

Ingeniería y gestión ambiental de la minería del uranio en el sitio Malargüe, Mendoza, Argentina.

Engineering and environmental management of uranium mining at the Malargüe site, Mendoza, Argentina.

Juan Guillermo Díaz & Ernesto R. Barari
CNEA, Argentina, juanguillermodia@ceea.gov.ar

RESUMEN:

La Comisión Nacional de Energía Atómica Argentina, a través del Proyecto de Restitución Ambiental de la Minería del Uranio, ejecutó el proyecto de gestión definitiva de 700.000 t de colas de mineral de uranio en el Sitio Malargüe. Allí se efectuaron los trabajos ingenieriles necesarios y, durante los trabajos de obra, tareas de monitoreo radiológico incluidas en el plan de monitoreo ambiental.

Para una gestión segura, se realizó el monitoreo continuo de los trabajos realizados en los pasivos, se controlaron las variables radiológicas en cumplimiento de regulaciones nacionales y en concordancia con recomendaciones internacionales, para asegurar las condiciones de seguridad del personal ocupacionalmente expuesto que trabaja en el Sitio y la población en general. Con el uso de moderno equipamiento de medición y la aplicación de técnicas, metodologías y procedimientos se analizaron datos desde el año 2.010, año de reactivación del proyecto, evaluándose parámetros radiológicos ambientales y ocupacionales.

Del análisis de los datos obtenidos como resultado de las mediciones se deduce que las condiciones radiológicas ambientales en los alrededores del sitio durante la gestión son similares al fondo de radiación natural del emplazamiento y que los trabajadores recibieron dosis muy por debajo de los límites establecidos.

Asimismo, las mediciones de tasa de dosis y emanaciones de radón en áreas ya rehabilitadas confirman no sólo las buenas prácticas empleadas, sino también la eficacia de la solución de ingeniería propuesta.

ABSTRACT:

The Argentine National Atomic Energy Commission, through the Uranium Mining Environmental Restoration Project, carried out the final management project for 700,000 tons of uranium ore tailings at the Malargüe Site. The necessary engineering work was carried out there and, during the construction work, radiological monitoring tasks included in the environmental monitoring plan were performed.

For safe management, continuous monitoring of the work carried out on the liabilities was performed, and radiological variables were controlled in compliance with national regulations and in accordance with international recommendations to ensure the safety of occupationally exposed personnel working at the site and the general population. Using modern measuring equipment and applying techniques, methodologies, and procedures, data from 2010, the year the project was reactivated, were analyzed, evaluating environmental and occupational radiological parameters.

Analysis of the data obtained as a result of the measurements shows that the environmental radiological conditions in the vicinity of the site during management are similar to the natural background radiation at the site and that workers received doses well below the established limits.

Likewise, measurements of dose rates and radon emissions in areas already rehabilitated confirm not only the good practices employed, but also their effectiveness.

PALABRAS CLAVE: Encapsulado Gestión Ambiental PRAMU-CNEA.

KEYWORDS: Encapsulation Environmental Management PRAMU-CNEA.

1 INTRODUCCIÓN.

Los trabajos que se realizaron en el Sitio Malargüe, permitieron proceder a la Clausura del mismo. Este está ubicado en el departamento del mismo nombre, en la Provincia de Mendoza. Las tareas de gestión se realizaron en el marco de la normativa que en la especie resulta aplicable y en particular de los requerimientos de la Autoridad Regulatoria Nuclear (ARN); la Ley Nacional de la Actividad Nuclear (N° 24.804); la Ley Nacional de Protección Ambiental para la Actividad Minera (N° 24.585); la Ley Provincial de Preservación del Ambiente de Mendoza (N° 5961), la Resolución N° 74/95 de aceptación de la ingeniería de detalle para la "Clausura del Complejo Fabril Malargüe", del Ministerio de Ambiente, Urbanismo y Vivienda de la Provincia de Mendoza y la aprobación de la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) por Resolución N° 738/1997 de la Provincia de Mendoza. Se debe tomar en consideración que en el Sitio Malargüe se realizaron tareas de concentración de minerales de uranio, entre los años 1954 a 1986, lo que dio lugar a la acumulación

de 700.000 t de colas de mineral en el predio, que fueron objeto de la gestión. Las obras de clausura realizadas permitieron el acondicionamiento de las colas mineras, logrando su estabilización en el largo plazo y asegurando que la liberación de contaminantes al ambiente se mantenga por debajo de límites aceptables, respetando el principio ALARA (impacto tan bajo como razonablemente sea posible alcanzar).

