



Planta de producción de MCB

Proyecto final de grado

Grado en ingeniería química

Tutor: Marc Peris

Noemí Collado

Andreu García

Marc Janer

Diego Quezada

Rafael Parra

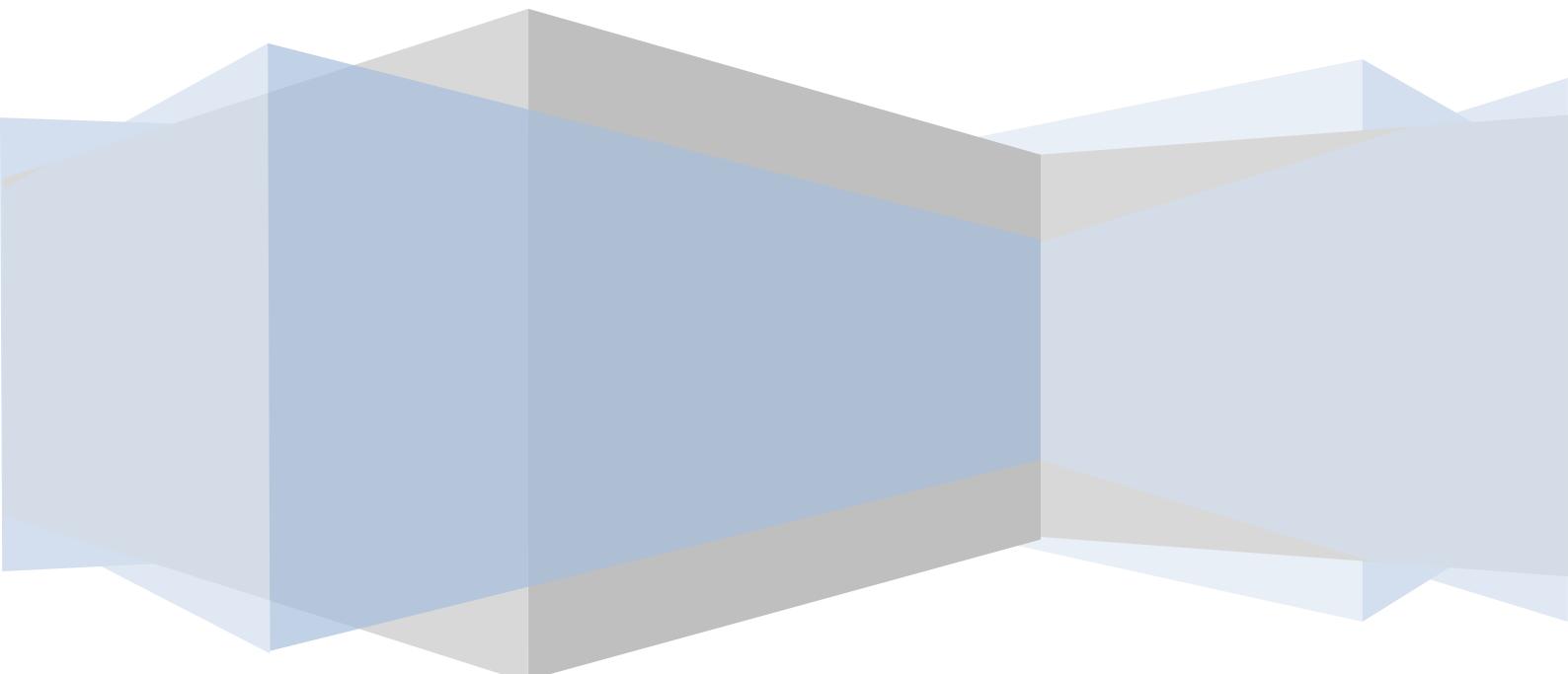
Junio de 2017



Capítulo 9. Operación en planta

Planta de producción de MCB

MCB Industries



CONTENIDO CAPÍTULO 9. OPERACIÓN EN PLANTA

9.1. INTRODUCCIÓN	3
9.2. PERSONAL DE LA PLANTA.....	4
9.3. OPERACIÓN POR ÁREAS	6
9.3.1. Área 100: Almacenaje de materias primas	7
9.3.1.1. <i>Tanques de Cl₂</i>	8
9.3.1.2. <i>Tanques de benceno y tolueno</i>	8
9.3.2. Área 200: Producción de MCB	8
9.3.2.1. <i>Reactores de producción de MCB</i>	9
9.3.2.2. <i>Columna de destilación K01</i>	9
9.3.2.3. <i>Separador flash</i>	10
9.3.3. Área 300: Purificación de MCB.....	11
9.3.4. Área 400: Almacenaje de productos.....	11
9.3.5. Área 500: Tratamiento de gases	11
9.3.6. Área 600: Subproductos y residuos líquidos	12
9.3.6.1. <i>Tanques de HCl 30%</i>	12
9.3.6.2. <i>Tratamiento del catalizador</i>	13
9.3.7. Área 900: Servicios	14
9.3.7.1. <i>Tanque criogénico de nitrógeno</i>	14
9.3.7.2. <i>Sala de calderas</i>	15
9.3.7.3. <i>Desionizador</i>	15
9.3.7.4. <i>Torres de refrigeración</i>	15
9.3.7.5. <i>Descalcificador</i>	15

9. OPERACIÓN DE LA PLANTA

9.1. INTRODUCCIÓN

Se considera que la planta se encuentra en fase de operación en continuo una vez realizados todos los protocolos de puesta en marcha y estabilizada la producción; es decir, una vez se mantiene en estado estacionario. Al realizar un proyecto como el presente es importante no sólo diseñar el proceso y los equipos, sino también establecer un protocolo de operación. Este protocolo, que debe ser tanto de equipos como de personal, se explicará en el presente apartado.

En primer lugar cabe destacar que habrá poca intervención humana durante la fase de operación de la planta, ya que se trata de una planta en continuo y automatizada. El sistema de control y los instrumentos que lo conforman se encargan de mantener el proceso estable, y consecuentemente la producción. Sin embargo, existen determinadas operaciones que no están automatizadas, y que por lo tanto requieren la presencia de operarios para ser realizadas. Las tareas que deberán realizar los operarios son diversas, pero estarán debidamente planificadas y delegadas al departamento que corresponda. Las tareas más importantes a realizar, son las siguientes:

- Supervisar el correcto funcionamiento del sistema de control.
