

Evaluación de un generador de vapor de la industria petroquímica utilizando radiotrazadores

Carlos Sebastián⁽¹⁾ csebastian@ipen.gob.pe; Gerardo Maghella⁽¹⁾ gmaghella@ipen.gob.pe;
Enoc Mamani⁽¹⁾ emamani@ipen.gob.pe; José Maguiña⁽¹⁾ jmaguiña@ipen.gob.pe;
Jorge Condori⁽¹⁾ jcondori@ipen.gob.pe

(1) IPEN, Dirección General de Seguridad Radiológica. Dirección de Aplicaciones, Av. Canadá 1470, Lima 41, Perú

Resumen

El presente estudio consistió en evaluar un generador de vapor de la industria petroquímica, utilizando ácido oleico marcado con Yodo-131 como radiotrazador para la fase hidrocarburo e Indio-113m para la fase acuosa, con la finalidad de determinar eventuales fugas durante el transporte de agua y de los fondos de la columna principal durante sus respectivos recorridos en el interior del sistema.

1. Introducción

Uno de los problemas que suelen presentarse en la industria petroquímica son las fugas de fluido térmico presentes en los generadores de vapor. Estas fugas generan caídas de presión que suelen influir en el rendimiento de la unidad al verse afectada la transferencia de masa y de energía. Generalmente esto ocurre porque se presentan incrustaciones o fallas dentro del banco de tubos producida por la alta presión del vapor, lo que acarrea un arrastre indeseado del fluido frío en el caliente.

A fin de solucionar estos problemas, es factible utilizar técnicas de radiotrazadores para analizar el comportamiento de la unidad de proceso, en este caso el generador de vapor. Estas evaluaciones involucran la determinación y análisis de las curvas de respuesta de un radiotrazador incorporado al generador de vapor, generalmente a través de la línea de fluido térmico (tubos). Esta técnica es muy útil para inspecciones en la industria química y petroquímica y, en general donde se involucran transferencias de calor en sistemas líquido-líquido.

El radiotrazador es inyectado en la línea que conduce a los tubos por donde circula el fluido térmico, mientras que el fluido a ser calentado circula en contra corriente ingresando por la coraza del intercambiador, saliendo por el extremo opuesto. Un primer detector (en rojo) es colocado justo a la entrada del generador en la línea de fluido térmico, mientras que un segundo detector (en verde) es colocado en la línea de salida de producto precalentado que sale por la coraza del intercambiador. (Fig. 1).

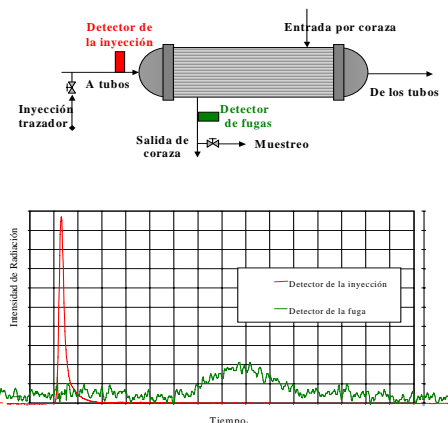


Figura 1. Esquema de respuesta del trazador a su paso a través de un generador de vapor.

De existir fugas de fluido térmico, estas se pueden identificar y cuantificar a través del análisis de las curvas de respuesta del radiotrazador utilizado. De sospecharse de fuga inversa (menos común), es decir de fluido a calentar hacia los tubos del intercambiador, será necesario colocar un tercer detector a la salida de la línea colectora de fluido térmico de los tubos.

2. Consideraciones teóricas

La distribución del tiempo de residencia o la frecuencia de la distribución de edades para una corriente de material que atraviesa un recipiente son dos nombres diferentes de la misma función $E(t)$. La función se normaliza de tal forma que:

$$\int_0^{\infty} E(t)dt = 1 \quad (1)$$

El tiempo de residencia se obtiene a partir de:

$$\bar{t} = \int_0^{\infty} t \cdot E(t) dt \quad (2)$$

siendo \bar{t} el tiempo medio de residencia

Asimismo, cuando la señal de entrada es un impulso instantáneo llamado Dirac, el tiempo medio se puede obtener a partir de la curva de concentración del trazador a la salida del proceso, obteniéndose en este caso:

$$\bar{t} = \frac{\int_0^{\infty} tC(t)dt}{\int_0^{\infty} C(t)dt} \quad (3)$$

Se sabe también que el tiempo de residencia promedio geométrico se puede determinar como el cociente de la masa m contenida en el sistema y el flujo volumétrico Q . Considerando que la densidad del material permanece prácticamente constante, es una alternativa posible tomar el cociente del volumen lleno V y el flujo volumétrico Q que atraviesa el medio, como se expresa en la ecuación 4.

$$\bar{t}_g = \frac{V}{Q} \quad (4)$$

siendo V/Q el llamado tiempo medio de permanencia o tiempo medio de residencia en el caso de sistemas ideales.

