

DESCRIPCIÓN

La presente invención se refiere a un método para el tratamiento de lodos base aceite mediante desorción térmica, caracterizado porque comprende una etapa de acondicionamiento de los lodos base aceite en la cual se adiciona cascarilla de arroz para formar una mezcla homogénea antes de ingresar al horno rotario de la Unidad de Desorción Térmica (UDT).

Específicamente, el método de la presente invención es un método de desorción térmica indirecta de alta temperatura y las etapas que constituyen dicho método son:

- a. Acondicionar los lodo base aceite mediante la adición de cascarilla de arroz;
- b. Ingresar la mezcla en un horno rotatorio que transfiere el calor de la combustión de un combustible fósil a la mezcla;
- c. Calentar la mezcla para generar la desorción del agua y los componentes orgánicos desde la matriz sólida;
- d. Pasar los vapores generados en la etapa c) por condensadores que mediante intercambio de calor retornan dichos vapores a estado líquido,
- e. Transportar el líquido a tanques de recuperación de aceite y agua, y
- f. Pasar el sólido tratado a un foso.

En una alternativa de la invención, el método para el tratamiento de lodos base aceite mediante desorción térmica comprende una etapa previa a la adición de la cascarilla de arroz, que comprende la caracterización inicial del lodo base aceite por el método de la retorta.

El método de la presente invención caracterizado porque el incremento volumétrico del lodo base aceite, una vez se adiciona la cascarilla de arroz es de 5 % a 35% el volumen inicial de lodo base aceite.

En una modalidad de la invención la relación de lodo base aceite y cascarilla de arroz en el método de la presente invención es de 1:1 a 1:1,5. Preferiblemente, dicha relación de lodo base aceite y cascarilla de arroz es de 1:1a 1:1,3 y aún mejor, la relación de lodo base aceite y cascarilla de arroz es de 1:1,2.

El método de la presente invención, donde el calentamiento que ocurre en la etapa c) se realiza a temperaturas que van de 500°C a 700°C.

Adicionalmente, el método de la presente invención incluye un paso de limpieza del horno, al final del proceso, el cual comprende el descenso de la temperatura del horno entre 250 °C y 300 °C, seguido de un aumento controlado de las temperaturas entre 550°C y 600°C y de la rotación de la unidad para producir la dilatación y contracción del cuerpo del horno, lo que fracturar y desprende las costras que se forman sobre las paredes del horno.

El detalle del proceso que determinó que el acondicionamiento previo a la desorción térmica de los lodos base aceite debía efectuarse con cascarilla de arroz se expone a continuación, en el ejemplo 1.

Así mismo, el solicitante presenta en el ejemplo 2 una de las mejores opciones que conoce el solicitante para poner la invención en la práctica, cuando el método se aplica a escala industrial

Ninguno de los ejemplos expuestos a continuación constituye una limitante para la presente invención.

EJEMPLO 1. Evaluación comparativa de diferentes métodos de tratamiento de lodos base aceite mediante desorción térmica.

Para evaluar los resultados alcanzados con el método de la presente invención, se trataron y dispusieron finalmente 13.000 barriles de lodos de perforación base aceite provenientes de la perforación de pozos petrolíferos en el piedemonte llanero,

haciendo uso del proceso desorción térmica indirecta de alta temperatura en el cual el materia a tratar fue previamente acondicionado con diferentes materiales de aporte, tales como oxido de calcio, arena, tierra nativa y cascarilla de arroz.

Los resultados obtenidos relacionados con la tasa de procesamiento, porcentaje de recobro de aceite e incremento volumétrico respecto al volumen inicial del fluido se muestran a continuación

La selección de los materiales de aporte o excipientes usados para el acondicionamiento del lodo, consideró un análisis a priori de algunas características generales, así como de las ventajas y desventajas que generaría sobre el proceso de desorción.

Tabla 1. Análisis previo de ventajas y desventajas de posibles materiales de aporte que pudieran ser empleados

Material de aporte	Posibles ventajas	Posibles Desventajas
Oxido de Calcio	Abundante y de fácil consecución	Incremento en costo por unidad y transporte
	Reacciona con el agua reduciendo la humedad debido a reacción química: $2CaO + 2H_2O \rightarrow 2Ca(OH)_2 + Calor$	Puede generar cake dentro del horno
		Problemas de incrustación en Horno
		Solido muy fino
Arena de rio	Tamaño de partícula ideal para desorción térmica	Incremento de costo por unidad y transporte
	Abundante y de fácil consecución en la zona	Alto peso
	Posible reúso	Humedad asociada
Tierra nativa	Tamaño de partícula apropiado para desorción térmica	Alto peso
	Abundante y de fácil consecución en la zona	Contaminación de recurso suelo
		Humedad asociada
Cascarilla de Arroz	Tamaño de partícula ideal para desorción térmica	Incremento de costo por unidad y transporte
	Abundante y de fácil consecución en la zona	Posible degradación térmica a temperaturas de operación
	Material orgánico	
	Bajo peso	
	Es considerada un residuo agroindustrial lo que la hace de muy bajo costo	

