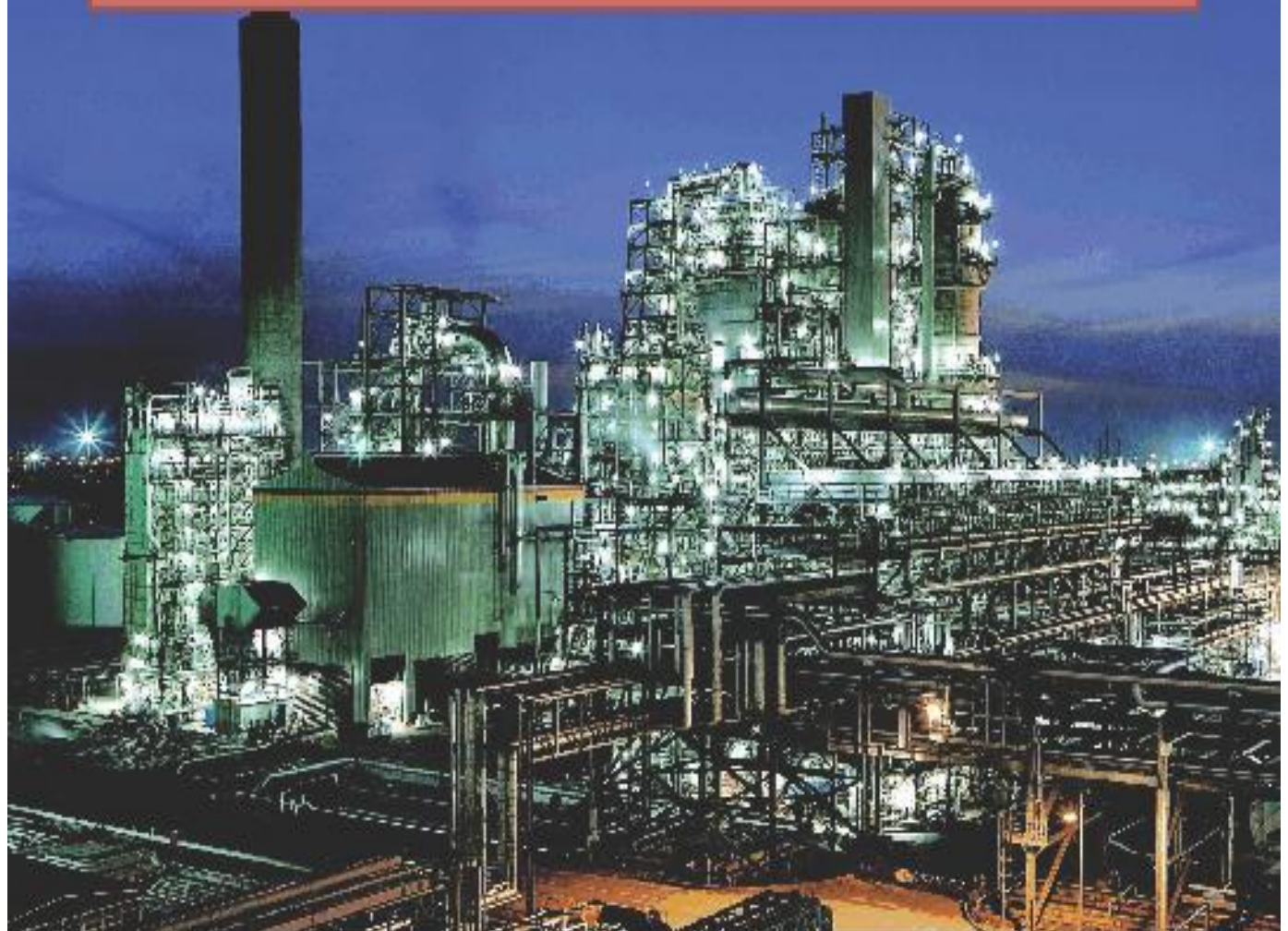


**2012**

# PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ACRILONITRILO



Carolina Alonso Lara  
Adrià Checa Aranda  
Marc Giménez Soligó  
Esther Martínez Font  
Adela Paz Fernández

Tutor : Javier Lafuente Sancho

# 8. Puesta en marcha

8. Puesta en marcha

8.Puesta en marcha.....	4
8.1 Introducción .....	4
8.2 Tareas previas a la puesta en marcha .....	4
8.3 Puesta en marcha de servicios .....	6
8.4 Puesta en marcha desde cero .....	7
8.4.1 Área de almacenamiento: A-100 y A-1300 .....	8
8.4.2 Área de reacción.....	8
8.4.3 Área de lavado de gases.....	9
8.4.4 Área de extracción .....	10
8.4.5 Área de purificación .....	10
8.4.5 Área de producto acabado .....	11
8.5 Puesta en marcha después de una parada .....	11
8.6 Parada de planta .....	11

## **8.Puesta en marcha**

### **8.1 Introducción**

En este apartado se detallan los pasos a seguir para la puesta en marcha de la planta de producción de acrilonitrilo. En primer lugar se explican las tareas previas, después la puesta en marcha desde cero y finalmente la puesta en marcha después de una parada de la planta.

