

REIVINDICACIONES

1. Un método para mejorar un sistema de hidroprocesamiento de lecho en ebullición que incluye uno o más reactores de lecho en ebullición para producir menos sedimento de ensuciamiento, caracterizado porque comprende:

operar un reactor de lecho en ebullición utilizando un catalizador heterogéneo para hidroprocesar aceite pesado en condiciones iniciales, que incluye una tasa de producción de sedimento inicial y/o concentración de sedimento inicial en una corriente de proceso y una tasa inicial de ensuciamiento del equipo;

después mejorar el reactor de lecho en ebullición para operar utilizando un sistema de catalizador doble comprendido de partículas de catalizador de sulfuro de metal dispersas y catalizador heterogéneo; y

operar el reactor de lecho en ebullición mejorado utilizando el sistema de catalizador doble para producir menos sedimento de ensuciamiento, que da por resultado menos ensuciamiento del equipo en una tasa de producción de sedimento dada y/o concentración comparado con cuando se opera el reactor de lecho en ebullición en las condiciones iniciales.

2. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque la operación del reactor de lecho en ebullición mejorado utilizando el sistema de catalizador doble para producir menos sedimento de ensuciamiento comprende:

producir productos convertidos en una misma o similar
tasa como una tasa de producción inicial de productos
convertidos cuando se opera en las condiciones iniciales;

producir sedimento en una tasa y/o concentración
5 reducida comparada con la tasa de producción de sedimento
inicial y/o concentración cuando se opera en las condiciones
iniciales; y

el ensuciamiento del equipo que ocurre en una tasa
reducida comparada con la tasa inicial de ensuciamiento del
10 equipo cuando se opera en las condiciones iniciales, y en donde
la tasa de ensuciamiento del equipo se reduce por un grado más
alta que la reducción en la tasa de producción de sedimento y/o
concentración.

3. El método de conformidad con la reivindicación 1,
15 caracterizado porque la operación del reactor de lecho en
ebullición mejorado utilizando el sistema de catalizador doble
para producir menos sedimento de ensuciamiento comprende:

producir productos convertidos en una tasa más alta
que en una tasa de producción inicial de productos convertidos
20 cuando se opera en las condiciones iniciales;

producir sedimento en una tasa y/o concentración que
no es más alta que la tasa de producción de sedimento inicial
y/o concentración cuando se opera en las condiciones iniciales;
y

25 el ensuciamiento del equipo que ocurre en una tasa

reducida comparada con la tasa inicial de ensuciamiento del equipo cuando se opera en las condiciones iniciales.

4. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque la operación del reactor de lecho en
5 ebullición mejorado utilizando el sistema de catalizador doble para producir menos sedimento de ensuciamiento comprende:

producir productos convertidos en una tasa más alta que en una tasa de producción inicial de productos convertidos cuando se opera en las condiciones iniciales;

10 producir sedimento en una tasa y/o concentración más alta que la tasa de producción de sedimento inicial y/o concentración cuando se opera en las condiciones iniciales; y

el ensuciamiento del equipo que ocurre en una tasa que no es más alta que la tasa inicial de ensuciamiento del
15 equipo cuando se opera en las condiciones iniciales.

5. El método de conformidad con la reivindicación 3 o 4, caracterizado porque la tasa de producción de productos convertidos se incrementa, cuando se opera el reactor de lecho en ebullición mejorado utilizando el sistema de catalizador
20 doble, por al menos uno de:

(i) temperatura más alta y conversión más alta en el mismo o similar rendimiento como cuando se opera en las condiciones iniciales;

(ii) temperatura más alta y rendimiento más alto en
25 la misma o similar conversión como cuando se opera en las

condiciones iniciales; o

(iii) temperatura más alta, rendimiento más alto y conversión más alta que cuando se opera en las condiciones iniciales.

5 6. El método de conformidad con la reivindicación 5, caracterizado porque el rendimiento se incrementa por al menos 2.5%, al menos 5%, al menos 10% o al menos 20% cuando se opera el reactor de lecho en ebullición mejorado que cuando se opera en las condiciones iniciales.

10 7. El método de conformidad con la reivindicación 5, caracterizado porque la conversión se incrementa por al menos 2.5%, al menos 5%, al menos 7.5%, al menos 10% o al menos 15% cuando se opera el reactor de lecho en ebullición mejorado que cuando se opera en las condiciones iniciales.

15 8. El método de conformidad con la reivindicación 5, caracterizado porque la temperatura se incrementa por al menos 2.5°C, al menos 5°C, al menos 7.5°C o al menos 10°C cuando se opera el reactor de lecho en ebullición mejorado que cuando se opera en las condiciones iniciales.

