

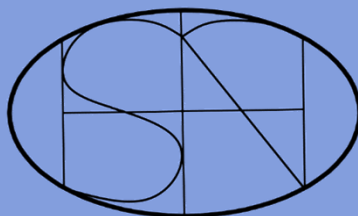
PLANTA DE PRODUCCIÓ DE RESINA EPOXY

TREBALL DE FI DE GRAU
GRAU EN ENGINYERIA QUÍMICA



Noelia Cabana González
Sara Justo Salvador
Cristina López García
Helena Prats Fabregat
Daniel Rebolledo Hermosilla
Joan Sambró Olivella

Tutor: Josep Anton Torà



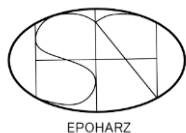
PLANTA DE PRODUCCIÓ DE RESINA EPOXY

CAPÍTOL 8: POSADA EN MARXA DE LA PLANTA



Noelia Cabana González
Sara Justo Salvador
Cristina López García
Helena Prats Fabregat
Daniel Rebolledo Herмосilla
Joan Sambró Olivella

Tutor: Josep Anton Torà



EPOHARZ

ÍNDEX

8. Posada en marxa de la planta	2
8.1 Introducció.....	2
8.2 Accions prèvies	3
8.2.1 Documentació prèvia a la posada en marxa.....	3
8.2.1.1 Certificats de materials.....	3
8.2.1.2 Documents DQ, IQ, OQ i PQ.....	3
8.2.1.3 Manuals d'equips, accessoris i instrumentació	4
8.2.2 Tasques prèvies a la posada en marxa	4
8.2.3 Serveis.....	5
8.2.4 Equips	6
8.2.4.1 Proves hidràuliques i de pressió	6
8.2.4.2 Posada a punt de bombes i compressors	6
8.2.5 Seguretat	7
8.3 Posada en marxa des de zero	7
8.3.1 Posada en marxa dels serveis.....	7
8.3.2 Posada en marxa de laboratoris i sales de control	9
8.3.3 Posada en marxa de la bassa contra incendis i del tractament de residus.....	9
8.3.4 Posada en marxa dels tancs d'emmagatzematge, tancs agitats i tancs pulmó ...	10
8.3.5 Posada en marxa dels reactors	10
8.3.6 Posada en marxa dels evaporadors i bescanviadors.....	11
8.3.7 Posada en marxa de la columna de rectificació	11
8.3.8 Posada en marxa de la osmosi inversa i l'atomitzador	12
8.4 Parada tècnica de la planta.....	12
8.5 Parada d'emergència de la planta	13
8.6 Bibliografia.....	14

8. Posada en marxa de la planta

8.1 Introducció

La finalitat d'aquest capítol consisteix en determinar la manera de fer la posada en marxa de la planta de EPOHARZ.

La posada en marxa consisteix en arrancar la planta de manera segura, fiable fins arribar a una situació estable de procés. Durant l'arrancada s'ha de verificar i assegurar el bon funcionament de tots els equips i elements de procés, assegurant que tots treballen segons els procediments establerts.

Per tal d'estandarditzar la posada en marxa de la planta i garantir una única manera de portar-la a terme, encara que es faci amb diferents treballadors, es redacta un protocol de posada en marxa que tindrà en compte els diferents aspectes per tal d'assegurar que es fa de manera segura. En aquest protocol també es té en compte l'ordre en que es porta a terme la posada en marxa, iniciant el protocol amb la posada en marxa dels serveis, sales de control, tractaments de residus i finalitzant amb la posada en marxa dels equips de procés.

Es tindran en compte diferents situacions per portar a terme la posada en marxa de la planta:

- Posada en marxa des de zero.
- Posada en marxa després d'una aturada tècnica.
- Posada en marxa després d'una aturada d'emergència.

Les dues primeres situacions son més similars ja que son situacions planificades, en canvi, en la tercera situació s'haurà de tindre en compte el motiu pel qual s'ha aturat la planta.

8.2 Accions prèvies

Abans de la posada en marxa de la planta s'han de realitzar una sèrie d'accions per tal de garantir que la planta es troba preparada per iniciar el procés amb seguretat i evitar així possibles complicacions.

