

EVALUACIÓN DE FUGAS Y PASES EN REHERVIDORES DE UNA PLANTA DE FRACCIONAMIENTO DE LÍQUIDOS DEL GAS NATURAL

Carlos SEBASTIÁN CALVO

Universidad Ricardo Palma

csebastian@urp.edu.pe

RESUMEN

En los últimos años, se han desarrollado diversas técnicas basadas en la aplicación de trazadores y fuentes de radiación para resolver problemas de operación de instalaciones de refinación de petróleo y gas.

En el caso presente, se reportan una serie de determinaciones con radiotrazadores en una planta de fraccionamiento de líquidos gas natural en Perú, para determinar fugas/pases que podrían existir en tres rehervidores de diferentes unidades de procesamiento.

Se utilizó la técnica de trazadores para la detección en línea, utilizando ácido oleico marcado con Yodo 131 como radiotrazador. Un sistema de adquisición de datos y una PC portátil al igual que los detectores en sus respectivas posiciones, estuvieron sincronizados y registrando valores de fondo de radiación ambiental (línea de base) antes de proceder a cada una de las inyecciones de radiotrazador. Se registraron contajes de radiación a intervalos de 1 y 2 segundos, dependiendo de cada caso.

Se llevaron a cabo seis determinaciones con 6 inyecciones del radiotrazador incorporado, ya sea en la línea de tubos o en la del casco, de acuerdo a la aplicación llevada a cabo.

Se alcanzaron límites de detección de fugas del orden del 0.1%, desde una corriente a la otra.

PALABRAS CLAVE:

Trazador, inyección, rehervidor, fugas, pases, casco, tubos, fluido térmico.

EVALUATION OF LEAKS AND PASSES IN REBOILERS OF A NATURAL GAS LIQUIDS FRACTIONATION PLANT

ABSTRACT

In recent years, it has been developed various techniques based on the application of tracers and radiation sources to solve problems operating facilities oil refining and gas.

In this case, a series of determinations are reported with a series of experiences radiotracers a fractionation plant natural gas liquid in Peru, for leaks / passes that could exist in three reboilers different processing units.

The tracer technique for online detection was used, by using two radiotracer depending on the phase to be investigated: oleic acid labeled with Iodine 131 as

a radiotracer for the hydrocarbon phase and an aqueous solution of iodine 131 for the aqueous phase, when necessary. A data acquisition system, a portable PC, and detectors in proper positions were used. Recording values were synchronized as well as ambient background, prior to each injection of radiotracer. Radiation counts were recorded at intervals of 1 second, depending on each case.

Six determinations were conducted by six injection of radiotracer incorporated, either in tubes or shell, as applicable.

We achieved detection limits leakage of 0.1 %, of one stream to another.

KEYWORDS:

Tracer, injection, reboiler, leaks, passes, shell, tubes, thermal fluid.

Recibido: 6/7/2018
Aprobado: 7/9/2018

1. INTRODUCCIÓN/BASES TEÓRICAS

1.1 Funciones de distribución encontradas con auxilio de la tecnología de trazadores

A continuación, se presentan algunas definiciones cuantitativas de las funciones de distribución de población, utilizadas en nuestro estudio.

- El tiempo de residencia de un elemento de la materia que se encuentra en estudio, es el tiempo que transcurre desde el instante en que el elemento entra en el sistema hasta que lo abandona.
- La edad de un elemento en un determinado instante es el tiempo transcurrido entre la entrada del elemento al sistema y el instante considerado. Este por supuesto, es menor o igual que el tiempo de residencia.
- La edad es igual al tiempo de residencia para las moléculas que en ese momento están abandonando el recipiente.
- La distribución del tiempo de residencia o la frecuencia de la distribución de edades para la corriente que sale de un recipiente son dos nombres diferentes de la misma función E(t). La función se normaliza de tal forma que:

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

El tiempo de residencia se obtiene a partir de:

$$\bar{t} = \int_0^{\infty} t.E(t)dt = \frac{V}{Q} \tag{2}$$

Donde:

V = Volumen del recipiente

Q = Descarga

\bar{t} = Tiempo medio de residencia

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

Cuando la señal de entrada de un trazador es un impulso *Dirac*, como es el caso del esquema de la Fig. 1, y cuando se trabaja en equipos cerrados, como es el caso de los rehervidores evaluados el presente caso, el tiempo medio se puede obtener a partir de la curva de concentración del trazador a la salida del proceso (Curva C).

En la curva adimensional de respuesta C (donde la concentración de referencia c_0 para el trazador, es la que tendría éste si estuviese uniformemente distribuido en todo el recipiente) el área bajo la curva es siempre igual a la unidad; es decir:

$$\int_0^{\infty} C(\theta) d\theta = \int_0^{\infty} \frac{C(\theta)}{C_0} d\theta = 1 \quad (3)$$

Donde:

$C = c / c_0$, y

$q = t / \bar{t}$ (tiempo adimensional)

Tal que:

$$c_0 = \int_0^{\infty} c(\theta) d\theta = \frac{1}{\bar{t}} \int_0^{\infty} c(t) dt \quad (4)$$

ó

$$\bar{t} \cdot c_0 = \int_0^{\infty} c \cdot dt \quad (5)$$

y teniendo en cuenta la ecuación (1):

$$\int_0^{\infty} E(t) dt = \int_0^{\infty} \frac{c(t)}{c_0 \bar{t}} dt \quad (6)$$

de donde:
$$E(t) = \frac{1}{c_0 \bar{t}} c(t) \quad (7)$$

Sustituyendo (7) en (2):

$$\bar{t} = \int_0^{\infty} \frac{1}{c_0 \bar{t}} c(t) dt$$

y teniendo en cuenta la ecuación (5):

$$\bar{t} = \frac{\int_0^{\infty} t \cdot c(t) dt}{\int_0^{\infty} c(t) dt} \quad (8)$$

; ecuación que servirá para determinar el tiempo de residencia en el caso presente.

1.2 Radiotrazadores en la detección de fugas

Una fuga es la abertura accidental de una o más partes de un sistema, lo que permite descargas indeseables o entradas de fluidos. Se sospecha de una fuga si hay un comportamiento anormal del sistema, tal como caída de presión, contaminación de producto o pérdida de eficiencia del proceso. Una fuga puede detectarse por varios métodos, con o sin radiotrazador, algunos se aplican en línea y otros fuera de la línea; a veces el mismo método se puede usar en ambas situaciones, pero con diferentes sensibilidades. Los métodos de radiotrazadores son mayormente utilizados para detecciones en línea.

