

## **CLAUSURA DEL SITIO MALARGÜE DRENAJE SUBTERRÁNEO**

Giordano, N. y Liseno, A.  
CNEA – Unidad de Ejecución del Proyecto PRAMU.

### **ABSTRACT.**

An industrial uranium production facility stopped working in Malargüe city, Mendoza province. Nowadays, in that place there are 700,000 tons of solid tailings piles from the uranium minerals concentration process. They must be treated inside the site through engineering works included in the final closeout project.

This paper describes the project technical details of an underground drainage system, designed to depress the groundwater level and to be sure about the isolation of the solids to be treated from the groundwater.

The work was done by a private company, after public bidding process. At the moment the drainage system is in operation control stage.

### **OBJETIVO.**

La ingeniería de la obra de clausura del Sitio Malargüe, en la Provincia de Mendoza, se ha desarrollado contemplando una serie de acciones, las cuales en su conjunto, permitirán el acondicionamiento de las colas de la minería del uranio en el largo plazo y la rehabilitación del área afectada por la actividad industrial de la planta de concentración de minerales uraníferos.

Dentro de las barreras ingenieriles que aseguran la aislación de las colas de mineral del agua y por ende del ambiente, se ha diseñado un sistema de drenaje subterráneo con el objeto de deprimir el nivel de agua, o sea de mantener separada la base del sistema de confinamiento con el nivel freático del acuífero.

A partir de los datos básicos se desarrolló el proyecto constructivo, siendo una de las premisas de mayor importancia su inalterabilidad a largo plazo, pero previendo que si llegara a ser necesario cualquier mantenimiento se pudiera realizar sin perjuicio del encapsulado de las colas de mineral. Además, se debió tener muy en cuenta la homogeneidad de la permeabilidad del material que recubre la cañería de captación, para que la evacuación y por ende el abatimiento del nivel freático responda a las condiciones de diseño.

### **INTRODUCCIÓN.**

La necesidad de construcción de un sistema de drenaje se fundamenta en que, el predio del Complejo Fabril Malargüe (CFM) se ubica en una zona de quiebre de pendiente topográfica, y luego de períodos con crecimiento anormal en la cuenca de recarga, el

nivel freático tiene ascensos considerables, llegando a alcanzar la superficie en el extremo N y NE del área del Complejo.

El Sitio Malargüe, se ubica en el borde distal del cono de deyección del Río Malargüe y por ende en el cambio de pendiente de mayor intensidad, con la llanura aluvional de la Laguna Llacanelo. Esta situación hace que exista una extensa zona de dirección NO-SE, donde se producen una serie de lagunas formadas por afloramiento del agua freática a la superficie; el Sitio se ubica próximo al extremo NO, mencionado. La extensión que ocupan, esta serie de lagunas alineadas, es variable anualmente y depende fundamentalmente de la recarga producida en el área de captación.

La recarga del acuífero de Malargüe es producido, en su gran mayoría, por el Río Malargüe y en una magnitud muy inferior por las precipitaciones y el riego en la cuenca de captación. A su vez, el río presenta variaciones anuales muy importantes de caudales, relacionado directamente con las precipitaciones níveas de alta cordillera. De acuerdo al origen de la recarga, existe un lapso distinto para que esta llegue a repercutir en los niveles freáticos, del área tratada; la mas directa y de menor tiempo es el riego y la de mayor tiempo e importancia, son las referidas al Río Malargüe.

A partir de estas consideraciones, se puede concluir que las variaciones en los niveles freáticos anuales son muy importantes y muy difíciles de cuantificarlos con datos medios, de acuerdo a la estadística existente; no obstante, los meses de mayor altura piezométrica son mayo-junio, y los de menor altura noviembre-diciembre.

A efectos de controlar esta situación, se construyó el drenaje subterráneo que no permitirá que el agua freática se acerque a la base del sistema de confinamiento, a una distancia menor de 1,5 m y con una probabilidad de ocurrencia de una vez en 1000 años; para las condiciones simuladas en el modelo matemático, se ha considerado una duplicación de la capacidad de la cuenca de aporte del acuífero. Con esto se garantiza el mantenimiento del nivel freático, alejado de la base del sistema de confinamiento.

