

REDUCCIÓN DE EMISIONES CONTINUAS DE GAS EN ESQUEMAS TRADICIONALES DE DESHIDRATACIÓN

Mariela Arduino, TECNA Estudios y Proyectos de Ingeniería S.A., marduino@tecna.com

Mario Busina, TECNA Estudios y Proyectos de Ingeniería S.A., mbusina@tecna.com

Philipp Albrecht, TECNA Estudios y Proyectos de Ingeniería S.A., palbrecht@tecna.com

Martín Raventos

Sinopsis

La industria del procesamiento del gas natural cuenta con tecnologías maduras utilizadas durante más de 50 años en el mercado internacional y que han dado una respuesta satisfactoria a las necesidades para las que fueron desarrolladas. El desafío actual de las empresas que brindan soluciones técnicas con valor agregado es desarrollar alternativas de procesamiento que exhiban mejoras y ventajas para las empresas productoras desde el punto de vista de consumo energético y/o requerimientos de mantenimiento superando los resultados que dichos procesos ampliamente conocidos han brindado en forma adecuada durante décadas a la industria del gas natural.

Sin embargo, otros motores impulsan el desarrollo de los procesos tecnológicos más allá de los puramente técnicos. Entre ellos pueden encontrarse variables medioambientales y economías de mercado, que permiten ampliar la búsqueda de la mejor solución tecnológica, desafiando aquello que resulta largamente conocido.

Las tres resoluciones más importantes en todo el mundo con respecto a los desafíos ambientales globales son: el protocolo de Montreal relacionado con el agotamiento de la capa de ozono, el protocolo de Kioto y el Acuerdo de Copenhague, ambos relacionados con el cambio climático.

En este contexto, los actores de la industria del procesamiento del gas se han ido alineando con diferentes medidas a cumplir con el objetivo establecido por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

TECNA ha conjugado la utilización de una tecnología de tratamiento de gas altamente probada con la visión de lograr reducir prácticamente a cero la emisión continua de gases típicamente asociada a la deshidratación de gas con TEG mediante algunas modificaciones realizadas al esquema tradicional de procesamiento.

Este trabajo presenta un recorrido por los principales protocolos internacionales y desarrolla el esquema de procesamiento utilizado para lograr la reducción de emisiones en un caso de aplicación específico.

Introducción al caso

El almacenamiento subterráneo de gas natural consiste en inyectar el excedente de la producción de un campo en un reservorio depletado u otra formación subterránea adecuada durante el periodo de verano y producir el gas almacenado durante el invierno para cubrir los picos de demanda.

Aun cuando el gas se encuentre seco al momento de ser inyectado, muchas veces se satura con agua dentro del almacenamiento subterráneo. En consecuencia, es habitual que estas instalaciones incluyan una unidad de deshidratación de gas para cumplir con los requerimientos de producción y transporte.

La tecnología seleccionada en este caso para la deshidratación del gas es la absorción del agua con una solución de trietilenglicol (TEG) utilizando gas de stripping para mejorar la pureza del solvente. Este esquema de procesos es la opción más comúnmente elegida para deshidratar gas natural cuando los requerimientos de ajuste de punto de rocío de agua son muy exigentes. El proceso genera una corriente gaseosa de hidrocarburos que en muchos casos es continuamente venteada a la atmosfera por medio del sistema de venteo de la instalación.

Si bien el venteo continuo de pequeñas cantidades de gas es bastante habitual en la industria, esta práctica no se encuentra alineada con los acuerdos internacionales como el Protocolo de Montreal, el Protocolo de Kioto y/o el Acuerdo de Copenhague.

TECNA ha diseñado y construido una unidad de TEG asociada a una instalación de almacenamiento subterráneo donde el gas de stripping es reciclado y el flash gas producido en la unidad es utilizado como combustible para el reboiler del regenerador de la unidad de TEG. De esta manera, las emisiones continuas de gas pueden ser reducidas prácticamente a cero, en línea con el protocolo de Kioto, vinculado a la Convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático.

Almacenamiento subterráneo de gas y Absorción con TEG

En los últimos años ha habido un interés creciente en el uso de reservorios gasíferos depletados como instalaciones de almacenamiento subterráneo donde el excedente de producción puede ser inyectado durante el verano y nuevamente producido en época de invierno (peak shaving). Sin importar el contenido de agua del gas antes de su inyección a esas instalaciones de almacenamiento, el agua presente en el reservorio generalmente satura el gas, haciendo que el gas producido deba ser deshidratado para evitar la corrosión, la formación de hidratos e incluso de congelamiento en las tuberías.