Las técnicas de radiotrazadores para detecciones de fugas se agrupan en dos categorías:

- Para unidades de procesamiento en planta, recipientes y tuberías, incluyendo aparatos de intercambio de calor, válvulas, calderetas y redes de distribución de agua caliente industrial.

- Para tuberías enterradas, incluyendo tuberías de transporte de petróleo y gas, redes de distribución de agua, etc.

Con el uso de radiotrazadores, se puede lograr límites de detección de fugas del 0.1%, de una corriente a otra, mediante la detección externa; mientras que por muestreo se puede identificar fugas tan pequeñas como del 0.01% del flujo volumétrico o caudal principal.

En su forma más sencilla un radiotrazador emisor gamma es inyectado instantáneamente al sistema. El tiempo de tránsito (si hay fuga), se mide colocando detectores de radiación en posiciones definidas y medibles en distancia de uno a otro. El caudal o magnitud de la fuga se calcula conociendo el volumen físico de una sección de tubería entre dos detectores. Este es el caso típico de detección de fugas a través de una línea de bypass.

En las detecciones de fugas a través de mediciones de la distribución del tiempo de residencia (DTR), las fugas se pueden encontrar a través del periodo de tiempo que toma el trazador en aparecer por las posiciones de los detectores. Las concentraciones de trazador en las líneas por donde aparece, son proporcionales al conteo de radiación. La curva RTD provee indicaciones de fuga, si es que estas existen. La fuga o fugas, se detectan por picos subsidiarios que preceden al pico principal de la DTR y el caudal de fuga se calcula por la relación de áreas bajo los picos (integración).

En el caso de las evaluaciones que se realizan para evaluar fugas y/o pases en sistemas de intercambio de calor, las determinaciones se orientan, principalmente, a la determinación y análisis de las curvas de respuesta de un radiotrazador incorporado ya sea en tubos o casco, según sea el caso. 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. En el IPEN se han realizado este tipo de evaluaciones, principalmente en refinerías de petróleo.

La Fig. 1 ilustra el principio de la determinación de fugas en intercambiadores de calor. El mismo principio se utiliza para la determinación de eventuales pases de casco a tubos, con tan solo modificar el arreglo experimental tanto de puntos de inyección de radiotrazador como de puntos de detección del mismo durante su recorrido por el sistema. Así mismo el principio es aplicable para otras clases de sistemas de intercambio de calor (rehervidores, calderetas, etc)

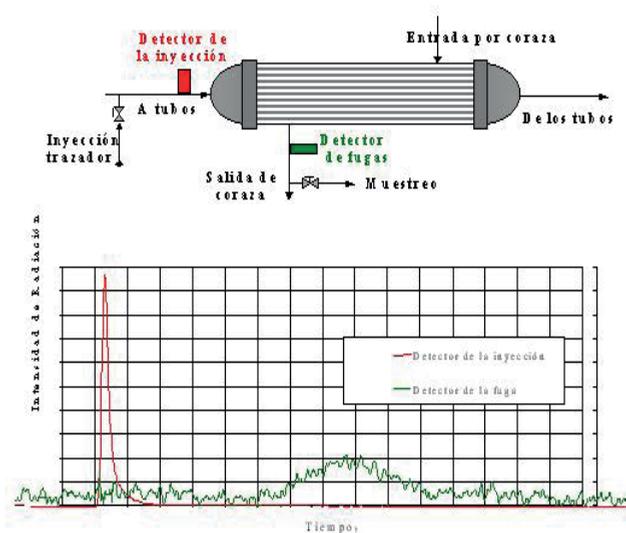


Fig.1 Principio de la determinación de fugas en aparatos de intercambio de calor, utilizando radiotrazadores

2. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

Identificar los equipos que presentan fugas o pases, ya sea de fluido térmico o de producto, en el rehervidor de la columna depropanizadora, en el rehervidor de la columna debutanizadora y en el rehervidor de la columna despojadora de la fraccionadora nafta-diesel, ubicados en la planta de fraccionamiento de líquidos del gas natural, utilizando técnicas de radiotrazadores.

3. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

A continuación, se detallan particularidades de la técnica utilizada y los arreglos experimentales para las 6 inyecciones de radiotrazador efectuadas para la determinación de fugas y/o pases en los tres rehervidores evaluados.

3.1. Evaluación de fugas de la corriente de fluido térmico circulando por los tubos del rehervidor de la columna debutanizadora, hacia la corriente de fondos de dicha columna circulando por el casco del rehervidor

Inyección del radiotrazador: En la corriente de fluido térmico *therminoil* que ingresa al sistema para recorrer los tubos del rehervidor.

Detección en puntos clave del sistema, de acuerdo al detalle siguiente:

Detector 1: Al ingreso del fluido térmico al rehervidor

Detector 2: A la salida del fluido térmico del rehervidor

Detector 3: En el reflujo de vapor de fondos, del rehervidor a su debutanizadora

Detector 4: A la salida de los fondos del rehervidor

La Fig. 2 muestra el arreglo experimental

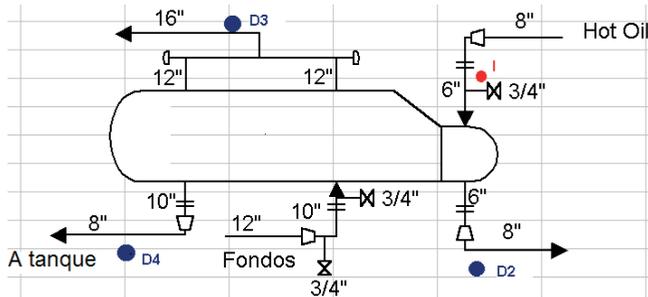


Fig.2 Arreglo experimental para la determinación de posibles fugas de fluido térmico en el rehervidor de la debutanizadora

3.2. Evaluación de pases de la corriente de fondos de la columna debutanizadora circulando por el casco del rehervidor de dicha columna, hacia la corriente de fluido térmico que circula por los tubos del rehervidor

Inyección del radiotrazador: En la corriente de fondos de la debutanizadora que ingresan al sistema.

