

**COMPAÑIA MINERA SAN JUAN (PERÚ) S.A.**

**MONITOREO DE AGUA  
SUBTERRANEA**



**INFORME FINAL**

*PROYECTO 1-M-299-031*



**JUNIO, 2011**

## INDICE

1	OBJETO DEL ESTUDIO.....	1
2	PROCEDIMIENTO UTILIZADO .....	1
3	RESULTADOS OBTENIDOS.....	5
4	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	8

## 1 OBJETO DEL ESTUDIO

El objetivo del presente estudio es determinar si existen flujos de agua subterránea que conectan la poza de almacenamiento de agua para riego y abrevadero, que se encuentra ubicada en terreno de terceros en la ladera media del cerro Tamboraque, con el piezómetro P-6 ubicado en el Depósito de Relaves N° 1 y 2 de la Compañía Minera San Juan (Perú) S.A.

## 2 PROCEDIMIENTO UTILIZADO

Con la finalidad de verificar la existencia de un flujo subterráneo que conecta a la poza de almacenamiento de agua y el piezómetro P-6, se utilizaron trazadores químicos, los mismos que fueron monitoreados en las estaciones cuyas ubicaciones se indican en la tabla 1.

**Tabla 1: Ubicación de Estaciones de Monitoreo**

Estación	Descripción	Coordenadas UTM*		Altitud (msnm)	Distancia entre estaciones (m)
		Este (m)	Norte (m)		
P-6	Piezómetro P-6	357,946	8'697,716	3,003	515
M-1	Poza de almacenamiento de agua (abrevadero)	358,408	8'697,735	3,230	

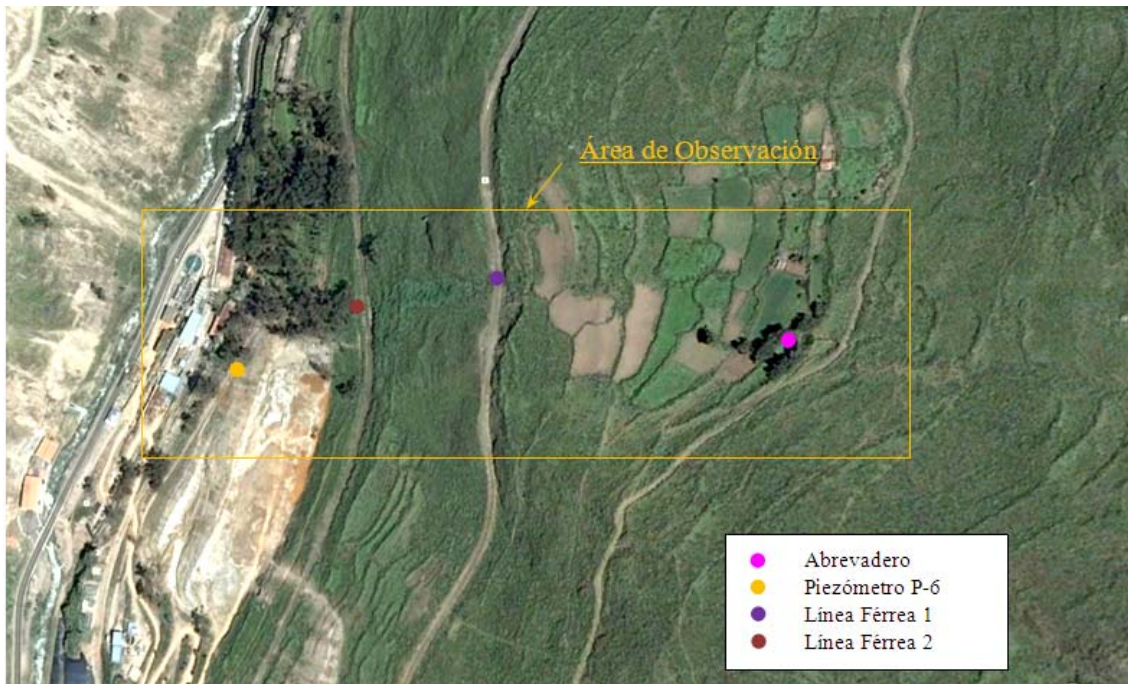
(\*) Datum PSAD-56 – Zona 18 S

Cabe indicar que para el monitoreo del agua en el piezómetro P-6 se ha tenido en cuenta el Protocolo de Monitoreo de Aguas Subterráneas del MEM, lo que confiere el debido rigor al trabajo de monitoreo.

