

PLANTA DE PRODUCCIÓ DE FORMALDEHID

PROJECTE DE FINAL DE GRAU
Enginyeria Química

Juny 2026

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

TUTOR
Rafa Bosch Palacios

PLANTA DE PRODUCCIÓ DE FORMALDEHID

PROJECTE DE FINAL DE GRAU
Enginyeria Química

CAPÍTOL 8: POSADA EN MARXA



Taula de continguts

8. Posada en marxa	2
8.1 Introducció.....	2
8.2 Accions prèvies.....	2
8.2.1 Revisió documental.....	2
8.2.2 Revisió d'equips i canonades	3
8.2.3 Neteja de línies.....	3
8.2.4 Verificació elèctrica.....	4
8.2.5 Verificació seguretat	4
8.2.6 Formació de personal i seguretat	4
8.3 Posada en marxa des de zero	4
8.3.1 Posada en marxa dels serveis	4
8.3.2 Sala de control	4
8.3.3 Àrea d'emmagatzematge.....	5
8.3.4 Àrea de vaporització	5
8.3.5 Àrea de reacció	6
8.3.6 Àrea d'absorció	6
8.3.7 Àrea de tractament de gasos	7
8.3.8 Àrea d'emmagatzematge final.....	7
8.3.9 Àrees externes	7
8.4 Parades planificades	8
8.4.1 Calendari de parades	8
8.4.2 Preparació	8
8.4.3 Buidatge i esgotament de reactius	8
8.4.4 Parades de serveis i control	8
8.4.5 Execució de manteniment	8
8.5 Parada d'emergència	9
8.6 Bibliografia.....	11

8. Posada en marxa

8.1 Introducció

Una vegada s'ha finalitzat la construcció de la planta i s'han instal·lat tots els equips, és imprescindible dur a terme una planificació per posar en marxa la planta el més ràpid possible, sempre complint amb les especificacions necessàries. Amés, aquest procediment es durà a terme sempre que ocorri una parada general de la planta, en el cas de FormalAir, es produeixen 3 parades a l'any.

La posada en marxa és una etapa fonamental en el funcionament de la planta. Correspon a les operacions necessàries per iniciar l'operació productiva de manera segura, estable i controlada, incloent-hi totes les accions requerides per verificar el correcte funcionament de la planta.

La posada en marxa es pot realitzar en diverses situacions:

- Posada en marxa inicial, realitzada per primera vegada una vegada es finalitza la construcció de la planta de producció.
- Posada en marxa després d'aturades programades, destinades al manteniment del procés o implementació de millores.
- Posada en marxa després d'incidències o parades d'emergència.

Per poder garantir una posada en marxa segura i eficient, la plantilla de la planta ha de disposar d'una formació tècnica adequada i conèixer detalladament els procediments operatius. El personal ha de ser capaç d'actuar correctament davant de possibles desviacions o situacions d'emergència, treballant de manera combinada durant totes les fases de la posada en marxa.

La posada en marxa és una fase crítica del procés, que requereix una planificació detallada, verificacions tècniques i d'una preparació del personal excepcional per poder garantir des d'un inici una producció estable i segura.

8.2 Accions prèvies

Abans de començar amb la posada en marxa, cal realitzar una sèrie d'accions prèvies per poder garantir que la planta funcioni correctament i de forma segura.

8.2.1 Revisió documental

Per poder dur a terme la posada en marxa de la planta, és imprescindible realitzar una fase de revisió documental, amb l'objectiu d'assegurar totes les instal·lacions i equips de la planta han estat dissenyats, instal·lats i verificats correctament, seguint els requisits de seguretat i qualitat.

Dins d'aquesta fase, se segueixen les validacions DQ, IQ, OQ i PQ, estructurant la verificació de disseny i operació de la planta.

- **DQ (Design Qualification):** qualificació de disseny, on es verifica el disseny de la planta, així com els requisits de procés i especificacions tècniques.
- **IQ (Installation Qualification):** fa referència a la qualificació d'instal·lació, comprovant que tots els equips han estat instal·lats correctament segons les especificacions de fabricant.
- **OQ (Operational Qualification):** és la qualificació operativa, on es verifiquen que tots els sistemes i equips funcionen correctament, dins dels rangs operatius establerts.
- **PQ (Performance Qualification):** avalua el comportament i rendiment global de la planta, en condicions estàndard de producció.