- Corregir cualquier anomalía del proceso no prevista por el sistema de control.
- Realizar el mantenimiento de la planta; es decir, de equipos e instrumentación.
- Realizar operaciones discontinuas, como cargas y descargas (éstas serán realizadas mayoritariamente por los mismos transportistas, supervisados por los operarios).
- Realizar los análisis del producto para certificar que se produce correctamente.
- Realizar revisiones periódicas del correcto funcionamiento de los puntos más críticos y/o más importantes del proceso.
- Actuar en caso de haber situaciones de peligro y/o accidentes.

En el siguiente apartado se especificarán los diferentes departamentos de personal de la planta, y se especificarán las tareas que realizará cada uno de ellos.

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 (es decir, una organización de tareas) que deberá ser seguido por todos los trabajadores. Los trabajadores se organizarán en diferentes turnos diferentes, para garantizar una supervisión del proceso las 24 horas del día y una mayor organización del trabajo.

El personal de la planta se dividirá en diferentes departamentos, y dentro de ellos en cargos. Los diferentes departamentos que se encontrarán en la planta se explican a continuación:

- **Dep. de mantenimiento:** Se encarga de realizar todas las tareas de mantenimiento de la planta, tanto de equipos como de instrumentación.
- **Dep. de ingeniería:** Se encarga de supervisar los aspectos técnicos del proceso, y de realizar mejoras en él en caso de ser necesario. Cabe mencionar que en esta planta se realizarán pocas mejoras en el proceso una vez construido; por lo tanto, este departamento será muy reducido. Además, supervisará los departamentos de mantenimiento y control de la planta.
- **Dep. de seguridad:** Se encarga de asegurar que se cumplen todas las medidas de seguridad de la planta y de que se cumpla la legislación correspondiente (especificadas en el *Capítulo 5. Seguridad*).
- **Dep. de medio ambiente:** Se encarga de asegurar que se cumplen todas las medidas medioambientales de la planta y de que se cumpla la legislación correspondiente (especificadas en el *Capítulo 6. Medio Ambiente*).
- **Dep. de calidad:** Se encarga de asegurar que el producto se produce correctamente, cumpliendo los requisitos de calidad establecidos.
- **Dep. de control:** Se encarga del control de la planta, así como de asegurar que el sistema de control funciona correctamente.

