



Projecte final de grau

Planta de producció d'Anhídrid Ftàlic

*Tutora: M^a Eugenia Suárez Ojeda
Carmen Garcia Navas
Emma Johana Mesa Quiñones
Victor Ruiz Guijarro
Karen Velert Castro*



Capítol 8

Posada en Marxa

ÍNDEX

8.1. Introducció	3
8.2. Accions prèvies	3
8.2.1. Accions generals	3
8.2.2. Serveis	5
8.2.3. Equips	6
8.2.3.1. Proves hidràuliques i de pressió	6
8.3.3.1. Encebat de les bombes	6
8.3.3.1. Inertització dels equips	7
8.3. Posada en marxa des de zero	7
8.3.1. Posada en marxa dels serveis	8
8.3.2. Posada en marxa per àrees	8
8.3.2.1. Àrea 100	8
8.3.2.2. Àrea 200	9
8.3.2.3. Àrea 300	10
8.3.2.4. Àrea 400	11
8.3.2.5. Àrea 500	12
8.3.2.6. Àrea 600	12
8.3.2.7. Àrea 700	13
8.3.2.8. Àrea 800	13
8.3.2.9. Àrea 900	13
8.4. Posada en marxa després d'una parada programada	14
8.5. Parada de la planta	14
8.5.1. Parada programada	14
8.5.2. Parada d'emergència	15



8.1. Introducció

La posada en marxa de la planta es tracta d'un procés mitjançant el qual es posa en funcionament la planta i s'assoleix l'operació en continu. Consisteix en una sèrie de passos protocol·litzats que es segueixen per tal d'arrencar el procés, des de zero o després d'una parada, de la forma més eficient possible, evitant problemes d'operació.

En primer lloc, caldrà realitzar tasques de comprovació dels equips: la inspecció i els tests, per tal d'assegurar-ne el correcte funcionament.

Seguidament, es posaran en marxa els serveis necessaris de la planta per a la operació. Finalment, es posarà en marxa cada equip, seguint el protocol definit per cada àrea.

8.2. Accions prèvies

8.2.1. Accions generals

Abans de començar amb la primera posada en marxa de la planta, s'han de considerar aspectes com: l'organització de l'empresa i el personal, la inspecció i comprovació de l'estat dels equips, a més dels tests i manteniment. Per tal de corroborar el bon funcionament d'aquests, es seguirà el procediment següent:

- **Organització**

- Comprovació de protocols.

Es comprovaran els protocols de seguretat i d'actuació per tal de verificar que estiguin en regla i actualitzats. També caldrà comprovar la vigència en cas de d'ampliacions i/o modificacions.

- Comprovació de l'estoc.

Es realitza una auditoria interna per tal de revisar l'inventari, tant de materials com de recanvis d'equips, per tal de tenir aparells disponibles per a possibles substitucions. S'inclouran en aquest apartat tot tipus d'equips: instrumentació, aïllament, bombes, canonades, juntes, aparells electrònics...

- Comprovació de la disponibilitat dels proveïdors.

Caldrà comprovar la disponibilitat per tal d'assegurar que tots els proveïdors de les diferents matèries entregaran les comandes a les dates especificades per a la posada en marxa de la planta.

- Organització del personal.

Com que durant la posada en marxa, les tasques que es realitzen es surten de la rutina habitual de producció, s'haurà de fer una planificació de les noves tasques a realitzar, seguint els protocols establerts. L'objectiu és que cada treballador sàpiga que ha de fer en cada moment i amb les màximes condicions de seguretat.

Aquest punt és molt importat degut a que la posada en marxa està limitada en el temps per a poder aconseguir la producció anual requerida i no hi pot haver demores.