La validació dels equips mitjançant els protocols prèviament explicats és essencial per garantir la posada en marxa de la planta, generant una evidència documental alineada amb els estàndard establerts per la indústria química.

8.2.2 Revisió d'equips i canonades

Per la posada en marxa de la planta, l'empresa disposarà de personal i medis de verificació per realitzar les revisions pertinents, així com equips de mesura calibrats.

En les revisions es comprovarà el correcte funcionament dels elements mecànics i proteccions dels equips. També es comprovarà les dimensions, mesures i materials dels equips. Per tant, ha d'existir una concordança entre els elements revisats i els certificats dels equips.

Les principals proves realitzades per tal de revisar els equips i canonades són les proves de pressió i les proves hidràuliques, proves essencials per poder garantir la seguretat i el correcte funcionament dels equips, així com l'estanquitat i la resistència mecànica d'aquests.

8.2.3 Neteja de línies

La neteja de línies té l'objectiu d'assegurar que no quedin residus evitant la polimerització del formaldehid, òxids o contaminants de la construcció, que perjudiquin la qualitat del producte o del procés. La neteja és important per evitar interferències en els processos i preservar la integritat dels equips i components de la planta. Serà de gran importància la revisió de línies tant de procés com de serveis auxiliars, verificant en tot moment si el manteniment i la neteja de possibles incrustacions a les canonades i equips han sigut eliminades correctament.

8.2.4 Verificació elèctrica

Abans de la posada en marxa, és important verificar la xarxa elèctrica, i que aquestes compleixin amb els estàndards de seguretat, prevenint accidents en el futur.

Les principals feines de verificació elèctrica són l'avaluació dels taulells elèctrics i connexions, revisió del sistema de posada a terra, inspecció d'il·luminació o la validació d'automatismes entre d'altres.

8.2.5 Verificació seguretat

Prèviament a la posada en marxa, és necessari realitzar una inspecció i revisió dels sistemes de seguretat de la planta, així com un simulacre d'emergència per poder determinar si el sistema de seguretat és òptim per la protecció del personal.

En la inspecció es verificaran el correcte funcionament dels senyals sonors i lluminosos d'emergència, del sistema d'actuació contra incendis i de la parada automàtica dels equips.

8.2.6 Formació de personal i seguretat

Per a protegir als operaris de producció i personal es realitzaran formacions prèvies, per poder rebre la formació adequada en aspectes com la seguretat, primers auxilis, prevenció contra incendis i explosions.

Les formacions es realitzaran tant de forma teòrica com practica, i sempre que es consideri oportú, el departament de qualitat implementarà noves formacions, per a dotar al personal els màxims coneixements en aspectes de seguretat.

8.3 Posada en marxa des de cero

Una vegada s'han realitzat totes les verificacions pertinents i obtingut tota la documentació necessària, es procedeix a la primera posada en marxa de la planta.

8.3.1 Posada en marxa dels serveis

8.3.2 Sala de control

Una vegada els serveis auxiliars de la planta s'han iniciat i funcionen correctament, es posa en marxa la posada en marxa de la sala de control.

La importància de la posada en marxa de la sala de control recau en el fet de poder controlar el procés de producció des de l'inici. D'aquesta manera, si en la posada en marxa de qualsevol equip sorgeix

alguna incidència, des de la sala de control es podrà monitorar, i si és necessari, aturar la posada en marxa per revisar els equips pertinents.

8.3.3 Àrea d'emmagatzematge

L'àrea d'emmagatzematge està destinada a l'emmagatzematge de metanol en condicions de seguretat controlades, garantint el subministrament continu de reactius al procés.

Abans d'iniciar la posada en marxa, cal revisar que tots els tancs compleixin amb les condicions de seguretat i amb les especificacions establertes prèviament.

També cal verificar si els tancs aguanten correctament una sobrepressió moderada, d'aquesta manera descartant possibles fuites a l'equip.