### **8.2 Tareas previas a la puesta en marcha**

A continuación se presenta un listado de tareas que se han de realizar antes de comenzar con la puesta en marcha de la planta. Esto se conoce como checklist, que se hace agrupando las tareas según el tipo de actividad para facilitar el seguimiento. (C.R. Branan, 2002).

#### 1. Mantenimiento

- Personal organizado.
- Materiales y equipos de reposición en el almacén.
- Herramientas especiales y procedimientos.
- Procedimientos de inspección de equipos establecidos.
- Disponer de lubricantes y otros materiales necesarios para el mantenimiento.

#### 2. Inspecciones

- Revisar la estructura y el interior de los tanques.
- Revisar que la red de tuberías e instrumentación concuerde con los diagramas de ingeniería.
- Colocación adecuada de los equipos que garantice su acceso y operabilidad.
- Provisiones de toma de muestras.

#### 3.Test de presión, limpieza, secado y purgas

- Test de presión a equipos y tuberías.
- Limpieza de tuberías y equipos.
- Soplado de las líneas de instrumentación.
- Test de continuidad con aire.
- Test de vacío.
- Expansión de tuberías y equipos (comprobación del movimiento libre).

8. Puesta en marcha

4. Comprobación del suministro y servicios de planta.

- Grupo electrógeno
- Energía eléctrica e iluminación
- Aislamiento y seguridad
- Agua de refrigeración
- Vapor
- Condensados

5.Laboratorio de control de calidad

- Personal y equipo
- Horarios de muestra establecido
- Especificación de productos y materias primas

6.Equipamiento

- Motores eléctricos: Rotaciones y test sin carga.
- Compresores centrífugos: Operaciones preliminares de lubricación, instrumentación y control comprobados.
- Equipamiento a vacío: test de funcionamiento.
- Bombas: Calibración.
- Instrumentación: Soplado con aire limpio, secado, calibrado.

7.Preparaciones de operación

- Disponibilidad de herramientas de mano, escaleras y mangueras.
- Material para el producto acabado disponible: Contenedores, sacos...

8.Seguridad

- EPI (Equipo de protección individual) disponible
- Primeros auxilios y asistencia médica disponible
- Materiales de primeros auxilios disponibles: máquinas, antídotos, camillas...

9.Protección contra incendios

## 8. Puesta en marcha

- Procedimientos de extinción contra incendios previsto
- Procedimiento de actuación en caso de incendio, fuga o explosión
- Disponibilidad de elementos contra incendios: extintores, espumas, mangueras...
- Brigada contra incendios organizada y preparada

### 10. Pruebas mecánicas

Las pruebas mecánicas sólo se realizan la primera vez que se ponga en marcha la planta, siempre y cuando no se haga ninguna modificación en el proceso. Las pruebas se realizan para asegurar el buen estado de los equipos.

- Prueba hidráulica:

Consiste en un test de continuidad con aire y expansión de cañerías y equipos (comprobación de movimiento libre). De esta forma se hace pasar agua descalcificada pigmentada (para poder apreciar fugas) por todos aquellos equipos, tuberías y accesorios por los que circulará un líquido durante el proceso de producción. Por los equipos o tuberías por los que circulará aire o vapor de agua se hace pasar aire.

- Prueba a presión:

Estas pruebas consisten en comprobar que los equipos que se han diseñado para operar a presión, realmente pueden soportar esa presión. Se inyecta aire comprimido por las entradas auxiliares de los diferentes equipos hasta alcanzar la presión de diseño. Después se cierra la válvula de entrada, aislando totalmente el equipo y se comprueba si la presión interna varía o realmente se mantiene constante.

## **8.3 Puesta en marcha de servicios**

### 1. Activación del sistema eléctrico

Durante la puesta en marcha toda la planta recibe el suministro de electricidad de la estación transformadora, ya que la turbina que aporta electricidad durante el periodo de operación, aún no se encuentra operativa.

Esta operación se lleva a cabo por los trabajadores encargados del mantenimiento eléctrico.

