

CLASE AUXILIAR N°3

Universidad de Chile
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL



CI-61B

PROYECTO DE AGUA POTABLE

CAPTACIONES SUBTERRÁNEAS



Credits:
Paolo Zúñiga C.
02-2393235 pzuniga@fcarle.cl

CAPTACIONES SUBTERRÁNEAS

Universidad de Chile
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL



VENTAJAS DE UNA OBRA SUBTERRÁNEA

- Exige pequeñas inversiones iniciales.
- Permite el incremento paulatino de las inversiones, junto con el crecimiento del consumo de la ciudad, sin la necesidad de abordar grandes soluciones para un futuro largo plazo.
- Las captaciones pueden ubicarse muy próximas al consumo, con lo que se economiza en aducciones.
- Por lo general el agua no necesita tratamiento especial. Basta con su cloración.
- Permite solucionar problemas de abastecimiento en forma muy rápida dado el corto tiempo que en general se requiere para la construcción de este tipo de obra.
- En muchas zonas es el único recurso económicamente disponible.

REQUISITOS GENERALES

- Las obras de captación de agua subterránea se deben diseñar para obtener la mayor productividad, asociada con el máximo caudal específico o característico de gasto, para reducir al mínimo los costos de operación y mantenimiento, para cuyo efecto se seleccionan materiales que garanticen su vida útil, dimensionando sus elementos estructurales a fin de obtener costos de construcción razonables.
- El diseño de la obra de captación de agua subterránea debe asegurar que el caudal extraído sea permanente en el tiempo. La calidad aceptable física, química y bacteriológica del agua dependerá del uso.

RIESGO DE CONTAMINACIÓN

Credits:
Paolo Zúñiga C.
02-2393235 pzuniga@fcarle.cl

Universidad de Chile
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL



CAPTACIONES SUBTERRÁNEAS

DISEÑO

- **INFORME HIDROGEOLÓGICO**
- **SEGURIDAD**
- **LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO**
- **PUNTOS DE REFERENCIA**
- **INTERFERENCIA**
- **SEGURIDAD DEL PERSONAL**


CLASIFICACIÓN

- **POZOS PROFUNDOS (SONDAJES)**
- **PUNTERAS**
- **DRENES**
- **GALERÍAS**
- **NORIAS**



Credits:
Paolo Zúñiga C.
02-2393235 pzuniga@fharle.cl

Universidad de Chile
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL



CAPTACIONES SUBTERRÁNEAS

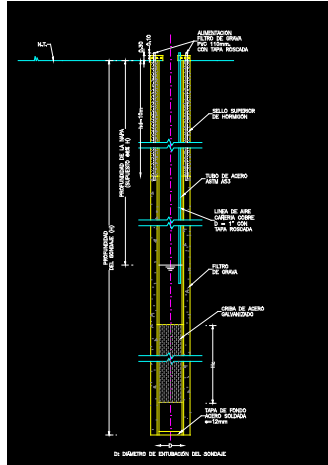
POZOS PROFUNDOS (SONDAJES)

Un pozo profundo o sondeo es una captación vertical de sección circular compuesta por una entubación de acero rodeada por un filtro granular.

La perforación de un pozo se realiza con un diámetro mayor al de la entubación; el espacio libre que queda entre ésta y las paredes de la perforación, es llenado con un filtro de material granular. El filtro granular impide el arrastre de arena hacia el pozo y estabiliza el terreno natural que rodea la zona captante. La granulometría del filtro depende de las características del acuífero.

MÉTODOS DE PERFORACIÓN:

- Percusión
- Rotación con circulación directa
- Rotación con circulación Inversa
- Rotación con aire reverso
- Rotopercusión



Credits:
Paolo Zúñiga C.
02-2393235 pzuniga@fharle.cl

CAPTACIONES SUBTERRÁNEAS

Universidad de Chile
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL



POZOS PROFUNDOS (SONDAJES)

- **ANÁLISIS GRANULométrico:**
Muestreo y análisis
Selección de materiales acuíferos
- **PROFUNDIDAD DE LA CAPTACIÓN**
- **ENTUBADO**
Diámetro
Materiales
Uniones
Espesores
Verticalidad y alineamiento
- **AISLACIÓN DE ESTRATOS**
- **REJILLAS O CRIBAS PARA POZOS**
- **RELLENOS Y FILTROS DE GRAVA**
- **DESARROLLOS DE POZOS**
Desarrollo con émbolo buzo
Desarrollo con chorro de agua
Desarrollo por sobrebombeo
Desarrollo con aire comprimido

$$H_{elev} = H_g + J_L + \sum \Delta_s$$

$$J = \frac{10.67 \cdot Q^{1.85}}{C^{1.85} \cdot D^{4.87}}$$

$$P = \frac{\gamma Q H_{elev}}{\eta}$$

$$D_e = 2.496 \cdot C^{-0.291} \cdot Q^{0.448} \cdot \left(\frac{T \cdot E}{\eta \cdot b \cdot r} \right)^{0.157}$$

D_e = diámetro económico

C = Constante de Hazen-Williams

Q = Caudal de extracción en m³/s

T = Horas de bombeo al año

E = Costo en \$/Kwh.

