el producte acabat —formaldehid en solució aquosa— estan classificats com a substàncies perilloses, la correcta gestió logística és un factor determinant per a la seguretat de la instal·lació i el compliment de la normativa de transport ADR.

El departament treballa en coordinació directa amb Producció, Qualitat i Compres, i la seva dotació per torn és de 7 persones, distribuïdes de la manera següent:

- **Responsable de logística i emmagatzematge:** Coordina totes les activitats del departament: planificació dels aprovisionaments de metanol, control dels nivells dels tancs, relació amb transportistes homologats per al transport d'ADR i gestió de la documentació logística i duanera quan aplica.
- **Tècnics de logística per torn:** S'encarreguen de la recepció i verificació documental i física de les entregues de metanol, la gestió dels moviments interns de materials, l'actualització de l'inventari en el sistema informatitzat i la coordinació de les ordres de sortida del formaldehid producte acabat.
- **Operaris de carretó i manipulació per torn:** Especialitzats en la conducció d'equips de manutenció. S'encarreguen del transport de bidons, contenidors i palets entre les zones d'emmagatzematge i producció, respectant en tot moment els protocols de seguretat per a productes químics perillosos.
- **Operaris de magatzem per torn:** Gestionen la ubicació física dels productes a les zones d'emmagatzematge, classificant-los per tipus de substància, grau de perillositat i condicions especials requerides (temperatura controlada per als tancs de formaldehid, ventilació adequada).

Les funcions principals del Departament de Logística comprenen:

- **Recepció i verificació de matèries primeres:** Cada camió cisterna de metanol és inspeccionat a l'entrada de la planta. Es revisa la documentació de transport ADR, el certificat d'anàlisi del proveïdor i la integritat física del vehicle i dels connectors de descàrrega. El metanol rebut es trasllada als tancs TMetOH prèvia validació conjunta amb el Departament de Qualitat.
- **Gestió de les zones d'emmagatzematge:** Control continu dels nivells als tancs d'emmagatzematge de metanol (TMetOH, capacitat de 200 m³ cadascun) i de formaldehid (TForm, capacitat de 200 m³ cadascun), amb planificació anticipada de les recàrregues i descàrregues per evitar situacions crítiques de nivell.
- **Expedició del producte acabat:** Una vegada el formaldehid ha estat analitzat i alliberat pel Departament de Qualitat, es procedeix al seu envasament o càrrega en camions cisterna, assegurant el correcte etiquetatge conforme al Reglament CLP i la documentació necessària per al transport ADR.
- **Control d'inventaris:** Seguiment rigorós de les existències en temps real mitjançant el sistema informatitzat de gestió de magatzems, evitant tant les ruptures d'estoc com els excessos d'emmagatzematge que incrementin el risc de la instal·lació.
- **Compliment de les normatives de seguretat:** Aplicació estricta de les mesures de seguretat en totes les operacions de manipulació de productes peril·losos: emmagatzematge en cubetes de contenció, control periòdic de vàlvules i connexions dels tancs, i protocols d'actuació davant un possible vessament de metanol o formaldehid.

9.6.6. Departament de Laboratori i Anàlisi

El Departament de Laboratori i Anàlisi té com a missió principal proporcionar el suport analític necessari per garantir la qualitat del producte, la correcta evolució del procés de reacció i el compliment dels límits d'emissió establerts en el Capítol 6 de Medi Ambient. La seva activitat és transversal a tota la planta, donant suport tant al Departament de Producció com al de Qualitat, Seguretat i Medi Ambient.

A diferència del control de qualitat de producte acabat, que recau principalment en el Departament de Qualitat, el Laboratori i Anàlisi és el responsable del seguiment analític

del procés en temps gairebé real i del control de les emissions i efluents. El departament compta amb un equip de 6 persones:

