



FOCUS ARTICLE

Algunos errores comunes en el diseño de sistemas de alivio de presión de emergencia

Autores: Keith Middle, John C. Wincek, Pieter de Kort y Arturo Trujillo

Un sistema de alivio de presión de emergencia (EPRS, por las iniciales en inglés de “Emergency Pressure Relief System”) es la opción de Base de Seguridad o capa de protección más frecuentemente empleada para la protección contra la sobrepresión en las industrias química, farmacéutica y relacionadas. Este puede proporcionar protección a reactores, depósitos de almacenamiento, columnas, calderas, secadores y otros equipos de proceso. Si se diseña y gestiona correctamente, dicho sistema puede resultar rentable y fiable. La especificación, el funcionamiento, el mantenimiento y la inspección correctos del EPRS son críticos para la seguridad del personal y el medioambiente. No obstante, se siguen produciendo incidentes que obligan a recapacitar sobre los errores más comunes durante el ciclo de vida del sistema. En este trabajo se analizan algunos de los errores más comunes en el diseño de un EPRS y cómo superarlos. El documento se basa en casos reales recogidos a lo largo de los años por los consultores de DEKRA Process Safety.

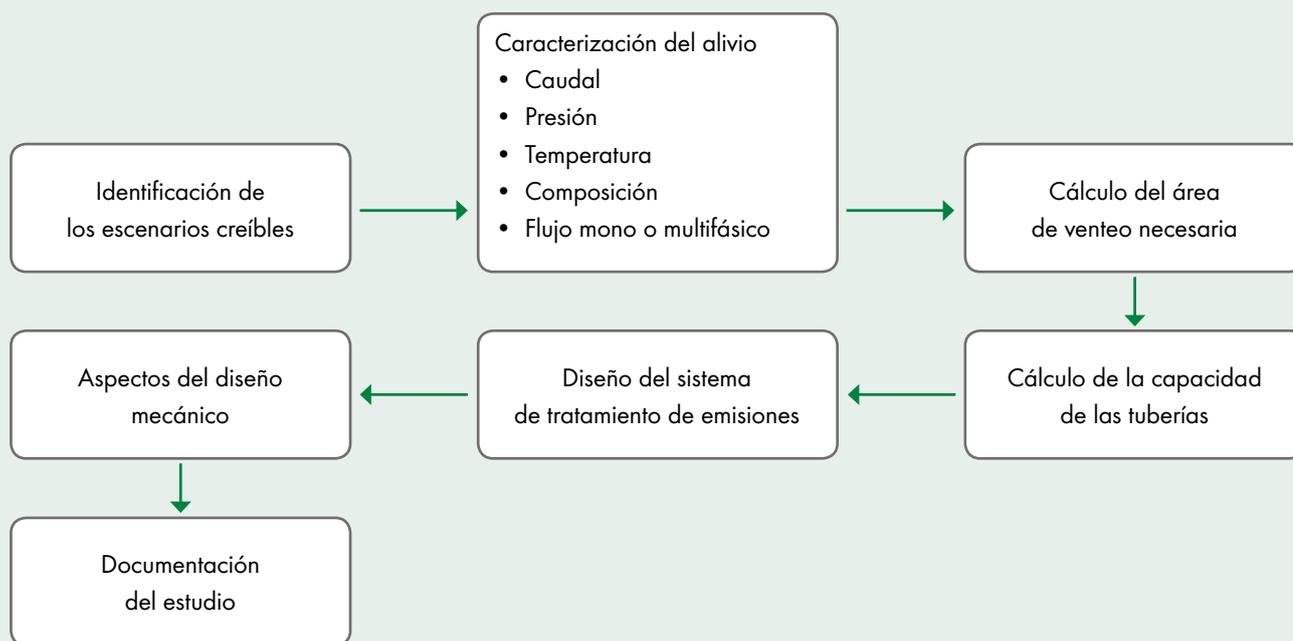
Cómo se debe hacer

Los métodos de diseño de sistemas de alivio de última generación se basan en el trabajo del DIERS (Design Institute for Emergency Relief Systems) y en las investigaciones de apoyo que se derivan del mismo¹. Los principales pasos en un proceso de diseño de un sistema de alivio de emergencia siguen un diagrama de flujo establecido como se muestra en la página 2.

Identificación del escenario

Un **sistema de alivio de emergencia** debe estar diseñado para un escenario específico: aquel que requiera la mayor capacidad de alivio entre todas las posibles situaciones de alivio. No hay atajos posibles ni “soluciones mágicas”. Por lo tanto, la identificación de los escenarios debería ser el primer paso en cualquier diseño de un EPRS. A lo largo de los años, hemos observado una serie de

¹ Emergency Relief System Design Using DIERS Technology. Design Institute for Emergency Relief Systems, 1992.



deficiencias en este ámbito: o bien no se cuenta con una identificación del escenario en absoluto o la identificación ha pasado por alto algún escenario significativo.

