

E31- Las perforaciones

4 de diciembre de 2013



1) ¿En qué consiste ?

Se trata de una técnica que permite excavar pozos más fácil y rápidamente y a mayor profundidad que en el caso de los pozos excavados a mano o hincados (**consultar las fichas E29 y E30**).

Un **pozo aforado** es un orificio cilíndrico excavado verticalmente por percusión o por la acción rotatoria de una herramienta cortante (ahoyadora, taladradora, barrena) que gira alrededor de un eje vertical. El diámetro de un pozo aforado puede ir desde **5 cm hasta 1,5 m**.

Casi todos estos pozos están equipados con una bomba de agua.

La elección de la bomba (manual, motorizada o sumergida) depende de la profundidad del pozo, del caudal de explotación deseado y de los medios (técnicos, financieros y logísticos) potencialmente disponibles (consultar las fichas E35 a E43 con información sobre los diferentes tipos de bombas).

2) ¿Quién utiliza principalmente este medio y desde cuándo ?

La perforación es una técnica muy antigua utilizada desde hace más de 3.000 años. Es originaria de China, donde los fragmentos de bambú unidos a un peso pesado permitían perforar pozos de agua.

Hoy en día existen **dos grandes estrategias de perforación** :

- La **perforación manual**, en la que se utilizan herramientas manuales para construir pozos poco profundos (**de hasta 40 m** de profundidad).

- La **perforación mecanizada** con ayuda de equipos ligeros o plataformas de perforación y de equipos pesados, gracias a los cuales se pueden alcanzar grandes profundidades.

En algunos casos, estas perforaciones mecanizadas se llevan a cabo utilizando **plataformas móviles autorremolcadas**, mucho más rápidas y fáciles de usar, y que permiten perforar a gran profundidad en suelos duros ; sin embargo, son mucho más caras.

Observación : El **precio de las perforaciones mecanizadas suele ser demasiado elevado** para las poblaciones más pobres de las zonas rurales o periurbanas. A pesar de ser menos rápidas y algo más extenuantes, **no hay que descartar** la posibilidad de utilizar técnicas de perforación manuales.

3) ¿Por qué ?

La perforación manual es una solución práctica que, aunque extenuante, resulta barata e interesante para los puntos de agua situados a menos de 40 metros de profundidad en suelos desintegrados, como los de

arcilla y arena, y en formaciones de rocas blandas, como las areniscas y las rocas calcáreas no demasiado duras. Siempre y cuando las características del suelo lo permitan, **el precio de una perforación manual puede ser más de 4 veces más barato que el de una perforación mecanizada.**

Sin embargo, cuando el suelo está duro o se quiere perforar a gran profundidad, evitar trabajos pesados o ir más rápido, **las perforaciones mecanizadas son una mejor solución**, y en ocasiones incluso indispensable.

4) ¿Quiénes son los principales interesados ?



Perforación de un pozo en Madagascar por el denominado método del « jetting ». Fotografía : PS Eau

Las perforaciones manuales de bajo coste son interesantes para **las ONG y los poderes públicos**, ya que les permiten construir más pozos ; también para **las aldeas, las pequeñas comunidades** y los agricultores de las zonas rurales con pocos recursos, ya que **con estas técnicas pueden encargarse de la realización de pequeñas perforaciones** con un mínimo de ayuda y de asesoramiento.

5) ¿En qué consiste este procedimiento ? ¿Cómo se pone en práctica ?

Existen numerosos procedimientos que pueden resultar **difíciles de reconocer**, ya que sus nombres son bastante curiosos y a menudo difieren según las obras o el idioma empleado (con frecuencia el inglés). Así, el objetivo de esta ficha es **describir y clarificar los principales procedimientos**, distinguiendo las perforaciones manuales y las mecanizadas, y precisando que **los tipos de perforaciones más utilizadas o citadas son :**

- **En modo manual** : las perforaciones « **con ahoyadora** » (también denominadas « **hand auger drillings** ») para aquellas comunidades que dispongan de pocos medios ; las perforaciones « **a percusión** » (también denominadas « **por hincia** », y que permiten perforar hasta 25 m) ; **y las perforaciones « rotatorias por eliminación de lodos » (también llamadas « de lanzamiento » o « rotatorias manuales »**, y que permiten perforar hasta 35 m).

