

Cátedra facsa de innovación en el ciclo integral del agua

1ª JORNADA TÉCNICA SOBRE GESTIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS: AGUAS SUBTERRÁNEAS

CAPTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS MEDIANTE SONDEOS

José Ramón Jiménez Salas. Diputación de Castellón.

15 de abril de 2016

La captación de agua subterránea mediante sondeos en el contexto de la exploración hidrogeológica

LA EXPLORACIÓN HIDROGEOLÓGICA

Conjunto de estudios, trabajos y operaciones, llevados a cabo tanto por técnicas directas como indirectas, encaminados a la localización y conocimiento pormenorizado de acuíferos, para captación de aguas subterráneas, en cantidad y con calidad adecuadas para el fin pretendido y definición de las condiciones óptimas de explotación

- 1ª Etapa: Estudio hidrogeológico
Conduce a la propuesta de perforación de sondeo, con definición técnica y de objetivos del mismo
- 2ª Etapa: Construcción de la obra de captación
- 3ª Etapa: Valoración de los resultados del sondeo, para determinación de parámetros hidráulicos del acuífero y de las condiciones óptimas de explotación

2ª ETAPA DE LA EXPLORACIÓN HIDROGEOLÓGICA: CAPTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

1.- La obra de captación debe ejecutarse en orden a la consecución de los objetivos señalados como resultado del Estudio Hidrogeológico realizado en la 1ª Etapa, en la cual se habrán definido igualmente las características constructivas de la misma

2.- Obras de captación habituales en nuestro escenario geográfico:

Galerías

Zanjas drenantes

Pozos excavados

Pozos con drenes radiales

Sondeos

3.- Con independencia de la naturaleza de la obra de captación elegida, durante su ejecución es necesario llevar a cabo un estricto control hidrogeológico, de forma que se garantice la consecución de los objetivos marcados en la 1ª etapa, incluso incorporando al proyecto de obra las modificaciones que se estimen convenientes

SONDEOS

Perforación vertical por medios mecánicos

Acceso a grandes profundidades

Reducido diámetro

- **Elementos para realización de las siguientes funciones:**

- Accionamiento motriz del sistema
- Rotura del terreno
- Extracción del detritus de perforación
- Sostenimiento de las paredes del sondeo

- **Sistemas más comunes:**

- Percusión
- Rotación con circulación de lodos
 - Circulación directa
 - Circulación inversa
- RotoperCUSión neumática con martillo de fondo
 - Circulación directa
 - Circulación inversa
- Mixto RotoperCUSión/Rotación en circuito de circulación inversa y en operaciones combinadas

Algunas reflexiones sobre la construcción de sondeos

- Elección del equipo de perforación
- Entubaciones / Empaque de gravas
- Cementaciones
- Testificación geofísica
- Desarrollos
- Control hidrogeológico

SONDEOS A PERCUSION

Funciones

- Rotura: Trépano
- Extracción: Fabricación de una colada de barro agua/detritus, que se extrae mediante cuchara o válvula
- Sostenimiento: Tuberías de revestimiento

Sarta de perforación

- Cable / Montera / Tijera / Barra de carga (barrón) / Trépano

Ambito de aplicación

- Indicado para terrenos de dureza media a baja y en los frágiles aunque duros
- Contraindicados en terrenos detríticos no cohesionados, muy duros, abrasivos y plásticos

Rendimientos

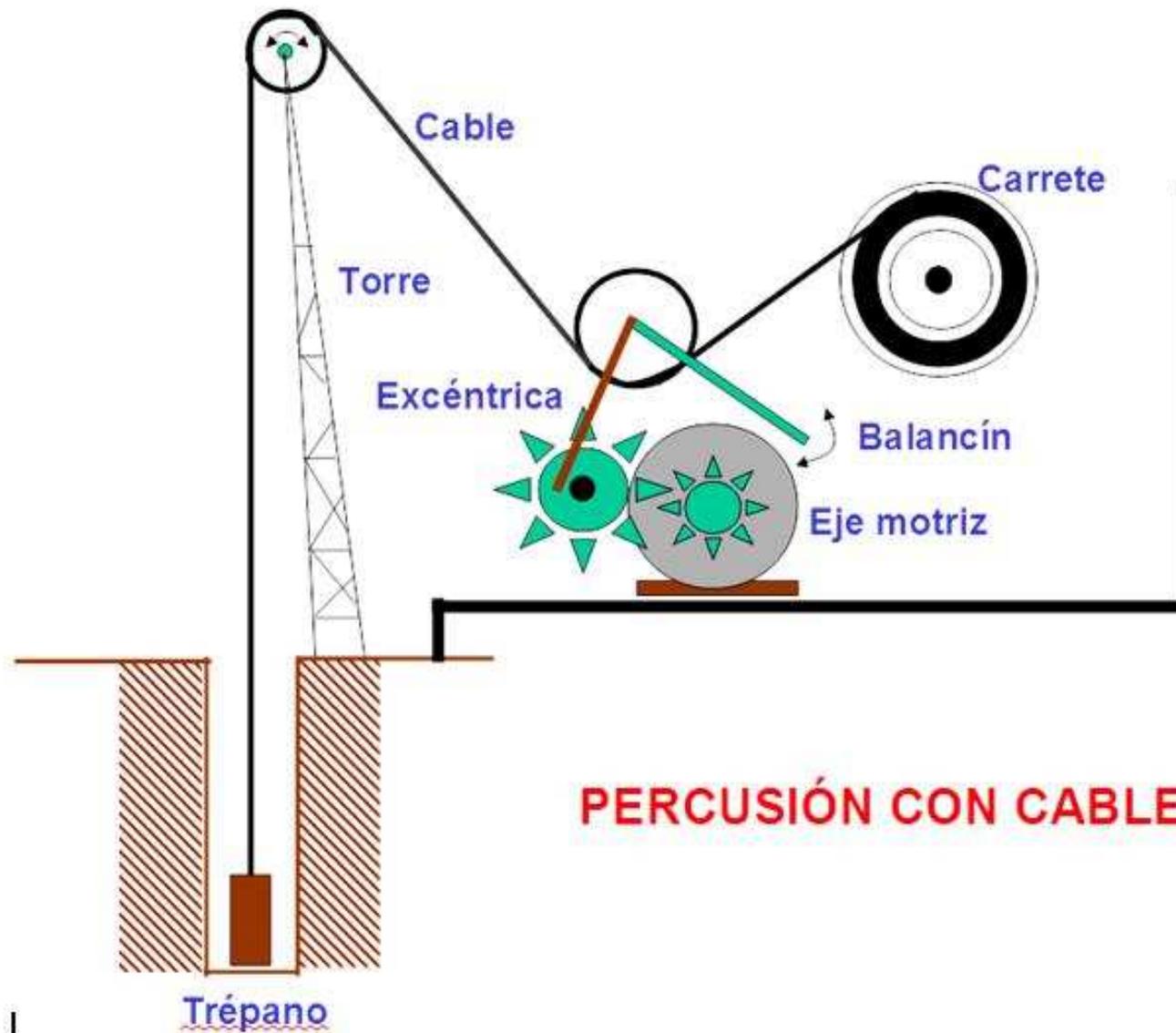
- De 2 a 4 metros/día en materiales duros
- De 10 a 20 metros/día en materiales blandos