En algunos casos, encontramos que el dispositivo de alivio (disco o válvula) es proporcionado por el proveedor del recipiente que se está protegiendo, sin ninguna consideración por los procesos que se llevan a cabo en él. Con frecuencia, el dispositivo de alivio ha sido dimensionado para un caso de exposición al fuego, teniendo en cuenta un fluido específico dentro del recipiente. Por supuesto, este fluido puede no ser lo que el propietario del recipiente intenta introducir allí, por lo que el dispositivo de alivio puede ser insuficiente. Con el tiempo, el uso del equipo cambia con frecuencia y muchos de estos cambios hacen que el EPRS sea inadecuado para la nueva situación.

Por otra parte, especialmente en el caso de los reactores químicos, es esencial tener en cuenta la reacción que se está realizando. Una reacción química exotérmica fuera de control puede tener una liberación de energía térmica muy significativa, aumentando la temperatura de la masa de reacción por encima de la capacidad de enfriamiento y, por lo tanto, causando sobrepresión. Además, a medida que la temperatura aumenta, uno de los reactivos o el producto final puede descomponerse, liberando típicamente un gas que contribuirá a la sobrepresión. Dependiendo de las condiciones de la reacción, el flujo que necesita liberarse puede ser:

- > Un gas (generado por descomposición térmica).
- > Un vapor (del disolvente o de un reactivo a medida que aumenta la temperatura)
- > Un líquido (típicamente parte del solvente), transportado por vapores o gases, formando espumas y flujos bifásicos. Este último caso es el más común para las reacciones exotérmicas fuera de control y de descomposición.

Otras consideraciones deben incluir la estabilidad térmica del material:

- > ¿Puede el material puro descomponerse en condiciones de almacenamiento?
- > ¿Es creíble que el material incorrecto descargado en un tanque pueda causar una reacción química o polimerización?

El incidente de la reacción exotérmica fuera de control de T2 Laboratories, el 19 de diciembre de 2007, es un excelente ejemplo de un dispositivo de alivio (un disco de ruptura) que se abrió cuando se alcanzó la presión establecida y, sin embargo, no pudo aliviar la presión porque había sido dimensionado incorrectamente. La posterior explosión del recipiente causó la muerte a cuatro personas y heridas a treinta y dos, y derivó en importantes pérdidas de bienes, incluida la destrucción total de la planta. El excelente informe del U.S. Chemical Safety Board² proporciona más detalles sobre este caso.

Por lo general, las reacciones exotérmicas fuera de control o las descomposiciones térmicas requieren áreas de venteo

² Investigation Report 2008-34-FL. T2 Laboratories, Inc. Runaway reaction (Four Killed, 32 Injured). U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board. September 2009.

más grandes (incluso mayores que para la exposición al fuego, considerado tradicionalmente el caso de dimensionamiento por defecto). En tales casos, el uso de válvulas de alivio puede no ser posible y es necesario usar discos de ruptura y sistemas de recogida para asegurar una capacidad de venteo adecuada.

El venteo de materiales a través de una válvula de alivio o disco de ruptura puede no ser suficiente, ya que simplemente se está desplazando el resultado de la liberación desde el interior de un recipiente hacia el exterior. Especialmente para las sustancias tóxicas, esto puede no reducir el riesgo suficientemente.

En estos casos, pueden ser necesarias otras soluciones tecnológicas, como la modificación del proceso o de la ruta de reacción o la implantación de salvaguardias (instrumentadas) que impidan que se produzca el escenario en primer lugar.

En cualquier caso, está muy claro que un dispositivo de alivio (de hecho, todo el EPRS) es un elemento crítico para la seguridad. Por lo tanto, debe diseñarse teniendo en cuenta los criterios de tolerancia al riesgo del propietario. La única manera de lograrlo es realizando un análisis de peligros de procesos y obteniendo una lista exhaustiva de posibles escenarios de sobrepresión, sus condiciones de alivio y el riesgo asociado.

Si la planta fue diseñada y construida por una compañía de ingeniería, es muy típico que falten escenarios de reacción exotérmica fuera de control o una evaluación de riesgos apropiada. Muy a menudo, estas compañías utilizan a normas generales como API 520 y 521³ o ISO 4126⁴, o incluso a sus propias normas y criterios internos, y muy rara vez incluyen la consideración de reacciones químicas exotérmicas fuera de control o de descomposiciones térmicas. Además, con bastante frecuencia, la información proporcionada por el propietario sobre las reacciones químicas es escasa o nula. También es importante considerar un sobrecalentamiento fuera de control o una descomposición inducidos por el fuego. Si solo se tiene en cuenta la energía de reacción, se podría subdimensionar el área de venteo. Una velocidad de calentamiento del fuego de 3 °C/min puede aumentar la velocidad de autocalentamiento de la reacción en un orden de magnitud.

Cálculo del área de venteo

Una vez que los escenarios han sido identificados y caracterizados, se debe calcular el área de venteo necesaria. Los principales errores que hemos encontrado en este ámbito son:

- > El cálculo no está respaldado suficientemente por datos de **reacciones químicas**.
- > Los escenarios con caudales muy diferentes están protegidos por el mismo dispositivo de alivio.
- > Las condiciones calculadas del escenario no son realistas.