- **En modo mecanizado** : las perforaciones a percusión con aire comprimido « **por martilleo en el fondo del agujero** » (denominadas también « rotary percussion drillings »).

a) Las perforaciones manuales

Se emplean, debido sobre todo a su bajo precio de coste, para bajas profundidades y para la excavación de terrenos blandos, aunque ciertas técnicas (como la denominada de « percusión con aire comprimido » e incluso la del « martilleo en el fondo del agujero ») permiten perforar terrenos relativamente duros.

Para realizarlas se utilizan herramientas manuales económicas (como taladros denominados ahoyadoras,


que se hacen girar con la fuerza de los brazos).

Existen varias técnicas. Las más utilizadas son :

La perforación con ahoyadora (hand-auger drilling en inglés) (*profundidad máxima de 25 metros*).



Perforación con ahoyadora.

Fotografía : fundación Practica 

La perforación con ahoyadora **consiste en hacer girar un taladro llamado ahoyadora, que cuenta con una gran empuñadura**. A medida que la ahoyadora se hunde en el suelo, se le añaden alargaderas de acero. Cuando está llena de desechos del suelo, se sube para vaciarla y se repite la operación.

En general, por encima del nivel de la capa freática, el agujero de la perforación se mantiene abierto, y no es necesaria su consolidación. Cuando se alcanza dicha capa, puede utilizarse un preentubado temporal que impida el hundimiento de las paredes del orificio de perforación. La perforación continúa en el interior del mismo, con ayuda de una ahoyadora de llenado, hasta que se alcance la profundidad deseada. A continuación se retira el preentubado y se instala el entubado permanente.

La perforación con ahoyadora **puede utilizarse hasta una profundidad de entre 15 y 25 metros aproximadamente, y en terrenos flexibles (arenas, limos, arcillas)**.

Perforación a percusión

Fotografía : fundación Practica

La perforación a percusión (también denominada « por hinca », « percussion drilling » o « stone hammer ») (*profundidad máxima : también de 25 m*).

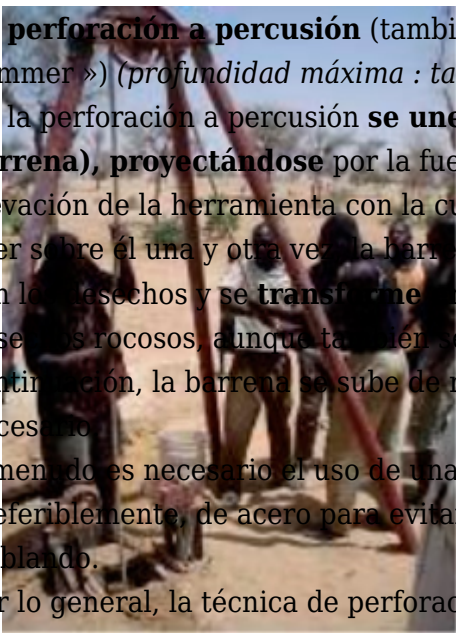
En la perforación a percusión **se une a una cuerda o cable una herramienta pesada cortante (la barrena), proyectándose** por la fuerza de su propio peso hacia el orificio de perforación. Para permitir la elevación de la herramienta con la cuerda o el cable se emplea un trípode (pata de cabra o trespiés). Al caer sobre él una y otra vez, la barrena fragmenta el suelo. Al agujero **se le añade agua** para que mezcle con los desechos y **se transforma en lodo**. Este lodo consolida las paredes de la perforación y eleva los desechos rocosos, aunque también se lleva hasta la superficie con una ahoyadora de llenado. A continuación, la barrena se sube de nuevo, dejándose caer sobre el orificio tantas veces como sea necesario.

A menudo es necesario el uso de una **columna de lodo**, y sobre todo de un preentubado de plástico o, preferiblemente, de acero para evitar cualquier riesgo de hundimiento del orificio, sobre todo si el suelo es blando.

Por lo general, la técnica de perforación a percusión (o por hinca) se utiliza para la obtención de agua potable en profundidades de hasta 25 metros, pero pueden realizarse perforaciones más profundas.

La perforación a percusión puede combinarse con otras técnicas, como la ahoyadora manual, que permite avanzar con rapidez durante los primeros metros de perforación hasta alcanzar terrenos duros.

La perforación por inyección de agua a presión o lanzamiento de agua (jetting o washbore)



(profundidad máxima : de 35 a 45 m, según la técnica utilizada).