### 2. Activación del sistema de protección contra incendios

Se debe comprobar que los hidrantes de la planta funcionan correctamente. Las válvulas de control tienen que ser operadas manualmente, hasta que el sistema de aire esté disponible en toda la planta. Por último, se comprueba que no hay pérdidas en las tuberías.

### 3. Activación del sistema de aire comprimido

## 8. Puesta en marcha

De esta manera todas las válvulas de control ya pueden operar de forma automática. Cabe mencionar que para la puesta en marcha de todos los equipos que lo requieran, primero se opera de forma manual y una vez ya se está hecha la puesta en marcha, se activa el control automático.

### 4. Activación de las torres descalcificadoras

Se deben poner en funcionamiento, ya que esta agua se utiliza, para la caldera para los chillers, para las torres de refrigeración y para el proceso.

### 5. Puesta en marcha de torres de refrigeración y chiller

El sistema de chiller y de torres de refrigeración de la planta, trabaja en un sistema cerrado, no obstante, la primera vez que se pone en marcha dicho sistema se debe llenar la balsa con la cantidad de agua descalcificada para el ciclo cerrado de chillers y torres de refrigeración.

Por tanto, en primer lugar se llena la balsa con agua descalcificada y a continuación, se hace pasar el caudal de esta agua necesario para los chiller por las torres de refrigeración. El agua que sale de las torres se envía a la serie de cuatro chillers y, una vez estos consiguen operar efectuando un salto térmico de 10 a 5 °C, se envía parte de la corriente de salida al chiller CH-606 y se recircula hasta que éste realice un salto térmico de 5 a 0°C. Por último, se aporta el caudal necesario de agua descalcificada para el correcto funcionamiento de las torres.

### 6. Puesta en marcha de la caldera

En primer lugar se debe comprobar que la caldera contiene el nivel de agua adecuado y asegurarse que el suministro de gas natural es el requerido para poner en marcha los quemadores.

El vapor obtenido se utiliza para aclimatar las tuberías de vapor de planta, donde se producen condensados que se dirigen a la red de condensados de la sala de calderas.

### 7. Activación del sistema de nitrógeno

Para poner en marcha la planta el nitrógeno tiene que estar en activo para que todos los equipos estén inertizados. Se inertizaran todas las unidades que presenten riesgo de incendio, ya que con el nitrógeno se evitan atmósferas inflamables.

### 8. Puesta en marcha de tratamiento de gases y líquidos

Las instalaciones requeridas para el tratamiento de gases y líquidos deben ser funcionales antes de empezar la puesta en marcha del proceso.

## 8.4 Puesta en marcha desde cero

Inicialmente se deben realizar todas tareas descritas anteriormente, y una vez efectuadas y con las tuberías llenas se puede proceder a encebar las bombas y dejarlas preparadas para su posterior funcionamiento.



#### **8.4.1 Área de almacenamiento: A-100 y A-1300**

Una vez realizada la puesta en marcha de los servicios, estos están preparados para entrar en funcionamiento en cualquier momento. Del mismo modo, el área de tratamiento de líquidos y gases está preparada para recibir los líquidos y gases del proceso.

Primero se comprueba que el propileno entre por tubería. Al mismo tiempo, se debe supervisar la llegada y carga de amoníaco en sus respectivos tanques. De igual modo deben llenarse los tanques de hidroquinona y ácido sulfúrico, en este último caso se controla que la concentración de la solución sea la indicada, mediante un control de pH.

Procedimiento de carga de un tanque:

1. Comprobar que las válvulas de entrada del tanque a llenar estén abiertas.
2. Comprobar que las válvulas de salida del tanque estén cerradas.
3. Proceder al llenado del tanque.

Una vez llenado el primer tanque de una misma sustancia, el sistema de control abre y cierra las válvulas pertinentes para que el flujo sea dirigido al siguiente tanque.

Es importante a hacer un análisis de calidad de las materias primas que garantice que están dentro las especificaciones.

#### **8.4.2 Área de reacción**

A continuación, una vez llenos los tanques, se procede a la carga del catalizador en el reactor. Esta carga se realiza con aire caliente a una temperatura suficientemente elevada y debe efectuarse lentamente para garantizar la fluidización del reactor. Este aire viene suministrado por el soplador S-201.

El aire se calienta en el intercambiador E-203. Debido a que durante la puesta en marcha no se dispone de los gases de salida del reactor, este intercambiador tiene que trabajar con el vapor proveniente de caldera.

Del mismo modo, el intercambiador de tubos del reactor se encuentra aclimatado con el vapor de caldera proporcionado en la puesta en marcha del servicio.

