



PROJECTE ATENEA

Planta de producció d'etilbenzè

TREBALL DE FI DE GRAU
GRAU EN ENGINYERIA QUÍMICA

Tutor: Marc Peris Miras

CIURÓ CASAS, Marcel
PÉREZ GIRALT, Ainhoa
RODRÍGUEZ BIFET, Dídac

ROMÁN PANIELLO, Marina
CARRERA LAUREANO, Patricia Natali
MARTINEZ RODRIGUEZ, Gerard Francesc





PROJECTE ATENEA

Planta de producció d'etilbenzè

CAPÍTOL 8: POSADA EN MARXA

Tutor: Marc Peris Miras

CIURÓ CASAS, Marcel
PÉREZ GIRALT, Ainhoa
RODRÍGUEZ BIFET, Dídac

ROMÁN PANIELLO, Marina
CARRERA LAUREANO, Patricia Natali
MARTINEZ RODRIGUEZ, Gerard Francesc



Índex

8.1. Introducció.....	1
8.2. Objectius.....	2
8.3. Accions prèvies.....	2
8.3.1. Documentació.....	2
8.3.1.1. Certificat de materials.....	3
8.3.1.2. Documents DQ, IQ, OQ i PQ.....	3
8.3.2. Tasques prèvies.....	4
8.3.2.1. Organització i comprovació.....	4
8.3.2.2. Inspeccions.....	4
8.3.3. Proves.....	5
8.3.3.1. Proves hidroestàtiques.....	6
8.3.4. Neteja de línies.....	7
8.3.4.1. Neteja química.....	8
8.3.4.2. Bufat amb vapor.....	9
8.3.4.3. Pigging.....	11
8.3.5. Precomissionament de serveis bàsics.....	13
8.3.5.1. Aire comprimit.....	13
8.3.5.2. Nitrogen.....	13
8.3.5.3. EDAR.....	14
8.3.5.4. Tractament de residus.....	14
8.3.5.5. Caldera.....	14
8.3.5.6. Descalcificador.....	14
8.3.5.7. Grup d'electrògens.....	15
8.3.5.8. Servei contra incendis.....	15
8.3.6. Test run dels equips.....	16
8.3.6.1. Bombes.....	16
8.3.6.2. Reactors.....	16
8.3.6.3. Bescanviadors de calor.....	17
8.3.6.4. Columnes de destil·lació.....	17
8.3.6.5. Tancs d'emmagatzematge.....	17
8.3.6.6. Torre de refrigeració.....	18
8.3.7. Manteniment.....	18
8.4. Handover.....	18
8.5. Punchlist.....	19
8.6. Responsabilitats.....	21
8.7. Posada en marxa des de zero.....	21
8.8. Bibliografia.....	22

PROJECTE ATENEA

CAPÍTOL 8: POSADA EN MARXA

8.1. Introducció

La posada en marxa d'una planta, és l'acció d'arrencar, regular i equilibrar equips i sistema de manera planificada i controlada, per tal d'assegurar un funcionament òptim. Des de ProQject es garanteix la posada en marxa de la planta del Projecte Atenea.

Previ a l'iniciar la posada en marxa, és necessari completar les obres de la planta i construir les instal·lacions dels equips, canonades, vàlvules i altres components essencials. Aquesta fase requereix seguir un protocol establert per garantir una posada en marxa consistent, fiable i reproduïble.

És important assenyalar que existeixen diversos tipus de posada en marxa, que inclouen la posada en funcionament des de zero, que implica passos addicionals, i la posada en marxa després d'una parada planificada. A més d'aquests escenaris, també s'ha tingut en compte la posada en marxa després d'una parada d'emergència, que és un procés més complex i està subjecte a les circumstàncies particulars qui siguin causants de la parada.

En el Projecte Atenea, la parada planificada es du a terme en els primers 15 dies del mes d'agost. Aquesta parada anual serà seguida per una posada en marxa programada una vegada finalitzat aquest període.

Durant la posada en marxa de la planta, és crucial que el personal ja hagi completat la formació necessària i tingui coneixement de les normes de seguretat, com ara l'ús d'equip de protecció individual i l'accés a les diferents àrees. A més, s'inicia la consideració del calendari de producció, que funcionarà durant 350 dies a l'any. Els altres dies estan reservats per a les parades programades de la planta i les tasques de manteniment.

En aquest capítol, explorarem de manera detallada els diversos passos i protocols que s'han de seguir per aconseguir una posada en marxa exitosa de la planta d'etilbenzè dins del marc del Projecte Atenea de l'empresa ProQject. Analitzarem les particularitats de cada situació i identifiquem les mesures clau per garantir una posada en marxa eficient i segura.

Amb una planificació adequada i una execució rigorosa, la posada en marxa de la planta d'etilbenzè serà un moment crític per assolir un funcionament òptim i assegurar l'èxit del Projecte Atenea.

8.2. Objectius

En referència als objectius de la posada en marxa de la planta, és possible identificar diversos aspectes importants.

Des del punt de vista de la constructora, l'objectiu principal és completar la construcció de la planta en el menor temps possible. El seu focus es troba en finalitzar totes les tasques constructives, assegurar-se que els sistemes estiguin en funcionament i preparar la planta per a l'entrada en operació.

Per al personal de la planta, els objectius són diferents. En aquest cas, es busca familiaritzar-se amb les instal·lacions, comprendre el procés de producció, i garantir que la planta funcionarà de manera eficient i segura. També en realitzar proves i verificacions exhaustives de tot l'equipament instal·lat per assegurar el seu correcte funcionament. L'objectiu final és tenir plena confiança en l'operabilitat i la capacitat de la planta.^[1]

8.3. Accions prèvies

Abans d'abordar la posada en marxa de la planta, s'han de dur a terme unes accions prèvies per poder garantir aquesta, de part de la constructora o constructores.

Per poder iniciar les activitats importants de la posada en marxa en servei de la planta, és necessari comptar amb serveis bàsics com l'aigua de xarxa, vapor, aire i electricitat. És per això, que s'ha de prioritzar totes les activitats necessàries per posar en servei calderes, generadors, planta d'aigua i nitrogen.

