

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ÓXIDO DE ETILENO

Trabajo final de grado
Grado en Ingeniería Química



Paula Lafuente Simó
Joan Ramón Pájaro Crespo
Anabel Rodríguez Rengel
Carlos Salgado Espinosa
Ferriol Viñas Francisco
Verónica Fernanda Zaldívar Sánchez

TUTOR: Marc Peris

Año académico: 2019 - 2020

CAPÍTULO IX



Operación en planta

ÍNDICE

9. Operación en planta.....	2
9.1 Introducción	2
9.2 Personal de la planta.....	3
9.3 Operación por áreas.....	5
9.3.1 Área A-100: Acondicionamiento y almacenamiento de materias primas	5
9.3.2 Área A-200: Reacción	6
9.3.3 Área A-300: Separación.....	7
9.3.4 Área A-400: Purificación del óxido de etileno.....	9
9.3.5 Área A-500: Tratamiento del dióxido de carbono.....	10
9.3.6 Área A-600: Almacenamiento del óxido de etileno	12
9.3.7 Área A-1000: Servicios de planta y Área A-900: EDAR.....	14
9.3.8 Área A-1600: Tratamiento de gases.....	15
9.3.8 Otras Áreas: Sala de control, Taller de mantenimiento, Laboratorio, Oficinas, Control de seguridad, Zona social, Vestidores y Baños.	16
9.4 Bibliografía	17

9. Operación en planta

9.1 Introducción

La fase de operación en planta se empieza a realizar justo después de haber finalizado la fase de puesta en marcha. En este punto se puede considerar que el proceso ya se ha estabilizado lo suficiente como para poder trabajar de forma continua y con todas las condiciones de trabajo bajo control.

Aunque la planta esté mayormente automatizada, será necesaria la intervención y formación humana en procesos de mantenimiento y de control de operación en el caso de que hubiera que intervenir debido a cualquier irregularidad o, por ejemplo, para regenerar el catalizador de la reacción una vez éste haya perdido prácticamente toda su actividad.

Así mismo, otras de las tareas que se deben tener en cuenta que deben realizar los diferentes trabajadores de la planta son: operaciones de mantenimiento de equipos e instrumentación realizadas por operarios especializados, operaciones de descarga de producto, supervisión de las operaciones de control automatizadas del proceso para poder solucionar cualquier problema o irregularidad, continuo análisis de calidad y pureza de reactivos y productos en laboratorio.

9.2 Personal de la planta

La mayoría del personal de la planta se organiza en 5 turnos, consiguiendo así una mayor organización y supervisión de todo el proceso durante las 24 horas de los siete días de la semana de operación (lunes a domingo). Así mismo, en este apartado se ha dividido al personal de la planta en, básicamente, diversos departamentos. Dichos departamentos de *ETHOXID* son los siguientes:

- **Departamento de ingeniería:** Es aquel departamento que supervisa y siempre está proponiendo mejoras en la mayoría de los departamentos de la planta, incluyendo en estos departamentos de control, mantenimiento o calidad. Así mismo, incluye a personal capaz de afrontar y desarrollar proyectos nuevos, pasando por su idea conceptual hasta acabar diseñando todos y cada uno de los equipos, así como la puesta en marcha y la operación en planta.
- **Departamento de producción:** Es aquel departamento que tiene como objetivo principal el correcto y eficiente desarrollo de los productos finales de la planta, en este caso, óxido de etileno, es decir, transformar las materias primas y/o recursos como la energía o la mano de obra, en productos, bienes o servicios. Este departamento incluiría también las operaciones de control, que tienen la función de supervisar que el sistema de control automatizado de la planta funcione correctamente sin irregularidades que puedan desencadenar en algún accidente industrial.
- **Departamento de compras:** Es aquel departamento cuya función principal es la de llevar las cuentas de la empresa, es decir, se encargan de las compras de materias primas, servicios, mano de obra y los diferentes costes de la empresa.
- **Departamento comercial:** Es aquel departamento que se encarga de las ventas, incluyendo en estas la captación de nuevos clientes mediante campañas publicitarias o bien por trato personal.
- **Departamento de mantenimiento:** Es aquel departamento cuya función principal es la de realizar y/o supervisar todas las tareas de mantenimiento de equipos e instrumentación de la planta.
- **Departamento de calidad:** Este departamento, en primer lugar, debe formar parte de todos los otros departamentos debido a su amplia operación. Es el responsable del producto final que reciben los clientes, óxido de etileno. Debe verificar que el óxido de etileno sigue los parámetros de calidad establecidos y es así como se intentan reducir al máximo todos los costes de la planta.

