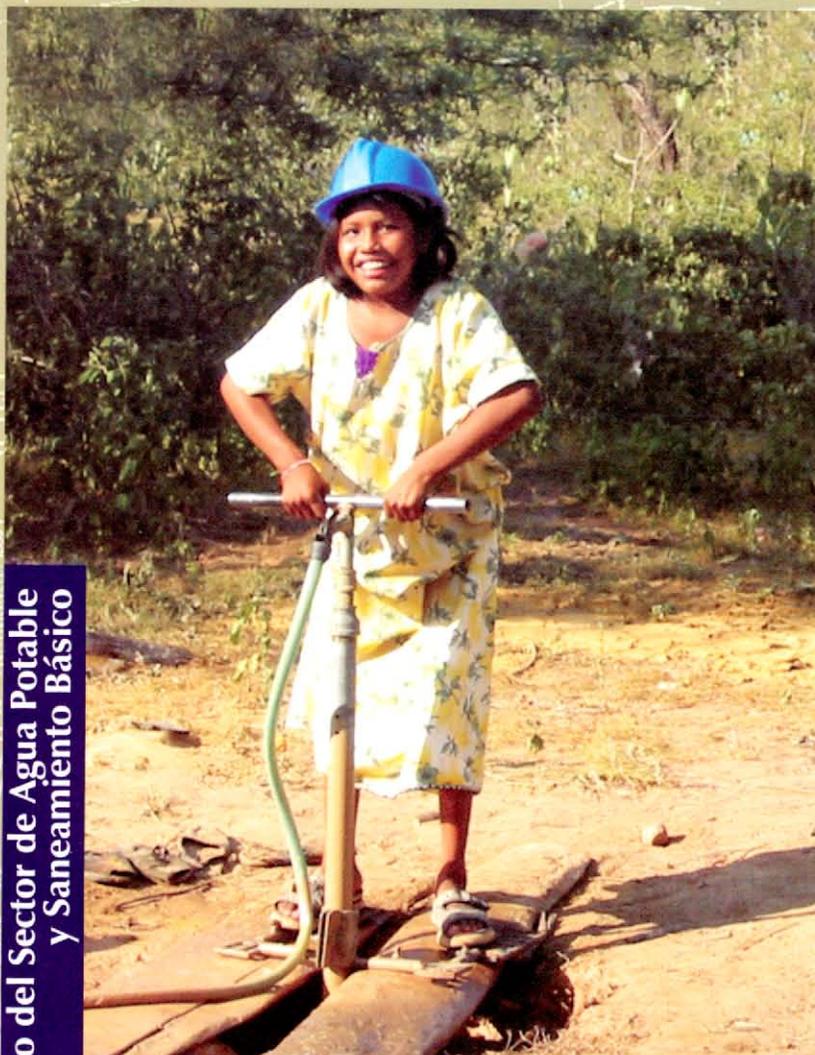


MAVDT
0058

Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable
y Saneamiento Básico



GUÍA RAS - 007

Perforación manual de pozos profundos de pequeño diámetro



Libertad y Orden

Ministerio de Ambiente, Vivienda
y Desarrollo Territorial
República de Colombia



Organización
Panamericana
de la Salud

Oficina Regional de la
Organización Mundial de la Salud



SERVICIO NACIONAL
DE APRENDIZAJE

**MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA
Y DESARROLLO TERRITORIAL**

ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD

PERFORACIÓN MANUAL DE POZOS PROFUNDOS DE PEQUEÑO DIÁMETRO



Libertad y Orden

**Ministerio de Ambiente, Vivienda
y Desarrollo Territorial**
República de Colombia



**Organización
Panamericana
de la Salud**

*Oficina Regional de la
Organización Mundial de la Salud*



**SERVICIO NACIONAL
DE APRENDIZAJE**



Libertad y Orden

REPÚBLICA DE COLOMBIA
MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL

ÁLVARO URIBE VÉLEZ

Presidente de la República

SANDRA SUÁREZ PÉREZ

Ministra de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

JUAN PABLO BONILLA ARBOLEDA

Viceministro del Ambiente

CARLOS GUEVARA BLUM

Director de Agua Potable, Saneamiento Básico y Ambiental

EDUARDO ÁLVAREZ PERALTA

Representante OPS / OMS Colombia

GRUPO TÉCNICO INTERVENTOR

Patricia Rodenzo de Segurado, OPS/OMS

William Carrasco Mantilla, MAVDT

Mauricio A. Rivera Salcedo, MAVDT

María Elena Cruz Latorre, MAVDT

INVESTIGACIÓN Y TEXTOS

Álvaro Alexis Cuza Mendoza

José de los Reyes Chaverra Álvarez

Gloria Esther Russo de Cuza

Doris Liliana Otálvaro Hoyos

COORDINACIÓN EDITORIAL

María Yolima Lozano Quintero

DISEÑO GRÁFICO

Camilo Peña Vargas

IMPRESIÓN

Nuevas Ediciones Ltda.

ISBN Volumen: 97333-6-0

ISBN obra completa: 97333-3-6

Impreso en Colombia 2003

ÍNDICE

PRESENTACIÓN	7
INTRODUCCIÓN	9
CAPÍTULO 1	
ASPECTOS GENERALES	11
1.1 LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS	11
1.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA TÉCNICA DE PERFORACIÓN MANUAL DE POZOS PROFUNDOS DE PEQUEÑO DIÁMETRO	13
1.2.1 Etapa previa	14
1.2.2 Etapa de perforación	14
1.2.3 Etapa posterior a la perforación	14
CAPÍTULO 2	
ETAPA PREVIA A LA PERFORACIÓN	15
2.1 SELECCIÓN DEL SITIO DE PERFORACIÓN	15
2.1.1 Recopilación de información existente	15
2.1.2 Inventario de puntos de agua	15
2.1.3 Estudio geológico de superficie	16
2.1.4 Estudio geoelectrico	16
2.2 CONSTRUCCIÓN DE LOS EQUIPOS DE PERFORACIÓN	16
2.2.1 Torre de perforación	17
2.2.2 Barras o tubos de perforación y manija de rotación	19
2.2.3 Broca de perforación	20
2.2.4 Bomba de lodo	21
2.2.4.1 Bombas de lodo tipo Bolivia	21
2.2.4.2 Bomba de lodo tipo Perú	24

CAPÍTULO 3

ETAPA DE PERFORACIÓN 27

3.1.	INSTALACIÓN DE LOS EQUIPOS DE PERFORACIÓN EN EL SITIO	27
3.1.1	Montaje y anclaje de la torre	27
3.1.2	Montaje de la manija, primer tubo de perforación y la broca	27
3.1.3	Instalación del sistema de inyección de lodos.....	28
3.1.3.1	Características de las fosas	29
3.1.3.2	Instalación de la bomba de lodos	30
3.1.3.3	Instalación de la manguera para inyección del lodo	30
3.1.3.4	Preparación del lodo	30
3.1.4	Distribución del personal	31
3.2	PERFORACIÓN	31
3.2.1	La percusión	31
3.2.2	La rotación	32
3.2.3	Etapas de la perforación	32

CAPÍTULO 4

ETAPA DE POST-PERFORACIÓN 35

4.1	LIMPIEZA PRELIMINAR DEL POZO	35
4.2	RETIRADA DE LOS TUBOS	35
4.3	ENTUBADO DEL POZO	35
4.4	LIMPIEZA DEL POZO	37
4.5	FILTRO Y SELLO DE LAS PAREDES DEL POZO	37
4.6	DESARROLLO DEL POZO	37
4.7	BASE DEL POZO Y PROTECCIÓN SANITARIA SUPERIOR	38
4.7.1	Instalación de la base tipo Bolivia	38
4.7.2	Instalación de la base tipo Perú	39
4.8	BOMBA MANUAL DE AGUA	39
4.8.1	Cabezal	40
4.8.2	Conjunto inferior de la bomba	42
4.8.3	Montaje de la bomba de Agua	46
4.8.3.1.	Modelo Boliviano	46
4.8.3.2	Modelo Peruano	46

CAPÍTULO 5

PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS 47

5.1	PERÍMETRO DE PROTECCIÓN DE POZOS (PPP)	47
5.1.1	Zona Inmediata	47
5.1.2	Zona Próxima	48
5.1.3	Zona Lejana	48
5.2	MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL POZO	48
5.2.1	Mantenimiento del pozo	48
5.2.2	Mantenimiento de la bomba de agua	50

5.2.2.1	Retirada de la bomba	50
5.2.2.2	Desarme de la bomba	50
5.2.2.3	Revisión de las partes de la bomba	51
5.2.2.4	Limpieza de las válvulas	51
5.2.2.5	Cambio de las partes dañadas de la bomba	51
5.2.2.6	Armado de la bomba	53
5.2.2.7	La bomba Peruana	53
5.3	RECOMENDACIONES SOBRE EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO	53

BIBLIOGRAFÍA.....	55
--------------------------	-----------

GLOSARIO	57
-----------------------	-----------

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1	TIPOS DE ACUÍFEROS	12
FIGURA 2	SISTEMA DE PERFORACIÓN MANUAL DE POZOS PROFUNDOS	13
FIGURA 3	PARTES DE LA TORRE DE PERFORACIÓN	18
FIGURA 4	BARRAS DE PERFORACIÓN	19
FIGURA 5	BROCAS DE PERFORACIÓN	20
FIGURA 6	BOMBA DE LODO TIPO BOLIVIA.....	21
FIGURA 7	DETALLES DE LAS PARTES DE LA BOMBA DE LODO TIPO BOLIVIA	22
FIGURA 8	BOMBA DE LODO TIPO PERÚ	24
FIGURA 9	MONTAJE DE LA TORRE DE PERFORACIÓN	28
FIGURA 10	TENSORES DE LA TORRE DE PERFORACIÓN	28
FIGURA 11	EXCAVACIÓN DE LAS FOSAS DE LODO	29
FIGURA 12	SISTEMA DE INYECCIÓN DE LODO EN EL POZO	29
FIGURA 13	CICLO DEL LODO EN EL POZO	30
FIGURA 14	INSTALACIÓN DE LA BOMBA DE LODO TIPO BOLIVIA	31
FIGURA 15	MOVIMIENTO DE PERCUSIÓN: ELEVACIÓN Y CAÍDA DE LAS BARRAS DE PERFORACIÓN	32
FIGURA 16	MOVIMIENTO DE ROTACIÓN: TORSIÓN Y ROTACIÓN EN DOS SENTIDOS	33
FIGURA 17	CAMBIO DEL TUBO DE PERFORACIÓN	33
FIGURA 18	FRAGMENTOS DE ROCA EXTRAÍDOS POR EL LODO DE PERFORACIÓN	34
FIGURA 19	LIMPIEZA PRELIMINAR DEL POZO	36
FIGURA 20	ENTUBADO DEL POZO	36
FIGURA 21	SELLO DE LAS PAREDES DEL POZO	37
FIGURA 22	DESARROLLO DEL POZO.....	38
FIGURA 23	SOPORTE Y BASE TIPO BOLIVIA	39
FIGURA 24	SOPORTE Y BASE TIPO BOLIVIA	39
FIGURA 25	BOMBA MANUAL DE AGUA.....	40
FIGURA 26	CABEZAL DE LA BOMBA DE AGUA TIPO BOLIVIA	41
FIGURA 27	CABEZAL DE LA BOMBA DE AGUA TIPO PERÚ.....	41
FIGURA 28	CONJUNTO INFERIOR DE LA BOMBA DE AGUA	45
FIGURA 29	VÁLVULAS DE PIE DE PISTÓN Y PIE DE CILINDRO	45

