

# Estudio de dinámica de aguas subterráneas en pozo utilizando radiotrazadores

Rubén Rojas<sup>(1)</sup> [rrojas@ipen.gob.pe](mailto:rrojas@ipen.gob.pe); Gerardo Maghella<sup>(1)</sup> [gmaghella@ipen.gob.pe](mailto:gmaghella@ipen.gob.pe);  
José Maguiña<sup>(1)</sup> [jmaguiña@ipen.gob.pe](mailto:jmaguiña@ipen.gob.pe); Jorge Condori<sup>(1)</sup> [jcondori@ipen.gob.pe](mailto:jcondori@ipen.gob.pe)

(1) IPEN, Dirección General de Seguridad Radiológica. Dirección de Aplicaciones.  
Av. Canadá 1470, Lima 41, Perú

## Resumen

Se presenta los resultados del estudio de la dinámica de aguas subterráneas en pozo, utilizando para ello un trazador radiactivo.

### 1. Introducción

Las velocidades del flujo de aguas subterráneas relacionadas a las actividades mineras se determinan mediante la técnica de radiotrazadores, la cual consiste en inyectar un trazador a lo largo de una columna de agua de pozo, midiendo periódicamente su concentración; la cual es función del decaimiento de la actividad del trazador inyectado y de la disminución de su concentración por la dilución resultante del flujo de aguas subterráneas en la columna de agua.

Considerando los fenómenos hidrodinámicos en pilas de lixiviación, es una práctica común simular el comportamiento que se tendría al inyectar un trazador en un medio poroso que describa las propiedades del medio a estudiar. Para tal fin se han desarrollado modelos que se complementan con las ecuaciones que representan los fenómenos de transferencia de masa. Las constantes empleadas en los modelos son propiedades que se midan experimentalmente y son características de la naturaleza del mineral que se trate. Los resultados de los modelos son empleados para escalamiento, diseño y optimización del proceso para distintos minerales.

El uso de los trazadores con el objetivo de caracterizar el escurrimiento de la solución lixiviante en una pila de mineral, se presenta como una herramienta importante para describir este comportamiento Hidrodinámico entregando datos experimentales a nivel industrial para la determinación de parámetros reales y la calibración o validación de los modelos en uso.

### Objetivos

Establecer el comportamiento de un trazador en solución acuosa en contacto con la superficie interna de un pozo previamente acondicionado. Cabe destacarse que por efectos de la adsorción del trazador en el medio, parte de éste queda retenido, generándose un contaje en función del paso de trazador a través de las paredes del pozo.

Con estos datos se obtuvo:

- Relación cuentas del detector (cps) vs. profundidad.
- Distancia de inyección mínima desde el piezómetro que permitiera la detección evitando efecto de pared.
- Velocidad vertical del trazador

La ubicación del pozo fue el terreno libre adyacente a la trinchera de residuos líquidos de la Planta de Tratamiento de Residuos Radioactivos de Huarangal.

### 2. Procedimiento

- Se perforó un pozo de 2.5 metros de profundidad (Figura 1), en ella se introdujo un tubo de PVC de 6" de espesor, colocando en la parte exterior del tubo una filtro de arena y piedra de ¼" de pulgada.

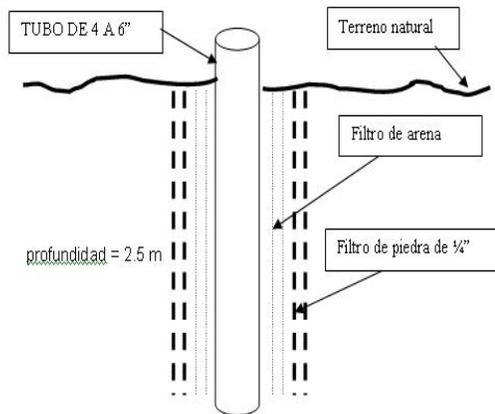


Figura 1. Diagrama del Pozo.

- Se roció agua en la periferia del pozo hasta saturar la arena con una manguera de plástico, en forma de aro perforada, de 60 cm aprox. de diámetro.
- Se introdujo 01 detector de centelleo de Ioduro de Sodio a diferente profundidad; se instaló y programó el equipo de adquisición de datos C2MS para lecturas cada minuto.
- Se agregó el trazador (I-131, proporcionado por la Planta de Producción de Radioisótopos (PPR) con concentración aprox. de 50 mCi) disuelto en un balde de 20 litros de agua en la periferia externa del tubo.
- Se agregó tierra con la finalidad de cubrir la superficie rociada con trazador y así evitar su evaporación.
- Se roció agua a un caudal aproximadamente de 20 litros/ min, durante aprox. 4 horas.
- Se observó el paso del trazador a través del detector.
- Se cambió la manguera de plástico en forma de aro con uno de 70 cm de diámetro y se mantuvo el mismo caudal.
- Se registraron los datos adquiridos y se procesó la información.

UBICACION DEL POZO DE ENSAYO

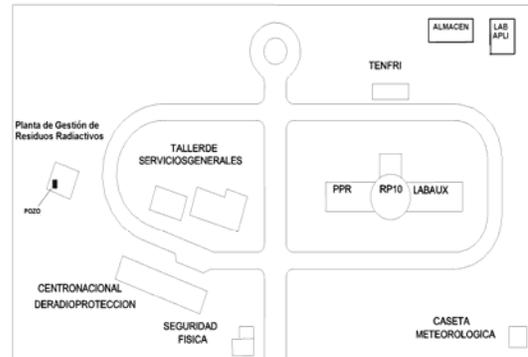


Figura 2. Ubicación de la zona de ensayos.

### 3. Tabla de Resultados

Tabla 1. Contaje de fondo promedio en el pozo.