En el presente estudio se tuvo en consideración que el agua de la poza de almacenamiento es utilizada con fines de riego y para consumo de animales, por lo que al elegir la composición química de los trazadores se requirió que estos no fueran tóxicos o nocivos para la salud humana. Asimismo, se precisa que para la ejecución del presente monitoreo de filtraciones se contó con la autorización previa del propietario de la poza de abrevadero.

Adicionalmente, los trabajos incluyeron el reconocimiento del área de estudio entre el abrevadero y el piezómetro, con la finalidad de identificar posibles afloramientos de agua en dicho trayecto (ver figura 1).

Figura 1: Ubicación de los Puntos de Monitoreo



En el presente estudio se han utilizado cloruros y nitratos como trazadores químicos, los que se caracterizan por su estabilidad en el tiempo. Asimismo, se han efectuado mediciones de la conductividad eléctrica (CE) ya que este parámetro de alta sensibilidad permite verificar la evolución espacial del flujo subterráneo entre ambos puntos de estudio.

Para el monitoreo de los trazadores se efectuaron tres campañas de mediciones, las mismas que describen a continuación.

### **Primera Campaña**

Se efectuó entre el 03 y 05 de febrero de 2011 y comprendió la medición directa en campo de la conductividad eléctrica (CE) mediante el uso de un equipo portátil (Sonda multi-paramétrica HANNA), utilizando como trazador cloruro sódico (NaCl). Asimismo, se determinaron in-situ los contenidos de cloruro en ambos puntos de control haciendo uso de un equipo portátil de laboratorio y se tomaron muestras para ser analizadas en laboratorio.

Las mediciones in-situ de los indicadores  $CE$  y  $Cl^-$  se efectuaron inicialmente cada 30 minutos; sin embargo, durante el monitoreo se reformuló dicha frecuencia de mediciones cada 3 horas debido a la baja capacidad de recarga del piezómetro P-6. En la tabla 2 se indica la fecha y hora de la toma de muestras, las mismas que fueron remitidas al laboratorio para su análisis.

**Tabla 2: Muestreos de Agua de la Primera Campaña**

Fecha de Muestreo	Hora de Muestreo	Detalle
03/02/2011	13:40	Estación M-1 (Inicio del monitoreo – antes de trazadores)
05/02/2011	10:20	Estación M-1 (Fin del monitoreo)
03/02/2011	12:10	Estación P-6 (Inicio del monitoreo – antes de trazadores)
04/02/2011	8:25	Estación P-6 (Durante evaluación)
05/02/2011	13:30	Estación P-6 (Fin del monitoreo)

### **Segunda Campaña**

Se realizó entre el 22 y 28 de marzo de 2011 y el monitoreo comprendió el uso de Cloruros y Nitratos como trazadores; asimismo, se efectuaron mediciones in-situ de la conductividad eléctrica y de los indicadores  $Cl^-$  y  $NO_3^-$ , los que se efectuaron con una frecuencia de medición cada 3 horas. En la tabla 3 se indica la fecha y hora de la toma de muestras, las mismas que fueron remitidas posteriormente al laboratorio para su análisis.

**Tabla 3: Muestreos de Agua de la Segunda Campaña**

Fecha de Muestreo	Hora de Muestreo	Detalle
22/03/2011	16:56	Estación M-1 (Inicio del monitoreo – antes de trazadores)
24/03/2011	09:00	Estación M-1 (Inicio del monitoreo – antes de trazadores)
24/03/2011	13:00	Estación M-1 (Inicio del monitoreo – después de trazadores)
28/03/2011	04:45	Estación M-1 (Fin del monitoreo)
22/03/2011	15:02	Estación P-6 (Inicio del monitoreo – antes de trazadores)
28/03/2011	16:00	Estación P-6 (Fin del monitoreo)

### **Tercera Campaña**

Se llevó a cabo entre el 03 y 14 de mayo de 2011 y el monitoreo comprendió el uso de Cloruros y Nitratos como trazadores. Al igual que en la segunda campaña, se efectuaron

mediciones in-situ de la conductividad eléctrica y de los indicadores  $\text{Cl}^-$  y  $\text{NO}_3^-$ , los que se efectuaron con una frecuencia de medición cada 3 horas. En la tabla 4 se indica la fecha y hora de la toma de muestras, las mismas que fueron remitidas posteriormente al laboratorio para su análisis.