FIGURA 30 VÁLVULA DE PIE DE PISTÓN	45
FIGURA 31 VÁLVULA DE PIE DE CILINDRO	45
FIGURA 32 FILTRO DE LA BOMBA DE AGUA	46
FIGURA 33 MANTENIMIENTO DEL POZO	50
FIGURA 34 DESARME DE LA BOMBA	51
FIGURA 35 REVISIÓN DE LA BOMBA	51
FIGURA 36 CAMBIO DE LA VÁLVULA DE LA BOMBA DE AGUA	52
FIGURA 37 CAMBIO DEL EMPAQUE DE LA VÁLVULA DEL PISTÓN	52

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LAS TORRES DE PERFORACIÓN	17
TABLA 2 MATERIALES Y HERRAMIENTAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA TORRE DE PERFORACIÓN	19
TABLA 3 MATERIAL DE LAS BARRAS DE PERFORACIÓN Y MANIJA DE ROTACIÓN	20
TABLA 4 MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LAS BROCAS	20
TABLA 5 MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE BOMBAS DE LODO TIPO BOLIVIA	23
TABLA 6 MATERIALES PARA LA CONSTRUCCION DE LA BOMBA DE LODO TIPO PERÚ	25
TABLA 7 CARACTERÍSTICAS DE LA FOSA DE LODO	29
TABLA 8 MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL CABEZAL DE LA BOMBA DE AGUA TIPO BOLIVIA	42
TABLA 9 MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL CABEZAL DE LA BOMBA DE AGUA TIPO PERÚ	43
TABLA 10 MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL CONJUNTO INFERIOR DE LA BOMBA DE AGUA	44
TABLA 11 ACTIVIDADES RESTRINGIDAS EN LOS PERÍMETROS DE PROTECCIÓN DE POZOS	49

NOTA: Los planos y especificaciones técnicas de los materiales para la construcción de la "Torre de perforación de tres cuerpos", de la "Bomba de lodo tipo Perú" y del "Cabezal de la bomba de agua tipo Perú", los pueden solicitar en la siguiente dirección electrónica: wcarrasco@minambiente.gov.co

PRESENTACIÓN

El Gobierno Nacional, dentro del marco del Plan Nacional de Desarrollo "Hacia un Estado Comunitario", busca la participación ciudadana en la consecución de fines sociales, el manejo eficiente y austero de la inversión pública y la autonomía regional, para la creación de un Estado Comunitario en el cual se den las condiciones de erradicación de la miseria y la construcción de equidad y seguridad social.

Uno de los objetivos del sector está orientado a modernizar la gestión de las empresas prestadoras de los servicios para que, a través de la eficiencia y asignación eficiente de recursos, se logre atender un mayor número de usuarios y se disminuyan los rezagos en coberturas de acueducto y saneamiento básico entre las regiones y las zonas urbana y rural. Por tal razón, es necesario priorizar las inversiones con el propósito de llegar a la población más pobre del país y de este modo focalizar las acciones que garanticen la finalidad social del Estado.

El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT)- Dirección de Agua Potable, Saneamiento Básico y Ambiental (DAPSBA) ha elaborado estas guías con el fin de facilitar el uso y la aplicación del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS en sus diferentes títulos. Se espera que con estas nuevas herramientas se mejore la capacidad técnica y de planeación de las distintas entidades encargadas del desarrollo del sector.

La elaboración de estas guías RAS, le permiten al sector contar con documentos que ayuden a poner en práctica lo establecido en el reglamento en mención, para mejorar los procesos de planeación, diseño, construcción, operación, mantenimiento, evaluación y monitoreo de los distintos proyectos desarrollados para cubrir las necesidades de agua potable y saneamiento básico en los municipios de Colombia.

Las guías RAS, están dirigidas a las autoridades de planeación municipal, las entidades de regulación y vigilancia, los consultores, los diseñadores, los constructores y los operadores de los diferentes sistemas involucrados. Sin embargo, se hace especial énfasis en los municipios pequeños de Colombia, los cuales usualmente cuentan con menos recursos técnicos y económicos para el desarrollo de proyectos de infraestructura.

INTRODUCCIÓN

A pesar de que el suministro de agua potable es una parte vital del desarrollo socio-económico del País, en la actualidad existen grandes grupos poblacionales con carencia de recursos hídricos debido a innumerables factores, entre los que se cuentan los cambios climáticos, la sequía y contaminación de fuentes superficiales de agua, la tala indiscriminada de bosques nativos, el inapropiado manejo de las tierras, las grandes demandas del sector agrícola e industrial y el gran crecimiento poblacional.

En las últimas décadas, la explotación de los recursos hídricos subterráneos, se ha convertido en una excelente alternativa para suplir las necesidades de abastecimiento de agua potable en muchas regiones y para algunos sectores económicos del país. No obstante, las comunidades más necesitadas, no han tenido acceso a estos recursos, por los altos costos involucrados en la construcción de sus obras de captación.

El Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria CEPIS y la Organización Panamericana de la Salud OPS han adaptado una tecnología de Perforación Manual de Pozos Profundos de Pequeño Diámetro orientada a estos grupos de escasos recursos y que viven en regiones aisladas, permitiéndoles acceder a los recursos hídricos subterráneos de una manera simple y económica, mejorando substancialmente su calidad de vida.

En esta guía se presenta la tecnología de Perforación Manual de los Pozos Profundos de Pequeño Diámetro de una forma detallada y son descritas cada una de las etapas involucradas, incluyendo los estudios previos a la perforación, las especificaciones técnicas de los materiales usados en la construcción de los equipos de perforación, el montaje de estos equipos, la etapa de perforación, la etapa posterior a la perforación, el mantenimiento preventivo del pozo y el control de la contaminación de las aguas subterráneas en el sitio de perforación.

Algunas modificaciones a la tecnología original fueron realizadas por el personal del SENA-Guajira, que además de realizar el manual, aportan la experiencia en la perforación de 3 pozos de este tipo para la comunidad Wayuu en este departamento.

CAPÍTULO 1

ASPECTOS GENERALES

Antes de hablar sobre la perforación manual de pozos profundos es importante conocer algunos aspectos generales sobre el origen de las aguas subterráneas y sobre los acuíferos, y también enfatizar en la responsabilidad que tienen sus usuarios de protegerlos y conservarlos para que puedan ser aprovechados por las generaciones futuras.

1.1 LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

Las aguas subterráneas provienen de la infiltración en el terreno de las aguas lluvias o de lagos y ríos, que después de pasar la franja capilar del suelo, circulan y se almacenan en formaciones geológicas porosas o fracturadas, denominadas acuíferos.

Los acuíferos desempeñan un papel fundamental como conductores de las aguas desde sus zona de recarga hasta lagos, ríos, manantiales, pantanos, captaciones construidas por el hombre y como almacenadores de estos recursos que posteriormente pueden ser aprovechados para satisfacer las necesidades de abastecimiento de sus usuarios.

Existen básicamente dos diferentes tipos de acuíferos:

Acuíferos libres, son generalmente someros, donde el agua se encuentra relleno de poros y fisuras por acción de la gravedad. La superficie hasta donde llega el agua es denominada superficie freática y en los pozos es conocida como nivel freático. (Ver figura 1)

Acuíferos confinados, en estos acuíferos el agua se encuentra a presión entre capas impermeables, de modo que si se extrae agua no queda ningún poro vacío, sólo se disminuye la presión del agua que colabora con la sustentación de todos los materiales, pudiendo en casos extremos, llegar a producirse asentamientos del terreno. La superficie virtual que se formaría si se perforaran infinitos pozos en el acuífero confinado se denomina superficie piezométrica y dentro de un pozo es conocida como nivel piezométrico.

Existen también otros acuíferos denominados semiconfinados cuando las capas que lo limitan son de muy poco espesor o semipermeables.

Los acuíferos son explotados a través de varios tipos de captaciones, entre las cuales las más comunes son:

- Pozos profundos, perforados a través de muchas técnicas y que generalmente requieren de grandes equipos de perforación.
- Aljibes, que son pozos poco profundos generalmente excavados a mano y algunas veces revestidos en piedra, ladrillo o cemento
- Manantiales, que son exposiciones naturales de las aguas subterráneas en superficie y que son aprovechados directamente, sin necesidad de grandes obras.

La elección de alguna de estas formas de acceder a los acuíferos dependerá tanto de las características hidrogeológicas de la zona en particular, como de las necesidades de abastecimiento de agua y de las condiciones socio-económicas de la región.

Una de las grandes ventajas de las aguas subterráneas es que generalmente son de buena calidad para consumo humano por estar protegidas naturalmente por capas de suelos o rocas que tienen la capacidad para atenuar, retardar o retener algunos contaminantes, además de ser menos susceptibles que las aguas superficiales a cambios climáticos.

Por otro lado, una vez contaminadas las aguas subterráneas como consecuencia de alguna actividad en la superficie (agrícola, industrial, disposición residuos y de efluentes, entre otros) será casi

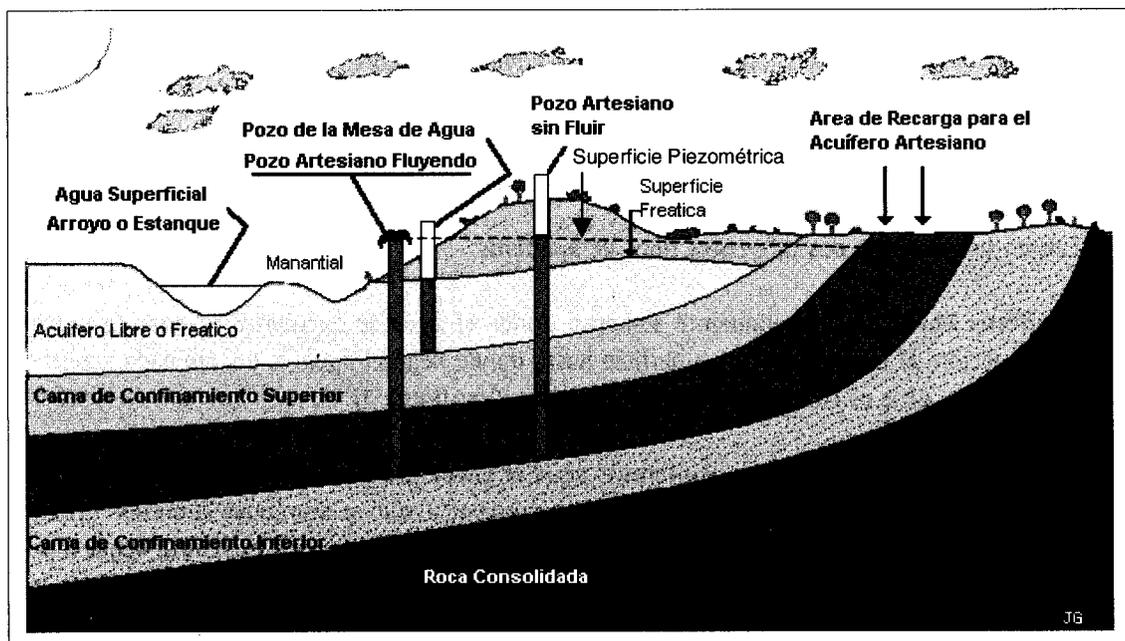


FIGURA 1. Tipos de acuíferos. Modificada de URL <http://www.ecn.purdue.edu>

imposible o demasiado costosa su recuperación. Por lo anterior cuando accedemos a estos recursos hídricos implícitamente nos debemos comprometer con su protección y conservación para garantizar su aprovechamiento futuro.

