



PLANTA DE PRODUCCIÓ D'ÒXID D'ETILÈ

Treball de fi de grau d'Enginyeria Química



Tommy Cassanello Andrea Grande Braven Pitargue
Ariadna Ramos Alexandre Ros Mònica Vidal



CAPÍTOL VIII

POSADA EN MARXA I OPERACIÓ EN PLANTA

Treball de fi de grau d'Enginyeria Química



Tommy Cassanello Andrea Grande Braven Pitargue
Ariadna Ramos Alexandre Ros Mònica Vidal

Índex

1 Posada en marxa	1
1.1 Introducció	1
1.2 Accions prèvies a la posada en marxa de la planta	1
1.2.1 Documentació dels equips	1
1.2.2 Tasques prèvies	2
1.2.3 Comprovació dels serveis externs	3
1.2.4 Equips	4
1.2.5 Seguretat	5
1.3 Posada en marxa	5
1.3.1 Fase 1	5
1.3.2 Fase 2	6
1.3.3 Fase 3	7
1.3.4 Aturades de l'àrea 200	11
2 Operació en planta	12
2.1 Introducció	12
2.2 Operació per àrees	12
2.2.1 Àrea 100	12
2.2.2 Subàrea 200-1	13
2.2.3 Subàrea 200-2	13
2.2.4 Subàrea 200-3	14
2.2.5 Subàrea 200-4	15

2.2.6	Àrea 300	16
2.2.7	Àrea 400	16
2.2.8	Àrea 500	16
2.2.9	Àrea 600	17
2.2.10	Àrea 700	17

Bibliografia	19
---------------------	-----------

1 Posada en marxa

1.1 Introducció

La posada en marxa és el procés d'arrencada, regulació, comprovació i equilibrat dels equips i sistemes de forma planificada. També és el moment de verificar que les fases anteriors de disseny i muntatge s'han realitzat correctament. La seva durada sol estar relacionada amb la complexitat del procés i el temps dedicat a la realització d'una bona planificació.

La posada en marxa de la instal·lació de producció d'òxid d'etilè és complexa, degut a que és un procés en continu i l'objectiu és aconseguir i mantenir l'estat estacionari durant el període de temps previst.

Abans de realitzar la posada en marxa, es realitzen una sèrie d'accions prèvies amb l'objectiu de garantir el bon funcionament i les condicions d'operació òptimes dels equips i de tota la instrumentació necessària de la planta.

Cal destacar que la posada en marxa no només es realitza quan s'engega per primera vegada la planta (posada en marxa des de zero), sinó també, en cas de parades per manteniment (posada en marxa després d'una aturada planificada) i d'emergència (posada en marxa després d'una aturada d'emergència). En les posades en marxa des de zero i després d'una aturada planificada, les accions que s'han de realitzar són les mateixes i són les que s'especifiquen en aquest capítol. La posada en marxa després d'una aturada d'emergència és més complexa, ja que és necessari definir com s'ha produït el problema que ha provocat l'aturada i el nivell de perillositat assolit.

1.2 Accions prèvies a la posada en marxa de la planta

A continuació es recullen les accions que s'han de dur a terme abans de la posada en marxa, per tal d'assegurar que tot el que influeix en el procés funcioni de manera correcta.

1.2.1 Documentació dels equips

S'ha de disposar de la documentació dels diferents equips de la planta. Aquesta és imprescindible per assegurar que els equips instal·lats garanteixen un procés de producció consistent i que es produirà òxid d'etilè amb els requisits de qualitat proposats. A continuació es mostren els protocols utilitzats [1].

- IQ (Qualificació d'instal·lació). Els equips recent instal·lats o modificats han de ser validats a través d'aquest protocol per determinar si són capaços de produir els resultats desitjats.
- OQ (Qualificació d'operació). La funció d'aquest protocol és verificar si el rendiment dels equips és consistent amb els requisits especificats per l'usuari en el rang de treball establert pel fabricant. Això inclou identificar i inspeccionar les propietats de l'equip que poden afectar a la qualitat del producte final.
- PQ (Qualificació de Rendiment). Aquest protocol correspon a l'últim pas per qualificar un equip. En aquesta fase, el personal encarregat de la qualificació i validació de l'equip verifiquen i documenten que l'equip funciona amb resultats reproduïbles en un rang específic de treball en condicions reals.

1.2.2 Tasques prèvies

Abans de començar la posada en marxa, s'han de realitzar unes tasques bàsiques per no tenir complicacions a l'hora de iniciar la posada en marxa i són les següents:

1. Organització

- Organització del personal i els torns.
- Comprovació que els documents dels equips, accessoris i instruments corresponen a la documentació proporcionada.
- Comprovació dels protocols (IQ, OQ i PQ).
- Comprovació de la disponibilitat dels proveïdors de serveis i de matèries primeres.
- Comprovació del *stock* de recanvis i instrumentació en el magatzem de la planta.