- **Departamento de I+D+I:** Es aquel departamento cuya función principal es la de investigar, desarrollar e innovar para poder, por ejemplo, aumentar ventas, rentabilidad, abrir nuevos mercados o resaltar tu empresa por su alto nivel de innovación.
- **Departamento de recursos humanos:** Es aquel departamento cuya función principal es la de la gestión de los recursos humanos de la organización, como seleccionar y formar a los trabajadores que la empresa necesita, proporcionar a los trabajadores los medios necesarios para que puedan ejercer su trabajo e intentar que el trabajador satisfaga sus necesidades.
- **Departamento de finanzas:** Es aquel departamento que se dedica básicamente a todo el tema de la contabilidad de la planta.

Una vez explicadas las funciones de cada uno de los departamentos, cabe especificar que dentro de cada uno de dichos departamentos existen diferentes rangos de posición dentro de la empresa *ETHOXID*.

En primer lugar, existe el gerente o director de la planta, que viene a ser la mayor autoridad que se encuentra en la planta y el cual se encarga de realizar algunas de las decisiones más importantes, es decir, es la máxima responsabilidad de la empresa.

En segundo lugar, estarían los directores de los diferentes departamentos anteriormente descritos. Cada uno es el encargado de supervisar y gestionar dicha sección de la planta. Serían el segundo nivel de responsabilidad de la planta.

En tercer lugar, estarían los encargados de los departamentos. Estos son unos operarios técnicos responsables de su área durante el turno en el que se trabaja. Sería el tercer nivel de responsabilidad de la planta.

En cuarto y último lugar, se encuentran todos aquellos operarios y/o trabajadores que están bajo el mando del director de departamento y que se harán cargo de las diferentes tareas de la planta. Estos son los trabajadores con menor grado de responsabilidad dentro de una empresa.

9.3 Operación por áreas

A continuación, se pretende resumir de forma general, tal y como se ha hecho en el **capítulo 1** en la descripción del proceso, algunas de las operaciones más importantes en cada área de la planta *ETHOXID*, es decir, aquellas operaciones potencialmente críticas y que es necesario detallar su funcionamiento. Así mismo, en cada área se especificarán las tareas de operación, supervisión y control.

9.3.1 Área A-100: Acondicionamiento y almacenamiento de materias primas

El área A-100 consta básicamente de dos tanques pulmón que contienen oxígeno y etileno provenientes por tubería de otra planta de fraccionamiento de aire, dos tanques de almacenaje de nitrógeno líquido junto a un sistema de vaporización atmosférica o vaporizadores de aire ambiental y dos tanques para el almacenamiento de la monoetanolamina usada en el área A-500.

La razón principal del uso de los tanques pulmón es para poder controlar mediante un sistema de control de presión las condiciones a las que llegan los dos reactivos por tubería, en este caso a 11 bar y se almacenan en los tanques a 10 bar de presión. Así mismo, no es necesario usar nitrógeno para su inertización debido a que dichos tanques ya contienen un 0,3% de éste.

El almacenaje del nitrógeno líquido debe ser a -190°C y a una presión de 17 bares. Posteriormente, el nitrógeno líquido cambiará de estado a fase gas mediante vaporizadores de aire ambiental, los cuales toman calor del aire circundante y lo transfieren al nitrógeno líquido fluyendo a través de sus bobinas, disminuyendo así la presión a 10 bar. Así mismo, no necesita ningún tipo de recurso energético. Por tanto, las tareas de operación, supervisión y control del área A-100 serán las siguientes:

- **Operación:** Revisión de la carga al tanque del nitrógeno líquido y la monoetanolamina mediante cisterna, así como las diferentes conexiones; continua toma de muestras de los tanques pulmón para el análisis en laboratorio de la calidad de las materias primas que llegan por tubería; operaciones de mantenimiento de la instrumentación del área.
- **Supervisión:** Supervisar la instrumentación que interviene tanto en la carga y almacenaje en tanques del nitrógeno, de la monoetanolamina y el de las materias primas, incluyendo válvulas, tuberías y conexiones de descarga.
- **Control:** Controlar el nivel, temperatura y presión de los tanques de nitrógeno líquido y los de monoetanolamina y la presión de los tanques pulmón para controlar las condiciones a la que llegan las materias primas (oxígeno y etileno) y comprobar que están dentro de los rangos establecidos.