1.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA TÉCNICA DE PERFORACIÓN MANUAL DE POZOS PROFUNDOS DE PEQUEÑO DIÁMETRO

La Perforación Manual de Pozos Profundos se realiza mediante una técnica relativamente fácil, rápida, económica. Esta técnica fue adaptada por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), la Organización Panamericana de la Salud (OPS) y combina los sistemas de rotación y percusión, donde el origen de la fuerza motriz es la fuerza humana de los operadores o perforadores.

Como se muestra en la Figura 2, el equipo de perforación esta integrado por una Torre de Perforación, un sistema para rotación (broca, tubería y manija), un sistema de percusión y un sistema de inyección de lodo (fosas de lodo y bomba de lodo).

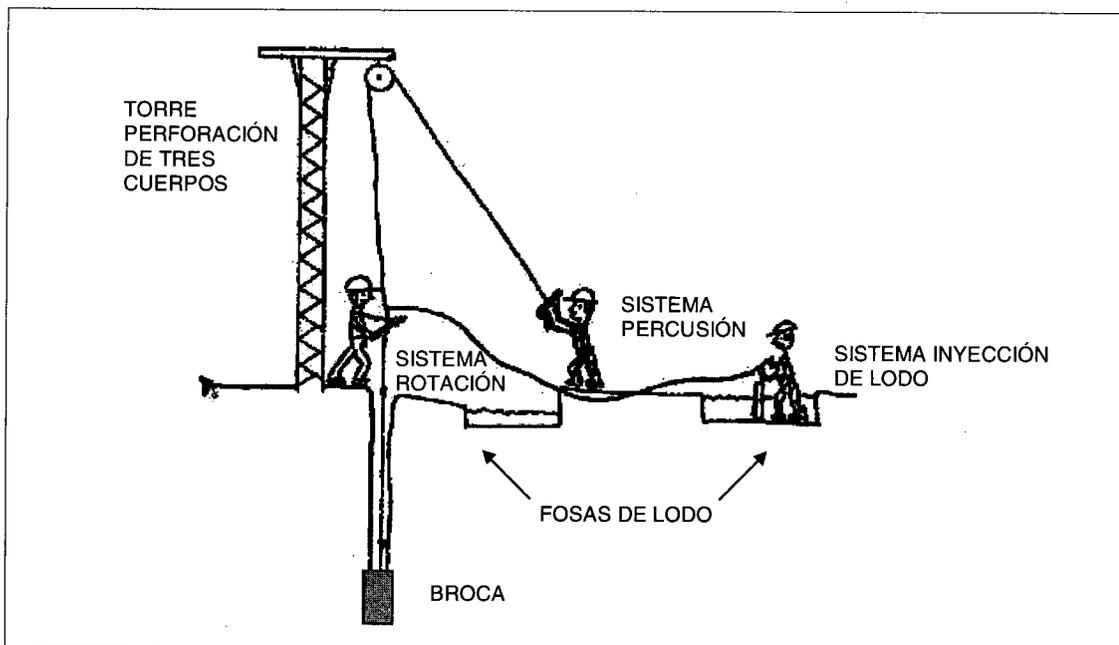


FIGURA 2. Sistema de perforación manual de pozos profundos. Modificada de URL: www.emas-international.de/spanisch/inhalte1_12.htm

Según varios documentos del CEPIS-OPS-OMS, se ha logrado perforar con esta tecnología hasta 90 m de profundidad en terrenos no consolidados y libres de material rocoso, con un rendimiento máximo de 30 m de perforación en 8 horas y con un grupo de trabajo compuesto por 5 operarios.

Las perforaciones generalmente se realizan hasta una profundidad que oscila entre 3.5 y 6 m después de hallado el nivel freático; bajo el cual se ubica la bomba encargada de llevar el agua a la superficie.

Las brocas de perforación tienen diámetros de 3 1/2" o de 5 1/2" a 6", para entubar o encamisar el pozo con tubería de 2" o 4" respectivamente.

Las bombas manuales de agua instaladas en los pozos, tienen una capacidad de extracción de hasta 0.6 litros por golpe (presión de la manija). Sin embargo debe recordarse que los caudales a extraer de un acuífero no sólo dependen de la capacidad de las bombas, también de las condiciones hidrogeológicas de los acuíferos, la buena construcción y estado del pozo, la limpieza de los filtros, entre otros.

En el proceso de construcción de estos pozos existen una serie de etapas previas y posteriores a la perforación, como se menciona a continuación:

1.2.1 Etapa previa

- Inicialmente se debe seleccionar el sitio apropiado para la perforación, lo cual incluye además de la concertación con la comunidad, una serie de estudios hidrogeológicos previos que ayuden a identificar los posibles acuíferos e interpretar cuál es su disposición en la subsuperficie. El sitio también debe estar alejado de las posibles fuentes de contaminación de las aguas subterráneas.
- Preparación y montaje de los equipos de perforación con todas las especificaciones técnicas (Torre de perforación, barras o tubería de perforación, broca, bomba de lodo y bomba de agua)

1.2.2 Etapa de perforación

Una vez construidos y montados todos los equipos de perforación, se procede a su instalación en el sitio seleccionado y se inicia la etapa de perforación.

- Instalación del equipo de perforación, lo que incluye anclaje de la torre de perforación, instalación de la manija o agarrador en forma de "T", los tubos de perforación y la broca, la excavación de las fosas de lodo, instalación de la bomba de lodo y de la manguera de inyección. (ver figura 2).
- Posteriormente viene la etapa de perforación en sí, que consiste en un proceso combinado de rotación y percusión basado en la fuerza de los operadores o perforadores.

1.2.3 Etapa posterior a la perforación

- Esta etapa incluye la limpieza del pozo, el entubado del pozo, la instalación del sello sanitario, la instalación de la bomba de agua y del cabezal.
- Finalmente se deben tener en cuenta unas recomendaciones sobre el cuidado y mantenimiento preventivo de las instalaciones y sobre el control de la posible contaminación del sitio.

Cada una de estas etapas serán tratadas detalladamente en los siguientes capítulos.

CAPÍTULO 2

ETAPA PREVIA A LA PERFORACIÓN

2.1 SELECCIÓN DEL SITIO DE PERFORACIÓN

Idealmente antes de perforar un pozo debe realizarse un estudio hidrogeológico que permita conocer las características de las formaciones geológicas aflorantes en la región, identificar los acuíferos e interpretar cual es su disposición en profundidad.

Este estudio hidrogeológico está compuesto por una serie de etapas, dentro de las cuales se encuentran las siguientes:

2.1.1 Recopilación de información existente

Esta es la primera etapa y la más importante, y consiste en la recopilación de los estudios y mapas geológicos, hidrogeológicos, geofísicos e informes de construcción de pozos de la zona de interés. El análisis de esta información permitirá ahorrar esfuerzos económicos y conocer las principales características hidrogeológicas de la zona.

En muchas ocasiones, debido a la escasez de recursos solo se podrá realizar esta etapa y por lo tanto el análisis de esta información debe hacerse muy cuidadosamente y preferiblemente por personal experto.

En la medida de las posibilidades, deberán además ser realizadas las siguientes etapas:

2.1.2 Inventario de puntos de agua

El Inventario de puntos de agua de la zona (pozos, aljibes o manantiales), consiste en visitar los sitios, compilar toda la información disponible sobre cada uno de ellos, que incluya la localización, la profundidad, el diámetro, el tipo de terreno, el nivel dinámico de bombeo, el nivel estático inicial, la

producción, el equipo de bombeo utilizado y la calidad físico-química del agua (Normas RAS). Esta etapa permitirá conocer las características de estas captaciones y de las aguas subterráneas en la zona y también es indispensable para evitar cercanía entre perforaciones que pueden causar interferencia y descenso localizados de los niveles de aguas subterráneas

2.1.3 Estudio geológico de superficie

Los estudios geológicos involucran tanto el análisis de los estudios ya existentes de la zona, como el reconocimiento de campo que permita conocer características de las formaciones geológicas como porosidad y grado de fracturamiento de las rocas, importantes para identificar los posibles acuíferos. Según las normas RAS este estudio debe incluir el levantamiento de columna estratigráfica representativo que identifique las formaciones geológicas, análisis granulométrico, espesores de las formaciones, localización de fallas, lineamientos, entre otros.

2.1.4 Estudio geoelectrico

Los estudios geoelectricos generalmente son realizados por medio de Sondeos Eléctricos Verticales (SEVs), que permiten conocer a través de la resistividad de los materiales al paso de una corriente eléctrica, características como su grado de saturación y la calidad del agua que almacenan estos materiales y por lo tanto darán mayor precisión en la elección del sitio a ser perforado.

Los estudios regionales además de estas etapas incluyen la realización de balances hídricos, el conocimiento de las propiedades hidráulicas mediante la interpretación de pruebas de bombeo (transmisibilidad, la conductividad hidráulica y el coeficiente de almacenamiento), las características hidrogeoquímicas y de calidad de agua para consumo o para otros usos, la evaluación de la vulnerabilidad y el riesgo de los acuíferos a la contaminación, entre otros.

Después de seleccionar el sitio con las mejores características hidrogeológicas, es muy importante la concertación con la comunidad o población, que además de estar de acuerdo en el sitio seleccionado, debe participar activamente en los procesos de perforación y comprometerse con todos los aspectos concernientes al control de la contaminación en el sitio y con el mantenimiento preventivo de los equipos.

2.2 CONSTRUCCIÓN DE LOS EQUIPOS DE PERFORACIÓN

Para la Perforación Manual de Pozos Profundos, se requiere de los siguientes equipos:

- Torre de perforación
- Barras o tubería de perforación
- Broca
- Bomba de lodo

Para cada uno de estos equipos serán descritos todos los materiales necesarios para su construcción con sus respectivas especificaciones técnicas, así como las herramientas empleadas para su montaje.

2.2.1 Torre de perforación

Las torres de perforación tienen la función de ser el almacén o sostén de toda la obra y por lo tanto generalmente son construidas con materiales muy resistentes, pero, que a la vez son de poco peso. Estas torres tienen la característica de ser fácilmente montadas y desmontadas, permitiendo ser transportadas hasta zonas rurales y de difícil acceso.

El CEPIS-OPS, en coordinación con agencias que trabajan con esta tecnología, han desarrollado dos modelos de torre de perforación manual. El primer modelo denominado "Torre de Tres Cuerpos", esta formado por una sola columna de forma triangular, constituida por 3 varillas unidas por ángulos y que ha sido dividida en 3 cuerpos para facilitar su transporte.

El segundo modelo denominado "Torre de Dos Cuerpos", esta compuesta por dos columnas rectangulares cada una formada por 4 varillas unidas por ángulos. Estas dos columnas se unen entre si formando una "V" invertida. Las principales características de estas torres se presentan en la Tabla 1.

TORRE DE TRES CUERPOS	TORRE DE DOS CUERPOS
Para zonas de difícil transporte, caso de selva y otros lugares poco accesibles donde el acarreo se realiza en pequeñas embarcaciones.	Para uso en zonas que cuentan con vehículos pequeños.
Ideal para perforaciones en terrenos arenó - arcillosos, aunque no se descarta su empleo en terrenos conglomerados.	Ideal para perforaciones en terrenos arenó - arcillosos, aunque no se descarta su empleo en terrenos conglomerados.
Con el sistema de perforación se puede alcanzar profundidades de hasta 100 m en terrenos blandos.	Con el sistema de perforación se puede alcanzar profundidades de hasta 100 m en terrenos blandos.

TABLA 1. Principales características de las torres de perforación. Información tomada de la página Web del CEPIS, <http://www.cepis.ops-oms.org/bvsatp/E/Otratec/torre.PDF>.