Detección en puntos clave del sistema, de acuerdo al detalle siguiente:

Detector-1: Al ingreso de los fondos de la debutanizadora al rehervidor

Detector-2: A la salida del fluido térmico del rehervidor

Detector-3: En el reflujo de vapor de fondos, del rehervidor a su debutanizadora

Detector-4: A la salida de los fondos del rehervidor

La Fig. 3 muestra el arreglo experimental

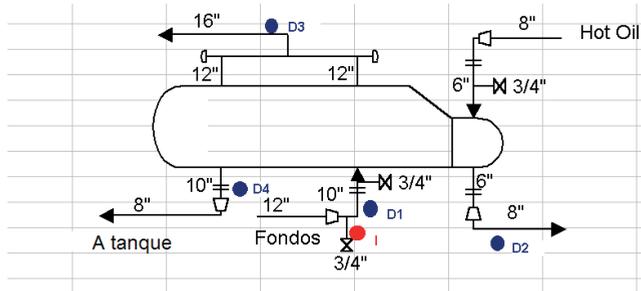


Fig.3 Arreglo experimental para la determinación de posibles pases de los fondos de la debutanizadora a los tubos de aceite térmico, en el rehervidor de la debutanizadora

3.3 Evaluación de pases de la corriente de fondos de la columna depropanizadora circulando por el casco del rehervidor de dicha columna, hacia la corriente de fluido térmico que circula por los tubos del rehervidor

Inyección del radiotrazador: En la corriente de fondos de la depropanizadora, que ingresa al sistema.

Detección en puntos clave del sistema, de acuerdo al detalle siguiente:

Detector 1: Al ingreso de los fondos de la depropanizadora al rehervidor

Detector 2: A la salida del fluido térmico del rehervidor

Detector 3: En el reflujó de vapor de fondos, del rehervidor a su debutanizadora

Detector 4: A la salida de los fondos del rehervidor

La Fig. 4 muestra el arreglo experimental

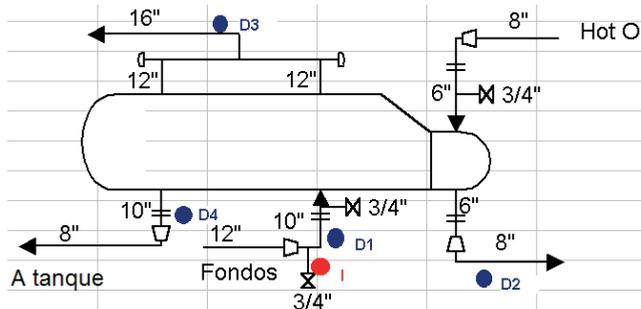


Fig.4 Arreglo experimental para la determinación de posibles pases de los fondos de la depropanizadora a los tubos de aceite térmico, en el rehervidor de la depropanizadora

3.4 Evaluación de fugas de la corriente de fluido térmico que circula por los tubos del rehervidor de la columna depropanizadora, hacia la corriente de fondos de dicha columna circulando por el casco del rehervidor

Inyección del radiotrazador: En la corriente de fluido térmico *therminoil* que ingresa al sistema.

Detección en puntos clave del sistema, de acuerdo al detalle siguiente:

Detector 1: Al ingreso de fluido térmico al rehervidor

Detector 2: A la salida del fluido térmico del rehervidor

Detector 3: En el reflujo de vapor de fondos, del rehervidor a su depropanizadora

Detector 4: A la salida de los fondos del rehervidor

La Fig. 5 muestra el arreglo experimental

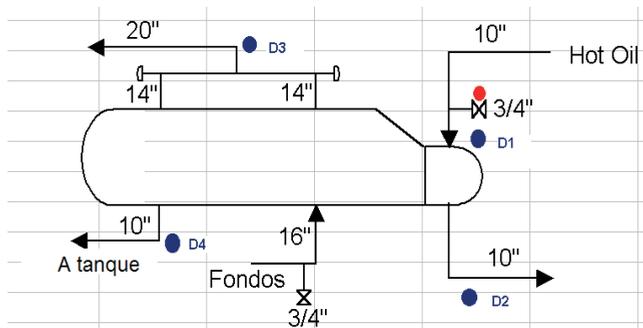


Fig.5 Arreglo experimental para la determinación de posibles fugas de fluido térmico en el rehervidor de la depropanizadora

3.5. Evaluación de pases de fluido térmico circulando por el casco del rehervidor de la torre despojadora de la columna de fraccionamiento Nafta-Diesel, hacia la corriente de diesel que circula por los tubos del rehervidor

Inyección del radiotrazador: En la corriente de fluido térmico *therminoil*

Detector 1: Al ingreso de fluido térmico al rehervidor

Detector 2: A la salida del fluido térmico del rehervidor

Detector 3: A la salida de la corriente de diesel que retorna del rehervidor a la despojadora de la columna de fraccionamiento nafta-diesel

La Fig. 6 muestra el arreglo experimental

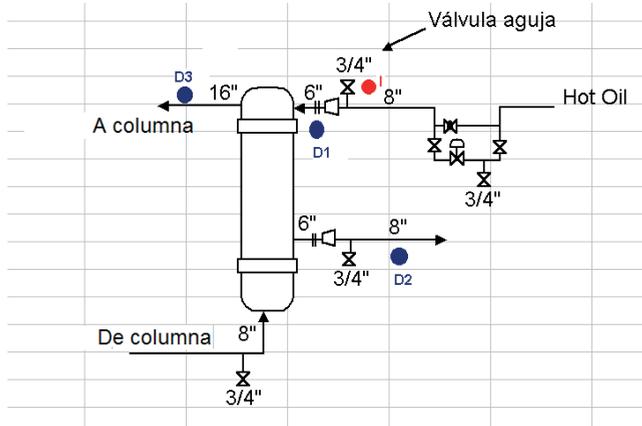


Fig.6 Arreglo experimental para la determinación de posibles pases de fluido térmico en el rehervidor de la despojadora de la columna de fraccionamiento nafta-diesel, hacia los tubos de circulación de diesel

3.6 Evaluación de fugas de diesel circulando por los tubos del rehervidor EBC-4085 de la torre despojadora de la columna de fraccionamiento Nafta-Diesel, hacia la corriente de fluido térmico circulando por el casco del rehervidor

Inyección del radiotrazador: En la corriente de diesel que ingresa al rehervidor

Detector-1: Al ingreso de diesel al rehervidor

Detector-2: A la salida del fluido térmico del rehervidor

Detector-3: A la salida de la corriente de diesel que retorna del rehervidor a la despojadora de la columna de fraccionamiento nafta-diesel

La Fig. 7 muestra el arreglo experimental

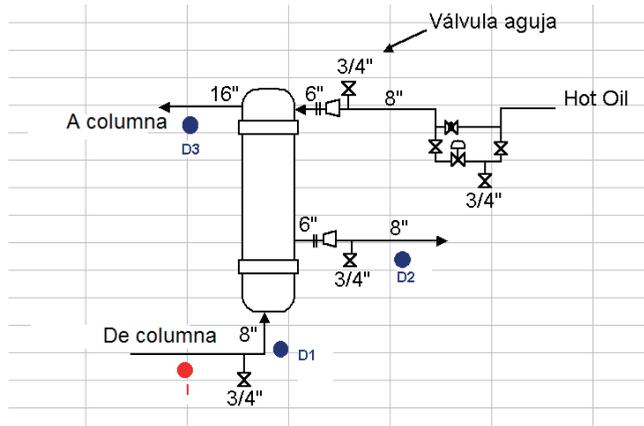


Fig.7 Arreglo experimental para la determinación de posibles fugas de diesel en los tubos del rehervidor de la despojadora de la columna de fraccionamiento nafta-diesel, hacia la corriente de fluido térmico que circula por el casco

Notas.-

a. Procedimiento de instalación y prueba del sistema de inyección

Previo a la evaluación de los rehervidores, el sistema de inyección fue instalado y probado con el personal de mantenimiento, para garantizar su funcionamiento durante la inyección del radioisótopo.