- **Responsable de Laboratori:** Supervisa les activitats analítiques, gestiona el personal i assegura el compliment dels procediments interns i de les normatives aplicables. Actua com a interlocutor principal amb els Departaments de Qualitat, Producció i SSMA.
- **Tècnics de laboratori:** Executen les anàlisis rutinàries del procés, operant amb tècniques com la cromatografia de gasos (GC) per a la determinació de metanol i formaldehid en corrents intermedis, l'espectrofotometria UV per a l'anàlisi del producte acabat i les determinacions de pH i viscositat de la solució de formaldehid. Treballen en torns rotatius per garantir cobertura analítica contínua.
- **Tècnic d'assajos especials i validacions:** Responsable del desenvolupament i validació de nous mètodes analítics, la realització d'estudis d'estabilitat del formaldehid en solució i la caracterització del catalitzador gastat prèvia a la seva gestió com a residu perillós.
- **Auxiliar de laboratori:** Dona suport en la preparació de mostres, el manteniment i neteja del material de laboratori, la gestió dels residus químics generats i l'entrada de resultats al sistema informàtic de gestió de dades.

Les funcions principals del Departament de Laboratori i Anàlisi inclouen:

- **Control analític de les matèries primeres:** Determinació de la puresa del metanol entrant als tancs TMetOH, el contingut d'humitat i la presència d'impureses que podrien afectar negativament la cinètica de la reacció d'oxidació catalítica o la vida del catalitzador $\text{Fe}_2(\text{MoO}_4)_3$.
- **Seguiment del procés de reacció:** Anàlisi periòdica de la composició del corrent de sortida del reactor R-100 per verificar la conversió de metanol i la selectivitat cap a formaldehid, detectant qualsevol indicatiu de desactivació del catalitzador o formació excessiva de subproductes (CO , CO_2 , àcid fòrmic).
- **Control de les emissions atmosfèriques:** Anàlisi del focus canalitzat F-1 (gasos residuals de la columna d'absorció) per verificar que la concentració de metanol i formaldehid als gasos emesos es troba per sota dels valors límit establerts en el BREF LVOC (metanol $< 20 \text{ mg/Nm}^3$ i formaldehid $< 5 \text{ mg/Nm}^3$).

- **Suport al control de procés:** Proporciona resultats analítics en temps gairebé real als operadors de sala de control, permetent la presa de decisions ràpides sobre ajustos de paràmetres operatius (temperatura, relació metanol/aire, cabal d'absorció).
- **Calibratge i manteniment dels equips analítics:** Gestió del pla de calibratge periòdic de tots els instruments de mesura del laboratori, garantint la traçabilitat metrològica dels resultats i la validesa dels mètodes analítics aplicats.

9.6.7. Departament d'I+D+i

El Departament d'I+D+i té un paper estratègic en la millora contínua del procés de fabricació de formaldehid i en l'adaptació de la planta a les evolucions tecnològiques i normatives del sector. En un mercat altament competitiu, la capacitat d'innovar en el procés productiu i de desenvolupar noves formulacions del producte és un factor diferencial per a la sostenibilitat del negoci a llarg termini.

L'estructura d'aquest departament és la següent:

- **Responsable d'I+D+i:** Dirigeix l'estratègia d'innovació de la planta, coordina els projectes en curs i representa l'empresa en col·laboracions amb centres de recerca i universitats, com la Universitat Autònoma de Barcelona.
- **Investigadors sèniors:** Encapçalen les línies d'investigació específiques del departament, dissenyen plans d'experimentació i redacten els informes tècnics i les publicacions derivades.
- **Tècnics de laboratori de desenvolupament:** Executen els assajos de laboratori i les proves en planta pilot, col·laborant estretament amb els Departaments de Producció i de Qualitat per a la validació de les noves condicions operatives.
- **Data scientist:** Analitza les dades operatives de la planta, construeix models predictius del comportament del reactor i del catalitzador, i identifica oportunitats de millora mitjançant simulació avançada i eines digitals (Digital Twin).