8.2.1 Documentació prèvia a la posada en marxa

Una vegada s'han comprat els equips destinats a la planta EPOHARZ es verifica que tots compleixin amb els tests de fàbrica realitzats pel proveïdor. Per altra banda, es verifiquen les fitxes tècniques dels equips, on es detallen les condicions d'operació que el fabricant garanteix, així com la llista d'elements i recanvis i el plànol de l'equip.

8.2.1.1 Certificats de materials

Inicialment es verifiquen els certificats de materials, documents en els quals el fabricant garanteix que els equips comprats estan construïts amb el material sol·licitat i amb les especificacions acordades i es certifica que la seva composició és la correcta.

Aquesta verificació es essencial, ja que si hi hagués algun material incompatible amb algun producte o material de procés donaria lloc a un problema de seguretat de la planta o de qualitat del producte final. A la planta EPOHARZ la majoria dels equips estan construïts en acer inoxidable 316L i s'ha de comprovar que la composició de tots els equips és la correcta.

8.2.1.2 Documents DQ, IQ, OQ i PQ

Pels equips de producció i serveis, s'hauran de portar a terme una sèrie de protocols addicionals degut a la seva complexitat d'operació, per tal d'assegurar que operaran de manera correcta i segura.

Els protocols a seguir son els següents:

- Qualificació de disseny (DQ)

És un protocol de verificació que assegura que el disseny de l'equip es conforme als requisits i normes legals en el moment de fabricació, a més de complir amb els requisits operatius del client.

- Qualificació de la instal·lació (IQ)
És el document de qualificació de la instal·lació on es certifica que la instal·lació o modificació s'ha portat a terme correctament i que tots els elements i sistemes de la instal·lació compleixen amb els requisits i normes de seguretats establertes.
- Qualificació d'operació (OQ)
És el document de qualificació d'operació on es recullen les proves que es porten a terme una vegada s'ha finalitzat la instal·lació, per tal de garantir que la instal·lació podrà treballar dins dels límits i les toleràncies establertes. Les proves a realitzar son específiques per cada equip, en funció de les seves característiques.
- Qualificació del funcionament (PQ)
Un cop finalitzada la OQ i després de la posada en marxa del sistema es demostra l'efectivitat i la reproductibilitat del procés, tant en condicions normals d'operació com en situacions límits d'operació, per tal de demostrar el correcte i constant funcionament.

8.2.1.3 Manuals d'equips, accessoris i instrumentació

Per altra banda, a més de tota la documentació esmentada anteriorment, s'han d'arxivar i estar disponible per a consulta tots els manuals i fitxes tècniques de tots els equips i dels accessoris i instrumentació.

En aquests documents es detalla com realitzar els manteniments dels equips, parades i arrencades, o els tipus de recanvis que calen adquirir per als manteniments correctius o preventius.

8.2.2 Tasques prèvies a la posada en marxa

Per a la posada en marxa inicial o després d'una aturada planificada, s'han de realitzar una sèrie de tasques prèvies per tal de garantir que la posada en marxa es farà de la manera més segura, ràpida i eficient possible. Les tasques prèvies a realitzar son les següents:

1. Organització i comprovacions:

- Organització de tot el personal i dels torns de planta dels diferents departaments.
- Comprovació de la disponibilitat dels diferents proveïdors.
- Comprovació de l'estoc de matèries primeres.
- Comprovació dels recanvis per manteniments i reparacions.
- Comprovació dels protocols i procediments de treball (PNT) que s'han de portar a terme.

2. Inspeccions:

- Inspeccions visuals dels equips i tancs per comprovar el seu estat.
- Comprovació del correcte funcionament del sistema de control i dels diferents elements de control.
- Comprovació del sistema contra incendis i de l'estat general de la planta.

3. Proves:

- Proves d'integritat als equips i canonades.
- Proves de funcionament i rotació dels motors.

4. Manteniments:

- Calibratge de la instrumentació.
- Neteja dels equips.
- Substitució i revisió de les peces, equips, canonades i accessoris.

8.2.3 Serveis

Els serveis a planta son una part fonamental de qualsevol planta química, ja que asseguren l'estabilitat del procés i asseguren que les condicions de procés i seguretat seran les definides inicialment. Per tant, s'ha d'assegurar el bon funcionament dels diferents serveis a planta abans d'iniciar el procés de producció.