Los hidratos de gas pueden formarse en las tuberías incluso por encima de la temperatura de congelación del agua, provocando varios problemas de transporte, algunos de los cuales son muy peligrosos (ej.: mal funcionamiento de válvulas de control, obstrucción de las instalaciones de medición e instrumentación y acumulación de hidratos en otros sitios).

En los últimos treinta años, la absorción con una solución del trietilenglicol (TEG) ha sido el proceso más frecuentemente adoptado para la deshidratación del gas en la mayoría de las aplicaciones de transporte de gas. Depresiones de punto de rocío de agua de hasta 40°C (72°F)

pueden lograrse sin ningún método especial para mejorar la pureza de glicol. El TEG puede ser regenerado a concentraciones extremadamente altas sin una degradación significativa. La mayoría de los reboilers de regeneración de TEG funcionan a unos 204°C (400°F) y a una presión cercana a la atmosférica, produciendo concentraciones de TEG hasta 98,6%. La presión de vapor relativamente baja del TEG da lugar a pérdidas sustancialmente bajas en el gas seco, lo que compensa su costo de capital ligeramente superior en comparación con otros glicoles, tales como DEG (dietilenglicol).

Dependiendo de la compatibilidad con otros procesos interrelacionados con la unidad o simplemente de las condiciones del sitio, el grado de secado requerido podría ser más estricto que los valores habituales. En tales casos, el TEG debe ser regenerado a concentraciones superiores a 98,6%, lo cual puede lograrse mediante la aplicación de alguno de los procesos mejorados disponibles como ser: inyección de gas de stripping, destilación a vacío, proceso Coldfinger ® y proceso Drizzo ®.

La inyección de gas de stripping en el regenerador de glicol es por lejos la opción más común debido a su simplicidad y a la pureza que se puede lograr (hasta un 99.8%). Una de las desventajas de este proceso es el mayor venteo de hidrocarburo en comparación con el proceso tradicional de deshidratación con TEG. Las emisiones gaseosas de una unidad de TEG con gas de stripping comprenden no sólo el gas separado en el tanque flash de glicol, sino también el vapor de agua mezclado con el gas de stripping del tope del regenerador. Estas dos corrientes de gas son normalmente enviadas al sistema de venteo de la instalación.

Muy a menudo el gas de la alimentación a la unidad de deshidratación contiene pequeñas cantidades de hidrocarburos aromáticos tales como benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos (BTEx), que son muy solubles en el TEG. Aunque su absorción en el glicol puede minimizarse cambiando su formulación o añadiendo depresores de la solubilidad de los aromáticos, estos componentes pueden estar presentes en los gases de venteo del regenerador.

Enviar el gas de venteo producido en las unidades de TEG al sistema de venteo de la instalación es una práctica común que no está alineada con los acuerdos internacionales aplicables tales como el protocolo de Montreal del Protocolo, el Protocolo de Kioto o, recientemente, el acuerdo de Copenhague.

Cambio Climático: Protocolos y sus Mecanismos

La Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio sobre el Cambio Climático (UNFCCC – United Nations Framework Convention on Climate Change) fue establecida en 1992 por un llamado de la Asamblea de las Naciones Unidas como consecuencia de los diversos descubrimientos científicos en relación con el problema del calentamiento global, sus causas y sus posibles impactos ambientales y socioeconómicos. La UNFCCC ha establecido el objetivo de la regulación de las concentraciones atmosféricas de los gases que producen efecto invernadero a límites seguros, sin afectar la producción de alimentos, así como también permitiendo un desarrollo económico sostenible. Para alcanzar este objetivo, los países tienen un compromiso general de enfrentar el cambio climático, adaptarse a sus efectos y de reportar las acciones desarrolladas.

Un pequeño resumen de las tres resoluciones más importantes en todo el mundo con respecto a los desafíos ambientales globales son presentadas aquí: el protocolo de Montreal relacionado con el agotamiento de la capa de ozono, el protocolo de Kioto y el Acuerdo de Copenhague, ambos relacionados con el cambio climático. El primero aparece como un acuerdo internacional y es ratificado por casi todos los países del mundo, mientras que los dos últimos están relacionados con los países de la UNFCCC.

Protocolo de Montreal

El protocolo de Montreal fue creado en 1987 para limitar las sustancias que agotan la capa de ozono como los clorofluorocarbonos (CFC) y los hidroclorofluorocarbonos (HCFC) (los cuales, además, son gases efecto invernadero).

