

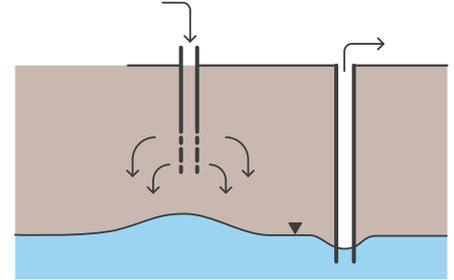
Pozos secos

Descripción

Los pozos secos (también conocidos como pozos de la zona vadosa o pozos de gravedad) corresponden a una técnica de infiltración que utiliza pozos poco profundos y de gran diámetro para recargar un acuífero no confinado por gravedad. Los pozos secos se pueden usar para recargar directamente a través de una zona profunda no saturada, de modo que el agua llegue a la zona saturada (acuífero) más rápidamente.

En comparación con la recarga a través de pozos profundos, requieren una menor inversión y presentan riesgos menores debido principalmente a que no se infiltra agua directamente a la zona saturada. Por su parte, en contraste con las piscinas o galerías de infiltración, es un método útil cuando se cuenta con poca disponibilidad de terreno y/o hay capas de suelos de baja permeabilidad en los primeros metros de superficie (ej. ricos en arcilla).

Se puede reutilizar estructuras existentes en desuso (ej. pozos norias), adaptándolas para la recarga de acuíferos, lo que reduce los costos considerablemente.¹



Fuente de agua



Agua de lluvia



Desviación de ríos



Escorrentía

Plazos y costos

Tiempo de ejecución (antes de construcción a escala operacional) → 3-12 meses (incluye investigación de escritorio y fase de prueba o piloto).

Costo relativamente menor en comparación con pozos profundos (por volumen recargado) → Costo total nivelado² durante vida útil \$124 CLP/m³ (valor tomado de piscinas de infiltración ya que se espera que estos métodos impliquen costos similares o más baratos que pozos profundos).³ (Costo total pozos profundos: \$293 CLP/m³)

Costos de operación, mantención y renovación incluyen → Consumo de energía y materiales, mano de obra, renovación periódica de infraestructura, etc.

Diseño y construcción

Los pozos secos de infiltración consisten en uno o más pozos de "gran diámetro" (escala de metros) y poca profundidad (aproximadamente de 5 a 15 metros). Se aconseja llenar el pozo con grava y una capa de filtro de arena gruesa, para favorecer la infiltración y reducir los costos de mantenimiento en caso de obstrucción (de todos modos, los filtros deben ser retirados y limpiados periódicamente).

El agua de recarga se transfiere desde la superficie (o desde redes de conductos) evitando cualquier efecto cascada que introduzca burbujas de aire en el acuífero, las que pueden provocar efectos de obstrucción en los medios porosos. Se recomienda proteger la parte superior del pozo para así evitar la luz solar y reducir el crecimiento de algas. Esto también ayuda a evitar accidentes con animales o personas.⁴

Se puede requerir una obra de captura de agua para balancear la tasa de infiltración con la disponibilidad de agua (ej. piscina de detención o estanque) o para mejorar la calidad de agua (ej. reduciendo la turbidez a través de tiempo de residencia en un cámara de sedimentación, como se muestra en la figura de la siguiente página).

Se estima que un pozo seco puede infiltrar hasta 6.000 m³ por año al acuífero, dependiendo de las características del suelo.⁵ La velocidad de infiltración se ve afectada por los cambios en el contenido de agua a medida que el agua recargada se desplaza a través de la zona no saturada y por cambios en la presión hidráulica (nivel freático) como resultado de la infiltración.

¹ Fernández et al., (2016). MARSOL. Demonstrating Managed Aquifer Recharge as a Solution to Water Scarcity and Drought. MAR design and construction criteria. MARSOL deliverable 13.3, versión 4, 31/10/2016

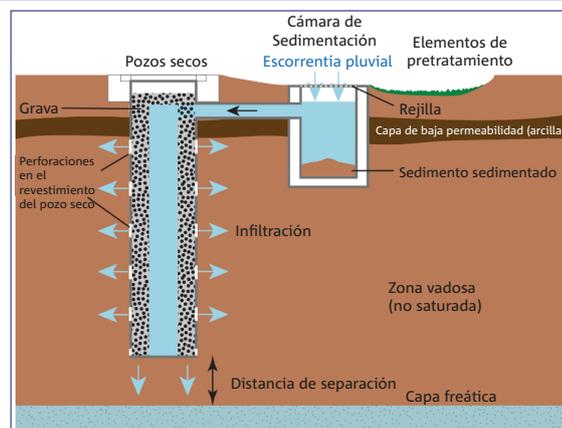
² Los costos nivelados se definen como el nivel constante de ingresos necesario cada año para recuperar la inversión, los gastos operativos y de mantenimiento, durante la vida útil del proyecto dividido por el volumen anual del suministro de agua. Para mayor información sobre esta metodología para estimar el costo del esquema RAG, consultar la sección 5.1.2 Costo nivelado del suministro de agua, en el Informe final CNR 2020.

³ Ross, A., Hasnain, S. (2018). Factors affecting the cost of managed aquifer recharge (MAR) schemes. Sustainable Water Resources Management 4: 179-190.