El sistema de inyección se muestra en el diagrama de la Fig. 8

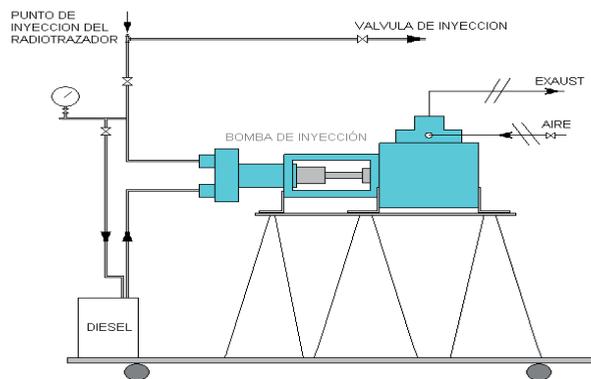


Fig.8 Sistema utilizado para la inyección del radiotrazador

El sistema de inyección consistió de una bomba neumática de inyección con sistema de recirculación y un cilindro conteniendo diesel, todo el equipo montado sobre una plataforma rodante para facilitar su traslado a los diferentes puntos de inyección. La tubería y válvulas asociadas, excepto de la succión, eran de acero al carbono ANSI 300.

La prueba del sistema de inyección para cada caso fue realizada de la siguiente manera:

- Instalación del sistema de inyección sobre una plataforma rodante para su traslado fácil y seguro.
- Acondicionamiento de un cable a tierra en el sistema de inyección para ser conectado durante la prueba y funcionamiento del sistema.
- Apertura de la válvula de recirculación, cierre la válvula de descarga y alineación del manómetro respectivo
- Inicio de funcionamiento la bomba en recirculación abriendo lentamente la válvula de suministro de aire.
- Regulación del flujo de recirculación regulando la presión de aire mediante la válvula de suministro.

b. Procedimiento de inyección del radiotrazador

- Instalación de la descarga de la bomba en el punto de inyección del reboiler indicado y retiro del tapón de la T ubicada en la descarga de la bomba.
- Inyección de 2 a 4 ml de radiotrazador por la parte superior de la T mencionada y colocación del tapón respectivo.
- Verificación del ajuste del tapón de la T.
- Apertura de la válvula de recirculación, cierre de la válvula de descarga y alineación del manómetro respectivo.
- Inicio del funcionamiento la bomba en recirculación abriendo lentamente la válvula de suministro de aire. Regulación del flujo de recirculación regulando la presión de aire mediante la válvula de suministro.
- Apertura de la válvula de inyección.
- Simultáneamente se abre la válvula de descarga de la bomba y se cierra la de recirculación.

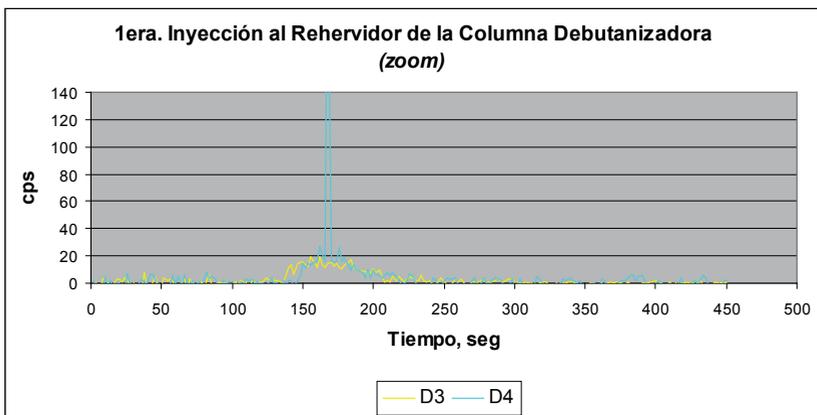
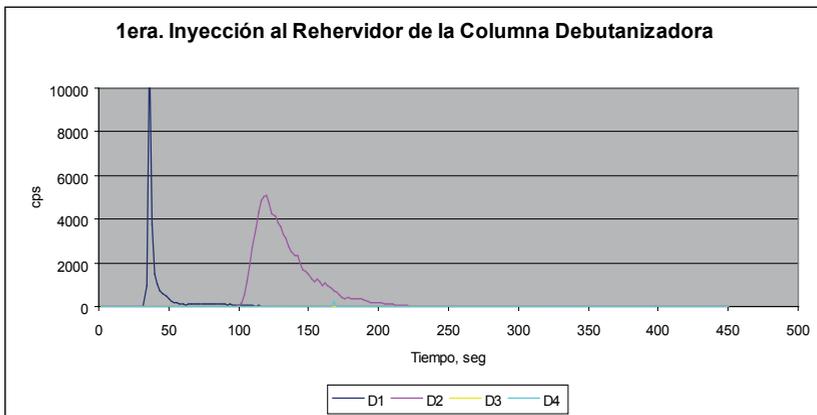
- Regulación de la presión de descarga de la bomba 50 psig. por encima de la presión de la corriente de proceso, para asegurar la inyección del radiotrazador.
- Parada de la bomba cuando al detectar la inyección completa del radiotrazador en la corriente de ingreso al rehervidor.

