

Manual de Pequeñas Obras de
RIEGO
en la Agricultura Familiar Campesina





Presentación

Chile aspira a convertirse en una potencia agroalimentaria y forestal, desarrollando un sector que hoy representa un 8,5% del PIB y 12% del total de empleo. La superficie agrícola del país es de 5 millones de hectáreas, con un 25% de tierras bajo riego. No obstante el bajo porcentaje de superficie regada, el aporte del subsector es muy importante, ya que contribuye en más del 80% a las exportaciones de origen agrícola.

Los principales problemas que enfrenta la agricultura chilena son las sequías, escasez de recursos hídricos hacia el norte del país, aranceles a los productos de exportación, ingresos de productos subsidiados, fluctuaciones en la tasa de cambio y la volatilidad de precios.

Frente a este escenario, el Gobierno ha delineado las bases de una Política Agraria que apunta a generar condiciones que permitan aumentar los niveles de competitividad, productividad e inversión en infraestructura productiva. Constituye un lineamiento especial del Ministerio de Agricultura, el fortalecimiento de la política de fomento y seguridad de riego, junto con la regularización de los derechos de propiedad y aguas en la Agricultura Familiar Campesina.

Para cumplir con este objetivo estratégico, el Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP) ha implementado un Programa de Riego, con instrumentos que apuntan a la solución de problemas específicos que afectan a los pequeños productores agrícolas y sus organizaciones, con la finalidad de aumentar la superficie regada, invertir en sistemas de riego de mayor eficiencia en el uso del agua, y capacitar a los usuarios para una mejor gestión de un recurso escaso como es el agua.

En la última década, la demanda de riego campesino se ha triplicado en términos de solicitudes y montos de inversión, con soluciones que van desde la simple adquisición de bombas, equipos y elementos de riego, hasta la ejecución de proyectos de riego o drenaje, tanto intraprediales como extraprediales, que requieren del apoyo de un profesional especialista.

Debido a la complejidad del tema del riego, y a la falta de personal técnico especializado en la mayoría de las agencias de área, INDAP ha decidido lanzar este Manual con el objetivo de aportar elementos técnicos que permitan definir el tipo de obra solicitada por los usuarios a través de los instrumentos de Riego Intrapredial, Riego Asociativo y obras de la Ley de Fomento. Esperamos que esta publicación, que tiene un enfoque eminentemente práctico, sirva de puente entre los manuales de diseño (comúnmente dirigidos a especialistas) y las cartillas de divulgación o folletos que muchas veces no se comprenden si no van acompañados de una breve explicación técnica para las personas que no son especialistas.

La presente publicación corresponde a una segunda versión, revisada, actualizada y aumentada del Manual de Pequeñas Obras de Riego (2000), tras recoger la experiencia de 10 años, aportada por los propios agricultores, técnicos y profesionales del agro. Se ha mantenido la estructura general de la obra, dividida en secciones que corresponden a las obras de captación, conducción, regulación, aplicación del riego y misceláneas. Hay un tratamiento más profundo de los contenidos técnicos en algunos de los capítulos, particularmente, el tema de canales y obras de arte. Se incorporan referencias a la normativa vigente, tanto de la Ley N° 18.450 de Fomento al Riego como del Código de Aguas y otras regulaciones, que afectan de una u otra manera el diseño, ejecución o manejo de determinadas obras de riego o drenaje.

Mención especial merece un capítulo nuevo, dedicado a los sistemas de riego que utilizan energía no convencional, tales como paneles solares, molinos de viento, rueda hidráulica y ariete hidráulico.

A medida que este Manual sea utilizado en el trabajo cotidiano de los ejecutivos de Área, equipos técnicos de PRODESAL y proveedores de servicios de asesoría, surgirán un conjunto de dudas, comentarios y sugerencias, que esperamos sean canalizados en el espacio que para tales fines existe en el sitio web de INDAP.

Este manual, representa una excelente oportunidad para mejorar y expandir los sistemas de riego, aumentando la productividad de nuestros usuarios y potenciales usuarios, dando un uso eficaz y eficiente al escaso recurso hídrico del que disponemos. Esto, sin lugar a dudas, permitirá avanzar firmemente hacia nuestro objetivo de convertir a Chile en una Potencia Alimentaria y Forestal, y a nuestros campesinos y campesinas proporcionarles la sustentabilidad de largo plazo que tanto necesitan, pues en INDAP nuestro compromiso es con la pequeña agricultura.

RICARDO ARIZTIA DE CASTRO
DIRECTOR NACIONAL INDAP

Santiago, diciembre de 2010.



