

# CRITERIOS DE DISEÑO DE SISTEMAS DE QUEMADOR EN PLANTAS DE GAS

PAPER PARA CONGRESO IAPG  
SANTA CRUZ-BOLIVIA

OCTUBRE 2001

# **CRITERIOS DE DISEÑO DE SISTEMAS DE QUEMADOR EN PLANTAS DE GAS**

**Autor: Arturo Soria Galvarro T.  
Empresa petrolera Andina S.A.**

## **ABSTRACT. -**

El presente documento resume y describe las etapas y los criterios utilizados durante el diseño de un sistema de recolección de alivios y quemador en la planta de producción de Río Grande y pretenden en su contexto servir de guía de orientación a otros proyectistas que se involucren en temas similares.

Creemos que con un relevamiento y redimensionamiento de los dispositivos de venteo ligado a una buena filosofía de cierre de emergencias (ESD – Emergency Shut down) se puede minimizar la inversión inicial en sistemas de quemador.

El principio de esta afirmación se fundamenta en el hecho de que el proceso de alivio no representa un proceso en régimen permanente (donde el caudal entrante es el caudal saliente), sino más bien es un proceso dinámico donde se libera materia y energía acumulada (excedente) en un periodo de tiempo reducido.

La evaluación de los distintos escenarios de emergencia es crucial en la reducción de los costos iniciales de inversión debido a que una buena filosofía de emergencia reducirá los caudales de venteo y consecuentemente las dimensiones del quemador en su conjunto.

Otra punto importante es la selección adecuada de válvulas de alivio del tipo modulante o de apertura total, los cuales definirán los caudales de alivio.

Estos criterios son, sobre todo aplicables, en plantas donde las condiciones actuales de operación difieren de las de diseño.

Una instalación compacta de las facilidades de producción favorece la geometría de la red matriz de recolección y considerables ahorros en material tubular.

# **CRITERIOS DE DISEÑO DE SISTEMAS DE QUEMADOR EN PLANTAS DE GAS**

**Autor: Arturo Soria Galvarro T.  
Empresa petrolera Andina S.A.**

## **INTRODUCCIÓN.-**

La planta de re-inyección de gas en Río Grande, instalada a finales de la década de los 60, con una capacidad de diseño nominal de 262 MMSCFD (7.4 MMSCMD), cuenta con área de recolección, área de separación primaria; área de estabilización de condensado y área de compresión.

Dentro del diseño se cuenta con línea de venteo enterrada que colecta los gases de alivio como resultado del control ejercido por las válvulas de control de presión en los equipos presurizados, además de recibir los gases de las válvulas de alivio y seguridad (PSV) en caso de emergencia.

Debido a la larga data de la instalación de la planta de gas de Río Grande el sistema de seguridad y despresurización no cubre las exigencias actuales de seguridad y medio ambiente, por ejemplo no se cuenta con equipo de recuperación de líquidos, no se cuenta con sistema de ignición automático en el quemador, la disposición geométrica permite la acumulación de líquidos en la línea matriz de recolección de alivios entre otras desventajas.

También se tuvieron que tomar en cuenta los cambios operativos realizados a principios de los noventa cuando se adecuaron las facilidades de la planta de re-inyección de gas a la nueva presión de operación (800 psig) de la planta de absorción refrigerada, a la cual entrega la producción de gas del campo Río Grande.

Durante la evaluación de los distintos escenarios de emergencia se tuvo que considerar como afectaban las situaciones de emergencia generadas en las plantas que interactúan con la planta de re-inyección de gas de Río Grande como ser la planta de acondicionamiento de punto de rocío de gas por absorción refrigerada y la estación de compresión al Brasil.

Con tal motivo se presupuestó para la gestión 2001 la ejecución de un nuevo sistema de quemador que supla las deficiencias del sistema actual.

Durante el diseño se propusieron las siguientes etapas para la elaboración del pliego de especificaciones:

- ? Levantamiento y documentación de toda la información existente referente a los dispositivos de alivio PSV (válvulas de seguridad), PCV (válvula de control de presión), ESD (válvula de cierre de emergencia) y todo el sistema de alivio en general.
- ? Optimización y verificación de las capacidades de los dispositivos de control y seguridad de acuerdo a nuevas condiciones operativas y cálculo hidráulico de la red matriz de recolección del quemador.