2. Inspecció

- Equips i tancs: inspecció visual de l'interior i exterior del mateixos.
- Canonades i accessoris: inspecció visual i comprovació de l'etiquetat.
- Instrumentació i elements de software: comprovació de si la configuració per realitzar les tasques de la posada en marxa és la correcta.
- Cablejat: comprovació de la senyal i inspecció visual.
- Aïllants: inspecció visual.
- Estructures: inspecció visual.

- Sistemes contra incendis: comprovació del nivell de la bassa contra incendis i inspecció visual.
- Senyalització i seguretat (EPI's, senyals, etc.): inspecció visual.
- Comprovació de l'estat general de la planta.

3. Proves

- Proves de pressió en equips i canonades.
- Proves de pas i continuïtat.
- Proves d'estanqueïtat.
- Proves en el motors elèctrics: proves de funcionament correcta.
- Proves en el sistema contra incendis: revisió de fugues, comprovació del funcionament de l'estació de bombeig.
- Proves de funcionament de les vàlvules pneumàtiques.

4. Manteniment

- Calibrat de la instrumentació.
- Substitució de peces, equips, canonades, accessoris, etc.
- Neteja dels equips.
- Disposició de les eines necessàries per realitzar el manteniment.

1.2.3 Comprovació dels serveis externs

Els serveis externs són una part fonamental de la planta i és per això que abans de la posada en marxa, s'han de realitzar un seguit de tasques per assegurar el correcte funcionament de la planta. Les tasques són les següents:

- Assegurar el manteniment general.
- Assegurar de la disposició d'energia elèctrica i il·luminació necessària en tota la planta.
- Configurar els interruptors en les subestacions elèctriques.
- Realitzar un test de continuïtat de subministrament.
- Aïllar i purgar línies i àrees.

- Assegurar la disposició de nitrogen necessari per la inertització dels equips.
- Assegurar la disposició del combustible adequat.

Els equips de serveis normalment són fabricats per empreses externes, per això és preferible recórrer als equips tècnics de manteniments dels mateixos.

1.2.4 Equips

En aquest apartat es troben explicades les diferents proves que han de realitzar-se a cadascun dels equips abans d'iniciar amb la posada en marxa i s'especificarà l'operació en bombes i compressors.

1.2.4.1 Proves hidràuliques i de pressió

A continuació es presenta el protocol de proves hidràuliques i de pressió per tots els equips de la planta. El primer permetrà corregir errors en les soldadures, presència de porus, etc., amb la introducció d'un traçador en el circuit de canonades per poder localitzar efectivament les averies. A més a més, permetrà comprovar la resistència mecànica dels equips durant l'operació. El segon, en canvi, permetrà comprovar que el disseny dels equips i canonades és correcte, introduint un gas a pressió per comprovar que els equips, canonades i vàlvules poden suportar la pressió màxima d'operació i que l'estanquitat d'aquests és la correcta.

1.2.4.2 Posada en marxa de bombes i compressors

En el cas de les bombes, degut a que totes les instal·lades a la planta són centrífugues, i en conseqüència no "auto-cebants", és necessari seguir el procediment correcte per no fer-les malbé. Per una correcta posada en marxa, és necessari que estiguin plenes de líquid, és a dir, que l'eix intern estigui totalment inundat. Si la sortida de líquid i de la bomba es troben per sota del nivell del líquid, s'ha d'obrir la comporta d'aspiració i deixar emplenar-la. Si no es possible dur a terme aquest procediment, s'ha d'utilitzar un mètode alternatiu, com per exemple, omplir la canonada i la bomba mitjançant una font d'alimentació externa.

En el cas dels compressors, primer de tot s'ha d'obrir la vàlvula de purga i el regulador de gas de sortida. A continuació, s'haurà de mantenir l'equip en funcionament durant uns minuts perquè les impureses que puguin haver-hi a l'interior del circuit surtin per la sortida de purgues. Seguidament, s'ha de realitzar la connexió amb la sortida d'aire corresponent i esperar fins que el dipòsit d'aire quedi totalment carregat, per a així verificar que s'arriba a la pressió màxima.

1.2.5 Seguretat

Un altre aspecte fonamental a tenir en compte és la seguretat de la planta, és important assegurar que aquesta treballa a les condicions especificades. A continuació es mostren les diferents tasques a realitzar en aquest àmbit.