Seguido, se aplicó la metodología que se describe a continuación para determinar cuál podría ser el método de acondicionamiento para los lodos base aceite, que permitiera superar el problema técnico planteado en la presente solicitud. Para ello se realizaron los siguientes pasos

1. Caracterización inicial del lodo base aceite por el método de la retorta;
2. Mezclas del lodo base aceite con oxido de calcio, arena de rio, tierra nativa, cascarilla de arroz en proporciones (1:1), (1:1,5) y (1:1,2);
3. Evaluación cualitativa de las propiedades físicas de la mezcla resultante;
4. Caracterización de las mezclas resultantes por el método de la retorta;
5. Preparación de mezcla piloto para prueba a escala industrial; y

6. Evaluación de variables e indicadores de desempeño del proceso de desorción térmica.

El lodo base aceite fue caracterizado inicialmente mediante análisis por triplicado de una muestra compuesta tomada de la piscina de almacenamiento en diferentes puntos y a diferente profundidad usando un camión de vacío. La metodología de muestreo empleada buscaba minimizar posibles variaciones en la composición, debidas a la sedimentación de los densificantes del lodo. Los resultados de la caracterización y composición del lodo base se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Caracterización del lodo base aceite por método de la retorta y balanza de lodos

Parámetro	Resultados				
	Sub muestra 1	Sub muestra 2	Sub muestra 3	Promedio	Des. Estándar
% v/v Aceite	60	70	54	61	8,0
% v/v Agua	18	14	22	18	4,0
% v/v Solido	22	16	24	21	4,2
Densidad (ppg)	12,3	11,2	11,8	11,8	0,6

La formulación de las mezclas con oxido de calcio, arena, tierra nativa y cascarilla de arroz analizada corresponde a los porcentajes mostrados en la Tabla 3.

Según la apariencia física, se asignó una descripción cualitativa del aspecto y/o textura de la mezcla resultante, con el fin de descartar aquellas mezclas que pudieran representar dificultades para el ingreso controlado del material al horno a través del tornillo sin fin debido su fluidez. Así mismo, se identificó el incremento volumétrico respecto al residuo original debido al aporte de material para cada.

Tabla 3. Mezclas formuladas entre lodo base aceite y material de aporte

Material de aporte	Mezcla	Volumen de lodo (mL)	Relación Lodo / Aporte	Descripción cualitativo	Incremento Volumétrico
Oxido de calcio	1	300	1:1	Fluido	30%
	2		1:1,5	Semi pastoso	45%
	3		1:2	Pastoso	100%
Arena de rio	4		1:1	Fluido	50%
	5		1:1,5	Semi pastoso	80%
	6		1:2	Pastoso	110%
Tierra nativa	7		1:1	Fluido	50%
	8		1:1,5	Fluido	70%
	9		1:2	Semi Pastoso	100%
Cascarilla de Arroz	10		1:1	Semi pastoso	10%
	11		1:1,5	Pastoso	25%
	12		1:2	Patoso	35%

De las mezclas indicadas en la Tabla 3, se seleccionaron tres que dieron resultados apropiados a nivel cualitativo para llevar a cabo la desorción térmica según los principios del proceso (Mezcla 2, 11 y 12). Sin embargo, el incremento volumétrico aceptable se determinó en un 35% máximo para tener factibilidad económica, acotando las posibles opciones a las mezclas 11 y 12 de lodo base aceite con cascarilla de arroz. La comparación entre la apariencia física entre residuo original y residuo mezclado con cascarilla de arroz se muestra en la Figura 1.

Teniendo en cuenta los criterios cualitativos, las mezclas 11 y 12 se caracterizaron por el método de la retorta, con el fin de identificar reducción en la composición de líquidos en porcentaje volumen / volumen por efecto de dilución. Los resultados se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Comparativo análisis de retorta de mezclas 11 y 12 con lodo OBM

Parámetro	Resultados		
	Mezcla 11	Mezcla 12	Lodo OBM Prom.
% v/v Aceite	44	40	61
% v/v Agua	18	20	18
% v/v Solido	38	40	21
Densidad (ppg)	12,1	12,3	11,8

De acuerdo con los resultados de la Tabla 4, se observó que, debido al incremento volumétrico por la adición del material de aporte, se redujo la concentración de los componentes líquidos del lodo en las mezclas. Este efecto resulta apropiado para minimizar los problemas de transferencia de calor por capacidad de diseño de los condensadores y mejorar el recobro del aceite asociado al residuo. También se evaluó cualitativamente el comportamiento del material solido en la copa de la retorta y una posible migración hacia los filtros, con el fin de intentar predecir formaciones de cake en el horno y solidos finos que pudieran ser arrastrados con la corriente de vapor hacia los condensadores de la UDT. La separación de fases en análisis de mezcla de lodo con cascarilla de arroz se observan en la Figura 2

Finalizados los análisis de las mezclas, no se observó formación de cake en la copa, contrario a lo sucedido en el análisis del lodo y mezclas del lodo con oxido de calcio. La cascarilla de arroz no sufrió degradación térmica y la migración de finos hacia los filtros no fue considerable.