## **CRITERIOS DE DISEÑO DE SISTEMAS DE QUEMADOR EN PLANTAS DE GAS**

**Autor: Arturo Soria Galvarro T.  
Empresa petrolera Andina S.A.**

- ? Evaluación de los distintos escenarios de emergencia.
- ? Determinación de la carga máxima del sistema.

### **DESARROLLO.-**

Debido a su reciente construcción e instalación, posterior a la planta de re-inyección de gas, las plantas de acondicionamiento de punto de rocío por absorción refrigerada y la estación de compresión al Brasil cuentan con su propios sistemas de alivios y quemador y su propia filosofía de control de emergencias, las cuales inciden determinadamente sobre la estructura de control de emergencias de la planta de re-inyección de gas e incrementaron dos escenarios de emergencia adicionales a las situaciones de emergencia propios de la planta y que en definitiva definieron la carga máxima del sistema de quemador a implementarse en la planta de re-inyección de Río Grande.

Bases de la evaluación.-

En vista del déficit de información técnica referente a la planta y sus dispositivos en general solicitamos información al departamento de mantenimiento las fichas técnicas de las válvulas de seguridad y alivio, válvulas de control tales como caudal de alivio, presiones de apertura y cierre de válvulas, máxima contrapresión que pueden soportar, entre otras características relevantes.

Se establecieron guías standard para la determinación de las cargas individuales en los distintos áreas de la planta, enfatizando los casos de paro total de energía eléctrica, falla de sistemas auxiliares, cargas debido a fuego, fallas por rotura de tubo en intercambiadores de calor y fallas de válvulas de control.

Durante la falla total de potencia, la torre estabilizadora de condensado deja de recibir enfriamiento por el paro de las bombas de reflujo pero también se detiene la alimentación a la misma y paran las bombas de recirculación de producto de fondo, determinando el bloqueo de gas combustible al horno por bajo caudal de producto circulante. Por otro lado, también se detienen los ventiladores de los vapores de cabeza de la torre estabilizadora, esta secuencia de hechos nos permite asegurar que la acumulación de masa o energía dentro de la torre y circuitos adyacentes es mínima.

En el caso de la estabilizadora, el escenario determinante para definir el diámetro de la línea de descarga del dispositivo de alivio es una situación de incendio debido a la vaporización del hidrocarburo líquido acumulado al interior de la torre.

Debido a que el fluido de enfriamiento usualmente es aire y no agua, el paro del sistema de agua de enfriamiento de motores en moto-compresores ocasiona el paro de compresores derivando la emergencia a los áreas proveedores de gas de gas de baja presión, como ser área de separación

## **CRITERIOS DE DISEÑO DE SISTEMAS DE QUEMADOR EN PLANTAS DE GAS**

**Autor: Arturo Soria Galvarro T.  
Empresa petrolera Andina S.A.**

primaria (55 MMSCFD), gas residual proveniente de planta absorción para cubrir la demanda del gasoducto al altiplano (35 MMSCFD).

Fueron definidos y calculados las cargas de alivio debido a un incendio en los áreas de acumulación de líquidos, área de separación primaria (8 separadores entre bifásicos y trifásicos), área de tanque alimento, y tanque final de acumulación de condensado estabilizado, los cuales determinaron el incremento de diámetro de las líneas colectoras en cada sector específico. Los cálculos fueron realizados de acuerdo a recomendaciones de la API RP 521.

Los alivios generados por un incendio rara vez determinan las dimensiones del sistema de quemador pero pueden impactar seriamente en las dimensiones del colector o línea matriz del colector del área involucrada.

De igual manera fue analizado el caso de ruptura de tubo en el intercambiador de calor de corriente alimento a torre estabilizadora con el producto de fondo, de acuerdo a metodología API RP 521, el cual debido a las propiedades similares de los productos al interior de tubos (condensado no estabilizado) y fluido en la carcasa (condensado estabilizado) y tomando que las presiones en ambos lados de los tubos es similar 250 psig (1,723.6 Kpa) no tuvo mayor impacto en la carga de alivios de este equipo.