Índice

A. OBRAS DE CAPTACIÓN	1
1. Pozo profundo	2
2. Norias	11
3. Punteras	15
4. Elevación mecánica	18
B. CANALES Y OBRAS DE ARTE	29
5. Revestimiento de canales	30
6. Conducción entubada	42
7. Canoas	55
8. Sifón	60
9. Marco partididor	64
10. Aforadores	68
11. Compuerta	73
C. OBRAS DE REGULACIÓN	75
12. Tranque acumulador	76
13. Estanques	83
D. SISTEMAS DE RIEGO	87
14. Sistema de aducción californiano	88
Método de riego superficial: Riego por surcos	96
15. Sistema de riego por goteo	103
16. Sistema de riego por microaspersión	114
17. Sistema de riego por aspersión	121
18. Control automático del riego	127
E. OBRAS MISCELÁNEAS Y SERVICIOS	132
19. Revestimiento de tranques con geomembrana	133
20. Nivelación de suelos	138
21. Sistema de drenaje con dren topo	146
22. Rehabilitación de tranques y canales	152
F. SISTEMAS DE BOMBEO CON ENERGÍAS RENOVABLES	156
23. Sistema fotovoltaico	157
24. Sistema hidráulico	165
25. Sistema eólico	169
26. Sistema de Ariete Hidráulico	174
ANEXO 1. Elementos y accesorios más utilizados en riego tecnificado	181
ANEXO 2. Detalles de Instalación de Estanques Australianos	190
ANEXO 3. Glosario	195
ANEXO 4. Presupuestos de obras de riego	200

- POZO PROFUNDO
- NORIAS
- PUNTERAS
- ELEVACIÓN MECÁNICA



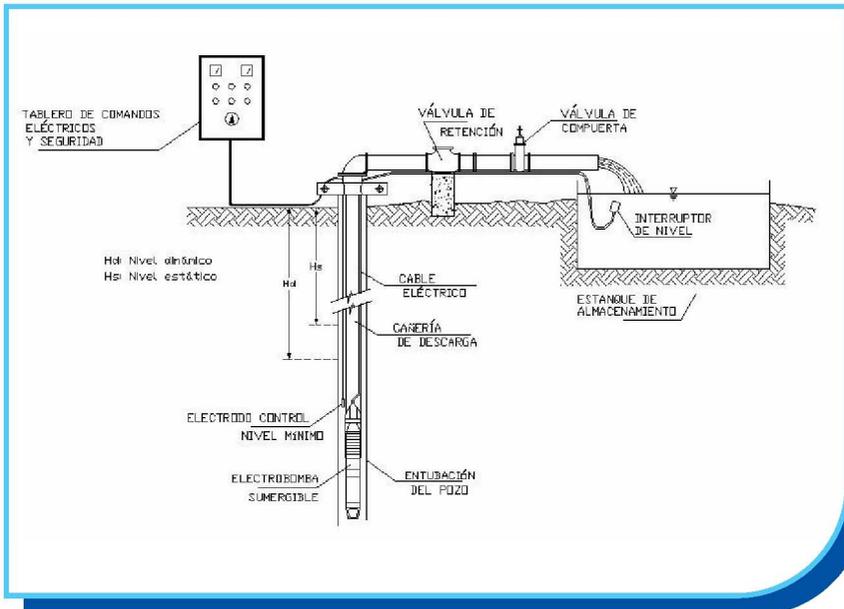


Figura 1. Obra de pozo profundo.

1. Descripción de la obra

El pozo profundo es una obra de captación de aguas subterráneas mediante un sondaje o perforación de pequeño diámetro (típicamente en 10 y 12”) y una profundidad variable, de 25 a 70 o más metros, según sea el tamaño del proyecto, el tipo de terreno, ubicación y espesor del *acuífero*. Las aguas se extraen mediante un equipo de bombeo con motor sumergido que requiere energía eléctrica, generalmente trifásica. En zonas sin electrificación se recurre a un generador de potencia.

2. Componentes de la obra

La construcción de un pozo profundo perforado comprende las siguientes etapas:

- Estudio previo.
- Perforación.
- Entubación.
- Engravillado.
- Desarrollo del pozo.
- Prueba de bombeo.
- Planos e informe final.

Estudio previo. En esta etapa se determina la mejor ubicación del punto de perforación, la profundidad estimada del pozo, caudal posible de obtener, niveles del agua (con y sin bombeo), y diámetro de la tubería definitiva. Para ello se recurre a mapas y estudios hidrogeológicos, catastros de pozos existentes e información del comportamiento de las napas en los últimos años.

Perforación. Es el conjunto de operaciones que permiten atravesar las capas que componen el subsuelo, hasta la profundidad establecida en el proyecto, dejando un espacio libre entre la pared del pozo y la cañería de entubación definitiva.

Durante la perforación, es recomendable guardar muestras del terreno atravesado en cajas ordenadas por estratos de profundidad, para realizar los análisis de granulometría con los cuales es posible determinar la ubicación de los *acuíferos* aportantes y dimensionar la abertura de las cribas. El sistema tradicional de perforación es mediante percusión. En los últimos años, se ha introducido en Chile los métodos de rotación con circulación directa, rotación con circulación inversa, rotación con aire reverso y rotopercusión.