En este manual presentaremos la torre de Dos Cuerpos ("V" invertida), ya que fue la utilizada en la Guajira mediante el convenio SENA-OPS, sin embargo como anexo se presentan los planos de la "Torre de Tres Cuerpos" con las especificaciones de sus materiales de construcción.

La torre en forma de "V" invertida, está conformada por las siguientes partes:

- 2 Columnas rectangulares de 6 m.
- 1 Sistema de acople de las columnas,
- 1 Sistema de polea que permite los movimientos de percusión,
- 1 Escalera externa
- 1 Sistema de anclaje al terreno

En la Figura 3 se observan las partes de la torre, y en la Tabla 2 los materiales y herramientas necesarios para su construcción.

Las dos columnas de la torre son armadas por separado con 4 ángulos de hierro de 6 metros, los cuales son unidos por medio de ángulos de 20 cm, colocados cada 40 cm. Los ángulos de 44.7 cm son soldados en diagonal entre los de 20 cm para dar mayor rigidez a la torre. Para facilitar el transporte hasta el sitio de perforación, cada columna armada, se divide en dos partes de tres (3) metros cada una, las cuales se unirán posteriormente con pernos, como se muestra en la Figura 3.

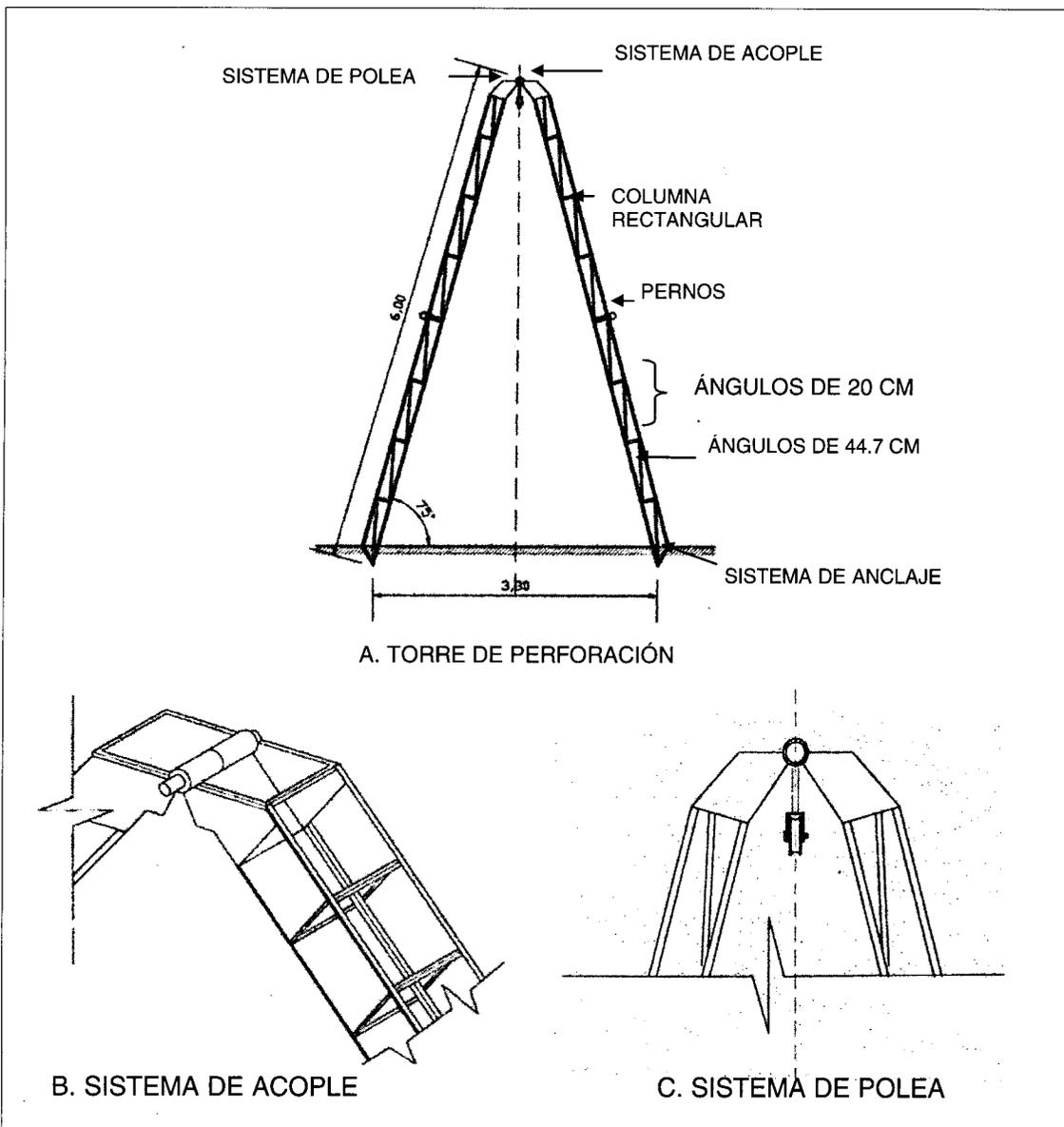


FIGURA 3. Partes de la torre de perforación

CANTIDAD	MATERIAL	LONGITUD
Columnas		
8	Ángulos de hierro de 3/4" X 1/8"	6.00 m
60 x Columna	Ángulos de hierro de 3/4" x 1/8"	20 cm, puestas cada 0.4 m
30 x Columna	Ángulos de hierro de 3/4" x 1/8"	44.7 cm, soldadas en diagonal, entre las piezas de 20 cm.
Sistema de acople		
1	Bisagra	Construida con 2 niple de tubo de hierro con un pasador asegurado con una tuerca en forma de cuña
Sistema de Polea		
1	Polea	Para realizar los movimientos de percusión por parte de los perforadores
1	Cuerda de 1/2"	
Sistema de Anclaje		
2	Cuñas	Terminación de las columnas en forma de cuña, para anclar la torre
Herramientas necesarias para el montaje		
Un juego de llaves, cuchillos, machetes, hacha, palas, cavador, azadones, palines, martillos.		

TABLA 2. Materiales y herramientas para la construcción de la torre de perforación.

2.2.2 Barras o tubos de perforación y manija de rotación

Estas barras o tubos de perforación son de hierro reforzado de gran resistencia a los impactos de la percusión y torsión. En el proceso de perforación, además de los tubos se requiere de una palanca (manija o agarrador) que facilita las labores de rotación (Figura 4, Tabla 3).

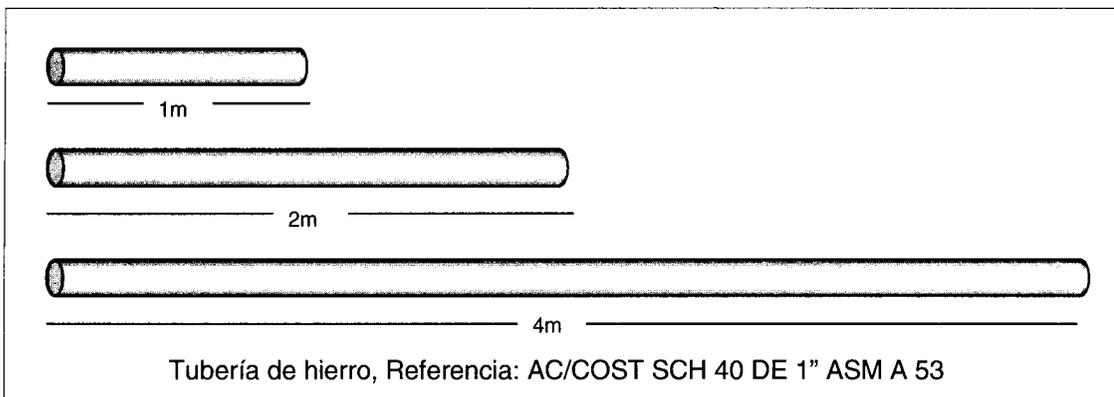


FIGURA 4. Barras de perforación.

CANTIDAD	ESPECIFICACIÓN	LONGITUD
20-30	Tubo Scudol 40 (SCH) de una pulgada (1")	4 metros
6	Tubo Scudol 40 (SCH) de una pulgada (1")	2 metros
4	Tubo Scudol 40 (SCH) de una pulgada (1")	1 metro
1	Manija en "T" de rotación de una pulgada (1") Scudol	0.60 x 0.30 metros
	Uniones Scudol 40 (SCH) de una pulgada (1")	
Herramientas necesarias para el montaje		
Destornilladores y prensa, prensa de mordaza de cadena, llaves de tubo, marco y seguetas, juego de tarraja para tubo PVC.		

TABLA 3. Material de las barras de perforación y manija de rotación

2.2.3 Broca de perforación

Las brocas son las herramientas que realizan el trabajo de rotura, disgregación, trituración y mezcla de las rocas o materiales por donde va pasando la perforación.

Estas herramientas deben cumplir con ciertas especificaciones técnicas y geométricas que le permitan trabajar con materiales de diferente consistencia, como arenas, arcilla, conglomerados y rocas duras.

En la Figura 5, se muestran las brocas usadas en la Perforación Manual de Pozos Profundos de Pequeño Diámetro, las cuales pueden ser construidas muy fácilmente en un taller de soldadura, con materiales existentes en los mercados locales como se describen en la Tabla 4.

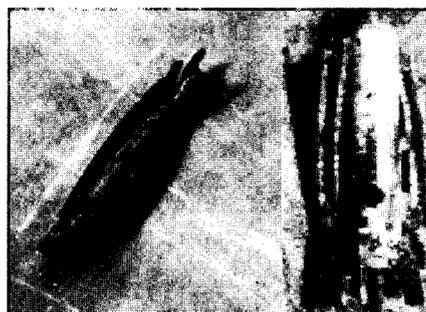


FIGURA 5. Brocas de perforación

MATERIAL	ESPECIFICACIÓN	LARGO	DIÁMETRO	COMENTARIO
Tubo	Scudol 40 (SCH)		1"	
Varilla corrugada de media pulgada (1/2")		30 a 60 cm	3 1/2"	Para entubar con tubería PVC sanitaria de 2" diámetro.
Varilla corrugada de media pulgada (1/2")		30 a 60 cm	5 1/2"	Para entubar con tubería de 4" de diámetro.

TABLA 4. Materiales para la construcción de las brocas

2.2.4 Bomba de lodo

Esta bomba es un dispositivo mecánico que permite inyectar lodo o agua a medida que avanza la perforación, facilitando esta labor y evitando derrumbes de las paredes del pozo. La Bomba de lodo es instalada en uno de los extremos de la fosa de lodo y es accionada por un operador mediante presión de la manija.

Existen dos clases de bombas de lodo, la tipo Bolivia y la tipo Perú, las cuales se diferencian principalmente en el colector de lodo. En la Guajira fueron usados los dos modelos de bomba aquí presentados, pero en el tipo Perú la manguera de inyección de lodo esta conectada lateralmente y por lo tanto su peso no está equitativamente repartido entre ambos brazos del operador, lo que termina fatigándolo.

2.2.4.1 Bombas de lodo tipo Bolivia

Como se muestra en la Figura 6, la bomba de lodo tipo Bolivia está constituida por tres partes principales, Cuerpo, Pistón y Colector de lodo, los cuales se describen a continuación:

El **cuerpo** es la parte externa de la bomba, está formado por un tubo galvanizado de 0,55 m de largo y 2" de diámetro, sin vena interna.