- Revisió i recompte dels diferents EPI's, tant els que es troben en ús i els de reserva.
- Disposar de tota la documentació de tots els treballadors.
- Localitzar i comprovar el correcte funcionament de les dutxes d'emergència, renta ulls i alarmes.
- Disposar de tots els certificats d'equips, aparells i instrumentació.
- Infermeria dotada amb tot el material necessari.
- Disposar d'un protocol d'emergència.

1.3 Posada en marxa

A l'hora d'iniciar la posada en marxa, és necessari tenir en compte que existeixen àrees que depenen d'unes de les altres, és a dir, no poden funcionar de manera independent. Per aquest motiu, s'ha dissenyat una posada en marxa en tres fases. La primera fase consta d'iniciar les àrees que no depenen d'una altra. A la segona fase s'inicien la resta d'àrees, excepte l'àrea 200, corresponent a la producció. A la tercera fase, amb totes les àrees en funcionament, s'inicia la posada en marxa de l'àrea 200.

1.3.1 Fase 1

En aquesta primera fase s'inicien l'àrea de manteniment, els laboratoris i la sala de control. Totes elles s'inicien de manera simultània i són imprescindibles per poder iniciar les fases posteriors.

1.3.1.1 *Posada en marxa de l'àrea 300*

L'àrea 300 correspon a la zona dedicada al manteniment de la planta. En primer lloc, s'ha de verificar que hi ha corrent elèctric, pneumàtic i fluids de servei. Seguidament, s'efectuarà un llistat del *stock* disponible per al bescanvi de possibles equips que es puguin malmetre en un futur. Inclourà peces de recanvi o equips sencers més simples (vàlvules, bombes, compressors) i les eines necessàries per a la reparació o manteniment. També s'haurà de revisar la disponibilitat de fluids, sobretot olis per al manteniment d'equips amb gran esforç mecànic.

1.3.1.2 Posada en marxa de l'àrea 500

L'àrea 500 correspon als laboratoris. Per la posada en marxa d'aquesta zona, s'haurà d'assegurar que tant el corrent elèctric, com la pressió arriben amb la tensió demandada. També es comprovarà que els fluids de serveis estiguin preparats per a qualsevol necessitat. Seguidament, es realitzaran les preparacions dels diferents estàndards per al calibratge d'equips. Es verificarà el bon funcionament i es realitzarà el calibratge dels equips d'anàlisi de fluids com els espectrofotòmetres i els cromatògrafs de gasos i líquids. De la mateixa manera s'hauran de comprovar altres equips, com per exemple balances, agitadors, mesuradors de pH, etc. Finalment es comprovarà que es compleixin totes les normes de seguretat a un laboratori.

1.3.1.3 Posada en marxa de l'àrea 400

L'àrea 400 correspon a les sales de control. En aquesta àrea es realitza una vegada més la comprovació de corrent elèctric i pneumàtic. Cal destacar que sense aquests no es podria operar i avançar a la següent fase. També es comprovaran totes les connexions i el bon funcionament de les vàlvules o equips regulats de forma remota. Es revisarà el funcionament dels ordinadors, pantalles dels PLC's, de tota la instrumentació del panell, com les alarmes d'alt i baix nivell i del sistema d'adquisició de dades (DCS).

1.3.2 Fase 2

Aquesta fase es realitza per parts. La primera àrea en posar en marxa és l'àrea 600, per a poder tenir a disposició els diferents serveis de la planta per a la resta de zones. L'àrea 600 necessita que estiguin en funcionament les àrees 300 (manteniment), 400 (control) i 500 (laboratoris).

La segona part serà la posada en marxa de les àrees 700 (tractament de residus) i 1000 (bassa contra incendis). Aquestes àrees requereixen que es trobin actives les àrees 300, 400, 500 i 600. L'última part de la fase dos serà la posada en marxa de l'àrea 100, que requereix del funcionament de la resta d'àrees ja esmentades.

1.3.2.1 Posada en marxa de l'àrea 600

L'àrea 600 correspon a serveis, per posar-la en marxa s'ha d'iniciar el funcionament de calderes, *chillers*, torres de refrigeració, *strippers*, nitrogen, aire comprimit, etc.

1.3.2.2 *Posada en marxa de l'àrea 700*

L'àrea 700 correspon a tractament de residus. La posada en marxa d'aquesta àrea es realitza a la segona part de la fase 2. És necessari tenir tots els equips, bombes, i vàlvules d'aquesta àrea funcionant correctament perquè es pugui tractar qualsevol residu generat en les etapes posteriors, al mateix temps es realitzarà la posada en marxa de l'àrea 1000.