4. RESULTADOS OBTENIDOS

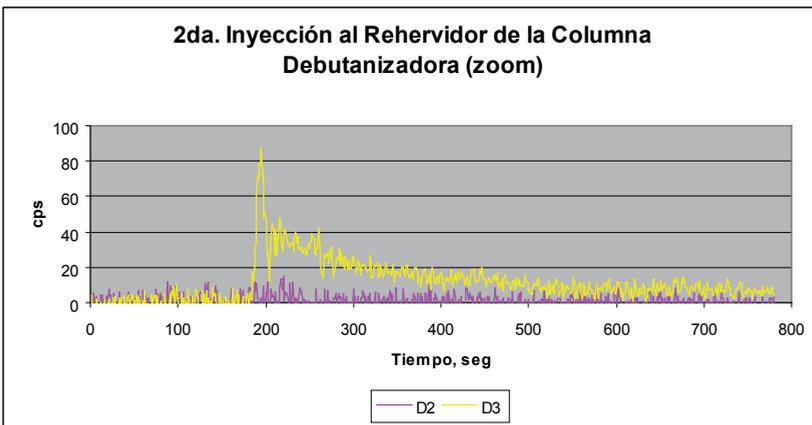
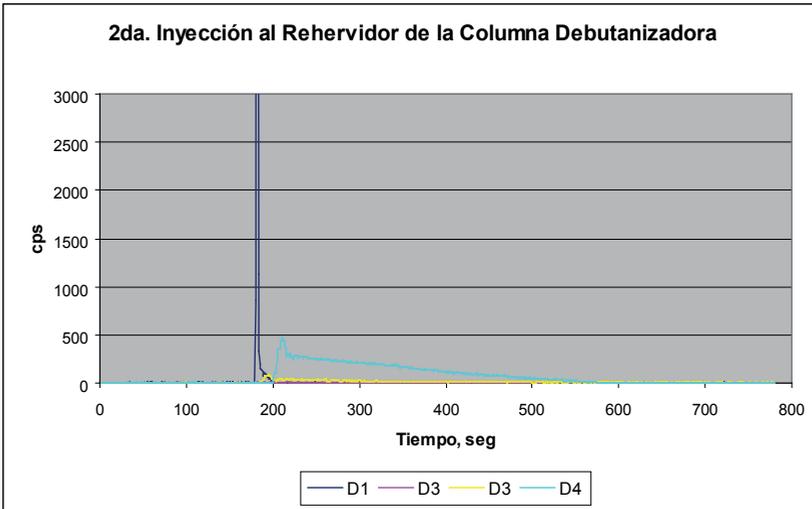
A continuación, se presentan las diferentes curvas de respuesta de radiotrazadores, obtenidas en los diferentes puntos de inyección y detección para cada uno de los rehervidores evaluados.

4.1 Rehervidor de la columna debutanizadora

4.1.1. Primera Inyección

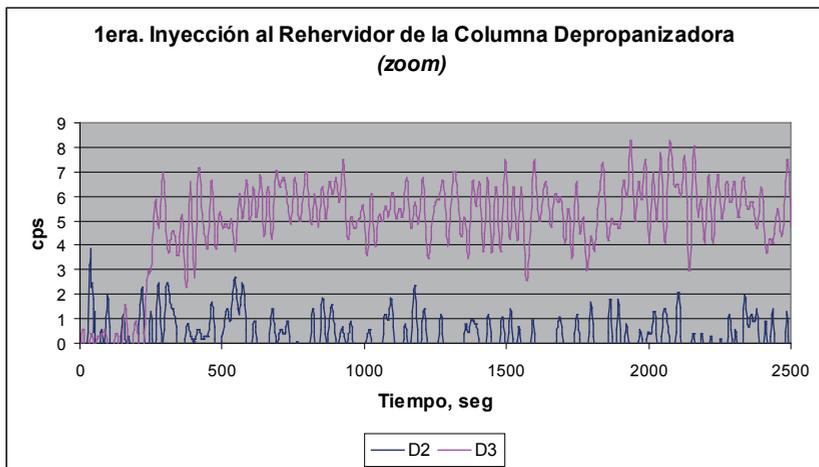
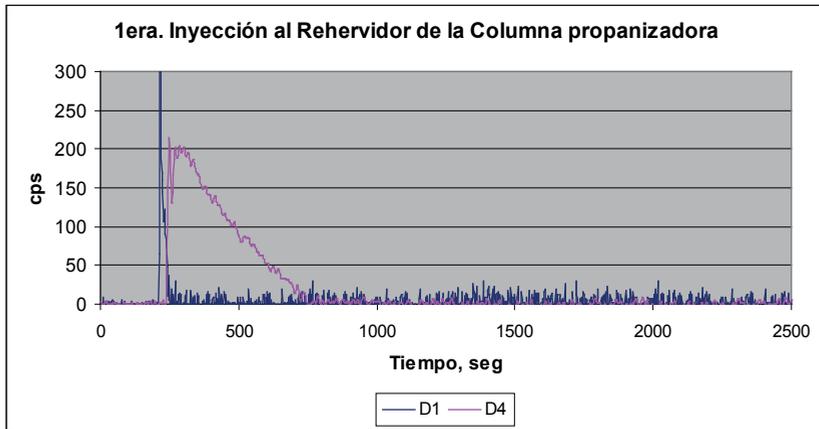


4.1.2 Segunda Inyección

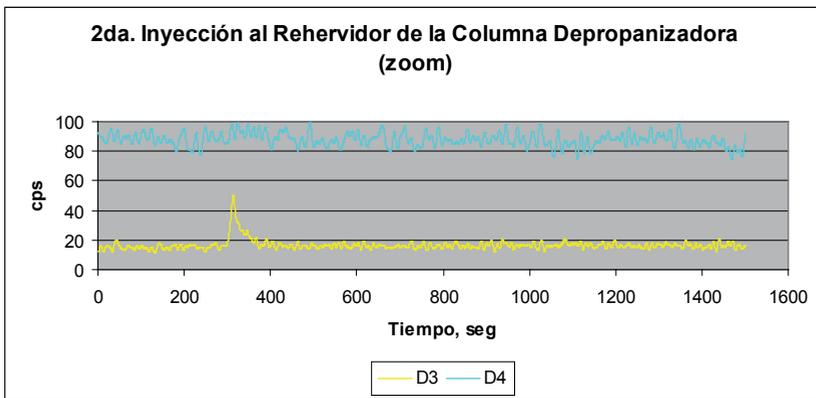
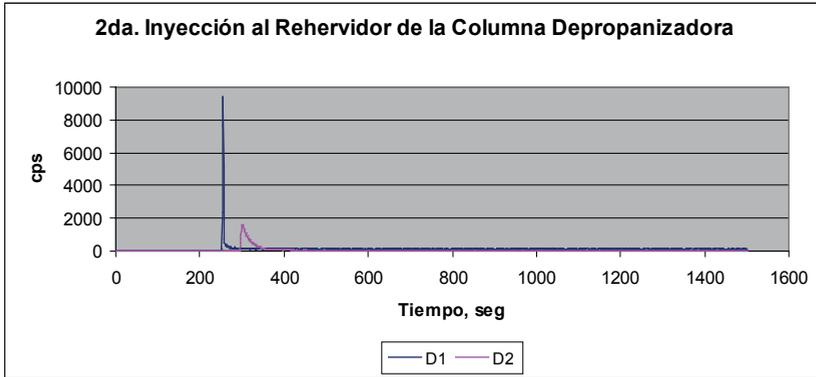