Protocolo de Kioto

El protocolo de Kioto fue creado en 1997 como un complemento de la UNFCCC para darle un mayor impulso y un marco legal a sus objetivos y requisitos. Básicamente, este protocolo legalmente genera obligaciones vinculantes para un grupo de 37 países industrializados y la Comunidad Europea (los llamados "países del Anexo I"), definiendo los objetivos para la reducción de gases de efecto invernadero durante el período 2008-2012, a un nivel promedio de 5,2% por debajo de los niveles de emisiones del año 1990. El objetivo de reducción cubre los principales seis gases de efecto invernadero: dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, HCFC, fluorocarbonos y hexafluoruro de azufre (SF6). Además, el protocolo permite a estos países decidir cuál de estos seis gases constituirá la estrategia nacional de reducción de emisiones.

Con el fin de alcanzar los niveles limitados de emisión y los compromisos asumidos de reducción, cada país debe implementar o elaborar políticas y normas tendientes a aumentar la eficiencia energética, investigando, promoviendo, desarrollando y aumentando el uso de nuevos y renovables tipos de energía o tecnologías para depurar el dióxido de carbono, así como tomar medidas para limitar o reducir las emisiones controladas y no controladas de gases de efecto invernadero según el protocolo de Montreal y limitar y/o reducir las emisiones de metano a través de la recuperación y uso en sistemas de tratamiento de efluentes y en los sistemas de producción, transporte y distribución de la energía.

El protocolo de Kioto establece tres mecanismos de cooperación diseñados para permitir a los países del Anexo I alcanzar sus objetivos mediante la reducción de sus emisiones de gases de efecto invernadero en otros países a un costo menor en lugar de hacerlo internamente. Basado en la idea de que lo que concierne en cuanto el efecto climático es en qué medida se reducen las emisiones y no tanto donde, se argumenta que por razones económicas, las reducciones deben ser alcanzadas donde los costos son mínimos. Los tres mecanismos flexibles, que se basan en las reglas del mercado, son los siguientes:

- Comercio Internacional de Emisiones (IET – International Emission Trading) – que permite a los países transferir una parte de sus "derechos de emisión" como Unidades de Cantidad Asignada (AAU – Assigned Amount Units).

- Aplicación conjunta (JI – Joint Implementation) – que permite obtener una ventaja para la reducción de las emisiones generadas a partir de la inversión en otros países industrializados, como resultado de la transferencia de Unidades de Reducción de Emisiones (ERU – Emission Reduction Units) entre los países.
- Mecanismo de desarrollo limpio (CDM – Clean Development Mechanism) – permite a los países tomar el crédito de la reducción de emisión obtenida en proyectos de inversión en otros países en desarrollo, contribuyendo al desarrollo sostenible, como Certificado de Reducción de Emisiones (CER – Certified Emission Reduction)

Estos tres mecanismos dan a los países y compañías internacionales del sector privado la oportunidad de reducir las emisiones en todo el mundo, permitiéndoles tener el beneficio de estas reducciones al mismo tiempo alcanzar sus propios objetivos.

El CDM establecido bajo el protocolo de Kioto es un mecanismo cooperativo que contribuye a la reducción de las emisiones. De esta manera, el CDM tiene el potencial de ayudar a los países en desarrollo a alcanzar una condición de desarrollo sostenible mediante la promoción de inversiones respetuosas. Bajo este mecanismo, se promueve la ejecución de proyectos que favorezcan el desarrollo sostenible y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en los países no desarrollados. El certificado de reducción de emisiones de efecto invernadero obtenidos por este tipo de proyectos puede ser aplicado por los países desarrollados para alcanzar sus propios objetivos de reducción de emisión establecidos en concordancia con el protocolo de Kioto.

Los proyectos CDM tienen que ser aprobados por todas las partes involucradas y tienen que conducir a un desarrollo sostenible en los países anfitriones, resultando en beneficios a largo plazo, concretos y medibles con respecto a la mitigación del cambio climático. Además, las reducciones tienen que ser distintas de las que podrían aparecer en la ausencia de las actividades del proyecto.

Acuerdo de Copenhague

Este acuerdo fue establecido en 2009 entre los asistentes al protocolo de Kioto para reafirmar la decisión asumida previamente. El objetivo último de la Convención es estabilizar la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático. Al igual que en el protocolo de Kioto, en el acuerdo de Copenhague se establecen los objetivos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero para el año 2020.

Caso de Aplicación

En línea con los actuales esfuerzos para lograr un uso eficiente de la energía y reducir las emisiones de hidrocarburos y de CO₂ a la atmósfera, se pueden introducir ciertas modificaciones en el diseño de una unidad típica de TEG para eliminar los venteos del tanque flash de TEG y de la parte superior del regenerador de TEG.