Ventajas:

- Maquinaria de coste moderado.
- Simplicidad de las operaciones.
- Poco personal.
- Escaso consumo de agua.
- Consigue diámetros importantes.

Inconvenientes:

- Interrupción de la perforación para limpieza.
- Avance lento.
- Dificultad de avance en materiales no consolidados.
- Pérdida de diámetro en materiales abrasivos.
- Entubaciones frecuentes.
- Contaminación litológica por desprendimientos.
- Limitación de profundidad.



MÁQUINA DE PERCUSIÓN





SONDEOS A ROTACIÓN (CIRCULACIÓN DIRECTA)

Funciones

Rotura: Policono (Tricono)

Extracción: Lodo

Sostenimiento: Cake. Tuberías de revestimiento

Sarta de perforación

Varillaje / Barras de carga / Estabilizadores / Tricono

Circulación del lodo

Desciende por el interior del varillaje impulsado mediante bombas de pistón y asciende por el espacio anular, arrastrando consigo el detritus de perforación.

Funciones del lodo

Lubrica y refrigera la herramienta de corte

Transporta el detritus al exterior del taladro

Sostiene la pared del taladro (cake)

Ámbito de aplicación

- Indicado para todo tipo de terrenos. En los muy blandos adquiere un claro predominio frente a los otros sistemas.
- Contraindicado en terrenos kársticos y en los que presentan acusado desarrollo de fracturas y cavidades.

Rendimientos

- De 10 a 20 metros/día en materiales muy duros
- Hasta 400 metros/día en materiales blandos o no cohesionados

Ventajas:

- Gran velocidad de avance
- Permite alcanzar grandes profundidades
- Minimiza la necesidad de entubaciones

Inconvenientes:

- Impermeabiliza la pared del taladro
- Consumo excesivo de agua cuando aparecen pérdidas de lodo
- Diámetros reducidos

EQUIPO DE ROTACION (CIRCULACION DIRECTA)



BALSAS DE LODO



DETALLE DE Balsa y BOMBA DE ASPIRACIÓN



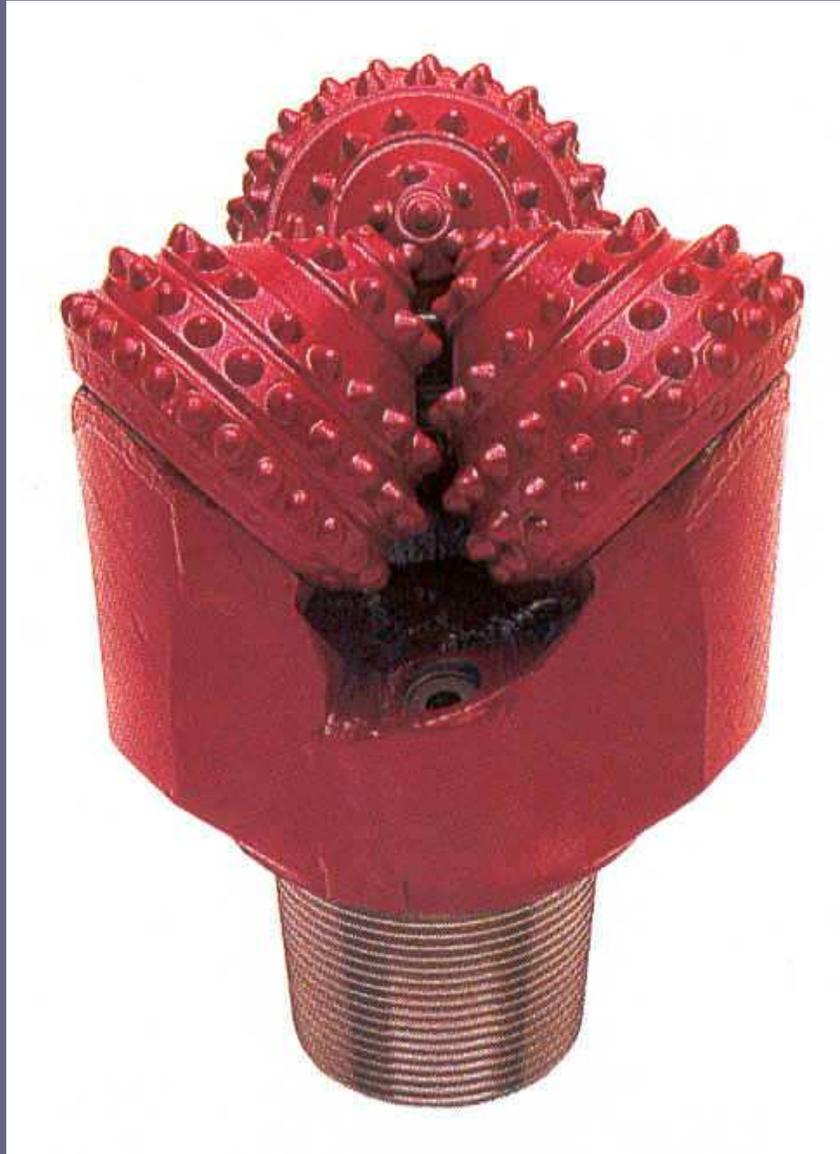
DESCARGA Y ACOPIO EN OBRA DE BENTONITA



SUMINISTRO PERMANENTE DE AGUA AL SONDEO



TRICONOS



TRICONOS



VARILLAJE / BARRAS DE CARGA / ESTABILIZADOR



TRICONO Y BARRA DE CARGA



TRICONO / ENSANCHADOR



SONDEOS A ROTACION (CIRCULACION INVERSA)

Funciones

- Igual que en circulación directa

Sarta de perforación

- Igual que en circulación directa
- Incorporación de varillaje de doble cámara y air-lift

Circulación del lodo

- Desciende por el espacio anular y asciende por el interior del varillaje, impulsado mediante bomba de aspiración y/o inyección de aire comprimido a través de ranuras auxiliares del varillaje, arrastrando consigo el detritus de perforación.