Entubación. Faena que consiste en la colocación de la cañería de entubación definitiva, que debe contar con las cribas necesarias, instaladas frente a los acuíferos aportantes, según la estratigrafía del terreno perforado. El material de la entubación debe ser de primer uso y de muy buena calidad para que la obra de captación tenga una vida útil mínima de 20 años y sea posible efectuar trabajos de limpieza. Es muy importante que la tubería quede con una verticalidad perfectamente alineada para la correcta instalación de la bomba.

Engravillado. Esta labor consiste en rellenar el espacio que queda entre la pared del pozo perforado y la tubería definitiva con una gravilla de canto rodado lo más uniforme posible (jamás utilizar material chancado), de manera de formar un filtro que impida que las partículas de suelo entren al pozo durante el funcionamiento de la bomba. El espesor del filtro de gravas deberá ser de 7 a 20 cm, dependiendo este valor de la profundidad del pozo y de lo regular de la construcción de la perforación; recomendándose siempre un espacio anular superior a 7 cm. Por otro lado, valores mayores de 20 cm del espesor del filtro entorpecen las operaciones de limpieza y en ocasiones resulta casi imposible remover los residuos de lodos de perforación contenidos en los acuíferos al terminar la construcción. También es posible conformar un *filtro natural* con los mismos materiales de suelo que quedan alrededor del pozo, mediante inyección forzada de aire.

Desarrollo del pozo. Esta faena corresponde a la extracción de los materiales finos del acuífero en torno a las cribas para formar un filtro y eliminar así la posibilidad de entrada de sólidos al interior del pozo. Durante el desarrollo del pozo, los materiales finos son retirados mediante el "cuchareo" u otro procedimiento según cuál sea el método de perforación utilizado. Al momento de completar la prueba de bombeo, el pozo no debe quedar arrojando finos que reducen la vida útil del equipo de bombeo para la explotación del pozo.

Prueba de bombeo. Para esta prueba se debe instalar una bomba lo más profundo posible con una capacidad a lo menos de 30% superior al caudal esperado, para producir el agotamiento del pozo y calcular el caudal máximo de explotación. La prueba de bombeo se divide en prueba de gasto variable y prueba de gasto constante. La primera prueba consume habitualmente unas 12 horas, y consiste en registrar el tiempo y el nivel del agua en el pozo sometido a bombeo con caudales crecientes y debidamente estabilizados cada 2 horas aproximadamente, hasta llegar al caudal máximo. Las bases técnicas de los concursos de la Ley N°18.450 establecen observaciones de niveles en función del tiempo conforme a la siguiente escala: 0 - 5 - 10 - 15 - 30 - 45 y 60 minutos, y posteriormente, cada 30 minutos hasta que el nivel deprimido se estabilice, no excediendo de 12 horas por etapa.

La prueba de gasto constante, se realiza con un caudal que corresponde al 90% del gasto variable máximo, durante un período mínimo de 24 horas. La Comisión Nacional de Riego y la Dirección General de Aguas exigen estos tiempos en las pruebas de bombeo, con fines de presentación de proyectos a los concursos de la ley N° 18.450 e inscripción de derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas respectivamente. Una escala práctica es medir al minuto, 2, 3, 4, 5, 6; 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20; 25, 30, 35, 40; 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120; 150, 180, 210, 240... y más minutos en la misma secuencia.

Planos e informe final. Se debe exigir al contratista la entrega de un informe del pozo construido, bajo la firma de un profesional idóneo. Este informe debe contener los planos de construcción del pozo, el perfil del terreno y todos los registros de la prueba de bombeo, incluyendo las curvas de agotamiento. Normalmente se exige también un análisis de laboratorio para determinar la calidad del agua con fines de riego. Estos antecedentes son necesarios para la inscripción del pozo en la DGA (derechos de aprovechamiento) y también para postular proyectos a los concursos de la Ley de Fomento al Riego.

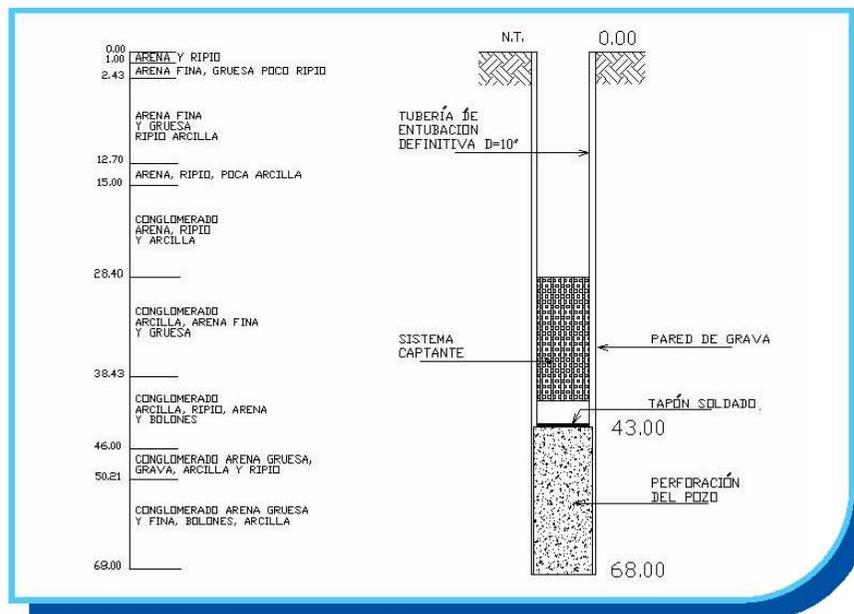


Figura 2. Estratigrafía de un pozo profundo.