EJEMPLO 2. Evaluación del método de la presente invención a escala industrial.

Teniendo como referencia los trabajos a escala de laboratorio, se prepararon 8 baches de mezcla de lodo base aceite y cascarilla de arroz en proporciones (1:1,5) y (1:2) en los catch tanks de alimento de la unidad de desorción térmica, para escalado y evaluación a nivel industrial del tratamiento del lodo. La preparación se esquematiza en la figura 3.

Las pruebas a escala industrial se llevaron a cabo durante 8 días (operación 24 h), con el fin de determinar preliminarmente la tasa promedio de tratamiento de la UDT, expansión volumétrica del residuo ($C_{ex.v}$), así como la estabilidad en las temperaturas del horno. Durante los días de prueba, se identificó la relación apropiada de lodo base aceite y cascarilla de arroz fijada en 1:1,2, resultando un coeficiente expansión volumétrico de 1,2 definido según la ecuación 1.

$$C_{ex.v} = \frac{\text{Volumen de mezcla (Bbl)}}{\text{Volumen de Lodo (Bbl)}} \quad \text{Ecuación 1.}$$

Tabla 5. Datos recolectados durante los días de escalado y pruebas en la unidad de desorción térmica

Día	Relación de mezcla	Cev	Tratamiento (m3 de lodo/día)	Rango de temperaturas del horno (°C)	Estabilidad del horno	% Promedio Hidrocarburos en la salida
1	1:1 ,5	1,1	24,2	461 - 683	Inestable	4
2	1:1 ,5	1,1	23,5	644 - 700	Estable	2
3	1:1 ,5	1,15	25,4	487 - 778	Inestable	6
4	1:1 ,5	1,1	21,5	459 - 750	Inestable	3
5	1:1 ,2	1,23	30,7	550-600	Estable	1
6	1:1 ,2	1,19	27,8	540-610	Estable	0
7	1:1 ,2	1,2	29,6	545-612	Estable	<1
8	1:1 ,5	1,21	32	535-602	Estable	<1

Se determinó que la relación de mezcla 1:1,2 entre lodo y cascarilla de arroz, permitió mantener estable el horno de la unidad de desorción térmica con fluctuaciones estimadas de máximo 50 °C (ver figuras 4 y 5). Bajo condiciones de estabilidad, se suministra la energía calorífica justa para evitar el sobrecalentamiento de los vapores generados en el horno y se garantiza la eliminación completa del contaminante de la matriz sólida a niveles menores o iguales al 1% de hidrocarburos. Con las mezclas correspondientes a la relación 1:1,5, se presentaron dificultades para mantener constante la tasa de alimentación con el tornillo sin fin debido a la contextura del material.

Con los resultados obtenidos durante las pruebas de escalado, se formuló un protocolo de preparación de las mezclas de lodo base aceite y cascarilla de arroz, donde se definió el volumen de lodo a depositar en el catch tank, la dosificación exacta de cascarilla de arroz, la densidad y la composición volumétrica estimada de la mezcla resultante para minimizar afectaciones a la estabilidad y homogeneidad del horno, logrando así resultados reproducibles durante los días de operación posteriores.

Un hecho relevante que se hizo evidente sobre la marcha, fue la formación de anillos o costras de material refractario al interior del horno pasados 15 días de operación continuos. Un análisis por absorción atómica de una muestra, reveló que el material adherido estaba constituido principalmente por Bario, uno de los componentes del lodo base aceite. Contrario a lo observado en las pruebas a escala de laboratorio, donde no se evidenció adherencia del material a la copa de la retorta, en el proceso industrial se hizo manifiesto.

El principal efecto no deseado de la generación de estas costras o cake en el horno, es la disminución en la transferencia de calor desde las recamaras de combustión hacia el material en tratamiento, ocasionando que el contaminante no se elimine completamente de la matriz sólida, incumpliendo las normativas ambientales. El problema fue resuelto, implementando rutinas de limpieza del horno en la marcha, mediante el descenso y aumento controlado de las temperaturas, ocasionando la dilatación y contracción del cuerpo del horno, en rangos que no representaran deformaciones del metal. Como resultado las costras se fracturaron y terminaron desprendiéndose con ayuda de la rotación de la unidad, restableciendo la eficiencia en la transferencia de calor, como se evidencia en la Figura 6.