TECNA ha diseñado y construido una unidad de deshidratación de gas TEG que implementa dichas modificaciones y, dependiendo de las condiciones de funcionamiento, es capaz de reducir las

emisiones continuas de gases a cero, excluyendo los gases del tubo de fuego del reboiler del regenerador.

El objetivo de la unidad es deshidratar el gas natural de una instalación de almacenamiento subterráneo. Debido al bajo punto de rocío de agua especificado, un proceso de deshidratación con TEG con gas de stripping como método de mejora de la pureza glicol fue seleccionado. Las emisiones de gas fueron reducidas desde el diseño mediante el aprovechamiento de los siguientes hechos:

- El gas separado en el tanque flash de TEG es pobre y dulce, permitiendo el uso en un reboiler con tubo de fuego directo.
- La corriente del tope del regenerador de TEG, que está compuesta por el gas de stripping inyectado en el tanque surge de TEG más el vapor de agua resultante de la regeneración del TEG, pueden ser fácilmente recuperados por medio de la condensación del agua y la compresión del gas remanente.

El diseño de nuestra planta combina estas dos ideas, recuperando el gas de stripping de la corriente del tope del regenerador y mezclándola con la corriente de hidrocarburo gaseoso del tanque flash de TEG, con el fin de crear una especie de “pool de gases” del cual se toman el gas de stripping y el gas combustible para el reboiler del regenerador. Puesto que prácticamente todo el gas de stripping puede ser recuperado, el balance de masa en el “pool de gases” depende básicamente de la cantidad de gas liberado en el tanque flash TEG y la necesidad de gas combustible en el reboiler. Durante el funcionamiento normal, el gas del separador Flash de TEG no cumple enteramente con los requerimientos de gas combustible del reboiler y la diferencia se ve compensada por una corriente de externa de suministro del gas combustible.

Descripción de la Unidad

En la Figura 1 se muestra el diagrama de flujo de proceso simplificado de la unidad.

condensado de la VRU, mientras que el gas restante es comprimido en por medio de sopladores (blowers) típicos de las unidades de recuperación de vapores. El gas comprimido es mezclado con el gas flash proveniente del Separador Flash de TEG, y es enfriado en el enfriador de descarga de la VRU y finalmente enviado al Scrubber de Descarga de la VRU. El diseño de la VRU es totalmente modular, con los aeroenfriadores de tiro forzado compartiendo una única bahía en multiservicio.

Modos de Operación y Filosofía de Control

La operación de la VRU está regulada principalmente por una serie de controles de presión. La Presión de succión de los sopladores, que corresponde aproximadamente a presión del tope del regenerador, es controlada automáticamente mediante la regulación de velocidad de rotación de los ventiladores. Esta presión se mantiene a un valor relativamente bajo (aproximadamente 0,2 barg) de manera que la presión del fondo del regenerador de TEG no sea demasiado elevada y la regeneración de TEG no se vea afectada.

Por otro lado, la presión de descarga del soplador se mantiene entre 0,7 y 0,8 barg por medio de dos válvulas reguladoras de presión que permiten la entrada de gas combustible externo o el alivio de gas de la VRU según sea necesario para compensar la diferencia entre el caudal de flash gas recuperado y el requerimientos de gas combustible del Reboiler. Durante el funcionamiento normal, el balance de masa es tal que una pequeña cantidad de gas combustible se inyecta en la VRU para mantener la presión de descarga de los sopladores.

El caudal de gas de stripping se ajusta en cada unidad de deshidratación con una válvula de control de flujo situada en cada una de las tres líneas que distribuyen el flujo desde el VRU a los regeneradores de cada unidad de TEG. Como ya se mencionó, prácticamente todo el gas de stripping es reciclado, lo que significa que los cambios en el set-point de caudal son absorbidos por velocidad variable de los sopladores sin afectar el equilibrio de flash/combustible gas.

En ciertas condiciones de funcionamiento, por ejemplo si la planta está procesando un caudal de gas muy bajo, el balance de gas puede invertirse conduciendo a un aumento de la presión en la descarga del "pool de gas". En este caso, la presión de regulación de la válvula que controla la entrada de gas de combustible externo se cerrará y se abrirá la segunda válvula, enviando el exceso al Sistema de Venteo mientras que el gas de stripping continúa siendo reciclado. Este escenario, sin embargo, no pertenece al rango de funcionamiento normal de la planta.