9.3.2 Área A-200: Reacción

El área A-200 incluye tanto la preparación de los reactivos antes de entrar a los reactores como el proceso de reacción de formación de óxido de etileno.

Los reactivos, oxígeno y etileno, junto al nitrógeno, cuya función principal es evitar la autoignición y estabilizar la mezcla reactiva, se mezclan y serán comprimidos y calentados mediante un compresor y un intercambiador de calor.

La mezcla reactiva se comprime de 1000 kPa a 2015 kPa y se calienta a 270°C. No obstante, en el intercambiador de calor existe una pérdida de presión de aproximadamente 15 kPa por lo que las condiciones de entrada a los reactores serán de 2000 kPa (~20 atm) y 270°C. Así mismo, el catalizador de óxido de plata sobre base de γ -alumina será introducido en los tubos de los reactores.

La reacción de formación del óxido de etileno, mediante a oxidación del etileno, tiene lugar en dos reactores multitubulares de lecho fijo en disposición vertical de 60 m³ (R-200A y R-200B), los cuales trabajan en condiciones isotérmicas a 270°C y a unas 20 atm. En este caso, el grado de conversión respecto al etileno es del 10% y se desea que la fracción molar del óxido de etileno a la salida de los reactores no sea mayor al 3%, obteniendo en este caso un 2,69%. También se lleva a cabo una reacción secundaria en la cual se forman dos subproductos como son el agua (H₂O) y el dióxido de carbono (CO₂).

Así mismo, el conjunto de las dos reacciones son muy exotérmicas y es por esta razón que se hace pasar agua descalcificada como refrigerante por la carcasa de los reactores a 190°C para poder mantener una temperatura constante de reacción de 270°C. El agua como fluido refrigerante no sufre ningún salto térmico, sino que existe un cambio de fase a vapor de agua que también saldrá a unos 190°C debido al calor absorbido del proceso.

Es por esta razón que se instala un control tanto de temperatura como de presión en el reactor que regulan tanto las condiciones del refrigerante como las del fluido de reacción para evitar así que cualquier de las dos variables aumenten sin ningún control y puedan llegar a generar alguna explosión. Consecuentemente, se ha instalado y aislado los reactores en un búnker hecho de hormigón para evitar así destrozos mayores en el caso de que hubiera una explosión. Es por esta razón que los operarios de mantenimiento del área de los reactores deberán actuar con una protección y condiciones de trabajo idóneas establecidas por el departamento de seguridad.

Así mismo, se instala un control de caudal para asegurar que el caudal de reactivos se divide equitativamente en los dos reactores en operación.

Por tanto, las tareas a realizar de operación, supervisión y control del área A-200 serán las siguientes:

- **Operación:** Operaciones de mantenimiento de reactores, compresores, válvulas e intercambiadores de calor, así como su inertización previa; continua toma de muestras de la entrada y salida de los reactores para el análisis en laboratorio de la calidad de la mezcla reactiva y del producto formado; regeneración del catalizador de óxido de plata cuando éste haya perdido su actividad al cabo de aproximadamente 3 años.
- **Supervisión:** Supervisar la instrumentación que interviene en la operación de reacción, incluyendo accesorios como válvulas; supervisar los lazos de control para el control de caudal, temperatura y presión y comprobar el correcto funcionamiento de los diferentes equipos.
- **Control:** Controlar el caudal, temperatura y presión de los reactores, es decir, controlar que el balance de materia se cumpla y el caudal de entrada de los dos reactores sean equitativos y controlar que la ni la temperatura ni la presión aumenten.

9.3.3 Área A-300: Separación

El área A-300 incluye las operaciones de absorción y de separación flash, justo antes de entrar en el área de purificación del óxido de etileno.

