

Capítulo 2: MÉTODOS DE CONSTRUCCIÓN DE CAPTACIONES

1. Consideraciones Previas

Un hoyo no es una captación de agua subterránea **técnicamente** correcta.

Para que una obra de este tipo sea considerada técnicamente correcta se requiere que cumpla ciertos requisitos que, aunque parezcan obvios, no deben dejar de ser mencionados.

- a) Que entregue agua subterránea en su estado natural en el acuífero, es decir, **exenta de partículas**.
- b) Que la eficiencia de su funcionamiento permita explotar el agua con el **menor consumo energético** posible.
- c) Que funcione **normalmente** dadas las características hidrogeológicas del área en que ha sido construida.
- e) Que tenga un **costo razonable** habida consideración de los factores económicos.
- f) Que cuente con los respectivos **derechos** y que estos se encuentren bien **respaldados**.
- g) Que se disponga de la **documentación constructiva básica**

La evidencia empírica día a día señala que solamente una parte muy pequeña de las captaciones de agua subterránea en Chile cumplen a plenitud con el requisito de ser **técnicamente correctas**.

Solamente conozco tres situaciones en que el responsable de la falla de una captación no es el factor humano:

- a) El descenso regional de niveles de agua,
- b) La incrustación de sales
- c) La proliferación de bacterias de hierro

Todas las otras causas de fallas de captaciones se deben a deficiencias en el diseño, construcción y mantención. Esto en el supuesto de que se hayan hechos.

Entre los factores más relevantes que explican las fallas antes señaladas están:

- a) La deficiente capacitación técnica de ejecutivos y operadores de las constructoras de pozos
- b) La falta de una supervisión técnicamente efectiva
- c) Conductas al margen de la ética
- d) El descuido en la mantención sistemática

Si bien en los pozos se hacen sentir los efectos de temblores y terremotos, mi experiencia indica que este tipo de fenómenos no afecta la producción de las captaciones de aguas subterráneas construidas en forma correcta.

Es preciso poner énfasis en que las captaciones de agua subterránea no son observables en forma directa para ser inspeccionadas como, por ejemplo, un edificio. Los métodos más avanzados como las cámaras de TV no aportan toda la información necesaria. A modo de ejemplo no es detectable la abertura de las rejillas o la naturaleza del filtro de grava.

En esta actividad un elemento clave es la confianza mutua entre constructores de captaciones y usuarios, la que desde hace varias décadas ha ido decayendo por la fuerte competencia que se ha desarrollado y porque la actividad carece completamente de todo tipo de control y porque los usuarios de esta actividad no disponen de las herramientas apropiadas para defender sus intereses.

Muchas veces en mi trabajo he detectado errores de operadores que no son transmitidos a la jerarquía de las empresas por temor a sanciones y/o porque no captan su importancia. No estoy en condiciones de asegurar que un error informado a las planas directivas sea corregido por todas las empresas.

No es necesario profundizar mas sobre esta situación que es ampliamente conocida por todos los actores. Solo quiero establecer que se debe ser en extremo profesional para que el diseño, la construcción y la mantención de este tipo de obras sean técnicamente correctas. No digo que sea perfecto, solo que sea correcto.

Aplicar el viejo refrán de que "ojos que no ven, corazón que no siente", suele ser muy caro.

En los medios internacionales se dice que **"los médicos y los perforistas de pozos tienen algo en común: entierran sus errores"**.

2. Definición del problema

Se tiende a asociar la construcción de una captación a los pozos profundos lo cual en muchos casos es un error.

Antes de definir el tipo de captación mas apropiado es asunto fundamental definir las características del acuífero a explotar.

Las características relevantes del o los acuíferos a explotar son las siguientes:

Permeabilidad

Profundidad

Recarga

Vulnerabilidad

Si en un sitio existe mas de un acuífero deberá seleccionarse preferentemente aquel que desde el punto de vista del usuario reúne las mejores condiciones.

Los acuíferos pueden ser divididos en someros y profundos, dependiendo de la profundidad a que se encuentre y si se requiere establecer un límite, creo que es 8 metros. Creo que para mayores profundidades no se pueden aplicar exitosamente las técnicas que si son apropiadas hasta los 8 metros. ¿ Por que 8 metros y no 10?. Porque las palas mecánicas y el método de chorro de agua son poco eficaces mas abajo de los 8 metros cuando el terreno está saturado.