Per la posada en marxa, els tancs de metanol s'ompliran mitjançant la connexió entre els camions cisterna i els mateixos tancs. Des de l'inici de l'operació, els sistemes de control que es troben en els tancs s'activen per garantir unes condicions de seguretat òptimes.

Una vegada els tancs han estat omplerts, es desconnecta de manera segura la connexió entre els camions cisterna i els tancs, verificant la inexistència de fuites o problemes que poden haver aparegut durant l'ompliment.

Alhora que s'omplen els tancs de metanol, s'acciona la turbina que succiona l'aire de l'atmosfera, seguint els protocols de seguretat establerts per tal de garantir un procés segur.

Posteriorment, s'obren les vàlvules de sortida per permetre l'alimentació de reactius cap al procés.

8.3.4 Àrea de vaporització

En l'àrea de vaporització, el metanol i l'aire que surten de la zona d'emmagatzematge s'escalfen per tal d'obtenir unes condicions de reaccions òptimes per la formació de formaldehid.

Una vegada realitzades les verificacions mecàniques i de neteja, s'inicia el subministrament de fluid tèrmic als bescanviadors de calor, incrementant la temperatura de forma progressiva, controlant en tot moment la pressió i temperatura dels equips, cal comentar que aquests bescanviadors de calor (BC-201 i BC-202) funcionen amb energia produïda al reactor (calor residual dels gasos de sortida del reactor per evaporar el metanol i vapor generat al sistema de refrigeració del reactor per escalfar la mescla reactiva) per tant, durant la posada en marxa, caldrà subministrar aquesta calor d'una altre manera, en el cas de Formalair, s'ha obtat per utilitzar calderes, d'oli tèrmic en el primer cas i de vapor en el segon, les especificacions d'aquestes es troben a l'apartat d'equips.

Quan els bescanviadors arriben a la temperatura desitjada, s'inicia l'alimentació de metanol i d'aire en els bescanviadors, verificant l'estabilitat de l'operació per tal de complir amb la normativa de seguretat.

Una vegada s'assoleix l'estabilitat, s'activen les vàlvules de sortida per tal de continuar amb la producció en continu, donant per finalitzada la posada en marxa de la zona de vaporització.

8.3.5 Àrea de reacció

Una vegada passada l'àrea de vaporització, els reactius arriben a la zona de reacció, on prèviament s'han realitzat els controls i proves necessàries per garantir la seguretat del procés.

Prèviament a l'inici de l'operació, és necessari verificar que la càrrega de catalitzador és l'òptima per l'operació, i confirmar una distribució uniforme d'aquest a l'interior del reactor.

Inicialment, és necessari escalfar el reactor de manera gradual, per arribar el més ràpid possible a la temperatura mínima d'activació del catalitzador, controlant la temperatura de l'equip, això s'aconseguirà mitjançant calderes auxiliars situades a la zona 700 (serveis auxiliars), les especificacions d'aquesta caldera es troba a l'apartat d'equips (Capítol 2). Una vegada el reactor arriba a la temperatura necessària, s'introdueixen els reactius, incrementant la temperatura lentament, evitant salts tèrmics elevats.

Iniciada la reacció, es important ajustar les condicions fins arribar a un regim estable, i verificant el correcte funcionament de l'equip.

8.3.6 Àrea d'absorció

L'àrea d'absorció compta amb un absorbidor que utilitza aigua desmineralitzada per a absorbir el formaldehid de la mescla de gasos que surten del reactor.

Per tal de garantir una posada en marxa òptima, prèviament a l'inici de l'operació, és necessari garantir una correcta circulació de l'aigua destinada a l'absorció, així com una distribució uniforme de l'empacat de la torre d'absorció.

Un cop s'han garantit les condicions d'absorció, s'obre la vàlvula d'entrada del gas, per la part inferior de la torre. Una vegada es comença a donar l'absorció, és important controlar la concentració de formaldehid en la solució líquida, per tal d'arribar a les condicions establertes prèviament.

També és important controlar la sortida de gasos per la part superior, ja que la mescla de gasos ha de complir amb els límits establerts en matèria mediambiental.

Una vegada la concentració de formaldehid a la sortida de l'absorbidor és la desitjada, s'obre la vàlvula de sortida, per a continuar amb el procés en continu.