- Assegurar la disposició d'energia elèctrica, tèrmica i lumínica.
- Realitzar test de continuïtat al subministrament.
- Aïllar i purgar les diferents línies de serveis.
- Comprovar el correcte funcionament d'avisos i alarmes en cas necessari.

8.2.4 Equips

En aquest apartat es detallen les diferents proves a realitzar en cada equip abans de la posada en marxa de la planta.

8.2.4.1 Proves hidràuliques i de pressió

Es redacten protocols per la realització de les proves hidràuliques i de pressió als equips i canonades de planta, per tal de garantir que poden treballar a les condicions d'operació i que no es produiran fuites durant el procés.

Les proves de pressió es realitzen introduint nitrogen a les diferents instal·lacions per tal de comprovar que aquests podran suportar les pressions d'operació i que l'estanqueïtat d'aquests és la correcta.

La prova hidràulica es realitza únicament en la posada en marxa des de zero. S'introdueix per tot el sistema aigua amb un traçador que permetrà detectar possibles fuites o problemes d'integritat dels equips i canonades. Al finalitzar la prova s'haurà de buidar l'aigua i realitzar una neteja de les instal·lacions per eliminar el traçador.

8.2.4.2 Posada a punt de bombes i compressors

Per la posada en marxa de les bombes centrífugues s'ha de garantir que la instal·lació està plena de líquid, ja que no poden treballar en sec i en cas de fer-ho es podrien espatllar. Per això, s'instal·len detectors de líquid a la entrada de les bombes, que les aturaran en cas de no detectar el pas de fluid. En la posada en marxa, es deixarà omplir el circuit sense arrencar les bombes, i una vegada les bombes estiguin inundades es procedirà a la seva posada en marxa.

En el cas dels compressors primerament s'han de purgar i es posaran en marxa un temps determinat per tal d'eliminar qualsevol resta que tingui a través de la purga. Una vegada finalitzat es tanca la purga i s'omple el dipòsit d'aire per tal de garantir una pressió màxima de servei.

8.2.5 Seguretat

Per tal de portar a terme la posada en marxa també es verifiquen les aparells de seguretat i protecció del personal i la planta. S'han de tindre en compte els següents aspectes:

- Revisió de l'estat i disponibilitat dels EPI's del personal.
- Revisió dels permisos de treball.
- Certificat dels equips a pressió, vàlvules de seguretat, discos de ruptura, etc.
- Infermeria i primers auxilis dotats amb el material necessari.
- Comprovació del bon funcionament de les alarmes, dutxes d'emergències i neteja ulls.
- Documentació, revisions mèdiques, cursos de formació i carnets necessaris de tots el treballadors de planta.
- Formalització dels equips de primera i segona intervenció, així com el pla d'emergències.

8.3 Posada en marxa des de zero

La posada en marxa des de zero es refereix a la que es realitza per la primera producció de la planta EPOHARZ. Es defineix un protocol on s'enumeren els diferents punts a realitzar, així com l'ordre a seguir per tal de que la posada en marxa es faci de manera segura i efectiva.

Aquest protocol servirà també per les posteriors posades en marxa de la planta després d'una aturada planificada.

8.3.1 Posada en marxa dels serveis

L'àrea de serveis serà la primera en iniciar el seu funcionament, ja que d'aquesta àrea depèn el correcte funcionament de la resta d'àrees de la planta. Per ordre de prioritat, s'enumeren a continuació les diferents tasques a realitzar:

1. Electricitat i gas natural
 - Posada en marxa dels transformadors elèctrics i dels grups electrògens amb la xarxa de gas.
 - Activar el subministrament elèctric a les diferents zones de l'empresa que ho requereixin.

