

Planta piloto para la descontaminación radiactiva de aceites gastados

Flores Espinosa Rosa Ma.¹, Ortiz Oliveros Huemantzin Balan.², Cisneros L. Luis.³,
López Granados Reinaldo.⁴

¹Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares. Carr. México Toluca Km 36 ½, Salazar, Estado de México,

²Universidad Autónoma del Estado de México,

³FES-Zaragoza UNAM, D.F.,

⁴Instituto Tecnológico de Toluca, Estado de México.



MX0300189

Resumen

En este trabajo se presentan los parámetros de operación obtenidos en el laboratorio, así como las operaciones que conforman la planta piloto, los criterios de diseño y el diseño básico del equipo medular del proceso desarrollado. Finalmente, se dan los resultados comparativos obtenidos en los procesos de descontaminación del aceite a escala laboratorio y piloto.

Introducción

Los desechos líquidos contaminados tratados en este trabajo son una mezcla de aceites con base sintética (principalmente), sedimentos, agua y contaminantes radiactivos (⁶⁰Co y ⁵⁴Mn). La mezcla se trató previamente para eliminar los sedimentos que contienen la mayoría del material radiactivo y el agua. Por otro lado, el objetivo es posible cumplir con la actividad específica que marcan las regulaciones, normativas y recomendaciones internacionales del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) y la Comisión Internacional de Protección Radiológica (CIPR) (10 Bq/mL⁻¹ para ⁶⁰Co y ⁵⁴Mn) [1].

El proceso propuesto para el tratamiento de aceites gastados consiste, a grandes rasgos, en la separación del material radiactivo desplazando los metales de los compuestos orgánicos e inorgánicos y facilitando la precipitación de los radionúclidos, esto se logró por medio de una reacción química en un medio ácido y por la adición de un acarreador de cobalto específico (organometálico)

Las pruebas experimentales a nivel laboratorio del proceso químico propuesto, mostraron resultados satisfactorios (ver Tabla I), ya que permitieron alcanzar los límites de tolerancia en materia de seguridad radiológica, en la que se deben obtener concentraciones inferiores a 10

Bq/mL⁻¹ para ⁶⁰Co y ⁵⁴Mn. También se obtuvo la cinética química de descontaminación, que proporcionaron las condiciones óptimas de operación y control del proceso [2], [3] y [4].

Tabla I Características radioquímicas del aceite tratado y sus subproductos.		
PRODUCTO	⁶⁰ Co (Bq/mL ⁻¹)	⁵⁴ Mn (Bq/mL ⁻¹)
Acete Tratado	0.0036*	0.00252*
Lodos Oleosos	8 4160	0 4600
Agua Oleosa	0.08014	0.0222

* Valor certificado por el Laboratorio de Vigilancia Radiológica Ambiental (AER/SIN/278) del ININ

En este trabajo, se presenta el proceso de descontaminación radiactiva de aceites gastados a escala piloto, el diseño y construcción de los equipos medulares del proceso en estudio, así como los resultados comparativos de los ensayos experimentales realizados a escala piloto, respecto a los estudios en laboratorio (escala 1:100), que demuestran la eficiencia de separación de radionúclidos y la factibilidad técnica del método de descontaminación radiactiva de los aceites gastados.

Metodología

A partir de las características físico-químicas del aceite gastado y los parámetros de operación y control (temperatura 40°C, tiempo de reacción 360 min, tiempo de sedimentación 420 min, velocidad de agitación 160 rpm, etc, para un volumen de aceite tratado de 0.1 m³) se realizó el diseño, construcción y pruebas experimentales de la planta piloto.