Existen dos técnicas de lanzamiento de agua :



Fotografía WEDC 

1) El lanzamiento rápido a presión o « lanzamiento directo » (profundidad máxima : 35 m).

Esta técnica se describe en la ficha sobre pozos hincados (consultar la ficha anterior : E30).

Consiste en introducir un tubo en el suelo con ayuda de la inyección a presión de una gran cantidad de agua mediante una motobomba o una bomba de pedal. Se utiliza para realizar **rápidamente (normalmente en menos de un día)** perforaciones poco profundas con un coste medio.

A veces se confunden los pozos hincados (o instantáneos) y los pozos aforados, ya que emplean procedimientos relativamente similares.

La principal diferencia entre ambos estriba en que en los pozos hincados se hunde **directamente** un tubo equipado con un tamiz en el extremo, mientras que en los pozos aforados este se coloca **al final de las operaciones**.

2) La perforación (o lanzamiento) con agua rotatoria o rotatoria manual (rota sludge en inglés) (profundidad máxima : unos 40 m).

Esta técnica es **una de las más utilizadas**. Es una **evolución de la técnica del lanzamiento directo**. Permite realizar perforaciones más profundas, pero **solo puede utilizarse en terrenos sedimentarios**. Sin embargo, conviene resaltar que **otra técnica** de tipo « rotatorio », denominada « **rotary drilling** » (ver más adelante, en el punto 5.2.b), que utiliza un principio similar pero está mecanizada (emplea un compresor o un pequeño motor montado sobre un bastidor), permite alcanzar profundidades mayores y trabajar en terrenos duros.

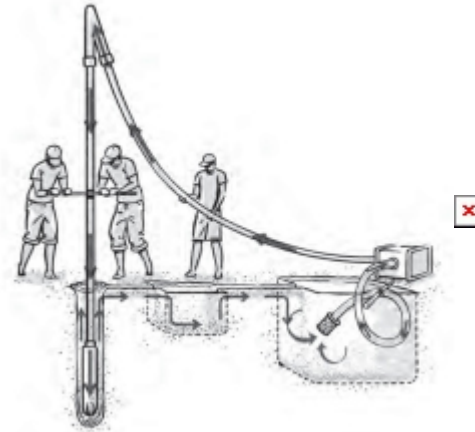
Se **basa también en la circulación y la presión del agua**, así como en el uso de una **herramienta perforante pesada, que en este caso se hace girar**. El agua se inyecta en el interior de la barra de perforación, y el lodo (agua con desechos) asciende por las paredes de la perforación.

Para obtener una presión de agua suficiente, se utiliza preferentemente una **motobomba**. Se puede dejar el extremo inferior del tubo de perforación simplemente abierto, o añadirle una herramienta de perforación (barrena), que suele ser lo más frecuente. La abrasión del suelo se lleva a cabo con una herramienta tridentada o un **tricono que se hace rotar manualmente desde la superficie**, utilizando para ello una barra de perforación.

Los residuos generados, o « cuttings », se llevan hasta la superficie a través de la circulación de los lodos de perforación. Estos se introducen en el interior de las barras, salen por la herramienta de perforación, ascienden hasta la superficie por el espacio anular que hay entre las paredes de la perforación y la barra de perforación, se decantan en pequeñas cavidades excavadas junto a la perforación, y se bombean e inyectan de nuevo.

Para evitar el hundimiento de las paredes y la pérdida no controlada de agua por filtración, se puede

mezclar con el agua un **fluido de perforación** (aditivo). La técnica del lanzamiento de agua (con rotación) puede utilizarse a una profundidad de hasta 35-45 metros.



Lanzamiento de agua rotatorio. Documentos de la fundación Practica

La perforación mediante eliminación de lodos (sludging) (*profundidad máxima : 35 m*)

Este método ha sido ampliamente desarrollado y difundido **en Bangladés**, donde se utilizan tubos de bambú.

Consiste en emplear una **barra de perforación** que se une hunde en el suelo manual y progresivamente **con ayuda de un brazo de palanca, haciendo circular agua** para que lleve hasta la superficie del suelo los residuos procedentes de los materiales triturados por la herramienta de perforación (cuttings).

La barra de perforación se acciona manualmente de arriba abajo con ayuda de una especie de pértiga que permite levantarla en ciertos casos. También hay un operario que la hace girar manualmente para facilitar su descenso.