4.2 Rehervidor de la columna depropanizadora

4.2.1 Primera Inyección (Evaluación de posibles pases de casco a tubos)

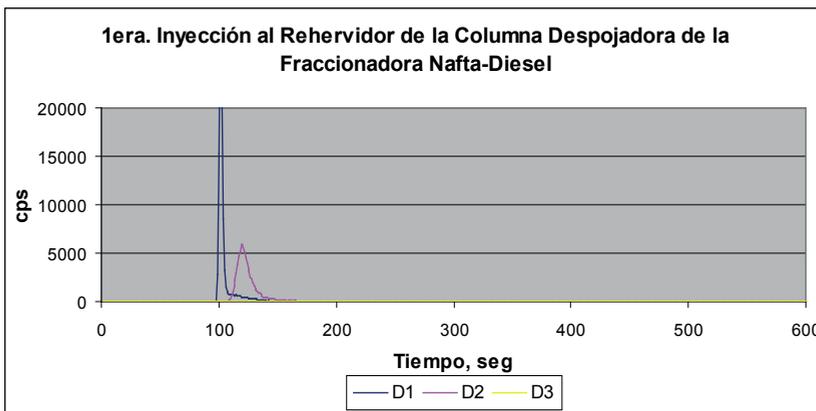


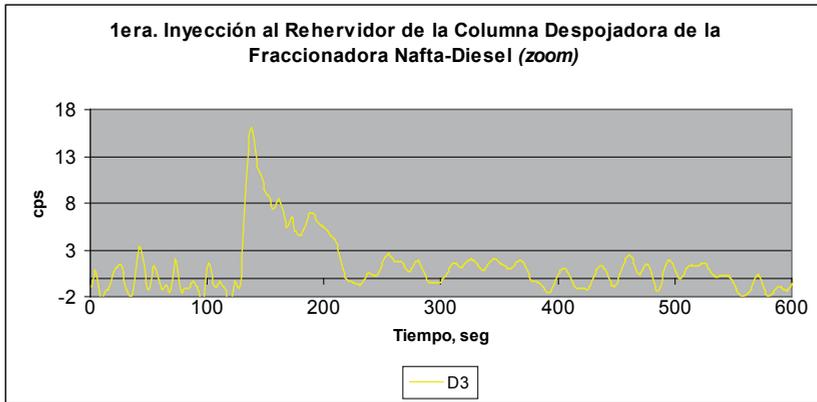
4.2.2 Segunda Inyección (Evaluación de posibles fugas de tubos a casco)



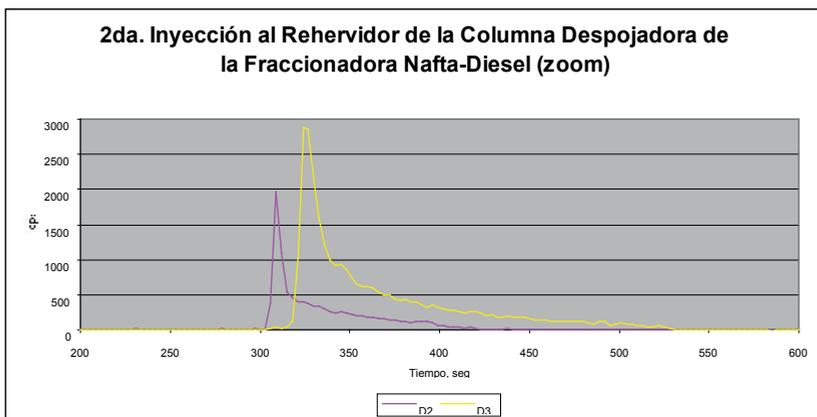
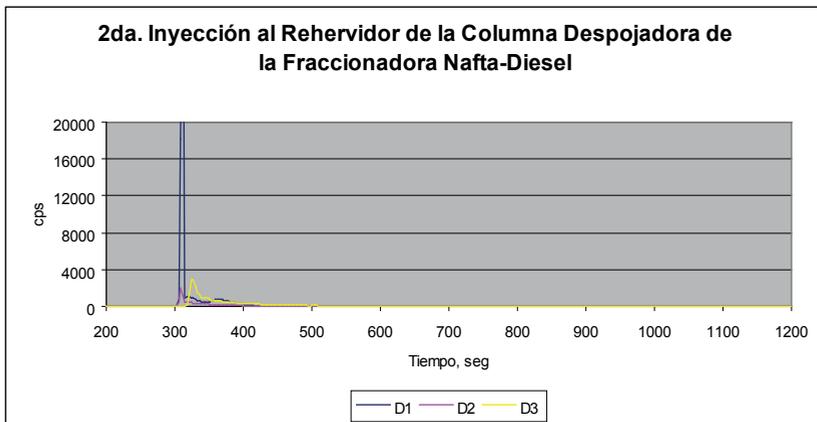
4.3 Rehervidor de columna despojadora de la fraccionadora nafta-diesel

4.3.1 Primera Inyección (Evaluación de posible pase de fluido térmico de casco a tubos)





4.3.2 Segunda Inyección



5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

5.1 REHERVIDOR DE LA COLUMNA DEBUTANIZADORA

Primera Inyección (Evaluación de posibles fugas de tubos a casco)

- El instante de ingreso del trazador a los tubos del rehervidor ocurre a los 42 seg. de iniciado el conteo (arranque de las mediciones o momento cero, antes de la inyección del trazador) y es coincidente con el momento de la inyección por la cercanía existente entre el punto de inyección (válvula de purga, antes de la entrada de fluido térmico al rehervidor) y la posición del primer detector D1.
- La entrada del trazador a tubos corresponde a un pulso Dirac (instantáneo) sin dispersión. Se observa al final de la curva de respuesta un ligero incremento de conteo de radiación de fondo ambiental, hasta el final de las mediciones (500 seg.). Se puede decir que luego del registro del pulso de entrada ya no se manifiesta registro neto alguno en el primer detector D1, hasta el final de la experiencia.
- La salida del trazador inyectado a tubos del rehervidor, ocurre a los 130 seg. (centroide de la curva de distribución registrada por el detector D2, según la ecuación 8), por lo que el tiempo de residencia medio del fluido térmico en los tubos del rehervidor, es de $130-42=88$ seg.)
- Se registra salida de trazador por la posición del detector D4 a la salida de los fondos, por lo que hay evidencias de arrastre de fluido térmico por la corriente de fondos de la debutanizadora, en el rehervidor.
- El registro en el conteo del detector D3 (14 cps netas, con un pico de 20 cps a 165 seg., intervalo de 140 a 260 seg. y centroide a los 175 seg. de iniciadas las mediciones), ubicado en la línea de refluo de fondos que salen del rehervidor, está relacionado a una salida de una fracción minoritaria de trazador en dicho refluo. En realidad, el detector D3 "vio" además una cierta actividad del trazador que atraviesa por los tubos del rehervidor en su vecindad más próxima.