**Tabla 4: Muestreos de Agua de la Tercera Campaña**

<b>Fecha de Muestreo</b>	<b>Hora de Muestreo</b>	<b>Detalle</b>
03/05/2011	15:30	Estación M-1 (Inicio del monitoreo – antes de trazadores)
03/05/2011	16:00	Estación M-1 (Inicio del monitoreo – después de trazadores)
10/05/2011	13:30	Estación M-1 (Durante la evaluación)
14/05/2011	12:00	Estación M-1 (Durante la evaluación)
03/05/2011	12:15	Estación P-6 (Inicio del monitoreo)
03/05/2011	16:30	Estación P-6 (Inicio del monitoreo)
10/05/2011	12:30	Estación P-6 (Durante la evaluación)
14/05/2011	11:00	Estación P-6 (Durante la evaluación)

Para el desarrollo del presente estudio se hizo uso de 40 kg de Cloruro de Sodio, 15 kg de Nitrato de Amonio, un muestreador de agua (bailer), una sonda multiparámetro (Marca Hanna), así como Kits para la determinación en campo de Cloruros ( $\text{Cl}^-$ ), Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) y de Oxígeno Disuelto (O.D.).

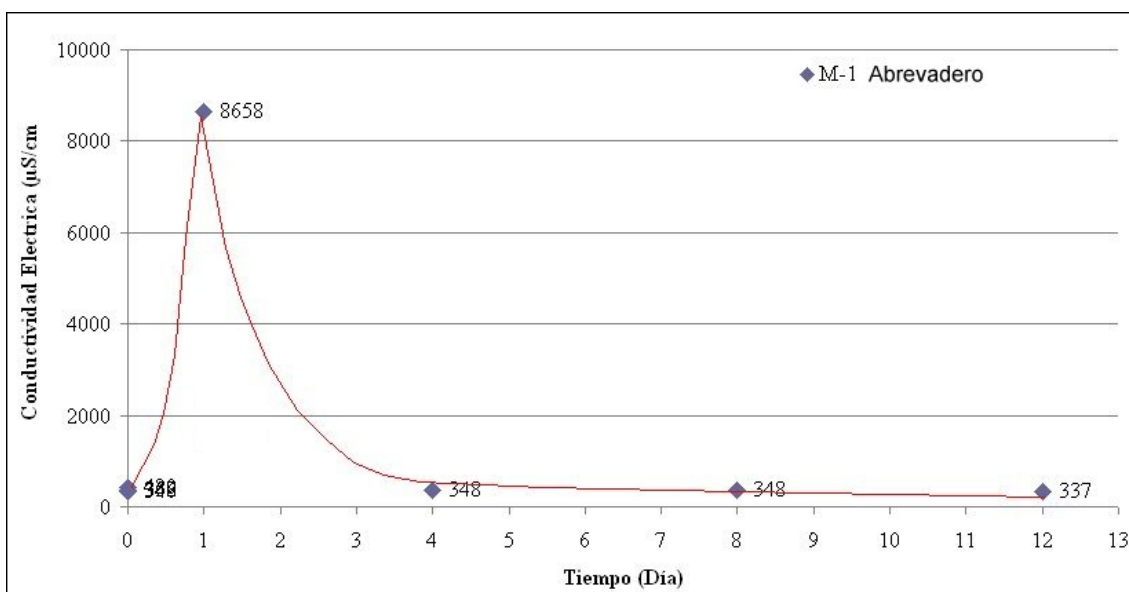
### 3 RESULTADOS OBTENIDOS

Los resultados obtenidos en el monitoreo químico del agua de la poza de abrevadero y en piezómetro P-6, se presentan a continuación:

#### Conductividad Eléctrica

Luego de la adición de cloruro sódico (NaCl) al agua del pozo de abrevadero, la conductividad eléctrica en ésta se incrementa desde un valor de 352  $\mu\text{S}/\text{cm}$  hasta un valor de 8658  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , para luego descender a partir del cuarto día hasta alcanzar valores cercanos a los iniciales, como consecuencia de la dilución del trazador (ver Figura 2).

