

Arranque del sistema de deshidratación de gas, un reto del proyecto de expansión Fase 4 - CPF - Floreña

*PAGANI, Stefano (EQUIÓN ENERGÍA LIMITED) - Ingeniero de Proceso de Operaciones –
Stefano.pagani@equion-energia.com*

PALABRAS CLAVE: DESHIDRATACIÓN, SEGURIDAD DE PROCESO BASADA EN RIESGOS, MEJORAMIENTO CONTINUO.

RESUMEN

Durante el arranque y estabilización de los nuevos trenes de deshidratación de gas del proyecto de expansión Fase 4 CPF Floreña, se debieron afrontar varios retos con el fin de alcanzar la calidad requerida para el sistema de reinyección, fijada en máximo 5 lb de agua por MMSCF. A partir de los 4 pilares de la seguridad de proceso del CCPS (compromiso con la seguridad de procesos, entendimiento de riesgos y peligros, manejo del riesgo y aprendizaje de la experiencia), y aplicando la metodología de mejoramiento continuo de EQUIÓN ENERGÍA LIMITED, se lograron controlar y mitigar riesgos relacionados con el arrastre de líquidos y alta humedad en el gas de inyección, que podría traer como consecuencia la afectación de 3 grandes sistemas críticos para la operación de toda la facilidad de producción (deshidratación de gas, compresión y reinyección en pozos): presencia de líquidos en los compresores; daño de válvulas, desgaste de internos rotativos, bajo poder calorífico del gas combustible; aumento de la corrosión y erosión de líneas de flujo y pozos.

Se diseñó un plan de trabajo basado en las personas, planta, proceso y desempeño con el objetivo de implementar la metodología de mejoramiento continuo enfocado en seguridad de proceso. A continuación se mencionan algunos aspectos que se fueron incluidos en el plan de acción: talleres de refuerzo de lecciones aprendidas, con base en la experiencia de otras plantas de procesamiento, para los técnicos, supervisores e ingenieros de disciplina; comprensión profunda de los escenarios evaluados en los HAZOP y LOPA del proyecto; simulación de eventos formulados; ajuste de límites de proceso, parámetros de coordinación de protecciones y sintonización de los lazos de control; creación de una base de datos de las principales variables de proceso con el fin de simplificar el análisis de tendencias y monitoreo de indicadores de desempeño en la sala de control; verificación del perfil térmico de las torres contactoras y restricciones en líneas de proceso incorporando el uso de cámaras termográficas.

El resultado del plan de mejoramiento continuo enfocado en seguridad de proceso no solamente ha permitido incrementar la seguridad y confiabilidad del CPF Floreña mejorando la comprensión de riesgos de baja probabilidad de ocurrencia y alto impacto asociados con la interacción de los diferentes procesos de la operación, sino que ha hecho posible cumplir con los indicadores de desempeño, creando el punto de partida para extender esta metodología a diferentes áreas de las operaciones de EQUIÓN ENERGÍA LIMITED en Casanare.

INTRODUCCIÓN

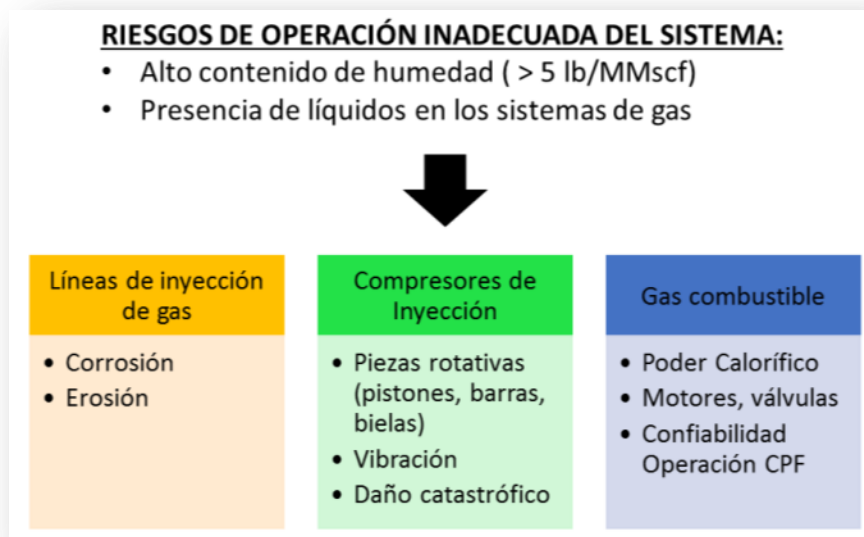
Los sistemas de deshidratación de gas cumplen una función de gran importancia en los procesos de acondicionamiento para venta y reinyección debido a que la presencia de humedad en las corrientes