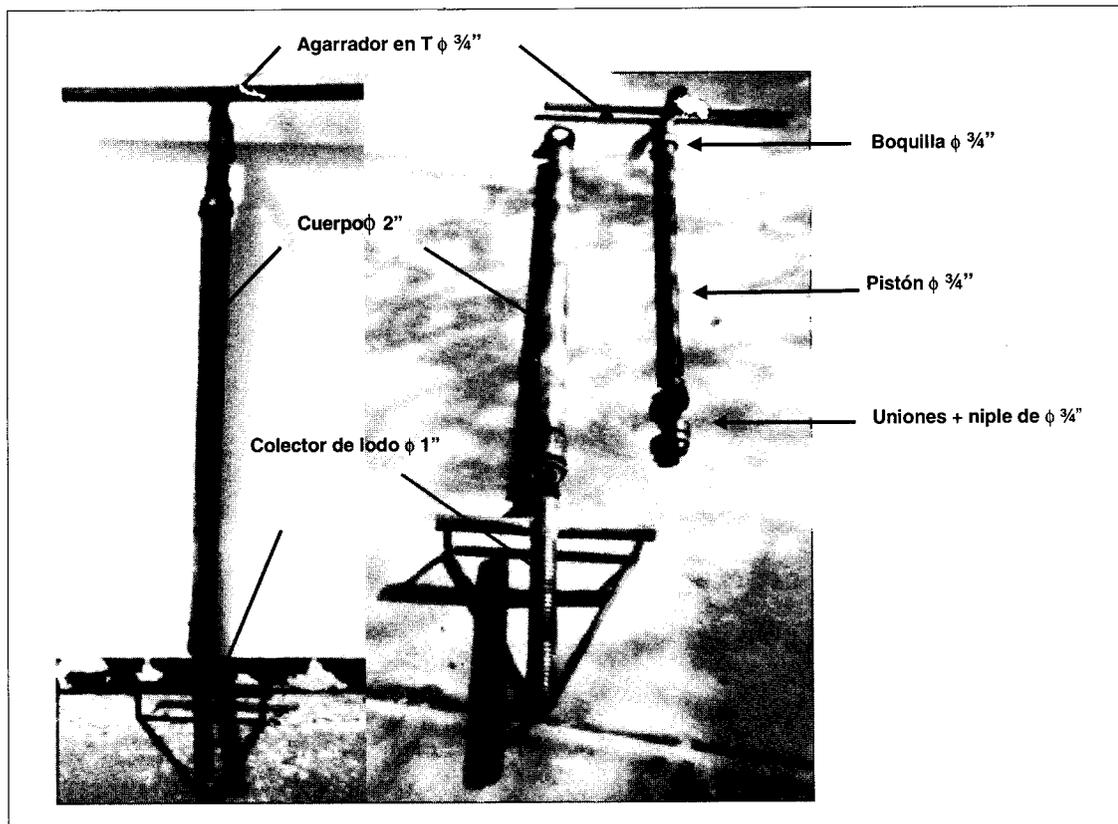


FIGURA 6. Bomba de lodo tipo Bolivia

El pistón va dentro del cuerpo y está conformado por tres partes, el agarrador en T-boquilla, pistón y válvula. Los detalles pueden verse en la Figura 6.

- **Agarrador en T**, tiene diámetro de $\frac{3}{4}$ " y es la palanca que sirve al operario para realizar la presión en la bomba. La boquilla está conectada al agarrador, tiene su mismo diámetro y es el orificio de salida del lodo.
- **El pistón** está unido a la sección anterior y tiene una longitud de 0.6 m y un diámetro de $\frac{3}{4}$ ".
- **La válvula** se encuentra en la parte inferior del pistón, está conformada por dos nipples $\frac{3}{4}$ " de diámetro, dos uniones con diámetro interno de $\frac{3}{4}$ " y externo de 1". En su interior va alojada una bola de cristal (canica) de 20 mm de diámetro.

El colector de lodo va sumergido en la fosa de lodo y es la parte de la bomba por donde es succionado el lodo. Este colector va unido al cuerpo de la bomba y está constituido por dos nipples de 0.20 m con diámetro de 1" y otro de 0.30 m, los cuales van soldados en forma de T y están reforzados con una varilla, como puede observarse en la Figura 6. El niple más largo, es ranurado con segueta a lo largo cada 2mm, y constituye el filtro del colector de lodo. Uno de los extremos de este niple tiene rosca y el otro es cubierto con soldadura.

En la Figura 7 se pueden ver detalles de la bomba de lodo tipo Bolivia y en la Tabla 5 los materiales usados para su construcción.

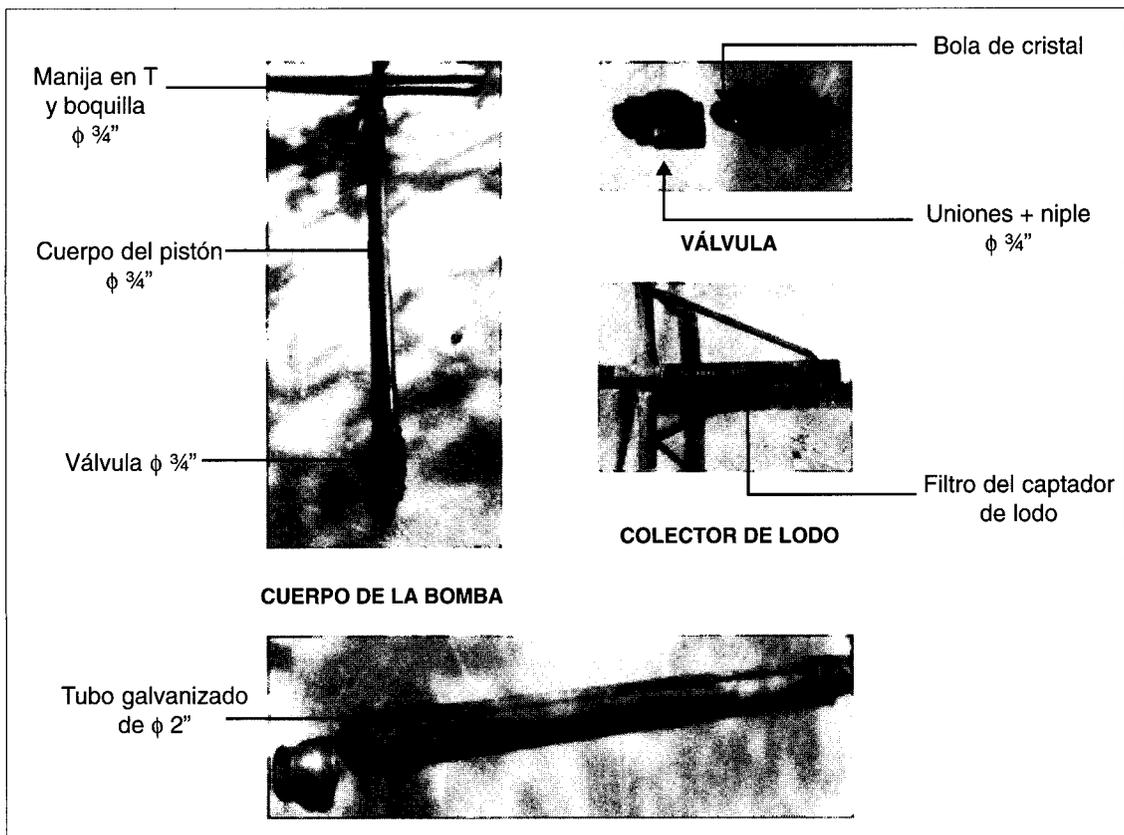


FIGURA 7. Detalles de las partes de la bomba de lodo tipo Bolivia.

ELEMENTOS	MATERIAL	DIMENSIONES	CANTIDAD	DETALLES
MANIJA (PISTÓN - VÁLVULA)				
1. Tapón rosca	Galvanizado	ϕ 3/4"	2	Para las manijas
2. Niple	Galvanizado	0.25 mts. x ϕ 3/4"	2	Roscas en los extremos 30mm, para taponos T
3. T	Galvanizado	ϕ 3/4"	1	Para manija (ítem 2 y 5)
4. Niple	Galvanizado	0.30 mts. x ϕ 1/2"	1	En ángulo de 45°. Tubo en "L" boquilla de lodo
5. Niple	Galvanizado	ϕ 3/4" x 0.60 mts	1	Pistón
6. Unión copa	Galvanizado	ϕ 3/4" a 1"	1	Para válvula del pistón
7. Niple	Galvanizado	ϕ 1" x 75 mm	1	Roscas en extremos 25 mm.
8. Arandela	Hierro	Orificio interno 3/4", exterior 1 1/2"	1	Para válvula del pistón
9. Empaquetadura	Goma o cuero	Orificio interno 3/4", exterior 1 1/2"	2	Para válvula del pistón
10. Arandela	Hierro	Orificio interno 3/4", exterior 1 1/2"	1	Soldada o roscada al pistón
11. Bola	Cristal	ϕ 20 mm.	1	Para válvula del pistón
12. Unión copa	Galvanizado	ϕ 3/4" a 1"	1	Válvula para niple ítem # 13
13. Niple	Galvanizado	ϕ 3/4" x 50 mm	1	Con una Rosca de 25 mm. Con asiento para boliche.
14. Tuerca	Galvanizado	Orificio interno 3/4"	1	Para válvula del pistón
CUERPO				
15. Unión Copa	Galvanizado	ϕ 2" a 1"	1	Parte superior del cuerpo
16. Tubo (sin vena)	Acerado o Galv.	0.55 mts. x ϕ 2"	1	Roscas extremos de 340 mm.
17. Unión Copa	Galvanizado	ϕ 2" a 1"	1	Parte inferior del cuerpo
18. Niple	Galvanizado	ϕ 1 x 80 mm	1	Roscas dos extremos
19. Codo	Galvanizado	ϕ 1"	1	Orificio para varilla (ítem 20)
20. Varilla	Acero	ϕ 10mm. x 80 mm.	1	Insertar y soldar al codo
COLECTOR DE LODO				
21. Bola	Vidrio	ϕ 25 mm.	1	"Canica"
22. Niple	Galvanizado	ϕ 1" y 0.20 mts.	2	Se soldan para formar una T. Reforzada ϕ con varilla a manera de base al niple del ítem 23.
23. Niple	Galvanizado	ϕ 1" y 0.30 mts	1	Rosca de 2 mm en su extremo ranurado y soldados al ítem 22
24. Tapón	Galvanizado	ϕ 1"	1	Para ítem 23

TABLA 5. Materiales para la construcción de bombas de lodo tipo Bolivia

2.2.4.2 Bomba de lodo tipo Perú

Esta bomba al igual que la tipo Bolivia, está conformada por tres partes: cilindro, pistón con su válvula y el colector de lodo (Figura 8).

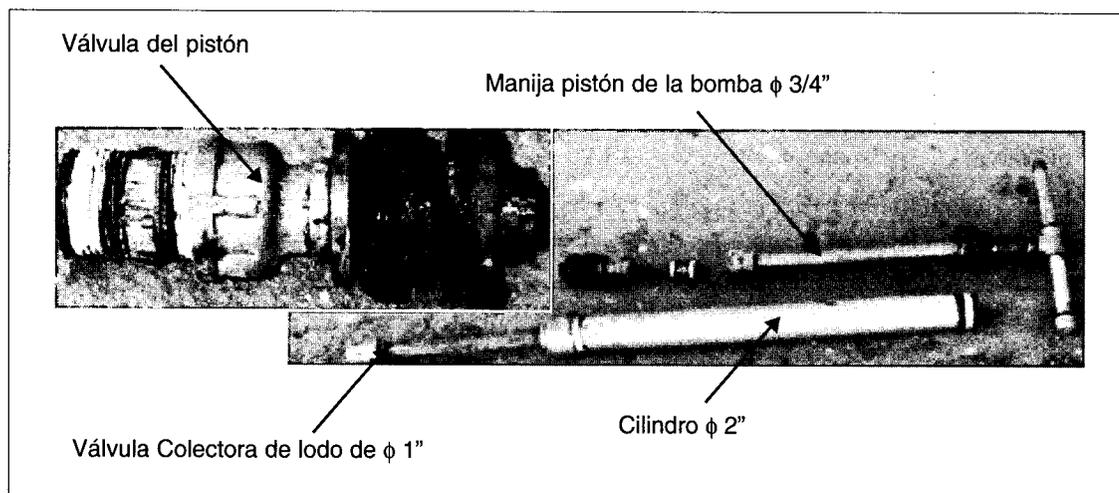


FIGURA 8. Bomba de lodo tipo Perú

El **cilindro** es la parte externa de la bomba, tiene un diámetro de 2" y en su parte interna está contenido el pistón.