- **Inspecció**

Els diferents equips de la planta hauran de ser inspeccionats amb la màxima exigència per verificar que es troben en les condicions òptimes per a assegurar el bon funcionament de la planta. Es realitzarà inspecció a:

- Equips.
- Instrumentació de control (així com el Software SCADA, PLC i unitats remotes).
- Canonades.
- Vàlvules.
- Bombes.
- Compressors.
- Cablejat i instal·lació elèctrica.
- Aïllaments.
- Senyalització.
- Mesures de seguretat (contra incendis i accidents, així com material de protecció EPI).
- Estructures (suports dels equips més pesats).

- **Test**

S'hauran de realitzar diferents proves hidràuliques per tal de comprovar que no hi ha pèrdues ni fuites (proves d'estanquitat), ni cap tipus d'obturacions en cap punt del procés (proves de pas i continuïtat). També caldrà fer proves pneumàtiques, en les quals s'utilitzarà aire per a realitzar les proves de pressió, tot comprovant que les vàlvules PSV salten a la pressió desitjada.

- **Manteniment**

Es necessari corroborar que el calibratge de la instrumentació de la planta no s'ha vist alterat després dels diferents tests.

Aquest punt també inclou la reparació i/o substitució dels equips que s'han vist afectats per erosió o corrosió en els seus materials o que no han superat els tests anteriors.

A més, després d'una parada programada, ha de fer-se una neteja exhaustiva dels equips.

8.2.2. Serveis

Els serveis són una part fonamental de qualsevol planta química ja que sense aquests els equips no poden funcionar.

S'ha d'assegurar que els serveis necessaris es troben disponibles, com ara:

- Assegurar que el tanc de nitrogen disposa del volum necessari per a la operació en continu.
- Assegurar que el sistema d'aire comprimit funciona correctament per a que aquest arribi a totes les vàlvules, les accioni i reguli correctament.
- Assegurar que els tancs de sal i oli estan proveïts del volum necessari per a la posada en marxa.
- Assegurar que els aparells i maquinària de la sala elèctrica es troben en bon estat.
- Assegurar que el punt de presa de gas natural es troba en condicions per al bon funcionament de les calderes.

- Assegurar que la companyia subministrarà l'aigua de xarxa necessària. Revisar que la descalcificadora i la torre de refrigeració puguin operar en condicions òptimes.
- Assegurar que l'empresa proveïdora del catalitzador farà l'entrega de la comanda en el moment precís.

8.2.3. Equips

8.2.3.1. Proves hidràuliques i de pressió

S'hauran de realitzar diferents proves hidràuliques per tal de comprovar que no hi ha pèrdues ni fuites (proves d'estanquitat), ni cap tipus d'obturacions en cap punt del procés (proves de pas i continuïtat).

Els següents equips necessitaran de proves hidràuliques: canonades, vàlvules, bombes, accessoris, tancs d'emmagatzematge i de serveis, bescanviadors, calderes de procés, reactor, *After-Cooler*, *Switch-Condenser*, Chiller, *Heater in-line*, columnes de destil·lació, cristal·litzadors, torres d'eliminació de CO₂.

També caldrà fer proves pneumàtiques, en les quals s'utilitzarà aire per a realitzar-les. Aquestes consisteixen en introduir aire a la pressió d'operació de l'equip per a assegurar la seva estanquitat. Posteriorment s'augmentarà la pressió, forçant l'actuació de les vàlvules PSV. Aquest punt és molt important ja que verifica si el sistema de seguretat de la planta és òptim.

Els equips que necessitaran de proves pneumàtiques seran: tancs, cristal·litzadors, reactor, *After-Cooler*, *Switch-Condenser*, calderes, columnes de destil·lació, torres d'eliminació de CO₂ i d'altres equips que treballen a pressió.

8.3.3.1. Encebat de les bombes

Les bombes que no tinguin capacitat d'autoencebat requeriran d'un procés previ per a la seva posada en marxa. Si s'encenguessin directament, sense emplenar-les prèviament de líquid, s'omplirien d'aire que després, en introduir el líquid, provocaria

un cop d'ariet i es podrien fer mal bé. Per tant, s'han d'omplir de líquid abans de posar-les en marxa per evitar aquest fenomen.