Incluso para cálculos sencillos de exposición a un fuego externo, el uso de fórmulas incorrectas puede dar lugar a sistemas de venteo ampliamente subdimensionados. En un caso, por ejemplo, los cálculos no consideraron que el equipo estuviera encerrado en una bóveda de hormigón. Esto incrementó enormemente el flujo de calor calculado, lo que derivó en un sistema de alivio extremadamente subdimensionado debido a la mayor velocidad de reacción resultante. En otro escenario se consideró un drenaje y una protección contra incendios adecuados donde ninguno de los dos existían. Esto dio lugar una vez más a un sistema de alivio subdimensionado.

En escenarios de alivio asociados a reacciones de exotérmicas fuera de control o de descomposición térmica es crítico usar datos sólidos, generalmente no disponibles en la literatura. Con frecuencia, es necesario realizar una serie de **ensayos de laboratorio** a fin de obtener los datos pertinentes para todas las hipótesis consideradas. La obtención de todos los datos necesarios puede resultar costosa. Sin embargo, el uso de datos erróneos (por ejemplo, para otra reacción similar) puede derivar en un dimensionamiento erróneo y, de hecho, es equivalente a no haber identificado el escenario.

Los reactores multiusos pueden ser especialmente difíciles debido a la amplia gama de productos que se fabrican en ellos. En un caso descubrimos un sistema de alivio subdimensionado porque se asumió que la reacción con la energía de reacción más alta sería el peor de los casos. Sin embargo, la velocidad de reacción estaba limitada por la de transferencia de masa desde la fase gaseosa a la líquida. El peor de los casos fue una reacción con menor energía de reacción pero sin limitaciones de transferencia de masa.

3 Standard 520. Sizing, Selection, and Installation of Pressure-Relieving Devices. Part I - Sizing and Selection. American Petroleum Institute, 2014.

4 ISO 4126. Safety devices for protection against excessive pressure. Parts 1 to 10. Safety valves. International Organization for Standardization, 2003-2016.

¿Algunos ejemplos?

Con frecuencia ocurre que los diversos escenarios identificados tienen un amplio rango de caudales requeridos (a veces abarcando órdenes de magnitud). Si este sistema está protegido con una sola válvula de seguridad, es posible que se produzcan problemas en el futuro. Cuando uno de los escenarios más pequeños suceda realmente, la válvula se abrirá. Dado que su capacidad es muy grande, comparada con la requerida en este caso (pues fue diseñada para el escenario grande), aliviará muy rápidamente algunos fluidos y se cerrará de nuevo cuando la presión haya caído. No obstante, el escenario aún no ha terminado, por lo que la presión se acumulará de nuevo, causando la apertura y cierre inmediato de la válvula. El ciclo puede repetirse a un ritmo muy rápido, lo que puede dañar los componentes internos de la válvula y provocar que se quede abierta, cerrada o en algún punto intermedio. Este fenómeno se denomina “chattering”. Por supuesto, si el sistema está protegido por un disco de ruptura, esto no será un problema. La figura a continuación esquematiza el ciclo de chattering.



Una posible solución al fenómeno del chattering es la implementación de “válvulas de alivio pilotadas”. No obstante, el diseño y la especificación de las mismas es trabajo de especialistas. Un enfoque alternativo son los dispositivos de alivio dobles con presiones de ajuste escalonadas (quizás una válvula de alivio más pequeña con una presión de ajuste más baja para los casos ‘menores’ y un disco de ruptura para el ‘peor escenario creíble’ con una presión de ruptura más alta). No obstante, con frecuencia no hay suficiente margen entre la presión operativa normal y la presión

de diseño del recipiente para acomodar este enfoque junto con otros aspectos tales como alarmas de alta presión y disparos que deban operar antes de que se alcancen las presiones a las que está configurado el alivio de presión.

El riesgo de usar estándares de ingeniería es que, con frecuencia, estos implementan una serie de simplificaciones y suposiciones para hacer que los cálculos sean lo suficientemente simples: típicamente, una fórmula que puede calcularse utilizando una calculadora de mano. Como consecuencia, se pueden presentar escenarios extremadamente conservadores; a veces, incluso poco realistas. Esto puede derivar en costes mucho más elevados al instalar un sistema sobredimensionado. También pueden resultar en el fenómeno de “chattering”.

Hoy en día, los recursos de simulación dinámica nos permiten determinar con mejores bases científicas y técnicas el resultado real de una desviación del proceso. El resultado es doble: por un lado, una mayor certeza de que el dispositivo de alivio calculado será realmente suficiente para el escenario en cuestión; por otro lado, un dispositivo más pequeño. Este enfoque puede ser muy útil en proyectos de renovación, cuando un dispositivo de alivio puede cuestionarse utilizando procedimientos de cálculo tradicionales. Un cálculo más preciso, mediante la simulación dinámica del proceso, a veces puede demostrar que el dispositivo de alivio existente es eficaz. De más está decir que el ahorro de costes y de tiempo justifica en gran medida el uso de métodos de cálculo avanzados, y esta ventaja aumentará a medida que aumente la potencia de cálculo. Por supuesto, este enfoque solo es aplicable a reacciones exotérmicas fuera de control o de descomposición en casos en los que se dispone de datos significativos de las propiedades químicas, termodinámicas y físicas para crear el modelo de flujo cinético y de fluido detallado y validado.

