



PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ASPIRINA (API)

Trabajo Final de Grado

Tutor: Marc Peris

Rubén Aleu

Alex Espinoza

Cristina Sánchez

Marta Sobocińska

Junhong Ye



Universitat Autònoma
de Barcelona

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BARCELONA
ESCOLA D'ENGINYERIA
GRADO DE INGENIERÍA QUÍMICA

Año académico 2018/2019

CAPÍTULO IX: OPERACIÓN EN LA PLANTA



PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ASPIRINA (API)

Trabajo Final de Grado

Tutor: Marc Peris

Rubén Aleu

Alex Espinoza

Cristina Sánchez

Marta Sobocińska

Junhong Ye



Universitat Autònoma
de Barcelona

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BARCELONA
ESCOLA D'ENGINYERIA
GRADO DE INGENIERÍA QUÍMICA

Año académico 2018/2019

ÍNDICE

9. Operación en la planta.....	1
9.1. Introducción.....	1
9.2. Personal de la planta.....	2
9.3. Operación por áreas.....	3
9.3.1. Área 100: Almacenamiento de materia prima	3
9.3.1.1. Almacenamiento de fenol	3
9.3.1.2. Almacenamiento de NaOH sólido.....	4
9.3.1.3. Almacenamiento de CO2.....	4
9.3.1.4. Almacenamiento de anhídrido de acético	4
9.3.1.5. Almacenamiento de óxido de calcio	5
9.3.1.6. Almacenamiento de ácido sulfúrico 60%	5
9.3.1.7. Tareas que realizar.....	5
9.3.2. Área 200: Producción de ácido salicílico	6
9.3.3. Área 300: Producción de ácido acetilsalicílico.....	7
9.3.4. Área 400: Acondicionamiento de aspirina	8
9.3.5. Área 500: Almacenamiento de productos	8
9.3.6. Área 600: Servicios de planta	10
9.3.7. Área 700: Tratamiento de residuos	11
9.3.8. Área 800-10000: Oficinas, comedor, sala de control, laboratorio y taller de reparación.....	11

9. Operación en la planta

9.1. Introducción

Una vez se ha realizado la puesta en marcha de la planta y la producción se ha establecido, se considera que la planta se encuentra en la fase de operación en Planta. Al realizar un proyecto como el presente, es importante no solo diseñar el proceso, los equipos, el control, etc., sino también establecer un protocolo de operación. Este protocolo se explica en este apartado.

Esta planta trabaja en Discontinuo y está automatizada, por lo que habrá intervención humana durante la fase de operación de ésta. Por lo que se encargan de mantener el proceso y la producción estable con ayuda del sistema de control y los instrumentos. Es muy importante que tengan la capacidad de respuesta ante posibles problemas que puedan ocurrir.

Las características que hay que tener en cuenta del proceso:

- Producción en discontinuo.
- Equipos trabajando a presión.
- Gases licuados a presión.
- Sustancias peligrosas (inflamables y corrosivas) almacenadas.
- Empaque de producto sólido (Aspirina) en discontinuo.

A continuación, quedan resumidas en una lista, las tareas que deben realizarse durante la operación en planta y que estarán debidamente protocolizadas:

- Supervisar el correcto funcionamiento del sistema de control.
- Corregir cualquier anomalía del proceso no prevista por el sistema de control.
- Realizar operaciones discontinuas, como cargas y descargas.
- Realizar análisis del producto para certificar su correcta producción (departamento de calidad).
- Actuar en caso de producirse situaciones de peligro y/o accidentes.
- Realizar el mantenimiento de la planta, de todos los equipos e instrumentación.
- Realizar revisiones periódicas para garantizar la seguridad y el correcto funcionamiento de los puntos más críticos y/o importantes del proceso.

9.2. Personal de la planta

Tal y como se ha comentado en el apartado anterior, aunque se trate de una planta automatizada el personal de la planta resulta esencial para su correcta operación. Por lo tanto, se deberá establecer un protocolo que deberán seguir los trabajadores. El personal de la planta se organizará en turnos diferentes, para así garantizar una supervisión del proceso las 24 horas del día y una mayor organización del trabajo.

