



# PLANTA DE PRODUCCIÓ D'ETILBENZÈ

TREBALL DE FI DE GRAU

Enginyeria Química

**Tutor: Rafa Bosch**

Nina Chavchavadze  
Sonia Guerrero Estrada  
Carlos López Giraldez  
Pau Millàs Garcia  
María Fernanda Tomé Cabrera  
Pau Vila González

**UAB**

Universitat Autònoma de Barcelona

**e** escola  
d'enginyeria



# PLANTA DE PRODUCCIÓ D'ETILBENZÈ

CAPÍTOL 09:  
OPERACIÓ DE LA  
PLANTA

**Tutor: Rafa Bosch**

Nina Chavchavadze  
Sonia Guerrero Estrada  
Carlos López Giraldez  
Pau Millàs Garcia  
María Fernanda Tomé Cabrera  
Pau Vila González

**UAB**  
Universitat Autònoma de Barcelona

**e** escola  
d'enginyeria



---

## ÍNDIX

<b>9. Operació en planta.....</b>	<b>6</b>
9.1. Introducció.....	6
9.2. Departaments de l'empresa.....	7
9.3. Operació per àrees.....	8
9.3.1. Àrea de serveis (A-100).....	8
9.3.2. Àrea d'emmagatzematge de reactius (A-200).....	9
9.3.3. Àrea de condicionament de reactius (A-300).....	9
9.3.4. Àrea de reacció d'alquilació (A-400).....	10
9.3.5. Àrea de reacció de transalquilació (A-500).....	11
9.3.6. Àrea de purificació i recuperació de producte (A-600).....	11
9.3.7. Àrea d'emmagatzematge de producte (A-700).....	11
9.3.8. Àrea contra incendis (A-1400).....	12
9.3.9. Àrea de gestió de residus (A-1500).....	12
9.3.10. Altres àrees.....	12
9.4. Funcionament sistemes de refrigeració i calefacció.....	12
9.4.1. Circuit d'oli tèrmic a alta temperatura.....	13
9.4.2. Circuit d'oli tèrmic a mitja temperatura.....	13
9.4.3. Circuit d'aigua de refrigeració.....	13
9.4.4. Circuit d'aigua glicolada.....	14
9.5. Bibliografia.....	15

## 9. Operació en planta

### 9.1. Introducció

Un cop s'ha posat en marxa la planta de BenzEt S.L. en la seva totalitat i s'ha aconseguit establir el procés fins arribar a l'estat estacionari ja es pot procedir a realitzar el control de l'operació en planta fins a la següent parada planificada o parada d'emergència.

L'operació en planta es defineix com l'agrupació d'actuacions efondades a la solució de problemes del procés, de l'ús de tecnologies de producció i el mostreig de variables o paràmetres del procés, assegurant així la qualitat i el rendiment de producte conforme als plans de producció i les normatives de seguretat i ambientals. <sup>[1]</sup>

Gràcies al grau d'automatització de la planta, el qual és proper al 100%, no és necessari que les diferents operacions de planta que requereix el procés productiu es duguin a terme pels operaris de forma manual.

Tot i això, existeixen diverses tasques no automatitzables que requereixen de raonaments i/o criteris que només poden ser realitzades per personalment degudament qualificat, aquestes tasques es mostren a continuació:

- Supervisió i mostreig del sistema de control del procés.
- Resolució de irregularitats i problemes del sistema de control.
- Realització d'un control de qualitat dels reactius importats i del producte periòdic.
- Realització de les càrregues i descàrregues de reactius i producte en discontinu.
- Optimització del procés i aportació d'idees de millora contínua .
- Realització del manteniment, reparació, substitució o supervisió dels equips.
- Resolució d'incidents i/o accidents de la planta.

A més, cal destacar que el personal de la planta es troba principalment a les àrees de sala de control i a les oficines i laboratori. De totes maneres, si es presentés qualsevol irregularitat en el procés el personal té permís a accedir a l'àrea afectada si es requereix la seva presència.

## 9.2. Departaments de l'empresa

L'empresa es divideix en un seguit de departaments en funció de les tasques a realitzar, aquests es presenten en el present apartat.

**Departament de direcció tècnica.** Gestió dels recursos de l'empresa i de la presa de decisions rellevants que puguin afectar a la rendibilitat de la plana, tant econòmica com productiva.

**Departament de producció.** Control i gestió de les àrees implicades en el procés productiu.

**Departament de control de qualitat.** Revisió i verificació de l'estat i la qualitat dels reactius importats i del producte fabricat.

**Departament de seguretat i medi ambient.** Responsabilitat de l'aplicació de les mesures de seguretat pertinents i del compliment d'aquestes a més de la proposició de noves mesures a implementar amb l'objectiu d'estar en millora contínua.