Funciones del lodo

- Igual que en circulación directa

Ámbito de aplicación

- Igual que en la rotación con circulación directa, disminuyendo su rendimiento en formaciones de cierta dureza.
- Contraindicado si se producen pérdidas de fluido, por el alto riesgo de derrumbes en el taladro.

Rendimientos

- De 5 a 10 metros/día en materiales muy duros
- Hasta 300 metros/día en materiales blandos o no cohesionados

Ventajas:

- Permite realizar sondeos de gran diámetro
- Menor efecto de impermeabilización de acuíferos, al emplear lodos de inferior densidad y viscosidad, que reducen la presión del lodo sobre las paredes del taladro.
- Reducción del efecto erosivo del lodo sobre la pared del sondeo, que desciende por el espacio anular con baja velocidad

Inconvenientes:

- Requiere diámetros superiores a 300 mm.
- Bajo rendimiento en formaciones muy duras
- Inadecuado si se producen pérdidas de fluido.
- Profundidad de perforación limitada por la capacidad de extracción del detritus

VARILLAJE



VARILLAJE DE DOBLE CÁMARA



SONDEOS A ROTOPERCUSION (CIRCULACION DIRECTA)

Funciones

- Rotura: Martillo de fondo, armado de un tallante o boca de corte
- Extracción: Aire, en ocasiones ayudado por producto espumante
- Sostenimiento: Tuberías de revestimiento

Sarta de perforación

- Varillaje
- Martillo de fondo + Tallante

Circulación del aire

- Desciende por el interior del varillaje y asciende por el espacio anular, arrastrando consigo el detritus de perforación.

Ambito de aplicación

- Especialmente indicado para terrenos muy duros.
- Contraindicado en terrenos detríticos no cohesionados, en los karstificados o muy fracturados y en los que se prevea que la profundidad del nivel piezométrico dará lugar a la existencia de una excesiva columna de agua sobre el martillo.

Rendimientos

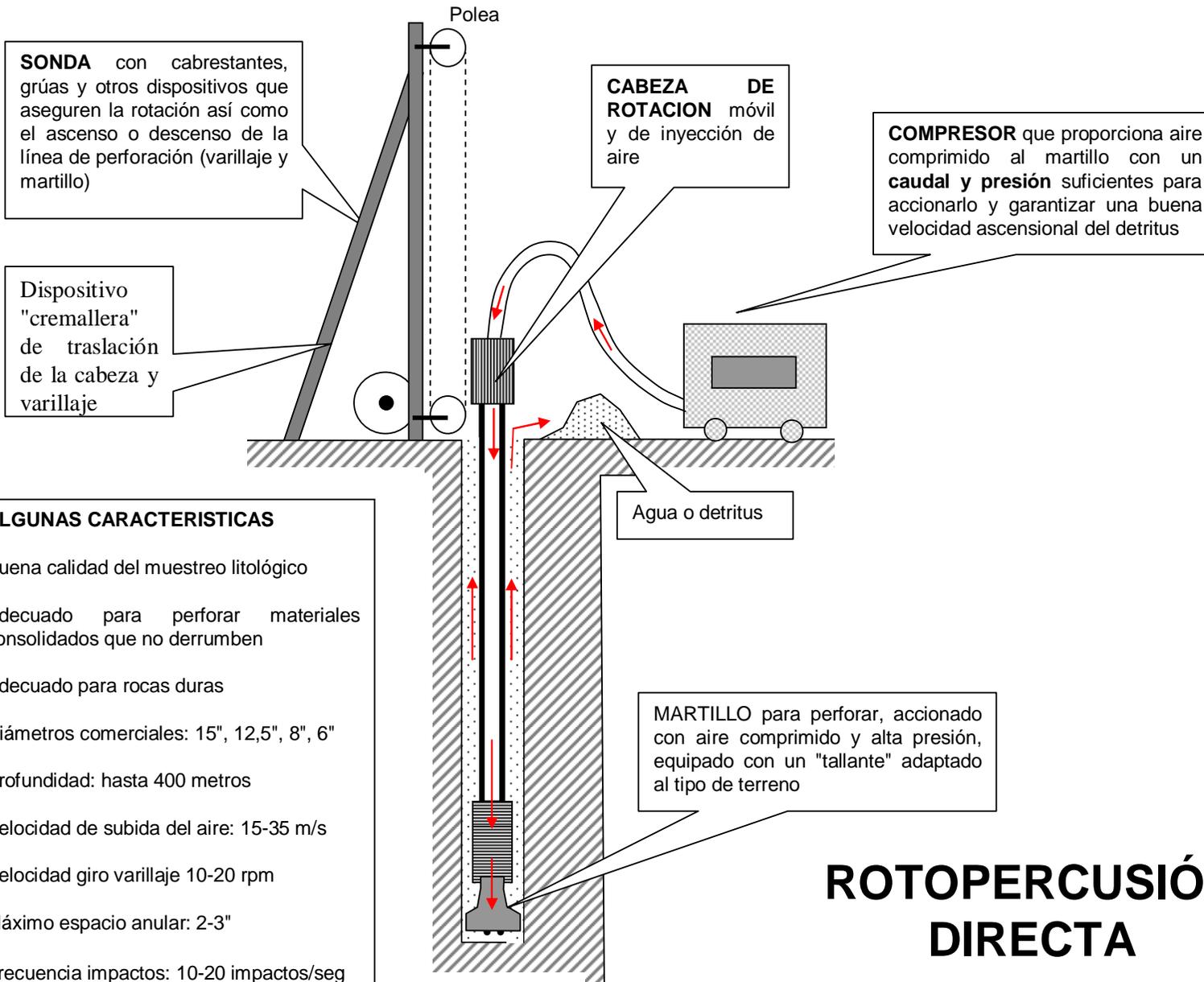
- En condiciones ideales, pueden registrarse avances de hasta 50 mts./hora.