de gas representa un riesgo para las líneas de transporte, equipo rotativo, motores de combustión interna, entre otros. Es por ello que el desempeño de las diferentes unidades que componen el sistema de deshidratación de gas debe presentar siempre los mejores indicadores de desempeño para lograr asegurar que las condiciones operacionales aguas abajo del mismo se encuentran dentro de los límites seguros de diseño.

Con el objetivo de ilustrar los escenarios de mayor impacto, que están relacionados con el bajo desempeño de los sistemas de deshidratación, la figura 1 presenta un resumen de los sistemas que se ven afectados en el CPF Floreña por el aumento en el contenido de humedad del gas durante el proceso de arranque y estabilización de la planta. Vale la pena resaltar que estos escenarios son propios de cada instalación aunque hay elementos comunes para diferentes plantas de procesamiento y se deben evaluar a la luz del tipo de diseño, tecnología instalada, estándares de ingeniería empleados, entre otros factores.

Tanto las líneas de transporte de gas hacia los pozos de reinyección como las piezas internas de las válvulas y accesorios de tubería se ven altamente afectadas por la presencia de líquidos, pues al no estar contemplada en el diseño original pueda generar corrosión o erosión. Así mismo, los compresores y motores de combustión pueden llegar a presentar modos de falla catastróficos por la presencia de gotas de líquidos que, por su alta densidad en comparación con el gas, afectan la integridad de los componentes internos que se mueven a altas velocidades. No todos estos efectos son inmediatos y algunos requieren de tiempos prolongados para manifestarse. Sin embargo, la pérdida de calidad del gas combustible que se utiliza para generar la electricidad que mantiene en operación toda la planta si se ve afectada de manera inmediata y puede causar pérdidas de producción, pues disminuye el poder calorífico que el gas puede entregar en los motores de los generadores activando las protecciones propias de estas máquinas. Por lo tanto, la pérdida de fluido eléctrico se extenderá tanto tiempo como sea necesario para recuperar la especificación de humedad del gas combustible.

Figura 1. Esquema de riesgos relacionados con una operación inadecuada del sistema de deshidratación de gas y sus efectos en los sistemas de compresión, reinyección y gas combustible



PLAN DE MEJORAMIENTO CONTINUO EN SEGURIDAD DE LOS PROCESOS DE DESHIDRATACIÓN, COMPRESIÓN Y REINYECCIÓN

Partiendo de la enorme importancia que tiene la seguridad del proceso como esquema de aseguramiento para evitar eventos mayores que comprometan la integridad de las personas, el medio ambiente, la producción y los activos, se planteó un ciclo de mejoramiento continuo cuyo objetivo final es garantizar que los cuatro pilares de la seguridad de procesos basada en riesgos (RBPS por sus siglas en inglés tal como se define en la metodología de CCPS) se están gestionando de manera correcta. De esta forma se concentraron los esfuerzos interdisciplinarios en los aspectos de mayor relevancia durante el proceso de arranque y estabilización del sistema de deshidratación del CPF Floreña – Fase 4. En los siguientes apartes de este documento se describe de manera general el ciclo de mejoramiento continuo en seguridad de procesos partiendo de cada uno de los cuatro pilares y se identifican las actividades relevantes que se ejecutan durante el arranque de las unidades una vez que el alistamiento ha finalizado y las certificaciones de construcción, completamiento y prueba han sido emitidas formalmente. Una vez identificadas las actividades de aseguramiento, estas se clasifican según la fase del ciclo de mejoramiento continuo en la que se ejecutan. Finalmente, se analiza el ciclo para identificar fortalezas y detectar oportunidades de mejora. De esta manera se garantiza la efectividad de las barreras del ciclo de aseguramiento con el objetivo de enfocar los recursos en aquellos puntos de mayor relevancia e impacto para evitar perder el sentido de vulnerabilidad, logrando resultados visibles que contribuyan a cumplir con los tiempos de arranque y estabilización, mejorando los indicadores de desempeño operacional y optimizando los recursos disponibles para el soporte técnico a la operación.