**Departament de I+D.** Experimentació, investigació i recerca de noves idees a implementar en el procés per tal d'optimitzar-lo.

**Departament de logística.** Planificació i gestió dels transports que entren i surten continuament de la planta industrial.

**Departament comercial.** Contacte amb proveïdors de matèria primera i amb compradors de producte.

**Departament de recursos humans.** Gestió de la plantilla de treballadors, nòmines i altres tràmits administratius requerits per l'empresa.

**Departament d'enginyeria.** Compres de nous equips i altra instrumentació, control exhaustiu dels paràmetres del procés, gestió i millores dels aspectes tècnics i operacionals del procés.

**Departament de manteniment i neteja.** Revisió, manteniment, reparació i neteja dels equips de la planta que conformen el procés productiu.

### 9.3. Operació per àrees

En aquest apartat es descriuen totes les activitats programades que realitza el personal al llarg del funcionament estable i continu de la producció en cada àrea de la planta.

#### 9.3.1. Àrea de serveis (A-100)

Aquesta és una àrea fonamental de la planta ja que es troben tots els serveis de planta que necessiten els diferents equips implicats en el procés com per exemple fluids de refrigeració, subministre elèctric i nitrogen per inertitzar i reduir el perill d'explosió. És per això que es realitzen revisions freqüents respecte l'estat de les instal·lacions i dels equips d'aquesta àrea.

Pel cas del tanc de nitrogen líquid i el corresponent evaporador l'empresa proveïdora, en aquest cas Linde, és l'encarregada de realitzar les revisions i el manteniment dels equips. Els treballadors de BenzEt S.L. únicament han de revisar l'estat del tanc i l'evaporador per tal de comprovar que no hi ha cap fuga i que el funcionament dels equips és l'òptim.

Respecte les tres torres de refrigeració ubicades en aquesta àrea és necessari realitzar purgues periòdiques de l'aigua el temps d'aquestes purgues està estipulat pel fabricant de l'equip. El purgat és útil per eliminar impureses del fluid com ara bé sals i alhora millorar el seu rendiment. A més a més, es requereix la revisió dels ventiladors i de l'estat de totes les parts dels equips.

El chiller no necessita cap purgat freqüent, el manteniment és suficient amb revisions periòdiques dels treballadors de la planta per comprovar el bon estat de totes les parts de l'equip. Si es detectessin impureses en el fluid refrigerant o si aquest es troba en mal estat sí seria necessària la purga d'aquest i la substitució del fluid, havent d'aturar el funcionament i tornar a posar en marxa el chiller amb el nou fluid refrigerant.

El compressor que proporciona aire comprimit a les vàlvules de control pneumàtiques de la planta serà revisat també pel propi proveïdor dels equips, fent revisions periòdiques i realitzant el manteniment indicat al manual tècnic. Els treballadors de la planta s'encarreguen d'assegurar el bon estat dels equips i de realitzar el corresponent manteniment del compressor d'aire.



Finalment, respecte la turbina de gas, és necessari assegurar contínuament el correcte funcionament de l'equip i comprovar el bon estat d'aquest degut a la seva importància en la planta industrial ja que la turbina aporta tota l'energia elèctrica de la planta. Al grup electrogen se li realitzaran proves mensuals per comprovar el seu funcionament.

### **9.3.2. Àrea d'emmagatzematge de reactius (A-200)**

En aquesta àrea només es troben els deu tancs d'emmagatzematge de reactius, concretament de nou de benzè líquid i un tanc pulmó d'etilè. El manteniment dels tancs es realitza al llarg de la parada planificada de la planta a l'agost.

Els operaris al llarg de l'operació de la planta han de realitzar un seguit d'accions en aquesta zona. A les tasques relacionades amb la descàrrega de camions i conseqüentment l'ompliment de tancs els treballadors primerament han de verificar que la substància a introduir al tanc sigui la indicada, un cop es comprova s'han de fer les pertinents modificacions manuals a les vàlvules d'entrada i sortida dels tancs i també hauran de connectar les mànegues dels sortidors als camions.

A més a més, també s'ha de revisar freqüentment l'estat dels tancs i de les canonades i instruments de la zona, comprovar que no hi ha fissures o reactiu als cubetos i avisar de properes faltes de stock.

Cal destacar que els treballadors han de disposar d'EPIs per treballar en aquesta zona.

### **9.3.3. Àrea de condicionament de reactius (A-300)**

A l'àrea de preparació de reactius es troba un forn, equips d'expansió i un tanc pulmó d'etilè.

Les accions a realitzar pels operaris són:

D'una banda el seguiment dels paràmetres proporcionats pels elements de control i realitzar revisions periòdiques de tots els equips, canonades, vàlvules i també els instruments que es troben a la zona.