Ventajas:

- Gran velocidad de avance
- Buena verticalidad del sondeo

Inconvenientes:

- Limitaciones en los diámetros de perforación
- Las presiones ejercidas por la columna de agua en el interior del sondeo, dificultan la normal evacuación del detritus
- Inadecuado si se producen pérdidas de presión de aire importantes a través del terreno



- ALGUNAS CARACTERISTICAS**
- Buena calidad del muestreo litológico
 - Adecuado para perforar materiales consolidados que no derrumben
 - Adecuado para rocas duras
 - Diámetros comerciales: 15", 12,5", 8", 6"
 - Profundidad: hasta 400 metros
 - Velocidad de subida del aire: 15-35 m/s
 - Velocidad giro varillaje 10-20 rpm
 - Máximo espacio anular: 2-3"
 - Frecuencia impactos: 10-20 impactos/seg

ROTOPERCUSIÓN DIRECTA

MARTILLO DE FONDO CON TALLANTE Y CENTRALIZADOR



TALLANTE O BOCA DE CORTE



SONDEOS A ROTOPERCUSION (CIRCULACION INVERSA)

Funciones

- Rotura:

Martillo de fondo, armado de un tallante o boca de corte, como el empleado con circulación directa. Martillo especial para circulación inversa.

- Extracción:

El detritus es recogido con ayuda de una campana de diámetro ligeramente inferior al de la herramienta de corte, situada inmediatamente encima de ésta. Ascende a superficie por el interior del varillaje, arrastrado por la corriente de aire que se inyecta a través de la cámara externa de varillas de doble pared.

La evacuación se favorece con ayuda de espumantes.

El paso del aire desde la cámara exterior del varillaje al interior de éste, se produce mediante un racord cruzado situado sobre el martillo.

Los martillos de circulación inversa incorporan las válvulas necesarias para que el cruce de aire del exterior al interior del varillaje se produzca en la propia herramienta.

- Sostenimiento:

Tuberías de revestimiento

Sarta de perforación

a) Varillaje de doble cámara / Martillo de fondo de circulación inversa

b) Varillaje de doble cámara + Conjunto racord cruzado y martillo de fondo convencional bajo la campana

Circulación del aire

- Desciende por el interior de la cámara externa de varillaje de doble pared y asciende por la cámara interior de éste, arrastrando consigo el detritus de perforación.

Ambito de aplicación

- Especialmente indicado para terrenos muy duros, incluso fisurados.
- Contraindicado en terrenos detríticos no cohesionados y en los que se prevea que la profundidad del nivel piezométrico dará lugar a la existencia de una excesiva columna de agua sobre el martillo.

Rendimientos

- Similares a los de la rotopercusión con circulación directa a igualdad de diámetros de perforación.

Ventajas:

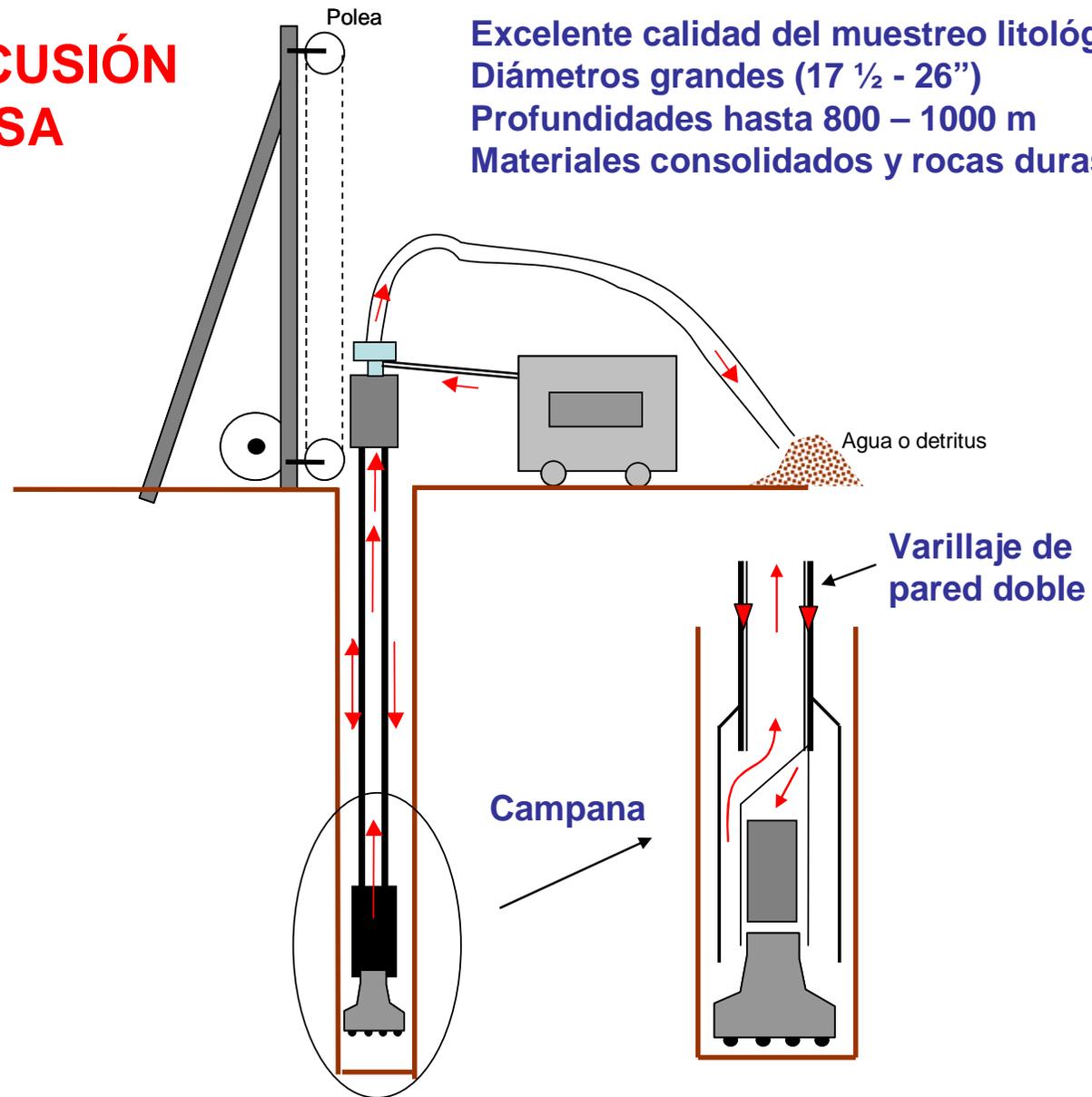
- Gran velocidad de avance
- Permite realizar sondeos de gran diámetro y profundidad
- Buena verticalidad del sondeo
- Nula colmatación de las paredes del taladro
- Evita entubaciones y cementaciones
- Detecta bien los acuíferos
- Permite el muestreo del agua de formación
- Obtención continua de ripios
- Permite perforar terrenos muy fracturados