2 UBICACIÓN.

El Sitio Malargüe se encuentra en el extremo NE de la ciudad de Malargüe. La misma, es cabecera departamental y se encuentra a 207 kilómetros al SO de San Rafael, ciudad más cercana, a la que se llega sobre pavimento por las rutas nacionales 40 (Malargüe-El Sosneado) y 144 (El Sosneado-San Rafael). A la ciudad de Mendoza, se accede por la ruta nacional 40 (traza vieja), y la distancia es de 344 kilómetros.

3 DESECHOS MINERALES.

Los residuos acumulados al final de la operación de la planta están constituidos principalmente por los residuos sólidos del mineral tratado y aquellos provenientes del proceso de neutralización de la pulpa estéril o colas del proceso.

La pila de residuos sólidos (compuesta por las zonas A, B, C y D) se encontraba ubicada en el extremo SE del predio donde actualmente se halla la Comisión Nacional de Energía Atómica. Ver Fig. 1. La pila propiamente dicha ocupaba una superficie aproximada de 60.000 m², más un talud construido con residuos de pilas de lixiviación que encierra una superficie ligeramente superior a los 27.000 m², pero sin contenido de residuos en su interior (sector Abis). La altura promedio de la pila de sólidos era de 6 m.

El volumen total acumulado compuesto por la pila de residuos propiamente dicha y el material de talud era de aproximadamente 475.000 m³ y la cantidad total de material almacenado se estimó en 700.000 toneladas.

La distribución de tamaño del material acumulado era heterogénea debido a las distintas procedencias y a los procesos físicos y químicos sufridos en las distintas etapas del proceso.

Sin embargo, los ensayos granulométricos demostraron que más del 80 % del material pasaba el tamiz N°40 (420µ).

4 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE GESTIÓN.

La alternativa de remediación para las colas de mineral del CFM, fue seleccionada luego de realizar un estudio comparativo, teniendo en consideración las siguientes pautas básicas:

- Asegurar que la liberación de contaminantes al ambiente se mantenga debajo de los límites establecidos.
- Respetar el concepto de ALARA (As low as reasonable achievable = impacto tan bajo como razonablemente sea posible).
- Asegurar que no se produzcan asentamientos permanentes en el sitio remediado y evitar el uso de las colas como material de relleno o construcción.
- Asegurar que las obras que se efectúen sean de un diseño tal que lleven a una minimización del mantenimiento y control institucional.
- No generar nuevas zonas de acumulación de residuos.
- Cualquiera sea la alternativa elegida, poner restricciones al uso agrícola de la tierra.
- Establecer un período de verificación para evaluar la evolución del sistema adoptado, con relación al modelo utilizado.

Las alternativas evaluadas fueron:

- Dejar las colas de mineral en el estado actual (no ejecución del Proyecto).
- Gestión en el emplazamiento actual.
- Gestión con desplazamiento en el predio actual.
- Gestión en zona sur.
- Gestión en el Complejo Minero Fabril San Rafael.

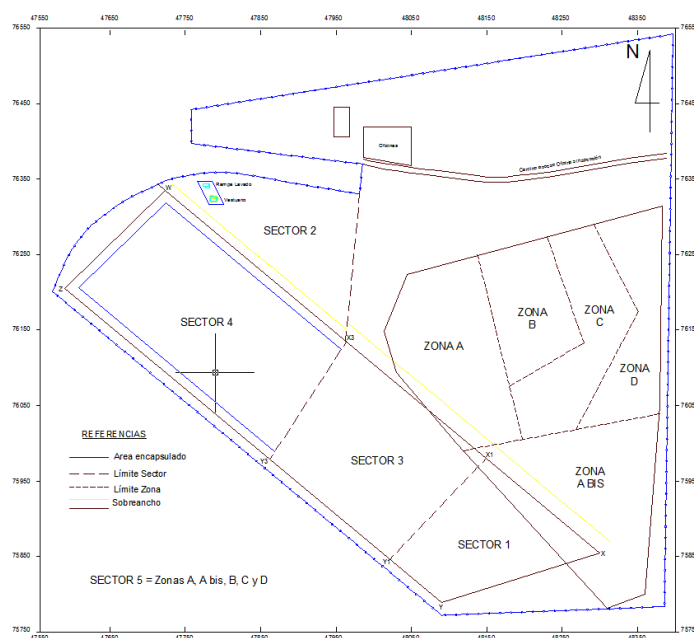


Figura 1 – Sectorización del Sitio.