En primer lugar, la mezcla de gases de salida del reactor con óxido de etileno junto a oxígeno y etileno no reaccionados y los subproductos agua y dióxido de carbono, se encuentran a 270°C y a 1870 kPa de presión. Estos son enfriados a 60°C e introducidos a una columna de absorción (C-300) donde serán absorbidos por una mezcla de 99,99% de agua y 0,001% de óxido de etileno a 26°C y 1500 kPa provenientes de la mezcla de agua de red descalcificada en la EDAR y del residuo de la columna de destilación del área A-400 (C-402). Las condiciones de operación de la columna de absorción son de 13 bar en la zona de agotamiento y de 10 bar en la zona de rectificación, debido a que a mayor presión mayor es la eficacia absorbente, obteniendo así un 99,99% de absorción del óxido de etileno por colas de columna. Así mismo, se usarán controles de nivel, temperatura y presión para controlar que las condiciones de operación sean las adecuadas.

Todos aquellos gases no absorbidos que salen por cabeza de columna a 26°C y 1000 kPa, incluyendo los reactivos no reaccionados y los subproductos de la reacción, se dividirán en un 75% que será recirculado al reactor junto a los gases residuales del área de tratamiento de CO₂ y, el 25%, se irá a tratarse dicha área.

En segundo lugar, todos los gases absorbidos en agua a 38°C y 1000 kPa de presión que salen por fondos de la columna serán introducidos en el tanque de separación flash (T-300), cuyas condiciones de operación son 35 atm de presión, para separar gran parte de los reactivos absorbidos en fase gas dejando en su mayoría la solución líquida con agua y óxido de etileno y recirculando así la parte gas separada a la primera absorción para aumentar así el grado de absorción de la columna C-300. Así mismo, dicho tanque también dispondrá de controles nivel, temperatura y presión.

Por tanto, las tareas a realizar de operación, supervisión y control del área A-300 serán las siguientes:

- **Operación:** Operaciones de mantenimiento de columna de absorción C-300 y tanque de separación flash T-300, bombas, válvulas e intercambiadores de calor, así como su inertización previa; continua toma de muestras de cabeza y cola de columna de absorción para el análisis en laboratorio y comprobar así si se está absorbiendo correctamente el óxido de etileno.
- **Supervisión:** Supervisar la instrumentación que interviene en la operación de absorción y separación gas-líquido, incluyendo accesorios como válvulas; supervisar el nivel de líquido de las columnas para evitar una posible inundación de estas.
- **Control:** Control del nivel de líquido, temperatura y presión de la columna de absorción C-300 y del tanque de separación flash T-300.

9.3.4 Área A-400: Purificación del óxido de etileno

El área A-400 engloba todas aquellas operaciones para la purificación del óxido de etileno, incluyendo una etapa de absorción (C-401) y dos etapas de destilación (C-400 y C-402).

Una vez se ha realizado la separación gas-líquido en la torre T-300, el corriente gas es recirculado a la primer absorción C-300 y la parte líquida que contiene en su mayoría óxido de etileno y agua, será introducida a una primera columna de destilación con reflujo total C-400. Dicha operación de destilación trabaja a una presión de 2 bar en zona de agotamiento y 1.5 bar en zona de rectificación en una columna de platos y las temperaturas de salida del corriente gas del condensador o destilado y del corriente líquido o residuo del reboiler son de 38°C y 120°C respectivamente. El corriente gas obtenido por cabeza de columna C-400 será comprimido de 150 kPa a 200 kPa y calentado hasta los 58°C antes de introducirse como alimentación en la segunda columna de absorción C-401. Dicha corriente contiene en un 94% óxido de etileno gas y se le ha eliminado prácticamente el agua con el que se había absorbido en la columna C-300.

No obstante, ésta corriente gas será reabsorbido en la columna de absorción C-401 mediante el corriente de residuo líquido de la columna C-400 que prácticamente es agua en su totalidad y ha sido enfriada de 120°C a 90°C, debido a la necesidad de obtener el óxido de etileno con un grado de pureza más elevado. Dicha operación de absorción trabaja a 1,5 atm aproximadamente en una columna de platos. Todos aquellos gases no absorbidos serán recirculados junto a los gases de salida de la torre de separación T-300 y se recircularán a la primera columna de absorción C-300 como parte de su alimentación.

Por último, la parte absorbida que contiene un 98,82% de agua y un 1,18% de óxido de etileno, será bombeada aumentando la presión a 250 kPa e introducida a una última columna de destilación de platos C-402. La función principal de dicha columna es separar el agua de la mezcla, consiguiendo obtener mediante un condensador total, el óxido de etileno en fase líquida con un grado de pureza del 99,96%. Las condiciones de trabajo de dicha columna son de 2.5 bar en zona de agotamiento y 2 bar en zona de rectificación y el producto condensado obtenido será bombeado aumentando la presión a 5 atm y enfriado de 28°C de salida por cabeza de columna hasta los 15°C a los que se pretende almacenar el producto final. Así mismo, la corriente residual será la que se recircule y se mezcle con la corriente de agua pura proveniente de la EDAR para ser parte del líquido absorbente de la columna C-300.

