FORMICS
INDUSTRIAL CHEMICAL
FORMALDEHIDO DE CALIDAD

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE FORMALDEHÍDO

LUIS M. APARICIO SÁNCHEZ
ALEJANDRO JUÁREZ SÁNCHEZ
MASOUMEH HONARKAR ASHNA
MANEL NÁJERA ROCABAYERA
EDUARD MARTÍ CARDONER
DAVID A. SARRIA VALDIVIA

TUTOR : JOSEP A. TORÀ SUAREZ

JUNIO 2026

UAB
Universitat Autònoma de Barcelona

CC BY NC ND

FORMICS
INDUSTRIAL CHEMICAL
FORMALDEHIDO DE CALIDAD

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE FORMALDEHÍDO

CAPÍTULO 8. PUESTA EN MARCHA

UAB
Universitat Autònoma de Barcelona

CC BY NC ND

Tabla de contenido

Capítulo 8. Puesta en marcha 5
8.1 Introducción 5
8.2 Acciones previas 6
8.2.1 Revisión mecánica y validación de equipos 6
8.2.2 Puesta en marcha de servicios auxiliares 7
8.2.3 Validación del sistema de control e instrumentación 7
8.2.4 Revisión documental y supervisión técnica 8
8.2.5 Validación de condiciones operativas y pruebas de rendimiento 8
8.2.6 Formación del personal y seguridad 9
8.2.7 Servicios 10
8.2.7.1 Electricidad 10
8.2.7.2 Agua de red y sistema contra incendios 11
8.2.7.3 Sistema contra incendios 11
8.2.7.4 Aire comprimido 11
8.2.7.5 Nitrógeno 12
8.2.7.6 Sistemas de refrigeración 12
8.2.8 Laboratorio y sala de control 12
8.3 Puesta en marcha desde cero 13
8.3.1 Puesta en marcha del área de almacenamiento de metanol 13
8.3.2 Puesta en marcha del área de pretratamiento 14
8.3.3 Puesta en marcha del área de reacción 15
8.3.4 Puesta en marcha del área de absorción 16
8.3.5 Puesta en marcha del área de almacenamiento de producto final 16
8.4 Bibliografía 18

Capítulo 8. Puesta en marcha

8.1 Introducción

Una vez finalizada la construcción de la planta e instalados todos los equipos y sistemas, es necesario llevar a cabo la fase de puesta en marcha, en la que se verifica que la instalación puede operar de forma segura y en las condiciones previstas de diseño. Este procedimiento resulta especialmente importante en plantas químicas, como la de producción de formaldehído mediante el proceso Formox, donde intervienen reacciones sensibles y el manejo de sustancias inflamables.

El objetivo principal de la puesta en marcha es asegurar un inicio progresivo y controlado de la producción, comprobando previamente el correcto funcionamiento de todos los equipos, sistemas de control e instalaciones auxiliares. Durante esta etapa se validan tanto los parámetros operativos como la respuesta del sistema ante distintas condiciones de funcionamiento, lo que permite garantizar la estabilidad del proceso antes de operar en continuo.

La puesta en marcha puede diferenciarse en varias situaciones en función del estado previo de la planta. En primer lugar, se encuentra la puesta en marcha inicial, que tiene lugar tras la finalización de la construcción. Por otro lado, también se consideran las puestas en marcha posteriores a paradas programadas de mantenimiento, en las que es necesario reestablecer las condiciones operativas. Finalmente, pueden producirse arranques tras paradas no previstas, como las derivadas de incidencias o fallos en el sistema, que requieren una mayor precaución debido a la falta de planificación.

En el caso del proceso Formox, esta fase presenta una especial relevancia debido al carácter fuertemente exotérmico de la reacción de oxidación del metanol. Por ello, el arranque debe realizarse de forma gradual, controlando cuidadosamente variables como la temperatura, la composición de la mezcla y el caudal de alimentación, evitando así situaciones de sobrecalentamiento o funcionamiento inestable del reactor.

Aunque gran parte de los sistemas están automatizados, durante la puesta en marcha es habitual que el control se realice en mayor medida de forma manual o supervisada, con la participación activa del personal técnico. Esto permite detectar posibles anomalías en equipos, válvulas, instrumentación o sistemas de control antes de alcanzar condiciones normales de operación.