8.3.1. Documentació

Com en la majoria d'indústries i sectors químics, els equips són comprats a proveïdors externs, de manera que aquests estan obligats a presentar documentació que certifiqui i aprovi el correcte funcionament dels equips.

Aquesta documentació està segmentada en tres blocs:

- Certificat de materials
- Documents DQ, IQ, OQ i PQ
- Manual d'equips, accessoris i instruments

Tota la documentació és vital per assegurar que els equips compleixen amb els estàndards de qualitat i seguretat.

8.3.1.1. Certificat de materials

El certificat de materials, és un document que entrega el proveïdor, juntament amb el nou equip, on proporciona informació detallada sobre els materials utilitzats en la fabricació de l'equip, així com les seves propietats físiques, químiques i mecàniques.

També inclou les dades del proveïdor, com el nom de l'empresa, i informació sobre aquesta, descripció dels materials i procedència, indicant si són materials produïts internament pel proveïdor o subministrats per tercers. De vegades, s'afegeix documents de referència, com normatives o especificacions tècniques aplicades en la fabricació, i una declaració de conformitat, on el proveïdor confirma que els materials utilitzats compleixen amb els requisits específics.

8.3.1.2. Documents DQ, IQ, OQ i PQ

Aquests documents són part d'un conjunt de documents necessaris per a la qualificació i validació dels equips. Cada un d'ells representa una fase específica d'aquest procés, que garanteix el compliment dels requisits operatius i de qualitat establerts.

- DQ (Qualificació de Disseny)

Protocol de verificació per assegurar el disseny proposat pel fabricant es conformen amb els requisits, normes de seguretat, a més de complir amb els requisits operatius del client.

- IQ (Qualificació d'Instal·lació)

És un document que confirma que l'equip ha estat instal·lat correctament, segons les especificacions establertes, verificant que l'equip ha estat col·locat en la ubicació adequada, i que totes les connexions s'han dut a terme correctament. El document pot incloure registre fotogràfic o altres proves visuals.

- OQ (Qualificació Operacional)

És un document que prova i verifica que l'equip funciona adequadament d'acord amb les seves especificacions operacionals. El document es basa en proves de rendiment, com proves de càrrega, capacitat, per garantir el compliment dels requisits.

- PQ (Qualificació de Rendiment)

El document demostra i valida que l'equip compleix amb l'efectivitat, sota dos tipus de condicions, en condicions normals d'operació, i sota els límits d'operació.

8.3.1.3. Manual d'equips, accessoris i instruments

Una altra part important de la documentació, és el manual d'equips, accessoris i instruments, que per la posada en marxa de la planta, proporciona informació essencial per aquesta.

Aquesta documentació sol detallar els manteniments recomanats tant preventius com correctius, detallant les actuacions durant les parades i arrencades, informació sobre els recanvis...

8.3.2. Tasques prèvies

A banda de la documentació prèvia, també hi ha un seguit de tasques prèvies a la posada en marxa. Aquestes van des de l'organització i comprovacions, inspeccions, proves i manteniment.

8.3.2.1. Organització i comprovació

Durant la posada en marxa, es convoquen els futurs operaris, proveïdors i empleats dels proveïdors per a una formació específica dels operaris de la planta i per supervisar l'arrencada dels seus equips des de zero. Això requereix una organització i planificació adequades per a la disponibilitat de tots els proveïdors i treballadors involucrats. Un aspecte rellevant en la posada en marxa és assegurar que els tancs continguin un nivell adequat de reactius per poder activar la planta de manera efectiva.

Pel que fa a les comprovacions, es realitza una exhaustiva verificació prèvia de tot l'equipament de la planta per garantir una instal·lació correcta. Es verifiquen les connexions, els sistemes elèctrics i els sistemes de control. També es revisen i repassen els procediments i protocols de la planta per assegurar-se que són correctes. En cas contrari, s'elaboren noves versions per cobrir les deficiències de les versions anteriors i garantir el bon funcionament de la planta.

8.3.2.2. Inspeccions

Les inspeccions són una part igual d'important, serveixen per assegurar que tot estigui en ordre i preparat per l'inici de l'operació de la planta. Dins de la tasca, es destaquen les següents.

1. Inspecció de l'equipament:

Es fa una inspecció visual detallada de tots els equips de la planta, per comprovar el seu estat, preparació, correcta instal·lació i ubicació. És crucial detectar possibles danys o desperfectes per evitar mals majors.

2. Inspecció del sistema elèctric:

S'ha de fer una inspecció rigorosa dels sistemes elèctrics i assegurar una correcta instal·lació, complint els requisits de seguretat. Fent èmfasi en els panells de control, sistemes de protecció contra sobrecàrregues i les mesures de presa de terra.

3. Inspecció del sistema de canonades:

Una revisió exhaustiva del sistema de les canonades també és primordial, per verificar estiguin ben instal·lades, lliures de bloquejos, fissures o fuites. Es comprova les connexions, les vàlvules i altres components per assegurar que es troben en bon estat.

4. Inspecció de sistemes de control:

Es revisen els sistemes de control i automatització de la planta per assegurar que estiguin configurats correctament i que els paràmetres de funcionament siguin els adequats. Es comprova el sistema de monitoratge i els controladors del procés.

5. Inspecció d'accessoris:

Es du a terme una inspecció de les etiquetes dels equips, vàlvules i canonades, comprovant que estiguin ben etiquetades, seguint els P&IDs.

6. Inspecció sistemes de seguretat:

Una altra inspecció vital és la dels sistemes de seguretat. Comprovar un correcte funcionament d'avisadors, alarmes i tot el sistema contra incendis.

8.3.3. Proves

Les proves permeten verificar el correcte funcionament i la integració adequada dels diferents equips de la planta. Les proves generals més comunes són les següents, i com a prova més específica, hi ha les proves hidroestàtiques.