Conclusión: Existen fugas de tubos a casco en una magnitud de 0.4% del flujo total de fluido térmico que circula por el casco.

Segunda Inyección (Evaluación de posibles pases de casco a tubos)

- El instante de ingreso del trazador al casco del rehervidor es coincidente con el momento de la inyección por la proximidad del punto de inyección y la posición del primer detector D1.

- La información del detector D1 posicionado justo a la entrada a casco indica que el trazador pasa completamente por dicha posición a los 180 seg. de iniciado el contaje (arranque de las mediciones o momento cero).
- La entrada del trazador al casco corresponde a un pulso Dirac (instantáneo) sin dispersión. Este pulso de entrada ocurre a los 180 seg. De iniciadas las mediciones
- Luego del registro del pulso de entrada ya no se manifiesta registro alguno en el primer detector D1, hasta el final de las mediciones (800 seg.), como era de esperarse.
- La salida del trazador inyectado a la depropanizadora ocurre a los 275 seg. (centroide de la curva de distribución registrada por el detector D4, según la ecuación 8, con un intervalo de 200a 500 seg. Por la dispersión del trazador en el casco), por lo que el tiempo de residencia medio de los fondos de la depropanizadora en el rehervidor, es de $275-180=95$ seg.
- Prácticamente el 85% de todo el trazador inyectado sale con los fondos que recorren el casco del rehervidor. El restante lo hace con el reflujó (registro del detector D3).
- No se registra ninguna salida de trazador por la posición del detector D2, a la salida del fluido térmico del rehervidor.

Conclusión: No existe pase de casco a tubos.

5.2 REHERVIDOR DE LA COLUMNA DEPROPANIZADORA

Primera Inyección (Evaluación de posibles pases de casco a tubos)

- El instante de ingreso del trazador al casco del rehervidor es coincidente con el momento de la inyección por la proximidad del punto de inyección y la posición del primer detector D1.
- La información del detector D1 posicionado justo a la entrada a casco indica que el trazador pasa completamente por dicha posición a los 240 seg. de iniciado el contaje (arranque de las mediciones o momento cero, antes de la inyección del trazador para registrar las línea de base del fondo de radiación ambiental).
- La entrada del trazador al casco corresponde a un pulso Dirac (instantáneo) sin dispersión.
- Luego del registro del pulso de entrada ya no se manifiesta registro alguno en el primer detector D1, hasta el final de las mediciones (2500 seg.), como era de esperarse por la buena colimación del cristal del detector D1.

- La salida del trazador inyectado a la depropanizadora ocurre a los 410 seg. (centroide de la curva de distribución registrada por el detector D4, según la ecuación 8), por lo que el tiempo de residencia medio de los fondos de la depropanizadora en el rehervidor, es de $410-240=170$ seg.)
- Prácticamente todo el trazador inyectado sale con los fondos que recorren el casco del rehervidor. Una cantidad insignificante lo hace con el reflujo (registro del detector D3).
- El ligero incremento registrado en el conteo del detector D3, no está relacionado a una salida importante de trazador en el reflujo del rehervidor. En realidad, el detector D3 ha "visto" una cierta actividad del trazador que atraviesa por el casco del rehervidor en la vecindad más próxima.
- No se registra ninguna salida de trazador por la posición del detector D2, a la salida del fluido térmico del rehervidor.

Conclusión: No existe pase de casco a tubos.

Segunda Inyección (Evaluación de posibles fugas de tubos a casco)

- El instante de ingreso del trazador a los tubos del rehervidor ocurre a los 260 seg. de iniciado el conteo (arranque de las mediciones o momento cero, antes de la inyección del trazador) y no es coincidente con el momento de la inyección por la distancia existente entre el punto de inyección (válvula de purga, antes de la entrada de fluido térmico al rehervidor) y la posición del primer detector D1.
- La entrada del trazador a tubos corresponde a un pulso Dirac (instantáneo) sin dispersión. Se observa al final de la curva de respuesta un ligero incremento de conteo de radiación de fondo ambiental, hasta el final de las mediciones (1600 seg.). Se puede decir que luego del registro del pulso de entrada ya no se manifiesta registro neto alguno en el primer detector D1, hasta el final de la experiencia.
- La salida del trazador inyectado a tubos del rehervidor, ocurre a los 340 seg. (centroide de la curva de distribución registrada por el detector D2, según la ecuación 8), por lo que el tiempo de residencia medio del fluido térmico en los tubos del rehervidor, es de $340-260=80$ seg.)
- No se registra ninguna salida de trazador por la posición del detector D4, a la salida de los fondos, por lo que no hay evidencias de arrastre de fluido térmico por la corriente de fondos de la depropanizadora que atraviesan el rehervidor. Solo se incrementa ligeramente el fondo natural de radiación luego de la curva de respuesta, lo cual es normal

- El pequeño registro en el conteo del detector D3 (20 cps netas, con un pico de 50 cps a 320 seg. y centroide a los 340 seg. de iniciadas las mediciones), ubicado en la línea de reflujo de fondos que salen del rehervidor, no está relacionado a una salida de trazador en dicho reflujo. En realidad, el detector D3 ha "visto" una cierta actividad del trazador que atraviesa por los tubos del rehervidor en su vecindad más próxima. Esto se confirma con ayuda de la primera experiencia en la cual no se evidenciaron arrastres del trazador por el reflujo, incluso en condiciones en que el trazador circulaba por el casco.

Conclusión: No existen fugas de tubos a casco.