3. Aplicaciones más corrientes

Los pozos profundos representan una buena solución técnica para abastecer de agua de riego en proyectos productivos de alta rentabilidad, que estén manejados por un grupo familiar o un grupo de 2 a 10 productores individuales, que dispongan de un terreno comunitario, o bien que sus predios individuales estén distribuidos en torno al pozo, y de esta manera reducir el costo por conducción del agua de riego (normalmente con tubería de PVC). No obstante lo anterior, la ubicación del pozo debe corresponder a las mejores posibilidades hidrogeológicas del sector, criterio técnico que debe primar sobre el costo de conducción.

Los proyectos de construcción y mejoramiento de pozos financiados por INDAP se han concentrado básicamente en las regiones de O'Higgins, del Maule y Metropolitana. Con la información disponible en más de 200 pozos se puede afirmar, a modo de conclusión, que los caudales obtenidos en la prueba de bombeo han resultado menores que los esperados, particularmente en el secano interior, con un rango de 2 a 10 l/s. En los pozos perforados en zonas de transición, entre el valle regado y el secano interior, el caudal promedio fluctúa entre 15 y 30 l/s. Excepcionalmente, se han obtenido caudales superiores a 50 l/s en algunos pozos ubicados en las comunas de Parral, Retiro, Peralillo, Palmira y Paine. Recientemente, se está incursionando en perforación de pozos para riego campesino en las regiones de Los Ríos y Los Lagos.

Una característica común en los proyectos de riego que contemplan captación de aguas subterráneas, es la instalación de un segundo *equipo impulsor* cuando la aplicación del riego se realiza a través de sistemas a presión (goteo, por ejemplo). En estos casos, el agua bombeada desde el pozo descarga libremente sobre un estanque tipo *australiano* o tranque.

Los fabricantes de bombas de pozo profundo no recomiendan que estos equipos se instalen directamente en conexión a los sistemas de riego presurizado como una forma de prolongar la vida útil de los equipos y reducir los costos de operación, mantenimiento y reparaciones.

4. *Los derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas*

Las obras de captación de aguas subterráneas incorporan toda la superficie capaz de regar como superficie de nuevo riego. Para que los usuarios tengan el derecho de aprovechamiento de aguas subterráneas y puedan utilizarlas sin riesgo de perderlas en el futuro, deben solicitar a la Dirección General de Aguas la inscripción de estos derechos en el conservador de bienes raíces a nombre de la comunidad de aguas en formación. Para ello es importante que los usuarios cuenten con la asesoría de un consultor con experiencia en el trámite administrativo de inscripción de derechos de aguas y formación de comunidades de aguas.

Antes de proyectar una obra de captación de aguas subterráneas se debe asegurar que el predio no se encuentre en zonas de prohibición o áreas de restricción declaradas por la Dirección General de Aguas.

Los proyectos de pozos que postulan a los concursos de la Ley 18.450 de Fomento al Riego deben cumplir con los siguientes requisitos:

- De acuerdo con el art. 19 del Reglamento, las faenas de perforación, desarrollo y prueba de bombeo, se deberán registrar previo a su construcción, en el registro que para tal efecto posee la DOH Regional, acreditación que deberá presentarse al momento de la postulación.
- Tratándose de proyectos de captaciones que no posean sus derechos inscritos, al momento de ingresar el proyecto se exigirá copia de la solicitud del derecho de aprovechamiento y certificación por parte de la DGA de que no se presentaron oposiciones. Previo a la orden de pago de la bonificación, se deberá adjuntar copia de las inscripciones de los derechos de aguas a nombre del solicitante.
- Aquellos(as) solicitantes que se acogieron a la regularización de los derechos de acuerdo al artículo 4° transitorio de la Ley N° 20.017 que aprueba las modificaciones al Código de Aguas, deberán adjuntar copia del formulario de regularización ingresado en la oficina correspondiente. Previo a la orden de pago del certificado de bonificación, se deberá adjuntar copia de las inscripciones de los derechos de aguas a nombre del solicitante.

5. Variantes

El pozo profundo es una obra hidráulica que debe cumplir ciertas normas de diseño y construcción para que pueda servir al objetivo de captar las aguas subterráneas, de acuerdo con el tipo de terreno y calidad del *acuífero* que se quiere explotar, durante el mayor tiempo posible, con un mínimo de 20 años.