1. Proves funcionals dels equips:

Es realitzen proves per a comprovar que tots els equips funcionen correctament. Això implica posar en marxa els equips individualment i verificar les seves funcions sense problemes de fallada. Les proves poden incloure proves de pressió, prova hidràulica, proves als dispositius de motor o sistemes de refrigeració...

2. Proves de connexió del sistema:

Aquestes proves verifiquen que tots els components de la planta estiguin correctament connectats i que totes les connexions pneumàtiques, hidràuliques o de fluids siguin adequades. Es busca que no hi hagi interrupcions ni pèrdues de connexió que puguin afectar el funcionament.

3. Proves de control i automatització:

Les proves de control i automatització es basen a verificar el funcionament dels sistemes de control i automatització de la planta, provant els sensors, sistemes de monitoratge i altres elements que permetin supervisar i regular el funcionament de diferents processos. També es

comprova que els paràmetres de control siguin adequats i que les alarmes actuïn acord a les necessitats.

4. Proves de seguretat i emergència:

Es realitzen proves per a comprovar l'eficiència de les mesures de seguretat i emergència, com l'activació de sistemes contra incendis, simulacres d'evacuació, sortides d'emergència, etc.

5. Proves de comunicació i integració:

Es comprova que funcionen correctament els canals de comunicació interns com externs de la planta. Aquestes comunicacions poden ser la transmissió de dades de manera interna, com la comunicació externa amb el 112, bombers, policia...

8.3.3.1. Proves hidroestàtiques

Les proves hidroestàtiques és una del conjunt de proves fetes en la posada en marxa d'una planta per garantir la integritat i resistència de les canonades i equips sotmesos a pressió hidroestàtica. Aquest tipus de prova té com a objectiu verificar que les canonades, vàlvules i altres components siguin capaços de suportar les condicions de pressió i prevenir riscos de fuites o ruptures durant l'operació de la planta.

El procediment de proves hidroestàtiques consisteix a sotmetre als equips o línies a una pressió equivalent a 1,25 vegades la pressió màxima d'operació, a mode de posa a prova la qualitat de la construcció, soldadures, material usat, etc.

Per portar a cap la prova, s'omple el sistema amb aigua, i mitjançant una bomba, s'augmenta lentament la pressió fins a obtenir la pressió requerida. Aquesta pressió es manté durant un temps determinat, més o menys 12 hores, depenent de les recomanacions pròpies del fabricant. Una vegada passat el temps d'observació sense variacions en la pressió ni fuites, es dona per aprovada la prova. Figura 8.1.^[2]



Figura 8.1.- Exemple real proves hidroestàtiques.

La prova mai ha de superar el màxim de pressió per la qual l'equip o línia ha estat dissenyat, i s'ha d'evitar realitzar la prova de pressió amb aire, a causa de l'alt risc que involucra per les persones.

Per a dur a terme la prova hidroestàtica de manera adequada, és important tenir en compte diverses consideracions. En primer lloc, és necessari especificar clarament el sistema que es provarà en un diagrama de canonades i instruments (P&ID). A més, s'ha de retirar tota la instrumentació que pugui existir al sistema, com ara tubs, plaques d'orifici i vàlvules de control.

També és rellevant aïllar del sistema altres equips i línies que tinguin una pressió de disseny més baixa. Això es pot fer utilitzant taps cecs o soldant els extrems. Això assegura que només es provarà el sistema específic i que no hi haurà interferències de pressió amb altres equips o línies.^[3]

8.3.4. Neteja de línies

La neteja de les línies és una tasca essencial en la posada en marxa de la planta. Consisteix a eliminar residus, contaminants i possibles obstruccions, com ara greixos utilitzats durant el transport, compostos inorgànics com Fe, Cu, Sílice, que en dipositar-se en les línies produeixen incrustacions que puguin afectar el funcionament del sistema. Mitjançant diferents mètodes, com ara la neteja amb pigging, bufats de vapor o la utilització de productes químics especialitzats i s'assegura que les canonades estiguin lliures de partícules i impureses. Una vegada acabada la neteja, es provoca la formació d'una capa protectora de magnetita (Fe_2O_3) a l'interior de les línies i equips. Aquesta neteja minuciosa permet assegurar un flux adequat dels

fluids, evitar problemes de contaminació i garantir un funcionament òptim dels equips i processos de la planta química.

8.3.4.1. Neteja química

La neteja química es realitza en diverses etapes per aconseguir una netedat òptima. A continuació, es detallen les etapes del procés.^[5]

1a etapa: Neteja àcida

En aquesta etapa, es fa la neteja amb els compostos de la Taula 8.1, per eliminar greixos i compostos orgànics. La temperatura de treball és de 60°C, ja que el rodine és eficaç al 100% fins als 71°C. Aquesta etapa té una durada de 3 hores.

Taula 8.1. Compostos, percentatges i funcions de la neteja àcida.

Compost	%	Funció
Àcid clorhídric	5	Neteja de línies
Bifluorur d'amoni	0,25	Eliminar el sílice
Rodine	0,2	Inhibidor de corrosió
Thiourea	0,4	Mantenir el Cu en solució

2a etapa: Esbandit

Després de la neteja àcida, es du a terme un esbandit amb aigua desmineralitzada amb un pH entre 6 i 7. El líquid de neteja s'ha de drenar en una fosa adequada per a la neutralització dels productes utilitzats. Durant el drenatge, s'ha de mantenir una atmosfera inerta de nitrogen per prevenir l'oxidació.

3a etapa: Segrestant

Aquesta etapa té com a objectiu segrestar ions fèrrics residus i evitar la seva precipitació com a hidròxids. S'usa àcid cítric al 0,25% amb un pH de 3 i temperatura ambient. La durada de l'etapa és d'una hora, i també es fa el drenatge sota una atmosfera inerta de nitrogen.

4a etapa: Neutralització i passivatge

Aquesta última etapa inclou la neutralització de l'acidesa residual i el passivatge de les superfícies. El passivatge consisteix en la formació d'una capa d'òxid estable, coneguda com a magnetita, a la superfície. Per aconseguir-ho, és recircula una solució de neutralitzants alcalins i oxidants forts (amoníac i nitrat sòdic) amb un pH entre 9 i 10. La temperatura de treball és de 60-80°C i l'etapa té una durada de 3 hores. Aquest procés provoca que la superfície pugui entrar en contacte amb l'oxigen sense oxidar-se.