Les principals línies d'activitat del Departament d'I+D+i inclouen:

- **Optimització del procés productiu:** Estudi dels paràmetres operatius del reactor R-100 (temperatura, temps de residència, relació molar metanol/oxigen) per maximitzar la selectivitat cap a formaldehid i minimitzar la formació de subproductes com el CO, l'àcid fòrmic i el CO₂. L'objectiu és augmentar el rendiment global del procés i reduir el consum de metanol per tona de formaldehid produïda.
- **Investigació sobre el catalitzador:** Estudi de la desactivació del catalitzador de Fe₂(MoO₄)₃ i avaluació de formulacions alternatives que puguin oferir una vida útil més llarga o una millor resistència a la sinterització, reduint així la freqüència de les parades de manteniment per substitució del catalitzador.
- **Avaluació de matèries primeres alternatives:** En línia amb els objectius de sostenibilitat del Capítol 6, s'estudia la viabilitat d'alternatives al metanol d'origen fòssil, com el metanol verd obtingut per electròlisi de l'aigua i reducció catalítica del CO₂, que permetria reduir les emissions de Scope 1 i Scope 2 de la planta.
- **Suport tècnic transversal:** Participació en la resolució de problemes tècnics, desviacions de qualitat del producte i proves de nous modes d'operació, aportant la perspectiva analítica i de simulació als departaments de Producció, Qualitat i Laboratori.

9.6.8. Departament de Direcció i Gestió Administrativa

El Departament de Direcció i Gestió Administrativa constitueix l'eix vertebrador de tota l'organització. La seva funció principal és coordinar l'activitat global de la planta, assegurant el compliment dels objectius tècnics, econòmics, humans i legals, i garantint la viabilitat i sostenibilitat del projecte a llarg termini.

Aquest departament no participa directament en el procés productiu, però la seva correcta gestió és una condició necessària perquè els departaments tècnics puguin desenvolupar la seva activitat en condicions òptimes. Està format per 6 persones:

- **Director/a de planta:** Responsable de la supervisió general de totes les activitats operatives, tècniques, econòmiques i organitzatives. Representa METAFORM davant els organismes oficials (OGAU, Ajuntament de Tarragona, FEIQUE), els

clients, els proveïdors i les auditories externes. Lidera la presa de decisions estratègiques i és el màxim responsable de la gestió de riscos de la instal·lació.

- **Responsable d'administració i finances:** Supervisa la comptabilitat, el control pressupostari, la relació amb les entitats bancàries i la planificació financera. Assegura el compliment de les obligacions fiscals i comptables de l'empresa.
- **Responsable de recursos humans:** Gestiona la contractació, les nòmines, els plans de formació contínua i les relacions laborals. Coordina amb els responsables de cada departament l'organització dels torns de treball, especialment en Producció i Manteniment, garantint la cobertura adequada durant els 330 dies anuals d'operació.
- **Responsable de comerç i màrqueting:** Gestiona la relació comercial amb els clients, negocia els contractes de subministrament de formaldehid i vetlla per la imatge i el posicionament de METAFORM al mercat.
- **Tècnics administratius:** S'encarreguen de les tasques de suport general: facturació, arxiu documental, compres indirectes, gestió de proveïdors i coordinació de reunions.
- **Auxiliar administratiu:** Suport en funcions bàsiques d'atenció telefònica, recepció de visites, gestió de missatgeria i preparació de documentació.

Les funcions principals d'aquest departament es concreten en la coordinació estratègica de la planta, la gestió econòmica i pressupostària, la planificació dels recursos humans i dels torns de treball, la gestió documental i el manteniment de la comunicació fluida tant interna com externa.

Per a la correcta planificació dels recursos humans i per a l'avaluació econòmica del projecte, s'han definit els paràmetres organitzatius i retributius de la plantilla d'acord amb la normativa laboral vigent, en particular el XXI Conveni Col·lectiu General de la Indústria Química per als anys 2024-2026 [1]. A continuació es detallen les principals taules i figures que recullen aquesta informació.

En primer lloc, la **Taula 1** detalla la distribució del personal per torns i per departament, indicant el nombre de treballadors assignats a cada torn i el total de la plantilla. Aquesta distribució s'ha establert tenint en compte les necessitats operatives de la planta (24 hores al dia, 330 dies l'any) i els màxims de jornada establerts pel conveni col·lectiu.

A continuació, la **Figura 1** presenta l'organigrama de l'empresa, on es mostra l'estructura jeràrquica dels diferents departaments que conformen l'organització de la planta.

Finalment, la **Taula 2** recull el pressupost anual de personal, amb els salaris bruts anuals per a cada perfil professional i el cost total associat a cada departament. Aquestes dades serveixen de base per a l'avaluació econòmica del projecte i per a la gestió dels recursos humans.