Por tanto, las tareas a realizar de operación, supervisión y control del área A-400 serán las siguientes:

- **Operación:** Operaciones de mantenimiento de columna de absorción C-401, las columnas de destilación C-400 y C-402, bombas, válvulas e intercambiadores de calor, así como su inertización previa y una continua toma de muestras de cabeza y cola de columna de absorción C-401 para el análisis en laboratorio y comprobar así si se está absorbiendo correctamente el óxido de etileno.
- **Supervisión:** Supervisar la instrumentación que interviene en las operaciones de absorción y destilación, incluyendo accesorios como válvulas; supervisar el nivel de líquido de las tres columnas C-400, C-401 y C-402 para evitar una posible inundación de estas.
- **Control:** Control del nivel de líquido, temperatura y presión de la columna de absorción C-401 y de las columnas de destilación C-400 y C-402.

9.3.5 Área A-500: Tratamiento del dióxido de carbono

El área A-500 se usa con el fin de tratar parte del dióxido de carbono generado por la reacción de combustión en el área A-200 y para poder recircular gases no reaccionados con una menor cantidad de CO₂. Esta área consta de una absorción C-500, una torre de separación flash T-500 y una destilación C-501.

En primer lugar, el 25% que sale por cabezas de la primera absorción C-300 del proceso, entrará a la zona de tratamiento de CO₂. Dicha corriente es acondicionada para entrar a la columna de absorción C-500, por lo que es comprimida hasta 50 bar y enfriada a 40°C. La absorción C-500, es una absorción química, que consiste en la absorción de dióxido de carbono en monoetanolamina MEA y agua. Se ha decidido utilizar la absorción química con aminas ya que es uno de los procesos más frecuentemente usados en la industria por ser de gran eficiencia en la absorción de CO₂, y se ha decidido utilizar monoetanolamina ya que tiene bajo coste como solvente, es fácil de regenerar y con el dióxido de carbono es la más reactiva de las aminas y, por lo tanto, las reacciones se darán con mayor velocidad que con otras aminas, como, por ejemplo, la Dietanolamina (DEA).

La corriente que se conforma del líquido de absorción (MEA y agua) rico en dióxido de carbono y con un pequeño porcentaje del resto de gases del proceso, sale por fondos de la columna C-500 a 5000 kPa, y entra en un tanque de separación flash T-500 que se encuentra a presión atmosférica, por lo que existe una disminución repentina de la presión y logran separarse la mayor parte de los gases que se habían arrastrado con el CO₂.

Por lo tanto, por cabezas del tanque sale una corriente que se conforma principalmente de etileno, oxígeno y nitrógeno, además de una pequeña cantidad de vapor de agua y de óxido de etileno. Esta corriente es enviada a la zona de tratamiento de gases de la planta ya que no podrá ser liberada a la atmosfera.

Por fondos del tanque saldrá la corriente que se conformará en su mayoría del líquido absorbente con el CO₂ absorbido a presión atmosférica y 48°C de temperatura. Para separar el CO₂ de los líquidos absorbentes se introducirá esta corriente a una columna de destilación C-501.

La destilación C-501 de la zona de tratamiento de CO₂ se trata de una destilación con condensación parcial en la que se busca obtener como producto destilado en estado gas el CO₂ puro. La columna C-501 trabaja a 3.7 bares en la zona de agotamiento y 3.5 bares en la zona de rectificación. Por lo que antes de entrar a la columna se utiliza una bomba para aumentar la presión al líquido absorbente que contiene el CO₂ a 4 bar. También se utilizará un intercambiador de calor antes de la destilación para conseguir las condiciones de temperatura a las que la destilación funcione correctamente, en este caso la corriente entrará a 62.6°C. Por cabezas de la columna se obtendrá CO₂ con una pureza del 99.66% y la MEA y el agua en las que se encontraba absorbido abandonarán la columna por fondos para recircularse a la absorción y utilizarse como mezcla absorbente una vez más en la columna C-500. Finalmente, el CO₂ tratado será vendido por tubería controlando sus condiciones mediante un tanque pulmón.