Després de completar aquesta etapa, es drena el sistema mentre encara està calent per permetre un asseccament ràpid de les superfícies i eliminar la humitat que podria afectar el passivatge.

És important destacar que, tot i que les superfícies es deixen en condicions per entrar en contacte amb l'oxigen de l'atmosfera sense oxidar-se, és recomanable mantenir el sistema en una atmosfera inert fins a la posada en marxa.

8.3.4.2. Bufat amb vapor

És crucial garantir que les canonades dels diferents equips de vapor de la planta estiguin netes de brutícia o restes de construcció que puguin causar danys. Un mètode utilitzat per eliminar aquests residus és el bufat amb vapor. Aquest procés s'aplica a les línies noves i també quan s'han realitzat modificacions posteriors, com reparacions o canvis de disseny.^[6]

El bufat amb vapor consisteix a circular grans quantitats de vapor a través de la línia per escombrar i desplaçar la brutícia. Es recomana que la velocitat de circulació del vapor sigui el doble de la velocitat d'operació.

Durant aquest procés, s'usa un testimoni al final de la línia per determinar quan la línia està neta. Aquest testimoni és una placa que queda marcada pels impactes de les impureses quan surten de la línia. Quan ja no hi ha impactes en el testimoni, significa que la línia està neta. Figura 8.2.^[7]

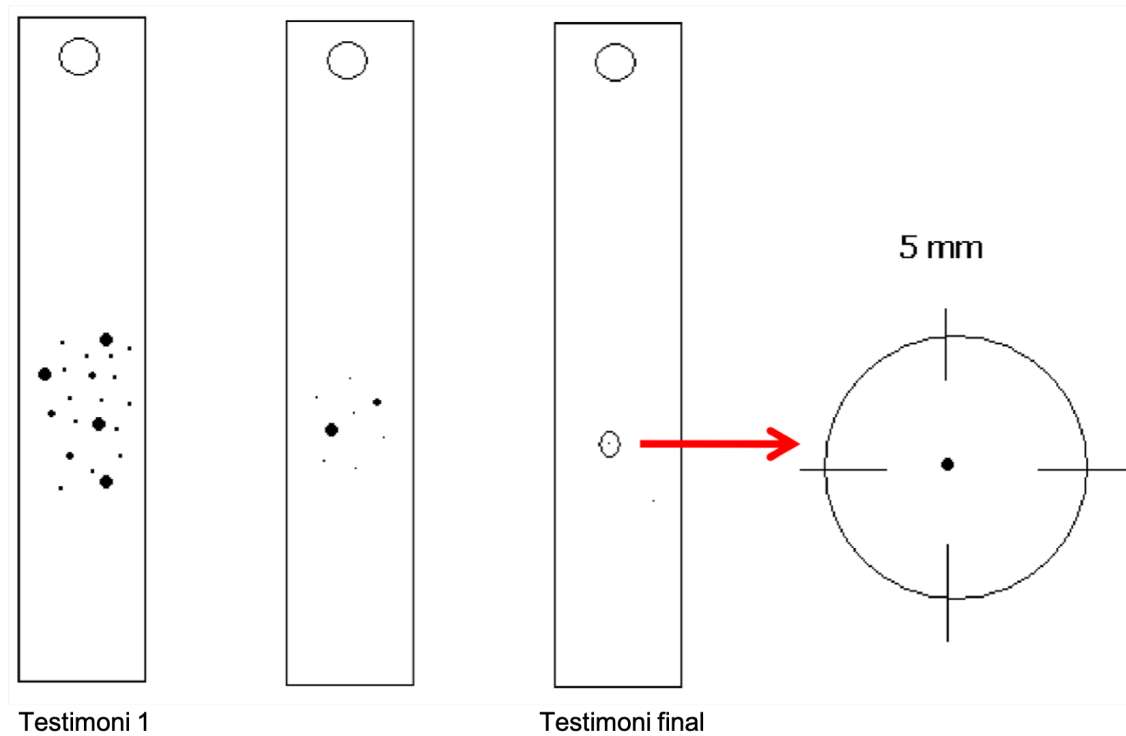


Figura 8.2.- Testimonis bufat amb vapor.

És important tenir en compte que aquest mètode genera soroll a causa de les altes velocitats assolides. També comporta riscos a causa de les altes temperatures, per la qual cosa les seccions de la línia que no estiguin aïllades tèrmicament s'han de senyalitzar adequadament. A més, les zones de venteig, Figura 8.3 ^[8], on s'allibera tota la pressió del vapor, han de ser delimitades i tot el personal que treballi al voltant ha de ser informat sobre el procés de bufat amb vapor i les mesures de seguretat que s'han d'adoptar.



Figura 8.3.- Zones de venteig.

Passos a seguir per dur a terme un bufat amb vapor:

1. Instal·lar el sistema de venteig.
2. Protegir els equips per evitar danys causats per les partícules que escombraran.
3. Escalfar les línies gradualment.
4. Iniciar el bufat amb la màxima quantitat de vapor possible sense instal·lar el testimoni.
5. Repetir aquesta operació com a mínim 3 vegades.
6. Instal·lar el testimoni.
7. Continuar amb els cicles de bufat fins a obtenir un testimoni lliure d'impactes, en la mesura del possible.

8.3.4.3. Pigging

Els "pigs" són dispositius utilitzats principalment per netejar les línies de canonades i prevenir la contaminació creuada entre diferents productes o fluids. Mitjançant l'ús de pigging, és possible buidar completament una línia abans de connectar un altre producte o fluid, reduint al màxim la mescla i la contaminació.^[9]

Aquests dispositius tenen una forma cilíndrica, d'una sola peça i poden tenir una superfície llisa o un revestiment especial. Són construïts amb materials no degradables que no reaccionen amb els productes transferits. A més, són no tòxics ni absorbents i resistent a la majoria dels productes químics de neteja. Els "pigs" són flexibles, bidireccionals i reutilitzables. Figura 8.4.^[10]



Figura 8.4.- Pigs.