Asimismo, es importante tener en cuenta que durante esta fase el consumo de materias primas y energía puede ser superior al habitual, debido a la ausencia de condiciones óptimas de funcionamiento y a la necesidad de realizar ajustes progresivos. De igual forma, se llevan a cabo comprobaciones de seguridad, como pruebas de estanqueidad, funcionamiento de válvulas de seguridad y verificación de sistemas de control e instrumentación.

8.2 Acciones previas

Antes de iniciar la operación de la planta, es necesario realizar una serie de comprobaciones y tareas preparatorias que aseguren que todos los equipos e instalaciones se encuentran en condiciones adecuadas para su funcionamiento. Estas acciones previas tienen como objetivo detectar posibles fallos derivados del montaje, garantizar la seguridad de la instalación y asegurar que el arranque del proceso se realice de forma controlada.

En una planta como la de producción de formaldehído mediante el proceso Formox, donde intervienen reacciones exotérmicas y el uso de sustancias inflamables como el metanol, estas verificaciones adquieren una especial importancia. Un correcto estado de los equipos y sistemas es fundamental para evitar riesgos durante las primeras etapas de operación.

8.2.1 Revisión mecánica y validación de equipos

Una vez finalizado el montaje de la planta, se llevan a cabo inspecciones detalladas para verificar que todos los equipos y sistemas han sido instalados correctamente y se encuentran en buen estado. Estas revisiones incluyen comprobaciones visuales y ensayos técnicos sobre elementos clave del proceso, como tuberías, uniones, válvulas, intercambiadores de calor, reactores y depósitos.

En esta fase se evalúa tanto la correcta instalación como la integridad mecánica de los equipos. Se comprueba que no existan fugas, deformaciones o defectos que puedan comprometer la seguridad o el funcionamiento del sistema. En el caso de equipos sometidos a presión, se realizan pruebas específicas para asegurar su resistencia y estanqueidad.

Asimismo, se llevan a cabo ensayos de presión y pruebas hidráulicas en las líneas y equipos más críticos, con el fin de garantizar que las instalaciones pueden operar bajo las condiciones de diseño sin riesgo de fallo. También se realiza la limpieza interna de tuberías y equipos para eliminar posibles residuos procedentes del proceso de fabricación o montaje, ya que éstos podrían afectar al funcionamiento del proceso o contaminar el producto.

Paralelamente, se revisan los sistemas de instrumentación y control, comprobando el correcto funcionamiento de sensores, válvulas de control y sistemas de medida. Esta verificación es especialmente relevante en el proceso Formox, donde el control de variables como la temperatura o el caudal es esencial para mantener la estabilidad de la reacción.

Por otro lado, durante esta etapa se comprueba la documentación técnica asociada a los equipos y sistemas, incluyendo planos, especificaciones y registros de instalación. En muchos casos, estas verificaciones se apoyan en procedimientos de validación estructurados que permiten asegurar que la instalación cumple con los requisitos de diseño, instalación y operación.

8.2.2 Puesta en marcha de servicios auxiliares

Antes de iniciar cualquier operación del proceso, es imprescindible asegurar que todos los servicios auxiliares de la planta se encuentran disponibles y funcionando de manera estable. Estos sistemas constituyen el soporte básico del proceso, ya que permiten el correcto funcionamiento de los equipos principales y garantizan unas condiciones de operación seguras.

En el caso de la planta de formaldehído, los servicios auxiliares más relevantes incluyen el suministro eléctrico, el sistema de aire comprimido, el aire de instrumentación, el suministro de nitrógeno para inertización, los sistemas de refrigeración y los circuitos de agua o fluidos térmicos. Todos ellos deben ponerse en marcha previamente de forma progresiva y controlada.

Durante esta fase se verifica que cada sistema alcanza las condiciones de operación establecidas, comprobando parámetros como presión, temperatura, caudal o estabilidad del suministro. Por ejemplo, el sistema de refrigeración debe ser capaz de evacuar el calor generado en el reactor, mientras que el aire de instrumentación debe garantizar el correcto funcionamiento de válvulas de control y sistemas automáticos.

Asimismo, se revisa la integración de estos servicios con el resto de la planta, asegurando que no existen fallos en la distribución o en las conexiones. La disponibilidad de estos sistemas es esencial para poder iniciar el proceso principal, ya que su ausencia o mal funcionamiento podría comprometer la seguridad o la estabilidad de la operación.