Los estudios realizados a fin de definir las características del drenaje fueron llevados a cabo por el INA (Instituto Nacional del Agua y del Ambiente, ex CRAS), por modelación matemática, teniendo en cuenta la recopilación estadística de los datos meteorológicos y la información tomada en los últimos años del estudio hidrogeológico del área, determinándose la conveniencia de construir un dren en el semiperímetro del sistema de contención de colas (bordes SO/NO), cuya capacidad de evacuación fuera de aproximadamente 532 l/s, para las condiciones de máximo ascenso del nivel freático. En la ilustración N° 1 y 2 se observan las isopiezas calculadas por modelación matemática; en el primer caso, sin el drenaje y en el segundo, con el dren en funcionamiento. La profundidad máxima proyectada de la cañería es de 3,86 m y una profundidad media de 2,68 m, con una mínima de 1,32 m (su ubicación se esquematiza en la ilustración N° 3).

## **CONSTRUCCIÓN.**

Las tareas de construcción se desarrollaron entre los meses de setiembre 1998 a febrero de 1999, en un período de bajante extraordinario del nivel freático.

Las etapas de trabajo consistieron en:

- a) zanjeo;

- b) colocación de la cama de asiento de arena;
- c) descenso de la cañería;
- d) alineación y nivelación de la cañería;
- e) colocación del material de filtro hasta tres cuartas partes del caño;
- f) verificación de deformaciones
- g) colocación de material de filtro y compactación del suelo un metro por encima de la cañería;
- h) relleno de la zanja hasta nivel de terreno y
- i) compactación del material utilizado.

A estas tareas deben agregarse:

- I) en el sector de captación:
  - j) colocación de los manguitos y relleno de juntas;
- II) en el sector de conducción:
  - k) empalme de la cañería.

### **Zanjeo**

La construcción se inició con el zanjeo mediante excavadora (ilustración N° 4), desde la desembocadura en el canal Dren Sur hacia la naciente, en la parte sur del encapsulado; de forma de ayudar en la depresión natural de la napa, en la medida que avanzaba la obra. Por el contrario, la colocación de la cañería, se trabajó desde el inicio hacia la desembocadura del dren.

Las tareas de zanjeo se realizaron sin mayores inconvenientes, con buen comportamiento del suelo, en prácticamente todo su recorrido. La zanja fue de forma trapecial con 1,4 m de ancho mínimo, en su parte inferior y la superior variable en función de la profundidad, teniendo en cuenta un ángulo de talud aproximado de 60°.

El tiempo de excavación efectivo fue de unos 35 días y se removieron aproximadamente 11.240 m<sup>3</sup> de suelo, con un equipo Atlas.

### **Cama de asiento de arena.**

La colocación de la cama de arena para el asiento de la cañería, se realizó de forma manual, utilizando una capa de 0,20 m de espesor de arena, con una granulometría preestablecida.

En los primeros 500 m, se pudo trabajar sin agua en el fondo de la excavación, pudiéndose realizar la compactación con rodillo manual. Luego del primer tramo, se trabajó en presencia de agua, con lo cual se debió bajar el nivel de la misma mediante bombas sumergibles, para permitir su colocación y compactado.

### **Descenso, alineación y nivelación de la cañería.**

El descenso de la cañería se realizó con retroexcavadora, mediante eslingas de algodón, y dirigiendo la cañería mediante tiros en forma manual.

La alineación se efectuó mediante el uso de teodolito, según el eje preestablecido en el proyecto, y produciendo los pequeños cambios de dirección de la cañería, en forma manual.

La nivelación se realizó a partir de puntos fijos definidos en la parte externa del predio, que fueron tomados como base; previo a la iniciación de los trabajos de cierre del Sitio y mediante un equipo de nivelación Topcon AT-G7.