3. Métodos aplicables a acuíferos someros

3.1. Norias

Las norias se hacen manualmente y su construcción es bastante sencilla. Algunas son revestidas y otras no, pero con frecuencia son obras destinadas a la extracción de caudales pequeños. Si se requiere poca agua y se dispone de mano de obra a costo razonable, puede ser que la noria sea la mejor solución. (Figura N° 6).

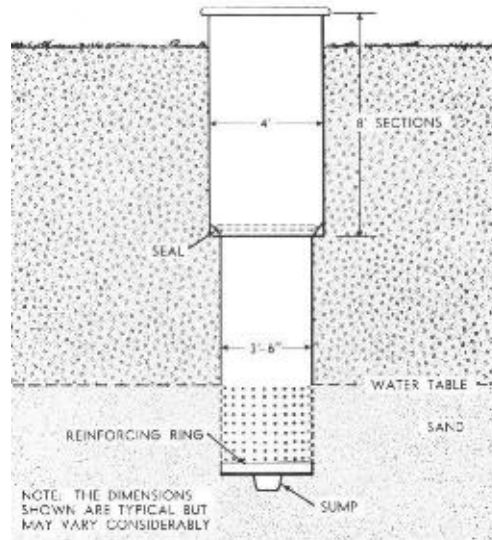


Figura N° 6: Esquema de noria

3.2. Punteras

Este nombre corresponde a una mala traducción del término inglés "drive point" un tipo de captación de agua subterránea que fue concebido para el drenaje de suelos saturados en la construcción de obras civiles de importancia. Las punteras pueden hincarse a golpes o mediante la perforación con chorro de agua a presión. En realidad el nombre deriva del hecho que las rejillas de estas captaciones poseen una punta para que el hincado a golpes sea eficaz. Obviamente esa punta es innecesaria cuando el terreno se perfora con chorro de agua.

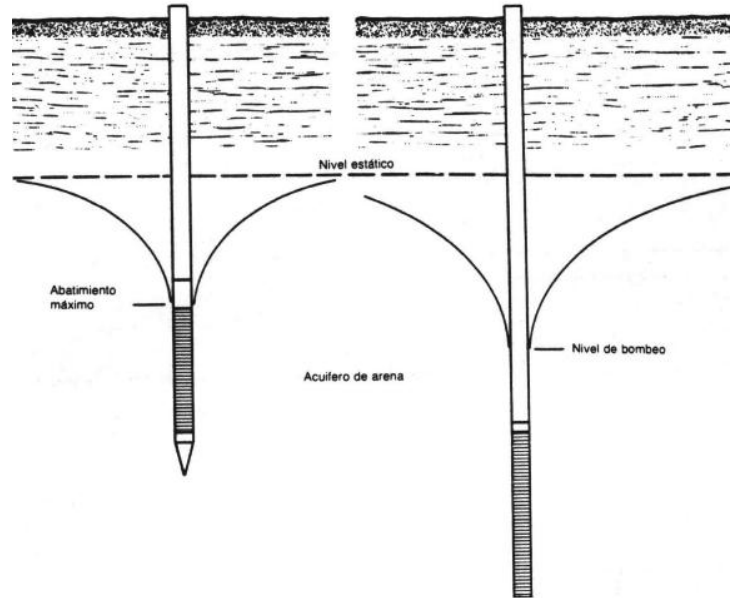


Figura N° 7: Puntera y Pozo Somero

3.3. Drenajes

Me refiero con este nombre a excavaciones lineales de relativamente poca profundidad que son en extremo útiles para el drenaje de suelos, especialmente en el caso agrícola. Si el nivel de agua se mantiene consistentemente durante el año a poca profundidad puede ser la manera más sencilla de captar agua subterránea. Estas obras son a rajo abierto y no se dotan siempre de entubamiento aunque en algunos casos se colocan tubos de PVC ranurados.

3.4. Drenes

Entiendo como tales obras mayores que se construyen con el empleo de maquinaria tal como retroexcavadoras y que en su construcción se emplean tubos de hormigón dispuestos horizontalmente los que se cubren con material seleccionado y, eventualmente con geotextiles para aumentar su duración. Ejemplos recientes destacables son los drenes de Colmo, San Pedro, Limache, El Carre-tón, etc.

