

C.N.E.A. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
Nº 1	AÑO 1982

El método de filtración magnética permite separar especies magnéticas en suspensión a caudal y temperatura elevados, lo cual lo hace especialmente ventajoso en la purificación de agua en aquellos sistemas que, como en el caso de las centrales termonucleares y termoeléctricas, requieran la eliminación de productos de corrosión de sus circuitos de transporte de calor y refrigeración.

Se estudió el comportamiento de un filtro magnético con matriz de bolitas, en función del caudal, la temperatura y la concentración, utilizando suspensiones acuosas dilui-

das de magnetita.

Se encontró una dependencia exponencial de la retención con la velocidad del fluido y con su viscosidad, lo cual concuerda con las predicciones del modelo teórico. En cuanto al efecto de la concentración, se obtuvo una constancia en los valores de la retención, dentro del rango de concentraciones de trabajo.

Los resultados de este estudio permiten dimensionar un filtro de acuerdo a las necesidades de planta, dentro de los límites de las variables determinadas.

Filtración en caliente II

Filtración magnética de suspensiones acuosas de magnetita

por R. Jiménez Rebagliati y S. J. Liberman*

El método de filtración magnética se basa en la propiedad que presentan las partículas magnéticas en suspensión de depositarse por acción de un gradiente de campo magnético durante su pasaje a través de una matriz filtrante adecuada.

La ventaja del método, además de su especificidad en la separación de partículas del medio, consiste en la evacuación del filtro en forma rápida y efectiva por interrupción del campo magnético en forma simultánea con el lavado del mismo.

* Departamento Química de Reactores. C.N.E.A.

La técnica reúne las siguientes condiciones que le permiten operar como método de filtración caliente:

- Puede operar a presión y temperatura elevadas.
- No introduce una pérdida de carga apreciable en el circuito.
- Permite la separación de partículas muy pequeñas ($< 1\mu\text{m}$).
- Puede limpiarse en línea produciendo un volumen de efluentes pequeño.

Estas ventajas del método provocaron una amplia difusión de los filtros magnéticos en plantas de recuperación de minerales, en centrales nucleares, térmicas, etcétera.¹⁻⁵

En el presente trabajo se estudió en escala de laboratorio la influencia del caudal, la concentración y la temperatura en la filtración magnética de suspensiones acuosas de Fe_3O_4 utilizando un filtro similar a los instalados por KWU en sus plantas nucleares.

Consideraciones teóricas

El cálculo de la eficiencia de retención para un filtro magnético se basa en la resolución de la ecuación que gobierna el depósito de las partículas:

$$v \frac{\partial c}{\partial L} = J \quad (1)$$

v: velocidad del fluido.

c: concentración de partículas en la suspensión.

L: longitud del filtro.

J: número de partículas que se depositan en la unidad de volumen y

Se considera que el depósito produce como consecuencia de un balance entre la fuerza magnética F_M y la de arrastre viscoso F_A . La contribución de las otras fuerzas que actúan sobre la partícula (sedimentación, inercia, interacción superficial) puede despreciarse para el caso de una matriz formada por bolitas de acero magnético.

$$F_M = \frac{4}{3} \pi \left(\frac{d}{2}\right)^3 \chi H \frac{\partial H}{\partial r} \quad (2)$$

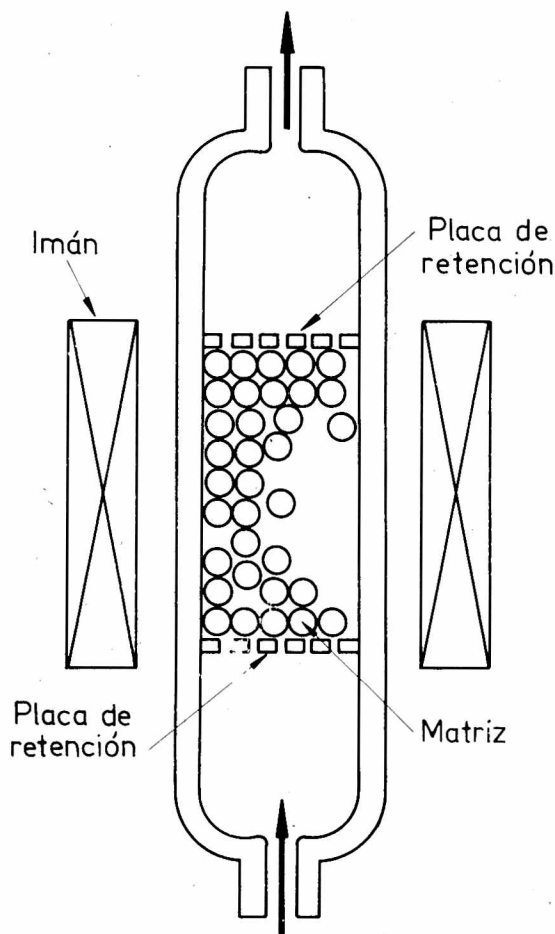
$$F_A = 3 \pi \eta d v \quad (3)$$

donde:

r : coordenada radial.

χ : susceptibilidad magnética de la partícula.

FLUJO DE SALIDA



FLUJO DE ENTRADA

Figura 1 : Filtro magnético.

d : diámetro de la partícula.

H : campo magnético.

η : viscosidad.

La ec. (2) muestra que la fuerza de atracción no sólo depende de la magnitud del campo magnético aplicado, sino también de su gradiente. Este efecto es utilizado comercialmente en el diseño de los filtros por alto gradiente de campo, donde se puede aumentar F_M para un mismo valor de H cambiando la geometría de la matriz.

Se obtiene la eficiencia de retención E para un filtro de bolitas de diámetro D como:

$$\ln(1 - E) = A M \chi d^2 \frac{H L}{D^2 \eta v} \quad (4)$$

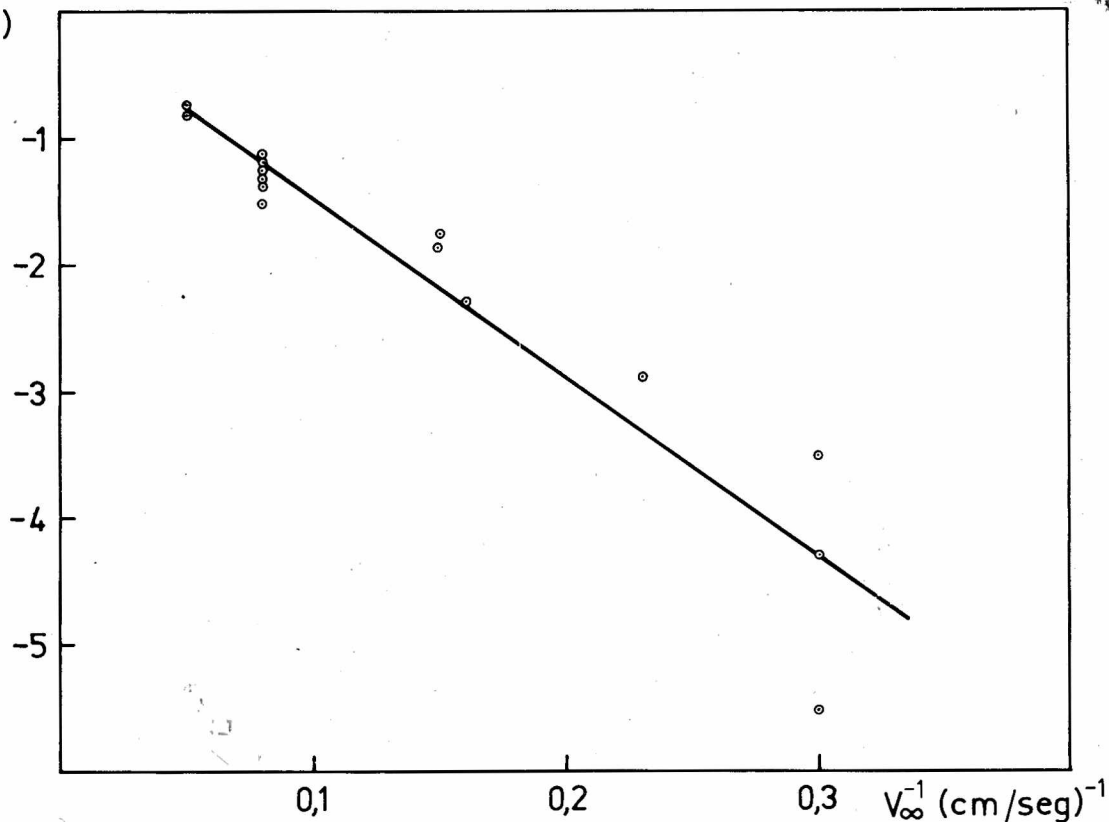


Figura 2 : Relación de la eficiencia con el caudal.

$$E = \frac{c_e - c_s}{c_e} \quad (5)$$

$$K = A M \chi d^2 \quad (6)$$

donde:

M: magnetización de saturación de las bolitas de la matriz.