Descripción General del Proceso

El proceso propuesto (Figura 1) consiste en la precipitación química, en medio ácido, de los metales y radionúclidos en forma de sulfatos, utilizando como acarreador químico un compuesto organometálico. La reacción se lleva a cabo en caliente en un tanque (b-1) completamente cerrado para evitar la fuga de vapores ácidos hacia el exterior. Posteriormente, la mezcla se deposita en un sedimentador (d-1) en donde se llevan a cabo varias operaciones, la primera de ellas consiste en el asentamiento de los lodos generados dando un tiempo de retención de adecuado. Concluido este tiempo, se realiza la neutralización y lavado del aceite tratado (por medio del de c-1), agregando una porción de agua de igual magnitud a la del aceite tratado (1:1) que, al mismo tiempo, forma una inter-

fase entre el aceite tratado y los lodos. Al término del proceso de sedimentación se separan las fases formadas (en d-1), mediante la adición continua de agua (que proviene del recipiente c-1) con un sistema de aspersión agua-aire, hasta desalojar el aceite tratado del sedimentador (d-1) y alojarlo en el recipiente g-1.

Los residuos generados en estas etapas (agua y lodos oleosos residuales), son tratados por separado. En el caso del agua residual, ésta es almacenada en el tanque h-1 para su posterior descontaminación mediante un sistema de flotación con aire disuelto. El agua tratada se puede recircular al proceso de descontaminación del aceite gastado [5]. Por otro lado, los lodos oleosos, donde se concentra el material radiactivo, alojados en e-1, son neutralizados y prensados para su posterior inmovilización y almacenamiento, dicho proceso se encuentra actualmente en estudio.

Finalmente, el aceite tratado sigue una serie de etapas encaminadas a eliminar la humedad y compuestos que le proporcionan color y acidez, antes de ser almacenados para su venta o disposición final.

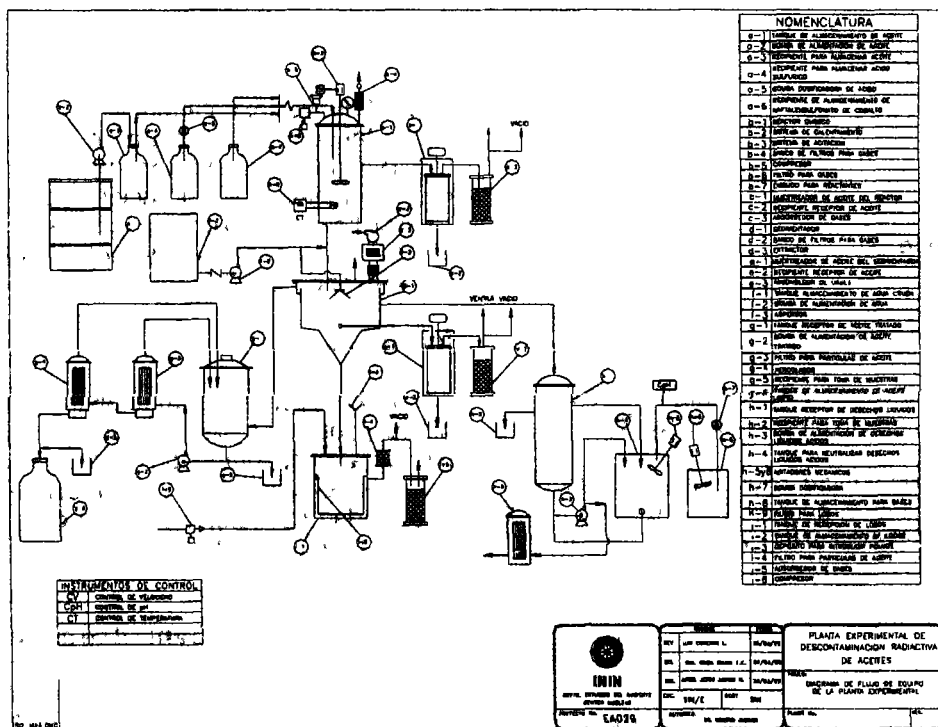


Figura 1. Diagrama de flujo de la planta experimental.