η = Eficiencia de la bomba en %

b = Costo de 1 m de tubería por 1 metro de diámetro

r = Tasa de descuento anual

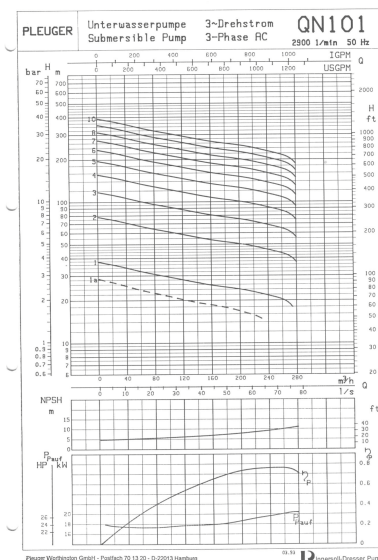
Credits:


Paolo Zúñiga C.

02-2393235 pzuniga@fharle.cl

CAPTACIONES SUBTERRÁNEAS

Universidad de Chile
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL





Universidad de Chile
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

CAPTACIONES SUBTERRÁNEAS

- **PROTECCIÓN SANITARIA**
- **PRUEBAS DE BOMBEO**

Prueba de caudal variable

Esta prueba debe permitir estimar la capacidad del pozo y obtener la información necesaria para diseñar la bomba que se debe instalar para su explotación.

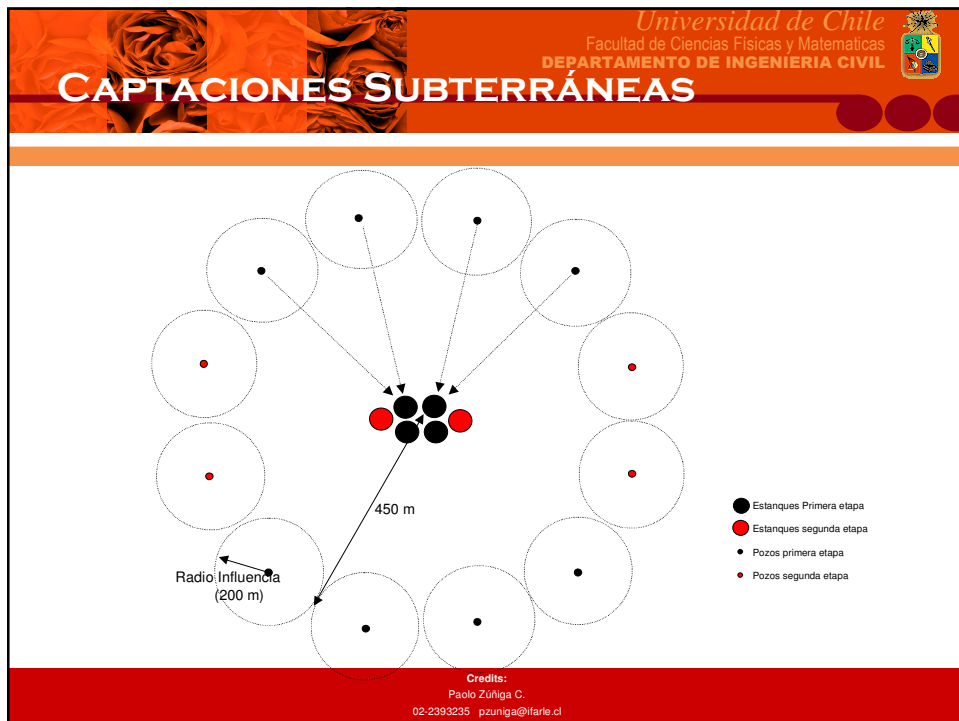
- El pozo se debe bombear con tres o más caudales diferentes y progresivamente crecientes, hasta llegar a la capacidad solicitada por el mandante o la capacidad proyectada de la obra de captación.
- La duración total de la prueba de caudal variable será de 24 h. como mínimo. La duración del bombeo para cada caudal se debe prolongar como mínimo por 2 h. o por el tiempo necesario hasta que en cuatro mediciones consecutivas del nivel deprimido, tomadas a intervalos de 15 min., se obtenga una variación total, igual o inferior a 2 cm.
- Se debe medir la recuperación del nivel del pozo hasta su nivel inicial o durante un tiempo igual al de bombeo antes de iniciar la prueba de caudal constante.