1.3.2.3 *Posada en marxa de l'àrea 1000*

L'àrea 1000 correspon a la bassa contra incendis. La posada en marxa d'aquesta àrea es realitza a la segona part de la fase 2. És necessari tenir tots els equips, bombes, i vàlvules d'aquesta àrea funcionant correctament. En cas d'arribar a tenir algun incendi en les etapes posteriors, és imprescindible que aquesta àrea funcioni de manera correcta.

1.3.2.4 *Posada en marxa de l'àrea 100*

L'àrea 100 correspon a l'emmagatzematge d'òxid d'etilè. Aquesta àrea es posa en marxa a l'última etapa de la fase 2, ja que aquesta pot requerir la utilització d'alguna de les àrees esmentades anteriorment. És necessari comprovar, l'estanquitat de tots els tancs d'emmagatzematge i l'absència de qualsevol gas dins dels tancs amb l'ajuda de nitrogen. També es verificarà el sistema de refrigeració i de compensació de pressió durant la descàrrega, mitjançant l'addició i descàrrega de nitrogen com a gas de prova.

1.3.3 **Fase 3**

Per a iniciar la posada en marxa de l'àrea 200, la qual correspon a la producció d'òxid d'etilè, es necessiten comprovar diferents factors de la instal·lació. La posada en marxa es realitzarà per subàrees, d'aquesta manera serà més fàcil identificar els possibles defectes que es puguin trobar.

Els primers passos a seguir per a qualsevol subàrea de l'àrea 200 són els mateixos. En primer lloc, s'aïlla la subàrea corresponent i s'inertitza amb nitrogen per a desplaçar tots els possibles gasos i contaminants que es puguin trobar dins del sistema. Seguidament, es realitza una comprovació de l'estanquitat. En el cas de trobar una fuga, es procedeix a dividir la subàrea successivament fins a trobar la ubicació d'aquesta i poder-la solucionar.

1.3.3.1 Posada en marxa de l'àrea 200-1

Una vegada inertitzada, es realitza la comprovació de les sondes de pressió, temperatures, llaços de control, funcionament de les bombes, dels compressors i del bescanviador E-201-1.

1.3.3.2 Posada en marxa de l'àrea 200-2

Una vegada inertitzada, es realitza la comprovació de les sondes de pressió, temperatures, llaços de control, funcionament de les bombes, dels compressors, del bescanviador E-201-2, de la columna AC-201-2 i dels reactors R201-2 i R202-2. És molt important tenir en compte el correcte funcionament del sistema de refrigeració dels reactors.

Posada en marxa dels reactors R201-2 i R202-2

1. S'activen els controladors de cabal, temperatura i pressió.
2. Es comprova la inertització i estanquitat, obrint les vàlvules V-0056/V-0055 que permetran el pas de nitrogen dins dels reactors.
3. S'inicia el funcionament del reactor únicament amb nitrogen com a reactiu, donant lloc a la comprovació del sistema de refrigeració obrint les vàlvules V-0036/V-0044 que permetran el pas de l'aigua refrigerant quan hi hagi reacció.
4. Es comprova que la circulació de nitrogen sigui correcta dins dels reactors.
5. S'introdueixen els reactius al reactor i es comença a dur a terme la reacció de manera gradual amb control de temperatura.
6. Es pren una mostra a la sortida del reactor per a comprovar que es duu a terme de manera correcta la reacció fins arribar a les condicions de treball òptimes.

Posada en marxa de la columna AC-201-2

1. S'activen els controladors de temperatura, de pressió i de nivell.
2. Es comprova el bon funcionament dels líquids de serveis de la columna AC-201-2.
3. S'obren les vàlvules d'entrada a la columna i la sortida de gasos.
4. Es comprova la inertització i l'estanquitat de la columna obrint la vàlvula V-0017 fent passar nitrogen que ve dels reactors.

5. Es crea un circuit tancat, la columna AC-201-2 amb els reactors catalítics, el qual farà arribar la columna a l'estat estacionari.
6. Quan s'assoleix l'estat estacionari, s'obren les vàlvules anteriors i posteriors de sortida de líquids per cues. A més s'obriran les vàlvules que formaven part del circuit tancat, per començar l'operació normal de la planta.

1.3.3.3 Posada en marxa de l'àrea 200-3

Una vegada inertitzada, es realitza la comprovació de les sondes de pressió, temperatures, llaços de control, funcionament de les bombes, dels compressors, dels bescanviadors E-201-3, E-202-3, de les columnes DC-201-3, DC-202-3, així com el correcte funcionament dels serveis necessaris de l'àrea 200-3.