### **Sector de captación.**

El sector de captación de 718 m de longitud, se compone de un tramo en diámetro de 500 mm y otro tramo de diámetro de 700 mm (ilustración N° 10). En ambos tramos se utilizaron caños de políester reforzado con fibra de vidrio (PRFV) de 6 m de longitud; colocados cada uno de ellos con una separación o sea con junta abierta, entre caños consecutivos. Sobre estas juntas abiertas, se colocaron elementos de unión de mayor diámetro (denominados manguitos) ubicados en forma concéntrica de 1,25 m de longitud, materializados con caños del mismo material de 900 mm y 1000 mm de diámetro, respectivamente.

La colocación de los manguitos se realizó manualmente, manteniendo la concentricidad con tacos de madera (ilustración N°5 y 6) y rellenando las juntas con piedra bocha de tamaño preestablecido en todo su perímetro; prestando especial cuidado en su colocación, para evitar la introducción de material dentro de la tubería (ilustración N°6 y 7).

### **Colocación del material de filtro.**

La utilización de cañería ciega o sea sin ranuración ni perforaciones, con solamente las juntas abiertas para la captación de agua; garantiza, una mejor condición de inalterabilidad a través del tiempo, pero teniendo la precaución de colocar el material de filtro adecuado, al rellenar el espacio libre entre la cañería y la excavación. Por lo tanto, una vez realizada la junta, se procedió al relleno del espacio mencionado, con material filtrante de granulometría preestablecida en límites estrechos (ilustración N° 7 y 8). El relleno fue descendido mediante el balde de la retroexcavadora, protegiendo a los caños con una manta de posibles golpes indeseables. La dispersión del material alrededor del caño se realizó manualmente, realizando compactación manual en capas de poco espesor, con la humedad adecuada y rellenando hasta las dos terceras partes de la altura del caño.

Al llegar a este punto de tapada de la cañería, se realiza la verificación de deformaciones de la cañería, con un comparador, teniendo límites establecidos a cumplir. Las deformaciones observadas, durante todo el transcurso de la obra, permanecieron por debajo de los parámetros fijados.

Controladas las deformaciones, se prosigue con la colocación y compactación del material de filtro, en capas de espesor y humedad adecuada; hasta totalizar 1 metro sobre el lomo de la cañería. La compactación manual era sustituida por mecánica a partir de los 0,20 m por encima del lomo del caño, utilizándose una plancha vibrante.

Concluida la capa de filtro, se prosigue con el relleno de grava de zanjeo, compactada mecánicamente, hasta alcanzar una altura aproximada de  $-0,30$  m del nivel de terreno natural. Los últimos centímetros, sobre todo en el tramo de conducción en el predio vecino, se colocó suelo apto para cultivo, sin compactación.

### **Sector de conducción.**

El sector de conducción (ilustración N° 9) se realizó con cañería de PRFV de 700 mm de diámetro, en tramos de 12 m, con uniones a espiga y enchufe con doble aro de goma. La unión de los caños se efectuó con la ayuda por empuje de la excavadora sobre el balde de la retroexcavadora, que apoyaba en el extremo del caño, facilitado por la colocación de grasa en la unión de los caños. Las pendientes medias de la cañería varían de acuerdo a las encontradas naturalmente en el terreno.

En este caso, las operaciones de descenso, alineación, nivelación y tapado de la cañería, son similares a las descritas para el sector de captación; solo que en este caso el material de relleno para el tapado de la cañería tenía una limitación de tamaño máximo y el resto de la zanja, consistió en grava de zanjeo sin restricciones de granulometría, compactada en capas, con la humedad adecuada y con un relleno de suelo apto para cultivo en los últimos 30 cm.

### **Elementos especiales.**

El sistema posee 6 cámaras de inspección, ubicadas en forma mas o menos equidistantes, con un diámetro de 700 mm; algunas (3) dentro del Sitio (ilustración N° 5 y 8) y las otras (3) en una propiedad vecina, que colinda hacia el norte. Las cámaras situadas en el predio de CNEA, cuentan con bocas de inspección niveladas con el terreno y con tapas de hierro fundido, de rápido acceso; las situadas en predio vecino, se encuentran enterradas lo que no impide realizar actividades normales de labranza de la tierra, pero con su ubicación perfectamente documentada, a través de puntos fijos bien identificados.