8.2.3 Validación del sistema de control e instrumentación

Una vez asegurados los servicios auxiliares, se procede a la verificación completa de los sistemas de control e instrumentación de la planta. Este paso resulta fundamental en el proceso Formox, donde el control preciso de las condiciones de operación es clave para garantizar la estabilidad de la reacción.

En esta etapa se comprueba el correcto funcionamiento de todos los elementos de medida y control, incluyendo sensores de temperatura, presión y caudal, transmisores, válvulas de control y sistemas automatizados como PLCs y el sistema de supervisión (SCADA). Se verifica que las señales se transmiten correctamente y que las acciones de control responden de acuerdo con lo previsto.

También se revisan los sistemas de seguridad asociados al proceso, como los enclavamientos entre equipos, las alarmas y los sistemas de parada de emergencia. Estas pruebas permiten confirmar que, en caso de desviación de las condiciones operativas, el sistema responde de forma adecuada para evitar situaciones de riesgo.

Durante esta fase es habitual realizar simulaciones o pruebas en condiciones controladas para validar la respuesta del sistema antes de operar en condiciones reales. Este conjunto de

verificaciones asegura que la planta puede funcionar dentro de los límites establecidos y con un nivel adecuado de seguridad y control.

8.2.4 Revisión documental y supervisión técnica

Paralelamente a las comprobaciones técnicas, es necesario realizar una revisión completa de la documentación asociada a la planta, con el fin de asegurar que toda la información relevante está disponible y actualizada antes del inicio de la operación.

Esta documentación incluye planos de proceso (P&ID), manuales de operación, especificaciones técnicas de equipos, procedimientos operativos y de mantenimiento, así como registros de inspección y validación realizados durante las etapas anteriores. Disponer de esta información correctamente organizada facilita la toma de decisiones durante la puesta en marcha y permite actuar de forma adecuada ante cualquier incidencia.

Asimismo, se debe verificar la disponibilidad de la documentación relacionada con la seguridad del proceso, incluyendo estudios de riesgos como el HAZOP y los procedimientos de actuación en caso de emergencia. Esta información resulta imprescindible para garantizar una operación segura, especialmente en una planta donde se manejan sustancias inflamables y reacciones sensibles.

Durante el arranque de la planta, el personal técnico realiza un seguimiento continuo del desarrollo de las operaciones, registrando posibles incidencias o desviaciones. Este control permite identificar problemas en etapas tempranas y aplicar medidas correctivas, contribuyendo a una puesta en marcha más segura y eficiente.

8.2.5 Validación de condiciones operativas y pruebas de rendimiento

Una vez completadas las verificaciones previas y garantizado el correcto funcionamiento de los equipos y sistemas auxiliares, se llevan a cabo las primeras pruebas operativas de la planta. Estas pruebas se realizan de forma progresiva, comenzando en condiciones controladas y aumentando gradualmente la complejidad hasta alcanzar condiciones cercanas a la operación normal.

En una planta de producción de formaldehído mediante el proceso Formox, esta fase resulta especialmente relevante, ya que permite comprobar el comportamiento real del proceso ante el arranque de la reacción. Inicialmente se realizan pruebas en frío, sin reacción, para verificar el comportamiento de los sistemas de circulación, bombeo y control. Posteriormente, se procede a pruebas en caliente, introduciendo progresivamente las materias primas y activando el reactor.

Durante estas pruebas se analizan variables fundamentales como la temperatura del reactor, la composición de la mezcla reactiva, los caudales de alimentación y la eficiencia de los sistemas

de absorción. El objetivo es ajustar los parámetros operativos hasta alcanzar las condiciones establecidas en el diseño y asegurar que el proceso se mantiene estable.

Asimismo, se evalúa el rendimiento del sistema en su conjunto, comprobando que los equipos funcionan de manera coordinada y que el producto obtenido cumple con las especificaciones previstas. Este tipo de ensayos permite detectar posibles desviaciones y realizar las correcciones necesarias antes de pasar a operación continua.

En conjunto, estas pruebas constituyen una validación del comportamiento de la planta en condiciones reales de operación, asegurando que tanto el proceso como los equipos responden adecuadamente a las exigencias de producción.