Consideraciones y Criterios de Diseño de los Equipos Principales del Proceso

Para poder evaluar la efectividad del proceso de descontaminación de aceites gastados, a nivel piloto, fue necesario establecer dos consideraciones importantes. La primera de ellas se refiere a la base de cálculo que definió el tamaño del modelo, ésta se fijó en 0.1 m^3 . La segunda consideración fue respecto a las medidas de seguridad que se tenían que cumplir para poder realizar los ensayos experimentales, con este fin se tomaron en cuenta las reglamentaciones en materia de seguridad industrial, así como la de protección y seguridad radiológica vigentes [1], [6] y [7].

Con base a los puntos señalados, se establecieron los criterios de diseño de los equipos principales (reactor y sedimentador). A continuación se describen cada uno de ellos:

Criterios de escalamiento del reactor

a) Similitud geométrica. Se mantuvo la relación geométrica del dispositivo de pruebas a escala laboratorio, específicamente respecto a las dimensiones del tanque, impulsor y del nivel de líquido (Figura 2) [8].

Las relaciones se establecieron con ayuda de la ecuación 1.

$$\frac{D_1}{T_1} = \frac{D_2}{T_2}; \quad \frac{W_1}{D_1} = \frac{W_2}{D_2}; \quad \frac{Z_1}{T_1} = \frac{Z_2}{T_2}, \text{ etc} \quad (1)$$

Donde:

D : Diámetro del impulsor.

T : Diámetro del tanque.

W : Ancho del impulsor.

Z : Altura o nivel del líquido.

En tanto, los subíndices (1 y 2) se refieren a la escala pequeña y grande, respectivamente (Figura 2).

Lo anterior, puede resumirse en una simple relación de escalamiento R dada por la ecuación 2 y definida por la relación de magnitudes entre el modelo de laboratorio y el piloto:

$$R = \frac{D_2}{D_1} = \frac{T_2}{T_1} = \frac{W_2}{W_1} = \frac{Z_2}{Z_1} \quad (2)$$

La relación R mostró ser apropiada para el escalamiento y se usa para determinar la velocidad de agitación (N) que, al mismo tiempo, está relacionada con el exponente (n), tal como se muestra en la ecuación 3.

El valor del exponente, n , se basa en consideraciones teóricas y empíricas y depende del tipo de agitación [8].

$$N_2 = N_1 \left[\frac{1}{R} \right]^n = N_1 \left[\frac{D_1}{D_2} \right]^n \quad (3)$$

b) Similitud cinemática. Para cumplir con este punto, se mantuvieron el mismo gradiente de velocidad y tipo de flujo, que los empleados en el modelo de laboratorio.

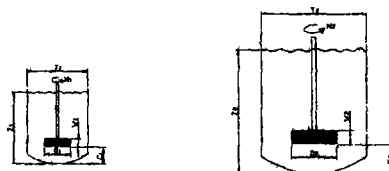


Figura 2. Similitud geométrica del reactor.

Criterios del diseño del sedimentador

Para efecto de su diseño, el parámetro principal tomado en cuenta fue la carga hidráulica superficial con un valor de $0.24 \text{ m}^3 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$.

Procedimiento experimental

Los ensayos experimentales se realizaron en la planta piloto, tal como se muestra en el diagrama del proceso (fig 1) y bajo las condiciones de operación y control correspondientes. La valoración radioquímica del ^{60}Co y ^{54}Mn se llevó a cabo un Espectrómetro de Rayos Gamma, Marca Ortec, con un detector Germanio Hiperpuro (Hp-Ge) tipo POP TOP.

Resultados

Los ensayos experimentales llevados a cabo en la planta piloto permitieron observar que conforme se aumentaba la concentración del acarreador de cobalto, que actúa por efecto del ión común con el cobalto radiactivo, la actividad específica del ^{60}Co disminuía proporcionalmente. Esto permitió establecer la efectividad del agente acarreador del ^{60}Co .