La definición anterior debiera ser válida para cualquier obra de captación contratada como "pozo". Sin embargo, no siempre es posible aplicar estos criterios frente a todas las variantes que existen para contratar o ejecutar este tipo de obras:

a) Método de perforación. Las máquinas perforadoras de pozos trabajan con uno de los siguientes sistemas: percusión, rotación o roto-percusión. También hay diferencias en las herramientas empleadas según el tipo de suelos (arenas, arcillas, gravas, roca). Por ejemplo, con los métodos en que se coloca la entubación definitiva a medida que se avanza en la perforación, no es posible conocer la ubicación de los acuíferos y se recurre al ranurado en un mayor porcentaje de la profundidad del pozo (60 - 80%), entregando una obra de dudosa calidad.

En cambio, el sistema de roto-percusión Barber va perforando y colocando una tubería provisoria, para posteriormente colocar la entubación definitiva con las cribas bien ubicadas y debidamente diseñadas.

b) Tipo de entubamiento. Si la cañería de habilitación definitiva es de acero tipo Yoder debe tener el diámetro adecuado al tamaño de la bomba de habilitación con un espesor mínimo de 6,35 mm. Debe evitarse el ranurado en las tuberías de acero, porque las aberturas son muy grandes, en comparación con las de una criba de Slot N° 40¹, afectando así la vida útil del pozo por ingreso de sólidos.

c) Costos de inversión inicial. Los proyectos de captación de aguas subterráneas involucran dos grandes inversiones al inicio: a) la construcción del pozo y su habilitación hasta la prueba de bombeo; y b) la habilitación definitiva del pozo. Para los fines del presente manual, este segundo ítem será analizado en el capítulo de elevación mecánica.

¹ Las *cribas* son rejillas de ranura continua que se fabrican mediante el enrollado de alambre estirado en frío, colocado en forma de espiral alrededor de un sistema circular de barras longitudinales. El N° de Slot equivale a la abertura o espacio que queda entre cada vuelta de la espira continua, expresada en milésimas de pulgada. (Slot 40 = 0,040" = 1 mm.)

Es muy frecuente que las empresas coticen la construcción de pozos mediante un precio de referencia por metro lineal de pozo perforado y entubado, sin habilitar. Pero este valor de referencia es muy variable, fluctuando entre \$80.000 y \$220.000 por metro, sin una clara especificación de las características de la obra. Si aplicamos estos valores a un pozo de 60 metros, se podría llegar al extremo de tener que decidir frente a una cotización de \$4.800.000 y otra de \$13.200.000, aparentemente por la misma obra.

Para facilitar la toma de decisiones, se debe exigir cotizaciones con desglose del presupuesto en las siguientes partidas:

a) Perforación. Se cotiza un precio por metro lineal de perforación. Los diámetros de perforación dependen del caudal esperado y de la profundidad del acuífero. El costo unitario de esta partida depende principalmente del tipo de terreno (duro o blando) y diámetro de entubación (8, 10 o 12"), en función de los equipos y herramientas requeridos.

b) Cañería de entubación definitiva. Tiene un precio por metro lineal de entubación, el cual varía según el material (acero), diámetro y espesor. El diámetro de la tubería debe permitir una holgura de 2" con relación al diámetro de la bomba, según se indica en la Tabla 1:

Tabla 1. Diámetros de cañería y bomba según caudal del pozo.

Caudal estimado (l/s)	Diámetro máximo de la bomba (pulgadas)	Diámetro mínimo de la cañería (pulgadas)
0 - 10	5	6 (interior)
9 - 24	6	8 (interior)
21 - 40	8	10 (interior)
36 - 80	10	12 (interior)

Fuente: "Manual de Obras Menores de Riego". (1996). CNR/CIREN. Publ. 111.

c) Cribas. Se cotiza un precio por metro lineal. Como regla de la práctica, algunos contratistas calculan el tramo con cribas como el 30% del largo total del pozo o de la profundidad a partir de la cual aparece el agua. De acuerdo con la estratigrafía obtenida durante el sondaje, el tramo de cribas puede ser continuo o bien estar repartido, en dos o más secciones (las cribas se venden en largos de 3 y 6 metros).

d) Engravillado. Es una partida de obra cuyo costo depende del tamaño del sondaje, y se expresa en m³ de gravilla de canto rodado consumidos en la operación. Se calcula un promedio de 0,15 - 0,20 m³ por metro de profundidad.

e) Desarrollo del pozo. El costo depende de la profundidad del sondaje, de los materiales y herramientas que se empleen, y de la duración de la faena. En promedio se ocupan 4 a 7 días. No obstante estas consideraciones, el precio de esta partida se debe cotizar en forma global².

f) Prueba de bombeo. El costo de esta partida depende de dos factores: a) El valor de arriendo de los equipos requeridos para la prueba; y b) La duración de la prueba. El tiempo mínimo exigido para la prueba de bombeo son 24 horas para el gasto constante y 12 horas para el gasto variable, razón por la cual las empresas de sondaje suelen determinar un costo global de uso de los equipos, incluido el combustible, y dividirlo por 36, para expresarlo como un precio unitario por hora. El costo global por uso de equipos portátiles depende principalmente de la disponibilidad de potencia en el lugar de la prueba (ya sea energía eléctrica trifásica instalada o un generador con capacidad suficiente).

g) Habilitación definitiva. Los costos de inversión en la obra de habilitación definitiva, así como los costos de operación y mantenimiento de pozos profundos serán tratados en el capítulo sobre elevación mecánica.

h) Análisis Físico-Químico y Bacteriológico. Se debe realizar el análisis de una muestra de agua del pozo de acuerdo a la N.Ch.1333 Of. 78 para agua de riego.