- **Dep. comercial y marketing:** Se encarga de las compras y ventas de la planta, tanto de materias primas y productos como de equipos, instrumentos, servicios u otros. Además, también se encarga de la publicidad e imagen de la empresa.
- **Dep. de finanzas:** Se encarga de realizar la contabilidad de la planta.

En la Figura 9.1 se muestra la jerarquía de los diferentes departamentos de la planta:

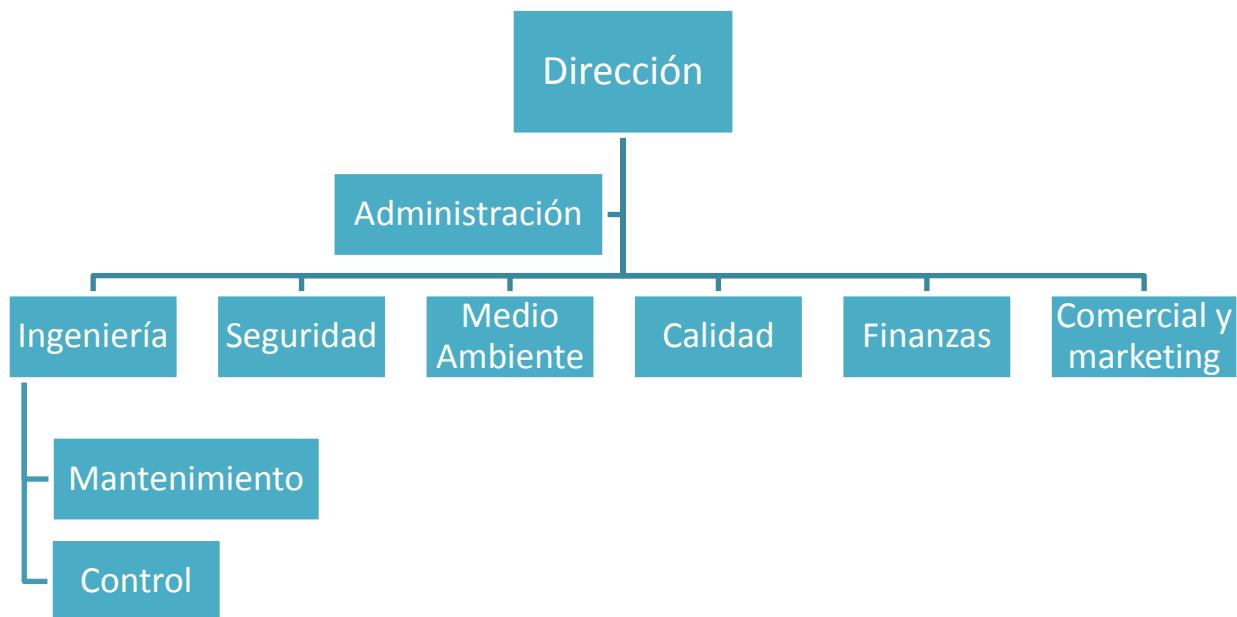


Figura 9.1. Jerarquía departamentos de la planta

Una vez explicados los diferentes departamentos, se especificarán los diferentes cargos que se podrán encontrar en la planta. Cabe destacar que una persona puede disponer de varios de estos cargos, ya que en algunos departamentos el personal será muy reducido.

- **Director de planta:** Es la máxima autoridad de la planta, se encarga de gestionar el conjunto de la planta, y toma las decisiones importantes.
- **Director de fabricación:** Se encarga de supervisar que el proceso de fabricación se realice correctamente.
- **Director del turno:** Se encarga de dirigir el turno al que corresponda (en este caso, habrán tres turnos diferentes).