8.3.3.1. Inertització dels equips

Per a mantenir les condicions de seguretat òptimes a la planta és necessari inertitzar una sèrie d'equips, concretament els tancs d'emmagatzematge d'orto-xilè i aquells equips pertanyents a la zona ATEX. Els tancs pulmó intermedis, que estan pressuritzats, també requeriran de inertització.

La inertització es realitza mitjançant nitrogen líquid subministrat en tancs de 500L. S'omplen els equips durant 5-10min amb nitrogen gas, eliminant l'aire i disminuint així el risc d'explosió i/o incendis.

8.3. Posada en marxa des de zero

Per a que funcioni tot correctament, la posada en marxa de la planta ha de seguir un ordre de prioritats, que es mostra a la taula 8.3.1:

Taula 8.3.1. Ordre de prioritats de tasques en la posada en marxa.

1	Electricitat	10	Catalitzador	19	Reactor
2	Sistema de control	11	Calderes de servei	20	After-Cooler
3	Aire comprimit	12	Tancs d'orto-xilè	21	Switch-Condenser
4	Aigua de xarxa	13	Oli tèrmic	22	Tancs pulmó
5	Descalcificadora	14	Bany de sal	23	Columnes de destil·lació
6	Torre de refrigeració	15	Calderes de procés	24	Cristal·litzadors
7	Nitrogen	16	Bescanviadors de calor	25	Ventilador
8	Gas natural	17	Heater in-line	26	Equips eliminació CO ₂
9	Sal	18	Chiller	27	Maquinària embalatge

8.3.1. Posada en marxa dels serveis

Els serveis són imprescindibles per a la posada en marxa de planta ja que sense ells els equips no poden operar. A més, s'utilitzen també alguns serveis (principalment vapor d'aigua) per substituir els reactius i els productes que encara no s'han generat.

- *Electricitat*

Donar pas al subministrament elèctric.

- *Gas natural*

Assegurar que es disposa de subministrament de xarxa.

- *Aigua/vapor*

Activar la descalcificadora per tal d'eliminar les sals que puguin fer mal bé el sistema de les calderes i canonades. Posar en marxa les calderes i assegurar que satisfan les necessitats energètiques d'aigua i vapor de tots els equips de la planta. Omplir la bassa contra incendis.

S'utilitza vapor d'aigua per l'acondicionament dels equips. Aquests han d'assolir les condicions d'operació abans de poder rebre els corrents de procés. S'usa aquest fluid ja que no presenta incompatibilitat amb la resta de components.

- *Nitrogen*

Assegurar que l'empresa subministradora del tanc criogènic de nitrogen l'entrega a temps i en condicions.

- *Aire comprimit*

Posar en marxa el compressor.

- *Sal i oli tèrmic*

Carregar els tancs d'emmagatzematge.

8.3.2. Posada en marxa per àrees

És important planificar bé la posada en marxa de la planta i ben cal tenir clar quin és el procediment pas a pas. La millor manera d'aconseguir això és detallar-ho curosament, àrea per àrea.

8.3.2.1. Àrea 100

L'àrea 100 consta principalment de compressors i tancs d'emmagatzematge de matèries primeres.

- **Tancs d'emmagatzematge d'orto-xilè**

El procediment a seguir per a la seva posada en marxa és el següent:

- 1) Es connecta al camió cisterna la mànega d'inici de procés.
- 2) Quan la senyal de connexió arriba a la sala de control, la bomba automàticament impulsa el fluid de la cisterna al primer tanc.
- 3) Quan el controlador de nivell detecta que s'ha omplert el tanc, tanca la vàlvula de subministrament d'aquest i obre la del següent tanc.
- 4) Un cop els quatre tancs estan plens, es para la bomba des de la sala de control i seguidament es comprova que les vàlvules estan tancades i que no hi ha circulació d'orto-xilè.
- 5) Es desconnecta la mànega del camió cisterna.
- 6) S'obre la vàlvula de descarrega del primer tanc per donar pas de la matèria primera al procés.