A: constante función de la porosidad del filtro.

c_e y c_s : concentraciones de entrada y salida respectivamente.

K: constante del filtro.

Procedimiento experimental

Se utilizó un filtro magnético como el esquematizado en la Figura 1 que consta de una matriz de 8 cm de largo compuesta por 180 g de bolitas de acero inoxidable magnético de 0,31 cm de diámetro retenidas por dos difusores de nylon y colocados en un tubo de acrílico de 2,4 cm de diámetro situado simétricamente entre los polos de un imán permanente que proporciona un campo de 2,68 kG.

Este filtro se montó verticalmente en un sistema hidráulico similar al utilizado para el estudio de los filtros granulares de grafito⁶.

Se hizo circular una suspensión de magnetita BDH en agua desionizada y se determinó la concentración de hierro a la entrada y salida del filtro por colorimetría, utilizando el método del ácido tioglicólico o el del reactivo TPTZ^{7,8}, de acuerdo al rango de concentración de trabajo.

Se determinó el efecto del caudal a 20°C entre 0,9 y 5 l/min (3,3 – 18,4 cm/seg), el de la concentración entre 0,18 – 15 ppm y el de la temperatura de 20 a 85°C a caudal constante de 5,0 l/min.

Para las filtraciones a temperatura ambiente, en todos los casos se utilizaron 200 l de suspensión, mientras que a temperaturas mayores el volumen fue de 50 l. Las eficiencias calculadas corresponden al promedio de 10 a 15 valores de eficiencias individuales obtenidas durante el transcurso de cada filtración, no observándose en ningún caso desviaciones superiores al 5% en cada una de estas determinaciones respecto del promedio.

Resultados y discusión

1.- Efecto del caudal

La Figura 2 muestra la relación entre la velo-

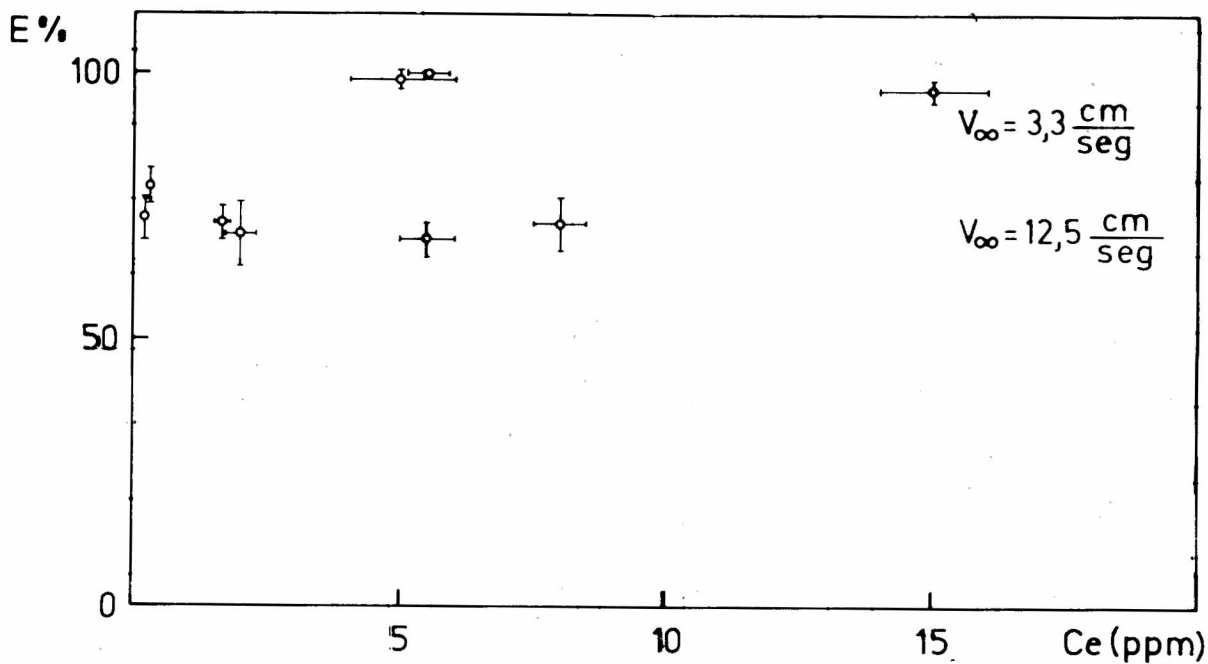


Figura 3 : Relación entre eficiencia y concentración.

cidad del fluido y la eficiencia de retención. La dependencia exponencial entre E y v que muestra la Figura 2 indica una disminución de la retención con el caudal del fluido de acuerdo con la ec. (4).