Posada en marxa de la columna DC-201-3

1. Es comprova el bon funcionament dels líquids de serveis de la columna DC-201-3.
2. S'obren les vàlvules de regulació V-0018, V-0019 i V-0058, d'aliment de la columna però mantenint tancades les vàlvules de sortida per caps V-0104, V-0105 i V-0106, i cues V-0126, V-0127 i V-0128, per deixar entrar el nitrogen per fer la primera operació inertitzant i comprovar en discontinu, amb un reflux total a la columna.
3. Es comprova el funcionament del *reboiler* RB-201-3 i del condensador C-201-3.
4. Es comproven els llaços de control L-DC201-201-3, dP-DC201-201-3, T-DC201-202-3, T-C201-203-3 i P-RT201-202-3.
5. Es realitza un buidat de nitrogen obrint les vàlvules de sortida per caps i cues. Es comprova el funcionament del tanc de reflux RT-201-3.
6. Es regulen les vàlvules de regulació d'aliment i es tanquen les vàlvules de sortida per caps.
7. Un cop va arribant l'aliment provinent de la zona anterior, s'opera fins a arribar a les condicions desitjades, en aquell moment s'obren les vàlvules per caps.

Posada en marxa de la columna DC-202-3

1. Es comprova el bon funcionament dels líquids de serveis de la columna DC-201-3.
2. S'obren les vàlvules de regulació V-0104,V-0105 i V-0106 d'aliment de la columna però mantenint tancades les vàlvules de sortida per caps V-0112,V-0113 i V-0114, i cues V-0122, V-0123 i V-0124, per deixar entrar el nitrogen per fer la primera operació inertitzant i comprovant en discontinu, amb un reflux total a la columna.
3. Es comprova el funcionament del *reboiler* RB-202-3 i del condensador C-202-3.
4. Es comproven els llaços de control L-DC202-202-3, dP-DC202-203-3, T-DC202-204-3, T-C202-205-3 i P-RT201-204-3.
5. Es realitza un buidat de nitrogen obrint les vàlvules de sortida per caps i cues. Es comprova el funcionament del tanc de reflux RT-202-3.
6. Es regulen les vàlvules de regulació d'aliment i es tanquen les vàlvules de sortida per caps.
7. Un cop va arribant l'aliment provinent de la zona anterior, s'opera fins arribar a les condicions desitjades, en aquell moment s'obren les vàlvules per caps.

1.3.3.4 Posada en marxa de l'àrea 200-4

Una vegada inertitzada, es realitza la comprovació de les sondes de pressió, temperatures, llaços de control, funcionament de les bombes, dels compressors, dels bescanviadors E-201-4, E-202-4, E-203-4, E-204,4, E-205-4 i E-206-4, a part de les columnes DC-201-4, AC-201-4, així com el correcte funcionament dels serveis necessaris de l'àrea 200-3.

Una vegada ja comprovats tots els equips de les diferents subàrees, es procedeix a reconnectar totes les àrees i posteriorment, des de la subàrea 200-1 es comencen a injectar reactius de manera gradual fins a arribar a les condicions òptimes de treball.

En el cas que una etapa de la fase 3 falli, és necessari solucionar-la per a procedir amb la posada en marxa.

Posada en marxa de la columna DC-201-4

1. Es comprova el bon funcionament dels líquids de serveis de la columna DC-201-3.

2. Obrir la vàlvula de regulació V-0280 d'aliment de la columna però mantenint tancades les vàlvules de sortida per caps V-0286, V-0287 i V-0285 i cues V-0276, V-0277 i V-0278, per deixar entrar el nitrogen per fer la primera operació inertitzant i comprovant en discontinu, amb un reflux total a la columna.
3. Es comprova el funcionament del *reboiler* RB-201-4 i del condensador C-201-4.
4. Es comprova els llaços de control L-DC201-203-4, dP-DC201-201-4, T-DC201-204-4, T-C201-205-4 i P-RT201-203-4.
5. Es realitza un buidat de nitrogen obrint les vàlvules de sortida per caps i cues. Es comprova el funcionament del tanc de reflux RT-201-4.
6. Es regulen les vàlvules de regulació d'aliment i es tanquen les vàlvules de sortida per caps.
7. Un cop va arribant l'aliment provinent de la zona anterior, s'opera fins arribar a les condicions desitjades, en aquell moment s'obren les vàlvules per caps.

Posada en marxa de la columna AC-201-4

1. S'activen els controladors de temperatura i de pressió.
2. Es comprova el bon funcionament dels líquids de serveis de la columna AC-201-4.
3. S'obren les vàlvules d'entrada a la columna i la sortida de gasos.
4. Es comprova la inertització i estanquitat de la columna obrint la vàlvula V-0256 fent passar nitrogen que ve del bescanviador E-201-4.
5. S'espera a que la columna assoleixi l'estat estacionari.
6. Quan s'assoleix l'estat estacionari, s'obren les vàlvules anteriors i posteriors de sortida de líquids per cues. També s'obren les vàlvules que formen part del circuit tancat, per començar l'operació normal de la planta.