Prueba de caudal constante

Una vez realizada la prueba de caudal variable se debe realizar una prueba de caudal constante. Se debe entender que el caudal es constante cuando presenta fluctuaciones no mayores de $\pm 5\%$. Esta prueba permite conocer la capacidad de explotación del pozo.

- El pozo debe ser bombeado manteniendo un caudal constante, controlando los niveles de agua en función del tiempo transcurrido desde el inicio de la prueba.
- La duración de la prueba no debe ser inferior a 24h, hasta obtener su nivel estabilizado.
- Se deben medir la recuperación en el pozo bombeado y en los de observación que se utilicen en la prueba durante un tiempo mínimo similar al de bombeo.

Credits:
Paolo Zúñiga C.
02-2393235 pzuniga@fcarle.cl





Universidad de Chile
 Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

CAPTACIONES SUBTERRÁNEAS


PUNTERAS

Estos pozos se ejecutan lanzando un fuerte chorro de agua por una cañería que termina en un trépano. El agua lava el terreno que es transportado hacia arriba por la cañería del pozo, la que se va profundizando fácilmente. Se usa para diámetros de 40 a 75 mm y para profundidades normalmente entre 3 y 8 m.

Las punteras permiten captar aguas subsuperficiales y se aplican normalmente en localidades pequeñas.



Credits:
 Paolo Zúñiga C.
 02-2393235 pzuniga@fharle.cl




Universidad de Chile
 Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

CAPTACIONES SUBTERRÁNEAS


PUNTERAS

- Se deben tomar muestras representativas del terreno en los sectores que atraviesan las punteras, comprobando que el 50% de su tamaño no sea menos que la abertura de las punteras.
- Cada puntera se debe desarrollar mediante un bombeo en forma intermitente, hasta obtener agua libre de arena y cristalina y luego a su máxima capacidad.
- Toda malla de punteras debe tener a lo menos un piezómetro de observación de los niveles de agua.
- Las mallas de punteras se deben probar en forma escalonada, similar a lo establecido en la prueba de caudal variable para pozos.
- Se deben tomar, durante la prueba de bombeo de las punteras, las muestras de agua destinadas a sus análisis físico-químico y bacteriológico; este último cuando proceda.
- Se requiere una prueba de gasto constante del conjunto de las punteras para el caudal solicitado, con estabilización de niveles de por lo menos 180 min. El control de niveles se debe efectuar en piezómetro habilitado especialmente para la observación de niveles.
- Los materiales deben cumplir con los requisitos de 6.1.4.2 y 6.1.4.3 de esta norma.

Credits:
 Paolo Zúñiga C.
 02-2393235 pzuniga@fharle.cl



Universidad de Chile
 Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL



CAPTACIONES SUBTERRÁNEAS


DRENES

Los drenes son captaciones horizontales destinadas a captar aguas subterráneas provenientes de acuíferos subsuperficiales. Están constituidos por un conducto permeable que se coloca con una pendiente pequeña. Pueden ser de dirección paralela al escurrimiento de la napa o normales a ella.


Si el ducto es de gran diámetro y visitable, este tipo de captación se denomina galería de drenaje.

- La captación por drenes se puede hacer por forma gravitacional o mecánica, en este último caso el agua se junta en una cámara al final del dren donde se instala una bomba de elevación.
- Las excavaciones de drenes se deben ejecutar conforme a NCh349 y NCh436, con taludes que ofrezcan plena seguridad de a cuerdo con el material excavado.
- La superficie captante debe estar de acuerdo con el flujo a captar y con la sobrecarga que debe soportar; se debe justificar el cálculo hidráulico y el estructural.
- Los drenes deben quedar recubiertos hasta la superficie, efectuando los rellenos debidamente apisonados para evitar su posterior descenso.
- Para drenes subterráneos se deben instalar cámaras de registro, adecuadamente espaciadas, ingresables por personas, para su inspección y mantención.
- Se deben tomar muestras representativas de la formación acuífera cada 5 m. y someterlas al análisis granulométrico.
-

Credits:
 Paolo Zúñiga C.
 02-2393235 pzuniga@fcarle.cl



Universidad de Chile
 Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL



CAPTACIONES SUBTERRÁNEAS

DRENES

- Se deben tomar muestras representativas de la formación acuífera cada 5 m. y someterlas al análisis granulométrico.
- El espesor mínimo del filtro de grava en drenes debe ser 100mm. El espesor máximo recomendable debe ser 200mm.
- El diámetro y longitud de los drenes, se debe justificar de acuerdo con las condiciones hidrogeológicas del acuífero, los caudales que se desea obtener y la seguridad de los mismos.
- Se debe llevar un control a lo menos mensual, de los tiempos de explotación del dren, así como de los gastos extraídos y de los niveles del agua.
- El agotamiento que sea necesario durante la construcción se debe programar en forma continua y en lo posible mediante el uso de punteras.
- Se requiere una prueba de gasto constante de 24 h. de duración, con estabilización de niveles de por lo menos 180 min. El control de niveles se debe efectuar en un piezómetro habilitado especialmente para observación de niveles.
- Se deben dejar a lo menos 2 piezómetros en el sector central de la obra, ubicados a una distancia tal que permitan controlar el cono de depresión del acuífero.