⁵ E. Edwards, B. Washburn and B. Lock (2017). Factsheet: Dry wells for stormwater management. Wells used to drain stormwater and recharge groundwater supplies. American Geosciences institute. https://www.americangeosciences.org/sites/default/files/CI_Factsheet_2017_4_drywellbasics_170906.pdf

2.2 Pozos secos

Durante la fase de diseño del esquema, se requieren mediciones en terreno para determinar las tasas de infiltración. Idealmente, la permeabilidad o conductividad hidráulica de los acuíferos cuando se está considerando la aplicación de la técnica de pozos secos se pueden determinar a través de *medidas puntuales de permeabilidad*⁶ o *pruebas de bombeo* en perforaciones existentes en acuíferos similares en el área. Las propiedades también se pueden estimar en función de la distribución del tamaño de grano de los medios donde hay información litológica disponible que permiten calcular el tiempo que requiere una cantidad determinada de agua (por área de superficie) para penetrar el suelo. En base a los resultados medidos, se puede calcular la tasa de infiltración utilizando la ley de Darcy. También se pueden utilizar cálculos computacionales más avanzados (ej. métodos basados en la ecuación de Richards⁷) realizados por hidrogeólogos, pedólogos o ingenieros debidamente capacitados.



Esquemática de un pozo seco. Fuente: E. Edwards y B. Mandle⁸

Condiciones relevantes

- **Calidad del agua.** Requieren una fuente de agua de calidad adecuada para reducir la incidencia de las obstrucciones, lo que generalmente significa un proceso para reducir la turbidez (ej. estanque de sedimentación o humedal, o la aplicación de filtración mecánica).
- **Características del acuífero.** El acuífero debe ser capaz de recibir y almacenar agua adicional; si no hay espacio disponible en el momento de la recarga, entonces ésta no es viable. Las tasas de recarga deben ser adecuadas para infiltrar el volumen de agua objetivo. Es necesario evaluar si otros usuarios de aguas subterráneas o ecosistemas conectados podrían verse afectados negativamente por las operaciones de recarga, a fin de reducir los potenciales impactos y riesgos asociados.
- **Características del suelo.** Los pozos secos son apropiados cuando los suelos de baja permeabilidad se presentan a una mayor profundidad que la requerida por una piscina de infiltración u otros métodos superficiales de infiltración. Sin embargo, cuanto más profundas son las capas de suelo de baja permeabilidad, más profundo debe excavarse el pozo, aumentando el costo del proyecto.

Monitoreo

El parámetro más crítico para monitorear es la tasa de infiltración para determinar si el sistema está logrando sus objetivos de desempeño y cuantificar el beneficio de la operación. Esto implica saber cuánta agua se captura y recarga, y cuánta se recupera (cuando corresponda). Una reducción marcada en las tasas de infiltración indicará la necesidad de remediación del suelo para remover la obstrucción. También es posible que se requiera un mayor nivel de pretratamiento del agua antes de la infiltración.

Es importante analizar la calidad de la fuente de agua, en particular la turbidez o los Sólidos Suspendidos Totales (SST), para diseñar el esquema de recarga. La calidad del agua aceptable varía de un sitio generalmente dependiendo de condiciones

locales del acuífero. En Australia se aplica un valor guía máximo de 10 mg/l para sólidos suspendidos totales, carbono orgánico total y nitrógeno total para la fuente de agua a recargar, esto para evaluar los riesgos de colmatación.⁹

Se necesita al menos un pozo de monitoreo dentro de la zona de influencia de la recarga para medir su impacto en el nivel freático. Idealmente, se requiere más de un pozo de monitoreo disponible para la medición. Los medidores de presión *in situ* se pueden usar para recopilar de manera eficiente datos útiles en series de tiempo sobre los niveles de agua. Es importante recopilar datos de línea base para separar las fluctuaciones naturales del nivel freático de las operaciones de recarga.

Caso de aplicación: Pozo seco, sitio de demostración Menashe, Israel

La compañía Mekorot operó un sitio de demostración en Israel para entender más sobre la técnica. Se destacan los siguientes aspectos: a) la caída libre de agua se evita mediante una tubería cerrada con un diseño especial (SAT); y b) el agua se vierte debajo del nivel freático y se recarga a velocidades lentas evitando la agitación del agua y el efecto cascada, de modo de reducir la aireación del agua.¹⁰



Pozos secos en Menashe, Israel por la compañía Mekorot. Fuente: E. Fernández, en MARSOL 2016

⁶ Medidas puntuales de permeabilidad conocidas como Slug Test. Fuente: F. Javier Sánchez San Román—Dpto. Geología—Univ. Salamanca (España) (2011) http://hidrologia.usal.es/temas/Slug_tests.pdf

⁷ Farthing, M. W., & Ogden, F. L. (2017). Numerical solution of Richards' Equation: a review of advances and challenges. *Soil Science Society of America Journal*, 81(6), 1257-1269

⁸ E. Edwards, B. Washburn and B. Lock (2017). Factsheet: Dry wells for stormwater management. Wells used to drain stormwater and recharge groundwater supplies. American Geosciences Institute. https://www.americangeosciences.org/sites/default/files/CI_Factsheet_2017_4_drywellbasics_170906.pdf

⁹ NRMHC-EPHC-NHMRC (2009). Australian Guidelines for Water Recycling (Phase 2): Managed Aquifer Recharge. (Natural Resource Ministerial Management Council, Environment Protection and Heritage Council and National Health and Medical Research Council), Canberra. <https://www.waterquality.gov.au/guidelines/recycled-water#augmentation-of-drinking-water-supplies-phase-2>

¹⁰ Fernández et al., (2016). MARSOL. Demonstrating Managed Aquifer Recharge as a Solution to Water Scarcity and Drought. MAR design and construction criteria. MARSOL deliverable 13.3, versión 4, 31/10/2016