

## Evaluación radiométrica de lodos en la Planta de Tratamiento de Efluentes Cloacales (PTEC)

Genaro Rodríguez\*, Walter Cruz, Álvaro Aguirre, Mario Mallaupoma

Planta de Gestión de Residuos Radiactivos, Instituto Peruano de Energía Nuclear,  
Av. Canadá 1470, Lima 41, Perú

### Resumen

Debido a la presencia de isótopos radiactivos como Co-60 y Cs-137 en lodos procedentes de la Planta de Tratamiento Efluentes Cloacales (PTEC), se realizó un reconocimiento de las condiciones en que se encontraban estos lodos, monitoreando la presencia radiactiva, dimensionando su acumulación y evaluando las acciones de remediación. Los lodos observados registraron la presencia de Co-60 principalmente, en una cantidad significativa que ameritaba una respuesta técnica y operativa. La dosis determinada no supera los límites establecidos por la normativa nacional, que se encuentran por debajo de las concentraciones exentas. El presente artículo describe los trabajos realizados.

### Abstract

Due to the presence of radiation contamination in sludge from the sewage treatment plant (PTEC), a recognition study of the sludge conditions that comprises, monitoring radioactive presence, measurement of its accumulation and evaluation of the remedial action was performed. In the studied sludge the presence of cobalt-60 was observed in a significant amount which warranted a technical and operational response. The observed dose does not exceed the limits set by national law. This article describes the work carried out.

### 1. Introducción

A fines del año 2007, se reporta la presencia de contaminación radiactiva en los lodos procedentes de la PTEC [1], recomendándose la gestión del lodo seco como residuo radiactivo, por indicios de presencia de Cobalto-60. Asimismo, se considera que los niveles de exposición en el sedimento seco se hallan por encima del fondo natural.

Inicialmente, una explicación sobre esta ocurrencia nos llevó a examinar que las fuentes probables son las que provienen de los efluentes del reactor RP-10 y la Planta de Producción de Radioisótopos (PPR). Los exámenes radiométricos indican la presencia de radioisótopos de vida corta y Cobalto-60 y Cesio-137, que son de interés radiosanitario, por debajo de las concentraciones exentas autorizadas. Cabe observar también que el Cobalto-60, se genera por activación y no por fisión, que es el caso del Cesio-137.

Los radioisótopos detectados se han acumulado por sedimentación, ya que tienen el mismo comportamiento químico que los elementos metálicos. Este proceso acumu-

lativo puede ser considerado a partir del período promedio de descarga de los efluentes activos del RP-10 y PPR.

Se muestra el análisis radiológico con la evaluación de las concentraciones radiactivas, en comparación con los límites establecidos por la Autoridad Nacional para considerar las opciones de remediación que se expresaron en un informe de la PGRR [2].

### 2. Datos radiométricos

En la Tabla 1 se muestran los datos encontrados en el análisis radiométrico; adicionalmente, en el lugar monitoreado se registra la tasa de exposición con los siguientes datos:

**Valor de máxima lectura en los lodos secos:** 1,30  $\mu\text{Sv/h}$ , en contacto.

**Valor de lectura en los lotes de lodos secos:** 0,30  $\mu\text{Sv/h}$ , en contacto.

---

\* Correspondencia autor: grodriguez@ipen.gob.pe

**Valor de fondo natural:** 0,09  $\mu\text{Sv/h}$  Modelo X-50 DE, PGRR.  
tomados con el monitor de radiación, Graetz,

**Tabla 1.** Resultados de análisis COAM-PTRA.

N°	Muestra	Ubicación	I-131 (Bq/kg)	Cs-137 (Bq/kg)	Cs-134 (Bq/kg)	Zn-65 (Bq/kg)	Co-60 (Bq/kg)
1	Lodo seco	Lote 1	<1	34	54	<1	645
2	Lodo seco	Lote 2	<1	6	75	8	737
3	Lodo seco	Lote 3	<1	32	131	7	1 742
4	Lodo fresco	Poza 1	1 141	<1	159	<1	881
5	Lodo fresco	Poza 2	2 010	<1	---	<1	974
6	Lodo fresco	Poza 3	4 347	13	98	<1	820
	Concentración exenta		100 000	10 000	10 000	10 000	10 000
<b>Concentración Promedio (1-6)</b>			<b>1250.17</b>	<b>14.50</b>	<b>86.17</b>	<b>3.17</b>	<b>966.5</b>