Por otro lado, en la Tabla II se presenta la comparación de resultados entre la escala laboratorio y las pruebas experimentales en la planta piloto (usando 0.3% de acarreador). En ella se observa que en el laboratorio se obtienen mejores resultados, debido a la facilidad de controlar el proceso de descontaminación. Lo anterior creó la necesidad de ajustar algunas condiciones de operación en la planta piloto tales como la concentración de reactivos,

con el objeto de obtener mayor eficiencia en la segregación del material radiactivo

Prod. Analz	Laboratorio		Planta Piloto	
	Bq/mL ⁻¹		Bq/mL ⁻¹	
	⁶⁰ Co	⁵⁴ Mn	⁶⁰ Co	⁵⁴ Mn
Aceite Gastado	0 0106	0 018	9 5	0.592
Aceite Tratado	0 0037	0 0025	0 023162	ND
Agua Residual	0 08	0 022	0 12	0 018
Lodos Oleosos	8 4	0 4	11 4	10

Incertidumbre expandida \pm 5% (factor de cobertura = 2) Departamento de Metrología del ININ.

Conclusiones

Los ensayos experimentales en la planta piloto permitieron establecer que existió una relación inversamente proporcional entre la concentración de acarreador y la actividad específica del ⁶⁰Co. Permitiendo fijar en un 0.3%, la concentración de acarreador, que corresponde a la actividad residual más baja de los radionúclidos en estudio. Por otro lado, los niveles de separación de ⁶⁰Co y ⁵⁴Mn disminuyen en un 99.75% y 100% respectivamente, lo cual permitió cumplir con los límites máximos permisibles por la normativa vigente, pese a que los valores de actividad residual son 18.5% mayores a los alcanzados a escala de laboratorio.

También se concluye que debido a que el valor de la concentraciones de los radionúclidos, contenidos en el aceite sin tratar, están por debajo de los límites que marcan las regulaciones, normativas y recomendaciones internacionales de la OIEA y CIPR, el aceite se puede manejar como residuo peligroso no radiactivo. Sin embargo, cuando se procesa el aceite se concentra el material radiactivo en los lodos y éstos deben controlarse como un desecho radiactivo.

Finalmente, se requiere efectuar mayor número de ensayos en la planta piloto, así como en la posible introducción de un sistema de centrifugación para mejorar la eficiencia de segregación del material radiactivo.

Referencias

- Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) (1997). "Colección Seguridad No.115", Normas básicas internacionales
- Flores R., Ortiz H., López R. y Cisneros, L. (1999). "Estudios Cinéticos para Optimizar los Parámetros de Operación de la Descontaminación Radiactiva de Aceites Gastados". Memorias del Congreso International Joint Meeting. Sociedad Nuclear Mexicana. México.
- Flores R, Ortiz H. y López R. (2000). "Caracterización de Compuestos Orgánicos e Inorgánicos de Aceite y Subproductos Derivados de la Descontaminación Radiactiva de Aceites Gastados". ININ. IT:G:CAMB/CA-DEA-00-28.
- Flores R. (2000). "Aplicaciones de la Espectrometría Infrarroja por Transformadas de Fourier para Análisis de Aceites Gastados de la CLV". ININ. IT:G:C.AMB/CA-DEA-00-99
- Ortiz H. (2002). "Tratamiento de aguas Oleosas por Flotación". Tesis de Maestría. Universidad Autónoma del Estado de México. CIRA. México.
- Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares Reglamento de protección y Seguridad Radiológicas, Revisión 3, Junio/96.
- Secretaría de Energía (1996). ++Comisión Nacional de Seguridad y Salvaguardias, Guía para la preparación del Informe de Seguridad que debe Entregar el Solicitante de una Licencia de Uso de Material Radiactivo en Investigación, México, Rev. 1 0 Junio.
- Chemineer. (1985). Liquid Agitation, Chemical Engineering, McGraw-Hill, Inc, New York,
- ### Agradecimientos
- Al personal del ININ de Talleres Generales, Mantenimiento, Instrumentación Nuclear, Vigilancia Radiológica Ambiental, Metrología, Desechos Radiactivos y en especial a: Dr. Miguel Balcazar, Téc. Fernanda Astivia Segura, Rodrigo Perusquia Flores y Eloisa Perusquia Flores por su valiosa cooperación.