1.3.4 Aturades de l'àrea 200

Tal i com s'explica al capítol d'especificacions del projecte, la planta està dissenyada per treballar 320 dies a l'any, amb aturades de 25 dies a l'agost i 20 dies al Nadal. Per aconseguir l'objectiu de 120.000 Tones/any de producció d'òxid d'etilè, la planta operarà els set dies de la setmana durant 24 hores al dia.

S'aprofitaran els períodes de parada de la planta per netejar, realitzar les tasques de supervisió de les instal·lacions, i en cas de que sigui necessari, recanviar els equips. També, s'aprofitarà per realitzar possibles canvis i millores en el procés, que hagin estat prèviament acordats per l'equip directiu de l'empresa.

2 Operació en planta

2.1 Introducció

Un cop s'ha realitzat la posada en marxa i s'ha arribat a les condicions òptimes de treball, és necessari identificar les operacions que s'han de dur a terme a la planta. Aquesta planta treballa en continu i es troba automatitzada, per la qual cosa hi haurà poca intervenció humana durant la fase d'operació. Pel que els qui s'encarreguen de mantenir el procés i la producció estable són el sistema de control i els instruments que intervenen en el procés. No obstant això, existeixen operacions que requereixen la presència d'operaris perquè siguin realitzades amb èxit. Aquestes tasques s'han de proporcionar al departament que correspongui.

2.2 Operació per àrees

Les tasques que han de ser efectuades pels treballadors a cadascuna de les àrees es dividiran en dues parts: supervisió i operació.

2.2.1 Àrea 100

L'àrea 100 és on s'emmagatzema l'òxid d'etilè i està constituïda per sis tancs d'emmagatzematge, T-101, T-102, T-103, T-104, T-105 i T-106 i un setè, T-107, de reserva. Cal tenir en compte que l'òxid d'etilè té un alt risc de polimerització. La contaminació d'un tanc d'òxid d'etilè pot donar lloc a una reacció *Runaway*, la qual és una reacció exotèrmica incontrolable que pot donar causa a un possible esclat del recipient.

Una de les tasques a realitzar en tots els tancs és supervisar que les seves càrregues i descàrregues es realitzin correctament i es segueixin estrictament els protocols de seguretat. Les descàrregues es faran en camions cisterna. Aquest serà un dels punts crítics d'aquesta àrea perquè és una tasca en discontinu.

- **Supervisió**

- L'equip d'operaris ha d'assegurar-se del bon estat dels diferents elements i supervisar cada acció que es realitza als tancs i a tota l'àrea en que es troben.
- En el moment de càrrega i descàrrega dels productes als tancs, l'equip de treballadors s'ha d'assegurar que es segueixen correctament els protocols de seguretat necessaris per evitar qualsevol accident.
- També es realitzaran revisions periòdiques de les bombes de càrrega i descàrrega, de les vàlvules i els altres accessoris d'aquesta àrea.

- A l'hora de realitzar la descàrrega de producte, s'haurà de revisar que les connexions entre el tanc i el camió cisterna estiguin perfectament segellades.

- **Operació**

- Es realitzen anàlisis del producte final per comprovar que composició és la prevista i amb la puresa adequada.

2.2.2 Subàrea 200-1

En aquesta subàrea és on es realitza el condicionament de les matèries primeres, ja que els reactius i el gas inert entren en condicions no aptes per a produir la reacció de manera òptima. Un compressor s'encarrega d'eleva la pressió fins a la de treball, i a causa de l'augment de temperatura produït per la compressió, un bescanviador s'encarrega de corregir aquesta temperatura fins a la de reacció. Les condicions de reacció òptimes que s'han determinat són de 240°C i 19 bar. Cal remarcar que aquestes condicions seran variables segons avanci l'embrutiment del catalitzador.

- **Supervisió**

- Comprovació de la pressió, cabals i temperatura dels corrents després de passar pel compressor i bescanviador es trobi en els rangs d'operació (en DCS).
- Comprovació visual de possibles fuites en les canonades i equips dins de l'àrea.
- Comprovació dels sistemes *by-pass* dels corrents d'entrada.
- Comprovació del correcte funcionament dels llaços de control i de regulació de cabal de les matèries primeres.

- **Operació**

- Es prendran mostres després que es produeixi la mescla dels gasos, abans d'entrar al compressor, en els punts assignats per aquesta tasca.