Taula 1. Dotació de personal per torns i plantilla total (335 dies/any, 24 h/dia)

PLANTA DE PRODUCCIÓ DE FORMOL · Personal de planta			
<i>Organigrama i dotació de personal · 335 dies/any · 24h/dia</i>			
Perfil	Personal/torn	Nre. torns	Total plantilla
Departament de Producció			
Cap de producció	1	1	1
Cap de torn	1	5	5
Operadors de camp	2	5	10
Operadors de sala de control (panelistes)	3	5	15
Enginyers de procés (horari dia)	2	1	2
Departament d'Enginyeria i Manteniment			
Responsable de manteniment	1	1	1
Enginyers de manteniment	2	1	2
Tècnics manteniment especialitzats (mec./elèc./inst.)	3	1	3
Tècnics de manteniment per torn	2	5	10
Operari auxiliar per torn	1	5	5
Departament de Seguretat, Salut i Medi Ambient (SSMA)			
Responsable de SSMA	1	1	1
Tècnics de seguretat industrial	2	1	2
Tècnics de medi ambient	2	1	2
Tècnics de salut laboral	2	1	2
Departament de Qualitat			
Responsable de qualitat	1	1	1
Tècnics de laboratori de control de qualitat	2	5	10
Tècnic de garantia de qualitat (QA)	1	5	5
Inspectors de qualitat en planta	2	1	2
Departament de Logística i Emmagatzematge			
Responsable de logística i emmagatzematge	1	1	1
Tècnics de logística per torn	2	5	10
Operaris de carretó i manipulació per torn	2	5	10
Operaris de magatzem per torn	2	5	10
Departament de Laboratori i Anàlisi			
Responsable de laboratori	1	1	1
Tècnics de laboratori (anàlisi rutinari)	3	1	3
Tècnic d'assajos especials i validacions	1	1	1
Auxiliar de laboratori	1	1	1
Departament d'I+D+i			
Responsable d'I+D+i	1	1	1
Investigadors sèniors	2	1	2
Tècnics de laboratori de desenvolupament	2	1	2
Data Scientist / Analista de processos	1	1	1
Departament de Direcció i Gestió Administrativa			
Director/a de planta	1	1	1
Responsable d'administració i finances	1	1	1
Responsable de recursos humans	1	1	1
Responsable de comerç i màrqueting	1	1	1
Tècnics administratius	2	1	2
Auxiliar administratiu/iva	1	1	1
Personal extern (subcontractat)			
Servei de neteja i manteniment general	-	-	-
Servei de seguretat i control d'accessos (24/7)	-	-	-
TOTAL PLANTILLA		57 per torn	129



Figura 1. Distribució jeràrquica dels departaments i personal de l'empresa

Taula 2. Pressupost anual de personal per departament i salaris bruts (335 dies/any, 24 h/dia)