Sistemas aguas arriba y aguas abajo: disposición del efluente

Con demasiada frecuencia observamos la creencia de que una vez que el gas, vapor o líquido está fuera del dispositivo de alivio, no importa nada más. Por el contrario, un mal diseño de la tubería aguas arriba o aguas abajo del dispositivo de alivio, o una disposición inadecuada pueden inutilizar el dispositivo de alivio mejor diseñado.

El error más común es conectar el dispositivo de alivio a un sistema de tuberías enrevesadas, ya sea aguas arriba o aguas abajo.

Debemos recordar que las válvulas de alivio de presión y los discos de ruptura operan bajo presión diferencial entre los lados aguas arriba y aguas abajo⁵. Si la apertura de un dispositivo de alivio causa una acumulación de presión en los colectores aguas abajo, esto puede impedir que otros dispositivos se abran correctamente en escenarios que afecten a recipientes adyacentes.

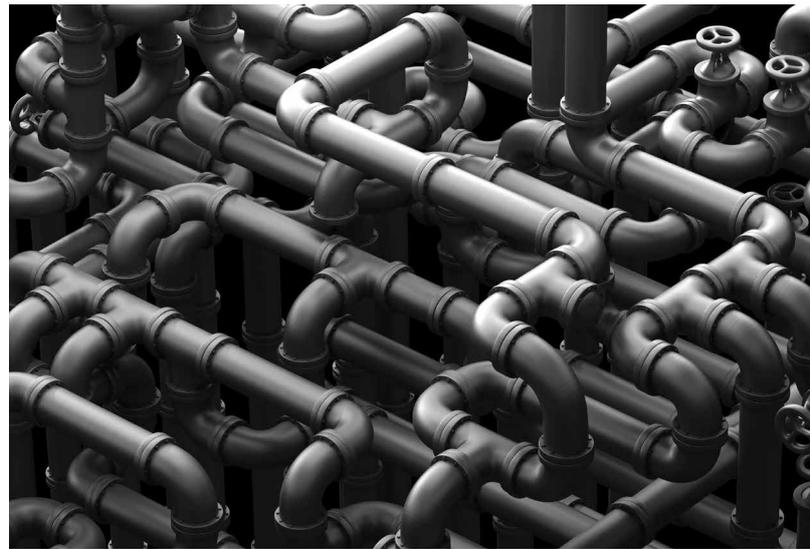
Incluso si el dispositivo de alivio se abre, las pérdidas de carga en la tubería pueden ser tan grandes que el diferencial de presión entre el recipiente protegido y el punto de eliminación final no permita el caudal requerido. O, en otras palabras, el diferencial de presión requerido es mayor que la presión admisible en el recipiente protegido, lo que hace que el sistema sea ineficaz.

Si la acumulación excesiva de presión aguas abajo de una válvula de seguridad permite nominalmente el caudal requerido, esto puede causar chattering, lo cual derivará en una disminución de la capacidad resultante y en un rápido deterioro de la válvula. En este caso, el chattering es causado por ciclos repetidos como se muestra en la siguiente figura:



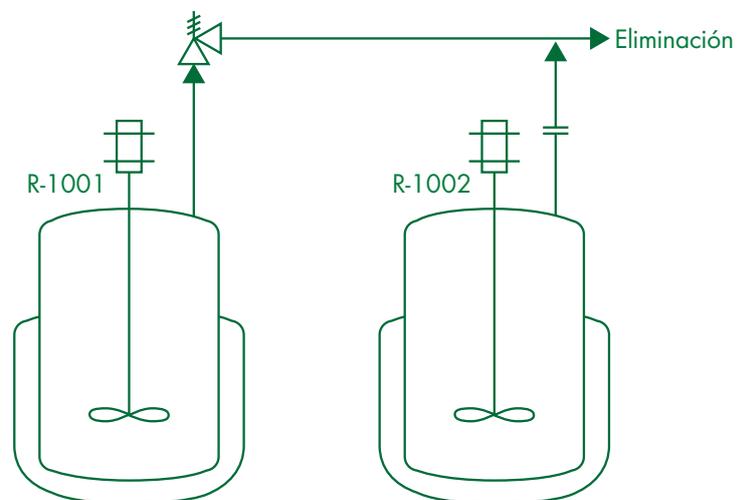
Se experimentará un efecto similar debido a la caída excesiva de presión en la línea de entrada.

La conexión de varios recipientes a un sistema de recogida común siempre es complicada, ya que puede producir efectos interesantes. La compatibilidad de la presión y la composición debe comprobarse en todos los casos. Por lo general, es un error conectar dispositivos de alivio con presiones de alivio muy diferentes a un colector



común. Si el dispositivo de alta presión se abre, esto puede crear suficiente sobrepresión en el colector para evitar la apertura de los dispositivos de alivio de baja presión. ¡Peor aún, si los dispositivos de baja presión son discos de ruptura, estos podrían abrirse hacia atrás, presurizando así la sección de baja presión de la planta!