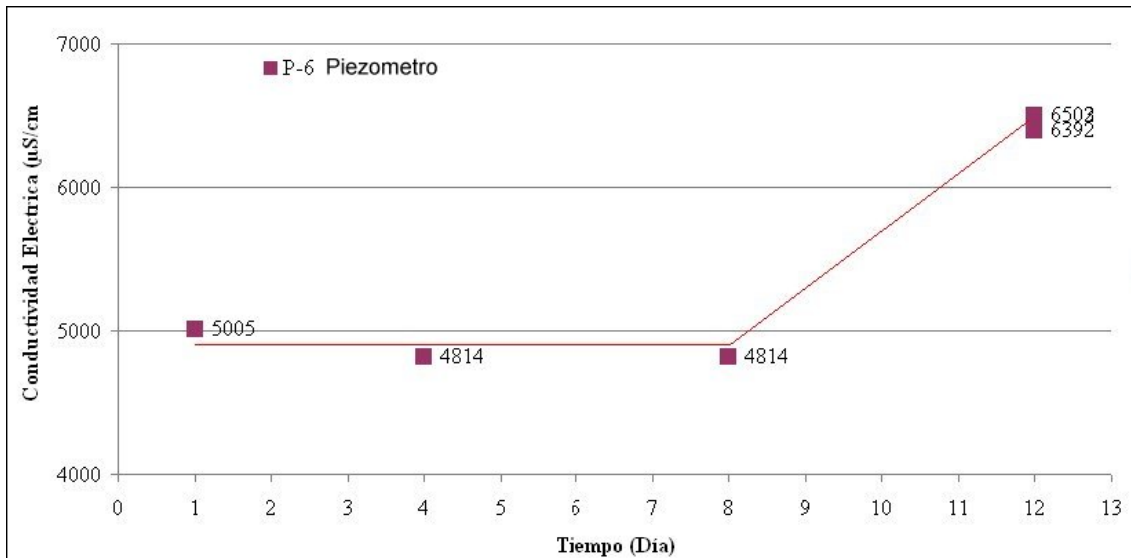
Figura 2: Conductividad Eléctrica en el Abrevadero vs Tiempo



Los resultados de las mediciones de la conductividad eléctrica (CE) en muestras de agua del piezómetro P-6 se presentan en la Figura 3, donde puede apreciarse que al inicio del monitoreo los valores de CE se mantienen casi constantes en un rango de 4814 a 5005  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , durante los 8 primeros días de monitoreo, para luego experimentar un incremento hasta valores de 6392 y 6503  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , lo cual correspondería al aporte de cloruro sódico añadido en

el abrevadero y que evidenciaría la existencia de un flujo subterráneo de agua que conecta el pozo de abrevadero con el piezómetro P-6.

Figura 3: Conductividad Eléctrica en el Piezómetro P-6 vs Tiempo

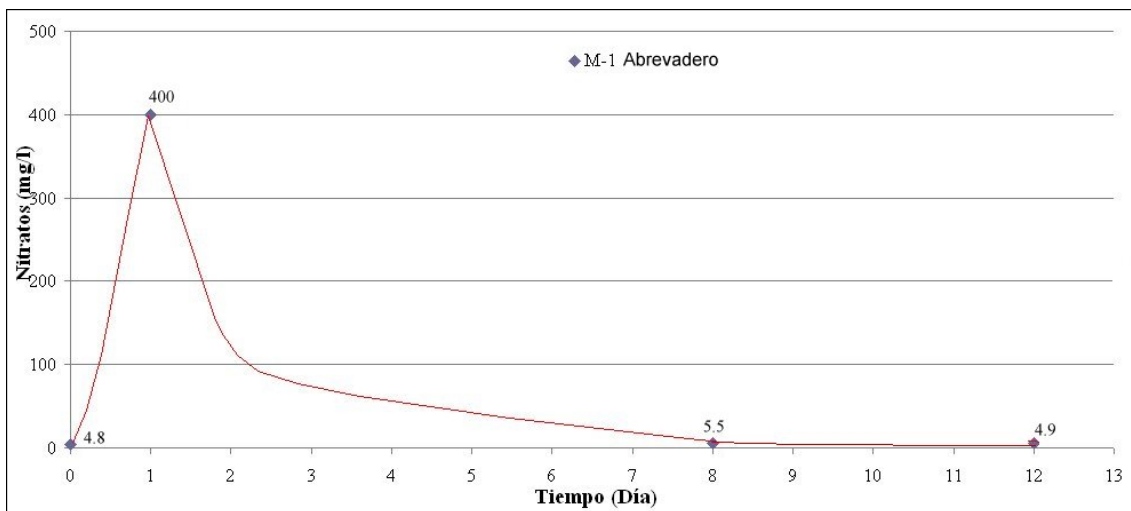


### Nitratos

En la medición de la concentración de nitratos en el pozo de abrevadero se presentó el mismo comportamiento reflejado en el monitoreo de la conductividad eléctrica, obteniéndose un valor inicial de 4.8 mg/l, el cual se incrementa rápidamente hasta 400 mg/l una vez añadido el nitrato de amonio (trazador). Posteriormente, este último valor desciende hasta alcanzar nuevamente concentraciones próximas a las obtenidas en las mediciones iniciales (5.5 mg/l), como consecuencia de la dilución del trazador (ver Figura 4).