- **Compressors**

Un cop s'han realitzat les proves pertinents de les accions prèvies a la posada en marxa i s'ha confirmat que els compressors estan a punt, el procediment a seguir per a la seva posada en marxa és el següent:

- 1) Es regula la potència dels compressors a la requerida per a realitzar el procés.
- 2) L'indicador de cabal posterior al col·lector de corrents d'aire permet comprovar que la suma dels cabals d'aire dels tres compressors és la necessària.

8.3.2.2. Àrea 200

L'àrea 200 consta dels següents equips: bescanviador de calor de l'aire, caldera d'orto-xilè, reactor i bescanviador de calor per al bany de sal.

Seguidament es procedirà a detallar l'ordre d'actuació en la posada en marxa:

- 1) Tal i com s'ha explicat a l'apartat de serveis, s'utilitza vapor d'aigua per assolir la temperatura d'operació al reactor i al bescanviador per la sal.

- 2) Un cop el reactor es troba a la temperatura adequada, es pot afegir la sal fosa al circuit refrigerant i així s'evita que es pugui solidificar i produeixi incrustacions.
- 3) S'introdueix aire per tubs al bescanviador E-200, prèviament acondicionat amb vapor d'aigua provinent de la caldera de serveis i s'escalfa amb aquesta. D'aquesta manera, l'aire assoleix la temperatura requerida per a entrar al reactor.
- 4) L'aire escalfat s'introdueix al reactor.
- 5) Tal com s'ha explicat a l'apartat de serveis, abans d'introduir orto-xilè a la caldera, s'ha de comprovar que aquesta rep les corrents necessàries de gas natural i d'aire per tal que la combustió permeti el correcte funcionament.
- 6) Amb la caldera apunt, s'introdueix l'orto-xilè i es comprova que a la sortida d'aquesta és tot vapor a la temperatura desitjada. Ja es pot introduir al reactor.
- 7) A mesura que avanci el temps, la reacció arribarà a la conversió desitjada i s'obtindrà el corrent de producte en les condicions d'operació. En aquest punt ja es podrà retirar el subministrament de vapor, excepte en el bescanviador per al bany de sal.

8.3.2.3. Àrea 300

L'àrea 300 consta dels següents equips: *l'After-Cooler*, el *Switch Condenser*, el tanc pulmó, el *Heater in-line*, el *Chiller* i la caldera d'oli tèrmic.

Seguidament es procedirà a detallar l'ordre d'actuació en la posada en marxa:

- 1) S'activa el subministrament d'aigua a *l'After-Cooler*, amb l'objectiu de refredar el corrent principal de sortida de l'àrea 200 ja que *l'After-Cooler* encara no estarà apunt per refrigerar.
- 2) Inicialment, tot el corrent de sortida de l'àrea 200 no arribarà a condensar a *l'After-Cooler*, per tant, s'anirà al *Switch Condenser*. En els primers moments de posada en marxa, abans de l'entrada de l'oli al sistema, aquest corrent tampoc arribarà a condensar. Per tant, sortirà tot sencer com a vapor cap al circuit de refrigeració de *l'After-Cooler* i del bany de sal. Tot i així, encara no es tallarà el subministrament de vapor en aquell equip.

- 3) L'oli tèrmic arriba de l'àrea 600 a la caldera H-310 i és escalfat per aquesta, prèviament acondicionada per a una correcta combustió.
- 4) S'introdueix l'oli tèrmic a la temperatura desitjada al *Switch Condenser* i circula a través del sistema tancat de refrigeració.
- 5) Abans d'engegar el Chiller, cal acondicionar-lo amb vapor d'aigua per tal que un cop l'oli entri al sistema, pateixi el salt tèrmic de refredament requerit. S'ha d'evitar que l'oli es refredi més del compte perquè caldria tornar a passar-lo per la caldera.
- 6) A mesura que avança la posada en marxa i la reacció, aniran sortint els productes del reactor i es produiran les corresponents condensacions en els equips de l'*After-Cooler* i el *Switch Condenser*.
- 7) Es dona l'ordre de marxa de l'agitador i es regula a la potència desitjada. També s'activa el servei de vapor d'aigua per la mitja canya que incorpora.
- 8) Les condensacions del punt 6 són recollides al tanc pulmó. Inicialment té la vàlvula de sortida tancada i no s'obre fins que el fluid intern estigui a la temperatura i pressió adequades. També s'ha d'assolir un nivell d'operació del tanc especificat al controlador.
- 9) El *Heater in-line*, en ser elèctric, només requereix d'energia elèctrica per al funcionament del motor que haurà de subministrar una potència elèctrica a la resistència.