- **Directores de sección o departamento:** Se encargan de gestionar cada uno de los departamentos explicados anteriormente. Tal y como se ha comentado cada persona puede disponer de varios cargos, ya que el personal de ciertos departamentos es muy reducido. Así pues, las siguientes parejas de departamentos tendrán el mismo director: Medio ambiente/Seguridad, Comercial y marketing/Finanzas, Mantenimiento/Ingeniería.
- **Operarios:** Personal que trabaja en el proceso de producción, mayoritariamente en el departamento de mantenimiento.
- **Técnicos de laboratorio:** Personal que trabaja en el departamento de calidad, concretamente en los laboratorios.
- **Contables y administrativos:** Personal que trabaja en el departamento de finanzas.
- **Comerciales:** Personal del departamento comercial y de marketing.
- **Subcontratas:** Trabajadores de empresas externas que trabajarán en la planta de forma temporal (a menudo sólo pocas horas) para realizar tareas concretas, normalmente de mantenimiento.

9.3. OPERACIÓN POR ÁREAS

En el presente apartado se explicarán las principales tareas que deberán llevar a cabo los operarios durante la operación de la planta, así como los aspectos en los que se deba centrar mayor atención. Todos ellos se dividirán por áreas y dentro de éstas, por equipos.

Aunque cada área de la planta tendrá unas tareas de operación específicas, existe un procedimiento que es aplicable a cualquiera de ellas. Es importante realizar seguimiento periódico de todos los equipos, accesorios e instrumentos de la planta. Un buen seguimiento de su estado no solo asegurará su correcto funcionamiento, sino que también permitirá anticiparse en caso de que existiera cualquier problema.

9.3.1. Área 100: Almacenaje de materias primas

En esta área se encuentran los tanques de almacenaje de Cl₂, benceno 97% y tolueno, dos para cada producto. Hay ciertas tareas a realizar que son comunes para todos los tanques de almacenaje de la planta, mientras que otras son específicas de cada uno. Las primeras, se explican a continuación.

En primer lugar, se debe tener en cuenta que en ésta área se encuentran almacenadas substancias tóxicas y peligrosas; por lo tanto, para realizar cualquier tarea en esta zona se deberá utilizar una protección adecuada (ésta se detalla en el *Capítulo 5. Seguridad e higiene industrial*).

El principal punto crítico en esta área serán las cargas y descargas de cisternas, que se realizarán frecuentemente. Ésta, será una de las pocas tareas a realizar en discontinuo. Además, al tratarse de substancias tóxicas y peligrosas, se deberá centrar especial atención al realizarlas.

Por lo tanto, una de las tareas a realizar en todos los tanques de la planta será la supervisión de sus cargas y descargas. Aunque éstas sean realizadas por los transportistas, es importante que los operarios verifiquen todas las conexiones antes de iniciar cualquier operación de carga o descarga. Además, deberán asegurar que se realicen siguiendo estrictamente los protocolos de seguridad.

También se realizarán revisiones periódicas de las bombas de carga y descarga, así como de los tubos flexibles y válvulas.

Por lo que respecta al control de los tanques, se debe comprobar que sus niveles sean los correctos y que se vacíen o se llenen correctamente. En todos los casos se ha programado una secuencia de control que realiza el cambio entre dos tanques iguales automáticamente, pero es importante comprobar que el cambio se realiza correctamente.

A continuación, se indicarán las tareas específicas para cada tanque.

9.3.1.1. Tanques de Cl₂

La presión de los tanques de Cl₂ representa otro de los puntos críticos de esta área. Es de suma importancia que los tanques de Cl₂ se encuentren a 10 bar ya que a 25°C el Cl₂ se gasifica a 7 bar, hecho que podría causar un accidente. Además estos tanques requieren de un sistema de inertización con N₂.

Aunque cuentan con un sistema de control que se encarga de regular la entrada de N₂ y la salida de los venteos automáticamente, los operarios deben ir revisando periódicamente el funcionamiento de los sensores y válvulas que lo conforman para asegurar su correcto funcionamiento.