PLANTA DE PRODUCCIÓ DE FORMOL · Pressupost Anual de Personal			
Organigrama i dotació de personal · 335 dies/any · 24h/dia			
Perfil	Total plantilla	Salari brut anual/persona (€)	Pressupost anual plantilla (€)
Departament de Producció			
Cap de producció	1	65.000 €	65.000 €
Cap de torn	5	42.000 €	210.000 €
Operadors de camp	10	28.000 €	280.000 €
Operadors de sala de control (panelistes)	15	30.000 €	450.000 €
Enginyers de procés (horari dia)	2	45.000 €	90.000 €
Subtotal · Departament de Producció	33		1.095.000 €
Departament d'Enginyeria i Manteniment			
Responsable de manteniment	1	60.000 €	60.000 €
Enginyers de manteniment	2	45.000 €	90.000 €
Tècnics manteniment especialitzats (mec./elèc./inst.)	3	32.000 €	96.000 €
Tècnics de manteniment per torn	10	28.000 €	280.000 €
Operari auxiliar per torn	5	24.000 €	120.000 €
Subtotal · Departament d'Enginyeria i Manteniment	21		646.000 €
Departament de Seguretat, Salut i Medi Ambient (SSMA)			
Responsable de SSMA	1	55.000 €	55.000 €
Tècnics de seguretat industrial	2	35.000 €	70.000 €
Tècnics de medi ambient	2	35.000 €	70.000 €
Tècnics de salut laboral	2	33.000 €	66.000 €
Subtotal · Departament de Seguretat, Salut i Medi Ambient (SSMA)	7		261.000 €
Departament de Qualitat			
Responsable de qualitat	1	55.000 €	55.000 €
Tècnics de laboratori de control de qualitat	10	30.000 €	300.000 €
Tècnic de garantia de qualitat (QA)	5	32.000 €	160.000 €
Inspectors de qualitat en planta	2	34.000 €	68.000 €
Subtotal · Departament de Qualitat	18		583.000 €
Departament de Logística i Emmagatzematge			
Responsable de logística i emmagatzematge	1	52.000 €	52.000 €
Tècnics de logística per torn	10	28.000 €	280.000 €
Operaris de carretó i manipulació per torn	10	24.000 €	240.000 €
Operaris de magatzem per torn	10	23.000 €	230.000 €
Subtotal · Departament de Logística i Emmagatzematge	31		802.000 €
Departament de Laboratori i Anàlisi			
Responsable de laboratori	1	52.000 €	52.000 €
Tècnics de laboratori (anàlisi rutinari)	3	28.000 €	84.000 €
Tècnic d'assajos especials i validacions	1	34.000 €	34.000 €
Auxiliar de laboratori	1	22.000 €	22.000 €
Subtotal · Departament de Laboratori i Anàlisi	6		192.000 €
Departament d'I+D+i			
Responsable d'I+D+i	1	60.000 €	60.000 €
Investigadors sèniors	2	48.000 €	96.000 €
Tècnics de laboratori de desenvolupament	2	32.000 €	64.000 €
Data Scientist / Analista de processos	1	42.000 €	42.000 €
Subtotal · Departament d'I+D+i	6		262.000 €
Departament de Direcció i Gestió Administrativa			
Director/a de planta	1	90.000 €	90.000 €
Responsable d'administració i finances	1	55.000 €	55.000 €
Responsable de recursos humans	1	52.000 €	52.000 €
Responsable de comerç i màrqueting	1	52.000 €	52.000 €
Tècnics administratius	2	30.000 €	60.000 €
Auxiliar administratiu/iva	1	22.000 €	22.000 €
Subtotal · Departament de Direcció i Gestió Administrativa	7		331.000 €
Personal extern (subcontractat)			
Servei de neteja i manteniment general	2	21.000	42000
Servei de seguretat i control d'accessos (24/7)	3	23.000	69000
TOTAL PLANTILLA (personal propi)	129		4.283.000 €

9.7. Horaris, torns i condicions laborals

9.7.1. Organització dels torns

Pel que fa a l'organització del personal de la planta, es poden distingir dos grans grups de treballadors segons la necessitat de presència continuada dins les instal·lacions.

D'una banda, hi ha els perfils operatius imprescindibles per assegurar el funcionament permanent del procés productiu, com ara els operaris de planta, els tècnics de manteniment, els responsables de control de procés o el personal de seguretat industrial.

De l'altra, existeixen perfils de caràcter administratiu o de suport tècnic que no requereixen presència continuada durant les 24 hores del dia, com poden ser els departaments de gestió, administració, compres, recursos humans, direcció, SSMA, qualitat, logística i R+D+I, així com el departament tècnic no associat a la producció.

Atès que la planta de producció de formol opera de manera contínua, és essencial garantir la disponibilitat permanent del personal crític per mantenir l'estabilitat del procés, la seguretat de les instal·lacions i la resposta immediata davant possibles incidències. Per aquest motiu, el personal operatiu s'organitzarà mitjançant un sistema de torns rotatius que permetrà assegurar cobertura completa durant tots els dies de l'any.

El personal no operatiu per contra, treballarà principalment en jornada partida de dilluns a divendres, amb un horari aproximat de 8:00 a 17:00 hores i una pausa al migdia per dinar, sent més flexible a possibles modificacions en funció de la conveniència i la urgència de la tasca a desenvolupar.