- Obrir la clau de pas del gas natural i verificar el bon funcionament d'aquests serveis a tota la planta.
2. Aire comprimit
 - Posada en marxa del compressor d'aire comprimit.
 - Comprovació de que el servei funciona correctament en els elements neumàtics de la xarxa d'aire.
 3. Aigua de xarxa
 - Obrir la clau de pas d'aigua potable.
 - Comprovar que l'aigua arriba correctament a tots els punts de demanda.
 4. Aigua contra incendis
 - Connectar l'estació de bombeig d'aigua contra incendis, on s'haurà de verificar el control de pressió de la xarxa.
 - Comprovar que els hidrants, boques d'incendi i altres punts de demanda disposen de la pressió necessària.
 5. Calderes
 - Una vegada es posa en marxa la descalcificadora s'alimenta la caldera per tal d'evitar calcificacions a l'interior. També s'ha d'obrir la clau de pas d'oli tèrmic per la caldera d'oli.
 - Connectar les calderes a la xarxa de gas natural.
 - Posada en marxa de les calderes i verificació de les pressions i temperatures desitjades.
 6. Aigua desionitzada
 - Connectar l'aigua de xarxa al sistema d'osmosi inversa i làmpades UV.
 - Omplir el sistema d'aigua desionitzada i realitzar cloració inicial.
 - Posada en marxa del sistema d'osmosi inversa i verificació dels paràmetres de qualitat de l'aigua desionitzada generada.
 7. Chiller
 - Omplir el sistema de chiller amb mescla etilenglicol-aigua al 50% per tal d'assolir les temperatures de treball desitjades fins a -15°C.
 - Connectar el sistema a la xarxa elèctrica.
 - Posada en marxa del chiller i activació dels sistemes d'expansió i compressió. Caldrà realitzar una purga del circuit.

8. Torres de refrigeració

- Omplir el circuit d'aigua.
- Connectar a la xarxa elèctrica els elements necessaris.
- Posada en marxa de les torres i els ventiladors.

9. Nitrogen

- Omplir el tanc de nitrogen líquid per part del proveïdor.
- Posada en marxa del sistema de expansió de nitrogen.
- Verificació de la pressió i el cabal de servei als diferents punts de demanda.

8.3.2 Posada en marxa de laboratoris i sales de control

Primerament s'ha de verificar que les zones disposen d'energia elèctrica i aigua. A continuació s'ha de verificar que disposen de la resta de serveis necessaris a cada zona i posar en marxa les climatitzacions.

Es realitzaran les verificacions i calibratges dels diferents equips dels laboratoris i es verificarà el correcte funcionament d'aquests. Finalment s'hauran de verificar que els laboratoris compleixen amb totes les normes de seguretat establertes.

A les sales de control, es verificarà el correcte funcionament de tots els servidors i estacions de control. S'hauran de verificar totes les alarmes del sistema i fer simulacions per verificar les senyals de camp.

8.3.3 Posada en marxa de la bassa contra incendis i del tractament de residus

L'àrea contra incendis és la següent en realitzar la posada en marxa, ja que el sistema contra incendis ha d'estar totalment habilitat abans de la posada en marxa dels següents punts, ja que en cas d'originar-se una emergència per foc aquest sistema es l'encarregat de fer front a l'emergència.

A continuació es realitza la posada en marxa de l'àrea de tractaments de residus, ja que aquesta àrea ha de estar habilitada abans de començar procés, i així poder tractar qualsevol corrent de residu generat.

8.3.4 Posada en marxa dels tancs d'emmagatzematge, tancs agitats i tancs pulmó

Un cop s'han finalitzat les posades en marxa de les zones esmentades anteriorment es pot començar a fer la posada en marxa de les àrees de procés. Per fer-ho, es comença per els tancs d'emmagatzematge (àrea 1600).

La posada en marxa dels tancs d'emmagatzematge consisteix principalment en omplir els tancs fins al nivell desitjat, per tal de poder subministrar les matèries necessàries durant el procés. Una vegada omplerts, es verifica que els detectors de nivell dels tancs funcionen correctament. A continuació, es verifiquen el funcionament de les vàlvules i bombes dels tancs per tal d'evitar incidències posteriors.

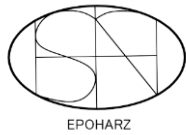
Els tancs agitats, els tancs pulmó i els tancs d'emmagatzematge del producte acabat i dissolvents recuperats (àrea 1400) no s'ompliran inicialment ja que han de recollir fluid de procés. Per la seva posada en marxa primer s'activaran els llaços de control de nivell i pressió i es verificarà que funcionen correctament. Per últim, es verificarà el correcte funcionament de les vàlvules i bombes associades als tancs. Si el resultat es correcte, quedaran a la espera de rebre el fluid de procés associat a cada tanc.