El personal de la planta se divide en diferentes departamentos, y dentro de ellos en cargos. A continuación, se explican los diferentes departamentos:

- **Departamento de mantenimiento:** Encargado de realizar todas las tareas de mantenimiento, reparación y control de la planta, sus equipos e instrumentos.
- **Departamento de ingeniería:** Encargado de supervisar los aspectos técnicos del proceso y de realizar mejoras en él si fuera necesario. Además, también se encarga de supervisar los departamentos de mantenimiento y control de la empresa.
- **Departamento de seguridad:** Encargado de asegurar que se cumplan todas las medidas de seguridad de la planta y la legislación correspondiente.
- **Departamento de calidad:** Encargado de asegurar que el producto cumple los requisitos de calidad establecidos.
- **Departamento de I+D:** Encargado de investigar y desarrollar nuevas técnicas que mejoren el proceso de producción de la planta.
- **Departamento de control:** Encargado de asegurar que el sistema de control de la planta funciona correctamente.
- **Departamento comercial y marketing:** Encargado de las compras y ventas de la planta, tanto de materias primas, equipos, instrumentos, servicios, etc. Además, también se encarga de la publicidad e imagen de la empresa.
- **Departamento de finanzas:** Encargado de realizar la contabilidad de la planta.

Una vez explicados los diferentes departamentos, se especifican los diferentes cargos que hay en la planta.

- **Director de planta:** Máxima autoridad de la planta. Se encarga de gestionar el conjunto de la planta y de tomar las decisiones más importantes. •
- **Director de producción:** Se encarga de controlar que el proceso de fabricación se realice correctamente. Y Se encarga de dirigir el turno al que corresponda.

-
- **Directores de departamento:** Encargado de gestionar el departamento del cual está al cargo.
 - **Operarios:** Personal que trabaja en el proceso de producción y ocupa tareas de la planta
 - **Técnicos de mantenimiento:** reparación, mantenimiento de la planta.
 - **Técnicos de laboratorio:** Personal que trabaja en el laboratorio, tanto en el departamento de calidad como en el de I+D.
 - **Contables y administrativos:** Personal que trabaja en el departamento de finanzas.
 - **Comerciales:** Personal que trabaja en el departamento comercial y de marketing.
 - **Subcontratados:** Trabajadores de empresas externas que trabajan en la planta de forma temporal para realizar tareas concretas. Normalmente se contratan durante los periodos de parada de la producción en la planta.

9.3. Operación por áreas

En este apartado se explica de forma general las tareas más importantes que deberían realizar en cada área y qué aspectos de la operación requieren más atención por parte de los operarios en los equipos más críticos.

9.3.1. Área 100: Almacenamiento de materia prima

9.3.1.1. Almacenamiento de fenol

El fenol como se ha comentado en el “Capítulo I. Especificaciones del proyecto” es una sustancia que en condiciones atmosféricas esta materia prima se encuentra en estado sólido, por ello, se necesita almacenar en un tanque con camisa porque a una temperatura de 45°C aproximadamente se vuelve estado líquido, que es como lo necesitamos. Hace falta destacar que es una sustancia es combustible, por lo tanto, en caso de incendio debe apagarse con rocío de agua (ya que no reacciona con este), CO₂, químicos secos o extintores de espuma. Es tóxico, corrosivo y sus gases (vapor/aire) son explosivos en contacto con fuego o a temperaturas elevadas (79°C). Sabiendo toda esta información comentada anteriormente se sabe que se tienen que seguir las normas de almacenaje que dictan las normas de las APQ 1, 6 y 7. También alcanza con rapidez concentraciones nocivas de partículas al dispersarse en el aire, sobre todo al pulverizarse. Los operarios que estén pendientes de esta zona tendrán

que tener en cuenta las normas de seguridad y protección explicadas en el “Capítulo V. Seguridad”.

9.3.1.2. Almacenamiento de NaOH sólido

Esta sustancia también es la materia prima para hacer el ácido acetilsalicílico. Este a temperatura ambiente, es un sólido blanco cristalino e higroscópico, aunque en forma líquida es incoloro. En grandes cantidades puede ser una fuente de ignición para materiales combustibles i puede provocar la explosión de los contenedores. No es combustible, pero puede a ver riesgo de incendio y explosión en contacto con sustancias incompatibles. El hidróxido de sodio es muy corrosivo. Cuando se calienta hasta descomponerse emite humos tóxicos y corrosivos.

9.3.1.3. Almacenamiento de CO₂

El dióxido de carbono, es la materia prima en la segunda reacción y formación de salicilato de sodio. Es un compuesto químico que se encuentra en la atmósfera y está formado por un átomo de carbono y dos de oxígeno. Es un gas incoloro e inodoro, aunque también se encuentra en estado líquido a baja temperatura siendo incoloro y se transporta en cilindros presurizados o sistemas de almacenamiento a granel. Es utilizado como refrigerante para controlar reacciones y puede provocar asfixia por desplazamiento del aire y con exposiciones prolongadas al calor o el fuego, puede romper violentamente o explotar el contenedor y dispersarse. Puede provocar gases tóxicos si se descompone al calentarse. Los operarios que estén pendientes de esta zona tendrán que tener en cuenta las normas de seguridad y protección explicadas en el “Capítulo V. Seguridad”.

