

Lixiviación del ^{137}Cs en matrices cementadas

Mario Mallaupoma*

Instituto Peruano de Energía Nuclear. Av. Canadá 1470, Lima 41, Perú

Abstract

The leaching rate of ^{137}Cs from the chemical treatment process in cement matrix has been studied. The solidification matrix was a standard Portland cement mixed with 5–10% of bentonite clay. The cement specimens were prepared from construction cement which is basically a standard Portland cement. The mixtures were cast into 50 mm diameter cylindrical molds with a height of 50 mm, which were then sealed and cured for 28 days prior to the leaching experiments. The leaching rates from the cement matrix for ^{137}Cs : 2×10^{-5} (cm/d), after 155 days were measured. The results presented in this paper are part of the results obtained in a 2 years concrete testing work which will be used for conditioning of sludge from the chemical precipitation of decontamination waste.

Keywords. Portland cement; Radioactive waste; Leaching rate; Waste management

1. Introducción

Considerando la operación del reactor de 10 MW en el Perú, se espera que se produzcan líquidos radiactivos contaminados con cesio-137, según el correspondiente informe de seguridad. Estos contaminantes deben ser separados utilizando la técnica de precipitación química y luego los lodos producidos serán inmovilizados por cementación. Por ello resulta de suma importancia investigar la lixiviación del contaminante en la matriz cementada.

Aunque el proceso de cementación presenta algunas características desfavorables como son el material solidificante, baja reducción de volumen y relativamente alta lixiviación, también presenta algunas ventajas como son buena resistencia mecánica, bajo costo, fácil operación y estabilidad térmica y a la radiación. Se considera que el agregado de algunos aditivos puede ayudar a reducir la correspondiente lixiviación. Por esta razón, en el presente trabajo se ha investigado la lixiviación del cesio-137 en una matriz de cemento.

2. Materiales y Métodos

Las matrices de cemento fueron preparadas utilizando los diversos tipos de cemento comerciales que son utilizados en la construcción y las cuales básicamente son cemento Portland (64,18% CaO, 21,86 % SiO₂; 4,81% Al₂O₃; 3,23% Fe₂O₃; 0,65 % K₂O; 0,15% Na₂O; 2,41% SO₃ and 0,96% MgO). El cemento fue mezclado con 100 gramos de agua conteniendo cesio-137 y bentonita. Las mezclas fueron introducidas

en moldes cilíndricos de 50 mm de diámetro y una altura de 50 mm, los cuales fueron sellados y curados por 28 días antes de los experimentos de lixiviación.

Se realizaron más de 80 formulaciones de morteros que fueron examinadas para optimizar sus propiedades de porción. En el presente trabajo se muestran los resultados obtenidos de tres formulaciones representativas. La composición química del cemento y de los aditivos se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1: Composición química de la matriz de cemento.

Muestras		M1	M2	M3
Relación de mezcla	Cemento (g)	293	263	263
	Agua (ml)	117	105	105
	Arcilla (10%) (g)	--	41	--
	Bentonita (10%) (g)	--	--	41
	Actividad Cs-137 (MBq)	80	71	71
	Actividad Co-60 (MBq)	107	96	96

3. Experimento

Las muestras para la prueba de lixiviación fueron preparadas de acuerdo con el procedimiento de la norma ISO 6961. La medición de la actividad del lixivante se realizó después de 1, 3, 7, 10, 14, 21 días y a partir de ese período cada semana por un mes y luego, cada mes hasta los 155 días. Para la

*Correspondencia autor: mmallaupoma@ipen.gob.pe

medición se utiliza un sistema multicanal con detector de Ioduro de sodio activado con talio. El volumen del lixiviante en cada período de lixiviación fue de 1100 ml.

4. Tratamiento matemático de los datos

Los resultados para la tasa de lixiviación se expresan en R_n (cm/d) :

$$R_n = \frac{(A_n \times V)}{(A_o \times S \times T_n)} \quad (1)$$

Donde: R_n es la tasa de lixiviación, A_n es la cantidad del radionucleido lixiviado en el espécimen (Bq), V es el volumen del espécimen (cm^3), S es el área superficial geométrica del espécimen inmerso en el lixiviante (cm^2) y T es el tiempo del n -th intervalo del lixiviante (d).

La fracción acumulada lixiviada, F_n , se calcula con la siguientes ecuación :

$$F_n = \frac{\sum A_n}{A_o} \quad (2)$$

Donde: F_n es la fracción acumulada lixiviada, A_n es la cantidad del radionucleido lixiviado en el intervalo n -th del lixiviante (Bq) y A_o es la cantidad del radionucleido en el espécimen (Bq).

5. Resultados y Discusión

Los resultados de las pruebas de lixiviación del lodo simulado inmovilizado producido en el tratamiento químico se presenta como tasa de lixiviación, R_n (cm/d) y asimismo se presenta la fracción lixiviada acumulada después de 155 días. La Tabla 2 muestra que los resultados son mejores en los casos de la matriz de cemento con 10% de bentonita.