5. ALTERNATIVA SELECCIONADA

La alternativa seleccionada consistió en la gestión con desplazamiento en el predio actual, construyéndose un encapsulado para aislar totalmente las colas del medio ambiente con barreras ingenieriles adecuadas, incorporándose asimismo un sistema de drenaje semiperimetral con el objeto de deprimir el nivel del agua freática bajo la zona del nuevo emplazamiento. Para la limpieza de las áreas del CFM impactadas por la actividad industrial se realizó la remoción del material del piso y su incorporación al encapsulado, y el relleno de las zonas limpiadas con suelos naturales de la zona. Se establece un período de verificación de 20 años para evaluar la evolución del sistema adoptado y se impondrán limitaciones al uso de la tierra, evitando asentamientos permanentes de personas, perforaciones en la zona restituida y cualquier actividad que pudiera afectar el encapsulado. Se informó a las autoridades comunales que deberán tener especial consideración con el predio restaurado, en la estructuración de futuros planes urbanísticos de la ciudad.

6 CONFORMACIÓN DE LA GEOMETRÍA

La conformación de la geometría del terraplén fue condicionada por su ubicación en el área del predio, y fue diseñada tomando

en consideración fundamentalmente, los niveles freáticos, atendiendo a la importancia que reviste este factor en la obtención de condiciones adecuadas para conseguir la estabilización de las colas a largo plazo. La forma de la estructura diseñada para encapsular los residuos responde a un tronco de pirámide, cuyas bases tienen la forma de un trapecio rectángulo; habiéndose tomado en consideración para la definición de su altura, aspectos paisajísticos, tratando de lograr que la morfología final acompañe los rasgos generales naturales de la zona.

De acuerdo a los condicionamientos existentes, a los volúmenes de residuos a gestionar y a las condiciones de estabilidad requeridas, se establecieron las siguientes dimensiones:

Altura total: 11 m.

Base mayor: largo mayor 750 m, largo menor 650 m, ancho 185 m.

Base menor: largo mayor 673,5 m, largo menor 573,5 m, ancho 108,5 m.

Talud final: 1 V:5 H; Talud de colas de mineral: 1V:4 H.

Pendiente superior, transversal al eje longitudinal del sistema: 0,65%, a dos aguas (en todos los materiales de la multicapa).

7 ENCAPSULADO. MATERIALES Y FUNCIONES.

Base. Ver fig. 2.

El encapsulado consiste en un sistema de contención que contempla las siguientes etapas:

Suelo Natural compactado: se escarificó el piso en un espesor de 70 cm y luego se recompactó a niveles establecidos de proyecto. Esto permite que ante discontinuidades de resistencia en las 11 hectáreas que ocupa el encapsulado, se subsanen y la respuesta a la carga sea homogénea.

Capa de grava: se coloca una capa de grava de 0,40 m de espesor, siendo esta una grava bien graduada, colocada a niveles de compactación de proyecto y con pendiente en la dirección natural de las pendientes del terreno. Esta capa ofrece la ruptura de la ascensión capilar del agua freática y ante una subida extraordinaria de la misma permite su rápido drenaje.

Capa de suelo areno limoso: es un estrato de 0,15 m de espesor que actúa como interface entre la capa de grava y la arcilla, de modo de proteger que la misma se incorpore a la capa de grava.

Capa de arcilla: es un estrato de 0,50 m de espesor, compactado a los requerimientos del proyecto, cuya función es evitar el ingreso de agua al sistema por crecientes extraordinarias.

Colas de mineral: el material fue colocado en capas, según requerimientos de proyecto, neutralizado con cal hasta alcanzar un pH entre 7 y 8.

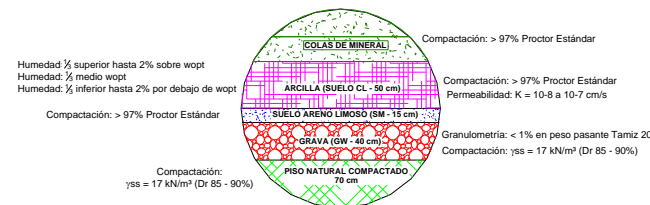


Figura 2 – Esquema de construcción de la base del encapsulado.

Taludes. Ver fig. 3

Los taludes fueron construidos de adentro hacia afuera con la siguiente secuencia: colas de mineral, arcilla, suelo areno limoso, roca.

La capa de arcilla tiene un espesor de 0,50 m, la de suelo areno

limoso es variable en espesor, con un mínimo de 0,80 m y una capa de roca de 0,50 m de espesor.

La función de la capa de arcilla es proteger del ingreso de agua de lluvia al sistema y minimizar la emanación de gas radón a la atmósfera; el suelo areno limoso protege a la arcilla contra la desecación y la capa de roca minimiza el intemperismo (lluvia, viento, nieve).