En la evaluación de la presencia ambiental de los radioisótopos, también se destaca los límites de excepción por debajo de los cuales no hay restricciones de evacuación y los límites para desclasificarla de la gestión de residuos radiactivos. Las Normas Básicas de Seguridad [3] y el Reglamento de Protección Radiológica [4] establecen los límites de excepción, tanto para la actividad en unidades de Becquerelio (Bq) y Bq/gramo e indican considerar materiales exentos cuando la tasa equivalente efectiva anual es de 10  $\mu\text{Sv}$  (micro Sievert).

Para efectos de la evaluación, a partir de la Ecuación (1) tomando como referencia el Límite de Dosis (L) equivalente para el público de 01 mSv/año, se tiene:

$$\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{(\text{Límite excepción})_i} \quad (1)$$

donde:

$C_i$  : Concentración de la actividad para cada radioisótopo.

$L_i$  : Concentraciones de actividad límites para cada radioisótopo.

La ecuación se recomienda usar para cantidades moderadas de materiales, no más de 01 tonelada. En el caso de los lodos (Fotos 1 y 2), la acumulación total, equivale a un aproximado de 54,9 Toneladas (54900 kg), por lo cual está planteado una ampliación de la evaluación de la seguridad radiológica, considerando los modelos dosimétricos, así la tasa de dosis estén indicando valores cercanos al ambiente natural.



**Figura 1.** Monitoreo de lodos secos contaminados cerca a la PTEC.

### 3. Evaluación radiológica

Extendiendo los datos señalados, se obtiene la siguiente Tabla 2:

**Tabla 2.** Comparación de concentración de lodos con los límites de excepción [3].

<i>Radioisótopo</i>	<i>Semi Vida (T<sub>1/2</sub>)</i>	<i>Valor más alto en CI(Bq/Kg)</i>	<i>Niveles de excepción C0(Bq/Kg)</i>	<i>Razón (CI / C0)</i>	<i>Nivel de impacto</i>
<b>I-131</b>	8.04 <b>d</b>	4347	100 000	0,0437	Decaimiento rápido
<b>Cs-137</b>	30 <b>a</b>	34	10 000	0,0034	Evaluar impacto
<b>Cs-134</b>	2.06 <b>a</b>	159	10 000	0,0159	No hay impacto
<b>Zn-65</b>	244 <b>d</b>	8	10 000	0,0008	No hay impacto
<b>Co-60</b>	5.27 <b>a</b>	1742	10 000	0,1742	Evaluar impacto

Valores de C1 (Bq/kg) trasladados a la ecuación (1) y comparados con las concentraciones límites de cada radioisótopo detectado, se tiene:

$$L = \frac{4347}{10^5} + \frac{34}{10^4} + \frac{159}{10^4} + \frac{8}{10^4} + \frac{1742}{10^5} = 0,237 \leq 1$$

Resultados que en una primera evaluación nos permiten determinar niveles por debajo de las normas referenciales de límite de dosis. Sin embargo, bajo la observación con respecto a la actividad promedio de la masa de lodos, con los radioisótopos detectados, en la Tabla 3 valores lejos de la concentración exenta.

**Tabla 3.** Comparación de actividad con los niveles de excepción [4].

<i>Radioisótopo</i>	<i>Concentración promedio (Bq/kg)</i>	<i>Masa de residuo (kg)</i>	<i>Actividad A<sub>1</sub> (MBq)</i>	<i>(*) Nivel de excepción A<sub>0</sub> (MBq)</i>	<i>Relación de exceso A<sub>1</sub>/A<sub>0</sub></i>
I-131	1250,17	54 900	68,668	1	68,65
Cs-137	14,50	54 900	0,796	0,01	79,65
Cs-134	86,17	54 900	4,731	0,01	473.20
Zn-65	3,17	54 900	0,174	1	0,174
Co-60	966,5	54 900	53,060	0,1	530,80

La masa de residuo es una aproximación gruesa por el volumen irregular y una densidad variable por la formación de granos finos y gruesos del lodo seco cercano, donde la presencia del Cobalto-60 se revela como el de mayor relación de exceso, en el cual gravita también el período de decaimiento a 5 años.