Por tanto, las tareas a realizar de operación, supervisión y control del área A-400 serán las siguientes:

- **Operación:** Operaciones de mantenimiento de columna de absorción C-500, la columna de destilación C-501, la torre de separación flash T-500, bombas, válvulas e intercambiadores de calor, así como su inertización previa y una continua toma de muestras de cabeza y fondos de columna de absorción C-500 para el análisis en laboratorio y comprobar así si se está absorbiendo correctamente el dióxido de carbono en la monoetanolamina (MEA); comprobación de la calidad de la monoetanolamina usada para absorber en la columna almacenada en el área A-100.
- **Supervisión:** Supervisar la instrumentación que interviene en las operaciones de absorción, destilación y separación flash, incluyendo accesorios como válvulas; supervisar el nivel de líquido de las tres columnas C-500, T-500 y C-501 para evitar una posible inundación de estas;

- **Control:** Control del nivel de líquido, temperatura y presión de la columna de absorción C-500, de la torre de separación flash T-500 y de la columna de destilación C-501.

9.3.6 Área A-600: Almacenamiento del óxido de etileno

El área A-600 está formada por los tanques de almacenamiento del óxido de etileno listos para ser descargado.

Una vez se ha obtenido el óxido de etileno líquido purificado al 99,96% a 28°C y 200 kPa en la última de las etapas de purificación (columna de destilación C-402) y con una producción de 16.050 kg/h (123.264 toneladas al año), este se comprime a unas 5 atm, se enfría a 15°C y es almacenado en 6 tanques cilíndricos de 250 m³ de capacidad cada uno.

El almacenamiento del óxido de etileno, así como las condiciones de temperatura y presión, se han llevado a cabo según la normativa ITC MIE-APQ1 y ITC MIE-APQ2 para almacenamiento de productos inflamables y corrosivos, en concreto, óxido de etileno, **[1]** y **[2]**. Así mismo, dichos tanques disponen de un control de temperatura, presión y nivel debido a que, por ejemplo, si llegara a una temperatura de 100°C, el óxido de etileno podría llegar a producirse una polimerización térmica o a 40°C y una presión determinada, un estallido de los tanques. Dicha polimerización es muy exotérmica y puede llegar a ser autoacelerativa, pudiendo llegar a producir la vaporización del óxido de etileno no reaccionado y, consecuentemente, una descomposición explosiva del vapor.

Es por esta razón que es tan importante mantener limpios los tanques que vayan a contener óxido de etileno, mediante nitrógeno para inertizar y así evitar la mezcla accidental con otros productos incompatibles y poder controlar la presión de almacenaje.

Algunos de los procedimientos que hay que seguir para poder realizar las operaciones de carga y descarga de producto según marcan los requisitos de calidad y seguridad de las normativas ISO son las siguientes, **[3]**:

- **Conexión a tierra:** el vehículo debe estar conectado a tierra durante las operaciones de carga y descarga.
- **Vehículo cisterna:** es necesario medir el contenido de oxígeno antes de comenzar la carga (inferior al 0,3% en volumen).
- **Protección respiratoria:** Durante las operaciones de carga y descarga es necesario utilizar un equipo de protección respiratoria para el personal encargado.

- **Conexiones:** se deben purgar las mangueras con nitrógeno y verificarse la estanqueidad de las conexiones una vez conectadas, antes de permitir que comience el trasvase de producto a la cisterna del vehículo de transporte.

Por tanto, las tareas a realizar de operación, supervisión y control del área A-600 serán las siguientes:

- **Operación:** Revisión de la descarga de los tanques de óxido de etileno líquido mediante cisterna, así como las diferentes conexiones; continua toma de muestras de los tanques de almacenaje para el análisis en laboratorio de la calidad del producto obtenido; operaciones de mantenimiento de la instrumentación del área, como bombas e intercambiadores de calor; el personal que lleve a cabo la descarga de los tanques deberá ser formada previamente y disponer de ropa protectora; las cisternas deberán mantenerse a 3 bar para el transporte del óxido de etileno; operaciones de mantenimiento de purgas de las mangueras con nitrógeno para verificar la estanqueidad de las conexiones.