El aire saliente de los reactores R-201 y R-202, pasa por los intercambiadores E-301 y E-302, donde se enfrían. A continuación estos gases son enviados a los quench Q-301 y Q-302 que operan únicamente con agua descalcificada, ya que no se requiere añadir ácido sulfúrico, porque la corriente no contiene amoníaco a eliminar.

A continuación, la corriente de gases pasa por los intercambiadores E-402 y E-403, y llegan al separador de fases SF-301, y al tratarse de solo gases, todo el caudal es enviado a la torre de absorción A-401.



## 8. Puesta en marcha

La torre de absorción A-401 recibe por tubería agua descalcificada en contracorriente, que termina de enfriar el aire. Finalmente el aire sale por cabezas de esta torre y se purga, enviándolo a la atmosfera. Al introducir agua en A-401 se consigue poner a régimen este equipo para tenerlo preparado para el proceso.

Una vez el reactor se encuentra fluidizado y en las condiciones de operación, se introducen en el reactor el propileno y el amoníaco. Pero primero se debe asegurar que la válvula de expansión este abierta con tal de que los reactivos lleguen en las condiciones óptimas a los kettles K-201 y K-202.

Los reactivos se vaporizan y se calientan en los kettles K-201 y K-202 y los intercambiadores E-201 y E-202. Del mismo modo que en el caso del aire, estos equipos operan con vapor proveniente de caldera, ya que no se dispone del gas de salida del reactor. Una vez el reactor opere en condiciones de operación, el fluido que aporte calor los intercambiadores E-201, E-202, E-203 y los kettle K-201 y K-202 será el gas de salida de los reactores.

Dado que la reacción es muy exotérmica y el reactor ya se encuentra en condiciones apropiadas, inmediatamente después de la entrada de reactivos al R-201 y R-202 se produce ya la reacción. Esta reacción provoca el aumento de la temperatura del reactor, de manera que al cabo de un tiempo, el reactor alcanza las condiciones de operación.

Una vez los reactores están en condiciones de operación, la turbina recibe vapor de alta de los intercambiadores de tubos de los reactores y, por tanto, ya se puede poner en marcha. Al ponerse en marcha la turbina la electricidad aportada por la estación transformadora se reduce, ya que parte de las necesidades de electricidad de la planta son suministradas por la turbina.

Por otra parte, la caldera deja de servir vapor a los intercambiadores de tubos de los reactores y a los kettles K-201 y K-202 y los intercambiadores E-201, E-202 y E-203.

### 8.4.3 Área de lavado de gases

Antes de que se produzca el producto de reacción, debe abrirse la válvula de suministro de ácido sulfúrico al M-301.

Hasta este momento, los quench Q-301 y Q-302, operaban con agua y aire, pero ahora, al introducirse gases de proceso es necesario eliminar el amoníaco presente en estos, mediante la adición de ácido sulfúrico, cuyo caudal está controlado en el mezclador M-301 mediante un control de pH.

Cabe mencionar que durante el primer paso de gases del reactor y ácido sulfúrico la purga de ambos quench debe permanecer cerrada. Las válvulas de salida de esta purga no serán abiertas hasta que el quench se encuentre en condiciones de operación.

Los gases de salida de los quench se unen y son enviados mediante el soplador S-401 al aerorefrigerante AR-401, después al AR-402, E-402 y E-403, que ya se encuentran en funcionamiento.

#### **8.4.4 Área de extracción**

Al salir del intercambiador E-403, se condensa parte de la corriente de gases, obteniendo una mezcla de gas-líquido que se envía al separador SF-401. En este separador el controlador de nivel actúa de forma que no permite la salida del líquido hasta que el nivel de éste, no llegue al punto de consigna. Durante la entrada de líquido del separador de fases, la válvula de salida de gas se mantiene abierta, para permitir que éste llegue a la torre de absorción A-401.

Se hace pasar agua descalcificada por los intercambiadores E-405 y E-406, y después se envía al A-401, donde circula en contracorriente a 5°C de manera que se produce la absorción de los nitrilos de la corriente de gas recibida.

Se unen la salida del SF-401 con la salida líquida de fondos en el mezclador M-401. La corriente que sale de este equipo pasa por el E-401, que durante la puesta en marcha está alimentado por vapor de caldera, ya que no se dispone de las colas a régimen de la columna C-401, que normalmente alimentan este intercambiador.