5.3 REHERVIDOR DE COLUMNA DESPOJADORA DE LA FRACCIONADORA NAFTA-DIESEL

Primera Inyección (Evaluación de posibles pases de casco a tubos)

- La entrada del trazador al casco, registrada por el detector D1, corresponde a un pulso poco disperso, debido al recorrido del trazador desde el punto de inyección e la válvula de purga de la línea de entrada de fluido térmico hasta la entrada a tubos.
- La información del detector D1 posicionado justo a la entrada a casco indica que el trazador pasa completamente por dicha posición a los 110 seg. de iniciado el conteo (arranque de las mediciones antes de la inyección del trazador para registrar el fondo de radiación ambiental).
- Luego del registro de la función de entrada del trazador al rehervidor, ya no se manifiesta registro alguno en el primer detector D1, hasta el final de las mediciones (600 seg.). Solo quedan vestigios que incrementan ligeramente el fondo ambiental.
- La salida del trazador inyectado ocurre a los 130 seg. (centroide de la curva de distribución registrada por el detector D4, según la ecuación 8), por lo que el tiempo de residencia medio del aceite térmico en el rehervidor, es de $130-110=20$ seg.)
- Prácticamente todo el trazador inyectado sale con los fondos que recorren el casco del rehervidor. Una pequeña fracción de trazador podría estar saliendo aparentemente en el retorno de diesel a la despojadora de acuerdo al registro del detector D3. Para despejar las dudas analicemos los registros teniendo en cuenta las diferentes escalas para cada curva de respuesta y la geometría del montaje experimental.

Como se aprecia, el registro del detector D3, aparentemente importante, es poco notorio si se establecen escalas comunes de medición para todas

las curvas de respuesta. Por otro lado, durante el montaje experimental, se observa que la línea de entrada de fluido térmico al rehervidor, ubicada sobre la plataforma, está apenas por debajo de la línea de retorno de diesel a la despojadora, no habiendo mucho espacio de separación entre los detectores D1 y D3, en dichas líneas. Así, cuando el trazador pasa por la posición del detector D1 a la entrada de fluido térmico, el detector D3 empieza a “verlo”, situación que se hace más evidente cuando el todo el trazador ya se encuentra en el interior del rehervidor, en su parte superior. A medida que el trazador desciende en el rehervidor la señal se atenúa, por lo que ya se pierde esta señal.

Si analizamos por el lado de los tiempos de tránsito, el trazador arriba a la posición del detector D1 a los 110 seg. Y el detector D3 lo “ve” en un tiempo apenas un poco mayor por lo que se corrobora la influencia indicada. Una posibilidad muy remota es que exista el pase de una pequeña fracción de aceite térmico (casco) a diesel (tubos) justo en la parte superior del rehervidor, lo cual daría una señal parecida a la encontrada. El tiempo de tránsito del diesel en el rehervidor es mayor al tiempo de tránsito del aceite térmico como se verificara en la segunda experiencia.

Conclusión: No existe pase de casco a tubos.

Segunda Inyección (Evaluación de posibles fugas de tubos a casco)

- El instante de ingreso del trazador a los tubos del rehervidor por donde circula diesel, ocurre a los 315 seg. de iniciado el contaje (arranque de las mediciones, antes de la inyección del trazador) y es casi coincidente con el momento de la inyección por proximidad existente entre el punto de inyección (válvula de purga, antes de la entrada de diesel al rehervidor) y la posición del primer detector D1.
- La entrada del trazador a tubos corresponde a un pulso Dirac (instantáneo) sin dispersión. Luego del registro del pulso de entrada ya no se manifiesta registro neto alguno en el primer detector D1, hasta el final de la experiencia.
- La salida del trazador inyectado a los tubos del rehervidor, ocurre a los 345 seg. (centroide de la curva de distribución registrada por el detector D2, según la ecuación 8), por lo que el tiempo de residencia medio del diesel en los tubos del rehervidor, es de $345-315=30$ seg.)
- Hay un registro en el contaje del detector D2 (salida del aceite térmico), a los 325 seg (centroide obtenido con la ecuación 8) de iniciadas las mediciones, por lo que podríamos estar en presencia de una fuga de diesel por los tubos, la misma que sería arrastrada por el fluido térmico.

- El tiempo de residencia del diesel en el rehervidor es de $345-315=30$ seg.

Conclusión: Presencia de fuga de diesel por los tubos del rehervidor, en el tercio inferior de la longitud del aparato, en una magnitud de 0.3% del flujo total principal de diesel.

6.1 REHERVIDOR DE LA COLUMNA DEBUTANIZADORA

Existe una pequeña fuga de fluido térmico (tubos) a la corriente de fondos de la debutanizadora (casco), en una magnitud de 0.4% del flujo total de la corriente de fluido térmico.

No existen pases de fondos de la debutanizadora (casco) a la corriente de fluido térmico (tubos).

6.2 REHERVIDOR DE LA COLUMNA DEPROPANIZADORA

No existen ni fugas ni pases en el rehervidor de la depropanizadora.

6.3 REHERVIDOR DE COLUMNA DESPOJADORA DE LA FRACCIONADORA NAFTA-DIESEL

Existe pequeña fuga de diesel (tubos) a la corriente de fluido térmico (casco), en una magnitud de 0.3% del flujo total principal de diesel.

No existen pases de fluido térmico (casco) a la corriente de diesel (tubos).

6.4 CONCLUSIONES

- Por lo expuesto, no estaríamos frente a un problema relevante de contaminación del fluido térmico en el caso de la operación de los tres rehervidores evaluados. Solo en el rehervidor de la columna despojadora de la fraccionadora nafta-diesel, hay indicios de una pequeña contaminación del fluido térmico a pesar que la presión en el casco es 5 veces mayor que en los tubos.
- Existiría una pequeña merma de fluido térmico en el sistema, de alguna forma compensada, en volumen, por la fuga de diesel a la corriente de fluido térmico en el rehervidor de columna despojadora de la fraccionadora nafta-diesel. Sin embargo, esta situación modifica las especificaciones y el rendimiento del fluido térmico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- IAEA (1997). *Emerging New Applications of Radiotracers in Industry*, Vienna-Austria.
- IAEA (1999). "Radiotracer Technology for Engineering Unit Operation Studies and Unit Processes Optimization". Technical Report, Krakow-Poland.
- Leclerc J.-P., Grevillot G. (1998). "Traceurs et méthodes de traçages", Récents Progrès en Génie des procédés, 61, Vol. 12.
- Leclerc J.-P. (2001). "Traceurs and tracing methods", Récents Progrès en Génie des procédés, 79, Vol. 15.
- Sebastián C., Maghella, G., Mamani, E. (1998). *Evaluación de las unidades de tratamiento de agua, utilizando técnicas de trazadores radiactivos*. Informe Técnico IPEN, Lima-Perú.
- Thereska, J. (1999). *Radiotracer Methodology and Technology*. IAEA, NAPC, Industrial Applications and Chemistry Section, Vienna-Austria.