Así mismo, es necesario realizar la instalación de tomas a tierra según la normativa ISO para poder evitar cualquier diferencia de potencial eléctrico que pueda existir entre la cisterna, el vehículo, las tuberías y las conexiones carga, todo esto, durante las operaciones de carga y descarga.

- **Supervisión:** Supervisar la instrumentación que interviene tanto en el almacenaje del óxido de etileno como en la descarga del producto, incluyendo válvulas que puedan estar obstruidas por la polimerización, tuberías y conexiones de descarga; inspección rutinaria de los camiones de transporte del producto, por ejemplo, comprobar que el nivel de oxígeno en las cisternas sea inferior al 0,3% en volumen.

Así mismo, las conexiones con deberán estar adecuadamente protegidas contra los posibles impactos que puedan producirse durante el transporte. En el caso de las cisternas, todas las conexiones deben quedar siempre dentro del marco del contenedor ISO, tal y como marcan las normativas de seguridad y calidad. Para poder asegurar que tanto válvulas como dispositivos internos de seguridad permanecen cerrados en el caso de que hubiera alguna fuga debido al daño de alguna tubería, se diseñarán para evitar que la cisterna sufra también daños. Es por esta razón que tanto las tuberías de conexión o bridas y las válvulas serán capaces de soportar una presión idéntica a la de la cisterna.

Por último, todas estas operaciones de supervisión deben contar con sistemas que no permitan la manipulación a personal no autorizado.

- **Control:** Control de nivel, temperatura y presión, para evitar así tanto la polimerización del óxido de etileno, como una posible inundación de los tanques y la instalación de alarmas de nivel.

9.3.7 Área A-1000: Servicios de planta y Área A-900: EDAR

El área A-1000 incluye los servicios de planta. Estos servicios son: nitrógeno para inertización, agua de refrigeración, el vapor de agua, el agua glicolada para el Chiller, la electricidad, el gas natural como combustible, el aire comprimido y agua sobrecalentada a 190°C.

Para la generación y el uso de los servicios de planta se disponen de una caldera de vapor de agua, dos calderas de vapor del fluido Dowtherm A, una torre de refrigeración a 25°C, un Chiller para agua de refrigeración a 5°C, un transformador y generador eléctrico, dos tanques criogénicos de nitrógeno líquido, un compresor de aire comprimido, una turbina de vapor con cogeneración, una descalcificadora para el agua de red y una caldera de agua sobrecalentada.

Cabe especificar que en la torre de refrigeración que se tiene instalada en el área de servicios existe la posibilidad de la proliferación de la *Legionella*, una bacteria tóxica, debido a dos razones principales: la dificultad de acceso para su control y supervisión y el potencial riesgo de infección dadas sus condiciones de trabajo. Es decir, si la instalación está mal diseñada o bien el mantenimiento es escaso, la *Legionella* puede encontrar condiciones idóneas de temperatura, entre 20 y 45°C, en este caso 25°C, y los nutrientes para su crecimiento hasta concentraciones que podrían llegar a ser infectivas para el ser humano.

En el caso del área A-900, ésta contiene la EDAR de la planta ETHOXID. La EDAR tendrá un sistema intensivo con tratamiento fisicoquímico y biológico consiguiendo con su implementación el tratamiento de todos los residuos líquidos de la planta, como corrientes de purga del proceso o agua de baños y limpieza.

Por tanto, las tareas a realizar de operación, supervisión y control del área A-1000 serán las siguientes:

- **Operación:** Llevar a cabo análisis epidemiológicos de las torres de refrigeración y medidas correctivas adecuadas como por ejemplo añadir periódicamente algún tipo de biocida y así conseguir evitar un brote epidémico de *Legionella*; operaciones de mantenimiento de los diferentes equipos de servicios como calderas de vapor, torre de refrigeración, Chiller o el tanque criogénico de nitrógeno, así como una limpieza del filtro de aire comprimido y de la descalcificadora.

- **Supervisión:** Revisión de las purgas de la torre de refrigeración; supervisión del estado de todos los equipos de servicio, incluyendo, el llenado del tanque criogénico de nitrógeno, el estado de la torre de refrigeración, en especial atención al posible brote de *Legionella*, el funcionamiento de las calderas de vapor y el correcto aislamiento del transformador eléctrico y el grupo electrógeno.
- **Control:** Controles automatizados de nivel para el tanque criogénico de nitrógeno y la torre de refrigeración, temperatura, presión; control mediante análisis químicos y tecnología GPRS para la comprobación de si existe *Legionella* en la torre de refrigeración.