Aquest procediment s'ha de repetir cada vegada que hi hagi una parada.

8.3.5 Posada en marxa dels reactors

Per la posada en marxa dels reactors caldrà primerament activar els llaços de control de nivell, temperatura i pressió. A continuació, es verifica que la camisa del reactor treballarà correctament per poder controlar la temperatura de reacció de manera adequada. Per fer-ho es fa circular aigua de refrigeració a través de la camisa i es verifica que el cabal a l'entrada i la sortida és el correcte. També es verifica el correcte funcionament de totes les vàlvules i elements dels equips.

A continuació, es procedeix a realitzar els cicles inertització per eliminar l'oxigen i es continua omplint el reactor amb els reactius adients, es porta la massa de reacció a la temperatura necessària i es porta a terme la reacció durant el temps necessari. Després es pren una mostra per determinar el grau de conversió assolit i si es correcte es continuarà amb la resta del procés.



EPOHARZ

8.3.6 Posada en marxa dels evaporadors i bescanviadors

En paral·lel a l'arrancada del primer reactor es posaran en marxa els bescanviadors per tal de poder escalfar la Epiclorhidrina que entra al primer reactor, així com la resta de bescanviadors. Per la posada en marxa dels bescanviadors, primer s'activaran els llaços de control de temperatura i es verificarà el correcte funcionament dels llaços. A continuació, es farà circular el fluid necessari pel bescanvi de calor (vapor, aigua o chiller) i es verificarà que la pressió i temperatura es la correcta per assolir les temperatures desitjades.

Pel que fa als evaporadors també s'inicia la posada en marxa activant els llaços de control de cabal, temperatura i pressió i verificant el seu correcte funcionament. A continuació, es fa la posada en marxa del grup de buit associat a cada evaporador i es verifica que l'evaporador assoleix el buit necessari en cada cas i que no hi ha fuites que produeixin alguna entrada d'aire. També es verifica que el circuit d'oli treballa correctament i que els cabals d'entrada i sortida d'oli son correctes. Per últim, es verifica el correcte funcionament de la vàlvula reguladora que alimenta l'evaporador i de la resta de vàlvules. Amb resultat satisfactori es deixa l'evaporador en repòs fins que arribi la solució a evaporar.

8.3.7 Posada en marxa de la columna de rectificació

La posada en marxa de la columna de rectificació s'inicia activant els llaços de control de cabal, temperatura i pressió, tant de la columna com del reboiler i els condensadors associats. També s'ha de verificar el correcte funcionament de totes les vàlvules i reguladores del sistema. A continuació, es fa circular vapor a través de la columna i el reboiler i es verifica que el cabal a la entrada i la sortida es correcte. En el cas dels condensadors, es fa circular aigua de refrigeració i es verifica també que el cabal a la entrada i la sortida son correctes.

Amb resultat satisfactori i una vegada el tanc pulmó previ està omplert, es procedeix a obrir la vàlvula d'alimentació de la columna i es fixen els set-points de control necessaris. Una vegada s'assoleix la temperatura de destil·lació, es gradua el cabal de reflux necessari per assolir la separació desitjada i la columna passa a treballar en estat estacionari.

8.3.8 Posada en marxa de la osmosi inversa i l'atomitzador

La osmosi inversa i l'atomitzador per separar el NaCl de l'aigua es un circuit tancat que treballa conjuntament, per tant la seva posada en marxa també es fa conjuntament. Primerament s'activen els llaços de control de cabal, temperatura i pressió dels dos equips i es verifica que treballen correctament.

A continuació, es verifica el funcionament de totes les vàlvules dels equips i de la resistència elèctrica de l'atomitzador. Amb resultat satisfactori i amb el tanc pulmó previ omplert de solució aigua-NaCl es procedeix a la posada en marxa dels equips. Primerament es regula el cabal d'entrada necessari a tractar en la osmosi inversa i es posa en marxa el ventilador i la resistència elèctrica de l'atomitzador. El cabal de concentrat anirà a la entrada de l'atomitzador on es separarà l'aigua del NaCl i s'assolirà estat estacionari.