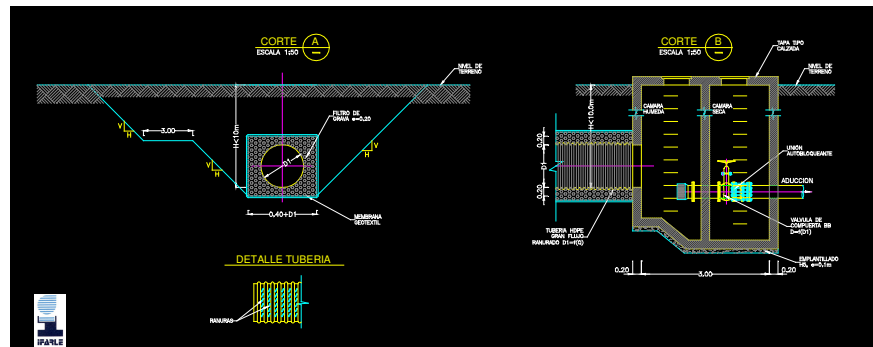
Credits:
 Paolo Zúñiga C.
 02-2393235 pzuniga@fcarle.cl

CAPTACIONES SUBTERRÁNEAS

Universidad de Chile
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL



DRENES



Credits:
Paolo Zúñiga C.
02-2393235 pzuniga@fharle.cl

CAPTACIONES SUBTERRÁNEAS

Universidad de Chile
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL



GALERÍAS

- Las excavaciones se deben entibar de acuerdo con la calidad de las formaciones atravesadas, siendo necesario el concurso de un especialista experto en este tipo de faenas.
- Las galerías deben tener piques o chimeneas separadas de acuerdo con las conveniencias constructivas, en especial su ventilación; a lo menos deben tener una salida en cada extremo.
- Si la galería y los piques permiten el ingreso de personas, éstas deben contar con ventilación que garantice su seguridad.
- El agotamiento de la napa subterránea en el período de construcción se debe programar en forma continua y disponer de los elementos necesarios para garantizar la seguridad del personal al interior de la galería.
- El revestimiento de la galería debe asegurar su estabilidad estructural y permitir el ingreso del agua. Donde sea necesario a juicio del experto, se debe justificar mediante el cálculo estructural en base a las solicitaciones que la mecánica de suelos indique, además de la componente sísmica. Las formaciones de tipo aluvial y fluvial deben ser revestidas, al igual que las arcillas expansivas.
- El uso de explosivos debe cumplir con todas y cada una de las disposiciones que rigen la materia, tanto en el aspecto administrativo como de control y seguridad.

Credits:
Paolo Zúñiga C.
02-2393235 pzuniga@fharle.cl

CAPTACIONES SUBTERRÁNEAS

Universidad de Chile
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL



NORIAS

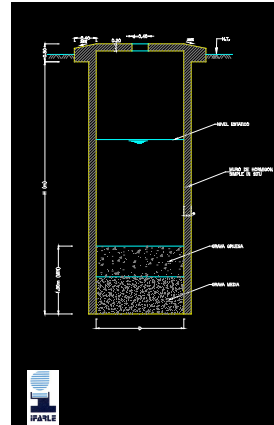
Las norias son captaciones verticales destinadas a captar aguas subterráneas provenientes de acuíferos de poca profundidad.

Generalmente las norias captan caudales relativamente bajos, para abastecer pequeñas poblaciones.

La noria es un pozo excavado a mano, recubierto por una estructura de hormigón con malla de acero, de diámetro variable entre 1.8 m y 3.0 m, con barbacanas para aliviar presiones en las paredes del manto de hormigón.

Requisitos generales para el diseño y construcción de norias

- Sólo con la autorización específica de la Autoridad Competente, se aceptan las captaciones de aguas subterráneas tipo norias para los servicios concesionados de agua potable.
- La construcción de norias debe responder en cada caso a un proyecto específico en el que intervienen varias disciplinas propias de una obra subterránea. En esta norma se ha referido a aquellos aspectos que son propios a la captación de agua subterránea



Credits:
Paolo Zúñiga C.
02-2393235 pzuniga@fiam.uchile.cl