Inconvenientes:

- Peso elevado de la sarta (varillas de 6 mt. de longitud tienen un peso no inferior a 400 Kg.
- Necesario disponer una logística generosa al servicio de este sistema de perforación.
- Las presiones ejercidas por la columna de agua en el interior del sondeo, dificultan la normal evacuación del detritus

ROTOPERCUSIÓN INVERSA

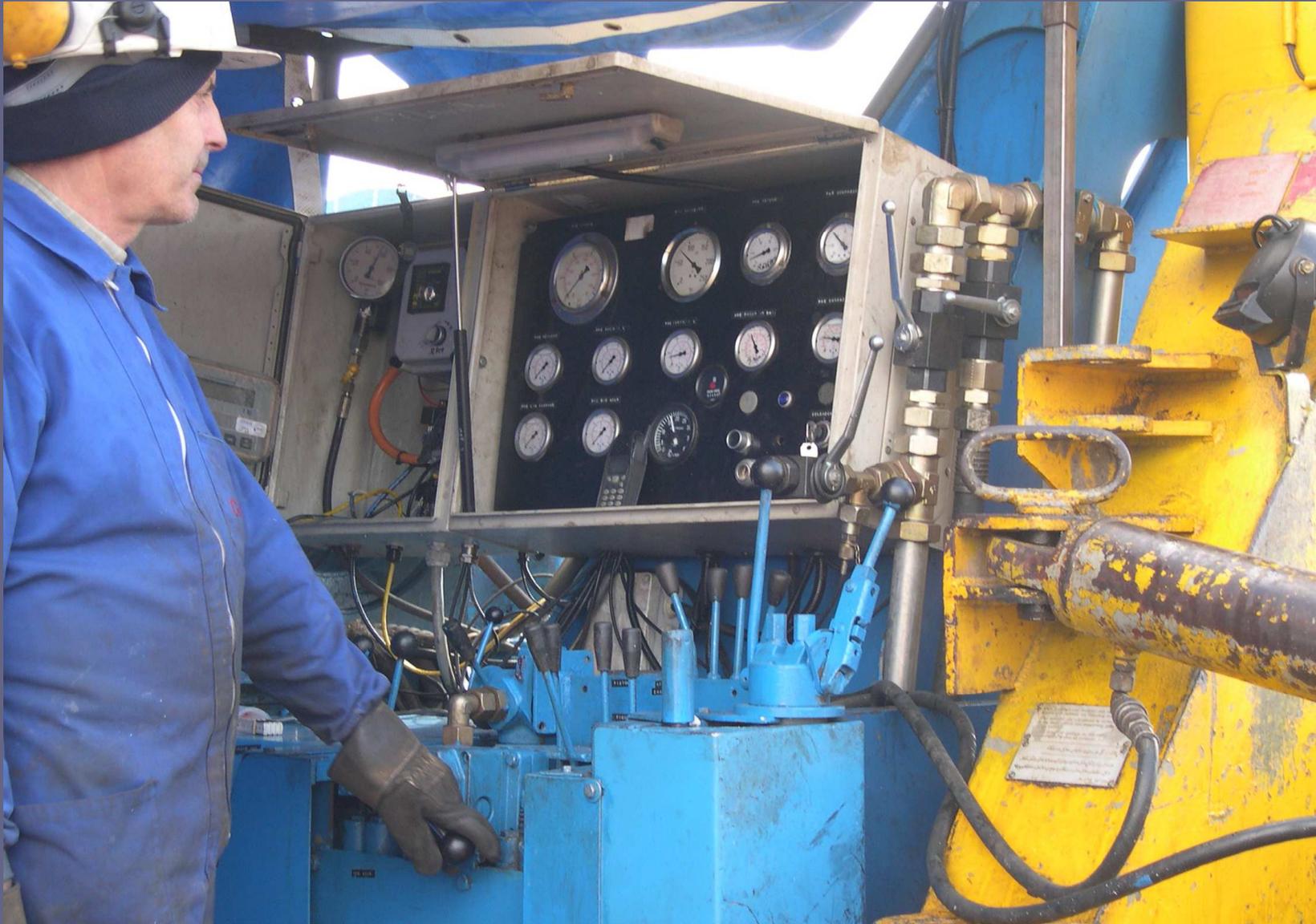
Excelente calidad del muestreo litológico
Diámetros grandes (17 ½ - 26")
Profundidades hasta 800 - 1000 m
Materiales consolidados y rocas duras



SONDA MIXTA (RTP / ROT) EN POSICIÓN DE TRANSPORTE



CUADRO DE MANDOS



CABEZA DE ROTACIÓN / INYECCIÓN



MANGUERA DE DESCARGA



EQUIPOS DE SUMINISTRO DE AIRE COMPRIMIDO



VARILLAJE DE DOBLE CÁMARA (DETALLE DE LOS MANGUITOS)



VARILLAJE DE DOBLE CÁMARA (DETALLE DE LOS MANGUITOS)



MARTILLOS DE FONDO CON RACORD CRUZADO BAJO CAMPANA



MARTILLO DE FONDO,
SIN TALLANTE,
ACOPLADO AL
RACORD CRUZADO
(VISTA INFERIOR)



MARTILLO DE FONDO,
SIN TALLANTE,
ACOPLADO AL
RACORD CRUZADO
(VISTA SUPERIOR)



RACORD CRUZADO (VISTAS SUPERIOR E INFERIOR)