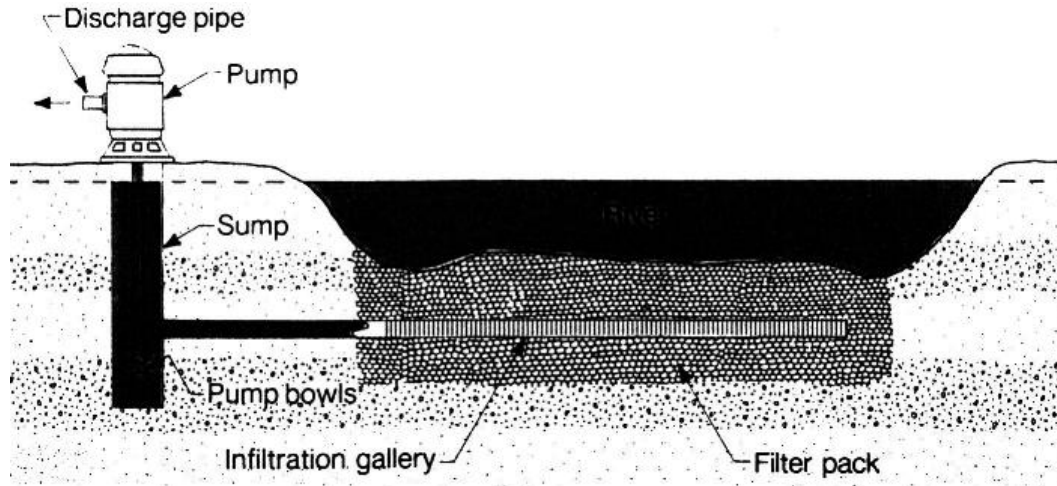


Figura N° 8: Dren Transversal

3.5. Minas de agua

Este tipo de captación está desarrollado en el sur del país y tiene su origen en la Mesopotamia hace miles de años. También existen en la primera región específicamente en las localidades de Pica y Matilla. Son túneles de poca pendiente en ascenso que penetran cerros hasta alcanzar la zona de saturación. Un catastro de estos Kanats en lo que fuera la Mesopotamia indica que su extensión total supera los 20.000 kilómetros de extensión y son la base del riego de dichas zonas aún actualmente.

4. Métodos aplicables a acuíferos profundos

Las dos formas de explotar acuíferos profundos son los pozos y las galerías. Me referiré especialmente a los primeros porque se ha abandonado la construcción de galerías como es el caso de Las Vegas debido a su muy alto costo de construcción.

4.1. Percusión por cable

Es el método de más antigua aplicación y se habría ideado en China empleando cañas de bambú con el mismo objetivo que hoy se emplea el cable de perforación. Básicamente consiste en subir y bajar rítmicamente un trépano suspendido con un cable mediante el empleo de una biela conectada a un motor diesel.

Para evitar el derrumbe de las paredes del pozo se baja una cañería de entubación lo que de dificultarse se resuelve golpeándola con herramientas apropiadas. Si bien es un método que se aplica hace muchas décadas aún es empleado por razones de costo principalmente pues las máquinas son baratas y se encuentran ampliamente amortizadas.

Es lento y engorroso, pero es el método que posibilita obtener las mejores muestras de los sedimentos atravesados. Es aplicable a sedimentos y cuando se atraviesan bolones la perforación puede ser en extremo dificultosa. No es recomendable su utilización en el caso de rocas duras pues el trépano se desgasta rápidamente y el avance es mínimo.

Es preciso advertir un hecho poco conocido por las personas que trabajan en el rubro de la construcción de captaciones. Las normas de diseño de pozos profundos, que se discutirán mas adelante, fueron desarrolladas para pozos construidos con este método, mas exactamente se basan en las muestras obtenidas por percusión por cable.

Estas técnicas de diseño no son aplicables a pozos perforados por otros métodos.

4.2. Rotación directa

Esta técnica fue creada por la industria petrolera que suele requerir pozos de gran profundidad, hasta varios miles de metros. La perforación del pozo se hace con un trépano a la que se le da rotación mediante una columna de perforación, la que gira basada en una mesa rotatoria. Por el interior de la columna de perforación se inyecta el barro de perforación el que baja al pozo, sale por unas aberturas del trepano y asciende por el espacio anular entre el exterior de la columna y la perforación.