8.3.2.4. Àrea 400

L'àrea 400 consta dels següents equips: columnes de destil·lació, tancs, cristal·litzadors i maquinària d'embalatge.

Seguidament es procedirà a detallar l'ordre d'actuació en la posada en marxa:

- 1) Acondicionament de les columnes C-400, C-410 i C-420 amb vapor d'aigua per assolir la temperatura d'operació. Activar els reboilers i els condensadors de vapor que assoleixen els seus punts d'operació amb l'acondicionament del vapor.
- 2) S'alimenta la columna C-400 amb el corrent de procés provinent del tanc pulmó.

- 3) Es treballarà a reflux total fins que s'assoleixi un estat estacionari a la columna C-400. A partir d'aquest moment, s'anirà regulant la relació de reflux fins que s'assoleixi la d'operació.
- 4) Les sortides de la columna C-400 entren a les següents columnes, C-410 i C-420, respectivament.
- 5) Encara que s'hagi assolit l'estat estacionari a la columna C-400, les columnes C-410 i C-420 seguiran encara a reflux total. S'assolirà l'estat estacionari en aquestes columnes temps després que s'assoleixi a la primera, prenent com a referència el temps de residència respecte de cadascuna. En aquest punt, es fixa la relació de reflux d'operació de cada columna.
- 6) Amb els tancs prèviament inertitzats, amb les camises calefactores de cada tanc activades i amb els agitadors activats a molt baixa potència, s'introdueix l'anhídrid maleic i l'anhídrid ftàlic als seus corresponents tancs.
- 7) Quan els tancs arriben a un nivell que inunda les hèlix d'agitació, aquests es poden regular augmentant-les fins la potència adequada.
- 8) S'ha d'assegurar que el cristal·litzador té subministrament elèctric i li arriba aire comprimit de l'àrea 600.
- 9) Els cargols sense fi, prèviament engegats, permeten transportar el producte solidificat a la zona d'embalatge.
- 10) S'assegura que es disposa de suficients envasos per a l'empaquetament continu de producte en l'operació, així com que el subministrament elèctric de les empaquetadores és suficient.

8.3.2.5. Àrea 500

L'àrea 500 consisteix en una zona d'emmagatzematge del producte final, ja prèviament empaquetat i embalat. Per tant, no requereix de cap acondicionament previ, només tenir en compte que estigui buida per poder apilar els palets.

8.3.2.6. Àrea 600

La posada en marxa dels serveis s'ha esmentat prèviament a l'apartat anterior (8.3.1) ja que és prioritari i de vital importància per a poder realitzar la posada en marxa de la planta. Tots els equips requereixen d'acondicionament previ amb algun tipus de servei.

8.3.2.7. Àrea 700

L'àrea 700 correspon a medi ambient. Caldrà tenir cura dels següents equips:

- 1) Comprovar que el ventilador està engegat, no es troba obstruït i per tant permet la recol·lecció de les diferents corrents gasoses residuals per conduir-les a la columna d'absorció.
- 2) Comprovar que la torre absorció està dotada de suficient amina i que aquesta es troba en condicions òptimes d'operació.
- 3) Comprovar que la torre de regeneració funciona correctament ja que és imprescindible regenerar la amina per a que es mantingui el procés cíclic.
- 4) Assegurar que la bassa homogeneïtzació proporciona les condicions necessàries per a que l'aigua de les diferents purgues es barregi correctament, per tal que no es donin pics en les concentracions d'algun component, tot i que no hi conté contaminants, i es puguin abocar al clavegueram assegurant que es compleix la normativa

8.3.2.8. Àrea 800

L'àrea 800 correspon a la zona de càrrega i descarrega dels camions.