8.2.6 Formación del personal y seguridad

La participación del personal en la puesta en marcha de la planta requiere una formación específica que garantice un conocimiento adecuado tanto del proceso como de los riesgos asociados. En una instalación como la de producción de formaldehído, donde se manejan sustancias inflamables y se producen reacciones exotérmicas, la preparación del personal resulta esencial para asegurar una operación segura.

La formación incluye aspectos relacionados con el funcionamiento de los equipos, los procedimientos operativos, la interpretación de variables de proceso y el uso de los sistemas de control. Además, se incorpora formación en materia de seguridad, incluyendo la identificación de riesgos, el uso de equipos de protección individual y la actuación ante situaciones de emergencia.

Es especialmente importante que el personal esté familiarizado con los protocolos de seguridad de la planta, como los sistemas de detección de gases, alarmas, procedimientos de parada de emergencia y medidas de actuación en caso de fugas o incidencias en el proceso. También se realizan simulacros que permiten entrenar la respuesta ante posibles escenarios de riesgo.

Por otro lado, se verifica el correcto funcionamiento de los sistemas de seguridad de la instalación, incluyendo equipos de extinción, sistemas de ventilación y medidas de control de atmósferas potencialmente peligrosas. Estos aspectos son clave para reducir el riesgo durante las fases iniciales de operación, donde el proceso aún no se encuentra totalmente estabilizado.

En definitiva, la correcta formación del personal y la verificación de los sistemas de seguridad permiten afrontar la puesta en marcha con mayores garantías, reduciendo la probabilidad de incidentes y facilitando una transición segura hacia la operación en régimen continuo.

8.2.7 Servicios

Antes de iniciar cualquier operación de proceso es imprescindible disponer de todos los servicios auxiliares necesarios para el funcionamiento de la instalación. En primer lugar, se verifica el correcto suministro eléctrico a toda la planta mediante la puesta en servicio de los transformadores, cuadros de distribución y sistemas de protección. Asimismo, se comprueba la disponibilidad de los sistemas eléctricos de emergencia y la correcta alimentación de motores, bombas, compresores e instrumentación.

Posteriormente se ponen en funcionamiento los sistemas de aire comprimido, verificando que la presión disponible es suficiente para alimentar las válvulas neumáticas y los equipos de control. Del mismo modo, se revisa la red de distribución para asegurar la ausencia de fugas o pérdidas de presión que puedan afectar al funcionamiento de la instrumentación.

A continuación, se activa el sistema de suministro de nitrógeno empleado para la inertización de equipos y tanques de almacenamiento. La disponibilidad de este servicio resulta especialmente importante debido al manejo de metanol, permitiendo reducir el riesgo de formación de atmósferas inflamables durante las fases iniciales de operación.

Finalmente, se ponen en servicio los sistemas de refrigeración asociados a los intercambiadores de calor y a las distintas unidades de proceso. Se verifica el correcto funcionamiento de bombas, circuitos y equipos de intercambio térmico, asegurando la capacidad necesaria para evacuar el calor generado durante la reacción de oxidación del metanol.

8.2.7.1 Electricidad

El primer paso consiste en asegurar el suministro eléctrico a toda la instalación. Para ello, se realiza la puesta en marcha de los transformadores y cuadros eléctricos, comprobando que la energía se distribuye correctamente a todas las áreas de la planta.

- Se verifica la conexión a la red eléctrica principal y el correcto nivel de tensión para su uso en los distintos equipos.
- Se comprueba el funcionamiento del sistema eléctrico de emergencia, asegurando que puede activarse en caso de fallo del suministro principal.
- Se revisa que todos los cuadros eléctricos y sistemas de distribución funcionan correctamente y sin anomalías.

El correcto suministro eléctrico es imprescindible, ya que de él dependen tanto los sistemas de control como el funcionamiento de bombas, compresores y demás equipos del proceso.

8.2.7.2 Agua de red y sistema contra incendios

A continuación, se pone en funcionamiento el sistema de suministro de agua, tanto para usos auxiliares como para protección contra incendios.

- Se comprueba la disponibilidad de agua y la ausencia de fugas en las líneas.
- Se verifican los sistemas de distribución hacia los distintos puntos de consumo de la planta.
- Se realizan pruebas del sistema de protección contra incendios, incluyendo hidrantes y sistemas de rociadores.