También fueron analizados todos los casos de falla de las válvulas de control desde totalmente abierta a completamente cerrada independientemente de la posición de falla del dispositivo. Considerando que la falla de aire/gas de instrumentos genera un escenario libre de alivios debido a que están diseñados para fallar de manera segura.

Cálculos hidráulicos de la red colectora de alivios.-

Las cargas individuales calculadas para cada dispositivo de alivio fueron tabulados de tal manera de determinar la carga total del sistema de quemador bajo las circunstancias de los distintos escenarios descritos precedentemente.

Los distintos escenarios de emergencia fueron simulados en simulador de procesos HYSYS bajo la modalidad de régimen permanente o estacionario, modo que no permitió tomar en cuenta el tiempo de alivio de cada dispositivo en particular durante el venteo múltiple de varias válvulas de alivio al mismo tiempo. Consecuentemente no se pudo hacer un seguimiento preciso del proceso dinámico que representa una situación de alivio.

Con los resultados del simulador de proceso se determinó la contrapresión para cada dispositivo de alivio en cada escenario de emergencia y compararon con los datos de diseño proporcionados por el departamento de mantenimiento asegurándonos de que la contrapresión calculada no sobrepasará la contrapresión permisible indicada por el fabricante de las válvulas de alivio de presión.

## **CRITERIOS DE DISEÑO DE SISTEMAS DE QUEMADOR EN PLANTAS DE GAS**

**Autor: Arturo Soria Galvarro T.  
Empresa petrolera Andina S.A.**

Los cálculos para determinar la altura del quemador fueron desarrollados por el contratista tomando en cuenta la intensidad de radiación permisible para áreas con acceso normal de personal establecido por la norma API RP 521 en 2000Btu/hr-ft<sup>2</sup> (5424 Kcal/hr-m<sup>2</sup>) para la máxima carga excluyendo la radiación solar.

El diseño y dimensionado del recuperador de líquidos (FKOD - Flare Knock Out Drum) estuvo a cargo de contratista de acuerdo a los criterios establecidos por la norma API RP 521 considerando el requerimiento de volumen de líquido ( 400 BPD) y la velocidad de la fase gaseosa debe ser lo suficientemente baja para atrapar y decantar partículas líquidas de hasta 300 micrones.

El escenario de mayor carga para el sistema de quemador, el que impone mayor pérdida de carga/presión debido al flujo a través del sistema, que para nuestro caso fue determinado por el paro de turbo-compresores de la estación de compresión al Brasil, que representa una situación de emergencia ajena a la planta de re-inyección de gas de Río Grande. (170 MMSCFD) que imponen una pérdida de presión en el sistema de hasta 180.psig (1,240 Kpa)

El mayor problema con el que tropezamos fue que la mayoría de los dispositivos de alivio (PSV y PCV) se encuentran por debajo del nivel de la línea matriz colectora de alivios lo que ocasiona una contra presión adicional a cada dispositivo de alivio debido a la columna de líquido acumulado en la línea de descarga. Este hecho nos obliga a pensar en elevar la posición de los dispositivos de alivio o incluir un sistema de drenaje de líquidos con sello hidráulico que descargue los líquidos acumulados en la descarga de los dispositivos de alivio al sistema de drenajes abiertos de la planta.

Optamos por la segunda alternativa por representar menor costo inicial y menor tiempo de suspensión de operaciones de producción.

Otra desventaja con la que hubo que lidiar fue la excesiva expansión en la distribución de las facilidades de producción que incremento una tarea adicional en la confección de la geometría de la red colectora con el fin de reducir los costos de inversión debido a las largas distancias que debían recorrer las líneas matrices de recolección.

### **CONCLUSIONES.-**

El uso de software para el calculo hidráulico en modo dinámico, creemos hubiese contribuido a reducir los costos de inversión, debido al efecto de la variable tiempo que eventualmente hubiese reducido la carga en las descargas múltiples al sistema y consecuentemente se hubiesen reducido las dimensiones de los colectores matrices.

El esfuerzo conjunto de un equipo multidisciplinario apoyado en la planificación consecuente durante el diseño soportados con las herramientas adecuadas generan utilidad a través del ahorro de los costos de inversión inicial.