9.3.1.4. Almacenamiento de anhídrido de acético

Este compuesto es uno de los anhídridos carboxílicos más simples, y forma parte de la cuarta reacción de formación del producto. Es un líquido incoloro, que huele fuertemente a vinagre (ácido acético) que se forma por la reacción que se produce con la humedad del aire. El anhídrido acético es corrosivo para metales y tejidos, irritante e inflamable. También puede actuar como deshidratante y en soluciones acuosas no es estable, porque éste descompone en unos pocos minutos y emite humos tóxicos, aunque el tiempo viene muy influido por la temperatura. A demás, es inflamable y tóxico. Los operarios tienen que tener en cuenta las normas de seguridad y protección

explicadas en el “Capítulo V. Seguridad”, para que no haya accidentes en la planta o a los operarios.

9.3.1.5. Almacenamiento de óxido de calcio

La cal o cal viva, es como se les llama a todas las formas físicas del Óxido de Calcio (CaO), y al igual que el anhídrido acético forma parte de la cuarta reacción. Este se encuentra en estado sólido inodoro, blanco o gris-blanco en forma de bultos duros. Esta sustancia es corrosiva, carcinógeno y no es combustible ni inflamable. Al solubilizarse con el agua se forma hidróxido de calcio (se descompone en este compuesto) y generar gran cantidad de calor. El óxido en polvo puede reaccionar explosivamente con el agua. Y como en los demás compuestos los operarios pendientes de la zona de almacenaje, que mantiene los tanques y los controlan, tienen que tener en cuenta las normas de seguridad y protección del “Capítulo V. Seguridad”.

9.3.1.6. Almacenamiento de ácido sulfúrico 60%

El ácido sulfúrico (H_2SO_4) es un catalizador que se utiliza en la tercera reacción para hacer salicílico y hacer aspirina. Este es un compuesto químico que se encuentra en estado líquido oleoso y de forma transparente. Es un compuesto corrosivo, sobre todo para metales y tejidos. Puede generar mucho calor durante y es capaz de encender materiales combustibles, aunque por sí solo no es inflamable. El ácido sulfúrico puede ser explosivo e incompatible con algunas sustancias. Al calentarse genera humos muy tóxicos. Por lo tanto, los operarios que realicen tareas en esta zona tendrán que utilizar las API's adecuados, siguiendo las instrucciones i recomendaciones de la ficha de seguridad de la sustancia (Ver en el Anexo del Capítulo V. Seguridad).

9.3.1.7. Tareas que realizar

- **Operación:** Supervisión de la carga de los tanques con materia prima, a través de la conexión con la cisterna. Verificación de que todas las conexiones estén realizadas correctamente, tanto la entrada como el retorno de la ventilación. Tomar muestras para verificar la pureza de la materia prima.

- **Supervisión:** Revisión constante del correcto funcionamiento del control de presión de los tanques. Revisión periódica de los tubos de carga y descarga, y las válvulas. Realizar un mantenimiento periódico de las bombas.

- **Control:** Mantener dentro de los rangos el nivel de los tanques, mediante la rotación de su uso.

9.3.2. Área 200: Producción de ácido salicílico

En esta área tiene lugar tres reacciones, formación de fenolato de sodio a partir de fenol y NaOH, Carboxilación de fenolato de sodio a salicilato de sodio y la reacción de precipitación por la cual se obtiene el ácido salicílico mediante la reacción del salicilato de sodio y ácido sulfúrico.

Por lo tanto, en esta área se encuentran un mixer (M201), un reactor (R204), un lecho fijo de carbón activo y tanque de precipitado (T207) como principales equipos, A parte, se disponen de compresores e intercambiadores para poder llevar las reacciones a cabo satisfactoriamente.

Es necesario tener en cuenta que la reacción carboxilación es exotérmica, trabaja a presión (6 atm) y a más es tiene lugar en un Fed-Batch Vitrificado. por lo que se necesitará un control en la refrigeración de los reactores. Así entonces, el control de los reactores debe ser lo más exhaustivo posible en la refrigeración y en el control de presión, debido a que la pérdida de presión que pueden producir al consumir CO₂ y evaporación de fenol, puede afectar en el proceso significativamente.

La zona contiene sustancias en estado sólido, líquido y gas, que son inflamables y corrosivas. Además, se trabaja con equipos a presión, por lo tanto, los operarios que realicen tareas en esta zona deberán actuar con la precaución y la protección idónea y seguir al pie de la letra la metódica de la planta, y la que pueda exigir el personal competente en materia de Seguridad y Salud.