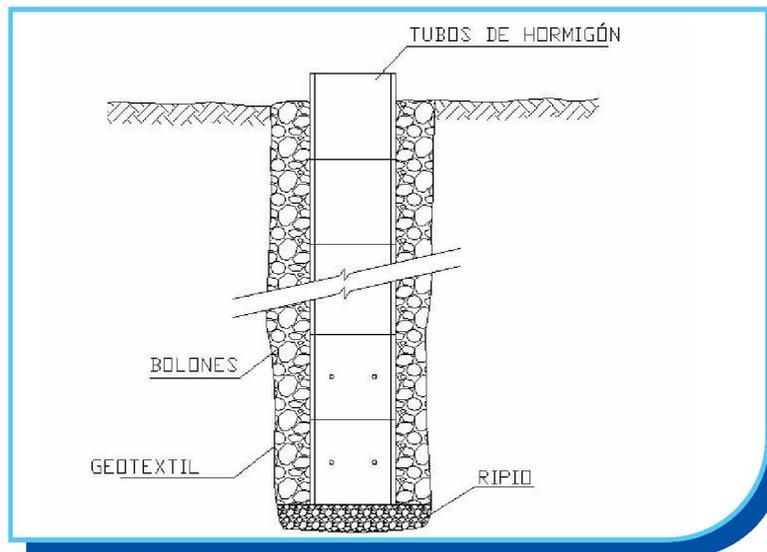


Figura 3. Pozo excavado o noria.

1. Descripción de la obra

A diferencia de los pozos profundos, la *noria* es una obra de captación de aguas subterráneas que no están contenidas en un acuífero, y que provienen de las filtraciones de cauces naturales o artificiales o de napas subsuperficiales de drenaje natural de suelos de posiciones más altas. La noria tradicional consiste en una excavación hecha a mano o con retroexcavadora, de sección más o menos circular y de gran diámetro (1-3 m). La profundidad de estos pozos fluctúa entre 5 y 15 metros, dependiendo de la estabilidad de las paredes y de la cantidad de agua que aflora durante los trabajos.

En períodos de sequía prolongada, o cuando se necesita contar con un mayor volumen de agua, las norias se pueden profundizar mediante una excavación de igual diámetro o bien haciendo un *barrenado*, con lo cual se puede alcanzar una profundidad total de 20 a 25 metros.

El revestimiento de la noria es aconsejable bajo cualquier condición de suelo para dar estabilidad a sus paredes o como medida de protección frente al desmoronamiento por causa de sismos.

En muchos sectores del secano interior y costero entre las regiones de Coquimbo y del Maule, los caudales captados con este tipo de obras son en general muy bajos, entre 10.000 a 100.000 litros por día (equivalente a un caudal continuo de 0,11 a 1,15 l/s).

En cambio, las norias ubicadas en zonas de posición baja, próximas a un río o estero, o al pie de un cerro³ en regiones de mayor pluviometría, pueden captar caudales mucho más elevados y constantes, del orden de 2 a 6 l/s.

³ En algunos sectores de la precordillera de la región del Biobío, se han logrado excelentes resultados con otro tipo de obra de captación, que se conocen con el nombre de *pozos-zanja*. Estas son en realidad trincheras, excavadas a poca profundidad, con un largo variable (entre 15 y 30 m), no se revisten y son aprovechadas directamente con equipos de bombeo portátiles.

2. Componentes de la obra

La noria con fines de riego consiste básicamente en los siguientes elementos:

- El pozo o excavación.
- La obra de revestimiento.
- La unidad de bombeo y sus accesorios.

La excavación del pozo se puede hacer en forma manual, al principio con un obrero y posteriormente con dos o tres jornales, que se relevan en turnos cortos entre la labor de superficie y la faena de excavación. A medida que aumenta la profundidad de la excavación, y con ello la dureza del terreno, los rendimientos de la mano de obra bajan considerablemente, hasta 1-3 días por metro excavado. Por esta razón, en los casos en que se espera encontrar el agua a poca profundidad (6-9 metros), se opta por la excavación con máquina retroexcavadora, con rendimientos muy altos, del orden de 6 a 10 m³ de excavación por hora, terminando la faena en el mismo día. Tiene la limitación de profundidad ya mencionada, además de problemas de nivelación vertical de los tubos de revestimiento, ya que la excavación con máquina tiene una forma muy irregular y resulta muy grande en comparación al diámetro de los tubos.