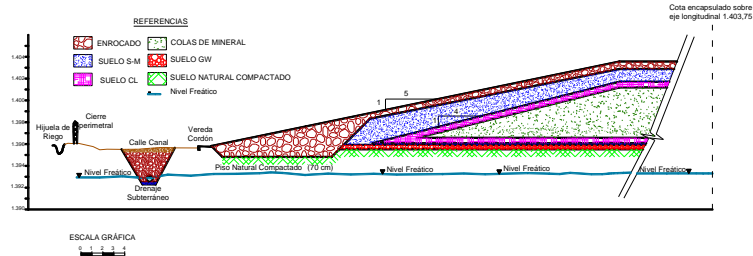


Figura 3 – Esquema de construcción de los taludes del encapsulado.

Techo. Ver fig. 4

La construcción de la parte superior comprende de abajo hacia arriba los siguientes materiales: arcilla con un espesor de 0,50 m, suelo areno limoso en un estrato de 0,80 m y roca con un espesor de 0,50 m. La función de cada capa es idéntica a la descrita para los taludes.

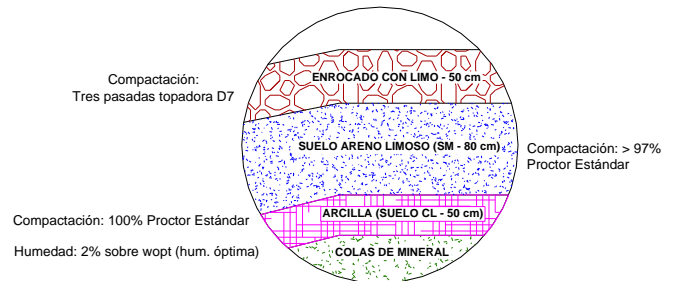


Figura 4 – Esquema de construcción del techo del encapsulado.

La figura 5 muestra una fotografía de la construcción del encapsulado terminado



Figura 5 – Encapsulado concluido.

8 EFICIENCIA ESPERADA DE LAS ACCIONES DE REMEDIACIÓN

La cubierta multicapa disminuirá la emanación de radón de las colas a valores de 0,12 Bq/m²s, valor muy bajo comparado con los que se presentaban con las colas sin gestionar, que era del

orden de 6-10 Bq/m²s. La radiación de fondo no deberá superar 20 μ rad/h por encima del fondo de la zona.

El drenaje subterráneo baja el nivel freático a una distancia variable, que para el caso de mayor aproximación (calculado en base a un modelo matemático) será 1,5 m a partir de la base de las colas, en el nuevo emplazamiento. Mejora notablemente la situación respecto a la inicial, donde en ciertos periodos del año, con alta recarga, el agua freática se ponía en contacto con el piso de colas sin gestionar.

La limpieza de pisos contaminados del sitio se llevó a cabo hasta lograr valores de 5 pCi/g por encima del fondo de los suelos de la zona. Los valores más comunes en el inicio de la gestión en áreas impactadas eran del orden de 30 a 100 pCi/g.

3 CONCLUSIONES

Las condiciones radiológicas ambientales en los alrededores del sitio durante la gestión son similares al fondo de radiación natural del emplazamiento.

Los valores correspondientes al personal ocupacionalmente expuesto en el Sitio Malargüe se encuentran muy por debajo de los límites de dosis establecidos por la Autoridad Regulatoria Nuclear, así mismo los valores radiológicos en suelo y de tasa de emanación de radón en las áreas ya remediadas se encuentran por debajo del estándar establecido por la US-EPA para sitios remediados.

La eficacia de la celda de confinamiento implementada queda en evidencia a través de la disminución de los valores de la tasa de emanación de Radón en taludes y cubierta, adaptándose a los estándares de US-EPA para sitios remediados.

5 REFERENCIAS

- Asenjo, A; Díaz, G; Giordano, N; Liseno, A; Meza, J; "Evaluación Ambiental Malargüe", IN-SNA/Pramu-M-001 Rev 0. 31 de mayo de 2007
- Barari, E; "Procedimiento General de Monitoreo Radiológico", PG-SNA/Pramu CT – 003, Rev.: 0. 2014
- Barari, E; "Monitoreo Radiológico 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2016 y 2017-Sitio Malargüe" IN-SNA/Pramu-M-033 Rev 0. IN-SNA/Pramu-M-042 Rev 0. IN-SNA/Pramu-M-048 Rev 0. IN-SNA/Pramu-M-050 Rev 0. M-IT-N°054. MA-IT-I-N°85-SR. IT-E-N° 103-SR. MA-IT-I-N°112-SR
- SEPR, APCNEAN, ICRP 103- "Recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección Radiológica". 2007.
- U.S EPA Standars for Uranium Mill Tailings "Criteria Relating to the Operation of Uranium Mills and the Disposition of Tailings or Wastes Produced by the Extraction or Concentration of Source Material from Ores Processed Primarily for Their Source Material Content- Appendix A to Part 40, 2011.
- ARN - Norma AR 10.1.1. rev. 3 "Norma básica de seguridad radiológica", 2003