2.- Efecto de la concentración

La Figura 3 muestra la eficiencia de retención de la magnetita en función de la concentración, para diversos caudales. Estos resultados muestran en forma concluyente que para el rango de trabajo, la retención es independiente de la concentración.

3.- Pérdida de carga y capacidad de los filtros

La pérdida de carga aumenta en forma aproximadamente lineal con la masa de sólido depositada, con incrementos entre 2 y 6 (cm de agua/cm de lecho)/(g de Fe_3O_4 /kg de bolitas).

En cuanto a la masa total de sólidos depositados, varían entre 2,3 y 10,5 g por kg de bolitas, dependiendo de la velocidad y concentración de la suspensión, no habiéndose llegado en ningún caso a saturar el filtro. Estos valores son superiores a los dados por Heitmann en KWU¹ (2 g de sólido por kg de bolitas) para bolitas de 6 mm de diámetro y velocidades en el rango 20-40 cm/seg. La diferencia seguramente es una consecuencia de las condiciones más desfavorables para el depósito en este último caso.

4.- Efecto de la temperatura

La influencia de la temperatura en la reten-

ción de magnetita a caudal constante se muestra en la Figura 4. La dependencia exponencial de la viscosidad con la eficiencia indica un aumento en la retención con la temperatura y está de acuerdo a lo previsto por la ec. (4). La pequeña disminución de χ y M con el aumento de temperatura en el rango estudiado, no contribuye sensiblemente en los valores de E.

5.- Estimaciones para operación en planta

Con los resultados experimentales obtenidos se puede realizar una estimación para el filtro magnético proyectado en la purga del condensador de la CNA II cuyas características y ubicación son similares a las señaladas por Heitmann¹.

Este filtro utiliza un campo magnético de 1,88 kG (equivalentes a $1,5 \times 10^5$ A/m), tiene una longitud de matriz de 110 cm, un diámetro de bolitas de 6 mm y opera entre 50 y 60°C con velocidad de circulación entre 10,3 y 22,7 cm/seg. De acuerdo con los resultados encontrados en el presente trabajo, tal filtro debiera operar con una eficiencia entre 93 y 100%. Estas estimaciones están hechas suponiendo que las partículas a retener tienen un tamaño similar al de la magnetita comercial utilizada cuyo diámetro aproximado es de 1μ . Un tamaño de partícula menor, así como también una disminución en la susceptibilidad magnética (Fe_2O_3 en lugar de Fe_3O_4) provocarían una disminución de la eficiencia, tal como lo indica la ec. (4).