El **pistón** está formado por tres partes, manija o agarradera, pistón y válvula:

- **Manija**, es la palanca en donde se realiza la presión para inyectar el lodo. En la parte lateral de la manija se encuentra la manguera de salida del lodo.
- **Pistón** o manija que tiene un diámetro de $\frac{3}{4}$ "
- **Válvula del pistón**, constituida por dos niples, dos uniones de copa y una bola de vidrio.

El **colector de lodo**, está conformado por una unión de copa galvanizada, con diámetro de $\frac{3}{4}$ " a 1", un niple galvanizado de 0.30 metros de longitud y 1" de diámetro y una válvula de pie de bronce de 1" de diámetro.

En la Tabla 6 son presentados todos los materiales utilizados en la construcción de cada una de las partes de la bomba de lodo tipo Perú, con sus especificaciones técnicas.

En el anexo 2, son presentados los planos de la bomba de lodo tipo Perú, con todas las especificaciones técnicas de los materiales usados para su construcción.

ELEMENTOS	MATERIAL	DIMENSIONES	CANTIDAD	DETALLES
VÁLVULA DEL PISTÓN				
Unión copa	Galvanizado	φ 3/4" a 1"	1	
Varilla	Acero	φ 10mm. x 80 mm.	1	Insertar y soldar al codo
Niple	Galvanizado	φ 1 x 80 mm	1	Roscas dos extremos
Bolavidrio	φ 25 mm.	1		
Unión copa	Galvanizado	φ 3/4" a 1"	1	
Niple	Galvanizado	φ 3/4" x 80 mm	1	Roscas dos extremos
COLECTOR DE LODO				
Unión copa	Galvanizado	φ 3/4" a 1"	1	
Niple	Galvanizado	φ 1" 0.30 mts.	1	Rosca dos extremos 25 mm
Válvula de pie	Bronce	φ 1"	1	Comercial
BASE O ZAPATA DE LA BOMBA				
Varilla cuadra	Hierro	1/2"		

TABLA 6. Materiales para la construcción de la bomba de lodo tipo Perú

CAPÍTULO 3

ETAPA DE PERFORACIÓN

3.1. INSTALACIÓN DE LOS EQUIPOS DE PERFORACIÓN EN EL SITIO

Una vez contruidos los equipos necesarios se procede a la etapa de instalación y montaje en el sitio previamente seleccionado, en el siguiente orden:

3.1.1 Montaje y anclaje de la torre

Para el montaje y anclaje de la torre de perforación se requieren las siguientes herramientas: Juego de llaves, cuchillos, machetes, hacha, palas, cavador, azadones, palines, martillos.

El procedimiento a seguir se describe a continuación:

- En el sitio previamente seleccionado para la ubicación del pozo, se unen las partes en que fue dividida la torre.
- Se excavan dos pequeñas fosas para introducir las patas de las columnas (terminación en cuña), con una separación entre si, de tres metros (3.00 m) (Figura 2).
- Se levanta la torre y se ancla en las fosas ya construidas
- Se nivela verticalmente la torre con la ayuda de un nivel y una plomada.
- Posteriormente la torre se asegura a unos postes de madera u otro material enterrados en el piso, por medio de 4 tensores de alambre, acero u otro material. Estos tensores van en direcciones opuestas y de forma perpendicular al eje de las patas la torre, a una distancia de 8m a partir de la misma (Figuras 9, 10).

3.1.2 Montaje de la manija, primer tubo de perforación y la broca

Estando la torre elevada y anclada al terreno se procede a:

- El primer tubo o barra de perforación de 1m, se une por un extremo a la manija o agarrador y por el otro extremo se une a la broca



FIGURA 9. Montaje de la torre de perforación

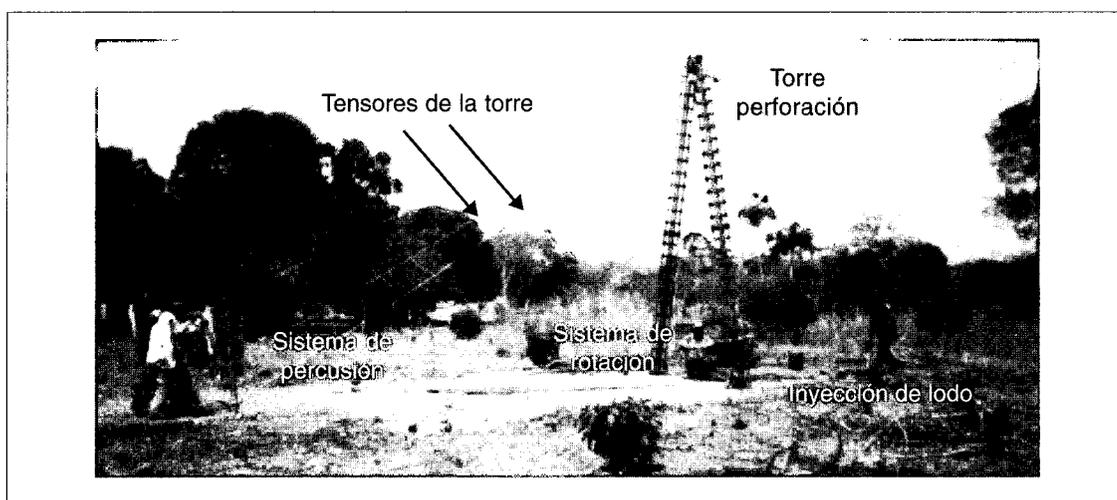


FIGURA 10. Tensores de la torre de perforación

- Estas piezas montadas se aseguran por la manija a la cuerda del sistema de polea, que se desprende de la torre. Esta cuerda debe ser lo suficientemente larga para que permita bajar hasta la profundidad final del pozo.

3.1.3 Instalación del sistema de inyección de lodos

La circulación del lodo a medida que avanza la perforación tiene como función además de traer a superficie todo el material excavado con la broca de perforación, evitar que las paredes del pozo se derrumben cuando se están perforando capas de arena.

El sistema inyección de lodo consta de los siguientes elementos (Figura 11, 12):

- Dos fosas excavadas en el terreno unidas por un canal
- Bomba manual de lodo
- Manguera para inyección de lodo



FIGURA 11. Excavación de las fosas de lodo

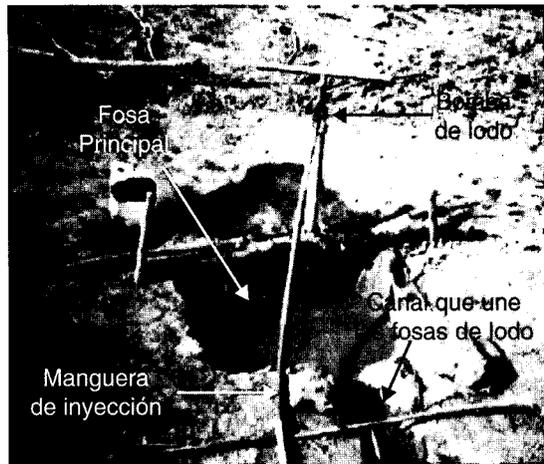


FIGURA 12. Sistema de inyección de lodo en el pozo

3.1.3.1 Características de las fosas

Las fosas de lodo principal e intermedia tienen las siguientes características y funciones (Tabla 7):

FOSA	DIMENSIONES Largo x ancho x profundidad	COMPONENTES ADICIONALES	FUNCIÓN DE LA FOSEA
PRINCIPAL	0.60 x 0.40 x 0.30	Un colador de anejo plástico para tamizar los materiales arenosos o pequeños fragmentos que no se decantaron en la fosa intermedia.	Recibir el lodo para que recircule, a través de la bomba de lodo.
INTERMEDIA O DESARENADORA	0.30 x 0.20 x 0.15		Decantador (por gravedad) de los materiales más gruesos que ascienden con el lodo desde la perforación.

TABLA 7. Características de la fosa de lodo

Las fosas de lodo están unidas por un canal excavado (con desnivel) que parte del sitio en que se esta perforando, pasa por la fosa intermedia y termina en la fosa principal. Este canal tiene como función permitir la circulación del lodo que asciende por la perforación arrastrando los materiales gruesos excavados con la broca, llevándolos hasta la fosa intermedia para ser decantados y desde ésta hasta la fosa principal, donde se inicia de nuevo el ciclo del lodo (Figura 13).

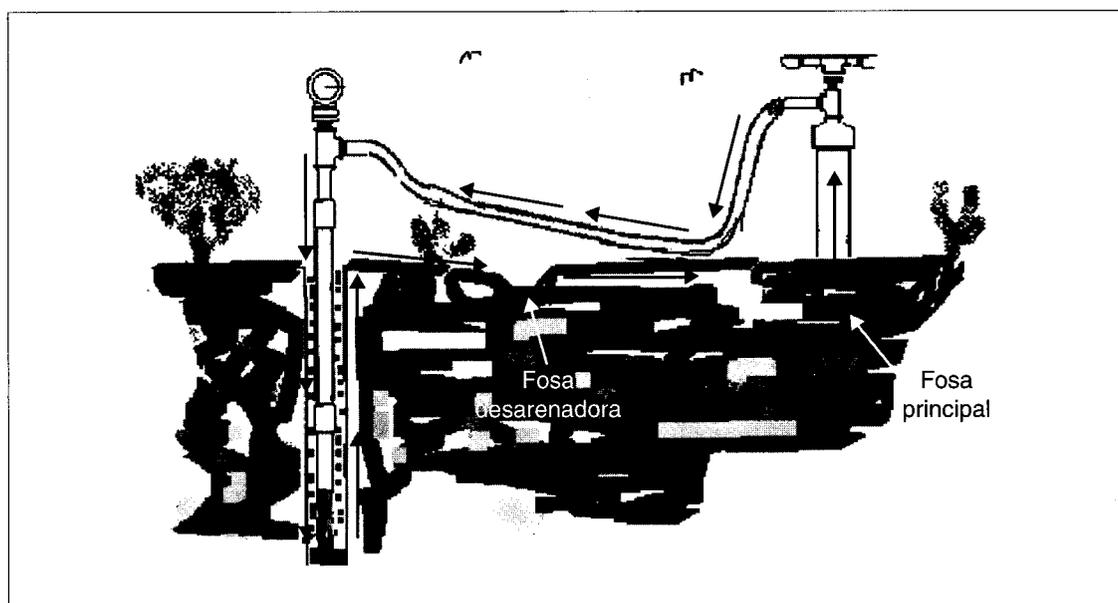


FIGURA 13. Ciclo del lodo en el pozo

3.1.3.2 Instalación de la bomba de lodos

Esta bomba de lodos se instala en un extremo de la fosa principal y se asegura en unos maderos atravesados en la parte superior de la fosa, como se muestra en la figura 14.

3.1.3.3 Instalación de la manguera para inyección del lodo

La manguera se instala en el orificio de salida de la manija de la bomba de lodo. Esta manguera se lleva hasta el sitio de la perforación y se ajusta a la manija del sistema de rotación.