20 9. El método de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado porque la tasa de ensuciamiento del equipo se determina, cuando se opera en las condiciones iniciales y cuando se opera el reactor de lecho en ebullición mejorado utilizando el sistema de catalizador doble,
25 por al menos uno de:

(i) frecuencia de limpiezas requeridas del intercambiador de calor;

(ii) frecuencia de cambio a intercambiadores de calor de repuesto;

5 (iii) frecuencia de cambios de filtro;

(iv) frecuencia de limpiezas o cambios del colador;

(v) tasa de disminución en las temperaturas exteriores del equipo, que incluye en el equipo seleccionado de intercambiadores de calor, separadores o torre de destilación;

10 (vi) tasa de incremento en las temperaturas de metal del tubo del horno;

(vii) tasa de incremento en los factores de resistencia de ensuciamiento calculados para intercambiadores de calor y hornos;

15 (viii) tasa de incremento en la presión diferencial de los intercambiadores de calor;

(ix) frecuencia de limpieza de las torres de destilación atmosférica y/o al vacío; o

(x) frecuencia de vueltas de mantenimiento.

20 10. El método de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado porque la producción de sedimento se determina, cuando se opera en las condiciones iniciales y cuando se opera el reactor de lecho en ebullición mejorado utilizando el sistema de catalizador doble, por al
25 menos uno de:

(i) tasa de producción de sedimento absoluta; o

(ii) concentración de sedimento en por lo menos una corriente de proceso.

11. El método de conformidad con la reivindicación
5 10, caracterizado porque la concentración de sedimento se mide
en por lo menos una corriente de proceso seleccionada de
residuo atmosférico, fondos de torre de destilación
atmosférica, residuo al vacío, fondos de torre de destilación
al vacío, alimentación de la torre atmosférica, producto del
10 separador de baja presión caliente, producto de aceite
combustible, fondos de la torre al vacío después de la adición
de las acciones de corte.

12. El método de conformidad con cualquiera de las
reivindicaciones 1 a 11, caracterizado porque después de la
15 mejora del reactor de lecho en ebullición con el uso del
sistema de catalizador doble la tasa de producción de sedimento
y/o concentración se mantiene o se incrementa comparada con la
tasa de producción de sedimento inicial y/o concentración y la
tasa de ensuciamiento del equipo se disminuye por al menos 5%,
20 25%, 50% o 75% comparado con la tasa inicial de ensuciamiento
del equipo.

13. El método de conformidad con cualquiera de las
reivindicaciones 1 a 12, caracterizado porque después de la
mejora con el uso del sistema de catalizador doble la tasa de
25 producción de sedimento se incrementa por al menos 2%, 10%, 20%

o 33% comparado con la tasa de producción de sedimento inicial y la tasa de ensuciamiento del equipo se mantiene o se disminuye comparado con la tasa inicial de ensuciamiento del equipo.

5 14. El método de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, caracterizado porque después de la mejora con el uso del sistema de catalizador doble la concentración de sedimento en la corriente de proceso se incrementa por al menos 2%, 10%, 20% o 33% comparado con la
10 concentración de sedimento inicial y la tasa de ensuciamiento del equipo se mantiene o se disminuye comparado con la tasa inicial de ensuciamiento del equipo.

 15. El método de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, caracterizado porque después de la
15 mejora con el uso del sistema de catalizador doble la tasa de producción de sedimento se reduce por al menos 2%, 10%, 30% o 50% comparado con la tasa de producción de sedimento inicial y la tasa de ensuciamiento del equipo se reduce por un porcentaje aún más grande comparado con la tasa inicial de ensuciamiento
20 del equipo.

 16. El método de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15, caracterizado porque después de la mejora con el uso del sistema de catalizador doble la concentración de sedimento en la corriente de proceso se reduce
25 por al menos 2%, 10%, 30% o 50% comparado con la concentración

de sedimento inicial y la tasa de ensuciamiento del equipo se reduce por un porcentaje aún más grande comparado con la tasa inicial de ensuciamiento del equipo.

17. El método de conformidad con cualquiera de las
5 reivindicaciones 1 a 16, caracterizado porque el aceite pesado comprende por lo menos uno de petróleo crudo pesado, bitumen de arenas de aceite, residuo de procesos de refinería, fondos de torre atmosférica que tienen un punto de ebullición nominal de por lo menos 343°C (650°F), fondos de torre al vacío que tienen
10 un punto de ebullición nominal de por lo menos 524°C (975°F), la parte residual de un separador caliente, la brea residual, la parte residual de la extracción con solvente o el residuo al vacío.

18. El método de conformidad con cualquiera de las
15 reivindicaciones 1 a 17, caracterizado porque las partículas de catalizador de sulfuro de metal dispersas son menores que 1 μm en tamaño, o menores que aproximadamente 500 nm en tamaño, o menores que aproximadamente 250 nm en tamaño, o menores que aproximadamente 100 nm en tamaño, o menores que aproximadamente
20 50 nm en tamaño, o menores que aproximadamente 25 nm en tamaño, o menores que aproximadamente 10 nm en tamaño.

19. El método de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 18, caracterizado porque la mejora del reactor de lecho en ebullición para operar utilizando un
25 sistema de catalizador doble incluye formar las partículas de

catalizador de sulfuro de metal dispersas *in situ* dentro del aceite pesado de un precursor de catalizador.