Durante la bajada, el choque provocado en el suelo por la barrena fija en el extremo de la barra de perforación ablanda el suelo y, sobre todo, fragmenta los materiales.

Para llevar estos desechos hasta la superficie, un operario bloquea con su mano el extremo superior de la barra mientras que otro la sube para crear **(por efecto válvula)** una aspiración del agua y los residuos que contiene hasta la superficie. Durante el movimiento de descenso que sigue, se retira la mano de la barra de perforación y el lodo llega hasta una pequeña balsa excavada previamente junto a la perforación, en la que se depositan los residuos y donde el agua decantada se utiliza de nuevo, reinyectándose en el orificio de perforación. La presión del agua sobre las paredes de la perforación y el lodo evitan el colapso de estas.

Este tipo de perforación mediante eliminación de lodos (**con o sin rotación**) puede utilizarse hasta una profundidad **aproximada de 35 metros**.



b) Las perforaciones mecanizadas

Se llevan a cabo :

- Utilizando medios motorizados ligeros (bombas, compresores) para excavar el terreno.

Perforación por « martilleo en el fondo del agujero » (rotary-percussion drilling en inglés).

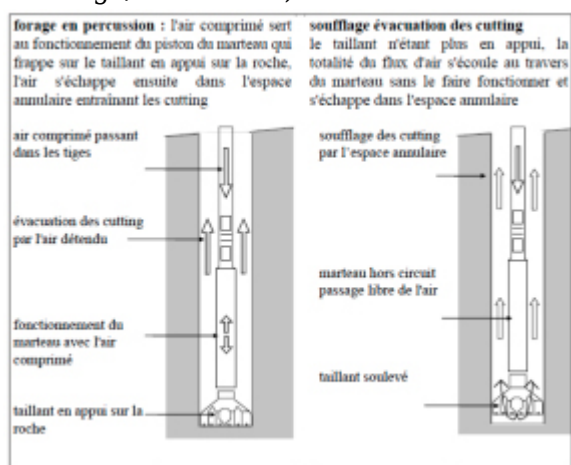
Perforación rotatoria o por técnica rotatoria (rotary drilling en inglés).

- Utilizando medios mecánicos pesados de perforación que permitan alcanzar grandes profundidades.

Perforación realizada desde una plataforma de perforación móvil.

La perforación por « martilleo en el fondo del agujero » (o « rotary-percussion drilling »)

Esta técnica combina la acción de un martillo picador neumático y de una taladradora provista de barras de perforación, en cuyos extremos se sitúa una broca. Este equipo está alimentado por un compresor de aire que sirve para golpear el orificio de perforación con un martillo y romper y triturar el terreno (fase de percusión), y para evacuar los desechos del terreno (denominados cuttings) hacia el exterior (fase de descarga/evacuación).

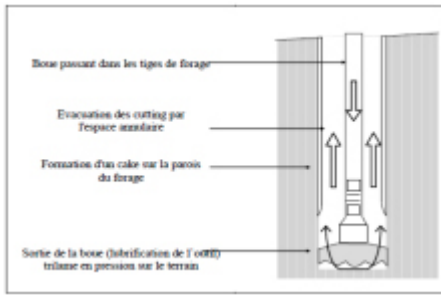


Principle of DTH drilling. PS EAU document 

La perforación rotatoria o por técnica rotatoria (rotary drilling)

La perforación rotatoria se realiza utilizando una taladradora con una barra de perforación que gira rápidamente y que dispone en su extremo inferior de una herramienta cortante (denominada tricono o herramienta tridentada) que taladra el terreno y se hunde por el efecto combinado del empuje de la taladradora y del peso de la barra de perforación. En el interior de las barras se inyecta lodo a presión. El lodo procedente de la perforación evita la caída de las paredes, las consolida (es lo que se llama cake) y hace subir los escombros (denominados cuttings) hasta la superficie, donde se depositan en una balsa de decantación. El lodo reciclado se reinyecta en la barra de perforación.

La perforación rotatoria puede realizarse con medios mecanizados ligeros, como un motor montado en un bastidor, un pequeño compresor o una bomba de lodo.