A la salida de los tanques de Cl₂ se encuentra una válvula de regulación, que se encarga de disminuir la presión de 10 a 2.4 bar antes de introducirlo en el proceso. Por lo tanto, se debe comprobar periódicamente que la presión a su salida es la correcta.

9.3.1.2. Tanques de benceno y tolueno

En estos tanques los productos se almacenan a presión atmosférica; por lo tanto, no requieren de demasiadas tareas adicionales a parte de las especificadas para todos los tanques en general.

Sin embargo, en los tanques de benceno es importante comprobar que las bombas de su salida bombean el fluido a la presión correcta hacia el proceso.

9.3.2. Área 200: Producción de MCB

En esta área se encuentra la columna de purificación de benceno (K01), los reactores de producción de MCB (R01/02) y el separador flash (FL01). Al tratarse de equipos tan distintos, cada uno cuenta con sus propios procedimientos de operación.

9.3.2.1. Reactores de producción de MCB

El reactor de producción de MCB es el punto más crítico del proceso, ya que en él es donde se produce la reacción de producción de MCB. Además, el carácter exotérmico de la reacción, la presión a la que sucede y la mezcla de reacción que existe en su interior hacen que su operación sea muy delicada.

Para garantizar la seguridad y un rendimiento óptimo del reactor se ha instalado un sistema de control muy preciso, que se encarga de controlar y monitorizar tanto los parámetros de operación (presión y temperatura) como las entradas y salidas.

Por lo tanto, la principal tarea a realizar en esta zona es el control. Es importante asegurar que el sistema de control funciona correctamente comprobando que todos los parámetros sean los correctos (además, se ha instalado un sistema de alarmas que avisará a los operarios en caso contrario). Se deberá corregir cualquier anomalía lo antes posible.

Aunque esta zona sea totalmente automatizada, es importante que los operarios supervisen periódicamente el funcionamiento del reactor en campo. Se deben realizar revisiones periódicas de todos los elementos que lo conforman, así como de toda la instrumentación utilizada para su control. Sobre todo se debe central especial atención en las válvulas, más propensas a estropearse. En caso de que esto sucediera se abriría el bypass manual, cambiando la válvula con la mayor brevedad posible.

Además, periódicamente se extraerán muestras del corriente de salida de líquido para comprobar que su composición sea correcta (aunque aún no esté purificado en este punto se puede detectar, por ejemplo, demasiado benceno no reaccionado en la salida o demasiado DCB producido).

9.3.2.2. Columna de destilación K01

Esta columna de destilación, al igual que el resto de columnas de la planta, opera a presión atmosférica. La operación de las columnas de destilación también es delicada, ya que se deben respetar unas condiciones de operación muy estrictas para que la

separación se produzca correctamente. En este caso esto resulta de gran importancia, ya que en esta columna se obtendrá benceno puro para ser introducido en el proceso.

Al igual que el reactor, las columnas de destilación también cuentan con un sistema de control muy preciso y complejo que se encargará de asegurar que estas funcionen correctamente. Sin embargo, los operarios de control deberán asegurarse de que todos los parámetros se encuentren dentro de la normalidad y no varíen (también se han programado alarmas para avisarlos en caso de que cualquiera de ellos varíe).

Además, teniendo en cuenta la importancia de la composición del corriente de salida de destilado (benceno puro), se tomarán muestras periódicamente para ser analizadas y asegurar que la separación se realice correctamente.

En campo, los operarios también deberán supervisar que todos los equipos e instrumentos funcionen correctamente, realizando revisiones periódicas.

Para asegurar el correcto funcionamiento del condensador, se ha instalado una mirilla que permitirá observar la condensación del vapor. Por lo tanto, ésta se deberá comprobar periódicamente.

9.3.2.3. Separador flash

El separador flash se encuentra al a salida del reactor, y se encarga de separar los restos de HCl que hayan salido del reactor con el corriente de producto.

Este equipo no requiere de un control muy preciso, simplemente se debe vigilar su nivel (de todas formas, existen alarmas que avisarán en caso de que este subiera o bajara demasiado).