En el Separador Flash de TEG la presión se regula mediante la restricción de la salida de los gases de hidrocarburos separados con una válvula de control de presión en la línea de salida de gas del separador. El set-point de presión correspondiente es relativamente bajo (4 barg), pero lo suficientemente alto como para permitir que la corriente del TEG rico pueda pasar por los filtros, el intercambiador de calor TEG-TEG y llegar al reboiler del regenerador.

Consideraciones Finales

La opción de incluir una VRU en el diseño de una unidad de TEG da lugar a algunas preguntas que deben ser abordados para lograr la solución más conveniente.

- Balance económico. Cuando el nivel de deshidratación requerido para la corriente de gas natural no es muy riguroso, es posible utilizar bajas purezas de TEG rico (99% o inferior), que se pueden alcanzar sin la inyección de gas de stripping. En estos casos, no se generan prácticamente venteos de hidrocarburos y los protocolos medioambientales no son un problema. Sin embargo, la alternativa de usar mayor pureza de TEG con extracción de gas de stripping en combinación con una VRU puede resultar en equipos más pequeños en la unidad de deshidratación y, en cierta medida, a un menor consumo de energía, y por lo tanto no debe ser descartado sin al menos realizar una evaluación para determinar si es posible lograr un diseño general más económico.
- Selección Material. El esquema de flujo de gas en una unidad de TEG con un VRU puede verse, si se omite el vapor de agua, como un circuito cerrado con una corriente de entrada (el gas flash del Separador Flash de TEG), una corriente de salida (el gas quemado en el reboiler del regenerador) y una "corriente de equilibrio" que actuará como venteo, cuando haya un exceso de gas, o como una fuente exterior de gas, cuando el flash gas no satisfaga el consumo del reboiler. Como consecuencia de ello e independientemente de la fuente del gas utilizado para presurizar la planta durante el arranque, la composición del gas recuperado en la VRU eventualmente será igual a la del gas de flash del Separador Flash de TEG (si la planta está venteando un exceso de gas) o una combinación del flash gas y del gas combustible suministrado externamente (si este último está siendo alimentado a la planta).

Si el gas que se deshidrata en la Columna Contactora contiene cantidades significativas de CO₂ y H₂S, estos componentes también estarán presentes en el gas de flash, lo que significa que se deberán tener precauciones especiales para seleccionar los materiales de la VRU, especialmente si se prevé la situación "sin gas combustible externo" o si el gas combustible externo debe ser tomado del gas de la alimentación de la unidad de TEG.

Conclusiones

El uso de una unidad de recuperación de vapor (VRU) en una unidad TEG con gas de stripping representa una alternativa atractiva en aplicaciones de deshidratación de gas con estrictas especificaciones del punto de rocío de agua en línea con las políticas actuales para la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Esta mejora en el proceso de deshidratación de TEG puede resultar en una unidad de reducción de emisiones (ERU) generados por un proyecto implementación (JI) o una reducción certificada de emisiones (CER) generados a partir de la actividad de un proyecto de mecanismo de desarrollo limpio, ambos regulados por el protocolo de Kioto.

La VRU puede ser diseñada de forma modular y compacta y asociada a una o varias unidades de deshidratación-regeneración. El gas generado en el Separador Flash de TEG puede ser integrado en la VRU y en última instancia, ser utilizado como gas combustible para el reboiler del regenerador de TEG. La presión de funcionamiento de la VRU puede ajustarse por medio de las válvulas de regulación de presión que compensan la diferencia entre el gas flash generado y el gas combustible requerido en el reboiler.

De este modo, la instalación diseñada y construida por TECNA permitió introducir una solución técnica diferente al esquema tradicional de deshidratación con TEG con el objetivo de minimizar los venteos a la atmósfera y permitiendo al productor cumplir con los objetivos que la compañía tiene en relación a sus pautas medioambientales.

Breve CV

Mariela Arduino

Título y lugar de estudio: Ingeniero Químico – Universidad de Buenos Aires

Diferentes empresas en las que hizo su carrera: CPC S.A., TECNA Estudios y Proyectos de Ingeniería S.A.

Cargo actual en la empresa: Gerente de Ingeniería de Proyectos

Mario Busina

Título y lugar de estudio: Ingeniero Químico – Universidad Nacional del Comahue

Diferentes empresas en las que hizo su carrera: TECNA Estudios y Proyectos de Ingeniería S.A.

Cargo actual en la empresa: Líder Sr. de Procesos

Philipp Albrecht

Título y lugar de estudio: Ingeniero Químico – Universidad de Buenos Aires

Diferentes empresas en las que hizo su carrera: TECNA Estudios y Proyectos de Ingeniería S.A.

Cargo actual en la empresa: Director Corporativo de Ingeniería