Considérese, por ejemplo, el siguiente sistema:



Si se abre la válvula de seguridad que protege al R-1001, es muy probable que la presión en el colector sea muy superior a 100 mbar, la presión de tarado del disco de ruptura que protege al R-1002. En tal caso, el disco se romperá, permitiendo el reflujo de los fluidos liberados por el R-1001 hacia el R-1002, lo que provocará una sobrepresión y una temperatura no permitidas en este recipiente y, por lo tanto, su rotura catastrófica. ¡No hace falta decir que el disco de ruptura no solo no ayuda, sino que se convierte en la fuente de sobrepresión en el R-1002! Lo crea o no, hemos visto diseños similares a este a lo largo de los años.

⁵ Algunas válvulas de alivio de presión pueden compensar la sobrepresión aguas abajo dentro de un rango limitado.

Las principales características de los dos reactores son las siguientes:

Característica	R-1001	R-1002
Presión de diseño	12 bar	100 mbar
Presión operativa normal	10 bar	50 mbar
Temperatura de diseño	200 °C	50 °C
Temperatura operativa normal	150 °C	Ambiente
Sistema de alivio	Válvula de alivio de presión, ajustada a 12 bar	Disco de ruptura, ajustado a 100 mbar

Hay dos soluciones válidas para este caso:

- > (Preferida). Recogida y eliminación de los sistemas de alta y baja presión por separado.
- > Recogida de ambos sistemas en un tanque intermedio lo suficientemente grande y con un buen sistema de venteo. El tamaño y el venteo de dicho recipiente deben diseñarse de manera que si se abre la válvula de seguridad en R-1001 la acumulación de presión en el tanque intermedio sea lo suficientemente pequeña como para permitir el funcionamiento normal del disco de ruptura de R-1002. Por lo general, este tipo de solución deriva en enormes tanques y requiere un análisis extremadamente preciso de los escenarios de alivio en ambos recipientes para garantizar el dimensionamiento correcto del tanque intermedio.

Si dos dispositivos de alivio se abren simultáneamente, también pueden ocurrir cosas curiosas cuando se encuentran sustancias químicas incompatibles en las tuberías de un EPRS. Normalmente, la activación de un dispositivo de alivio es un evento poco frecuente, y la activación simultánea de dos dispositivos debería ser aún más rara. No obstante, si los recipientes que protegen están suficientemente cerca o comparten algunas instalaciones, pueden producirse fallos comunes. Y mientras que el venteo simultáneo puede ser raro, el venteo secuencial de un recipiente tras otro puede ocurrir con más frecuencia.

Algunos ejemplos son

- > Un fuego envuelve a ambos recipientes.
- > Un fallo en el agua de refrigeración causa una reacción exotérmica fuera de control en un reactor y la pérdida de capacidad de enfriamiento en el condensador de una columna de destilación cercana.
- > Un apagón en la planta causa fallos en todos los aerocondensadores.

En cierta ocasión encontramos otro caso de incompatibilidad donde un venteo aparentemente inofensivo de un recipiente podía desencadenar una reacción exotérmica fuera de control en el contiguo.

Huelga decir que las plantas con reactores multiuso, donde se ejecutan varios procesos diferentes simultáneamente, son especialmente propensas a este tipo de problemas.

También pueden producirse algunos errores en la eliminación de fluidos venteados. Normalmente no es una buena idea ventear directamente a la atmósfera gases, líquidos o vapores peligrosos. Por lo tanto, se deben tomar medidas para eliminar estos fluidos de forma apropiada.

En primer lugar, los líquidos deben acumularse separadamente de los gases. De lo contrario, causarán problemas importantes en todo el sistema. Esto se logra generalmente con un separador de gotas (“KO drum”) correctamente dimensionado. Las gotas permanecen en suspensión en el gas debido a la alta velocidad del flujo. En el separador la velocidad disminuye, de modo que las gotas ya no están suspendidas, por lo que caen y pueden separarse. Cuando se espere que haya líquido en la descarga, las tuberías deben diseñarse cuidadosamente para evitar que se formen bolsas en los puntos bajos.

La acumulación de líquidos en estos lugares puede provocar pérdidas de carga en el mejor de los casos. En el peor de los casos, se puede pensar en:

- > Reacciones exotérmicas o descomposiciones térmicas que provocan daños en las tuberías y liberación incontrolada de materiales peligrosos.
- > Polimerización o congelación del líquido y posterior taponamiento de la tubería, dejándola inutilizable para su uso posterior. Esto será, en general, un fallo oculto que puede pasar desapercibido durante mucho tiempo hasta que no se pueda aliviar alguna sobrepresión en un recipiente debido a que la tubería de venteo aguas abajo está bloqueada.

Podemos eliminar con seguridad **gases y vapores inflamables** en una antorcha, si existe tal servicio en la instalación. Si no fuera así, y suponiendo que los gases son solo inflamables y que la normativa medioambiental lo permite, podrían ventearse a una altura

suficiente para que la atmósfera inflamable no llegue a las fuentes de ignición: carreteras, lugares donde pueda haber personas presentes, equipos eléctricos o mecánicos no diseñados específicamente para funcionar en atmósferas inflamables, etc.