Para filtrar partículas más pequeñas y/o de

$\ln(1-E)$

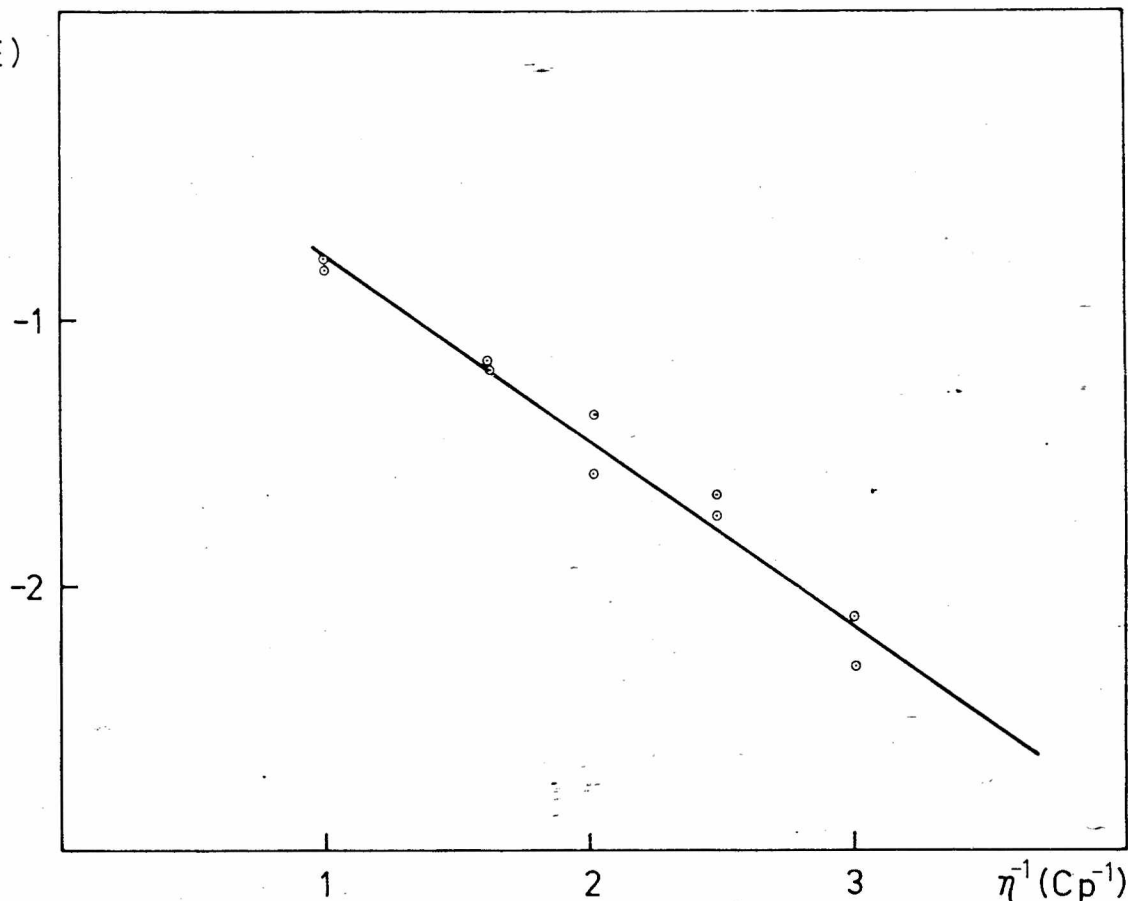


Figura 4 : Relación entre eficiencia y viscosidad.

menor susceptibilidad, es aconsejable utilizar matrices formadas por fibras de acero magnetizable y campos magnéticos superiores, como lo han demostrado experiencias recientes realizadas con suspensiones de Fe_2O_3 monodispersa⁹.

Conclusiones

- Se verificó el modelo teórico del filtro magnético respecto del caudal y la temperatura.
- Se encontró que la retención del filtro, dentro del rango estudiado, es independiente de la concentración.
- Se determinó la constante del filtro, lo que permite predecir su operación en condiciones de planta.

REFERENCIAS

- H. G. Heitmann. "Operating Experience with Electromagnetic Separators and their Application in the Water Steam Systems of Power Stations" Proc. 33RD Internat. Water Conf. p. 17. Pittsburgh (1972).
- H. E. Thexton. "High Temperature Filtration" in "Activity Transport in Candu's". AECL 5113, p. 59. Sep. (1975).
- E. J. Mouskal y W. T. Bourns. "High Flow Temperature Magnetic Filtrations of the Primary Heat Transport Coolant of the Candu Power Reactors" BNES Internat. Conf. Water Chem. of Nuclear Reactor Systems. p. 273. Oct. (1977).
- L. Dolle, P. Grandcollot, J. Chenouard y R. Darras. "Extraction of Insoluble Corrosion Products from the Water Circuits of Nuclear Power Station by Electromagnetic Filtration" Proc. of "The Second World Filtration Congress" p. 617. London (1979).
- J. A. Oberteuffer. "Magnetic Separator: A Review of Principles, Devices and Applications". IEEE Trans. Magnetics vol MAG.10, 223 (1974).
- R. Barbieri, E. K. de Blanco y S. J. Liberman. Filtración en Caliente. I. Energía Nuclear, trabajo anterior.
- Manual de Técnicas de Laboratorio, Central Nuclear Atucha.
- S. Ali y S. J. Liberman. "Determinación Espectrofotométrica de Fe en Bajas Concentraciones" IN-QR-C/17 (1981).
- S. J. Liberman y D. R. Kelland. Resultados no publicados. M.I.T. (1981).

SERVICIO I.A. 72