

Grado en Ingeniería Química

Trabajo de Fin de Grado

PLANTA PARA LA FABRICACIÓN DE ÓXIDO DE ETILENO

Mokhles Barrouhou El Khomsi 1334879

Roger Font Oriol 1427604

Josselyn Karina Ruiz Rodriguez 1426188

Gerard Ruiz Rosillo 1432681

Oriol Sanchez Beumala 1457198

Marina Torrico Viñoles 1455863

Tutora: María Eugenia Suárez-Ojeda

Grupo 5



Puesta en marcha

Volumen 8





Índice

8.1. Introducción	2
8.2. Consideraciones previas a la puesta en marcha	2
8.3. Puesta en marcha de los servicios de planta	4
8.4. Puesta en marcha del proceso productivo.....	5
8.4.1. Área 100 – Entrada y mezcla de materias primas.....	6
8.4.2. Área 200 – Reacción química	7
8.4.3. Área 300 – 1ª Absorción.....	7
8.4.4. Área 400 – Separación	8
8.4.5. Área 500 – 1ª Destilación	10
8.4.6. Área 300 – 2ª Absorción.....	11
8.4.7. Área 500 – 2ª Destilación	12
8.4.8. Área 600	13
8.5. Parada de la planta.....	13



8.1. Introducción

La puesta en marcha es el proceso de arranque, regulación y equilibrado de los equipos y sistemas de forma planificada, y el momento de verificar que las fases anteriores de diseño y montaje se han ejecutado de manera correcta. Se trata de un proceso crítico que determinará si el diseño de la planta ha sido el adecuado. Un correcto proceso de puesta en marcha debe detectar y solucionar errores cometidos en las fases de montaje.

Esta operación de puesta en marcha se realizará una vez finalizada la construcción de la planta, pero también se realizará anualmente después de las paradas de producción y, también, en caso de haber realizado una parada de emergencia.

Para una correcta puesta en marcha, es necesario que se realice con pautas bien estructuradas. En primer lugar, se probarán los equipos empleados en el proceso, pero con sustancias no peligrosas, para detectar así posibles errores de montaje o de material. Cuando se hayan probado todos los equipos, se procederá a la puesta en marcha de los servicios de planta y, finalmente, se introducirán los fluidos de proceso para iniciar la producción.

8.2. Consideraciones previas a la puesta en marcha

Como se ha mencionado anteriormente, antes de proceder a la puesta en marcha de la producción, es necesario realizar una serie de tareas previas. Se explican a continuación las acciones que se realizarán en INDOXETH5:

- Se realizarán tareas de organización del personal, de las materias primas y de sus proveedores.



- Se inspeccionará toda la planta incluyendo equipos, conducciones, sistemas de cableado, instrumentos y estructuras. Se realizará además una comprobación del funcionamiento de las válvulas para asegurar su correcta abertura. Se probarán también el funcionamiento de las bombas, es necesario asegurar que podrán impulsar el fluido hasta su destino.
- Se realizarán pruebas a todos los equipos de proceso. En primer lugar, una prueba con agua con colorante para comprobar su estanqueidad, su resistencia y su correcta instalación, evitando así problemas de fugas en uniones, en tuberías o en válvulas. En segundo lugar, se realizará una prueba de presión para comprobar la resistencia del equipo y asegurar su correcto funcionamiento sometido a las presiones de operación.
- Se comprobarán los servicios de planta y se prepararán para la operación.
- Se comprobará tanto en los laboratorios como en el departamento de mantenimiento que se dispone de los utensilios necesarios.
- Se comprobará el correcto estado del área 800, de gestión de residuos, de manera que los gases de la puesta en marcha puedan ser quemados en la chimenea, y las corrientes líquidas puedan ser llevadas con su gestor externo para su tratamiento.
- Finalmente, se realizará una comprobación de los equipos de seguridad y de extinción de incendios, así como los procesos de actuación en caso de accidente.



8.3. Puesta en marcha de los servicios de planta

En la producción de óxido de etileno, los servicios de planta son un factor muy importante a tener en cuenta para el correcto funcionamiento de la planta. Para ello, se debe iniciar primero su puesta en marcha antes que la del proceso productivo. Se establece a continuación el orden secuencial de puesta en marcha de los servicios y equipos auxiliares (Área 1100). Estas tareas se pueden realizar de manera simultánea.