3.1.3.4 Preparación del lodo

Para la perforación se debe contar con cincuenta kilogramos de arcilla (50 Kg.), los cuales se mezclan con agua para preparar el lodo o Fluido de Perforación. Una vez preparado el lodo se dispone en la fosa principal. Debe anotarse que cuando se está perforando en terrenos muy arcillosos solo hace falta inyectar agua.



FIGURA 14. Instalación de la bomba de lodo tipo bolivia

3.1.4 Distribución del personal

Después del montaje de los equipos en el sitio, se procede a distribuir el personal de la siguiente forma:

- De dos a cuatro operarios para halar la soga sujeta al tubo de perforación que permite realizar el movimiento de percusión. A medida que se desciende en la perforación se requerirán más tubos de perforación, por lo cual se necesitarán más operarios para permitir elevarlos nuevamente.
- Un operario para realizar el movimiento de rotación durante la perforación.
- Un operario para accionar la bomba de inyección de lodo.

El equipo de trabajo puede estar integrado hasta por 10 personas, que trabajarán en turnos en los sistemas de rotación y percusión.

3.2 PERFORACIÓN

La perforación se realiza basada en dos movimientos principales, percusión y rotación manual de la broca y tubos de perforación. Para facilitar las labores de perforación es inyectado el lodo manualmente.

Algunos aspectos generales sobre estos dos métodos de perforación son descritos a continuación:

3.2.1 La percusión

Es el procedimiento repetido de elevación y caída de las barras de perforación, como se describe a continuación:

- La elevación se realiza atando una cuerda a la manija de rotación, pasándola por la polea y atándola en el otro extremo a un madero que debe ser halado por los operarios para elevar los tubos de perforación (Figura 15).
- Una vez suspendidos los tubos de perforación se dejan caer libremente, el golpe brusco de la broca en el terreno, romperá y ablandará el material rocoso (Figura 15).



FIGURA 15. Movimiento de percusión: Elevación y caída de las barras de perforación

3.2.2 La rotación

Este es el procedimiento por el cual la broca gira arrancando el material rocoso por abrasión del mismo. La rotación se realiza después de que el terreno ha sido impactado por la caída del tubo de perforación y consiste de dos movimientos principales, torsión y rotación en dos sentidos:

- **Torsión** de la manija T de rotación (realizado por un operario): este movimiento se realiza en el sentido de las manecillas del reloj (para evitar que se aflojen las barras de perforación), pero cuando la broca se atasque debe acompañarse de un pequeño giro de retroceso (Figura 16).
- **Rotación en dos sentidos:** se realiza para que el pozo se mantenga en su eje de gravedad, es decir para que sea recto y no se desplace. Consiste en un movimiento de desplazamiento lateral (izquierda-derecha) sobre el eje de las barras de perforación y simultáneamente un movimiento de rotación de trescientos sesenta grados (360°) (Figura 16).

Los movimientos de rotación y rotación en dos sentidos deben realizarse en forma rítmica y en constante movimiento.

3.2.3 Etapas de la perforación

Inicialmente deben ser seleccionados y distribuidos los operarios



FIGURA 16. Movimiento de rotación: Torsión y rotación en dos sentidos

- La perforación comienza utilizando la barra de 1 metro, la cual debe estar unida a la broca en un extremo, a la manija T de rotación en el otro y acoplada al sistema de elevación. La barra es levantada verticalmente 50 centímetros y se dejan caer bruscamente, ese sitio indica el punto exacto del pozo.
- En este lugar se inicia la perforación excavando 50 centímetros en seco, esto permite verticalizar el pozo (Figura 15).
- Posteriormente se empieza la inyección del lodo y comienza la secuencia de perforación, repitiendo movimientos de percusión (elevación y caída libre de la tubería) y de rotación (rotación y rotación en dos sentidos) como se observa en la Figuras 16.
- Perforado un metro, se retira la barra de 1 metro y se coloca la de 2 metros, perforados los dos metros se adiciona una barra de 1 metro, perforados los tres metros se retiran las dos barras (de 1 y de 2 metros) y se coloca la barra de 4 metros. Este procedimiento se repite hasta alcanzar la profundidad deseada para el pozo.

Para el cambio de las barras de perforación se adoptan los siguientes pasos

- Se debe retirar la manguera de lodo.
- Se aseguran las barras con una prensa de mordaza de cadena (Figura 17).
- Con las herramientas apropiadas (llaves de tubo) se retira el agarrador en T y finalmente las barras respectivas.

Posteriormente para el montaje:

- Se coloca la nueva barra de perforación.
- Se coloca el agarrador en T.
- Se coloca la manguera de lodo.
- Se ajusta la barra.
- Se retira la prensa y se continúa con la perforación.



FIGURA 17. Cambio del tubo de perforación



FIGURA 18. Fragmentos de roca extraídos por el lodo de perforación

Periódicamente se debe examinar el material extraído por el lodo de perforación, para observar los cambios en las características litológicas del mismo (aumento material arenoso o de gravas), indicando si a la profundidad calculada en los estudios previos a la perforación, se encuentra verdaderamente el acuífero.

La muestra se recolecta de la boca del pozo y debe ser lavada con agua limpia hasta retirar todo el lodo y poder observar sus características mineralógicas y texturales (Figura 18).

CAPÍTULO 4

ETAPA DE POST-PERFORACIÓN

Esta etapa consiste en la limpieza del pozo para extraer todo el lodo y materiales en suspensión sobrantes de la circulación del lodo y prepararlo para el entubado o encamisado.

4.1 LIMPIEZA PRELIMINAR DEL POZO

Terminada la perforación y con la tubería aún en el pozo, se procede a lavarlo con la ayuda de la bomba de lodo. Esta bomba es instalada en un recipiente con abundante agua limpia. El procedimiento consiste en bombear agua vigorosamente hasta que salga lo más clara posible (Figura 19).

4.2 RETIRADA DE LOS TUBOS

Una vez terminado este primer lavado del pozo, se procede a retirar los tubos de perforación de la siguiente manera.

- Inicialmente se asegura el primer tubo con una prensa de mordaza de cadena para tubería, para evitar su caída dentro del pozo (Figura 17).
- Se retira la manguera de inyección de lodo
- Se retira la manija
- Se retira tubo por tubo desenroscándolos, hasta llegar a la broca

4.3 ENTUBADO DEL POZO

El entubado del pozo tiene como función proteger las paredes del mismo para evitar que se derrumben, además de ser la conducción hidráulica que pone en contacto el acuífero con la superficie (Custodio y Llamas, 1996).

El proceso de entubado se realiza en los siguientes pasos:

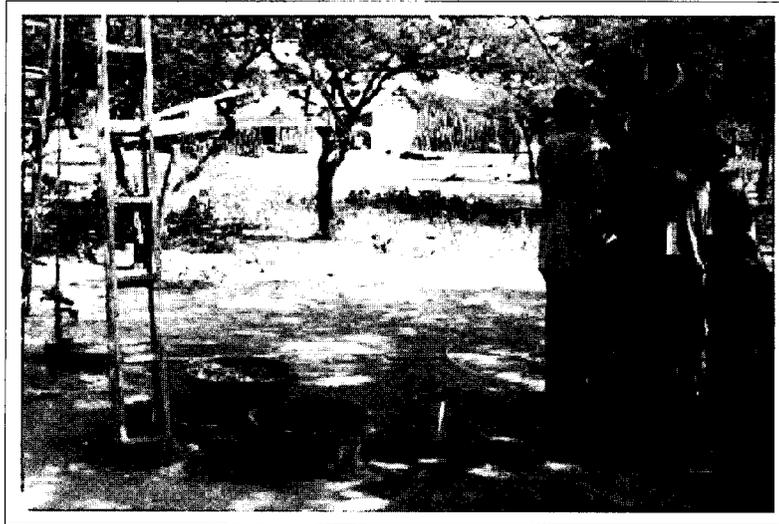


FIGURA 19. Limpieza preliminar del pozo

- Inicialmente se ranura el primer tubo de 6 metros a lo largo, haciéndole 4 agujeros en su contorno cada diez centímetros (10 cm). Estos serán los filtros por donde ingresa el agua del acuífero al pozo. Estos filtros se protegen con una media construida en tela sintética (poliéster) con el objetivo de retener las partículas de arena (Figura 20).
- A cada tubo se le hace una copa mediante transferencia de calor, con el propósito de poder ensamblar uno con otro y posteriormente pegarlos.
- Después de esto, se procede a introducir en el pozo los tubos de PVC, comenzando con el del filtro y poniendo sucesivamente los demás, hasta introducir la cantidad de tubos de acuerdo con la profundidad perforada. Durante el procedimiento de entubado se debe inyectar agua limpia, con la bomba de lodo, para evitar la penetración de agua del acuífero a través del filtro.
- El último tubo debe sobresalir 0.50 m por encima de la boca del pozo (Figura 20).



Primer tubo de perforación con su protección para el filtro

Inyección de agua durante el entubado del pozo

FIGURA 20. Entubado del pozo

4.4 LIMPIEZA DEL POZO

Con la limpieza del pozo se pretende retirar los residuos del filtro, principalmente de lodo y de otros materiales acumulados en el fondo del pozo. Debe ser realizado después del entubado y antes de realizar el desarrollo del pozo. La limpieza del pozo se realiza de la siguiente forma:

- Se introduce una manguera dentro del pozo.
- Se sella el espacio entre la manguera y el encamisado con tiras de neumático para que el agua no se devuelva y pierda presión.
- Se inyecta agua a presión con la bomba de lodo para limpiar el filtro.

4.5 FILTRO Y SELLO DE LAS PAREDES DEL POZO

Finalizado el entubado del pozo, el espacio entre las paredes de la perforación (diámetro externo) y el encamisado (tubo) debe rellenarse con material adecuado. Este material debe permitir el paso del agua al filtro y sellar las partes del pozo que no presentan interés o que puedan contener aguas contaminadas (Figura 21).

Este proceso se realiza de la siguiente forma:

- La parte inferior, donde están los filtros (tubo ranurado) se rellena con arena gruesa lavada.
- Las paredes en el resto del pozo, son rellenas con arcilla seca.
- Para proteger el pozo de posibles contaminaciones superficiales, su parte superior es impermeabilizada con una mezcla semi-húmeda de cemento gris y arcilla. Se moldean unas bolitas con este material y se introducen entre el diámetro externo y el entubado.



FIGURA 21. Sello de las paredes del pozo

4.6 DESARROLLO DEL POZO

Este procedimiento busca extraer todos los restos de lodo y detritus de perforación, estabilizar las formaciones arenosas y tratar de obtener el mejor rendimiento específico del pozo (Custodio y Llamas, 1996).

El desarrollo del pozo se realiza de la siguiente forma:

- Inicialmente se debe tener una manguera de un material resistente, de 1/2" con una longitud mayor a la del pozo perforado. En un extremo de la manguera debe tener una válvula de retención y en el otro un tapón.
- Posteriormente, la manguera se introduce hasta el fondo del pozo, de forma que sobre una brazada y se marca (Figura 22).
- Durante 30 minutos o más, se introduce y retira la manguera con movimientos rápidos y bruscos sin sobrepasar la marca del borde del encamisado.