L'ús d'aquest mètode proporciona diversos avantatges, com la reducció del temps de neteja, la disminució de la contaminació i els costos dels productes químics de neteja, així com la minimització de les pèrdues de producte.

El funcionament dels "pigs" és senzill. Són introduïts a les línies mitjançant estacions d'injecció que proporcionen l'impuls necessari per al seu moviment. Les estacions d'injecció han de tenir connexions per a la força impulsora, el drenatge i l'espai buit, i al llarg de les línies, es troben mecanismes de localització per saber on es troba el "pig". A l'altre extrem de la línia es troba l'estació de recepció, que té una funció similar a l'estació d'injecció. Figura 8.5.^[11]

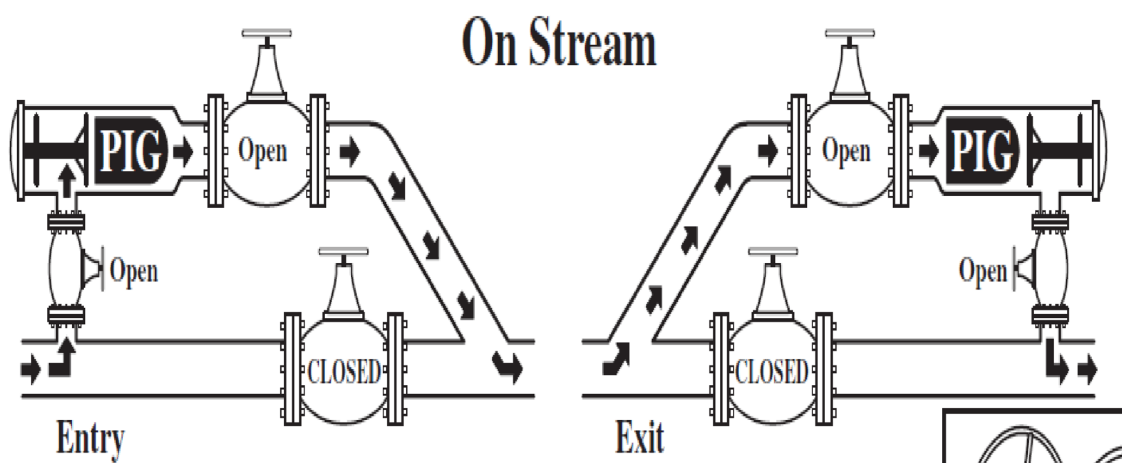


Figura 8.5.- Estació llançadora i receptora del sistema de "pigging".

Els detectors de "pig" solen ser instruments no intrusius i poden detectar mitjançant el camp magnètic generat per un imant col·locat a l'interior del "pig" o també amb senyals lluminosos o commutadors de contacte.

8.3.5. Precomissionament de serveis bàsics

Aquesta etapa implica la posada en funcionament i la comprovació de tots els sistemes i serveis essencials per al correcte funcionament de la planta. El precomissionament implica la verificació i la posada a punt de serveis com ara l'energia elèctrica, l'aigua, l'aire comprimit, els sistemes de ventilació i altres serveis crítics. Aquest procés assegura que tots els serveis necessaris estiguin disponibles i funcionin adequadament abans de procedir amb la posada en marxa completa de la planta.^[4]

8.3.5.1. Aire comprimit

El servei d'aire comprimit és una part essencial de les operacions de la planta, ja que s'utilitza principalment per accionar equips, màquines i elements de control com actuadors i vàlvules.

Una de les tasques importants és comprovar que no hi hagi fuites d'aire comprimit al sistema. A més, es realitzen proves regulars per verificar la pressió de l'aire comprimit. Això es fa usant elements de mesura per assegurar-se que la pressió es manté dins dels límits requerits per a un funcionament òptim dels equips i processos que depenen de l'aire comprimit.

També es fan proves per avaluar la qualitat de l'aire comprimit. Es verifica el nivell d'humitat en l'aire, ja que aquest pot variar segons l'època de l'any. L'alta humitat pot provocar problemes de congelació en les línies d'aire o en els equips que funcionen amb aquesta, afectant el seu rendiment i eficàcia.

8.3.5.2. Nitrogen

Els serveis de nitrogen són igualment rellevants en moltes plantes industrials, perquè el nitrogen és utilitzat per inertitzar equips. Durant la posada en marxa d'una planta, és crucial realitzar proves adequades dels serveis de nitrogen per a assegurar-ne el funcionament adequat i la seguretat.

El primer pas en aquest procés és garantir l'aprovisionament adequat de nitrogen. Una vegada que el nitrogen està disponible a la planta, es porten a cap diverses proves per a comprovar-ne la qualitat i la fiabilitat.

Una de les proves crucials és la verificació de la pressió del nitrogen. Es fan mesures de pressió en diversos punts de la xarxa de nitrogen per a assegurar-se que està dins dels límits requerits. Durant les proves, també és valuós revisar els sistemes de distribució del nitrogen, com ara les canonades i les vàlvules. Es verifiquen les connexions adequades, l'absència de fuites i altres problemes que puguin afectar a la distribució del nitrogen.

8.3.5.3. EDAR

L'Estació Depuradora d'Aigües Residuals és un servei de planta clau, durant la posada en marxa d'una EDAR, es duen a terme diverses tasques i proves per a assegurar-ne el funcionament adequat i l'eficiència del procés de tractament.

Una de les primeres tasques és la inspecció i verificació de tots els equips i sistemes de l'EDAR. Això inclou comprovar el correcte funcionament de les bombes, els mecanismes de control, els sistemes que es continguin, conjunts amb els seus compostos necessaris.

8.3.5.4. Tractament de residus

Les tasques a dur a terme en l'àrea de tractament de residus, es posa a prova per verificar les característiques i el correcte funcionament. També es fan proves del rendiment i eficiència dels equips.