La Tabla 6, presenta los datos obtenidos del proceso de desorción térmica durante un mes típico de operación, tratando lodo base aceite.

Fecha	Volumen de mezcla (m3)	Cex.v	Volumen tratado (m3)	Caracterización de entrada			Balance de aceite	
				%Aceite	%Agua	Solido %	Esperado (m3)	Recuperado (m3)
1/10/2018	31,3	1,21	25,9	53	21	23	13,8	11,4
2/10/2018	36,1	1,18	29,9	56	20	24	16,7	11,1
3/10/2018	31,2	1,2	25,8	56	25	19	14,3	11,1
4/10/2018	31,3	1,19	25,9	57	23	20	14,8	4,8
5/10/2018	38,2	1,22	31,5	56	23	21	17,6	15,3
6/10/2018	34,8	1,23	28,8	48	36	16	13,8	4,8
7/10/2018	34,5	1,19	28,5	44	33	23	12,6	0,0
8/10/2018	38,5	1,21	31,8	40	45	15	12,7	10,3
9/10/2018	36,4	1,2	30,1	50	29	21	15,1	10,3
10/10/2018	27,2	1,2	22,4	40	24	36	8,9	0,0
11/10/2018	23,5	1,18	19,4	46	26	28	8,9	4,3
12/10/2018	31,0	1,22	25,6	54	21	25	13,8	9,1
13/10/2018	30,8	1,22	25,4	50	20	30	12,7	4,6
14/10/2018	33,2	1,18	27,5	56	20	24	15,4	5,6
15/10/2018	28,5	1,17	23,5	58	19	23	13,7	5,6
20/10/2018	6,0	1,19	4,9	53	20	27	2,5	0,0
21/10/2018	33,9	1,19	28,0	51,5	20	28,5	14,5	5,2
22/10/2018	30,2	1,16	25,0	51	26	23	12,7	11,0
23/10/2018	35,8	1,17	29,6	51	21	28	15,1	11,3
24/10/2018	33,2	1,19	27,5	49	21	30	13,5	11,1
25/10/2018	31,8	1,2	26,2	53	21	26	14,0	7,6
26/10/2018	35,8	1,21	29,6	47	20	33	13,8	4,9
27/10/2018	32,9	1,18	27,2	53	23	24	14,5	8,0
28/10/2018	33,2	1,18	27,5	47	28	25	12,9	7,5
29/10/2018	33,9	1,2	28,0	51	29	20	14,3	7,3
30/10/2018	34,7	1,19	28,6	49	28	23	14,0	6,7
31/10/2018	34,0	1,2	28,1	51	27	22	14,3	9,1
TOTALES	862	1,19 prom	712	-	-	-	361	198
				%Recobro aceite			54	

En la tabla anterior se observa que el coeficiente de expansión volumétrico (Cex.v) en promedio estuvo en 1,19, es decir 11 puntos porcentuales por debajo del límite fijado (30%) a nivel económico para hacer viable el tratamiento por desorción térmica. Así mismo el recobro de aceite determinado mediante la ecuación 2, se ubicó en 54%, es decir 4 puntos porcentuales arriba de la meta (50%).

$$\% \text{Recobro aceite} = \frac{\text{Volumen de aceite recuperado (Bbl)}}{\text{Volumen de Lodo (Bbl)} * \% \frac{V}{v} \text{aceite en el lodo}} * 100 \quad \text{Ecuación 2.}$$

A la luz de los resultados mostrado, se concluyó que el acondicionamiento del lodo base aceite con cascarilla de arroz en relación 1:1,2, antes de ingresar a la UDT proporciona viabilidad técnica, económica y relación costo – beneficio aceptable dentro los indicadores de desempeño del proyecto, toda vez que la mezcla con cascarilla de arroz mostró el mejor desempeño e hizo posible el tratamiento del lodo a escala industrial con tasas efectivas de 28,6 m³/día, recobro de aceite del 54%, incremento volumétrico del 19% respecto al volumen original y un consumo de combustible ajustado a los históricos de la UDT desde el punto de vista económico.

Descripción de las figuras.

Para una mejor comprensión de la invención, se incluyen las siguientes figuras:

Figura 1: Comparación de apariencia física entre residuo original y residuo mezclado con cascarilla de arroz.

Figura 2: Separación de fases en análisis de mezcla de lodo con cascarilla de arroz.

Figura 3: Preparación de mezcla de lodo base aceite y cascarilla de arroz a escala industrial

Figura 4: Resultados de estabilidad en temperaturas del horno de la UDT días de prueba 1,2, 3 y 4.

Figura 5: Resultados de estabilidad en temperaturas del horno de la UDT días de prueba 5, 6, 7 y 8.

Figura 6: Fotografía de la Formación de costras de material refractario al interior del horno de la UDT