2.2.3 Subàrea 200-2

Una vegada els reactius entren als reactors R-201-2 i R-202-2, es produeix la reacció de manera controlada. Es tracta d'una reacció exotèrmica i es manté la temperatura amb el sistema de refrigeració, produint vapor d'aigua que s'aprofita en altres parts de la planta.

Per comprovar que la reacció es produeix de manera correcta es realitzen dos controls. El primer mesura la quantitat d'oxigen consumit, això aporta informació de com s'està realitzant la reacció. És una anàlisi que es pot realitzar de manera ràpida i sense complicacions. A més es realitza un anàlisi cromatogràfic dels gasos de sortida del reactor per comprovar que la quantitat d'òxid d'etilè és la correcta.

Els gasos de sortida del reactor passen per un bescanviador de calor que disminueix la temperatura d'aquests, perquè entrin a la temperatura adequada a la columna d'absorció AC-201-2, on es realitza la separació de l'òxid d'etilè de la resta de gasos.

- **Supervisió**

- Comprovació de que la pressió i temperatura dels corrents es trobin en els rangs d'operació (en DCS) abans, durant i després de passar per cada reactor.
- Comprovació visual de possibles fuites en les canonades i equips dins de l'àrea, tenint molta cura amb els sistemes de refrigeració dels reactors i els *by-pass* del mateix sistema.
- Comprovació del correcte funcionament dels llaços de control, tant dels reactors com de la columna.
- Revisió del sistema d'alliberament de pressió d'emergència de la columna i dels reactors.

- **Operació**

- Presa de mostres abans de la columna d'absorció (AC-201-2) per comprovar la composició d'òxid d'etilè obtinguda.

2.2.4 Subàrea 200-3

La funció principal d'aquesta zona és purificar l'òxid d'etilè a la concentració necessària per a la venda del producte, mitjançant un sistema de dues columnes de destil·lació en sèrie (DC-201-3 i DC-202-3). La primera columna, separa l'òxid d'etilè absorbit en aigua a la columna d'absorció (AC-201-2), per caps surt el producte en fase gasosa (òxid d'etilè, nitrogen, oxigen, diòxid de carboni) i per cues l'aigua, la qual és recirculada a la columna d'absorció. A la segona columna, es purifica encara més aquest òxid d'etilè, per caps surt l'etilè, l'oxigen, el diòxid de carboni, el nitrogen i una petita fracció d'òxid d'etilè i per cues s'obté l'òxid d'etilè amb alta puresa i en estat líquid. Aquests compostos que surten pels caps de la segona columna, són recirculats a la subàrea 200-2, on tornaran a passar per la columna d'absorció (AC-201-2), l'òxid d'etilè serà absorbit i els altres compostos aniran a la subàrea 200-4.

Aquesta subàrea també disposa de dos intercanviadors situats en els punts on es requereix fer el bescanvi (E-201-3, E-202-3). Els dos bescanviadors tenen la funció de refredar els dos corrents que es recirculen a la subàrea 200-2, fins a la temperatura que desitjada. També s'hi troben altres equips com bombes i compressors per moure els diferents fluids de servei o procés, aquests han de rebre un manteniment periòdic, ja que estan exposats a un gran desgast.

- **Supervisió**

- Supervisar periòdicament les condicions dels equips i el bon funcionament. Es realitzen operacions de manteniment a tots els element de control, vàlvules, bombes, compressors...
- Revisar que tots els sistemes *by-pass* estan en bon estat i preparats per ser utilitzats en cas que fos necessari.
- Revisar el sistema d'alliberament de pressió d'emergència de les columnes de destil·lació.
- En tot moment hi haurà d'haver un o més responsables a la sala de control seguint l'operació de l'equip amb el software DCS.

- **Operació**

- Es realitzen extraccions per caps i cues, per a portar-los al laboratori i analitzar-los, per comprovar que composició es l'adequada o estimada.

2.2.5 Subàrea 200-4

En aquesta subàrea es separa el diòxid de carboni de la resta de gasos que no han reaccionat per poder recircular-los al reactor. Per això, els gasos entren a una columna d'absorció AC-201-4, que amb ajuda d'una solució d'aigua-MEA, s'encarregarà de separar els gasos d'oxigen, nitrogen i etilè del diòxid de carboni. Seguidament s'usa una columna de separació *flash*, on es separen les restes dels gasos que es volen recircular del diòxid de carboni dissolt a la solució aigua-MEA. Els gasos es recirculen passant per una sèrie de compressors, expansors i bescanviadors de calor per a tornar a entrar al reactor en les condicions de temperatura i pressió òptimes. Paral·lelament, la solució d'aigua-MEA amb el diòxid de carboni s'envia a la columna de destil·lació DC-201-4, on es realitzarà la separació de la solució del diòxid de carboni. La solució d'aigua-MEA es recircula a la columna AC-201-4 i el diòxid de carboni amb part d'aigua es dirigeix a tractaments de gasos.