Así mismo, algunas de las operaciones más relevantes del área A-900 de la EDAR serán las siguientes:

- Eliminación de residuos líquidos como aceites o grasas o aguas de baños y limpieza.
- Eliminación de componentes contaminantes como el nitrógeno (N_2), la monoetanolamina (MEA), el óxido de etileno (C_2H_4O) o el etileno (C_2H_4), así como sulfuros que puedan formarse en el área A-500 de tratamiento del CO_2 y que vayan acompañados de corrientes de agua.
- Limpieza y tratamientos de corrientes de agua de purga de las áreas A-400 y A-500. Se podrían llegar a mezclar las purgas para diluir aún más las corrientes y así poder tratarlas mejor.

9.3.8 Área A-1600: Tratamiento de gases

El área A-1600 contiene, básicamente, una antorcha y un Scrubber para el tratamiento de gases de salida del proceso, sobre todo del área A-500 de tratamiento de dióxido de carbono.

El Scrubber es un sistema de depuración de emisiones atmosféricas a partir de un lavado de gases, eficientes para partículas pequeñas y gases peligrosos y corrosivos. En ETHOXID, el sistema de depuración tratará la corriente (45), saliente del tanque de separación flash T-500 del área A-500, de unos $270 \text{ m}^3/\text{h}$. También tratará los gases provenientes del laboratorio. Así mismo, el Scrubber está sobredimensionado, capacitado para un caudal de $1000 \text{ m}^3/\text{h}$. El agua utilizada se trata en la EDAR para así poderla reutilizar y tener un ciclo cerrado.

Por tanto, algunas de las operaciones de tratamiento de gases que se realizará en el Scrubber serán:

- Tratar polvos inflamables y explosivos con poco riesgo.
- Proporcionar absorción de gas y recolección de polvo en una sola unidad.
- Refrigerar gases calientes.
- Neutralizar gases y polvos corrosivos.

La antorcha se puede utilizar para controlar casi cualquier corriente de compuestos orgánicos volátiles (COV), en el caso de ETHOXID ésta sólo será puesta en marcha en caso de emergencia, de fuga de gases de algún equipo de producción como los reactores R-200A, R-200B o R-200C, columnas de absorción o destilación de las áreas A-300, A-400 o A-500 y posibles fugas de los tanques de almacenamiento del óxido de etileno A-600, es decir, fugas que no deberían producirse pero que si suceden no serán emitidas a la atmósfera libremente.

9.3.8 Otras Áreas: Sala de control, Taller de mantenimiento, Laboratorio, Oficinas, Control de seguridad, Zona social, Vestidores y Baños.

En el resto de las áreas de la planta se realizarán siempre las mismas tareas de control, supervisión y operación, las cuales incluyen: instalación de sistemas de ventilación en toda la planta, instalación de la iluminación necesaria y que al mismo tiempo consuma lo mínimo posible, disposición de un sistema de control antiincendios y un sistema de alarmas, desarrollo de un protocolo de evacuación de la planta delante de posibles accidentes o controles de higiene tanto en zona social con comedor como en baños y vestidores.

Una vez se han definido las diferentes operaciones a realizar en cada una de las áreas de la planta, es necesario especificar que, tal y como pasa en el área A-600, todas las operaciones deben cumplir con los procedimientos que hay que seguir para poder realizarlas según marcan los requisitos de calidad y seguridad de las normativas ISO. Así mismo, estos procedimientos deben ser revisados periódicamente y, si es el caso, en respuesta a cualquier disconformidad que pueda ocurrir en cualquier de las operaciones a realizar.

9.4 Bibliografía

[1] Apici, ITC MIE APQ-1: “Almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles”, última consulta: 05/06/2020; <http://www.apici.es/wp-download/legislacion/ITCMIEAPQ1.pdf>

[2] Apici, ITC MIE APQ-2: “Almacenamiento de óxido de etileno”, última consulta: 05/06/2020; <http://www.apici.es/wp-download/legislacion/ITCMIEAPQ2.pdf>

[3] Petrochemistry, “**Directrices para la distribución de óxido de etileno**”, cuarta revisión-2013, última consulta: 10/06/2020; https://www.petrochemistry.eu/wp-content/uploads/2018/01/Guidelines_EO_2013_SP_v2.pdf