En el caso de reacciones exotérmicas fuera de control, una buena solución es un tanque de enfriamiento. Este tanque está diseñado para eliminar las espumas, separar el líquido, condensar parte de los vapores y, posiblemente, lavar los gases.

Estos requisitos de eliminación con frecuencia producen errores que, una vez más, limitan la eficacia del EPRS. La fiabilidad de un EPRS debe considerarse siempre como su principio fundamental de diseño. Si el EPRS falla, habrá una sobrepresión no permitida en algún lugar, causando un fallo catastrófico de los recipientes u otros equipos, liberando materiales peligrosos de manera incontrolada y creando ondas expansivas. Los dispositivos de alivio (válvulas de seguridad y discos de ruptura) tienen, en sí mismos, un diseño muy simple con el fin de maximizar la fiabilidad.

Por lo tanto, el resto del EPRS (tuberías, válvulas, sistemas de eliminación) debe tener un diseño similarmente simple. Si un lavador de gases o una antorcha es el sistema de eliminación elegido, su fiabilidad debe estar garantizada al nivel requerido. Y esto incluye, por supuesto, la verificación periódica. Las válvulas manuales en cualquier lugar de un EPRS, si no pueden evitarse por completo, siempre deben ser monitorizadas meticulosamente, pues, ciertamente, pueden convertirse en un cuello de botella en cuanto a la fiabilidad para todo el sistema. En estos casos se requiere un sistema para bloquear las válvulas manuales en sus posiciones seguras.

Documentación

Una mala documentación en un EPRS normalmente no impide su correcto funcionamiento... al menos si la planta no sufre ningún cambio. Cuando se desea introducir cualquier cambio (un nuevo reactivo, catalizador o disolvente, una temperatura de funcionamiento diferente, un nuevo orden de adiciones, una mayor carga en el recipiente o un proceso completamente nuevo...), el problema surge porque nadie será capaz de saber si:

- > Los cambios dan lugar a nuevos escenarios de alivio.
- > Los escenarios de alivio existentes siguen siendo válidos.
- > Las condiciones de alivio siguen siendo válidas.
- > El riesgo asociado a los escenarios existentes ha aumentado.
- > El sistema tiene capacidad y fiabilidad suficientes para salvaguardar cualquier nuevo escenario y cualquier cambio en los escenarios existentes.

Si la cultura de seguridad de procesos del propietario de la planta es suficientemente alta, una mala documentación conducirá a un rediseño del sistema.

Instalación

Todos hemos escuchado muchas historias sobre errores en la construcción de plantas industriales y cómo la construcción debe revisarse cuidadosamente antes de la puesta en servicio. Los EPRS tienen un par de características que vale la pena tener en cuenta en este contexto:

- > Por lo general son la última capa de protección. Si fracasan, podemos esperar un fallo catastrófico.
- > Fallan bajo demanda. Por lo tanto, solo podríamos estar seguros de que se encuentran en buenas condiciones mediante ensayos. No obstante, las válvulas de alivio de presión son difíciles de someter a ensayos in situ y los discos de ruptura no se pueden someter a ensayos en absoluto.

Por lo tanto, es absolutamente necesario un programa de revisión de seguridad antes de la puesta en servicio (PSSR, por sus siglas en inglés) cuando el proyecto involucra un EPRS.

Si no lo hace, puede comprometer seriamente la seguridad de la planta.

Por ejemplo, Hedlund et al.⁶ informan de un caso en el que se instaló un disco de ruptura al revés debido a una lectura incorrecta de los planos.

Nadie revisó la instalación. Como consecuencia, un tanque de 90 m³ y con un peso de 4 toneladas se elevó como un cohete a unos 30 m de altura y aterrizó sobre una camioneta. Afortunadamente, no hubo heridos. También hemos visto cosas como bridas ciegas

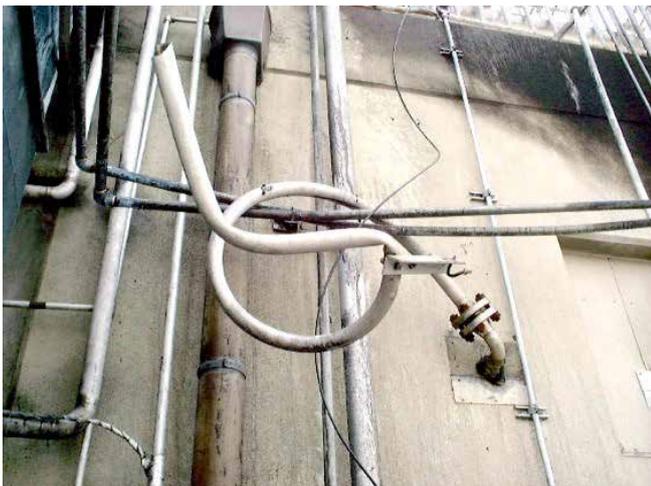
⁶ Hedlund, FH et al., Large Steel Tank Fails and Rockets to Height of 30 meters - Rupture Disc Installed Incorrectly, Safety and Health at Work (2016).



Válvula de alivio con soporte insuficiente y válvula manual



Válvula de alivio con manómetro.