Si bien cada una de las actividades puede estar sujeta a su propio ciclo de mejoramiento continuo, en las próximas páginas solamente se tienen en cuenta los análisis efectuados a los 4 elementos de la seguridad de procesos basada en riesgos, resumidas en la figura 2.

Figura 2. Resumen de la metodología de mejoramiento continuo en seguridad de proceso a partir de los cuatro pilares aplicados al arranque y estabilización del sistema de deshidratación de gas



Es importante tener en cuenta que para el momento en que se diseñó e implementó este plan de trabajo basado en las personas, planta, proceso y desempeño, ya se contaba con un tiempo establecido para el arranque y estabilización de las unidades, por lo que esta metodología cobra valor al ser de fácil ejecución dentro del marco de un sistema de gerenciamiento de seguridad de procesos ya establecido y en marcha. Sin duda se habría requerido de mayor tiempo para la implementación si no se contara con alguno de los elementos de la RBPS ya incorporados dentro de las políticas de gestión integral de la Organización.

ENTENDIMIENTO DE RIESGOS Y PELIGROS

Este pilar establece dos actividades relevantes que se enfocan en el entendimiento y manejo del proceso, así como en la identificación de peligros y evaluación de riesgos como se ilustra en el diagrama de la figura 3. La fase de preparación para la operación debe partir del entendimiento de los riesgos y peligros que el nuevo diseño introduce a la planta. Si bien ya se contaba con operaciones de deshidratación y compresión similares, las dimensiones y la innovación tecnológica de algunas unidades modifican el panorama de riesgos al minimizar la probabilidad de ocurrencia de ciertos escenarios de falla siempre y cuando las nuevas protecciones incorporadas en el diseño sean operadas y mantenidas de la manera correcta. Por lo tanto, se comenzó con el entendimiento de los escenarios de riesgos analizados en los HAZOP y LOPA de las diferentes etapas de ingeniería, haciendo énfasis en los grupos de Operaciones y Mantenimiento para identificar las capas de protección y barreras que se tienen para evitar la ocurrencia de los eventos mayores.

En este punto se analizaron especialmente los transmisores de nivel cuya tecnología y principio de medición eran diferentes en las nuevas unidades con respecto de las existentes, logrando aumentar el nivel de conciencia de los diferentes grupos de Operaciones y Mantenimiento acerca de los escenarios de riesgo que se pueden materializar si estos instrumentos llegaran a presentar baja confiabilidad en su funcionamiento. A raíz de estas conversaciones se logró aumentar el sentido de la vulnerabilidad de todo el grupo, lo cual se complementó con la ejecución de análisis de riesgos usando la metodología “qué pasa si” (*what if*) para aquellas operaciones temporales que se derivaban de eventos no planeados, como por ejemplo el aislamiento de algún transmisor de nivel para calibración o configuración de parámetros. Estos eventos se presentaron frecuentemente durante el arranque de la operación hasta tanto se pudo encontrar el valor adecuado para los parámetros de ajuste teniendo en cuenta las condiciones particulares del proceso en el CPF Floreña. La implementación de un plan de inspección y seguimiento a los transmisores críticos resultó de gran ayuda para esta fase de ejecución dentro del ciclo de mejoramiento.

Durante el proceso de estabilización se verificaron continuamente los límites seguros de operación contemplados por la ingeniería a partir de manuales gráficos que identifican dichos valores en cada una de las variables del proceso (presión, temperatura, flujo, composición). Así mismo se verificaron en campo las condiciones críticas para el correcto desempeño del proceso de deshidratación de gas, recurriendo a técnicas de doble aseguramiento como termografías para analizar el perfil térmico de las torres contactoras de gas y glicol, y análisis de laboratorio específicos para determinar humedad y calidad de estos dos fluidos.

Finalmente, se realizó el ajuste de variables operacionales para alcanzar el contenido de humedad especificado por el diseño con el fin de evitar condiciones inseguras en los sistemas aguas abajo del proceso de deshidratación, contando con el soporte inter disciplinario para los ajustes a transmisores y equipos de la planta.

MANEJO DEL RIESGO

El manejo del riesgo es uno de los pilares que mayor cantidad de actividades tiene relacionadas con su gestión, pues contempla el desarrollo de procedimientos de operación; implementación de políticas y prácticas de trabajo seguro; sistemas de manejo de integridad y confiabilidad del activo; manejo de la exposición al riesgo asociado con el trabajo ejecutado por contratistas; planes de entrenamiento y aseguramiento del desempeño; manejo del cambio; preparación para la operación de equipos y unidades; desempeño y disciplina operacional; planes de respuesta y manejo de emergencias.