Para extraer las aguas de la captación se utilizan *bombas centrífugas*, con motor bencinero (cuando no se dispone de energía eléctrica) o motobombas de baja potencia (0,5 a 1,5 HP) conectadas a la red eléctrica domiciliaria. El inconveniente de este tipo de bombas es que sólo pueden funcionar con una *altura de aspiración* inferior a 6 metros, lo que dificulta su instalación en la superficie del terreno.

En la mayoría de los casos en que el nivel del agua en la noria se encuentra a una profundidad mayor de 6 metros, o desciende a este nivel durante el bombeo, se opta por colocar la bomba sobre una plataforma sostenida por cuerdas o cadenas y conectada a una polea para "bajar la bomba" a medida que desciende el nivel del agua en el pozo. Una segunda opción es instalar en superficie una bomba *centrífuga con inyector*, diseñada especialmente para aspirar a alturas mayores, aun cuando se reduce fuertemente el caudal impulsado. Otra opción, de mucha recurrencia actualmente, es la instalación de bombas sumergibles. Los tipos de bombas y sus accesorios están tratados en el capítulo de **elevación mecánica**.

3. *Aplicaciones más corrientes*

En extensas zonas del secano costero e interior, entre las regiones de Valparaíso y Biobío, es común que en los predios se construya más de una noria, para aprovechar las napas subsuperficiales en el riego de chacras, árboles frutales, flores y hortalizas, en muy pequeña escala, con una superficie inferior a 4 ha. En todos los casos, las norias van asociadas a un sistema de riego localizado (goteo o microaspersión), para aprovechar al máximo los pequeños caudales que se pueden extraer con este tipo de obras de captación.

4. *Variantes*

Las variantes están referidas principalmente al material de revestimiento y al método de construcción de las norias. Por ejemplo, si el terreno lo permite, se puede excavar primero hasta la profundidad final y posteriormente ir bajando los tubos de hormigón con la ayuda de un teclé. En otros casos, el entubamiento es simultáneo con la excavación.

Cuando se utiliza cualquiera de los otros materiales de revestimiento (ladrillo, piedra emboquillada y hormigón), el pozo debe ser excavado previamente con máquina.

5. *Cotización o especificación de la obra*

En las cotizaciones o presupuestos de este tipo de obra se debe indicar el costo unitario de las siguientes partidas:

- Excavación a mano (\$/m³). Especificar el tipo de terreno; número de trabajadores; herramientas empleadas; medidas de seguridad contempladas para realizar el trabajo.
- Excavación con máquina (\$/m³). Especificar tipo de maquinaria y rendimiento en m³/h.
- Colocación de tubos de hormigón (\$/ml). Análisis de precios unitarios.
- Arriendo de motobomba (\$/día). Especificar tipo de bomba.
- Fletes y otros gastos.

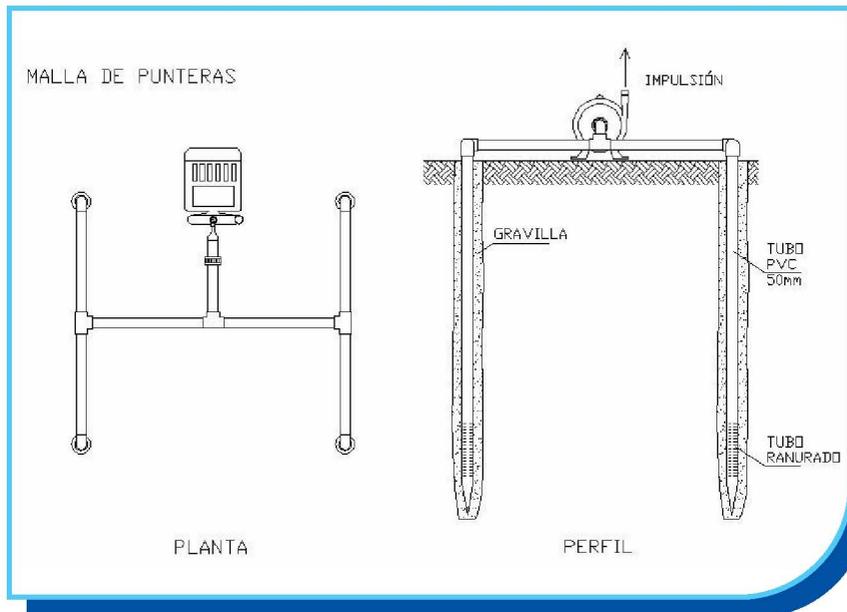


Figura 4. Malla de 4 punteras en H.