- **Supervisió**

- Comprovació de que la temperatura i pressió de cada corrent (en DCS) estiguin dins dels paràmetres de treball.

- Comprovació dels subministres d'aigua i MEA per mantenir aquesta àrea en correcte funcionament.

- **Operació**

- Presa de mostres per caps de la columna DC-201-4, per analitzar-les a un laboratori i assegurar que es compleixen els límits d'emissió d'etilè.
- Revisió del sistema d'alliberament de pressió d'emergència de les columnes.
- Comprovació visual de possibles fuites a les canonades i equips de l'àrea.

2.2.6 Àrea 300

Aquesta àrea està destinada al manteniment. Això inclou la reparació i els tractaments periòdics en els equips per evitar problemes majors. També es troben els *stock* de tots els equips bescanviables de forma senzilla. Aquesta àrea treballa durant tot l'any i aprofita la parada del procés productiu per realitzar el manteniment dels equips més crítics.

2.2.7 Àrea 400

L'àrea 400 correspon a la sala de control. Els treballadors d'aquesta àrea han de supervisar qualsevol pertorbació de les condicions de la planta i assegurar-se que tots els controls funcionen correctament. Per fer-ho utilitzen el sistema d'adquisició DCS, que es tracta d'una aplicació software que proporciona la informació.

2.2.8 Àrea 500

És necessari assegurar que la qualitat de l'òxid d'etilè produït a la planta és la correcta. L'àrea 500 és on es troba el laboratori, equipat amb tot el material, els aparells i la instrumentació necessària per verificar que el producte compleix les especificacions proposades.

- **Supervisió**

- Els treballadors s'han d'assegurar de que tot el material, necessari per realitzar un anàlisi fiable de les mostres extretes dels diferents punts del procés, es troba en bon estat.

- **Operació**

- Les mostres extretes de les diferents línies de procés, seran analitzades al laboratori per comprovar si es compleixen els requisits del producte, com per exemple, la puresa.

2.2.9 Àrea 600

L'Àrea 600 és on es troben tots els equips encarregats de subministrar electricitat, aigua (en les condicions determinades), fluids (nitrogen, vapor d'aigua, fluids tèrmics com refrigerants, etc.) a la planta. Cada equip necessita un tipus de manteniment diferent, això ve definit pels fabricants dels equips, que són els que han realitzat diferents proves per determinar la vida útil de cada part de l'equip en qüestió. L'objectiu d'aquesta àrea és assegurar el bon funcionament de cada equip. També és on es troben les calderes i torres de refrigeració.

- **Supervisió**

- Encara que cada equip necessiti un tipus de manteniment diferent, tots han de ser revisats periòdicament per mantenir un bon funcionament general.
- També es realitzaran revisions periòdiques de les bombes de càrrega y descàrrega, compressors, de les vàlvules i els altres accessoris d'aquesta àrea.

- **Operació**

- Durant les parades de la planta, s'aprofitarà per fer un manteniment exhaustiu en els equips i instruments d'aquesta àrea.

2.2.10 Àrea 700

En aquesta àrea es tracten els residus líquids i residus gasosos que es produeixen a la planta i és on s'assegura una correcta eliminació dels mateixos. Pels residus gasosos, s'utilitzaran torres de RTO (Oxidació Tèrmica Regenerativa) i pels residus líquids, s'instalarà un tractament terciari.

- **Supervisió**

- Es realitza una revisió periòdica del correcte funcionament dels diferents equips i instrumentació que s'utilitza.
- Es verifica que en cap canonada o equip hi hagin fuites.
- Realitzar operacions de neteja en els equips de tractament de residus, per evitar la colmatació i obturació d'aquests.

- **Operació**

- S'han prendre mostres dels productes després dels tractaments i analitzar-los al laboratori per assegurar que es compleixen els límits d'abocament.

Amb el correcte seguiment d'aquests punts i amb una bona implementació, la planta funcionarà de forma segura i correcte, no es pot assegurar una operació perfecte, ja que sempre hi ha imprevists, però amb aquest *modus operandi* s'hi pot apropar.

Bibliografia

- [1] *A Basic Guide to IQ, OQ, PQ in FDA-Regulated Industries*. <https://www.thefdagroup.com/blog/a-basic-guide-to-iq-oq-pq-in-fda-regulated-industries>. Visitat 02-06-2020. 2019.