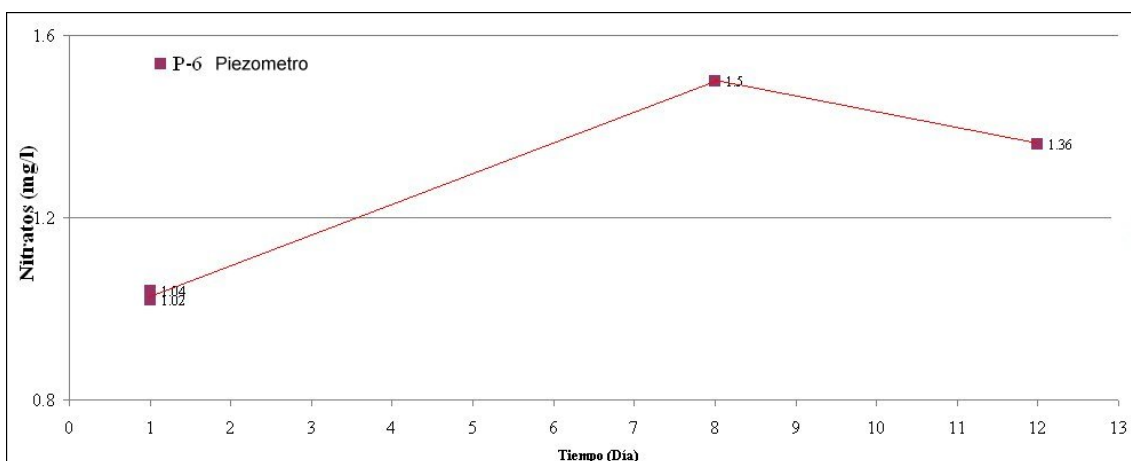


Figura 4: Concentración de Nitratos en el Abrevadero vs Tiempo



De manera similar, las mediciones efectuadas en el piezómetro P-6 muestran que al octavo día del monitoreo la concentración de nitratos manifiesta un incremento de aproximadamente 50% respecto a los valores de las mediciones iniciales, confirmando que al igual que lo que ocurre con el monitoreo de la conductividad eléctrica, el flujo enriquecido con nitrato de amonio procedente del abrevadero, tarda aproximadamente 8 días en llegar al piezómetro P-6 (ver Figura 5).

Figura 5: Contenido de Nitratos en el Piezómetro P-6 vs Tiempo



#### 4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Durante la inspección de campo se pudo constatar que aguas abajo del abrevadero no se advierte la presencia de afloramientos de agua, lo que ha sido verificado mediante inspección directa de los taludes a lo largo de las vías férreas y particularmente en el trazo que une al abrevadero con el piezómetro P-6.
- Los resultados obtenidos en el monitoreo de agua en el pozo de abrevadero y en el piezómetro P-6, utilizando cloruro sódico y nitrato de amonio como trazadores, confirman que actualmente existe un flujo subterráneo que se infiltra en el pozo de abrevadero y llega a conectarse con el piezómetro P-6 ubicado en el sector Norte del depósito de relaves.
- Con la finalidad de eliminar las filtraciones de agua que llegan al piezómetro P-6 procedentes del pozo de abrevadero, se recomienda impermeabilizar todo el fondo y las paredes laterales de dicho pozo, mediante la instalación de una geomembrana de polietileno de alta densidad (HDPE) de 1 mm de espesor mínimo.

# **FOTOGRAFIAS**

**Foto 1: Ubicación del Abrevadero en  
Bosque de Eucaliptos y Área de Cultivos Adyacente**



**Foto 2: Afluente del Abrevadero  
(Febrero 2011)**



**Foto 3: Afluente del Abrevadero  
(Mayo 2011)**



Foto 4: Abrevadero para Ganado y Riego de Cultivos

Foto 5: Depósito de Relaves 1-2 – Piezómetro P-6



Foto 6: Muestreo de Agua en Piezómetro P-6