La Ecuación 4 rendirá los mismos resultados que la Ecuación 2 si la masa total m o el volumen total V del sistema, participan completamente en el proceso de mezcla. Si solamente una parte del sistema participa activamente (volumen efectivo), se obtiene un valor exacto para \bar{t} a partir de la Ecuación 2 mientras la Ecuación 4 lo sobreestima. Por lo tanto, con la ayuda de mediciones de los tiempos de residencia, será posible también determinar el volumen efectivo del sistema.

En el caso de un sistema operando normalmente con todo su volumen utilizado, no habría volúmenes muertos. Sin embargo, algunas regiones del sistema pueden presentar tiempos de tránsito de 5 a 10 veces el tiempo de retención del resto del material, pudiéndose considerar como inactivas o

muertas para los fines prácticos. El volumen muerto presente en el sistema se estima con la ecuación:

$$\%V_{muerto} = \left(1 - \frac{\bar{t}_{exp}}{\bar{t}_{teor}}\right) \cdot 100 = \left(1 - \frac{V_{efect}}{V}\right) \cdot 100 \quad (5)$$

;donde V_{efect} y V son los volúmenes efectivo y geométrico del sistema, \bar{t}_{exp} es el tiempo medio de residencia obtenido experimentalmente a partir de la curva de distribución del tiempo de residencia (DTR), con utilización de las ecuaciones 2 o 3 y \bar{t}_{teor} es el tiempo medio de residencia geométrico obtenido con la ecuación 4.

3. Metodología de trabajo

• 1ra. experiencia

Inyección de 10 ml de ácido oleico marcado con Yodo-131 como radiotrazador de la fase hidrocarburo, con una actividad total de 35 mCi. Se montó el sistema experimental graficado a continuación:

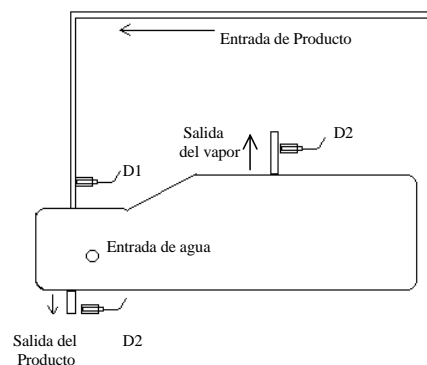


Figura 2. Esquema para la inyección de trazador, 1ra. Experiencia.

• 2da. Experiencia

Inyección de 10 ml de Indio-113m como radiotrazador de la fase acuosa, con una actividad total de 12 mCi.

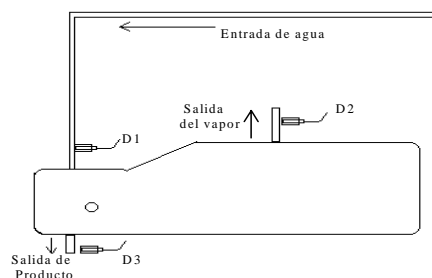


Figura 3. Esquema para la inyección de trazador, 2da. Experiencia.

4. Resultados Obtenidos

Los datos obtenidos de ambas experiencias se muestran en las Tablas 1 y 2. El procesamiento de la información obtenida se muestra en las Figuras 1 y 2.

1. Evaluación del Producto (fluido térmico)

Inyección de trazador en la línea de producto

Puntos de Detección	Centroide (s)	Tiempo de tránsito (s)	Observaciones
Ingreso de residual	16,70	-	Inyección instantánea
Salida de vapor	-	-	No hay fuga
Salida de residual	63,15	46,44	Presencia de trazador

2. Evaluación del Vapor

Inyección de trazador en la línea de agua de alimentación al generador de vapor

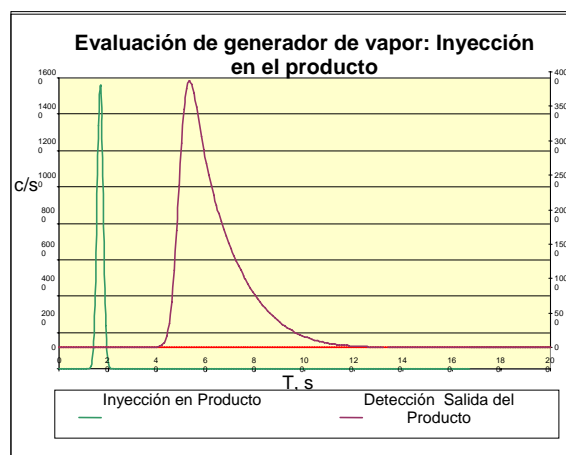
Puntos de Detección	Centroide (s)	Tiempo de tránsito (s)	Observaciones
Ingreso de agua	14,25	-	Inyección instantánea
Salida de vapor	2303	2288,75	No hay fuga
	1991,30 *		
Salida de residual	*aparición de 3 picos principales: 1771,81; 2341,72; 2654	1977,05	Presencia de vapor en residual en por lo menos 3 puntos