El personal operatiu subjecte a torns s'organitza en cinc grups de treball que roten segons el següent esquema d'horaris:

- **Torn A — Matins (dilluns a divendres):** de 6:00 a 14:00 h
- **Torn B — Tardes (dilluns a divendres):** de 14:00 a 22:00 h
- **Torn C — Nits (dilluns a divendres):** de 22:00 a 6:00 h
- **Torn D — Diürn cap de setmana:** de 6:00 a 18:00 h (dissabte i diumenge)
- **Torn E — Nocturn cap de setmana:** de 18:00 a 6:00 h (dissabte i diumenge)

Els torns de cap de setmana tenen una durada de 12 hores amb els descansos reglamentaris establerts pel conveni col·lectiu del sector de la indústria química.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Matins																															
Tardes																															
Nits																															

Figura 2. Calendari de rotacions setmanals

Taula 3. Llegendes de la Figura 2.

Torn 1	
Torn 2	
Torn 3	
Torn 4	
Torn 5	

Els cinc grups de treball, identificats per colors (blau, taronja, verd, vermell i groc), roten de forma cíclica pels diferents torns, de manera que cada treballador passa per tots els horaris al llarg del cicle. Aquesta rotació garanteix una distribució equitativa de la càrrega de treball nocturn i de cap de setmana entre tots els membres de l'equip, conforme al que s'estableix en el conveni col·lectiu aplicable [1].

El calendari de rotacions es planifica amb prou antelació per part del departament de Recursos Humans, en coordinació amb els caps de torn, per garantir sempre el nombre mínim de persones necessari en cada àrea i permetre la conciliació de la vida personal i laboral del personal. En cas d'absència imprevista d'un treballador, el cap de torn activa el protocol de cobertura establert, que pot implicar la prolongació voluntària del torn sortint o la crida a personal de reforç prèviament identificat.

9.7.2 Personal extern

A més del personal contractat directament per la planta, es disposarà de diferents serveis externs especialitzats que donaran suport al funcionament global de les instal·lacions. Aquest personal subcontractat desenvoluparà funcions complementàries indispensables per garantir el correcte estat operatiu de la planta, així com unes condicions adequades de seguretat, ordre, manteniment i higiene industrial. La subcontractació d'aquests serveis permetrà optimitzar els recursos interns i facilitar que el personal de producció i operació es concentri principalment en les activitats relacionades amb el procés de fabricació del formol.

Entre els serveis externs previstos destacarà el servei de neteja industrial i manteniment d'espais auxiliars. Aquest inclourà la neteja periòdica d'oficines, laboratoris, sales de

control, vestidors, menjadors, passadissos, zones comunes i accessos interiors. Igualment, es contemplaran actuacions específiques de neteja tècnica en equips i àrees de procés durant les aturades programades o operacions de manteniment major, especialment en aquelles zones amb presència de residus químics o vapors de metanol i formaldehid.

També es contractarà un servei extern de seguretat privada i vigilància amb funcionament continu durant les 24 hores del dia. Aquest personal serà responsable del control d'entrades i sortides de treballadors, proveïdors i visitants, de la supervisió dels sistemes de videovigilància i alarmes, així com de la vigilància perimetral de la planta. En situacions d'emergència, el servei actuarà com a primer nivell d'intervenció fins a la coordinació amb els responsables interns i els serveis externs d'emergència.

D'altra banda, la planta requerirà periòdicament la participació d'empreses especialitzades per executar operacions tècniques concretes, com ara inspeccions reglamentàries, revisions d'equips a pressió, calibratge d'instrumentació, manteniment elèctric d'alta i baixa tensió, verificació de sistemes de control i automatització o reparacions mecàniques complexes. Aquestes actuacions es concentraran principalment durant les aturades tècniques anuals o en intervencions correctives específiques.

A causa de la naturalesa química i potencialment perillosa del procés de producció de formaldehid, també serà necessari disposar de serveis externs relacionats amb la gestió ambiental i la seguretat industrial. En aquest sentit, es comptarà amb empreses autoritzades per a la retirada i tractament de residus químics i residus perillosos, així com amb laboratoris externs encarregats de realitzar anàlisis ambientals, controls d'emissions atmosfèriques i monitoratge periòdic de la qualitat de l'aire i de les aigües residuals.