Los resultados de las mediciones del espécimen se puede visualizar en la Tabla 2. La variación de tasa de lixiviación y la fracción lixiviada acumulada del cesio 137 con el tiempo se puede ver en las Figuras 1 y 2, respectivamente.

Tabla 2: Tasa de lixiviación y fracción acumulada lixiviada de ^{137}Cs de varias matrices cementadas.

Day	W/C = 0.40		W/C = 0.40 + 10% clay		W/C = 0.40 + 10% bentonita	
	R_n (cm/d)	F_n	R_n (cm/d)	F_n	R_n (cm/d)	F_n
1	5.21E-02	6.47E-02	3.69E-02	4.59E-02	2.57E-02	3.20E-02
3	1.36E-02	9.85E-02	8.80E-03	6.78E-02	4.43E-03	4.30E-02
7	5.00E-03	1.24E-01	3.50E-03	8.52E-02	2.34E-03	5.46E-02
10	5.90E-03	1.46E-01	1.10E-03	8.92E-02	1.14E-03	5.89E-02
14	4.30E-03	1.67E-01	8.00E-04	9.29E-02	4.40E-04	6.10E-02
21	2.30E-03	1.87E-01	4.00E-04	9.64E-02	2.00E-04	6.28E-02
28	2.20E-03	2.06E-01	3.00E-04	9.93E-02	2.10E-04	6.46E-02
35	8.00E-04	2.13E-01	3.00E-04	1.02E-01	1.10E-04	6.55E-02
65	1.60E-04	2.19E-01	6.00E-05	1.04E-01	2.00E-05	6.63E-02
95	1.40E-04	2.24E-01	6.00E-05	1.06E-01	2.00E-05	6.70E-02
126	1.30E-04	2.29E-01	5.00E-05	1.08E-01		
155	1.20E-04	2.33E-01	4.00E-05	1.09E-01		

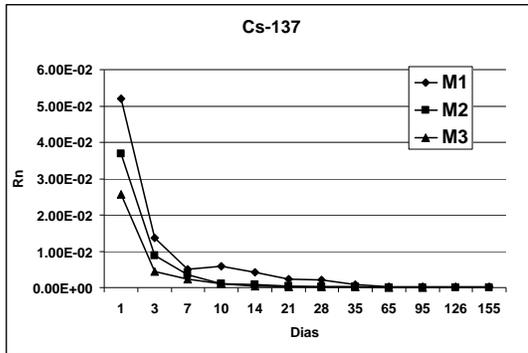


Figura 1: Tasa de lixiviación (Rn) de ¹³⁷Cs en varias matrices cementadas.

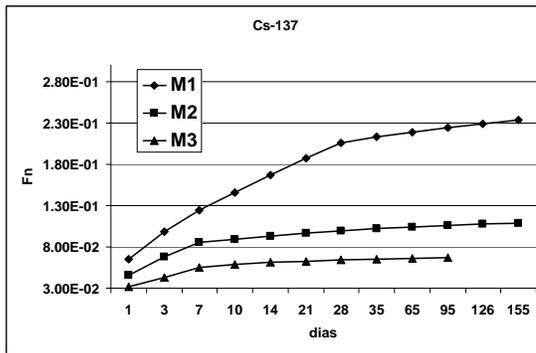


Figura 2: Fracción lixiviada acumulada de ¹³⁷Cs de varias matrices cementadas.

5. Conclusión

Considerando el proceso de inmovilización para residuos tratados se seleccionó el método de cementación. Los resultados muestran que la tasa de lixiviación en las matrices de cemento preparadas con aditivos de bentonita y arcillas fue relativamente baja.

6. Referencias

- [1] International Atomic Energy Agency. Chemical treatment of radioactive wastes. Technical Report Series No. 89, Vienna: Austria, 1968.
- [2] International Atomic Energy Agency. Treatment technologies for low and intermediate level wastes from nuclear applications. IAEA-TECDOC-929, Vienna: Austria; 1997.
- [3] International Atomic Energy Agency. Conditioning of low and intermediate level waste. Technical Report Series No. 222. Vienna: Austria; 1983.
- [4] International Atomic Energy Agency. Chemical precipitation processes for the treatment of aqueous radioactive waste. Technical Report Series No. 337. Vienna: Austria; (1992).
- [5] International Atomic Energy Agency. Improved Cement Solidification of Low and intermediate level radioactive waste. Technical Report Series No. 350. Vienna: Austria; 1993.
- [6] International Atomic Energy Agency. Status of technology for volume reduction and treatment of low and intermediate level solid radioactive waste. Technical Report Series No.360. Vienna: Austria; 1994.
- [7] International Atomic Energy Agency. Advances in technologies for the treatment of low and intermediate level radioactive liquid wastes. Technical Report Series No .370. Vienna: Austria; 1994.