Sin embargo, en el área de reacción no es necesaria mucha presencia humana para realizar el control del proceso (debido a que se ha diseñado un correcto control automático). A continuación, se indican la supervisión y operación en esta área:

Operación:

- Toma de muestras de la entrada y salida de los reactores y controlar que no se produzca una desviación considerable en las composiciones de estos corrientes.
- Limpiar la centrífuga y filtros en caso de posible colmatación.

-
- Alternar el uso de los compresores y bombas para así poder realizar su mantenimiento.

Supervisión:

- Asegurar periódicamente el correcto funcionamiento del reactor y sus accesorios (válvulas, discos de ruptura y sensores). En caso de que fallara un accesorio, es necesario conocer el protocolo de activación de los aparatos de repuesto para que el proceso no se ature.
- Supervisar que el sistema de control de temperatura y presión de los reactores actúe correctamente.
- Analizar al detalle que todos los equipos no tengan dañado su sistema de protección contra áreas explosivas.

Control:

- comprobar la consistencia de balance de materia en momento de carga de reactivos por evitar posible sobrecarga.

9.3.3. Área 300: Producción de ácido acetilsalicílico

En esta zona el equipo más importante es un reactor con agitación high shear. Donde se mezcla los tres reactivos que son ácido salicílico, óxido de calcio y anhídrido de acético. Y se obtiene ácido acetilsalicílico que es el producto de interés, agua y acetato de calcio como subproducto. Apuesta masa se diluye en un tanque de homogenización con agua para separar el ácido acetilsalicílico de la restante. La solución entra a un evaporador donde se evapora agua y recuperar acetato de calcio como un producto secundario.

Operación:

- Toma de muestras de la entrada y salida de los reactores y controlar que no se produzca una desviación considerable en las composiciones de estos corrientes.
- Limpiar la centrífuga y filtros en caso de posible colmatación.
- Alternar el uso de las bombas para así poder realizar su mantenimiento.

Supervisión:

- Asegurar periódicamente el correcto funcionamiento del reactor y sus accesorios (válvulas, discos de ruptura y sensores). En caso de que fallara un

accesorio, es necesario conocer el protocolo de activación de los aparatos de repuesto para que el proceso no se ature.

- Supervisar que el sistema de control de temperatura y presión de los reactores actúe correctamente.
- Analizar al detalle que todos los equipos no tengan dañado su sistema de protección contra áreas explosivas.

Control:

- comprobar la consistencia de balance de materia en momento de carga de reactivos por evitar posible sobrecarga.

9.3.4. Área 400: Acondicionamiento de aspirina

En esta zona se encuentra, por orden de operación, una separación sólido-líquido mediante centrifuga, seguido de un secador para eliminar la humedad del sólido y un molino para triturar en polvo fino los sólidos de aspirina. El polvo fino(125-180 μ m) pasa para uno tamizador de nº180, según la denominación recomendada por la norma ISO 3310-1990. El polvo que ha pasado a través del tamiz se homogeniza en un dosificador que lo empaqueta en el envasado en bidones de 200 kg o a la medida deseada por la parte de cliente.

Operación:

- Realizar la carga/descarga de molino.

Supervisión:

- Revisión periódica del correcto funcionamiento de los equipos.
- Revisión periódica de los tubos flexibles de carga y descarga, y detectar posibles fugas del sistema.

Control:

- Semiautomatizado.

9.3.5. Área 500: Almacenamiento de productos

Esta sustancia, denominada ácido o-acetilsalicílico ($C_9H_8O_4$), también conocido como Aspirina, es el producto que fabrica la empresa APIRINA y se almacenaran en forma sólida y en bidones opacos de 200 Kg y cierre hermético, para impedir

contaminaciones en el producto. Estas sustancias son cristales blancos inodoros, aunque en este caso como se produce API (principio activo de la aspirina) se obtendrá en polvo cristalino con un sabor ligeramente amargo. Este compuesto es combustible (aunque su punto de inflamación es tan elevado que se puede considerar nulo) i algunas mezclas dispersas en el aire son explosivas. Al calentarse se descompone emitiendo humo acre. También es peligroso para el medio ambiente. Este compuesto a niveles altos es tóxico, por lo tanto es un compuesto que vendrá regido por una APQ-6. Así entonces, el personal que supervise y opere en los tanques, debe manipular estos productos siguiendo las instrucciones y recomendaciones puntuilizadas en la ficha de seguridad del compuestos y de las APQ's, para que no haya accidentes laborales.