CONEXIÓN DE NUEVA VARILLA
A LA SARTA DE PERFORACIÓN



SISTEMA HIDRÁULICO DE RETENCIÓN



PERFORACIÓN A ROTACIÓN CON AIRE

CON TRICONO Y AIR-LIFT

Ámbito de aplicación:

- Excesiva presión hidrostática sobre el martillo, que impide la normal evacuación del detritus

Principio de funcionamiento:

- Desequilibrio hidrostático entre las columnas de agua existentes en el espacio anular y en el interior del varillaje, a favor de ésta última
- Creación de una emulsión aire-agua en el interior del varillaje

Composición de la sarta:

- Varillaje de doble cámara
- Air-lift
- Varillaje convencional + Estabilizadores + Barras de carga
- Tricono

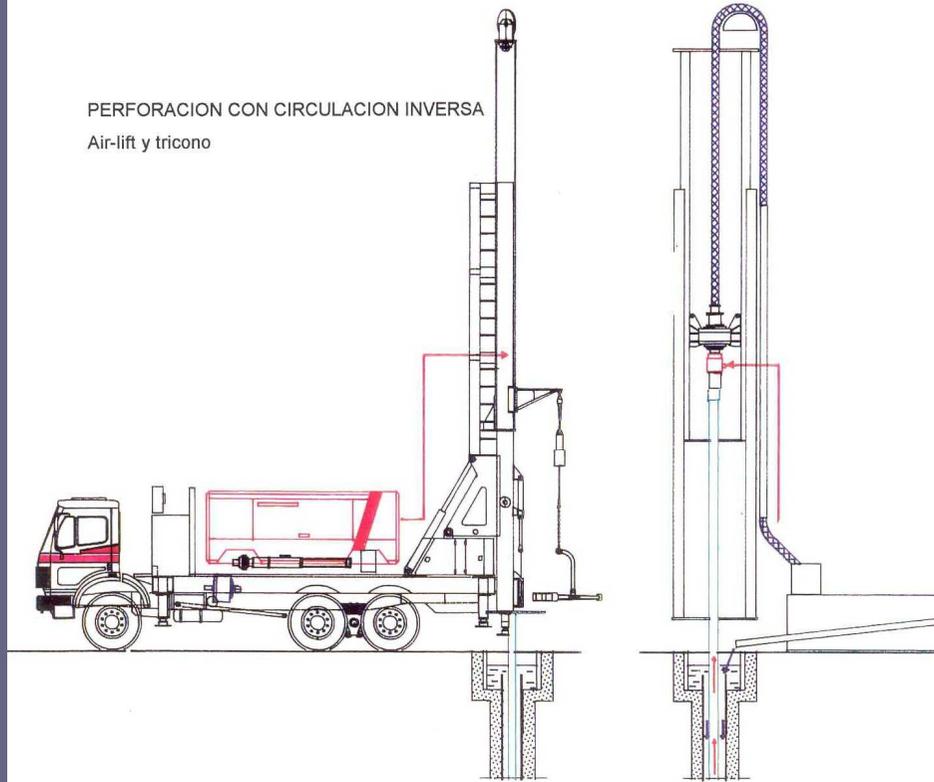
Ventajas:

- Verticalidad del taladro
- Grandes profundidades y diámetros
- Muestreo litológico continuo
- No requiere utilización de lodos

Inconvenientes:

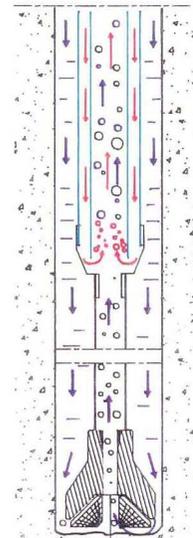
- Logística generosa al servicio del equipo de perforación
- Contraindicado en terrenos detríticos no cohesionados
- Inferior rendimiento al de los martillos de fondo
- Condiciones de sumergencia

PERFORACION CON CIRCULACION INVERSA
Air-lift y tricono

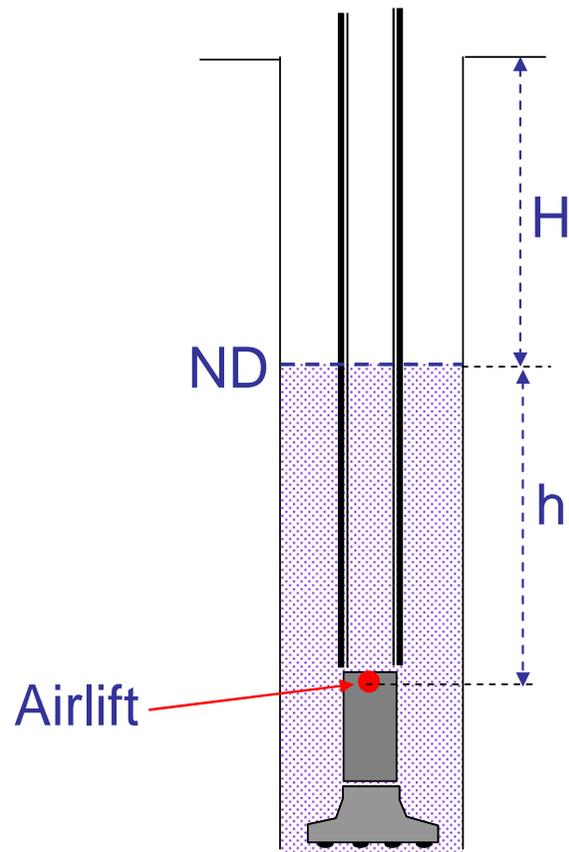


Leyenda:

- Agua →
- Aire →
- Ripio



El problema de la sumergencia



$$S \% = 100 h / (h + H)$$

50% < S < 75% Rendimiento óptimo

30% > S > 90% Rendimiento pésimo

PERFORACIÓN A ROTACIÓN CON AIRE

CON TRICONO Y RACORD BAJO CAMPANA

Ámbito de aplicación:

- Cuando no resulta posible alimentar la línea de aire con el caudal y la presión requeridos para perforar con martillo neumático y tampoco puede conseguirse una sumergencia adecuada del air-lift

Principio de funcionamiento:

- Se aplica al tricono el peso y la rotación adecuados para su normal funcionamiento.
- Todo el caudal y presión de aire se emplea para producir el barrido desde el fondo del taladro.