El estudio también evalúa el impacto debido a las condiciones de masa mayor a 1 tonelada y la presencia de radioisótopos de interés. Este impacto puede y debe hacerse tomando en cuenta la aplicación de modelos dosimétricos ambientales que considera inhalación e ingestión del polvo, la ingestión de aguas bajo excavación de pozo y la exposición externa por irradiación en

referencia al grupo crítico o la población más cercana. Una evaluación de este tipo, exige otros datos de entrada como la tasa de inhalación, fracción de permanencia, factor de dispersión del polvo, coeficiente de adsorción (Kd) líquido/sólido y otros parámetros experimentales orientados a establecer la dosis en Sv/año, que bien puede ser comparado con una reducción de la dosis límite al público.

#### 4. Conclusiones y Recomendaciones

a) Los valores obtenidos en el monitoreo y evaluación de dosis se encuentran por debajo de las cantidades exentas establecidos por la normativa.

b) La identificación de radioisótopos de interés radiosanitario y sus períodos de semidesintegración, implican disponer las medidas apropiadas de remediación como es la construcción de un recinto de concreto tipo piscina, a fin de optar por un tratamiento seguro a estos lodos.

c) Ampliar el análisis sobre el impacto ambiental utilizando modelos dosimétricos que permita responder ante problemas mayores de impacto de los residuos radiactivos.

## 5. Referencias

[1] Instituto Peruano de Energía Nuclear. Evaluación radiológica ambiental de la Planta

de Tratamiento de Efluentes Cloacales. [Informe interno de COAM ]; 2007.

[2] Instituto Peruano de Energía Nuclear. 2008. Informe sobre los residuos de PTEC y medidas a tomar. [Informe Técnico N° 11-08-PGRR); 2008.

[3] International Atomic Energy Agency. International basic safety standards for protection against ionizing radiation and for the safety of radiation sources. Safety Series, N° 115. Vienna: Austria; 1996.

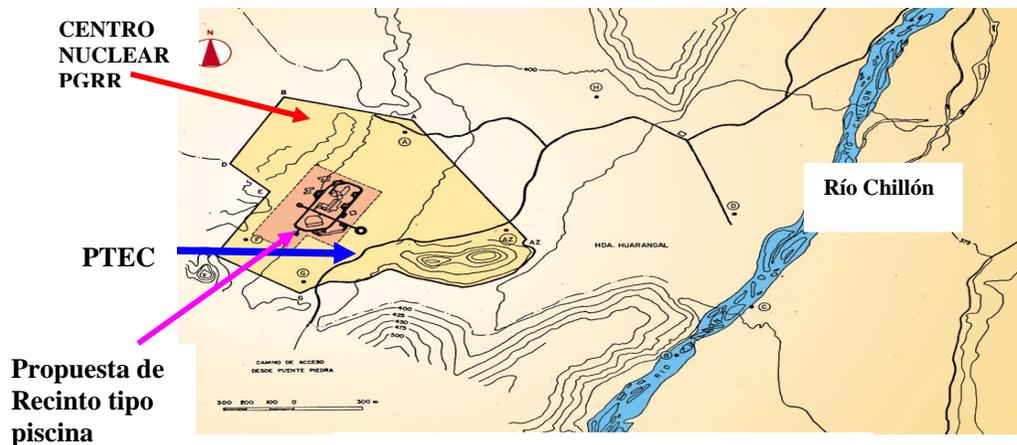
[4] Instituto Peruano de Energía Nuclear. Reglamento de Seguridad Radiológica. Lima: Perú; 1997.



**Figura 2.** Lodos secos contaminados distantes a la PTEC.



**Figura 3.** Lodos en la Piscinas de Lecho Filtrado.



**Figura 4.** Plano de ubicación del PTEC.