El compuesto químico Acetato de calcio ($\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2$) o Etanoato de calcio es un subproducto que se forma cuando se produce ácido acetilsalicílico (Aspirina), y se tiene que almacenar para tratar en agentes externos. Este tendrá un aspecto de polvo blanco (en cristales voluminosos si esta hidratado y es una sustancia higroscópica. Este compuesto no presenta ningún tipo de peligro para la salud. Aunque a grandes cantidades puede ser nocivo y combustibles en condiciones muy específicas. Suele descomponerse al calentarse por encima de su punto de fusión y produce humos, humos acres y puede producir el compuesto explosivo i/o inflamable acetona. Y como en los demás compuestos los operarios pendientes de la zona de almacenaje, que mantiene los tanques y los controlan, tienen que tener en cuenta las normas de seguridad y protección del "Capítulo V. Seguridad".

Operación:

- Realizar la supervisión de la carga de los bidones de plásticos.
- Tomar muestras del compuesto almacenado para verificar la pureza del producto.

Supervisión:

- Analizar y supervisar periódicamente el estado de las válvulas y tuberías de carga y descarga debido a que son zonas críticas y delicadas.

Control:

- Mantener el espacio de almacén dentro de los límites mediante la rotación de su venta.

9.3.6. Área 600: Servicios de planta

En el área 600 se sitúan los equipos que se encargan de almacenar, enfriar, calentar, distribuir o generar los principales servicios que se utilizan en la planta. Estos servicios son el agua de refrigeración, el nitrógeno, el vapor de agua, el agua glicolada, la electricidad y el aire comprimido.

Para manipular estos servicios se ha utilizado una torre de refrigeración, una caldera de vapor, un chiller, un transformador eléctrico, un tanque criogénico de nitrógeno un compresor de aire comprimido, un condensador evaporativo, una descalcificadora y un grupo electrógeno.

Uno de los principales aspectos a analizar y supervisar en esta área es el análisis de riesgo de brote de Legionelosis en la torre de refrigeración. La Legionelosis es una bacteria tóxica que puede brotar dentro de las torres de refrigeración en el caso de que no se le realice un buen mantenimiento ni se le añada biocida periódicamente (para así prevenirlo).

Operación:

- Llevar a cabo análisis epidemiológicos de las torres de refrigeración y añadirle periódicamente biocidas para prevenir un brote epidémico de Legionelosis.
- Limpieza del filtro de aire comprimido.
- repostar los tanques de sal del descalcificador para conseguir una buena regeneración de las resinas y una buena descalcificación

Supervisión:

- Supervisar periódicamente las condiciones de los equipos, especialmente el llenado de la torre de nitrógeno, la temperatura de salida de la torre de refrigeración, máquina de chillers y el funcionamiento de la caldera.
- Asegurar que las purgas de las torres de refrigeración se realicen correctamente.

Control:

- Todo automatizado.

9.3.7. Área 700: Tratamiento de residuos

La zona consta de una balsa de homogeneización donde van a parar todas las purgas líquidas, las aguas de limpieza y la sal de sulfato de sodio que sale de tanque de precipitación, corrientes líquidos una vez tratado se aboca a red de alcantarillado siempre y cuando está por debajo de límite de abocamiento y de una scrubber donde tratan todos los efluentes de las zonas de producción de la planta y todo el sistema de aire. Además de todos los contenedores de residuos sólidos y líquidos que posteriormente tratarán los agentes externos.

En cuanto a la balsa de homogeneización, necesita sólo un control y supervisión de los sensores de pH y de la disposición de reactivo para neutralizar las aguas químicas generadas en la planta.

Operación: Controlar el pH y la conductividad de las aguas de salida.

Supervisión: Revisión periódica del correcto funcionamiento de los controles de nivel y decaudal. Revisión periódica de los tubos flexibles de carga y descarga, y detectar posibles fugas del sistema.

Control: Semi-automatizado. Control del nivel de los contenedores de residuos sólidos y líquidos.

9.3.8. Área 800-10000: Oficinas, comedor, sala de control, laboratorio y taller de reparación

Para el resto de la planta, donde se sitúan los otros departamentos que llevan los otros aspectos de la planta, solo es necesario una supervisión y operación para realizar el mantenimiento de los siguientes aspectos (los más importantes):

- Iluminación.
- Sistemas de alarma.
- Análisis de ruidos.
- Sistemas automáticos de control de incendios.
- Sistemas de ventilación.

Como adición, todas las medidas tomadas en los reactores, columnas y otros equipos. serán llevadas a los laboratorios de calidad e I+D para poder encontrar mejoras al proceso.