Se realizarán muestras periódicamente de su salida, para asegurar que no existe HCl en el corriente de salida de líquido.

Además, se comprobarán que tanto la bomba como el compresor de sus respectivas salidas funcionen correctamente observando sus indicadores de presión.

9.3.3. Área 300: Purificación de MCB

En esta área se encuentran las columnas K02 y K03, que se encargan de la separación del benceno y de la purificación de MCB, respectivamente.

Para estas columnas se seguirá el mismo protocolo de operación que en la columna K01 (explicados en el apartado 9.3.2.2. *Columna de destilación K01*). Se centrará especial atención en el corriente de salida de destilado de la columna K03, que corresponde al producto de MCB purificado. Por lo tanto, deben realizarse medidas con más frecuencia.

9.3.4. Área 400: Almacenaje de productos

En esta área se encuentran los tanques de almacenaje de MCB. Por lo tanto, en esta zona se aplicarán los mismos protocolos de seguridad y operación que en el área 100 (explicados en el apartado 9.3.1. *Área 100: Almacenaje de materias primas*).

Como medida extra para asegurar la composición del producto, se realizarán medidas periódicas del MCB de los tanques.

9.3.5. Área 500: Tratamiento de gases

En esta área se encuentran todos los equipos necesarios para realizar el tratamiento de gases de la planta: las columnas de absorción AB01 y AB02, y el scrubber SC01.

En primer lugar se debe tener en cuenta que esta área trata HCl en forma gaseosa; por lo tanto, para realizar cualquier tarea en esta zona se deberá utilizar una protección adecuada (ésta se detalla en el *Capítulo 5. Seguridad e higiene industrial*). Además se deberá seguir estrictamente los protocolos al manipular cualquier equipo o válvula, ya que cualquier vertido a la atmósfera podría causar graves problemas de seguridad y medioambientales.

Aunque los equipos de esta área cuentan con sistemas de control que automatizan su operación, al igual que en los equipos ya explicados, se debe comprobar que todo funcione correctamente.

A nivel de control, se debe centrar especial atención en la presión de las torres ya que trabajan a 2.4 bar. También se debe supervisar el nivel de líquido de los tres equipos, evitando que suba demasiado y exista el peligro de que se inunden (de todas formas, se han instalado alarmas que avisarán a los operarios antes de que esto sucediera).

Para comprobar que el tratamiento se realiza correctamente y que todo el ácido presente en el gas es lavado en el AB02, se realizarán muestras periódicas del corriente de salida de HCl 30%. Además, se verificará la entrada de agua al sistema.

Finalmente, también deberá centrarse atención sobre el corriente gaseoso de salida a la atmósfera. A la salida del scrubber hay un conductímetro que permitirá saber si existe HCl en dicho corriente.

9.3.6. Área 600: Subproductos y residuos líquidos

En esta área se encuentran tanto los tanques de almacenaje de HCl 30% como los equipos necesarios para el tratamiento del catalizador.

9.3.6.1. Tanques de HCl 30%

El HCl 30% se almacenará en forma líquida. Cabe tener en cuenta que se trata de un ácido muy corrosivo; por lo tanto, para realizar cualquier tarea en esta zona se deberá utilizar una protección adecuada (detallada en el *Capítulo 5. Seguridad e higiene industrial*).

En esta zona se aplicarán los mismos protocolos de seguridad y operación que en el área 100 (explicados en el apartado 9.3.1. Área 100: Almacenaje de materias primas), con la única diferencia que el producto no se cargará en cisternas sino en GRGs.

Además, como el HCl 30% se venderá como subproducto, se realizarán muestras periódicamente para asegurar su composición.

9.3.6.2. Tratamiento del catalizador

La zona de tratamiento del catalizador consta de cuatro equipos: un reactor donde se da la reacción de neutralización, una centrífuga, un separador líquido-líquido y un enfriador y descamador de DCB. Estos equipos se deberán revisar periódicamente para asegurar su correcto funcionamiento.