1. Sistema eléctrico. Se debe comprobar que el suministro eléctrico es el necesario para la operación de la planta.
2. Aire comprimido. Se activa el compresor encargado del suministro de aire comprimido. Es necesario asegurar que el compresor suministra la presión de 6 bar necesaria.
3. Agua contra incendios. Se debe comprobar el correcto funcionamiento del sistema contra incendios de la planta, la capacidad de llegar a todos los puntos de suministro de agua de incendios.
4. Agua de red. Verificar la llegada de agua de red a la planta.
5. Gas natural. Comprobar el correcto suministro de gas natural a la caldera, asegurando la llegada del caudal necesario para calentar el vapor hasta la temperatura deseada de 300°C.
6. Caldera. Encender la caldera para producir vapor y comprobar su funcionamiento y su capacidad de abastecimiento a la planta de producción. Se debe comprobar que la temperatura de salida del vapor es de 300°C.
7. Nitrógeno. Comprobar que el suministro de nitrógeno en caso de necesidades de inertización será el adecuado, mediante el uso de las instalaciones de servicios que permitan la llegada de nitrógeno en todos los puntos y equipos que lo requieran.



8. Agua de proceso. Se debe comprobar el abastecimiento necesario de agua para el proceso. Verificar también el correcto funcionamiento del descalcificador y, por tanto, la correcta composición del agua. Es necesario asegurarse que se dispone de toda el agua requerida para el proceso de producción.
9. Puesta en marcha de los sistemas de refrigeración para los equipos R201a/b, H301a/b y H501a/b. Asegurar la llegada del fluido refrigerante en cada equipo con su caudal requerido y a una temperatura de 10°C.
10. Se incluye en este apartado, aunque no pertenezca al área 1100, la puesta en marcha del quemador de gases del área de gestión de residuos, de manera que los gases de la puesta en marcha puedan ser conducidos directamente al quemador hasta que se haya alcanzado el estado estacionario en el proceso.

8.4. Puesta en marcha del proceso productivo

Una vez realizada la puesta en marcha de los servicios de planta, se puede proceder a la puesta en marcha de las demás áreas. Se realizará siguiendo el orden secuencial de las áreas, empezando por la 100, Entrada y mezcla de materias primas, y acabando por la 600, Almacén y zona de carga. Quedando el orden de arrancada de la siguiente forma:





8.4.1. Área 100 – Entrada y mezcla de materias primas

El Área 100 corresponde a la entrada y mezcla de materias primas, para la puesta en marcha de esta área, es necesario comprobar la correcta entrada de materias primas y el correcto funcionamiento del mezclador M101. Los pasos a seguir para esta puesta en marcha son:

1. Asegurar la llegada de los servicios de planta a esta área, tanto el vapor necesario para el tren de intercambiadores H101a/b, H102a/b, H103a/b, H104a/b, H105a/b, H106a/b y H107a/b, como la llegada de nitrógeno para la inertización de los equipos. El vapor debe llegar al tren de intercambiadores con una temperatura de 300°C y un caudal másico de 191657 kg/h de vapor.
2. Activar los controles de caudal y de ratio de la entrada al mezclador M101 para asegurar la mezcla de las materias primas (etileno y oxígeno) de manera que la composición de salida de la mezcla sea 40 % etileno y 60% oxígeno.
3. Activar el tren de compresión compuesto por los compresores K101a/b, K102a/b y K103a/b para asegurar la llegada de la corriente de etileno y oxígeno a la presión de 20 bar.
4. Activar los controles de caudal y de ratio de la entrada al mezclador M102a/b para asegurar la correcta mezcla de la corriente de materias primas junto con la recirculación de los reactivos no reaccionados. La corriente de salida de este mezclador M102a/b debe tener un 46.5% de etileno, un 49% de CO₂ y un 4.5% de oxígeno.
5. Activar el compresor K104a/b para recuperar la pérdida de presión producida en el tren de intercambiadores. Se deberá comprobar que la presión a la salida vuelve a ser de 20 bar.