8.3.5.5. Caldera

En les calderes, és important portar a cap una inspecció de tots els components, com ara tubs, vàlvules, elements de control i sensors. Es duen a terme proves de pressió, per assegurar que funciona amb les especificacions establertes, i provant-la a la màxima pressió de treball.

Una vegada fetes les proves, s'ajusta l'equip de manera més convenient per la planta.

8.3.5.6. Descalcificador

Durant la posada en marxa d'un descalcificador, s'han d'acomplir diverses tasques i proves per a garantir el seu correcte funcionament i eficàcia. Primerament, es fa una inspecció visual de l'equipament verificant el bon estat d'aquest. A més, es comprova que totes les connexions estiguin ben ajustades i que no hi hagi fuites d'aigua.

Després, s'inicia el procés de posada en marxa, això inclou la connexió del descalcificador a la font d'aigua. Es continua duent a terme la regeneració inicial. Aquest procés implica la introducció d'una solució regenerant al sistema per a netejar i regenerar les resines que es troben dins del descalcificador. Aquesta solució ajuda a eliminar els ions de calci i magnesi acumulats en les resines i a restaurar la seva capacitat de descalcificació.

Després de la regeneració inicial, es fan les proves de control per a verificar que el descalcificador està funcionant correctament, com ara el flux d'aigua a través del descalcificador i l'ajustament adequat de les vàlvules de control i regulació.

També es porten a cap proves de control de la duresa de l'aigua després del pas per al descalcificador per a assegurar-se que s'està aconseguint el nivell desitjat de reducció de la duresa. Es prenen mostres d'aigua i s'analitzen els nivells de calci i magnesi per a avaluar l'eficàcia del descalcificador.

8.3.5.7. Grup d'electrògens

Els grups electrògens són equips essencials per garantir el subministrament d'electricitat en cas de fallida de la xarxa elèctrica principal. La seva posada a punt implica una sèrie de proves per assegurar el seu correcte funcionament i rendiment.

Abans de realitzar les proves, és important assegurar-se que l'equip disposi del combustible necessari per al seu funcionament.

Es porten a cap proves d'ús en els grups electrògens per mesurar la seva capacitat i subministrament elèctric, així com per avaluar el seu rendiment general, com la regulació de la tensió. Un cop finalitzades, es fa una revisió dels components de manteniment, com ara el nivell d'oli i el sistema d'arrencada, per assegurar-se que estiguin en òptimes condicions.

A més, es verifica que les connexions elèctriques de sortida dels grups electrògens estiguin correctament fixades i aïllades per garantir la seguretat i el bon funcionament. També es comprova la transferència de càrrega, que permet que l'equip prengui el control del subministrament elèctric de la planta en cas de fallada de la xarxa principal.

8.3.5.8. Servei contra incendis

El servei contra incendis és de vital importància per garantir la seguretat i la protecció del personal i les instal·lacions. Per això, és imprescindible dur a terme una posada a punt exhaustiva de tot el sistema i verificar el seu correcte funcionament. Les tasques acomplides inclouen la comprovació de les alarmes i la verificació dels sistemes d'extinció d'incendis.

En la comprovació de les alarmes, es verifica el funcionament adequat tant de les pròpies com dels components relacionats, com ara detectors de fum i detectors de calor. S'assegura que aquests elements estiguin en bon estat i funcionin correctament.

A més, es duu a terme una comprovació de l'estat dels sistemes d'extinció d'incendis, com ara els sistemes d'aspersió d'aigua, els extintors i altres sistemes de protecció contra incendis. Es verifica la seva operativitat i s'assegura que estiguin preparats per respondre eficaçment en cas d'incendi.

8.3.6. Test run dels equips

Un pas crític en la posada en marxa de la planta és el test run dels equips. Aquesta etapa implica posar en funcionament cada equip de la planta de manera progressiva per verificar el seu correcte funcionament i rendiment. Es realitzen proves en condicions reals d'operació per avaluar el comportament dels equips i identificar possibles ajustos o problemes a resoldre abans del funcionament a ple rendiment de la planta. Aquest test run permet validar l'eficiència dels equips i assegurar-se que estiguin en condicions òptimes per a l'operació segura i eficaç de la planta química.

8.3.6.1. Bombes

Després de fer la inspecció i la verificació dels equips, es procedeix a realitzar les proves de funcionament. Previ a les proves, és crucial seguir un procediment específic per a l'encebament dels equips, per tal d'assegurar que les bombes estiguin plenes de fluid i que no hi hagi presència d'aire, evitant així el bombeig en buit i de malmetre l'equip.

A més, es fa una revisió de la lubricació dels components mòbils dels equips. Això és essencial assegurar-se que tots els elements amb una fricció constant estiguin adequadament lubricats i així evitar friccions excessives i desgast prematur.

També es verifiquen altres paràmetres de funcionament i control general dels equips, com ara la comprovació de la pressió de treball, o altres indicadors pel funcionament òptim dels equips.

8.3.6.2. Reactors

Els reactors són components clau i crucials per al funcionament de la planta química, per la qual cosa és vital assegurar-se que estiguin en perfecte estat abans de posar-los en marxa.

Després de dur a terme una inspecció visual, es verifica la presència de la zeolita, un material catalitzador per a les reaccions químiques. És necessari assegurar-se que la zeolita estigui present i en bon estat per garantir una eficient i adequada producció.

Es continua realitzant proves de circulació de fluids per l'interior, comprovant components i sistemes, verificant el seu funcionament. En acabat, els reactors queden encebats i quedant llestos per a l'inici de la producció a la planta.

8.3.6.3. Bescanviadors de calor

La posada a punt dels bescanviadors implica una sèrie de passos crucials per assegurar el seu correcte funcionament. Una vegada la inspecció inicial és aprovada, es procedeix a iniciar la posada en marxa de l'equip.

Els primers passos són fer circular els fluids corresponents a través del bescanviador per comprovar el seu correcte funcionament. Això implica verificar que els sensors i sistemes de control associats estiguin operant adequadament. Aquestes proves permeten identificar qualsevol problema o anomalia que pugui afectar el rendiment o la seguretat del bescanviador.