Principio de la perforación rotatoria o técnica rotatoria. Documento : PSEau

Progression

c) Las plataformas de perforación móviles



Plataforma de perforación sobre un camión - Foto AFD

Se trata de la técnica de perforación rotatoria realizada con medios mecánicos pesados de perforación que permiten alcanzar grandes profundidades.

Estos medios de perforación se colocan en grandes camiones de transporte o se montan sobre vehículos oruga. Utilizan herramientas de perforación rotatoria que perforan, trituran o rompen las rocas, o, si el suelo está blando, grandes taladros denominados ahoyadoras. Las perforaciones pueden alcanzar varios cientos de metros de profundidad. A menudo se coloca una bomba en la parte inferior de la perforación para bombear el agua hasta la superficie.

Estos equipos constan de varios modelos. Son muy caros, y solo las empresas importantes pueden disponer de ellos y alquilarlos eventualmente.

Sin embargo, hay que señalar que ciertos organismos u ONG **también han puesto a punto o adaptado, con ayude empresas industriales dedicadas a la maquinaria para perforación, herramientas móviles, aunque mucho más ligeras y adaptadas a ciertos tipos de perforaciones.**

Así, **ACH** (Acción contra el Hambre) ha creado para sus perforaciones de tipo rotatorio o por martilleo en el fondo del agujero 3 kits de máquinas (acf-pat201, 301 y 401), desarrollados inicialmente por una empresa tailandesa y con patentes adaptadas (ver el documento de ACH mencionado al final de la ficha).

6) Dificultades especiales y soluciones

La elección técnica entre los diversos procedimientos de perforación depende de varios parámetros :

- Las características geológicas de los terrenos a excavar : rocas duras, blandas o friables, terreno arenoso, etc.
- La profundidad a excavar (que depende de la profundidad de la capa freática).
- El caudal necesario.
- El diámetro de la perforación :
- Entre 50 y 140 mm para perforaciones manuales.
- Entre 100 y 160 mm para perforaciones mecanizadas con medios ligeros.
- Hasta 1.500 mm para perforaciones mecanizadas con medios pesados.

7) Ventajas e inconvenientes principales

La fundación Practica ha elaborado una tabla comparativa con las principales técnicas de perforación manual :

Métodos	Técnicas	Profundidad media	Géologie	Avantages	Inconvénients	Durée d'exécution
Tambre manuelle	tambre manuelle	10 à 15 m	Sables, limons, argile (faible consolidation) gravier (> 4 mm)	facile à utiliser	Couverture difficile à effectuer en présence d'une couche d'angle épaisse	1 jour
A la boue	martail, rotary manuel, engin, soda sludge	20 à 30 m	Sables, limons, argile (faible consolidation), formations consolidées lourdes (sables siliceux)	facile à utiliser	Consommation d'eau importante dans les couches permeables de sables grossiers	2 à 4 jours
Lavage à l'eau	jetting, washbore	6 à 15 m	Sables et limons	rapide	Un volume important d'eau sur une courte durée est nécessaire	moins d'un jour
Stalage	percussion, stone hammer	15 à 25 m	Formations consolidées moyennes et dures (sables, siltite, sable)	adaptés aux formations dures	Long et coût des équipements élevés	1 semaine à 10 jours
Tambre mécanisée	Pat 408 201, rotary mécanisé	35 à 45 m	Tout type de formations consolidées moyennes dispensées de roches	rapide dans les couches dures	Consommation d'eau importante, coût des équipements et de main-d'œuvre élevé	1 à 5 jours

Las perforaciones mecanizadas con medios ligeros o pesados exigen la participación de operarios profesionales, equipos y un gran presupuesto. Por ello no resultan adecuadas para las zonas rurales de los países en vías de desarrollo.

La perforación por martilleo en el fondo del agujero permite atravesar terrenos duros como el granito, o terrenos sedimentarios consolidados (areniscas, rocas calcáreas).

La técnica rotaria con equipos ligeros se utiliza en terrenos sedimentarios, mientras que los equipos pesados en plataformas permiten perforar terrenos duros y alcanzar grandes profundidades.

8) Coste

El coste de una perforación depende en gran medida de los materiales y equipos utilizados para su realización, de la estructura del terreno, de la profundidad que debe alcanzar el pozo (es decir, de la de la capa de agua) y del caudal necesario. Así, resulta complicado dar el coste preciso de una perforación ; este precio varía también en función del país y de si la población participa o no de manera voluntaria en la construcción.