20. El método de conformidad con la reivindicación 19, caracterizado porque la formación de las partículas de catalizador de sulfuro de metal dispersas *in situ* dentro del
5 aceite pesado comprende mezclar el precursor de catalizador con un hidrocarburo diluyente para formar una mezcla de precursor diluida, mezclar la mezcla de precursor diluida con el aceite pesado para formar aceite pesado acondicionado, y calentar el
10 aceite pesado acondicionado para descomponer el precursor de catalizador y formar las partículas de catalizador de sulfuro de metal dispersas *in situ* dentro del aceite pesado.

21. Un método para mejorar un sistema de hidroprocesamiento de lecho en ebullición que incluye uno o más
15 reactores de lecho en ebullición para producir menos sedimento de ensuciamiento, caracterizado porque comprende:

operar un reactor de lecho en ebullición utilizando un catalizador heterogéneo para hidroprocesar aceite pesado en condiciones iniciales, que incluye una tasa de producción de
20 sedimento inicial y/o concentración de sedimento inicial en una corriente de proceso y una tasa inicial de ensuciamiento del equipo;

después mejorar el reactor de lecho en ebullición para operar utilizando un sistema de catalizador doble
25 comprendido de partículas de catalizador de sulfuro de metal

dispersas y catalizador heterogéneo; y

operar el reactor de lecho en ebullición mejorado utilizando el sistema de catalizador doble con una tasa de producción de sedimento reducida y/o concentración y una tasa
5 reducida de ensuciamiento del equipo con un grado de reducción que es más grande que la reducción en la tasa de producción de sedimento y/o concentración.

22. El método de conformidad con la reivindicación 21, caracterizado porque la operación del reactor de lecho en
10 ebullición mejorado incluye reducir la tasa de producción de sedimento por al menos 2%, 10%, 30% o 50% comparada con la tasa de producción de sedimento inicial y reducir la tasa de ensuciamiento del equipo por al menos 5%, 25%, 50% o 75% comparada con la tasa inicial de ensuciamiento del equipo.

15 23. El método de conformidad con la reivindicación 21 o 22, caracterizado porque la operación del reactor de lecho en ebullición mejorado incluye reducir la concentración de sedimento por al menos 2%, 10%, 30% o 50% comparada con la concentración de sedimento inicial y reducir la tasa de
20 ensuciamiento del equipo por al menos 5%, 25%, 50% o 75% comparada con la tasa inicial de ensuciamiento del equipo.

24. Un método para mejorar un sistema de hidroprocesamiento de lecho en ebullición que incluye uno o más reactores de lecho en ebullición para producir menos sedimento
25 de ensuciamiento, caracterizado porque comprende:

operar un reactor de lecho en ebullición utilizando un catalizador heterogéneo para hidroprocesar aceite pesado en condiciones iniciales, que incluye una tasa de producción de sedimento inicial y/o concentración de sedimento inicial en una corriente de proceso y una tasa inicial de ensuciamiento del equipo;

después mejorar el reactor de lecho en ebullición para operar utilizando un sistema de catalizador doble comprendido de partículas de catalizador de sulfuro de metal dispersas y catalizador heterogéneo; y

operar el reactor de lecho en ebullición mejorado utilizando el sistema de catalizador doble en la misma o similar tasa de producción de sedimento y/o concentración en la corriente de proceso y en una tasa reducida de ensuciamiento del equipo.

25. El método de conformidad con la reivindicación 24, caracterizado porque la operación del reactor de lecho en ebullición mejorado incluye reducir la tasa de ensuciamiento del equipo por al menos 5%, 25%, 50% o 75% comparada con la tasa inicial de ensuciamiento del equipo.

26. Un método para mejorar un sistema de hidroprocesamiento de lecho en ebullición que incluye uno o más reactores de lecho en ebullición para producir menos sedimento de ensuciamiento, caracterizado porque comprende:

operar un reactor de lecho en ebullición utilizando

un catalizador heterogéneo para hidroprocesar aceite pesado en condiciones iniciales, que incluye una tasa de producción de sedimento inicial y/o concentración de sedimento inicial en una corriente de proceso y una tasa inicial de ensuciamiento del equipo;

después mejorar el reactor de lecho en ebullición para que operar utilizando un sistema de catalizador doble comprendido de partículas de catalizador de sulfuro de metal dispersas y catalizador heterogéneo; y

operar el reactor de lecho en ebullición mejorado utilizando el sistema de catalizador doble en tasa de producción de sedimento más alta y/o concentración de sedimento en la corriente de proceso y en la misma o menor tasa de ensuciamiento del equipo.

27. El método de conformidad con la reivindicación 26, caracterizado porque la operación del reactor de lecho en ebullición mejorado incluye incrementar la tasa de producción de sedimento por al menos 2%, 10%, 20% o 33% comparada con la tasa de producción de sedimento inicial.

28. El método de conformidad con la reivindicación 26 o 27, caracterizado porque la operación del reactor de lecho en ebullición mejorado incluye incrementar la concentración de sedimento por al menos 2%, 10%, 20% o 33% comparada con la concentración de sedimento inicial.