La desembocadura del drenaje (ilustración N° 11) se realiza en un desagüe a cielo abierto a través de una boca de descarga provista con una reja, construida en hierro redondo de  $\varnothing 16$  mm, con una malla de 0,15 m de separación, soldada en todas sus intersecciones. Su finalidad es evitar la entrada de animales y actuar de sostén de una tapa de cierre hermético; contemplada por exigencia de la autoridad regulatoria provincial del agua, previendo cualquier posibilidad de salida de contaminantes al ambiente. La boca además, tiene un recubrimiento con hormigón simple, en los últimos 9 m de cañería; y en el talud de la descarga se construyó una losa anclada, sobre el revestimiento del caño que se apoya en el fondo del canal de desagüe.

Próximo a la cámara N° 3, en un tramo recto y en terrenos de CNEA se localiza una brida en la parte superior de la cañería de conducción; a partir de la cual se pone en comunicación con la superficie del terreno, a través de un caño de PRFV de 100 mm de diámetro. El objetivo del mismo es tener acceso a la cañería y realizar los muestreos sistemáticos, para control químico de la calidad del agua y la medición de los caudales.

## **CONCLUSIONES.**

Se debe tener en cuenta que la obra se encuentra finalizada y en la etapa de verificación de su comportamiento, sobre todo por la modesta recarga del nivel freático que ha experimentado en los últimos años. Para poderlo corroborar, se debe esperar algún período de recarga más importante; tal vez, en el próximo año hidrológico se tenga esta posibilidad o sea que la recarga de una suba importante de los niveles freáticos y por lo tanto un incremento en el caudal de agua drenada, lo que posibilitaría comprobar su comportamiento.

No obstante lo antedicho, los caudales medidos en los meses que lleva de ejecución (ilustración N° 12), hace suponer que está operando satisfactoriamente de acuerdo a lo proyectado.