A modo indicativo, el coste de una perforación de unos **30 m** realizada con técnicas **manuales** oscila entre los **200 euros** (en casos raros como el de Camboya) y los **3.000 euros**.

A menudo, la fabricación, el transporte y el mantenimiento de los equipos de perforación manual pueden ser locales.

Para una perforación de unos 60 m de profundidad realizada con equipos mecanizados, la horquilla de coste se sitúa **entre los 4.000 y los 13.000 euros** (ejemplos proporcionados por Cáritas : 6.500 euros en Etiopía, 8.700 euros en Burkina, 12.000 euros en Togo ; ejemplos proporcionados por ACH : 4.000 euros en Guinea, 13.000 euros en Sudán del Sur), pero estas máquinas permiten perforar hasta 120 m.

9) Observaciones, recomendaciones y sugerencias

Son numerosas las técnicas híbridas que combinan las presentadas anteriormente. Permiten mejorar el rendimiento de la excavación de pozos perforados, combinando las ventajas de los diferentes métodos.

Se recomienda :

- **Realizar un preentubado** de las perforaciones, al menos en los primeros metros de aquellos terrenos que estén blandos, para permitir finalizar sin riesgo los trabajos y evitar que las paredes se deformen o se hundan cuando el suelo no esté estable o cuando se utilicen ciertas máquinas de percusión como el martillo perforador de fondo.

- **Al finalizar la perforación, colocar rápidamente** su entubado (que suele ser de PVC), **en principio en toda su longitud**, incluyendo las partes que atraviesen las rocas. En caso de que el entubado no pueda descender hasta la parte más baja (por ejemplo en caso de pequeño hundimiento o de depósito de cuttings), es conveniente que su extremo esté constituido por un tubo totalmente tapado por la parte de abajo y que su longitud sea entre 50 cm y 1 m inferior a la profundidad total de la perforación.

- **Colocar en la parte inferior de las perforaciones un « bloque filtrante » formado por gravas**, que se hacen descender por el espacio anular del entubado. Resultan imprescindibles en ausencia de entubado hasta el fondo, y, al fijar la columna de captación, permiten filtrar el agua que entra en el tamiz, deteniendo las partículas finas de arena u otros materiales.

- **El tamiz** es un tubo perforado situado en el extremo del entubado para captar el agua del acuífero sin partículas. La elección de su grado de apertura depende de la granulometría a aprehender. El bloque filtrante permite utilizar tamices con perforaciones más grandes, aumentando así el caudal y la durabilidad de la perforación.

- Construir **un brocal** al final de los trabajos de perforación para poder fijar una bomba, incluso si esta se compra posteriormente.

- Instalar el **resto de equipos anexos** que permiten el uso óptimo de la perforación y su seguridad (plataforma de hormigón armado, canal de evacuación con una pendiente ligera de al menos 5 m, seguridad en el perímetro, etc.).

- **El lodo** desempeña un **papel fundamental** en la mayor parte de las técnicas de perforación, por lo que durante la misma conviene **controlar con regularidad** su densidad y su viscosidad, que influyen en la subida de los cuttings y la consolidación de las paredes (es preferible que el lodo sea pesado), y su temperatura, que permite enfriar la herramienta de perforación. Aditivos como el Polycol permiten modificar algunos de estos parámetros.

10) Ejemplos de implementación

- En la siguiente página Web se puede encontrar un balance de las diferentes técnicas de perforación manuales y de bombeo de agua introducidas en Níger durante los últimos treinta años :

<http://www.rural-water-supply.net/en/>

- La fundación Practica, UNICEF y la compañía Works/VITA realizaron un estudio de caso en el Chad. Está disponible en la página Web :

<http://www.unicef.org/wash/files/CH...>

Este estudio examina la importancia de las intervenciones en forma de perforaciones manuales en la mejora de las tasas de acceso al agua potable en el Chad, ya que el uso exclusivo de las costosas técnicas de perforación convencionales (mecanizadas) no podía satisfacer la demanda de agua en el conjunto del territorio chadiano.

11) Dónde encontrar más información

a) Páginas Web

Publicaciones en francés :

- **OMS/WHO**. « Le manuel du technicien sanitaire » <http://whqlibdoc.who.int/publicatio...>

- **ACH** (Acción contra el Hambre). Extracto de un libro muy documentado de 743 páginas, « Eau-assainissement-hygiène pour les populations à risques », publicado en la página Web del **PSEau**.