Composición de la sarta:

- Varillaje de doble cámara
- Varillas de doble cámara reforzadas, a modo de barras de carga
- Tricono y racord bajo campana

Ventajas:

- Solución de compromiso cuando ni el martillo de fondo ni el dispositivo air-lift resultan operativos.

Inconvenientes:

- Logística generosa al servicio del equipo de perforación
- Elevado peso de la sarta
- Bajo rendimiento
- Contraindicado en terrenos detríticos no cohesionados

La perforación con aire en circuito de circulación inversa (Hidropres, N° 33. Marzo, 2002; págs. 22-32)

CONTROL HIDROGEOLÓGICO DEL SONDEO

Finalidad:

- Diseño y acabado de la obra que permita la consecución de los objetivos señalados en el Estudio Hidrogeológico que constituye la 1ª Fase de la Exploración
- Obtención de dichos objetivos introduciendo las modificaciones necesarias en el proceso constructivo. Planteamiento de nuevos objetivos
- Obtención de la máxima información posible relativa a las características geológicas e hidrogeológicas de los terrenos perforados

Extensión:

- Reconocimiento de los terrenos perforados
- Identificación de los niveles productores
- Atención a todos aquellos aspectos que directa o indirectamente inciden en el acabado final de la obra
- Obtención de la máxima información hidrogeológica que aporta el sondeo

Contenido:

- Importancia de su realización
- Conveniencia de su realización por la Dirección de Obra
- Control sobre los distintos parámetros mecánicos de la perforación
- Partes diarios de perforación (Empresa Contratista)
- Levantamiento de la columna litoestratigráfica atravesada
- Ensayos “in situ” y en laboratorio
- Detección y evaluación preliminar de los distintos tramos acuíferos
- Testificación geofísica del sondeo
- Adecuación de la obra a la consecución de los objetivos previstos y/o planteamiento de nuevos objetivos
- Programación de cualquier operación o ensayo conveniente, evitando tiempos muertos, trabajos o gastos innecesarios, etc
- Acabado de la obra para su explotación, integración en red de control o abandono
- Planificación, dirección e interpretación del ensayo de bombeo
- Redacción del Informe Final del sondeo

ACABADO CONSTRUCTIVO DEL SONDEO

- ENTUBACIONES
- REJILLAS Y PREFILTROS
- CEMENTACIONES
- DESARROLLOS

ENTUBACIONES

Revestimiento, aislamiento o protección de las paredes del sondeo

Finalidad:

- Proporcionar una sección uniforme al sondeo de forma permanente
- Impedir el derrumbe de las paredes del sondeo
- Aislar acuíferos de diferentes calidades o niveles piezométricos
- Evitar pérdidas de circulación
- Aislar zonas peligrosas de gran plasticidad y expansividad

Según su función:

Auxiliar: Se utiliza durante la perforación y se suele recuperar al terminar ésta. A veces puede quedarse en el sondeo como tubería definitiva o por imposibilidad de extracción

Provisional: Se utiliza para aislar acuíferos y poder estudiar sus características independientemente

Definitiva: Constituye el revestimiento final del sondeo y permanece para la explotación de la captación

DESCENSO DE LA COLUMNA DE ENTUBACIÓN



SUJECCIÓN DE LA COLUMNA EN LA MESA DE ENTUBACIÓN (CON CUÑAS Y CON MORDAZA DE CADENA)



REJILLAS O FILTROS

Funciones:

- Permitir la circulación del agua hacia el interior del sondeo con el mínimo rozamiento posible para evitar pérdidas de carga parásitas
- Sirve de contención al empaque de grava artificial
- Permite el desarrollo del sondeo

Factores condicionantes:

- Posición de los acuíferos
- Curva granulométrica del acuífero
- Diámetro más adecuado
- Caudal que se espera conseguir de la captación

- **Abertura de las rejillas**

Es función del diámetro de los granos de la formación, determinado mediante análisis granulométrico y del tanto por ciento del material que se desee eliminar durante el desarrollo.

En pozos proyectados sin empaque de gravas, el diámetro de abertura de las rejillas deberá ser igual o menor que el diámetro de los granos de la formación que se quieran retener.

Cuando el sondeo haya sido diseñado con empaque de gravas, el diámetro de la abertura debe ser igual al de la grava de mayor tamaño utilizada en el empaque multiplicado por 0,8. En todo caso, la rejilla debería retener, al menos el 90% de la grava colocada

- **Selección del material**

Debe elegirse en función de su resistencia mecánica y de su resistencia a los componentes químicos del agua.

Las rejillas deben estar concebidas para soportar tres tipos de esfuerzos: compresión, aplastamiento y tracción.

La compresión es el esfuerzo a que está sometido la rejilla en razón del peso de la columna de entubación cuando ésta descansa en el fondo del sondeo. Para minimizarla, puede dejarse la columna colgada a partir del primer filtro. De este modo la rejilla trabaja a tracción y se evitará que, además de su propio peso, tenga que soportar el peso de la tubería superpuesta.

En ningún caso es justificable incrementar la resistencia de la rejilla disminuyendo el área de paso, puesto que siempre es posible mantener el área de paso incrementando el diámetro de la tubería

EMPAQUE DE GRAVAS O PREFILTRO

Relleno del espacio anular comprendido entre la entubación y la pared de la perforación

A) Como estabilizador de las paredes del sondeo

- No importa la granulometría del prefiltro
- Puede instalarse en cualquier tipo de litología

B) Como estabilizador de la formación acuífera granular inconsolidada

- La granulometría del prefiltro depende de la del material acuífero
- Importancia del procedimiento de colocación para evitar puentes y segregación
- Importancia del desarrollo del empaque de gravas
- Impide arrastres de finos y estabiliza las paredes del sondeo
- Aumenta la permeabilidad en el entorno inmediato del sondeo
- Uniformiza la velocidad de circulación del agua
- Aumenta el rendimiento específico del sondeo al reducirse las pérdidas de carga

Características de la grava del prefiltro

- Esfericidad y Redondeamiento
- Composición silíceo
- Clasificación
- Limpias y lavadas

Espesor del prefiltro

- Ideal entre 8 y 15 cm.
- A mayor espesor, menor velocidad de circulación del agua y en consecuencia dificultad de eliminación de finos durante el desarrollo.
- Un espesor muy pequeño dificulta su relleno efectivo, quedan zonas desprovistas de grava y se producen arrastres de finos.
- Espesores excesivos conllevan diámetros de perforación y/o entubación grandes, con incrementos de costes.
- La eliminación de lodos de perforación resulta más efectiva a menor espesor del prefiltro.