D'altra banda s'ha de realitzar el manteniment pertinent als equips d'expansió els quals estan doblats i cada mes es connectarà l'equip que no està operatiu per deixar reposar els motors, realitzar les calibracions pertinents i també allargar la vida útil dels equips.

Cal afegir que és de vital importància controlar especialment el paràmetre de la temperatura del forn i s'ha d'actuar ràpid si hi ha qualsevol desviació de la temperatura. Això és així ja que aquesta és una variable crítica degut a que si la temperatura baixa considerablement al forn la reacció d'alquilació i de transalquilació no es durà a terme i contràriament si la temperatura és massa elevada creix el perill d'autoignició dels reactius o de que es donin reaccions indesitjades.

Finalment, els treballadors també hauran de verificar que el subministre de combustible i la ventilació al forn siguin les adequades.

#### **9.3.4. Àrea de reacció d'alquilació (A-400)**

Aquesta és una de les zones més crítiques de la planta ja que és on es troben els tres reactors multitubulars catalítics del procés encarregats de produir el producte de la planta. A més, també hi ha instal·lats un conjunt de bescanviadors de calor.

Els treballadors hauran de seguir les següents directrius en condicions d'operació normal de la planta:

Primerament, s'ha de realitzar la revisió dels elements de control, les vàlvules i les canonades de l'àrea. També es supervisen tots els paràmetres del procés des de la sala de control, havent d'actuar d'acord a les necessitat si així ho requerís la situació.

Respecte els reactors, s'haurà de substituir el catalitzador manualment un cop a l'any al llarg de la parada planificada. Caldrà assegurar-se de que la temperatura i la pressió a l'interior del reactor és la indicada, havent d'activar el sistema de refrigeració en cas d'emergència si la temperatura augmenta per sobre dels límits establerts.

Cada 7 dies els operaris prenen una mostra a la sortida del reactor R-403 per tal d'inspeccionar-la als laboratoris i comprovar que la qualitat del producte es manté.

És imprescindible comprovar l'estat de tots els equips, principalment dels reactors i també observar la formació d'incrustacions o obstruccions a les diferents parts dels bescanviadors de calor, havent de ser netejats si fos necessari.

### 9.3.5. Àrea de reacció de transalquilació (A-500)

En aquesta zona únicament es troba un bescanviador de calor i el reactor de transalquilació. Les ordres a seguir pels operaris són les mateixes que a l'àrea A-400.

### 9.3.6. Àrea de purificació i recuperació de producte (A-600)

Una altra àrea de gran importància a la planta és la de purificació i recuperació del producte on s'aconsegueix la puresa desitjada d'aquest mitjançant tres columnes de destil·lació en sèrie. També s'han instal·lat altres equips com per exemple bombes.

Els treballadors de la planta hauran de revisar l'estat dels equips, canonades i accessoris de l'àrea i comprovar el correcte funcionament d'aquests.

També cal monitoritzar i supervisar els diferents paràmetres del procés proporcionats pels elements i llaços de control dels equips.

En principi, si l'estat dels equips és correcte no es realitza cap manteniment de les columnes de destil·lació fins a la parada planificada i les bombes s'alternen cada mes per evitar la sobrecàrrega dels motors i allargar la vida útil dels equips.

Finalment, es prendran mostres dels corrents de caps de les tres columnes de destil·lació per tal d'analitzar-les i comprovar el correcte funcionament dels equips.

### 9.3.7. Àrea d'emmagatzematge de producte (A-700)

En aquesta zona es troben els tancs d'emmagatzematge de producte. Les accions a realitzar pels operaris són pràcticament les mateixes que a l'àrea A-200.

Les diferència principal és que s'ha de verificar que el camió a carregar està completament buit i no conté reactius o altres substàncies.

De la mateixa manera que a l'àrea A-200 també s'haurà de connectar manualment la mànega del sortidor al camió i verificar la connexió. El manteniment dels tancs es realitzarà al llarg de la parada planificada.

També s'ha de revisar freqüentment l'estat dels tancs, les canonades i els instruments de la zona, comprovar que no hi ha fissures o producte als cubetos i revisar els nivell dels tancs de producte per comprovar el stock disponible i la capacitat disponible dels tancs.

Es prendran mostres cada 5 dies del tanc d'emmagatzematge ple més antic per tal d'analitzar-la i comprovar la qualitat i les seves propietats i així assegurar que es ven el producte en bon estat.

Es destaca que els treballadors han de disposar d'EPIs per treballar en aquesta zona.

### **9.3.8. Àrea contra incendis (A-1400)**

L'únic paràmetre a revisar pels operaris en aquesta àrea és el nivell de la bassa contra incendis, verificant que és l'establert.