Relacionado con los « tipos de preparación y equipamiento de las perforaciones » (páginas 253 a 312), constituye una auténtica guía práctica, ilustrada con esquemas y numerosos ejemplos, para la iniciación en las diversas técnicas de dimensionamiento, realización, equipamiento y desarrollo de las perforaciones.

<http://www.pseau.org/outils/ouvrage...>

- **AFD**. Guía metodológica para la realización y gestión de perforaciones equipadas con una bomba movida por el hombre en el África subsahariana :

<http://www.afd.fr/webdav/site/afd/s...>

- **Wikipedia**. Capítulo dedicado a las perforaciones. Disponible online en :

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Forage>

- **Ministerio de Agricultura**, Alimentación y Asuntos Rurales de **Ontario**. « Les puits d'eau en milieu rural ». <http://www.omafra.gov.on.ca/french/engineer/facts/15-048.htm>

- **Fundación Practica**. Ha desarrollado una serie de manuales de formación muy detallados y pedagógicos sobre las principales técnicas de perforación manual :

La ahoyadora manual <http://www.unicef.org/wash/files/05...>

El lanzamiento de agua <http://www.practica.org/wp-content/...>

La perforación a percusión <http://www.practica.org/wp-content/...>

Conocimiento de los métodos de captación de las aguas subterráneas aplicadas a las perforaciones manuales. <http://www.unicef.org/wash/files/04...>

Publicaciones en inglés :

- **RWSN** (Rural Water and Sanitation Network). Junto con UNICEF, esta ONG suiza ha publicado un anuario ilustrado y detallado de 37 páginas que describe de manera práctica todos los métodos de excavación manuales. Disponible online en : <http://www.rural-water-supply.net/en/>

- **RWSN** también ha publicado, con ayuda de **UNICEF** y de la fundación Practica, toda una serie de fichas específicas bajo el título « Hand or manual drilled wells » y en forma de diversas « manual drilling and technical notes » [« perforación manual y notas técnicas »], como « los fundamentos o la profesionalización de la perforación manual en África », « la selección de los métodos de construcción de los pozos », « **las técnicas de perforación manual** », o « cartografiar las zonas favorables para la perforación manual ».

Se puede acceder a estas fichas haciendo clic en :

<http://www.rural-water-supply.net/en/>

Y haciendo clic en el título de la nota técnica que se desee consultar en la parte inferior de la página a la que se llega.

- El **WEDC** (Centro de Recursos para el Agua, el Saneamiento y el Medio Ambiente de la Universidad de Loughborough, situada en Leicestershire [Reino Unido]) ha publicado también numerosas fichas técnicas ilustradas interesantes sobre el agua y su saneamiento, entre las que se encuentra la n.º 43, « Simple drilling methods ». Disponible online en :

<https://www.lboro.ac.uk/orgs/well/resources/technical-briefs/43-simple-drilling-methods.pdf>

- La ONG inglesa **Wateraid** ha publicado una quincena de « **technology notes** » [« notas tecnológicas »] relacionadas con diversas materias ; se trata de interesantes fichas técnicas ilustradas que recogen las ventajas e inconvenientes de cada método. La sexta (páginas 11 a14) versa sobre los pozos excavados a mano, y la séptima (páginas 15 a 20), sobre los pozos aforados. Disponible online en :

<http://www.wateraid.org/what-we-do/...>

b) Sitios Web de vídeos

-Youtube: elaboracion de una perforacion mediante eliminacion de lodos para un pozo en Madagascar:
<http://www.youtube.com/watch?gl=NL&=NL&hl=nl&v=MvebFHCjCvk>

- **VIDEO.** Esta página Web para compartir vídeos permite acceder a una serie de vídeos (en inglés) sobre la construcción de pozos elaborados por la asociación boliviana EMAS (Escuela Móvil de Agua y Saneamiento, o Mobile School for Water and Sanitation), que lleva a cabo cursos de formación y desarrolla soluciones económicas para el acceso al agua potable en numerosos países.
<http://vimeo.com/channels/emas>

- Emplacement : Accueil > es > Wikiwater > Ficha técnica > Facilitar el acceso al agua > Distribuir >
- Adresse de cet article : <https://wikiwater.fr/e31-las-perforaciones>