A continuación se muestra el resultado consolidado de las evaluaciones realizadas:

De la 1ra. experiencia se deduce que no existe incremento de conteo durante toda la duración de la experiencia (1 hora), lo que indica que no hay transporte de la fase hidrocarburo a la fase acuosa o vapor (fugas inexistentes).

A la salida del producto hidrocarbonado se observa incremento de conteo en el intervalo de tiempo, de 135 a 145 segundos, con un tiempo de residencia medio de 46.44 segundos contado a partir del ingreso de material al sistema.

La recuperación de trazador por la posición del detector en la posición número 3 es prácticamente el 100%, lo cual confirma la inexistencia de fugas en esta experiencia.



De la 2da. Experiencia, se realiza la inyección de trazador en punto de purga existente muy cerca de la entrada de agua al Generador, (inyección instantánea), se observa pulso de Dirac al tiempo de $t = 14.25$ s.

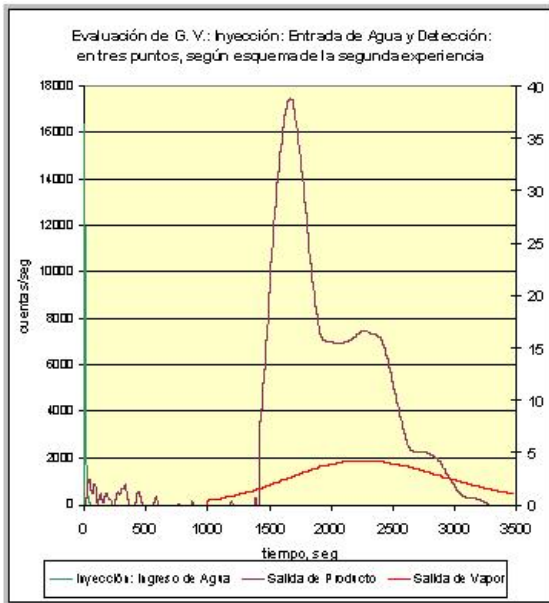
A la salida del vapor generado se observa un incremento de conteo durante toda la duración de la experiencia (1.15 horas). Dicho incremento integrado pone de manifiesto que no sale todo el trazador inyectado en la alimentación de agua, por la línea de salida del vapor, lo que hace suponer que una fracción de vapor se transporta a la fase hidrocarburo.

El tiempo de residencia medio de la fase acuosa (líquido o vapor) en el sistema es de 38.15 minutos, contados a partir del ingreso del material en el sistema.

Detección a la salida del producto hidrocarbonado.- Se observa incremento de conteo de radiación en el intervalo de tiempo de 1500 a 3200 segundos, con un tiempo de residencia medio de 32.95 minutos, contados a partir del ingreso de material al sistema.

Se observa además que la curva de distribución global que es el resultado de 4 curvas de distribución muy próximas unas a otras a intervalos aproximadamente regulares de unos 10 segundos. Observando la dinámica del vapor en el generador, se postula la hipótesis de la probable fuga a través del cabezal flotante del generador por debajo de la cual existen flujos de vapor intermitentes a intervalos también regulares.

La recuperación de trazador por la posición del detector en la posición número 3 es prácticamente el 10%, lo cual confirma la existencia de transporte de vapor hacia la línea de producto hidrocarbonado, en la citada proporción.



Referencias

- 1) Wuithier, Pierre. Petróleo, Refino y Tratamiento Químico. Vol. 1. Francia.
- 2) IAEA. Emerging New Applications on Radiotracers in Industry. Vienna.

5. Conclusiones

Existe transporte de vapor hacia la línea de hidrocarburo a través de una fuga existente en el cabezal flotante del generador. Se estima un 10% de este transporte anómalo.

Como recomendación principal, se sugiere realizar la inspección del generador y en especial el cabezal flotante por métodos no destructivos a fin de realizar las operaciones de remediación correspondientes.

Observación: Para los balances se han tomado en cuenta los datos suministrados por la empresa en relación a los flujos y condiciones de presión y temperatura tanto del lado casco como del lado tubos.