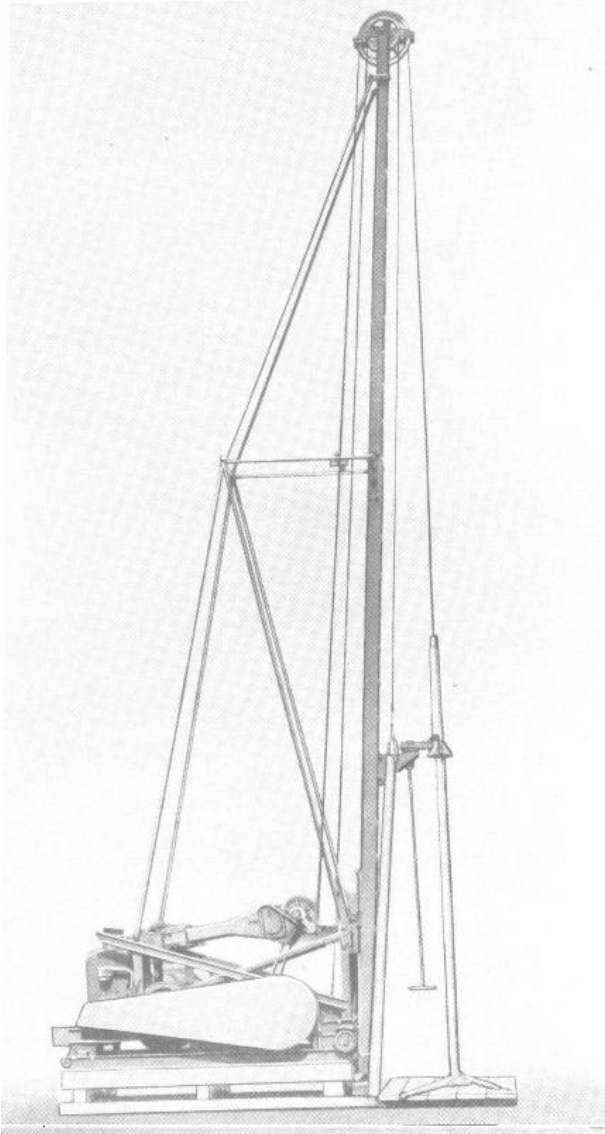


Figura N° 9: Máquina de Percusión con cable

El barro junto con refrigerar el trépano posibilita llevar en suspensión el "cutting" que es el material triturado por trépano al que se le aplica presión para cargar el fondo de la perforación. Es un método mas sofisticado y rápido, pero su aplicación ha sido limitada en Chile por carecerse de una escuela de formación.

El barro es vaciado en pozos decantadores para permitir la depositación del material triturado y evitar, dentro de lo posible, que recicle dañando la bomba de barro.

Presenta dos dificultades que limitan su aplicación: los bolones a poca profundidad que suelen impedir totalmente el avance. La otra limitación práctica es que el barro de perforación empleado para impermeabilizar las paredes del pozo para evitar que se derrumbe (reemplaza a la cañería), puede ser difícil de remover posteriormente. En Argentina y otros países suele ser muy utilizado por la existencia de una escuela.