Un cop s'han portat a cap les proves i s'ha verificat el correcte funcionament del bescanviador, aquest es deixa preparat per a la posada en marxa general de la planta. A partir d'aquest punt, l'equip està llest per a fer les seves funcions.

8.3.6.4. Columnes de destil·lació

Un cop acabada la inspecció visual i verificats els sistemes auxiliars, es du a terme una calibració de tots els instruments de mesura i control que intervenen en el procés inclòs mesuradors de temperatura, cabalímetres i altres dispositius rellevants. La calibració assegura que els instruments ofereixin lectures precises i fiables durant les operacions.

Posteriorment, es procedeix a les proves de l'equip utilitzant un fluid de prova adequat o el fluid en qüestió. Si les proves són satisfactòries i es compleixen els requisits operatius, l'equip es considera preparat per a les operacions regulars.

8.3.6.5. Tancs d'emmagatzematge

Els tancs tenen un paper fonamental dins de la planta química i, per tant, requereixen una posada a punt adequada abans de ser posats en marxa. Després de completar una inspecció visual, la neteja i verificar els sistemes de seguretat, es duen a terme proves d'estanquitat per assegurar-se que no hi ha cap fuga en els tancs. Aquestes proves tracten d'omplir els tancs amb el fluid corresponent o un fluid amb les propietats similars, i comprovar que funcionen adequadament.

A continuació, es procedeix a la calibració dels instruments de mesura, control i seguretat associats als tancs. Aquesta calibració és essencial per garantir que els instruments proporcionin lectures fiables durant el funcionament.

Per posar en marxa la planta, és imprescindible assegurar-se que hi hagi el reactiu necessari als tancs. Aquest reactiu és essencial per iniciar el procés químic i permetre la posada en marxa de la planta de manera eficient. Sense la presència dels reactius, no seria possible començar el procés.

8.3.6.6. Torre de refrigeració

Les torres de refrigeració són equips importants dins dels serveis auxiliars d'una planta, i també requereixen una posada a punt adequada abans de posar-les en marxa.

Després de realitzar una inspecció visual, es procedeix a la neteja del sistema d'aigua de la torre de refrigeració. Aquest procés implica l'eliminació de possibles contaminants i sediments acumulats en el sistema, inclòs els filtres i fent una purga en el sistema.

A més, es porta a cap una comprovació dels motors i ventiladors de la torre de refrigeració. Aquesta verificació té com a objectiu assegurar el bon estat i funcionament d'aquests components clau.

8.3.7. Manteniment

Durant aquestes tasques anteriors, és possible que es detectin problemes en equips, instruments, canonades o accessoris, que necessitin ser reparats o substituïts. A més, en les tasques de manteniment, es realitza una revisió exhaustiva dels equips per identificar possibles desgasts, danys o acumulació de residus com a resultat de les proves realitzades.

També s'inspeccionen els sistemes de lubricació, refrigeració i ventilació per verificar que els nivells són adequats i que no hi ha obstruccions o acumulació de pols que puguin afectar el flux dels equips. Aquesta tasca es fa de manera conjunta pel personal del proveïdor de l'equip i el

personal de manteniment de la planta, proporcionant així una formació en l'equip per a possibles tasques de manteniment futures.

8.4. Handover

El procés d'handover implica la transferència de la responsabilitat i el control de la planta de la constructora al propietari o operador d'aquesta. És fonamental establir un procediment clar que defineixi les etapes i els requisits a complir durant aquest procés.^[12]

Per garantir una transferència adequada, hi ha diversos passos que han de seguir tant la constructora com el propietari de la planta:

- Presència de les dues parts durant les proves hidroestàtiques: És important que tant la constructora com el propietari estiguin presents durant aquestes proves per assegurar que es compleixen els requisits de seguretat i qualitat establerts.
- Elaboració d'una llista de pendents (punchlist): Aquesta llista inclou tots els aspectes pendents de resoldre, com ara línies de canonada, instrumentació, sistemes elèctrics, entre d'altres. Totes aquestes qüestions han de ser abordades abans de la transferència completa de la responsabilitat.
- Protocol de recepció dels equips i recipients: Es requerirà un protocol específic per a la recepció de tots els equips de la planta. Això garantirà que estiguin en bon estat i compleixin els estàndards necessaris abans de ser posats en funcionament.
- Certificat de prova dels equips: És essencial que es generin certificats de prova per a cada equipament instal·lat. Aquests certificats acreditaran que els equips han estat sotmesos a les proves pertinents i compleixen els requisits operatius establerts.
- Certificació i conformitat dels llaços de control: Els llaços de control són essencials per al funcionament eficient de la planta. És necessari que es realitzin certificacions i verificacions per assegurar-se que aquests llaços estiguin correctament configurats i siguin funcionals.

8.5. Punchlist

La punchlist, també coneguda com a commissioning, és una llista detallada de tasques i verificacions que s'han de fer durant la posada en marxa de la planta per a assegurar-se que tot està llest. Aquest procés és vital per a garantir que la planta estigui preparada per a operar de manera eficient i segura.^[13]

A continuació, es mostra en la figura 8.6, la fulla de "punchlist" que s'utilitzarà en les tasques prèvies a l'hora de la posada en marxa de la planta.