8.3.7 Àrea de tractament de gasos

L'objectiu de la posada en marxa garantir-se el correcte funcionament de l'oxidador tèrmic, amb la finalitat de què els gasos expulsats per la part superior de la torre d'absorció siguin el menys contaminant possible.

Per posar en marxa aquesta secció, és necessari que l'oxidador arribi a una temperatura òptima d'operació, emprant gas natural per escalfar-se.

És determinant tenir un control de temperatura òptim per a garantir els estàndard de seguretat establerts.

8.3.8 Àrea d'emmagatzematge final

La posada en marxa de l'àrea d'emmagatzematge final es realitza una vegada les etapes del procés han estat estabilitzades, i ja és viable començar a emmagatzemar el producte final.

Inicialment, es comprova l'estat dels tancs, així com els sistemes de bombeig i sistemes de control de temperatura, nivell i cabal, i revisant que les lectures de nivell són les correctes.

El formaldehid procedent de l'absorbidor s'introdueix gradualment en els tancs, controlant en tot moment el cabal d'entrada i el nivell d'aquest.

Quan el sistema assoleix un correcte funcionament, l'àrea queda preparada per operar de forma contínua, cosa que permet l'acumulació i distribució de producte final.

8.3.9 Àrees externes

Les àrees externes són el conjunt d'instal·lacions complementàries necessàries per al funcionament de la planta, tot i que no intervenen directament en la producció de formaldehid. La posada en marxa d'aquesta àrea és fonamental per garantir la coordinació i gestió del projecte.

En primer lloc, es posen en servei les oficines, verificant els sistemes informàtics i xarxes de comunicació. Paral·lelament, es realitza la posada en marxa dels laboratoris, verificant els equips analítics i instruments de laboratori necessaris.

Una vegada l'àrea externa es troba en marxa, es pot donar per conclusa la posada en marxa de la planta, realitzant una producció continua.

8.4 Parades planificades

Planificar les parades és un procediment imprescindible per garantir la seguretat, eficiència i fiabilitat de la planta. La realització de parades planificades permet realitzar un manteniment preventiu de tots els equips involucrats en el procés, així com una neteja o possibles reparacions que s'han de realitzar amb el procés aturat.

8.4.1 Calendari de parades

La planta treballa 330 dies a l'any, deixant trenta-cinc dies per poder realitzar les parades planificades. Durant tot l'any, es realitzen 3 parades de deu dies, distribuïdes entre abril, agost i desembre.

8.4.2 Preparació

Dues setmanes abans de la realització de la parada per manteniment, s'avisava a tot el personal que treballa a la planta, així com proveïdors de matèries primeres, clients i empreses externes relacionades amb l'operativa de la planta.

Si cal, es reprogramen o cancel·len entregues de producte i recepcions de matèries primeres, i es comencen les tasques prèvies a la parada programada, com l'organització dels equips necessaris.

8.4.3 Buidatge i esgotament de reactius

Per realitzar la parada, el dia abans del manteniment es realitza un buidatge complet de la planta, amb l'objectiu de què el manteniment es faci amb tots els equips parats i boids.

Per buidar la planta, es tanca progressivament el subministrament de matèries primeres, fins que els tancs d'emmagatzematge inicials no subministrin més producte. A mesura que al llarg del procés es vagi buidant, s'aniran tancant les vàlvules de sortida dels equips, seguint l'ordre del procés.

8.4.4 Parades de serveis i control

Una vegada s'ha verificat que tots els equips de la planta s'han buidat, i no queden productes dintre d'aquest, es verifica mitjançant la instrumentació de control, que les variables operatives es troben estabilitzades en els valors establerts per les condicions de parada. Segons el tipus de manteniment que es realitza, alguns sistemes de control poden desconnectar-se.

8.4.5 Execució de manteniment

El manteniment del procés dura un aproximat de deu dies de treball, i es realitzen revisions intensives de tots els equips que es troben al procés, incloent-hi activitats com la inspecció visual, revisió dels elements interns, neteja dels equips de processos, calibratge dels diferents equips de control o la comprovació del correcte funcionament de les vàlvules.