Abans de la posada en marxa, s'ha de comprovar que les bàscules funcionen correctament i que la mànega de connexió a la cisterna es troba en bon estat.

8.3.2.9. Àrea 900

L'àrea 900 correspon a la zona de laboratoris, oficines, vestuaris i altres espais de l'edifici. Caldrà revisar que tots els aparells i instruments del laboratori es troben disponibles i en bones condicions, a més que les oficines estiguin equipades correctament a nivell d'equips, connexions elèctriques i d'internet.

8.4. Posada en marxa després d'una parada programada

La posada en marxa després d'una parada programada seguirà els mateixos passos que la posada en marxa des de zero. No obstant, sofrirà algunes petites modificacions:

- 1) No caldrà engegar el sistema elèctric des de zero, ja que no es tallarà el subministrament a la planta, només es pararan els equips.
- 2) Els tancs pulmó i els tancs mescla continuaran reactius i productes. Per tant, els equips no requeriran el mateix temps per al seu acondicionament i per arribar a l'estat estacionari.
- 3) No caldrà fer proves hidràuliques i pneumàtiques ja que s'ha corroborat l'estanqueïtat dels equips amb el seu correcte funcionament.
- 4) Els operaris i els responsables d'àrees, a mesura que es realitzen diferents posades en marxa, van guanyant experiència, fet que facilitarà cada cop més la realització de les diferents tasques.

8.5. Parada de la planta

Hi ha dos tipus de parades a la planta: parades programades i parades d'emergència.

8.5.1. Parada programada

La planta operarà en continu, 24 hores al dia durant 300 dies a l'any. Per tant, es programen dues parades anuals de 30 dies cadascuna.

En aquestes parades s'aprofitarà per a realitzar una sèrie de tasques:

- 1) Manteniment correctiu i preventiu dels equips, accessoris i d'altres aparells.
- 2) Realitzar les proves necessàries d'aquells equips que ho requereixin per modificació, reparació o substitució.
- 3) Dur a terme una neteja exhaustiva quan pertoqui, que es programaran per a la realització, cada certes parades.

La parada es realitzarà segons la següent seqüència:

- 1) S'atura la circulació dels fluids de procés. Això és realitza aturant en primer lloc les bombes i compressors i posteriorment tancant les vàlvules de línia.
- 2) Les columnes de destil·lació requeriran d'un procediment previ a la seva aturada. S'aturarà el corrent de l'aliment i operaran reflux total. Finalment, es pararan els condensadors i reboilers.
- 3) Es buiden els equips i les canonades.
- 4) Es fa circular vapor d'aigua per netejar els equips i canonades on intervé directament l'orto-xilè.
- 5) S'aturen els serveis.
- 6) Es desconnecta el sistema de control.
- 7) Es realitzen les tasques de manteniment adients i les possibles reparacions dels equips.

8.5.2. Parada d'emergència

Tant a la sala de control com a la sala elèctrica, es disposarà d'un polsador vermell per a parar la planta immediatament en cas d'emergència. Aquest polsador talla el subministrament del sistema elèctric del procés, aturant així la circulació de manera immediata a la planta, ja que es paren les bombes i compressors. No obstant, els serveis continuen operatius per preservar la seguretat de la planta. A més, s'activarà un sistema de senyals acústiques i visuals per alertar als treballadors i responsables de que s'està produint una parada d'emergència. Aquests han de dur a terme les tasques específiques de la seva àrea de treball, prèviament establertes per a aquesta situació. Finalment, s'hauran de dirigir al punt de trobada de la planta.