També es realitzen comprovacions de les diferents vàlvules de sortida d'aigua de la bassa per assegurar el seu funcionament si es requerissin. A més, es realitzen proves setmanals del sistema contra incendis per assegurar el bon funcionament.

### **9.3.9. Àrea de gestió de residus (A-1500)**

En aquesta zona es troba la torxa on es cremen els corrents provinents dels discs de ruptura i les vàlvules de seguretat d'alguns equips. Els operaris han de comprovar el correcte funcionament de les vàlvules, la disponibilitat de combustible per si és necessari l'ús de l'equip i també la comprovació del bon estat de la torxa i les instal·lacions.

### **9.3.10. Altres àrees**

La resta d'àrees de la planta com ara bé els vestuaris, laboratoris i oficines, el taller, les sales de control d'accés i la sala de control no necessiten cap presència ni hi ha establert cap protocol a seguir pels operaris a la planta.

S'informa que els treballadors són responsables d'informar sobre l'estat de la seva corresponent àrea de treball.

## **9.4 Funcionament sistemes de refrigeració i calefacció**

S'ha decidit de dedicar un apartat d'aquest capítol als sistemes de refrigeració i calefacció perquè poden resultar complexos. En general hi ha 4 circuits de fluids de refrigeració o calefacció:

- Circuit d'oli tèrmic a alta temperatura (350°C - 250°C)
- Circuit d'oli tèrmic a mitjana temperatura (300°C - 120°C)
- Circuit d'aigua de refrigeració (30°C - 40°C)

- Circuit d'aigua glicolada (-10°C - 0°C)

A continuació es descriurà els circuits en més detall.

#### **9.4.1 Circuit d'oli tèrmic a alta temperatura**

Aquest circuit està format pels bescanviadors E-401, E-402, E-403 i Rb-603. Bàsicament, hi circula oli tèrmic a 10 bars de pressió. Aquest oli s'utilitza per refredar el fluid que surt dels reactors, per tal de compensar l'energia que es genera en la reacció exotèrmica. Redueix aproximadament el fluid fins a 400, escalfant-se l'oli tèrmic de 250 °C a 350 °C en els 3 reactors. Després d'haver-se escalfat l'oli tèrmic, s'utilitza com a fluid calefactor en el reboiler Rb-603, on perd tota l'energia que havia obtingut en els condensadors, baixant la seva temperatura fins a 250 °C un altre cop.

#### **9.4.2 Circuit d'oli tèrmic a mitja temperatura**

Aquest circuit està format pels bescanviadors E-404, Rb-601 i Rb-602. En aquest, hi circula oli tèrmic a 4 bar. Aquest fluid s'utilitza per refredar el corrent principal després del bescanviador E-404 de 382 °C fins a 156 °C. Per aprofitar aquesta energia, es fa circular el cabal d'oli tèrmic pels evaporadors Rb-601 i Rb-602 com a fluid calefactor. Com que la temperatura a la que està el fluid a evaporar de l'evaporador Rb-602 és més gran, el fluid passa primer per l'evaporador Rb-602 i després per l'evaporador Rb-601. El salt tèrmic és suficient en tots els casos.

#### **9.4.3 Circuit d'aigua de refrigeració**

Aquest circuit utilitza aigua a temperatura de 30 °C. La temperatura d'aquest fluid depèn de la temperatura i humitat que hi hagi a l'ambient, ja que s'utilitzen torres de refrigeració. Això pot fer variar una mica els valors de temperatura d'aquest circuit, i conseqüentment d'alguns altres. Aquest circuit es basa en 3 torres de refrigeració en paral·lel que proveeixen d'aigua a 30 °C diferents equips que necessiten refrigerar-se. En concret són els bescanviadors E-405, E-601 i els condensadors Cd-602 i Cd-603. L'aigua de refrigeració, després de passar per aquests equips, torna a les torres de refrigeració per refredar-se. Les pèrdues d'aigua de les torres s'han de compensar amb aigua nova de xarxa descalcificada.

---

#### 9.4.4 Circuit d'aigua glicolada

Aquest circuit es basa en la necessitat del condensador Cd-601 de condensar un vapor a 12,27 °C. Per fer això, s'ha decidit d'utilitzar un fluid a -10 °C que es generarà al chiller.

Aquest fluid anirà fins al condensador, on s'escalfarà fins a 0 °C. Finalment tornarà al chiller per tal de tornar-se a refredar fins a -10 °C.

---

## 9.5. Bibliografia

[1] *Tecnología en operación de plantas y procesos industriales*. (s. d.). Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco. Recuperat 29 de maig de 2023, de <https://tecnologicocomfenalco.edu.co/tecnologia-en-operacion-de-plantas-y-procesos-industriales/#:~:text=Es%20una%20disciplina%20de%20la,los%20planes%20de%20producci%C3%B3n%20y>