Este sistema resulta especialmente importante en una planta que maneja sustancias inflamables como el metanol, ya que permite actuar rápidamente ante una posible incidencia.

8.2.7.3 Sistema contra incendios

De forma específica, se valida el funcionamiento completo del sistema de protección contra incendios.

- Se ponen en marcha las bombas de impulsión de agua contra incendios.
- Se comprueba el funcionamiento de los sistemas de detección y alarmas.
- Se verifica que todos los equipos responden adecuadamente ante una señal de emergencia.

Estas comprobaciones aseguran que la planta dispone de los medios necesarios para actuar en caso de incendio durante la puesta en marcha.

8.2.7.4 Aire comprimido

El sistema de aire comprimido es fundamental para el funcionamiento de válvulas de control e instrumentación.

- Se ponen en marcha los compresores de aire y se comprueba su correcto funcionamiento.
- Se verifica que el sistema mantiene la presión dentro de los rangos establecidos.
- Se revisa que el aire llega correctamente a los equipos de control sin pérdidas ni caídas de presión.

Un fallo en este sistema puede afectar directamente al control del proceso, por lo que su correcta validación es esencial.

8.2.7.5 Nitrógeno

El nitrógeno se utiliza principalmente para inertizar equipos y evitar la formación de atmósferas peligrosas. La inertización previa de los equipos y líneas de proceso permite eliminar el oxígeno presente en el interior de la instalación, evitando la formación de mezclas inflamables durante las primeras etapas de introducción de metanol.

- Se pone en marcha el sistema de suministro de nitrógeno.
- Se comprueba que llega a los puntos necesarios con la presión adecuada.
- Se verifica el correcto funcionamiento de los sistemas de purga e inertización.

Este sistema es clave durante el arranque, ya que permite eliminar oxígeno de los equipos antes de introducir metanol, reduciendo el riesgo de explosión.

8.2.7.6 Sistemas de refrigeración

En el proceso Formox, el control térmico es fundamental debido a la naturaleza exotérmica de la reacción.

- Se ponen en marcha los sistemas de refrigeración (agua de refrigeración o intercambiadores).
- Se verifica que pueden disipar el calor generado en el reactor.
- Se comprueba el correcto funcionamiento de bombas y circuitos de refrigeración.

Este sistema es especialmente crítico, ya que evita sobrecalentamientos durante el arranque del reactor.

8.2.8 Laboratorio y sala de control

Una vez disponibles los servicios auxiliares, se procede a la puesta en marcha de la sala de control y del laboratorio de planta. En la sala de control se verifica la recepción correcta de las señales procedentes de los instrumentos de campo y el funcionamiento de los sistemas de supervisión y control. Asimismo, se comprueba la operatividad de alarmas, enclavamientos y sistemas de parada de emergencia, realizando simulaciones que permitan validar la respuesta de los lazos de control de temperatura, presión, nivel y caudal.

Paralelamente, en el laboratorio se calibran los equipos analíticos y se preparan los procedimientos necesarios para el seguimiento de la calidad del producto. Estas verificaciones permiten disponer de los medios necesarios para monitorizar el comportamiento del proceso desde las primeras etapas de operación.

8.3 Puesta en marcha desde cero

Una vez finalizadas todas las comprobaciones previas descritas en los apartados anteriores, puede iniciarse la puesta en marcha de la planta. Esta operación debe realizarse de forma progresiva y controlada con el fin de garantizar la seguridad del personal, evitar daños en los equipos y asegurar que todas las unidades de proceso alcancen las condiciones de diseño previstas.

La secuencia de arranque sigue el orden lógico del proceso productivo, comenzando por la activación de los servicios auxiliares y continuando con las distintas áreas de proceso hasta la obtención y almacenamiento del formol producido.

Este apartado corresponde al arranque inicial de la planta tras su construcción o después de una parada prolongada en la que todos los equipos han permanecido fuera de servicio. Durante esta etapa es necesario alcanzar gradualmente las condiciones nominales de operación hasta obtener una producción estable de formaldehído.

La puesta en marcha del proceso FORMOX debe realizarse de forma gradual debido al carácter fuertemente exotérmico de la reacción de oxidación del metanol. Un incremento brusco de la alimentación podría provocar aumentos de temperatura en el lecho catalítico, afectando tanto a la seguridad de la instalación como a la selectividad hacia formaldehído. Por este motivo, la introducción de los reactivos se lleva a cabo progresivamente hasta alcanzar las condiciones normales de operación.