8.4 Parada tècnica de la planta

La planta de EPOHARZ treballa 300 dies a l'any per tal d'assolir la producció establerta de 12000Tn de resina epoxy líquida anual. Per tant, es produiran tres aturades planificades de producció, per tal de portar a terme manteniments preventius i correctius als equips, així com modificar o ampliar instal·lacions. Les aturades planificades son les següents:

- Aturada planificada d'estiu (31 dies a l'agost)
- Aturada planificada de nadal (21 dies al desembre-gener)
- Aturada planificada de setmana santa (8 dies en setmana santa)

Abans de realitzar aquestes aturades planificades serà necessari coordinar les tasques i intervencions a realitzar durant les aturades, així com establir un pla de manteniment anual, per tal d'optimitzar el temps d'aturada de la planta i realitzar els plans de manteniments preventius i correctius dels equips i instal·lacions. També s'haurà d'identificar i registrar tots els equips als quals s'ha intervingut per tal de procedir amb les verificacions i neteges adients en la posada en marxa posterior.

Al tractar-se d'una planta que treballa per lots, sempre serà possible deixar totes les instal·lacions buides durant les aturades, excepte els tancs d'emmagatzematge, per tal d'evitar riscos durant els manteniments.

Per tant, amb totes les instal·lacions buides excepte el parc de tancs, la posada en marxa després d'una aturada tècnica planificada serà pràcticament igual que la posada en marxa inicial, excepte aquests tancs. S'haurà de seguir estrictament el protocol de posada en marxa inicial, per tal de garantir que es fa de manera segura i repetitiva.

8.5 Parada d'emergència de la planta

A part de les aturades planificades, es pot donar la necessitat d'una aturada d'emergència de la planta, involuntària i no planificada. Aquest tipus d'aturada d'emergència normalment estarà provocada per una situació extraordinària com un accident, incendi, explosió o la detecció d'alguna alarma que comprometi la seguretat de la planta i del personal. En aquesta situació, es provocarà una aturada d'emergència de la planta, per tal de minimitzar els efectes i riscos de la situació extraordinària.

Per minimitzar els efectes de la situació extraordinària s'han de seguir estrictament les indicacions i actuacions que estableix el pla d'actuació en cas d'emergència (evacuació, contingència...) el qual assigna grups de primera i segona intervenció en cas d'emergència i estableix les tasques a realitzar. També s'hauran de coordinar amb els serveis d'assistència externs com policia, bombers, etc.

Per altra banda, s'hauran de consignar els equips de la manera més segura possible, en funció del tipus d'emergència i de la situació de cada equip. Es detindrà la manipulació de qualsevol substància inflamable o perillosa i es deixaran els equips despressuritzats a l'atmosfera per tal d'evitar sobrepressions. També s'aturarà el servei de vapor i oli tèrmic, per tal d'evitar sobreescalfaments o sobrepressions.

A l'hora de realitzar la posada en marxa, s'haurà de garantir que la situació d'emergència ha finalitzat i es pot retornar a la normalitat. S'haurà de verificar l'estat en que es troba cada equip i portar a terme les accions necessàries per iniciar procés. En els equips que sigui possible es realitzarà la posada en marxa inicial per garantir la màxima seguretat de l'equip.

8.6 Bibliografia

- [1] *Validaciones DQ, IQ, OQ, PQ*. Leader Tecna Ingenieros. Recuperat el 29/05/2022 de:
<https://leadertecna.com/servicios/otros-servicios-de-consultoria/validaciones-dq-iq-oq-pq>
- [2] *Etapas de cualificación – DQ, OQ, IQ, PQ*. Ingenieriarg. Recuperat el 29/05/2021 de:
<https://www.ingeniarg.com/blog/38-etapas-de-la-calificacion-dq-iq-oq-pq>
- [3] *Puesta en marcha de plantas de procesos*. Academia. Recuperat el 28/05/2022 de:
https://www.academia.edu/36055206/Puesta_en_Marcha_de_Plantas_de_Procesos
- [4] *Organización, Planificación y Optimización de Paradas de planta para mantenimiento programado. Ejemplo practico*. Repositorio. Recuperat el 28/05/2022 de:
<https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/3562/pfc5579.pdf%3Bjsessionid%3DAE6D0E0DD3178D72953A80B3AF6A0E50?sequence=1>