Fondo aire (c/s)	50	55	46	48	52	<b>50</b>
Fondo sonda entubada (c/s)	50	60	59	48	51	<b>54</b>



Figura 3. Variación del contaje en el pozo vs. Profundidad.

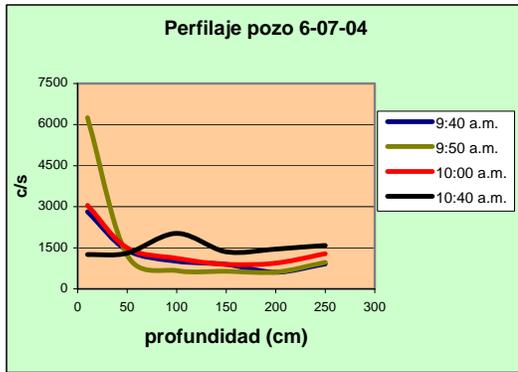


Figura 4. Perfilaje del pozo c/s vs. profundidad.

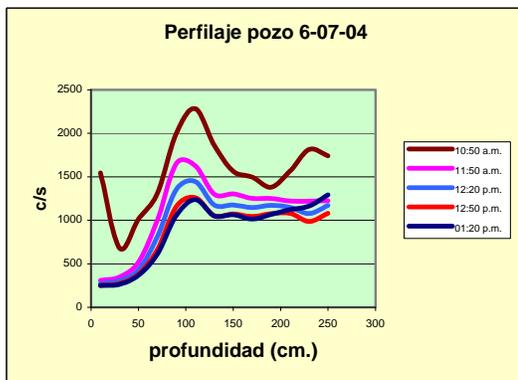


Figura 5. Perfilaje de pozo (continuación).

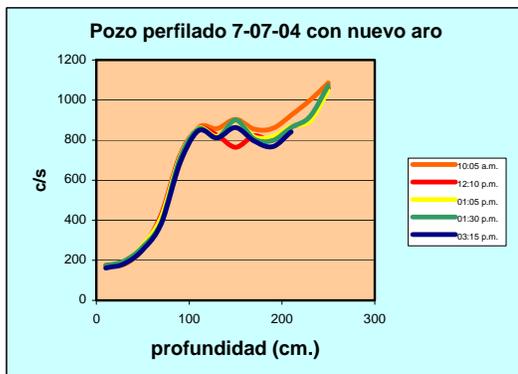


Figura 6. Pozo perfilado con nuevo anillo de riego.

#### 4. Análisis

En las pruebas del perfilaje de fondo de la columna (sin trazador), se observa que existe un incremento en las cuentas hasta aprox. los 30 cm, a partir de lo cual éstas empiezan a decaer ligeramente, manteniéndose el conteo casi en un mismo rango entre los 50 y 140 cm, para luego incrementarse conforme aumenta la profundidad entre los 150 y 250 cm.

Para el caso del perfilaje con trazador, se realizó en dos días dado que en el primero (6-julio) se cortó el suministro de agua para el rociado del pozo, por lo que se tuvo que continuar al día siguiente (7 julio) en el cual se cambió el aro que rociaba al pozo.

Se observa que una vez rociado el trazador hay un incremento de conteo a los 10 cm (2815 cps) así como un aumento en el conteo a los 2:50 m, lo que implica un efecto probable de influencia alguna canalización presente en el pozo.

Para el segundo grupo de cuentas (10:50 am a 1:20 pm), se observa el paso del trazador a través de las diferentes profundidades, aunque con un marcado predominio de valores más altos a una profundidad de 1.10 m (2283, 1625, 1445, 1261 y 1239 cps, respectivamente), para luego decaer.

Los valores obtenidos al día siguiente, con el nuevo anillo, difieren con los obtenidos previamente (Figura 6). Se ve un crecimiento paulatino del conteo a medida que se aumenta la profundidad y en lo que concierne a valores de conteo dentro del mismo nivel a diferentes horas, el comportamiento no varía, debido a que ya se ha formado un canal de paso que facilita la percolación del trazador, lo que se demuestra con un ligero declive en la primera hora de conteo.

Tanto en la Figura 5 como en la Figura 6 se presenta un quiebre después de alcanzar un conteo alto (2283 y 848 c/s) aproximadamente a partir de 1 m hasta 1.5 m. Este comportamiento tendría que ver con la morfología del suelo a partir de ese punto que facilita o determina algún tipo de canalización o distribución homogénea de material compacto. Asimismo, la forma de las curvas a diferentes horas es prácticamente la misma en todos los casos.

Considerando el efecto que tiene el trazador al regarse sobre la superficie del pozo y su influencia en el tiempo a diferentes profundidades por efecto de la atenuación

de la capa de tierra existente hasta el final del pozo (2.5 m.). A partir de esta consideración, al corregirse los valores por la influencia de la radiación por efecto de la distancia utilizando la Tabla 1, y con los valores promedio de velocidad de cada curva se obtuvo una velocidad promedio de descenso para estas condiciones de trabajo de 1.85 cm./min.

## 5. Conclusiones

- La velocidad promedio de descenso para las condiciones de trabajo dadas fue de 1.85 cm/min.
- La morfología del suelo facilita o determina algún tipo de canalización o distribución homogénea de material compacto, lo cual se corrobora en el punto de quiebre que se presenta en las gráficas 5 y 6.
- La forma de las curvas a diferentes horas es la misma en todos los casos.
- Existe un marcado predominio de valores más altos a una profundidad de 1.10 m (2283, 1625, 1445, 1261 y 1239 cps, respectivamente), debido a la morfología de los estratos del pozo.

## 6. Referencia

1) IAEA. Isotopes Techniques in the Study of the Hydrology of Fractures and Fissured Rocks, Proceedings of an Advisory Group Meeting, Vienna, 17-21 November 1986.