8.4.2. Área 200 – Reacción química

En el área 200 se da la reacción de epoxidación del etileno a óxido de etileno. Se incluyen dentro de esta área la reacción química y la recirculación de los reactivos que no han reaccionado provenientes del área 300. Los pasos a seguir para la puesta en marcha de esta área son:

1. Introducción, en caso de ser necesario, del lecho catalizado del reactor.
2. Asegurar la llegada de agua de refrigeración al reactor R201a/b con una temperatura de entrada de 10°C y un caudal másico de 42511 kg/h de agua fría.
3. Activar los controles y sensores de temperatura, presión y caudal del reactor R201a/b.
4. Inertizar el reactor mediante el nitrógeno suministrado desde el área de servicios.
5. Comprobar abertura de las válvulas de salida del reactor y permitir la llegada de la corriente de salida al área 300, una vez transcurrido el tiempo de residencia necesario dentro del reactor.

8.4.3. Área 300 – 1ª Absorción

El área 300 es la que contiene los equipos de absorción del óxido de etileno en agua y donde se recupera la corriente de reactivos sin reaccionar para recircular al reactor. Los pasos a seguir para la puesta en marcha de esta área son:

1. Activar el suministro de agua de refrigeración en el intercambiador H301a/b. Comprobar la llegada del agua a una temperatura de 10°C y un caudal másico de 254790 kg/h.



2. Activar la llegada de agua para la absorción realizada en el equipo W301a/b. Se debe comprobar que el suministro es de agua descalcificada, a una temperatura de 25°C y con un caudal másico de 360300 kg/h.
3. Activar los sensores y controles del equipo de absorción W301a/b.
4. Activar el compresor K301a/b para recuperar la pérdida de presión producida en el reactor R201a/b.
5. Inertizar los equipos de esta área mediante el sistema de inertización con nitrógeno.
6. Abrir la salida de gases de la absorción para permitir la recirculación de los mismos hacia el reactor R201a/b.

Con estos pasos, es posible ya permitir la entrada de materias primas, siempre comprobando antes la abertura de las válvulas del proceso, para así asegurar la llegada de la corriente a su destino final. Se deberá esperar 5 tiempos de residencia de esta parte del proceso para conseguir el estado estacionario. La corriente líquida resultante de la primera absorción, será enviada a ECOLÓGICA IBÉRICA Y MEDITERRÁNEA S.A. para su correcto tratamiento.

Seguidamente, se procede a la puesta en marcha de las otras áreas del proceso. Dado que, en la planta, los equipos del mismo tipo se sitúan en una misma área, se explicará la puesta en marcha por orden de proceso en lugar de por orden de áreas.

8.4.4. Área 400 – Separación

En esta área se encuentran los separadores de gases del proceso de producción, donde se elimina la mayor parte de CO₂ formado en la combustión completa del etileno. Los pasos a seguir para la puesta en marcha de esta área son:



1. Con el reactor en funcionamiento, es posible activar el suministro de vapor al intercambiador H401a/b. Se debe comprobar que la entrada del vapor se produce a 190°C, presión atmosférica y con un caudal másico de 42511kg/h.
2. Activar la bomba P401a/b para asegurar la impulsión necesaria del fluido hasta el equipo de separación S401a/b, el fluido deberá llegar con una presión de 30 bar.
3. Activar los controles y sensores de temperatura, presión, nivel y concentración de los separadores S401a/b.
4. Simultáneamente, se deben abrir las válvulas de los separadores, las de salida de gases y las de salida del líquido.
5. Abertura de la válvula de salida de gases para que estos puedan llegar al mezclador M103a/b.
6. Comprobar la apertura de todas las válvulas que conectan la 1ª absorción con la separación.
7. Inertizar los equipos de esta etapa del proceso a través del nitrógeno disponible en el área 600.

Una vez seguidos estos pasos, se puede proceder a la conexión de la salida de la corriente líquida de la absorción con la separación, por tanto, se puede proceder a la puesta en marcha de esta área. Las corrientes gaseosas serán llevadas al quemador de gases situado en el área 800 y las corrientes líquidas serán tratadas por ECOLÓGICA IBÉRICA Y MEDITERRÁNEA S.A. Habrá que esperar cinco tiempos de residencia del separador para conseguir el estado estacionario en esta área.