En el cas que es trobi algun defecte en qualsevol dels equips, l'equip de manteniment repararà aquest, i fins i tot, a la substitució completa del component en mal estat, per tal de garantir unes condicions de seguretat òptimes.

8.5 Parada d'emergència

Les parades d'emergència s'activen automàticament quan una situació pot comprometre la seguretat de les persones o la integritat del procés el medi ambient.

Situacions que poden activar una parada d'emergència són les següents:

- Variació excessiva de la temperatura del reactor o de qualsevol dels equips.
- Sobrepressió en qualsevol dels equips involucrats en la planta.
- Fuga de qualsevol dels components al llarg del procés productiu.
- Potencial perill d'incendi o explosió.
- Falla en el subministrament elèctric.
- Falla en els sistemes de control.

Una vegada salta l'alarma d'emergència de la planta, s'activa el protocol d'evacuació:

- Activació immediata de l'alarma i de les senyalitzacions lluminoses/sonores.
- Desplaçament per les rutes segures, prèviament marcades i senyalitzades.
- Punt de reunió extern, amb control d'assistència del personal.

Alhora que salta l'alarma d'emergència, automàticament s'activa la detenció controlada dels equips, on es tanquen les vàlvules, es detenen les bombes i compressors i els equips es deixen despressuritzats a l'atmosfera mitjançant vàlvules de seguretat.

Un cop l'emergència ha sigut controlada, els tècnics responsables inspeccionaran els equips afectats i es determinaran les causes de la parada.

Per tal de millorar la planta, des del departament de qualitat es registrarà l'emergència al sistema de qualitat, es realitzarà un informe tècnic i s'implementaran les accions de millora per evitar que l'incident es repeteixi.

Amb l'emergència extingida, i una vegada comprovat que és segur tornar a operar, es realitzarà el protocol de posada en marxa, per a tornar a la normalitat amb la productivitat.

8.6 Bibliografia

DENIS TOLEDO. (2025, 25 de octubre). *Validación de Equipos mediante Protocolos DQ, IQ, OQ, PQ en un Sistema Integrado de Gestión*. Denis Toledo. <https://denistoledo.com/2025/10/25/validacion-de-equipos-mediante-protocolos-dq-iq-oq-pq-en-un-sistema-integrado-de-gestion/>

Haladjian Industrial Solutions. (s. f.-a.). *Paradas de producción industrial*. Haladjian Industrial Solutions. <https://www.haladjian-industrial.es/paradas-de-produccion-industrial>

Haladjian Industrial Solutions. (s. f.-b.). *Paradas industriales: Qué son y cómo gestionarlas*. Haladjian Industrial Solutions. <https://www.haladjian-industrial.es/paradas-industriales-que-son-como-gestionarlas>

KAIZEN™ Institute. (s. f.). *Arranque de planta industrial: Secretos para el éxito | KAIZEN™*. Kaizen Institute. <https://kaizen.com/es/insights-es/arranque-planta-industrial/>

☞ **Ministerio de Educación, Formación Profesional y Deportes.** (s. f.). *1.6.- Pruebas, ensayos y puesta en funcionamiento de elementos técnicos, equipos e instrumentos*. Consejería de Educación - CAIB. https://sarreplec.caib.es/pluginfile.php/23461/mod_resource/content/1/16pruebas_ensayos_y_puesta_en_funcionamiento_de_elementos_tcnicos_equipos_e_instrumentos.html

Prevención de Riesgos Laborales. (s. f.). *Emergencia ante accidentes laborales con agentes químicos*. PR Laborales. <https://prlaborales.net/emergencia-accidentes-agentes-quimicos/>

TECNIUSA. (s. f.). *Checklist para inspección de seguridad eléctrica en una planta industrial*. Tecniusa. <https://tecniusa.com/checklist-para-inspeccion-de-seguridad-electrica-en-una-planta-industrial/>

Tratamos el Agua. (s. f.). *Todo lo que necesitas saber sobre las pruebas de presión en instalaciones de agua*. Tratamos el Agua. <https://tratamoselagua.es/todo-lo-que-necesitas-saber-sobre-las-pruebas-de-presion-en-instalaciones-de-agua/>