# **CRITERIOS DE DISEÑO DE SISTEMAS DE QUEMADOR EN PLANTAS DE GAS**

**Autor: Arturo Soria Galvarro T.  
Empresa petrolera Andina S.A.**

El presente documento pretende ser una guía en la formulación de las etapas a seguir y los criterios básicos aplicables a proyectos de esta naturaleza basados en nuestra modesta experiencia del proyecto que nos involucra y que actualmente todavía se encuentra en etapa de ejecución.

# CRITERIOS DE DISEÑO DE SISTEMAS DE QUEMADOR EN PLANTAS DE GAS

**Autor: Arturo Soria Galvarro T.**  
**Empresa petrolera Andina S.A.**

## PLANILLA DE SIMULACIÓN CALCULO HIDRÁULICO DE RED COLECTORA (HYSYS)

| SOLOSEPARA - HYSYS - [Workbook - Case (Main)]                                                                             |             |             |             |                            |             |             |             |         |             |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|----------------------------|-------------|-------------|-------------|---------|-------------|--|
| File Edit Simulation Flowsheet Workbook Tools Window Help                                                                 |             |             |             |                            |             |             |             |         |             |  |
| Environment: Case (Main)<br>Mode: Steady State                                                                            |             |             |             |                            |             |             |             |         |             |  |
| RINFRSLUG                                                                                                                 |             |             |             |                            |             |             |             |         |             |  |
| Name                                                                                                                      | RINFRSLUG   | RELIEFOUT   | GINTERRGD   | 1                          | 2           | TOFLARE     | INTEROUT    | TOF     | 24"         |  |
| Vapour Fraction                                                                                                           | 1.0000      | <empty>     | 0.9990      | 1.0000                     | 1.0000      | <empty>     | <empty>     | <empty> | 0.9962      |  |
| Temperature [F]                                                                                                           | 104.0       | <empty>     | 85.00       | 104.0                      | 49.07       | <empty>     | <empty>     | <empty> | 13.10       |  |
| Pressure [psig]                                                                                                           | 990.0       | <empty>     | 970.0       | 29.44 C 1.0<br>85.00 F 1.0 | 0.0000      | 72.14       | <empty>     | 102.7   | 72.14       |  |
| Molar Flow [MMSCFD]                                                                                                       | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000      | 3.218e+005                 | 3.218e+005  | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000  | 4.630e+005  |  |
| Mass Flow [lb/hr]                                                                                                         | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000      | 7.045e+004                 | 7.045e+004  | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000  | 9.631e+004  |  |
| Liquid Volume Flow [barrel/day]                                                                                           | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000      | -6.151e+008                | -6.151e+008 | <empty>     | 0.0000      | <empty> | -8.309e+008 |  |
| Heat Flow [Btu/hr]                                                                                                        | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000      |                            |             |             |             |         |             |  |
| Name                                                                                                                      | TOKODRM     | gallard     | ALTAOUT     | ALTAPIPE                   | BAJA        | BAJADUT     | BJAAMIS     | MINI    | MINIOUT     |  |
| Vapour Fraction                                                                                                           | 0.9986      | 0.9992      | 0.9930      | 0.9943                     | 0.9987      | 0.9990      | 0.9991      | 0.9984  | <empty>     |  |
| Temperature [F]                                                                                                           | 2.996       | 82.00       | 12.38       | 3.507                      | 80.00       | 52.20       | 50.70       | 84.00   | <empty>     |  |
| Pressure [psig]                                                                                                           | 4.000e-003  | 1290        | 192.3       | 102.7                      | 500.0       | 118.6       | 102.7       | 330.0   | <empty>     |  |
| Molar Flow [MMSCFD]                                                                                                       | 225.0       | 165.0       | 165.0       | 165.0                      | 60.00       | 60.00       | 60.00       | 0.0000  | 0.0000      |  |
| Mass Flow [lb/hr]                                                                                                         | 4.630e+005  | 3.380e+005  | 3.380e+005  | 3.380e+005                 | 1.250e+005  | 1.250e+005  | 1.250e+005  | 0.0000  | 0.0000      |  |
| Liquid Volume Flow [barrel/day]                                                                                           | 9.631e+004  | 7.048e+004  | 7.048e+004  | 7.048e+004                 | 2.582e+004  | 2.582e+004  | 2.582e+004  | 0.0000  | 0.0000      |  |
| Heat Flow [Btu/hr]                                                                                                        | -8.309e+008 | -6.110e+008 | -6.110e+008 | -6.110e+008                | -2.199e+008 | -2.199e+008 | -2.199e+008 | 0.0000  | 0.0000      |  |
| Name                                                                                                                      | MINIHES     | 3DE500      | 3DE800RICO  | 3DE1400                    | OUT1        | OUT11       | OPUT800     | OUT15   | OUT1400     |  |