Línea de alivio doblada a causa de una explosión y de un soporte insuficiente.

dejadas en la entrada de las válvulas de alivio de presión después de un ensayo de presión del recipiente que se pretendía proteger. En otro caso, las tapas de plástico instaladas por la empresa de revisión para proteger las válvulas de la contaminación no fueron retiradas por el contratista de instalación.

En otros casos, la tubería hacia y desde el EPRS causa problemas, las fuerzas mecánicas durante la descarga son significativas y pueden derivar en movimientos de la tubería, flexión y posterior bloqueo.

Del venteo. En caso de flujo bifásico (típico en reacciones fuera de control) a lo largo de líneas de venteo de gran diámetro, las fuerzas de reacción pueden ser enormes, y hemos visto casos en los que la resistencia de la estructura del edificio era insuficiente para

permitir un anclaje correcto de la línea de venteo. Y otros casos en los que la ruptura de la línea de venteo, debido a un mal anclaje, causó un incidente secundario y mucho más grave. Esto muestra la importancia del PSSR para CADA arranque, no solo cuando el equipo es nuevo.

Mantenimiento e inspección

Como cualquier otra capa de protección que opera bajo demanda, el estado de un EPRS solo puede comprobarse:

- > Demandando que funcione.
- > Sometiéndolo a ensayos.

Confiar en que el sistema funcione sin ninguna inspección no es una buena idea, ya que los equipos tienden a deteriorarse con el paso del tiempo. Especialmente si el ambiente es agresivo.

Hemos visto casos en los que una pequeña fuga en un disco de ruptura o en una válvula de seguridad ha provocado que el líquido condensado se asiente encima del dispositivo de alivio, lo que ha provocado un aumento de la presión de apertura. En el caso de un disco de ruptura y una válvula de seguridad en serie, una pequeña fuga en el disco puede derivar en presión atrapada entre la válvula de alivio y el disco. Esto dará lugar de nuevo a una presión de rotura superior a la prevista⁷.

La única manera de mantener la fiabilidad del sistema es, por lo tanto, inspeccionar periódicamente sus componentes. Entonces, la pregunta obvia es: ¿cuál debería ser la frecuencia de la inspección?

⁷ El Informe del BP U.S. Refineries Independent Safety Review Panel.

Hace algunos años, las corporaciones desarrollaron sus propios estándares. La respuesta contemporánea a la pregunta anterior es: depende del riesgo que el sistema esté salvaguardando; cuanto más alto sea el riesgo, más frecuente debería ser la inspección. Hay otro parámetro que se tiene en cuenta, ya que la fiabilidad intrínseca de los diferentes equipos puede variar o, en otras palabras, algunos equipos tienden a deteriorarse más rápidamente que otros. La inspección basada en el riesgo y el mantenimiento basado en el riesgo, con el apoyo de prácticas recomendadas como ANSI/API RP 580⁸ y API RP 581⁹, ofrecen procedimientos muy detallados para determinar las frecuencias de mantenimiento e inspección. Pero las frecuencias de mantenimiento e inspección deben revisarse de conformidad con la experiencia adquirida durante la inspección.

Gestión del cambio

Como todos sabemos, la mala gestión del cambio está en el origen de todo tipo de problemas en las plantas de procesos. Está claro que la introducción de cambios en el proceso puede generar cualquiera de los errores descritos anteriormente, incluso si el EPRS fue perfectamente diseñado en su inicio. Por lo tanto, cualquier gestión del proceso de cambio debe incluir la revisión de todo el EPRS, no solo de las válvulas o discos, como ocurre a menudo. Por ejemplo, después de una ampliación de la capacidad en una planta

de fabricación en continuo, descubrimos que la antocha era insuficiente para hacer frente al escenario de descarga más grande. Por lo tanto, tuvimos que diseñar una protección alternativa para este escenario específico: un sistema de protección de presión de alta integridad (HIPPS, por sus siglas en inglés).

En las plantas por lotes es frecuente que las mayores demandas den lugar a mayores cargas en los recipientes. Esto puede hacer que el EPRS sea demasiado pequeño, ya que el diseño original era para liberar gases, mientras que la nueva situación resulta en flujos bifásicos que requieren áreas de venteo mucho más grandes.

Conclusiones

Un EPRS bien diseñado, operado y mantenido es una protección rentable y altamente fiable contra sobrepresiones indebidas en plantas de procesos. No obstante, hay una serie de errores comunes que pueden hacer que el sistema sea ineficiente o insuficientemente fiable. Siendo este normalmente la última capa de protección antes de un fallo catastrófico y de la liberación de materias peligrosas y de energía, se debe tener especial cuidado a lo largo de todo el ciclo de vida del sistema. Además, todos los equipos auxiliares (tuberías, sistemas de evacuación, etc.) deben recibir la misma atención que los propios dispositivos de alivio (válvulas, discos).

¿Le gustaría obtener más información?

¡Póngase en contacto con nosotros!