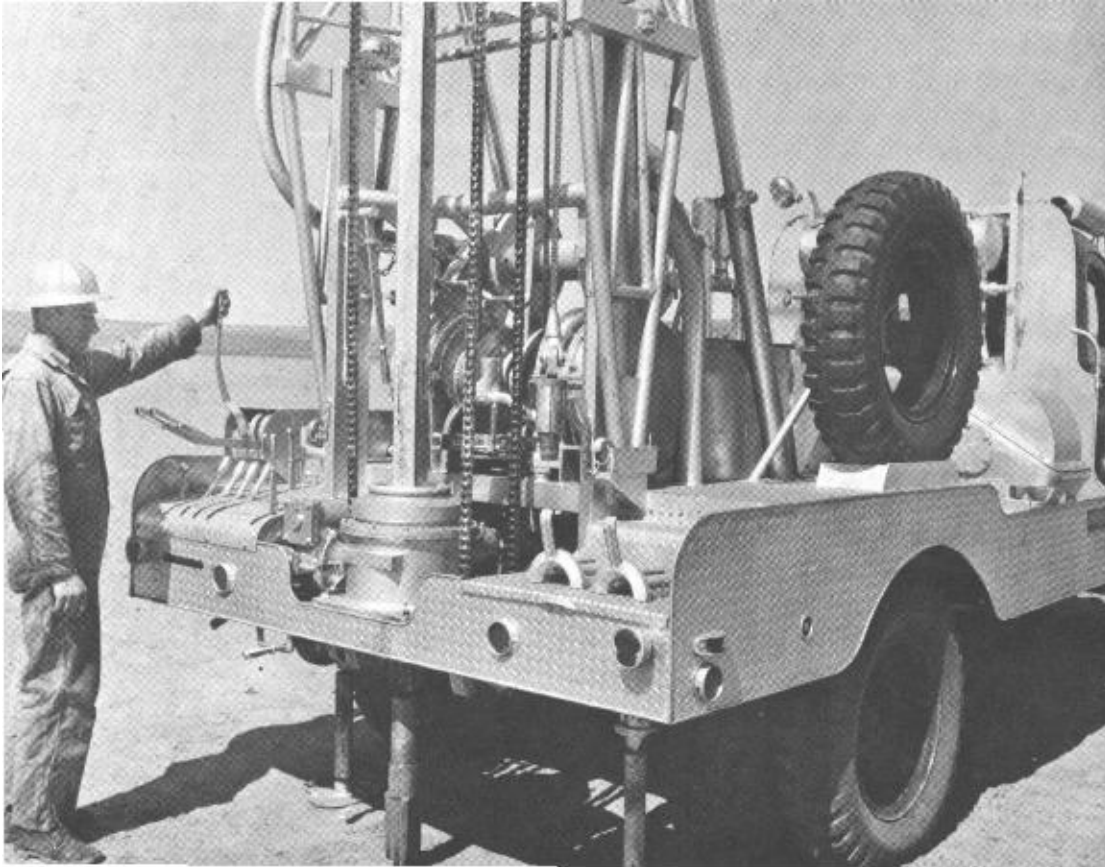


Figura N° 10: Máquina de Rotación Directa

4.3. Rotación Inversa

Su nombre hace mención al hecho de que en este método el fluido de perforación asciende por el interior de la columna de perforación y baja al pozo por el espacio anular entre el terreno y el exterior de la columna de perforación.

Ha tenido poca aplicación en Chile, pero ha tenido excelentes resultados en zonas de acuíferos pobres o sucios en el Norte de Chile. Igualmente requiere de

una piscina de agua de gran volumen y de una fuente de agua que si se interrumpe puede significar el derrumbe del pozo.

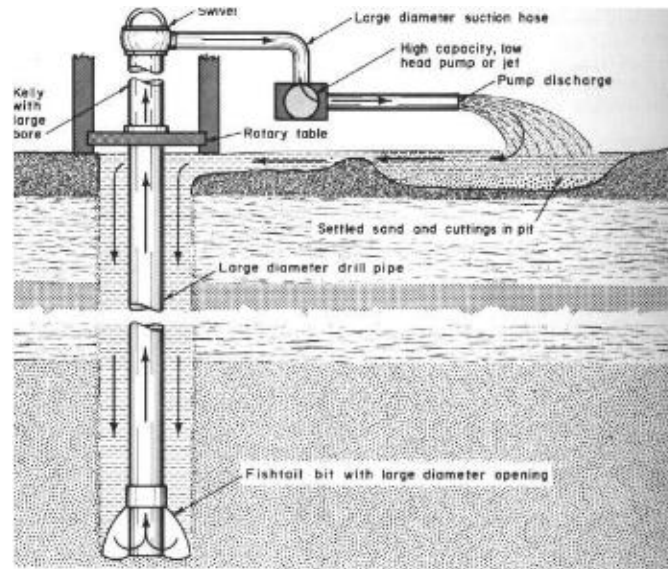


Figura N° 11: Método de Rotación Inversa

4.4. Martillo de Fondo (DTH)

Las máquinas que se emplean tienen cierto parecido a las máquinas empleadas en rotación directa, pero difieren en dos aspectos fundamentales: emplean aire comprimido en grandes caudales y altas presiones en lugar de barro de perforación y el trépano es distinto y no gira sino que se percute en el fondo de manera similar a las máquinas rompepavimentos.