CEMENTACIÓN

Funciones:

- Unir la tubería a la pared del sondeo, rellenando el espacio anular
- Aislar la parte superior del sondeo, no productora, para evitar contaminación por fluidos
- Evitar desprendimientos de terreno hacia las zonas de admisión
- Disminuir la corrosión de las tuberías
- Impedir la comunicación entre acuíferos
- Taponar el fondo del sondeo
- Liberar presiones radiales centrípetas sobre las tuberías

DESARROLLO DEL SONDEO

Objetivo:

- Mejora del rendimiento hidráulico durante construcción y acabado (Preliminar)
- Regeneración de sondeos durante etapa productiva (Secundario)

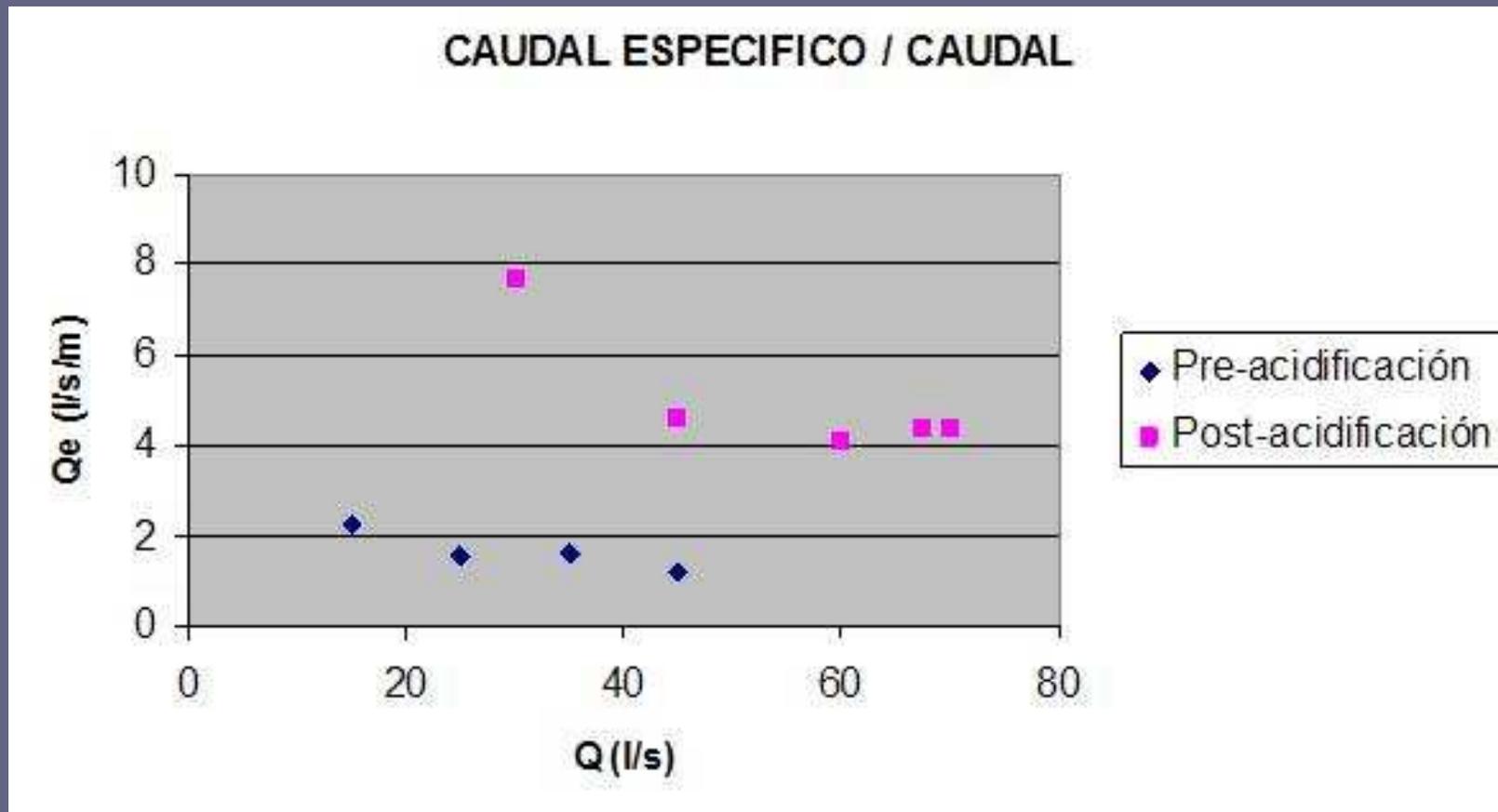
Métodos:

- Medios poco o nada consolidados
 - Bombeo intermitente
 - Pistoneo
 - Agentes dispersantes (polifosfatos)
 - Nieve carbónica
 - Aire comprimido
- Medios consolidados
 - Sobrebombeo
 - Nieve carbónica
 - Pistoneo
 - Fracturación hidráulica
 - Explosivos
 - Acidificación



DESARROLLO CON ELECTROBOMBAS SUMERGIBLES
(SONDEO SAN MATEO. DIPUTACIÓN DE CASTELLÓN, 1996)

EVOLUCIÓN CAUDAL ESPECÍFICO. DESARROLLO POR ACIDIFICACIÓN (SONDEO VILLANUEVA DE ALCOLEA. ACUAMED, 2007)



POZOS "EL CHOLLO"

SI NO ENCONTRAMOS AGUA,
NO SE COBRA.

TELÉFONO:

650 697 802 (CARLOS)
(ATENCIÓN 24 HORAS)



SE VENDE

CASA EN LOS RAMONES, OLBA
+ 3 TERRENOS DE OLIVOS Y ALMENDROS

- Calentador central
- Garage 47 m²
- Pisos mármol e parquet
- 1 parcela 296 m²



145.000€

686 942 047

Si necesitas más
datos contacta al teléfono
686 942 047



Muchas gracias por su atención