La salida del E-401 es enviada a la columna extractiva C-401. En este momento la columna C-401 solo recibe esta alimentación y opera a reflujo total. Una vez se alcanzan aproximadamente las condiciones de operación, se abre la válvula que permite la salida lateral de C-401 y se envía al tanque T-401 y a continuación a la columna C-402, que a su vez, se halla igualmente en reflujo total. Del mismo modo que en la columna C-401, una vez se llegan a condiciones próximas a las de operación, se abre la salida de colas de la columna C-402 y se envía a cabezas de la columna C-401. Ambas columnas continúan operando a reflujo total, hasta que alcanzan las condiciones de operación deseadas. Para evitar que durante todo este procedimiento ambas columnas se inunden la purga de K-401 se mantendrán abierta y se enviará a tratamiento de líquidos.

Una vez las columnas C-401 y C-402 se encuentran en las condiciones de operación se establece el reflujo que les corresponde y se envía el destilado de la C-401 a la columna C-501 y el destilado de la C-402 a el área 900. En este mismo momento la colas de la columna C-401 se recirculan a la torre de absorción, pasando por el E-401, de forma que ya no es necesario el aporte externo de agua a la absorción ni de vapor de caldera en el E-401.

#### **8.4.5 Área de purificación**

El destilado de la columna C-401 alimenta la columna C-501, la cual se ha puesto en reflujo total con la salida de colas abierta y enviánda a tratamiento, de igual forma que lo estaba la C-401.

## 8. Puesta en marcha

Una vez la C-501 se encuentra en condiciones de operación, se establece el reflujo correspondiente y se envía el destilado a la columna C-503, que, del mismo modo, opera en reflujo con la salida de colas abierta hasta que se consiguen las condiciones de operación deseadas, esta agua se envía de nuevo a tratamiento de líquidos.

En el momento en que ambas columnas, C-501 y C-503 se encuentran en condiciones de operación y reflujo correspondiente, se deja de enviar las corrientes de salida por colas a tratamiento de líquidos y se envían al mezclador M-501, para su posterior envío a la columna C-502. Por otra parte, el destilado de la columna C-503 ya se puede enviar al área 900.

Por último, la columna C-502 recibe la salida del M-501 y opera a reflujo total, enviando las colas a tratamiento de líquidos hasta que se encuentre en las condiciones de operación, del mismo modo que se ha hecho con el resto de columnas. Se establece el reflujo correspondiente y se envía el destilado al área 900 y las colas continúan enviándose a tratamiento de líquido.

### 8.4.5 Área de producto acabado

En esta área siempre tiene que estar abierto un tanque de almacenaje de cada sustancia y, dicho tanque debe tener la válvula de salida cerrada.

Del mismo modo que sucede en la carga de reactivos, una vez llenado el primer tanque de una misma sustancia, el sistema de control abre y cierra las válvulas pertinentes para que el flujo sea dirigido al siguiente tanque.

## 8.5 Puesta en marcha después de una parada

La principal diferencia entre esta puesta en marcha y la puesta en marcha desde cero es que en este caso todas las tuberías y equipos están llenos de producto, con lo cual ya no será necesario esperar a que se carguen los tanques, encebar bombas o llenar la charca de servicios, entre otras cosas. Además, el tiempo requerido para alcanzar el estado estacionario es bastante menor. No obstante, si se deberá poner todas las columnas en reflujo total con el producto que contienen, aunque no será necesario utilizar toda la red de vapor de caldera adicional a la de operación, que se ha utilizado para la puesta en marcha, del mismo modo que tampoco será necesario utilizar la máxima potencia de la estación transformadora.

## 8.6 Parada de planta

La planta opera 300 días al año, la cual cosa implica que se realizan tres paradas, las cuales son 30 días durante el periodo de verano, 20 días durante el periodo de navidad y 15 días durante Semana Santa.

Para parar la planta, lo primero que se debe hacer es detener la entrada de reactivos al reactor, de manera que solo se deja entrar aire al sistema, todo esto manteniendo aún el

## 8. Puesta en marcha

sistema de intercambio de calor. Éste se detendrá en el momento en el que la temperatura de aire de entrada al reactor sea suficientemente baja.

Una vez dejan de llegar los gases de producto de reacción del reactor a los quench Q-301 y Q-302, se detiene la entrada de ácido sulfúrico y agua a M-301 y también la recirculación de los quench, así como la entrada de agua a A-401.

La salida líquida de estos equipos se almacena en sus respectivos tanques pulmón, y el resto se envía a tratar.

En las columnas de destilación, se cierra la alimentación, evitando así el vaciado de los tanques pulmón, se opera en reflujo total y se detiene el funcionamiento del kettle, dejando la columna trabajando solo con el condensador, el cual actuará hasta que la temperatura de la columna sea suficientemente baja, momento en el que se almacenará el líquido en los tanques pulmones y/o se enviará a tratar.