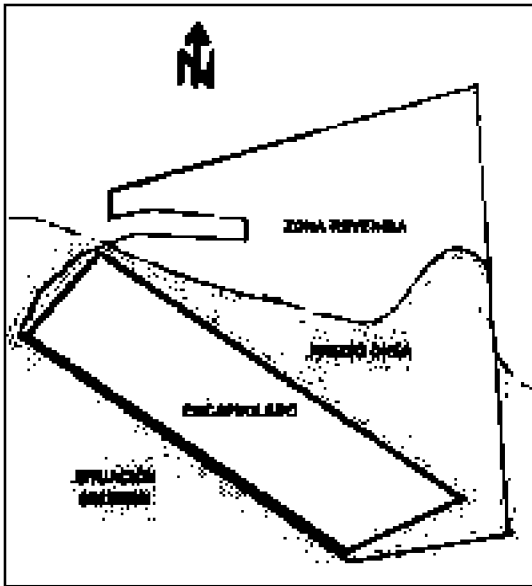


Ilustración N° 1  
Situación De Revenimiento Sin Dren

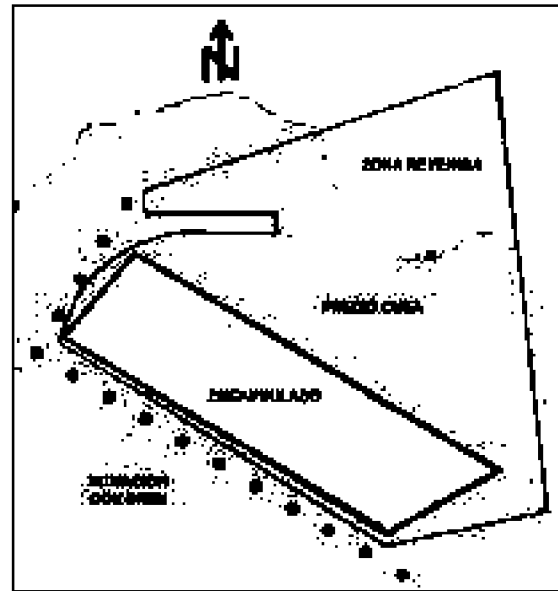


Ilustración N° 2  
Situación De Revenimiento Con Dren

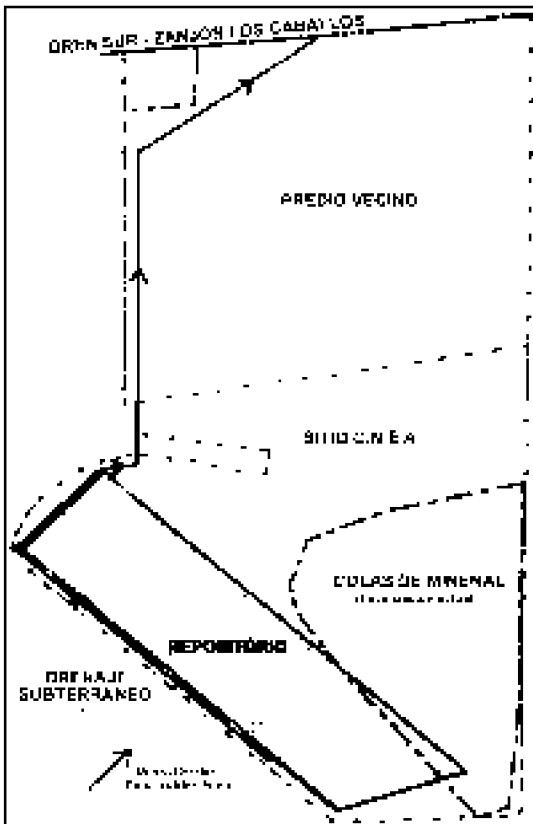


Ilustración N° 3  
Esquema De Ubicación



Ilustración N° 4  
Excavadora En Inicio De  
Tareas De Zanqueo



**Ilustración N° 5**  
**Cañería De Captación Con Una De Las**  
**Cámara S De Inspección**



**Ilustración N° 6**  
**Colocación Manual De La Piedra Bocha**  
**Para Relleno De Las Juntas Abiertas**



**Ilustración N° 7**  
**Vista De La Cámara De Inspección**  
**N° 3 Con El Proceso De**  
**Compactación Manual**



**Ilustración N° 8**  
**Vista Del Inicio Del Tramo De Captación**





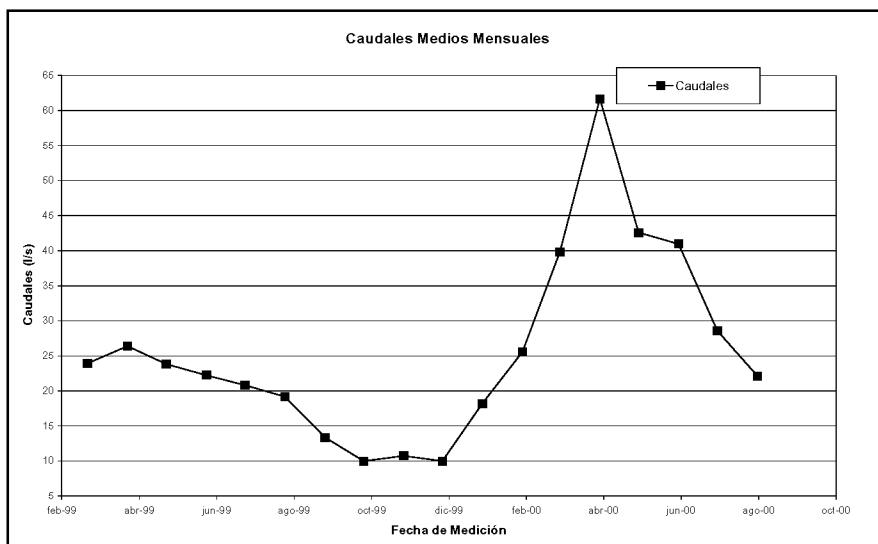
**Ilustración N° 9**  
**Vista Interna Sector De**  
**Conducción**



**Ilustración N° 10**  
**Vista Interna Sector De Captación**



**Ilustración N° 11**  
**Descarga en Dren Sur**



**Ilustración N°**  
**Caudal mensual medio**