Es la presión del aire la que hace que el "cutting" salga a la superficie. Este método, DTH, fue originalmente diseñado para las faenas mineras y en su forma original no es aplicable a sedimentos débilmente consolidados pues el pozo se derrumba sucesivamente pudiendo atrapar la columna de perforación la que cuesta varias decenas de miles de dólares. Los martillos empleados son de muy alto valor. Para aplicar este método a la perforación de sedimentos se han ideado dos variables. el sistema ODEX (o TUBEX) que es un martillo que al rotar la columna se expande hasta un diámetro ligeramente superior al de la cañería de perforación, haciendo que ésta baje con cierta holgura.

Otra variante es la que proveen las máquinas Barber, en que se usa un martillo de fondo convencional, pero la máquina está dotada de una mesa de rotación que posibilita girar la cañería de perforación que en este caso está provista de una "zapata" endurecida que facilita su bajada. Este método posibilita grandes avances por turno de perforación A modo de ejemplo con un DTH convencional perforamos en 6 7/8" un pozo de 252 metros en 3.5 horas en la mina Mantos Blancos en Antofagasta. Estos altos rendimientos en ciertas rocas son frecuentes y no constituyen la excepción.

Si bien se puede tener una apreciación visual del caudal de agua que aporta cada acuífero atravesado en sedimentos no compactados, mi apreciación es que los grandes volúmenes y presiones y potencias de estas máquinas requieren de personal que tenga la fineza de aplicarlos correctamente, cosa que no ocurre. Esto se puede traducir en que los acuíferos queden sellados como suele ocurrir con el método de rotación directa. En lo que respecta a captar acuíferos en rocas fisuradas, o fracturadas, es el mejor sistema lejos por su velocidad y lo recomiendo ampliamente. No puedo dar una opinión muy tajante respecto de la perforación con ODEX porque no reúno mucha experiencia ya que este método es de reciente aplicación y los resultados no son difundidos.

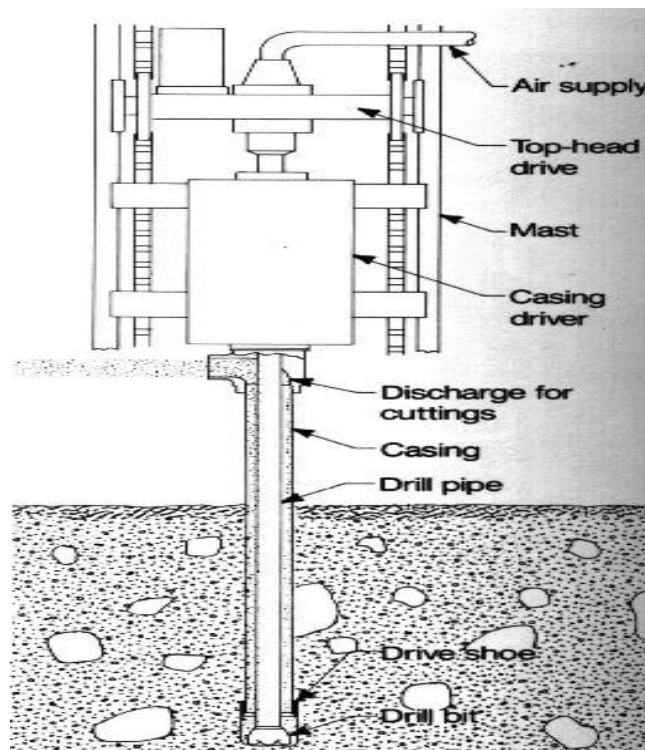


Figura N° 12: Método de Martillo de Fondo (DTH)