8.4.5. Área 500 – 1ª Destilación

Es el área donde se encuentran los cuatro destiladores de la planta de producción. Para proceder a su puesta en marcha se deben seguir los siguientes pasos:

1. Activar el suministro de vapor en el reboiler y de agua en el condensador del destilador D501a/b.
2. Activar todos los controles y sensores de temperatura, presión, caudal, nivel y concentración de los equipos.
3. Activar la bomba P501a/b para llevar el fluido al destilador D501a/b. Comprobar que la bomba es capaz de impulsar el fluido hasta el área 300 para realizar la segunda absorción.
4. Asegurar la abertura de las válvulas de la línea de proceso para que el fluido pueda continuar el recorrido.
5. Inertizar los equipos pertenecientes a esta etapa del proceso con el nitrógeno de servicios de planta.

Con estos pasos hechos, se puede proceder a la puesta en marcha de esta etapa del proceso, se deberá conectar la salida de la corriente líquida resultante de la separación S401a/b, con la bomba P501a/b. Previamente, se deberá haber comprobado la abertura de todas las válvulas para que el fluido pueda recorrer el camino sin problemas.

Para conseguir el estado estacionario en la primera destilación, será necesario que transcurra cinco veces el tiempo de residencia del equipo D501a/b. Mientras, la corriente de condensado, será enviado para tratamiento a ECOLÓGICA IBÉRICA Y MEDITERRÁNEA S.A. juntamente con la corriente de salida del reboiler.



8.4.6. Área 300 – 2ª Absorción

En esta etapa del proceso, se lleva a cabo la segunda absorción con agua del óxido de etileno, procurando así separarlo de las impurezas que lleva consigo. Para la puesta en marcha de esta etapa es necesario seguir los siguientes puntos:

1. Activar el suministro de agua descalcificada para la absorción en el equipo W302a/b. Comprobar que el agua llega a una temperatura de 30°C y 2000 kPa de presión y con un caudal másico de 25000 kg/h.
2. Activar la entrada de agua calefactora proveniente del intercambiador H401a/b para el intercambiador H302a/b. Comprobar que llega un caudal másico 42511 kg/h con una temperatura de 99 °C y a presión atmosférica.
3. Activar la bomba P301a/b y comprobar que es capaz de recuperar la presión perdida en el intercambiador H302a/b.
4. Activar los controles y sensores de temperatura, presión, caudal, nivel y concentración del absorbedor W302a/b.
5. Comprobar la abertura de todas las válvulas de este tramo del proceso.
6. Abrir la válvula de salida de gases de la absorción y comprobar la conducción de esta corriente hacia el quemador de gases situado en el área 800.
7. Inertizar los equipos de esta etapa del proceso.

Con estos pasos seguidos, se puede proceder a la puesta en marcha de este tramo de la línea de producción, conectando la salida del condensado con el intercambiador H302a/b. Se deberá esperar cinco tiempos de residencia del absorbedor W302a/b para llegar al estado estacionario en este punto del proceso.



Mientras tanto, la corriente de gases resultante será quemada en la chimenea del área 800 y, la corriente líquida será tratada, de igual manera que las anteriores, por ECOLÓGICA IBÉRICA Y MEDITERRÁNEA S.A. hasta que no se llegue al estado estacionario.

8.4.7. Área 500 – 2ª Destilación

El último tramo del proceso productivo del óxido de etileno corresponde a la separación del agua y de éste mismo. La separación se realiza de nuevo mediante una columna de destilación, D502a/b. Para la puesta en marcha de esta etapa final, se deben seguir los siguientes pasos:

1. Activar la llegada de agua fría en el condensador de D502a/b y de vapor de agua en el reboiler de la misma columna.
2. Activar el suministro de agua refrigerante para el intercambiador H501a/b y comprobar que ésta llega a una temperatura de 10°C, presión atmosférica y un caudal de 11113 kg/h.
3. Activar los sistemas de control y sensores de temperatura, presión, caudal, nivel y concentración del equipo de destilación D502a/b.
4. Asegurar la abertura de las válvulas del proceso de manera que el fluido pueda llegar a su destino.
5. Inertizar los equipos a través del nitrógeno almacenado en el área 600.