Figura 3. Resumen del ciclo de mejoramiento continuo correspondiente al primer pilar de Entendimiento de Riesgos y Peligros



Durante la implementación se tuvieron en cuenta la mayoría de las actividades mencionadas anteriormente, pues no todas eran aplicables a la etapa del ciclo del proyecto correspondiente a la puesta en marcha y estabilización ya que actividades como el alistamiento global, la modificación del sistema de mantenimiento o la revisión de los planes de respuesta a emergencias ya se habían completado previamente con la participación de otros grupos de trabajo. Por lo tanto, fue necesario analizar las brechas existentes que se generaban con las diferentes actividades de arranque y estabilización. El resultado se ilustra en la figura 4.

El resultado de este análisis parte de la premisa de que el riesgo tiene un componente dinámico que trae consigo la necesidad de revisar de forma continua la calidad y salud de las barreras que se contemplan inicialmente para la mitigación y prevención de eventos no deseados.

Como parte de la preparación para la operación se implementó una revisión de seguridad previa al arranque (Pre Start-Up Safety Review) utilizando una lista de chequeo compuesta por los elementos de mayor relevancia de cada una de las disciplinas técnicas como proceso, instrumentación y control, electricidad, civil, maquinaria rotativa e integridad, entre otras. El objetivo de esta verificación es comprobar que todas las disciplinas han recibido correctamente los sistemas por parte del grupo de alistamiento y es seguro proceder con el cargue de hidrocarburos y energización del sistema en estudio.

Si se llegara a identificar alguna desviación, esta puede ser catalogada como pendiente de “tipo A” o de “tipo B”. Si corresponde al primer tipo, no se podrán introducir hidrocarburos al sistema hasta tanto se de cierre adecuado al pendiente identificado. Es el caso de los sistemas de alivio cuyos elementos deben estar completamente entregados para ser puestos en servicio. Si fuera un pendiente de tipo B, se debe plantear un plan de cierre a corto plazo para proceder con el arranque, como sucede con la actualización de las rutinas de mantenimiento en el sistema de gestión. Para el caso de arranque del sistema de deshidratación resultó sumamente importante la simplificación del alcance de cada una de las revisiones, pues se hace más fácil el tratamiento de los pendientes tipo B y la documentación de los tipo A.

La rigurosidad con el aseguramiento para el arranque también se vio reflejada durante la etapa de operación mediante la práctica de control del trabajo y la disciplina operacional para la toma de datos y el seguimiento a las tendencias de variables críticas. Se realizaron varias modificaciones a la visualización de las tendencias y calibración de transmisores para simplificar el monitoreo desde la sala de control a partir de los estándares internacionales para pantallas y estaciones de operación, así como de las necesidades de los técnicos de operación.

Tanto las modificaciones en campo como en sala de control fueron el resultado de un proceso de aprendizaje que permitió empoderar de bases técnicas sobre el funcionamiento de las nuevas tecnologías de equipos e instrumentos a los grupos de Operaciones, Mantenimiento e Ingeniería. Para ello se programaron entrenamientos con la asistencia en sitio de los representantes técnicos de ventas de cada una de las unidades, lo cual permitió alcanzar una cobertura casi total de los entrenamientos para el personal. El resultado más significativo fue la consolidación de competencias técnicas para la toma local de decisiones, lo cual permitió reducir los tiempos de estabilización y respuesta ante fallas. Con el objetivo de capitalizar esa experiencia se capturaron los principales hallazgos en documentos como manuales y procedimientos de operación, tablas límites de operación, diagramas causa-efecto, planos P&ID, entre otros. Las modificaciones que involucraron alteración de los sistemas de monitoreo, control, límites de diseño y sistemas instrumentados de seguridad fueron gestionados siguiendo la práctica corporativa para manejo del cambio. De esta manera se puede garantizar que el componente dinámico del riesgo relacionado con ajustes operacionales está siempre bajo control y no se introducen al sistema riesgos no contemplados en la intención de diseño original. Este factor de aseguramiento cobra importancia si se tiene en cuenta el contexto del proceso de arranque y estabilización que puede llegar a tener presión sobre el control de recursos y costos disponibles en un escenario de tiempos fijos.