PROJECTE ATENEA
PLANTA DE PRODUCCIÓ D'ETILBENZÈ

PUNCH LIST

TASCA	RESPONSABLE	CHECK
Realització de la formació de seguretat als operaris		<input type="checkbox"/>
Realització de la formació dels equips als operaris		<input type="checkbox"/>
Documentació conforme dels equips		<input type="checkbox"/>
Documentació conforme de les canonades		<input type="checkbox"/>
Documentació conforme del sistema de control i servei		<input type="checkbox"/>
Documentació conforme de la instal·lació		<input type="checkbox"/>
Conformitat en la inspecció dels equips		<input type="checkbox"/>
Conformitat en la inspecció de serveis bàsics		<input type="checkbox"/>
Conformitat en la inspecció de canonades		<input type="checkbox"/>
Conformitat en la inspecció del sistema de control		<input type="checkbox"/>
Conformitat en la inspecció general de les instal·lacions		<input type="checkbox"/>
Proves hidroestàtiques superades en els equips		<input type="checkbox"/>
Aprovació del <i>test run</i> dels equips		<input type="checkbox"/>
Aprovació del <i>test run</i> dels serveis bàsics		<input type="checkbox"/>
Revisió de manteniment posterior als <i>tests run</i>		<input type="checkbox"/>
Realització de la neteja química		<input type="checkbox"/>
Realització del venteig amb vapor		<input type="checkbox"/>
Realització del "pigging"		<input type="checkbox"/>

Figura 8.6.- Punchlist de la posada en marxa del projecte Atenea.

8.6. Responsabilitats

En tot el procés de posada en marxa, implica definir les tasques i les persones responsables de dur a terme aquestes etapes crítiques. L'establiment de les responsabilitats clares és essencial per assegurar una transició exitosa cap a l'operació regular de la planta.

En la Taula 8.2^[14], es mostra les activitats i les parts presents.

Taula 8.2.- Activitats i responsabilitats de la posada en marxa.

Activitat de comissament	Constructor	Operaris	Assessors
Proves de fuga i pressió	Ejecuta	Testimoni	
Inspecció d'equips	Ejecuta	Ejecuta	Testimoni
Neteja química, mecànica, flushing...		Ejecuta	Testimoni
Filtres, blinds temporals		Ejecuta	Testimoni
Purgat i inertització		Ejecuta	Testimoni
Secat		Ejecuta	Testimoni
Comprovació d'instrumentació	Ejecuta	Ejecuta	Testimoni

8.7. Posada en marxa des de zero

Una vegada ja realitzats tots els passos previs, i completada la "punchlist", sol queda la posada en marxa de la planta en conjunt, i una verificació final que pot tenir una durada de dies.

En aquest últim pas, es posa en marxa tots els equips amb un funcionament conjunt. Es du a terme alguna prova i formació amb els operaris, per validar la seva capacitat per les noves tasques, i es completa una documentació final, on es completa el final de la posada en marxa, conforme per totes les parts que han participat.

Un cop s'han acomplert totes les tasques prèvies i s'ha completat la llista de punts pendents, arriba el moment de la posada en marxa de la planta en conjunt, seguint el procediment del capítol 9 Operació de la Planta, en l'Apartat 9.5.6. L'arrencada pot requerir diversos dies i realitzar una verificació final conjunta i exhaustiva.

En aquesta darrera etapa, s'inicia el funcionament simultani de tots els equips de la planta. Es porten a cap les últimes proves i formacions amb els operaris per validar la seva preparació per a les noves tasques. A més, es genera una documentació final que certifica el final de la posada en marxa, amb el reconeixement de totes les parts implicades. Aquest pas assegura que tot estigui a punt per començar l'operació regular de la planta.

8.8. Bibliografia

- [1] Espina, Héctor. (2022). Puesta en servicio de una planta [Diapositiva de PowerPoint 11 a 13]. Departamento de Ingeniería Química y Medio Ambiente, Universidad de Magallanes.
- [2] Espina, Héctor. (2022). Puesta en servicio de una planta [Diapositiva de PowerPoint 26]. Departamento de Ingeniería Química y Medio Ambiente, Universidad de Magallanes.
- [3] Espina, Héctor. (2022). Puesta en servicio de una planta [Diapositiva de PowerPoint 20 a 27]. Departamento de Ingeniería Química y Medio Ambiente, Universidad de Magallanes.
- [4] Espina, Héctor. (2022). Puesta en servicio de una planta [Diapositiva de PowerPoint 16 a 19]. Departamento de Ingeniería Química y Medio Ambiente, Universidad de Magallanes.
- [5] Espina, Héctor. (2022). Puesta en servicio de una planta [Diapositiva de PowerPoint 29 a 35]. Departamento de Ingeniería Química y Medio Ambiente, Universidad de Magallanes.
- [6] Espina, Héctor. (2022). Puesta en servicio de una planta [Diapositiva de PowerPoint 37 a 50]. Departamento de Ingeniería Química y Medio Ambiente, Universidad de Magallanes.
- [7] Espina, Héctor. (2022). Puesta en servicio de una planta [Diapositiva de PowerPoint 48]. Departamento de Ingeniería Química y Medio Ambiente, Universidad de Magallanes.
- [8] *Steam /Air Blowing*. (2023, January 5). Petrotec. Retrieved June 3, 2023, from <https://petrotec.com.qa/steam-air-blowing/>
- [9] Espina, Héctor. (2022). Puesta en servicio de una planta [Diapositiva de PowerPoint 51 a 67]. Departamento de Ingeniería Química y Medio Ambiente, Universidad de Magallanes.
- [10] *Pigs de limpieza para ductos*. (n.d.). Plasticoil Ecuador Polly Pig limpieza y mantenimiento de tuberías. Retrieved June 3, 2023, from <https://plasticoilec.com/productos/pigs-de-limpieza-para-ductos/>
- [11] Espina, Héctor. (2022). Puesta en servicio de una planta [Diapositiva de PowerPoint 61]. Departamento de Ingeniería Química y Medio Ambiente, Universidad de Magallanes.
- [12] Espina, Héctor. (2022). Puesta en servicio de una planta [Diapositiva de PowerPoint 14 a 16]. Departamento de Ingeniería Química y Medio Ambiente, Universidad de Magallanes.
- [13] Ramos, D. (2020, March 11). *Construction Punch Lists: Definition & Process*. Smartsheet. Retrieved June 3, 2023, from <https://www.smartsheet.com/content/construction-punch-list>
- [14] Espina, Héctor. (2022). Puesta en servicio de una planta [Diapositiva de PowerPoint 29 a 35]. Departamento de Ingeniería Química y Medio Ambiente, Universidad de Magallanes.