Una vez seguidos estos pasos, se puede proceder a conectar la salida del absorbedor W302a/b con la entrada al intercambiador H501a/b. Se deberá esperar un tiempo igual a cinco veces el tiempo de residencia del equipo de destilación D502a/b para llegar al estado estacionario de esta etapa del proceso.

Hasta que no se haya conseguido el estado estacionario, ambas corrientes serán tratados por el gestor externo ECOLÓGICA IBÉRICA Y MEDITERRÁNEA S.A.



8.4.8. Área 600

En esta zona, se encuentra el almacén de la empresa, además de la zona de carga y descarga de camiones y cisternas. Los pasos a seguir para la puesta en marcha de esta área son:

1. Activar el circuito de refrigeración de los tanques T601a/b y T602a/b para mantenerlos a la temperatura de almacenamiento óptima, la cual son 5°C.
2. Activar todos los controles y sensores de temperatura, presión, caudal, nivel y concentración de los tanques de almacenaje T601a/b, T602a/b para el óxido de etileno.
3. Abrir las válvulas para permitir la entrada del óxido de etileno en los tanques.
4. Inertizar los tanques de almacenaje T601a/b y T602a/b.

Con estos últimos pasos hechos, se puede proceder a la conexión de la corriente de condensado resultante de la destilación D502a/b con la entrada a estos tanques de almacenamiento de producto final.

8.5. Parada de la planta

Una parada de emergencia se produce en el momento en que en alguna parte del proceso se detecta un error o fallo que afecta de forma negativa a la producción.

La parada de emergencia sirve, además, para prevenir situaciones que puedan poner en peligro a las personas, para evitar daños en la máquina o en trabajos en curso o para minimizar los riesgos ya existentes.



En este apartado se explicarán los pasos a seguir en una parada, sea de emergencia o rutinaria, en la planta INDOXETH5 para detener el proceso en las condiciones de máxima seguridad y sin comprometer el funcionamiento de ningún equipo.

1. El primer paso es el cierre de las válvulas de entrada de materias primas. Se deberá esperar a que se sepa que el mezclador M101 y las tuberías de llegada ya no contengan materia prima.
2. Se cierran las válvulas del área 100.
3. Parar el intercambiador H201a/b para no calentar la mezcla de los reactivos restante.
4. Esperar el vaciado del reactor, puesto que, al no entrar reactivos, el volumen que reaccionará será cada vez menor, aunque durante un periodo, seguirá recibiendo el caudal de recirculación del absorbedor W301a/b.
5. Una vez vacío el reactor, se cierran todas las válvulas del área 200.
6. Cerrar el suministro de agua del absorbedor W301a/b, una vez el reactor ya esté vacío y se haya absorbido el producto restante, puesto que no llegará óxido de etileno para absorberse.
7. Se dejará actuar el separador mientras le llegue el fluido de proceso.
8. Se cierran las válvulas del área 400.
9. En los destiladores D501a/b se debe cerrar el suministro de vapor para evitar la producción del destilado. Una vez ya no se produzca más destilado, se debe vaciar el reboiler.



10. Con el vaciado de la columna D501a/b no debería llegar gran cantidad de producto al absorbedor W302a/b, pero se cortará primero el suministro de agua para el intercambiador H302a/b y el suministro de agua también para la absorción W302a/b. Así, los gases que hayan llegado a ese equipo serán conducidos hacia el mezclador M103a/b, para su posterior combustión en el quemador de gases.
11. Se cierran las válvulas del área 300.
12. Del mismo modo que en los destiladores D501a/b, en los D502a/b se deberá cerrar el suministro de vapor para evitar la producción de destilado y, promover que se acumule todo en el reboiler para proceder, después, a su vaciado.
13. Se cierran todas las válvulas del área 500.
14. Se deja de enviar producto al área 600 de almacén y zona de carga.
15. Finalmente, se cierran las entradas de frío y se apagan las torres de refrigeración.

Una vez parada toda la planta de producción, se procedería a la limpieza de los equipos y a las tareas de mantenimiento necesarias para la próxima puesta en marcha.