Figura 4. Resumen del ciclo de mejoramiento continuo correspondiente al segundo pilar de Manejo del Riesgo



COMPROMISO CON LA SEGURIDAD DE PROCESOS Y APRENDIZAJE DE LA EXPERIENCIA

En el contexto global del sistema de gerenciamiento de seguridad de procesos, el compromiso y el aprendizaje de la experiencia cuentan cada uno con su propio conjunto de actividades que incluyen el compromiso con la cultura en seguridad del proceso; el cumplimiento de códigos, estándares y regulaciones; desarrollo de competencias en seguridad de procesos; involucramiento de los trabajadores de toda la empresa con este sistema; entendimiento y manejo del impacto sobre grupos de interés; investigación de incidentes; desarrollo y seguimiento de indicadores y medidas de desempeño; auditorías, tanto al sistema global como a sus componentes individuales; revisiones gerenciales y mejoramiento continuo del sistema.

Sin embargo, durante el desarrollo de la metodología aquí propuesta se juntaron estos dos elementos con el objetivo de ajustar el plan de trabajo a la medida del proceso de arranque y estabilización ya mencionado. Como se expuso anteriormente, los temas que no fueron incluidos dentro del plan de trabajo particular ya estaban dentro del control de otros grupos inter disciplinarios.

Uno de los factores que determinó el resultado en la implementación de este ciclo de mejoramiento continuo en el arranque exitoso del tren de deshidratación y compresión fue, sin duda, la visión integral de riesgo que involucró a diferentes disciplinas técnicas y administrativas. Esto permitió mantener alto el sentido de vulnerabilidad y lograr el compromiso de toda la Organización con la seguridad del proceso de arranque en general.

Dentro del proceso de toma de decisiones y resolución de problemas se llevaron a cabo varios análisis de causa raíz de falla a los principales eventos relacionados con instrumentación, principalmente, y activación de sistemas de protección. Con estos estudios se pudo analizar de forma objetiva y rápida cada uno de los eventos mediante la aplicación de metodologías sistemáticas cuyo resultado final fue la priorización de planes de acción enfocados en las actividades más relevantes para garantizar la salud de las barreras implicadas en el evento inesperado. Estos análisis de causa raíz también permitieron capitalizar varias oportunidades de mejora que fueron divulgadas entre las diferentes áreas técnicas y administrativas. De esta manera se reforzaron las competencias en seguridad de proceso y el compromiso de las diferentes líneas de trabajadores con la disciplina operacional.

Finalmente, se llevaron a cabo varias reuniones interdisciplinarias mensuales de seguimiento al plan de trabajo para ir dando cierre a los diferentes temas que se identificaron durante el arranque y la estabilización del proceso de deshidratación y compresión.

Figura 5. Resumen del ciclo de mejoramiento continuo correspondiente los pilares de Compromiso con la Seguridad del Proceso y Aprendizaje de la Experiencia



COMENTARIOS FINALES

El resultado del plan de mejoramiento continuo enfocado en seguridad de proceso no solamente ha permitido incrementar la seguridad y confiabilidad del CPF Floreña mejorando la comprensión de riesgos de baja probabilidad de ocurrencia y alto impacto asociados con la interacción de los diferentes procesos de la operación, sino que ha hecho posible cumplir con los indicadores de desempeño, creando el punto de partida para extender esta metodología a diferentes áreas de las operaciones en Casanare.

El valor agregado que posee esta metodología radica, en gran parte, en la flexibilidad para ajustarse a las diferentes etapas del ciclo de vida en que se encuentre el proyecto, pues permite adicionar o

sustraer del análisis aquellos elementos de mayor impacto para el aseguramiento, manteniendo el foco en los riesgos mayores sin descuidar la seguridad industrial. Sin embargo, requiere de un sistema de gerenciamiento de la seguridad de proceso consolidado a nivel organizacional para no relegar aquellos elementos que no sean incluidos dentro del plan de trabajo.

Finalmente, esa metodología permite aplicar el gerenciamiento de seguridad de proceso para mantener en alto el sentido de la vulnerabilidad y evitar que todo sistema de gestión quede capturado simplemente en papel.

REFERENCIAS

- CENTER FOR CHEMICAL PROCESS SAFETY-CCPS, “Guideline for Risk Based Process Safety”, John Wiley & Sons Inc., AIChE, 2007.
- GAS PROCESSORS SUPPLIERS ASSOCIATION –GPSA, “Engineering Data Book”, Volumes I & II, 11th Edition, Gas Processors Association, 1998.