8 ANSI/API RP 580 - Risk Based Inspection (RBI). American Petroleum Institute, 2016.

9 API RP 581 - Risk Based Inspection Technology. American Petroleum Institute, 2016.

KEITH MIDDLE

Keith Middle se unió a DEKRA en 1994 y desde entonces se ha convertido en Especialista Principal en Seguridad de Procesos. Antes de esto, trabajó para BP Chemicals en el Reino Unido y Francia durante 16 años. Cuenta con una experiencia considerable en los campos de polímeros, especialidades química fina, así como en petroquímica. Su experiencia abarca la identificación de peligros en el proceso, la evaluación de peligros de reacciones químicas y la aportación de soluciones prácticas de ingeniería. Sus especialidades particulares incluyen el liderazgo HAZOP, la determinación SIL de conformidad con IEC 61508/11, el diseño de sistemas de alivio de emergencia utilizando técnicas DIERS y la especificación de sistemas de tratamiento de venteos. Es Ingeniero Colegiado y miembro de la Institution of Chemical Engineers.

JOHN C. WINCEK, CCPS

John Wincek cuenta con más de 25 años de experiencia en la industria, incluyendo 17 años dedicados a gestionar todos los aspectos de la seguridad de procesos en la industria de fabricación de productos químicos especializados. Ha dirigido Estudios de Peligros en Procesos, realizado Análisis de Frecuencia y Consecuencias, Análisis de Capas de Protección y Evaluaciones de Seguridad en Reacciones Químicas para instalaciones de todo el mundo.

PIETER DE KORT

Pieter de Kort ha acumulado más de 25 años de experiencia en la industria de procesos, adquirida a través de varios puestos en seguridad de procesos para grandes empresas químicas. Su experiencia le ha aportado un amplio conocimiento para abordar los problemas de seguridad de los procesos.

Sus principales áreas de especialización son la gestión de la seguridad de procesos, la investigación de incidentes, los estudios de diligencia debida, los riesgos de reacciones químicas, las auditorías de HSE y de seguridad de procesos, la facilitación del análisis de riesgos de procesos (PHR, HAZOP, "What if", etc.) y, además de esto, es un facilitador y formador experimentado.

DR. ARTURO TRUJILLO

El Dr. Arturo Trujillo es actualmente Director Global de Process Safety Consulting. Trabajó durante 25 años en varias empresas de consultoría e ingeniería antes de incorporarse a DEKRA en enero de 2012. Sus principales áreas de especialización son diversos tipos de análisis de peligros de procesos (HAZOP, "What if", HAZID...), análisis de consecuencias y análisis cuantitativos de riesgos. Ha facilitado más de 200 Análisis Funcionales de Operabilidad (HAZOP) durante los últimos 25 años, especialmente en las industrias petrolífera y de gas, de energía, química y farmacéutica.

DEKRA Process Safety

La amplitud y profundidad de nuestra experiencia en seguridad de procesos nos convierte en especialistas reconocidos a nivel mundial y en asesores de confianza en este ámbito. Ayudamos a nuestros clientes a comprender y evaluar sus riesgos, y trabajamos en conjunto para desarrollar soluciones pragmáticas. Nuestro enfoque práctico y de valor añadido integra la gestión de seguridad de procesos, la ingeniería y los ensayos especializados. Nuestro objetivo es educar y desarrollar la competencia de los clientes para proporcionar una mejora sostenible del rendimiento. Al asociarnos con nuestros clientes, combinamos nuestra experiencia técnica con la pasión por proteger a las personas y los activos, y reducir los daños. Como parte de DEKRA, la organización experta líder a nivel mundial, somos el socio global para un mundo más seguro.

Programas de gestión de la seguridad de procesos (PSM, por sus siglas en inglés)

- > Diseño y creación de programas PSM relevantes
- > Asistencia para la implementación, la monitorización y la sostenibilidad de los programas PSM
- > Auditoría de programas PSM existentes, comparándolos con las mejores prácticas de todo el mundo
- > Corrección y mejora de los programas deficientes

Información/datos sobre la seguridad de procesos (ensayos de laboratorio)

- > Propiedades de inflamabilidad/combustibilidad de polvos, gases, vapores, neblinas y atmósferas híbridas
- > Peligros de reacción química y optimización de los procesos químicos (reacción y calorimetría adiabática RC1, ARC, VSP, Dewar)
- > Inestabilidad térmica (ensayos específicos de DSC, DTA y polvo)
- > Materiales energéticos, explosivos, propulsores, pirotecnia conforme a los protocolos DOT, ONU, etc.
- > Ensayos reglamentarios: REACH, ONU, CLP, ADR, OSHA, DOT
- > Ensayos electrostáticos para polvos, líquidos, equipos de procesamiento, revestimientos, calzado, FIBC

Consultoría especializada (técnica/ingeniería)

- > Peligros de incendio y explosión por proyección de polvo, gas y vapor
- > Peligros, problemas y aplicaciones electrostáticos
- > Peligros químicos reactivos, de autocalentamiento e inestabilidad térmica
- > Clasificación de áreas peligrosas
- > Evaluación del riesgo de ignición de equipos mecánicos
- > Transporte y clasificación de mercancías peligrosas

Contamos con oficinas en Norteamérica, Europa y Asia.

Para obtener más información, visite www.dekra-process-safety.es

Contacto: process-safety@dekra.com