| Vapour Fraction                                                                                                           | <empty>     | 1.0000      | 1.0000      | 1.0000                     | <empty>     | <empty>     | <empty>     | <empty> | <empty>     |  |
| Temperature [F]                                                                                                           | <empty>     | 170.0       | 220.0       | 220.0                      | <empty>     | <empty>     | <empty>     | <empty> | <empty>     |  |
| Pressure [psig]                                                                                                           | 102.7       | 660.0       | 792.0       | 1650                       | <empty>     | <empty>     | <empty>     | <empty> | <empty>     |  |
| Molar Flow [MMSCFD]                                                                                                       | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000                     | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000  | 0.0000      |  |
| Mass Flow [lb/hr]                                                                                                         | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000                     | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000  | 0.0000      |  |
| Liquid Volume Flow [barrel/day]                                                                                           | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000                     | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000  | 0.0000      |  |
| Heat Flow [Btu/hr]                                                                                                        | <empty>     | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000                     | <empty>     | 0.0000      | <empty>     | <empty> | 0.0000      |  |
| Name                                                                                                                      | 140000      | APIP        | AMEZ        | 4DE500                     | 4DE800RICO  | 4DE1400     | 411         | RIC011  | 414         |  |
| Vapour Fraction                                                                                                           | <empty>     | <empty>     | <empty>     | 1.0000                     | 1.0000      | 1.0000      | <empty>     | <empty> | <empty>     |  |
| Temperature [F]                                                                                                           | <empty>     | <empty>     | <empty>     | 170.0                      | 220.0       | 220.0       | <empty>     | <empty> | <empty>     |  |
| Pressure [psig]                                                                                                           | <empty>     | <empty>     | 72.14       | 660.0                      | 1635        | 2420        | <empty>     | <empty> | <empty>     |  |
| Molar Flow [MMSCFD]                                                                                                       | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000                     | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000  | 0.0000      |  |
| Mass Flow [lb/hr]                                                                                                         | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000                     | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000  | 0.0000      |  |
| Liquid Volume Flow [barrel/day]                                                                                           | 0.0000      | <empty>     | <empty>     | 0.0000                     | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000  | 0.0000      |  |
| Heat Flow [Btu/hr]                                                                                                        | <empty>     | <empty>     | <empty>     | 0.0000                     | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000  | 0.0000      |  |
| Name                                                                                                                      | 411N        | RIC4        | 414?        | 51                         | 52          | 51          | 51A         | 51R     | 52A         |  |
| Material Streams Compositions Energy Streams Unit Ops                                                                     |             |             |             |                            |             |             |             |         |             |  |
| FeederBlock: RINFRSLUG<br>PSV SLUG                                                                                        |             |             |             |                            |             |             |             |         |             |  |
| <input type="checkbox"/> Include Sub-Flowsheets<br><input type="checkbox"/> Show Name Only<br>Number of Hidden Objects: 0 |             |             |             |                            |             |             |             |         |             |  |
| Required Info : Envelope Utility-1 - Requires a Stream                                                                    |             |             |             |                            |             |             |             |         |             |  |
| Warning : PIPE-100 - Not Enough Information for the Pipe Calculation                                                      |             |             |             |                            |             |             |             |         |             |  |
| Completed.                                                                                                                |             |             |             |                            |             |             |             |         |             |  |
| Inicio   2. Alejandro Fernandez ...   SOLOSEPARA - HYSYS...   papercorporativo   DESARROLLO TRABAJO ...   10:29 p.m.      |             |             |             |                            |             |             |             |         |             |  |

# CRITERIOS DE DISEÑO DE SISTEMAS DE QUEMADOR EN PLANTAS DE GAS

**Autor: Arturo Soria Galvarro T.**  
**Empresa petrolera Andina S.A.**

PLOT PLAN DE PLANTA DE REINYECCIÓN DE GAS RIO GRANDE