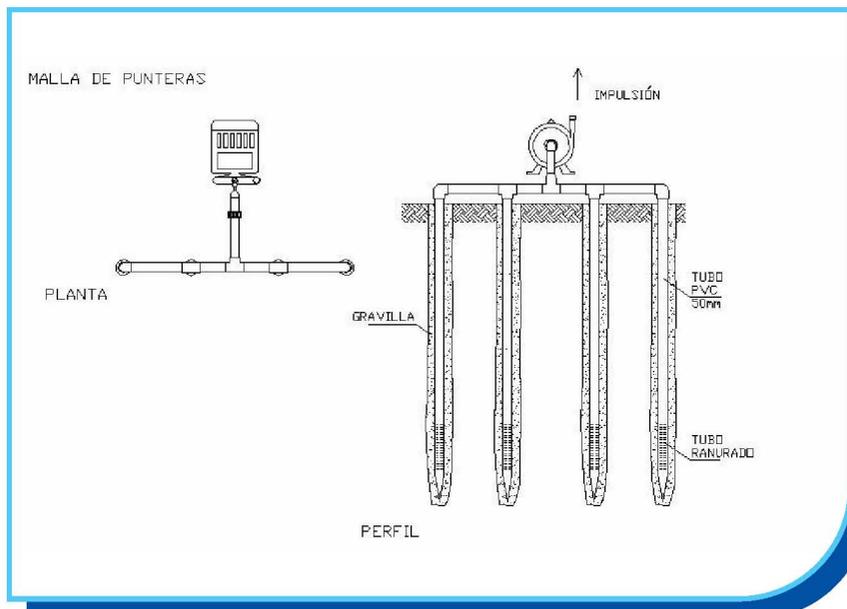


Figura 5. Malla de 4 punteras en T.

1. Descripción de la obra

La puntera⁴ es un pozo de pequeño diámetro (4" a 6") perforado en el suelo hasta una profundidad variable, que fluctúa entre 6 y 18 metros, mediante el cual se capta aguas de drenaje subsuperficial o napas de poca profundidad en terrenos de posición baja. Los caudales captados en general son muy bajos (0.1 a 0.5 l/s).

2. Componentes de la obra

En los proyectos de captación mediante punteras es posible distinguir los siguientes componentes:

- Perforación del pozo.
- Instalación de las punteras.
- Tubería de succión.
- Equipo de bombeo.
- Tubería de impulsión.

Dependiendo del tipo de material de suelo, en la perforación del pozo se emplean los siguientes métodos: a) Barrenado del suelo con un tubo metálico ("calador") que se introduce manualmente por rotación; b) Inyección de agua a alta presión, la que es forzada hacia abajo por una cañería vertical, que se hinca en el terreno mediante pequeños golpes, tiene en un extremo la salida del agua, este extremo tiene la forma de un cincel. El agua retorna a la superficie por la parte exterior de la cañería y la pared del pozo. Este método de perforación es efectivo solamente en sedimentos sueltos de grano fino, y con profundidades entre 6 y 15 m; y c) Perforación con una máquina de roto-percusión. Éste último método es obviamente de mayor costo y se emplea en terrenos duros, con aguas a mayor profundidad.

La *puntera* más utilizada es una tubería formada por la unión soldada de 2 tubos de PVC hidráulico de 75 o 110 mm y clase 10, con ranuras en el tramo inferior. Se logra un ranurado uniforme y fino utilizando una sierra de hoja. En los suelos con arenas muy finas, el tramo ranurado se debe cubrir con una malla fina de acero que se fija mediante abrazaderas.

La *tubería de succión* es simplemente un tubo de PVC de diámetro variable (32, 40 o 50 mm) según la cantidad de agua extraída y el tamaño de la bomba.

El *equipo de bombeo* es generalmente una motobomba eléctrica monofásica, apropiada para los bajos caudales obtenidos en la captación con punteras. También se instalan motobombas bencineras cuando no se dispone de energía eléctrica. El caudal de explotación de una puntera se debe determinar mediante pruebas de bombeo en la época de mayor demanda de riego.

La *tubería de impulsión* generalmente es de PVC en diámetros adecuados (entre 32 y 63 mm) según la distancia y el desnivel topográfico. Se utiliza para conducir el agua hasta un estanque o bien como línea principal de un sistema de riego a presión.

3. *Variantes*

Se conocen básicamente dos sistemas: a) la puntera simple, que corresponde a lo descrito anteriormente; y b) la malla de punteras, recomendable en el caso de que el rendimiento por puntera simple sea muy bajo. Esta variante consiste en dos o más punteras poco separadas entre sí, con las tuberías de succión conectadas a un tubo colector común generalmente de mayor diámetro, para sumar los caudales individuales y permitir la instalación de una sola bomba en el centro del mismo ("múltiple").

La profundidad en que se encuentra el nivel dinámico del agua en la puntera exige en algunos casos un cambio en el tipo de bomba. Para alturas de succión superiores a 7 metros se puede emplear una bomba centrífuga con inyector o bien una bomba sumergible de uso doméstico.

4. *Aplicaciones más frecuentes*

La captación de napas subsuperficiales mediante punteras es aprovechada en el riego de una superficie que generalmente no supera una hectárea, y su mayor aplicación la encontramos en el secano de la región del Biobío. Se han ejecutado una gran variedad de proyectos de riego tecnificado en pequeña escala, para hortalizas y flores en invernadero y frutales, bajo diferentes condiciones de suelo y pendiente (por ejemplo: cerezos con riego por goteo en laderas de cerro, sector Cayumanqui, región del Biobío; hortalizas al aire libre y en invernadero en las comunas de Empedrado y San Javier, región del Maule).