A continuación, se describe la secuencia de operaciones necesaria para la puesta en marcha de cada una de las áreas de proceso.

8.3.1 Puesta en marcha del área de almacenamiento de metanol

La puesta en marcha del área de almacenamiento comienza con la inspección de los tanques T-101, T-102, T-103 y T-104. En esta fase se verifica la integridad mecánica de los depósitos y el correcto funcionamiento de los instrumentos de nivel, temperatura y presión instalados, así como de las alarmas y sistemas de seguridad asociados.

Posteriormente, se procede a la inertización de los tanques mediante nitrógeno con el objetivo de eliminar el oxígeno presente en su interior y evitar la formación de atmósferas inflamables durante las operaciones de carga y almacenamiento. Asimismo, se comprueba la estanqueidad de las conexiones y de las líneas de proceso asociadas a los depósitos.

Una vez completadas estas verificaciones, se inicia el llenado de los tanques de almacenamiento con metanol, monitorizando continuamente el nivel mediante los sistemas de control instalados. Paralelamente, se comprueba el correcto funcionamiento de las bombas P-101, P-102, P-103 y P-104, encargadas de impulsar la materia prima hacia las etapas posteriores del proceso. Asimismo, se verifica la respuesta de los lazos de control de caudal asociados a

las líneas de alimentación, asegurando que el suministro de metanol pueda realizarse de forma estable y segura.

Posteriormente, se verifica que el reactor haya alcanzado las condiciones de temperatura requeridas y que la circulación de aire sea estable. Una vez confirmadas estas condiciones, se inicia la alimentación de metanol al proceso de forma progresiva, incrementando gradualmente el caudal hasta alcanzar las condiciones nominales de operación. Durante esta etapa se monitoriza continuamente la temperatura del lecho catalítico con el fin de evitar desviaciones que puedan afectar a la seguridad de la instalación o a la selectividad hacia formaldehído.

8.3.2 Puesta en marcha del área de pretratamiento

Una vez garantizada la disponibilidad de metanol en los tanques de almacenamiento, se procede a la puesta en marcha del área de pretratamiento. El objetivo de esta etapa es acondicionar las corrientes de alimentación antes de su entrada al sistema de reacción, garantizando que la mezcla alcance las condiciones adecuadas de composición y temperatura.

Inicialmente, se verifica el correcto estado de las líneas de proceso, válvulas, instrumentos de medida e intercambiadores de calor asociados a esta zona. Asimismo, se comprueba la disponibilidad de los servicios auxiliares necesarios para la operación, especialmente el suministro de aire de proceso y el circuito de aceite térmico.

Posteriormente, se establece la circulación de aire a través del sistema y se introduce progresivamente el metanol procedente de los tanques de almacenamiento. Los caudales se ajustan gradualmente hasta alcanzar la relación aire-metanol prevista en las condiciones de diseño.

A continuación, se ponen en funcionamiento los intercambiadores de calor asociados a la etapa de pretratamiento, encargados de elevar la temperatura de la corriente de alimentación hasta el valor requerido para el inicio de la reacción catalítica. Durante la fase de puesta en marcha, este calentamiento requiere un aporte energético externo superior al de operación normal, ya que el sistema todavía no ha alcanzado un régimen estable ni dispone de recuperación térmica interna.

Por este motivo, el calor necesario se suministra principalmente a través de la caldera pirotubular de la planta, que utiliza gas natural como combustible y permite proporcionar energía al circuito térmico (aceite térmico) que alimenta los intercambiadores. Este sistema asegura que se pueda alcanzar la temperatura objetivo de forma controlada durante el arranque.

A medida que el proceso se estabiliza y comienza a operar en régimen continuo, la demanda de energía externa disminuye progresivamente, ya que parte del calor generado en la reacción se recupera e integra en el propio proceso, reduciendo así el consumo de combustible en la caldera.

Durante toda esta etapa se supervisan continuamente las variables de operación, verificando que la composición, el caudal y la temperatura de la corriente se mantienen dentro de los rangos establecidos. Una vez alcanzadas condiciones estables de funcionamiento, la corriente de alimentación se envía al área de reacción.