Finalment, es podran subcontractar serveis externs de suport logístic i transport especialitzat per al subministrament de matèries primeres, especialment metanol, i per a l'expedició del formol produït. Aquestes empreses hauran de complir estrictament la normativa ADR relativa al transport de productes químics perillosos. Així mateix, es podran contractar serveis externs de prevenció de riscos laborals, formació específica en seguretat química i assistència tècnica especialitzada en matèria de protecció contra incendis i plans d'emergència industrial, així com serveis tècnics de suport tecnològic, degut a la digitalització de tota la documentació, gestió i processos productius.

9.7.3. Serveis i benestar del personal

Per tal de garantir la productivitat i el benestar dels operaris, la planta disposarà de diversos serveis externs orientats a millorar les condicions laborals i la qualitat de vida del personal.

Entre aquests serveis es troben:

- **Cantina o menjador**, amb disponibilitat d'àpats durant els diferents torns.
- **Sala d'esport o gimnàs**, per fomentar l'activitat física i reduir l'estrès laboral.
- **Zones de descans**, especialment importants en règims de treball a torns, i enfocada a relacions interpersonals i comunicació entre els treballadors.
- **Altres activitats complementàries**, com programes de salut laboral o activitats corporatives.

Aquest conjunt de mesures contribueix a millorar la motivació, reduir la fatiga i augmentar l'eficiència global de la planta.

9.8. Bibliografia

- [1] BOE. (2025, 17 de febrer). Resolució de 6 de febrer de 2025, de la Direcció General de Treball, per la qual es registra i publica el XXI Conveni col·lectiu general de la indústria química. *Butlletí Oficial de l'Estat*, núm. 41, p. 21869–21900. En línia. Última consulta: 10 de juny de 2026. <https://www.boe.es/boe/dias/2025/02/17/pdfs/BOE-A-2025-3083.pdf>.
- [2] INSST. (2026). *Límites de exposición profesional para agentes químicos en España 2026*. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. En línia. Última consulta: 10 de juny de 2026. <https://www.insst.es/limites-de-exposicion-profesional-lep>
- [3] BOE. (2022, 23 de juny). *Real Decreto 487/2022, de 21 de juny, pel qual s'estableixen els requisits sanitaris per a la prevenció i el control de la legionel·losi*. *Butlletí Oficial de l'Estat*, núm. 150. En línia. Última consulta: 10 de juny de 2026. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2022/06/21/487>.
- [4] AENOR. (2017). *UNE-EN 61511-1:2017 Seguretat funcional. Sistemes instrumentats de seguretat per al sector de la indústria de processos*. Asociación Española de Normalización. En línia. Última consulta: 10 de juny de 2026. https://shop.standards.ie/en-ie/standards/une-en-61511-1-2017-12052_saig_une_une_2805389/.
- [5] BOE. (2026, 12 de febrer). Resolució de 12 de febrer de 2026, de la Direcció General de Transport per Carretera i Ferrocarril, per la qual es modifica la de 21 de novembre de 2005, sobre la inspecció i control per riscos inherents al transport de mercaderies perilloses per carretera. *Butlletí Oficial de l'Estat*, núm. 42. En línia. Última consulta: 10 de juny de 2026. https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2026-3979.
- [6] Conca, E., Rubini, C., & Marchi, M. (2013). *Catalizador para la oxidación de metanol a formaldehído* (Patente europea ES2436752T3). Oficina Española de Patentes y Marcas. En línia. Última consulta: 10 de juny de 2026. <https://patents.google.com/patent/ES2436752T3/es>.
- [7] INSST / IPCS. (2022). *Metanol. Fichas Internacionales de Seguridad Química (FISQ)*, núm. 0057. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo / International Programme on Chemical Safety. En línia. Última consulta: 10 de juny de 2026. https://chemicalsafety.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p_card_id=57&p_edit=&p_version=2&p_lang=es.
- [8] INSST. (2026). *Formaldehído. InfoCarQuim – Agentes Químicos*. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. En línia. Última consulta: 10 de juny de 2026. <https://www.insst.es/agentes-quimicos-infocarquim/sustancias/formaldehido>.