El punto crítico en este proceso de tratamiento es la temperatura. El DCB se solidifica a temperaturas inferiores a 60°C; por lo tanto, es importante asegurar en todo momento que esta temperatura no baje.

Este proceso generará diversos productos y residuos; por lo tanto se deberá asegurar que sean gestionados y almacenados correctamente.

Además de su mantenimiento en general, cada uno de los equipos que conforman este tratamiento requiere unos protocolos de operación diferentes. Éstos, se explican a continuación:

- **Reactor R03:**

El punto crítico de este equipo (además de la temperatura) es que la reacción que se realiza en su interior es exotérmica; por lo tanto, se deberá asegurar que el sistema de refrigeración funciona correctamente.

- **Centrífuga:**

Comprobar que la salida de sólido tiene las propiedades que debería (por ejemplo, si saliera más líquido de lo normal significaría que existe un problema en el equipo).

Se trata de un equipo comprado externamente, por lo tanto se deberá avisar al fabricante en caso de detectar cualquier problema en su funcionamiento.

- **Separador líquido-líquido:**

El punto crítico de este equipo son las alturas de líquido en su interior: si estas no corresponden exactamente a las diseñadas, la separación no se realiza correctamente. Por lo tanto, se deberá centrar especial atención en que estas no fluctúen.

Además, se realizarán medidas del corriente de DCB periódicamente para asegurar que la separación se realiza correctamente.

- **Descamador de DCB**

Este equipo se encarga de enfriar y solidificar el DCB, formando unas escamas que serán almacenadas posteriormente en bigbags. Por lo tanto, se deberá asegurar que el DCB se carga correctamente en las bigbags y que estas se almacenan en el lugar que les corresponde.

Además, también se observará a simple vista que el sólido tenga las propiedades que le corresponden y se avisará al fabricante en caso de cualquier anomalía (por ejemplo, si salieran escamas demasiado grandes o pequeñas).

9.3.7. Área 900: Servicios

En el área de servicios se encuentran las calderas, las torres de refrigeración, los chillers, el equipo de desionización y el descalcificador, el tanque criogénico de nitrógeno y el sistema de aire comprimido.

Aunque cada uno de los equipos requerirá un mantenimiento diferente, en todos los casos se deberán revisar periódicamente sus condiciones de operación para asegurar que funcionen correctamente. Además, también se deberán revisar las bombas y los accesorios (en especial las válvulas).

A continuación se explican los principales protocolos de operación que deberán seguirse para cada uno de ellos:

9.3.7.1. Tanque criogénico de nitrógeno

Los tanques criogénicos de nitrógeno pertenecen a la empresa Air Liquide, que se encargará de su mantenimiento durante las paradas de planta. Sin embargo, los operarios deberán supervisar el correcto funcionamiento de la instalación (sobre todo, deberán comprobar que el gasificador y el compresor de nitrógeno funcionan correctamente).

9.3.7.2. Sala de calderas

El punto crítico de esta zona es que las calderas trabajan a alta presión; por lo tanto, se debe centrar especial atención al estado de estos equipos.

9.3.7.3. Desionizador

El desionizador requiere de un mantenimiento muy preciso para asegurar su correcto funcionamiento. Los operarios deberán realizar la regeneración de las resinas de intercambio iónico haciendo pasar una solución de NaCl a contracorriente. Además, se deberán cambiar las membranas cuando sea necesario.

9.3.7.4. Torres de refrigeración

En este caso se ha optado por torres en circuito cerrado; con estos equipos se elimina el riesgo de legionella ya que no hay posibilidad de que existan puntos muertos donde se estanque el agua, ni tampoco es dispersada al ambiente en partículas.

No obstante, parte del agua sí se evapora debido al intercambio de calor, hecho que provoca que se tenga que aportar agua al circuito periódicamente, que se tenga que purgar parte del agua por acumulación de sales y también que se tenga que hacer un control para detectar bacterias, que aunque no es necesario, es recomendable.

9.3.7.5. Descalcificador

Por lo que respecta al descalcificador, la tarea principal de los operarios en este equipo es la de repostar los tanques de sal para hacer posible la regeneración de las resinas.