

## REIVINDICACIONES AJUSTADAS

1. Un nanofluido para procesos de estimulación de pozos, caracterizado por que el nanofluido está constituido por nanopartículas de silicato de sodio ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) dispersas en un fluido de acarreo base aceite que consiste de una mezcla de diésel, alcohol, xileno, solventes mutuales y surfactantes tipo catiónico.
2. El nanofluido para procesos de estimulación de pozos de la reivindicación 1, caracterizado por que las nanopartículas son arenas silíceas o  $\text{SiO}_2$
3. Un método para el desarrollo de un nanofluido para procesos de estimulación de pozos de la reivindicación 1, caracterizado porque comprende las siguientes etapas:
  - a. Unas etapas para la obtención de nanopartículas de sílice a partir de silicato de sodio:
    - Precalentar un baño de agua o aceite a temperatura de 363,15 K (90 °C) de reacción.
    - Medir el silicato de sodio requerido.
    - Agitar constante a 250 rpm y luego adicionar  $1\text{e-}4 \text{ m}^3$  (100 ml) de agua desionizada.
    - Agregar el surfactante catiónico sin superar la concentración micelar crítica.
    - Agitar hasta homogenizar la mezcla.
    - Agregar gota a gota, bajo agitación, la solución acuosa de ácido HCl al 2% en peso hasta alcanzar el punto de gel, posteriormente aumentar la velocidad de agitación hasta llegar a un rango entre 400 a 500 rpm.
    - Agitar por 600 s (10 minutos) para garantizar homogeneidad de la solución, durante este tiempo se detiene la adición de ácido HCl.
    - Continuar agregando gota a gota, cuidadosamente y bajo agitación la solución acuosa de ácido hasta alcanzar un pH de la solución de dos.
    - Mantener la agitación entre 400 a 500 rpm durante 1200 s (20 minutos).
    - Suspender la agitación y dejar la solución en reposo durante 21.600 s (6 horas) dentro del baño a la temperatura de reacción.
    - Retirar la solución del baño termostatzado y retirar el líquido sobrenadante a través de un filtro.
    - Hacer lavados repetidos con agua desionizada dejando decantar el material cada vez y filtrando el líquido sobrenadante, y realizar tres ciclos de 1200 s (20 minutos) a 10.000 rpm.
    - Una vez alcanzado el agua de lavado un pH de 7, se pasa la totalidad del material al filtro, para eliminar la mayor cantidad de agua posible.
    - Secar el material en estufa a 386,15 K (110°C) durante 157.600 s (16 horas).

b. Unas etapas para la funcionalización de las nanopartículas de sílice:

- *Modificación superficial ácida de las nanopartículas*

Las nanopartículas sintetizadas a partir de silicato de sodio se modificaron superficialmente con ácido para modificación de humectabilidad de acuerdo con las siguientes etapas:

- Preparar 0,001 m<sup>3</sup> ( 1 litro) de solución de HCl al 0,36% en peso.
- Adicionar 0,005 Kg (5 g) de nanopartículas de SiO<sub>2</sub> por 0,001 m<sup>3</sup> ( 1 litro) de solución de HCl.
- Sonicar durante 1200 s (2 horas) a 298, 15 K (25°C).
- Ajustar el pH a dos mediante NaOH si está bajo o con HCL si está mayor que dos.

Someter la muestra a agitación mecánica por 43200 s (12 horas) a 300 rpm.

- Centrifugar.
- Eliminar el sobrenadante y resuspender las partículas en agua desionizada.
- Repetir lavado dos veces más.
- Después de centrifugar la tercera vez, llevar las partículas funcionalizadas a la estufa a 393,15 K (120°C) por 72.000 s (20 horas).

- *Funcionalización de las nanopartículas con hierro.*

- Inicialmente impregnar las nanopartículas por el método de impregnación incipiente con una sal que contenga metal de nitrato de hierro Fe (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.
- Posteriormente secar la muestra a 393,15 K (120°C) durante 21.600 s ( 6 hr.)
- Finalmente, secar la muestra a 723.15 k (450°C) durante 21.600 s (6 hr.).