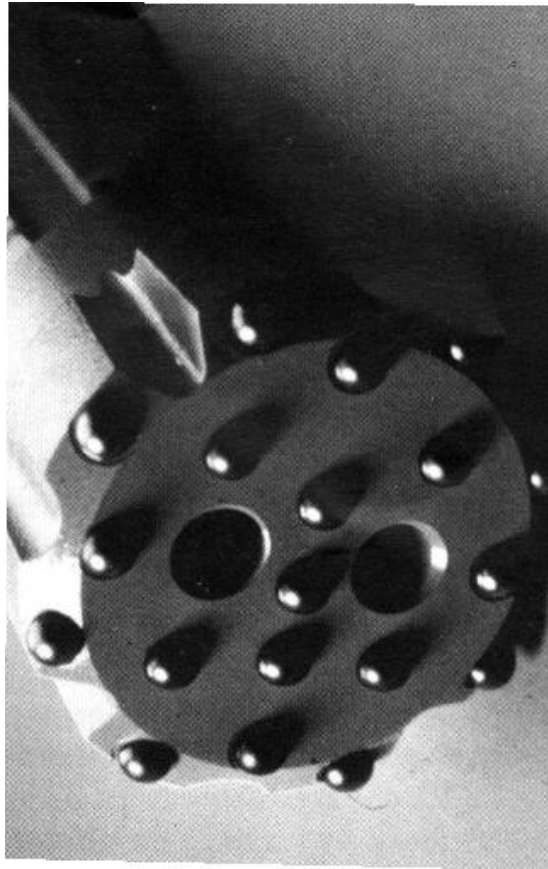


Figura N° 13: Martillo de Fondo

Los métodos de rotación directa y martillo de fondo son ampliamente aplicados, pero su uso es más eficiente si se perforan con ellos los materiales geológicos apropiados que son lo que se indica en la siguiente figura

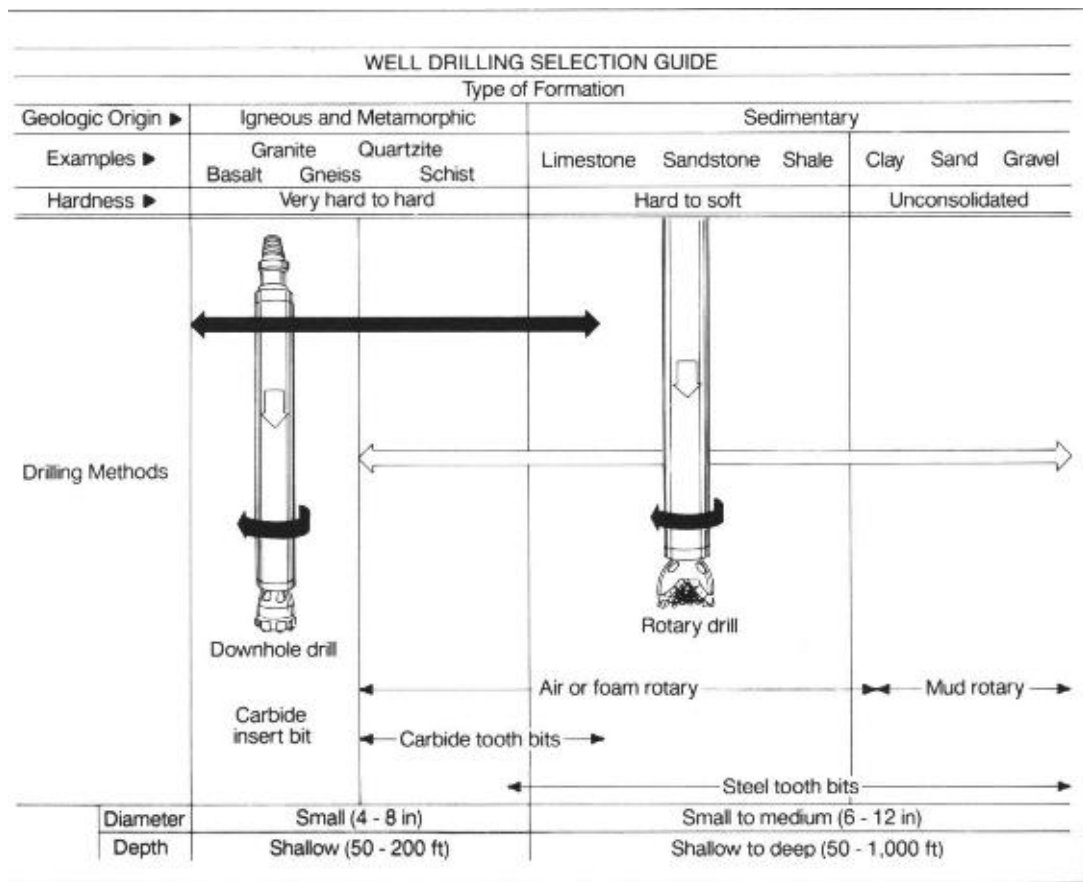


Figura N° 14: Rangos de aplicación de Rotación Directa y DTH