8.3.3 Puesta en marcha del área de reacción

La puesta en marcha del área de reacción constituye una de las etapas más críticas del proceso, ya que en ella tiene lugar la oxidación catalítica del metanol para la producción de formaldehído. Debido al carácter fuertemente exotérmico de esta reacción, el arranque debe realizarse de forma gradual y bajo supervisión continua. Antes de introducir la alimentación de metanol, se verifica que el lecho catalítico de óxidos de hierro y molibdeno se encuentra correctamente cargado y que la temperatura del reactor ha alcanzado el intervalo de operación requerido para el inicio de la reacción.

Antes de introducir las materias primas, se ponen en servicio todos los lazos de control asociados a los equipos E-201, E-202, R-201 y R-202. Se verifica especialmente el funcionamiento de los sistemas de control de temperatura y presión, así como la correcta respuesta de las alarmas y sistemas de seguridad.

Posteriormente, se ponen en marcha los compresores CO-201 y CO-202, encargados de suministrar el aire necesario para el proceso. Una vez estabilizados los caudales de aire, se introduce progresivamente el metanol procedente del área de almacenamiento, incrementando gradualmente la carga hasta alcanzar las condiciones operativas previstas.

Durante esta fase, la temperatura de los reactores aumenta progresivamente hasta alcanzar los valores de operación establecidos. Se monitorizan de forma continua la temperatura de los lechos catalíticos, la presión del sistema y la composición de las corrientes de proceso, prestando especial atención a la posible aparición de puntos calientes o desviaciones operativas. Cuando las variables de operación permanecen estables dentro de los límites establecidos, la corriente de salida de los reactores se dirige hacia el área de absorción.

8.3.4 Puesta en marcha del área de absorción

El área de absorción entra en funcionamiento una vez estabilizada la operación de los reactores. Su objetivo es absorber el formaldehído presente en la corriente gaseosa procedente de la reacción para obtener la disolución comercial de formol.

Inicialmente, se verifica el correcto funcionamiento del absorbedor AC-301, del intercambiador E-301 y de todos los equipos auxiliares asociados. Del mismo modo, se comprueba la operatividad de las bombas P-301 y P-302, así como de los sistemas de control de caudal y nivel instalados en esta unidad.

Antes de introducir los gases procedentes de los reactores, se establece la circulación de agua a través de la columna de absorción para generar las condiciones adecuadas de operación. Posteriormente, se introduce de forma gradual la corriente gaseosa procedente del área de reacción, ajustando progresivamente los parámetros operativos hasta alcanzar las condiciones de diseño.

Durante esta etapa se supervisan continuamente las temperaturas, presiones, niveles y caudales del sistema, verificando la eficiencia de absorción del formaldehído y la estabilidad de la operación. Una vez estabilizada la columna, la solución de formol producida se conduce hacia los tanques de almacenamiento final.

8.3.5 Puesta en marcha del área de almacenamiento de producto final

La última etapa de la puesta en marcha corresponde al área de almacenamiento del producto final, formada por los tanques T-401, T-402, T-403 y T-404.

Antes de recibir la producción procedente de la unidad de absorción, se verifica el correcto funcionamiento de los sistemas de medida y control instalados en los depósitos, incluyendo los instrumentos de nivel, temperatura y presión, así como las alarmas y dispositivos de seguridad asociados.

Asimismo, se comprueba la correcta operación de las bombas P-401 y P-402 y de las líneas de carga y descarga conectadas a los tanques. Una vez recibidas las primeras corrientes de formol, se realiza el llenado de los depósitos de forma controlada, monitorizando continuamente las condiciones de operación para garantizar la seguridad y estabilidad del sistema.

Finalmente, se llevan a cabo análisis de calidad sobre el producto obtenido con el fin de verificar que cumple las especificaciones de diseño establecidas para la planta. Cuando la calidad del formol producido es satisfactoria y todas las unidades operan de forma estable, se considera completada la puesta en marcha de la instalación y puede iniciarse la operación normal en régimen continuo.

8.4 Bibliografía

[1] RD 656/2017 – Reglamento de almacenamiento de productos químicos (APQ)

[2] Towler, G., & Sinnott, R. (s.f.). *Chemical Engineering Design*. Elsevier.