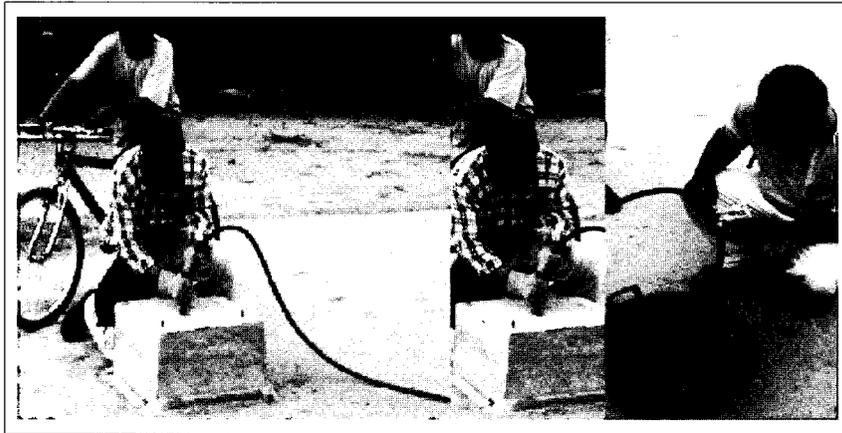


FIGURA 22. Desarrollo del pozo

- Se retira el tapón de la manguera, o se busca que por acción de la presión sea expulsado. El agua saldrá con fuerza limpiando el pozo.
- Este procedimiento se continúa hasta que el agua salga limpia.

4.7 BASE DEL POZO Y PROTECCIÓN SANITARIA SUPERIOR

Para dar protección a la parte externa del pozo y soporte a la bomba de agua, se construye una base de concreto alrededor del pozo denominada "Base". Existen dos modelos de bases, la tipo Bolivia y la tipo Perú.

4.7.1 Instalación de la base tipo Bolivia

El procedimiento de instalación de la base de cemento tipo Bolivia es el siguiente:

- Se corta el tubo que sobresale del pozo, dejando 0.3 m sobre el nivel del suelo.
- Se prepara un tubo galvanizado de 0.6 m longitud y 2" de diámetro (o mayor de acuerdo con el diámetro del entubado del pozo).
- Al extremo inferior de este tubo galvanizado, deben ser soldadas 4 varillas de hierro de 1/4" de diámetro y 0.15m de longitud. El extremo superior debe llevar una rosca en donde se coloca una unión copa (reducción) de 2" a 1" u otra dimensión de acuerdo con el tipo de bomba de agua que se decida instalar.
- La parte del tubo que sobresale (0.3 m), se calienta por transferencia de calor se le ensambla el tubo galvanizado.
- Las 4 varillas de 1/4" del tubo galvanizado, se aseguran a una placa de concreto de 0.5 x 0.5 x 0.3m de alto (la altura la determina la topografía del terreno). La placa de concreto es preparada con las siguientes proporciones: 1 cemento: 2 arena: 3 piedra (Figura 23).
- Finalmente se hace un piso rústico alrededor de la base de concreto, lo que constituirá una protección superior del pozo. Este piso preferiblemente debe tener una ligera pendiente desde la base del pozo hacia el terreno alrededor.

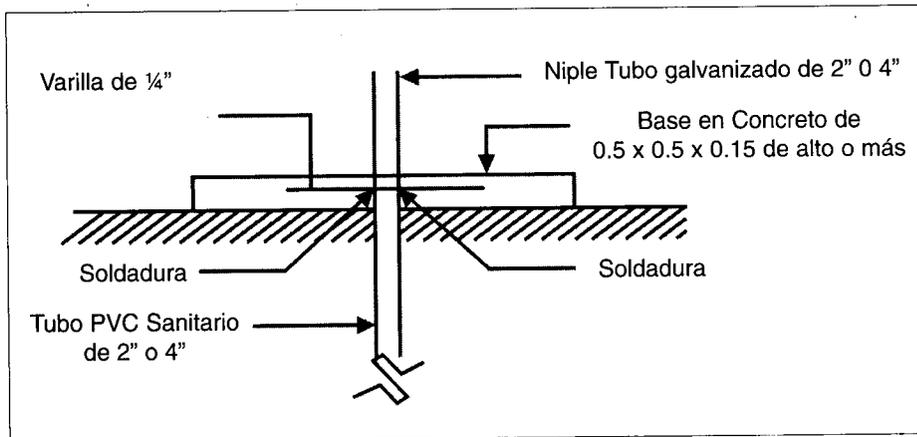


FIGURA 23. Soporte y base tipo Bolivia.

4.7.2 Instalación de la base tipo Perú

Para instalar la base tipo Perú se realizan los siguientes pasos:

- Se corta el tubo del encamisado, a una altura de 0.3 m respecto al nivel del suelo.
- Se funde una plancha de concreto con dimensiones: 0.4 x 0.4 x 0.2m(de alto o más). La plancha debe tener un cimientado de 0.3m, donde se instalan cuatro pernos para asegurar la plataforma de la bomba de agua.
- Finalmente se protege con piso a su alrededor (Figura 24).

4.8 BOMBA MANUAL DE AGUA

La última parte de la perforación consiste en instalar la bomba de agua, que es el dispositivo que permite la extracción del agua subterránea del acuífero.

Estas bombas de agua pueden suministrar un caudal hasta de 30 litros por minuto, tiene la capacidad de bombear el agua hasta 30 metros de altura y por distancias hasta de 300 metros lineales. Se debe anotar que el caudal de agua producido por el pozo dependerá de las características hidrogeológicas del acuífero.



FIGURA 24. Soporte y base tipo Bolivia

La longitud de la bomba depende de la ubicación del nivel estático y de la profundidad del pozo, teniendo una longitud de 20 a 50 cm menor que la camisa o encamisado del pozo. Una forma sencilla de detectar el nivel estático para este fin, es introduciendo una manguera hasta el fondo del pozo entubado y observar la profundidad de la parte que aparece mojada.

Como se muestra en la Figura 25, la bomba de agua está compuesta de dos partes principales, el cabezal y el conjunto inferior, los cuales serán descritos a continuación.

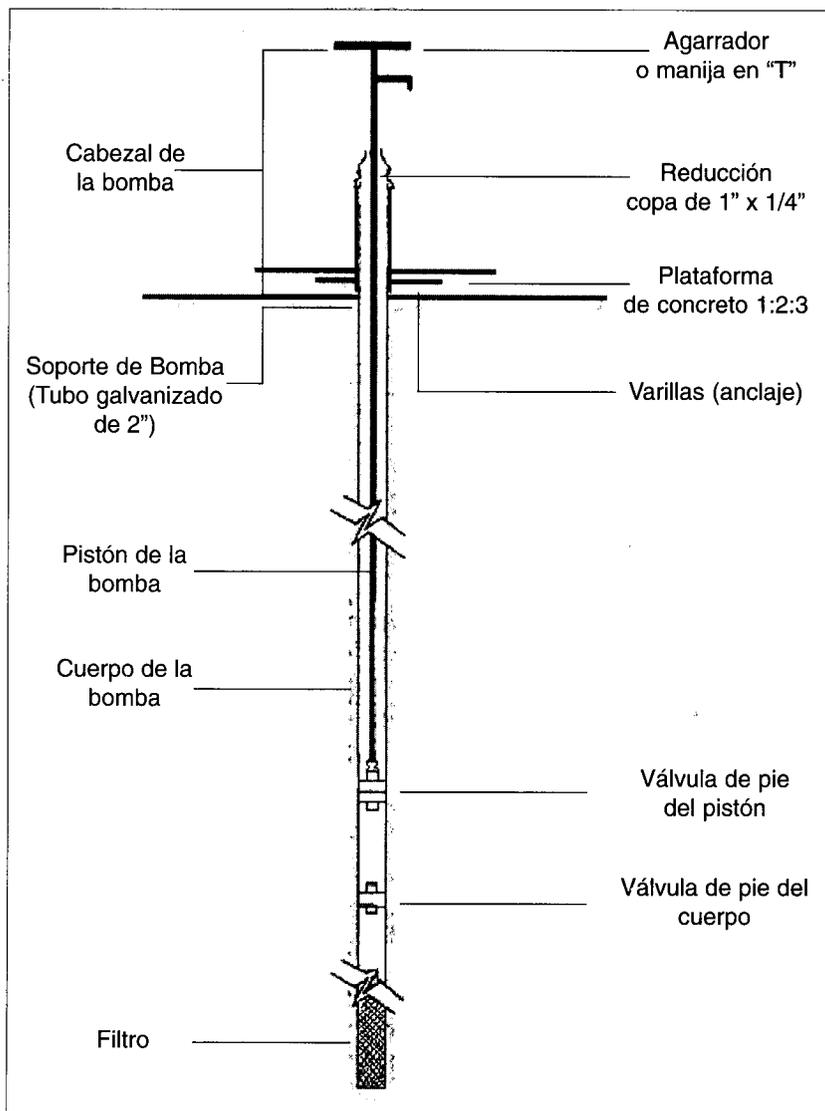


FIGURA 25. Bomba manual de agua

4.8.1 Cabezal

El Cabezal es la parte externa de la bomba, tiene una longitud que puede variar entre 65 y 74 cm y un peso aproximado de 8 Kg. Esta compuesto por la manija en T, la descarga, y el cilindro o cuerpo, los cuales serán descritos a continuación:

- La manija en T es el agarrador externo, tiene una longitud de 42 a 44 centímetros y un diámetro de $\frac{3}{4}$ ", para bombear el agua el operador debe sujetar esta manija y realizar movimientos ascendentes y descendentes.
- La descarga es el orificio de salida del agua, se localiza en la parte inferior de la manija en T, tiene una longitud de 18 centímetros y un diámetro de $\frac{1}{2}$ ".
- El cilindro o cuerpo es un tubo de 45 centímetros de longitud con diámetro de $\frac{1}{2}$ ", tiene una rosca de 22 milímetros en el extremo superior donde se conecta con la descarga y de 45 milímetros en el inferior.

Existen 2 modelos de cabezal, el tipo Bolivia y el tipo Perú. Estos dos tipos de bomba fueron usadas en la Guajira mediante el convenio OPS-SENA, encontrando que los cabezales tipo Bolivia son más económicos y sellan mejor el pozo (unión del cabezal con la base de concreto) impidiendo el acceso de contaminantes del exterior.

En las Figura 26, 27 son mostrados los modelos de cabezal tipo Bolivia y Perú y en las Tabla 8 y 9 son descritas todas las partes que los conforman, con sus respectivas especificaciones técnicas.

En el ANEXO 3, son presentados los planos del cabezal de la bomba de agua tipo Perú, con las especificaciones técnicas de los materiales usados en su construcción.

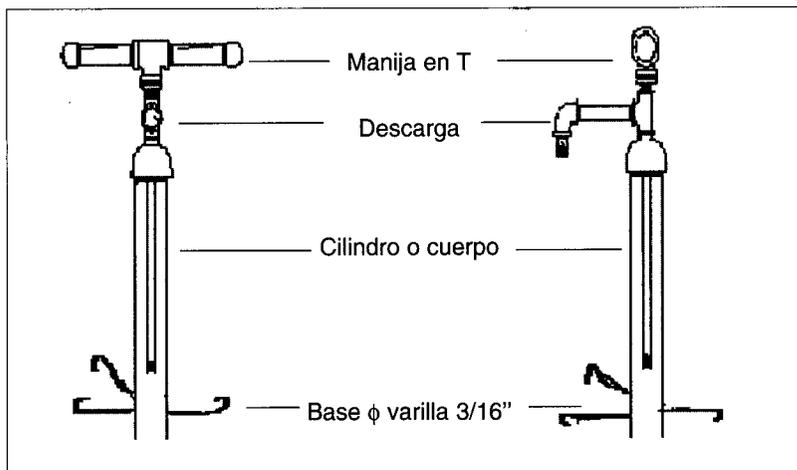


FIGURA 26. Cabezal de la bomba de agua tipo Bolivia

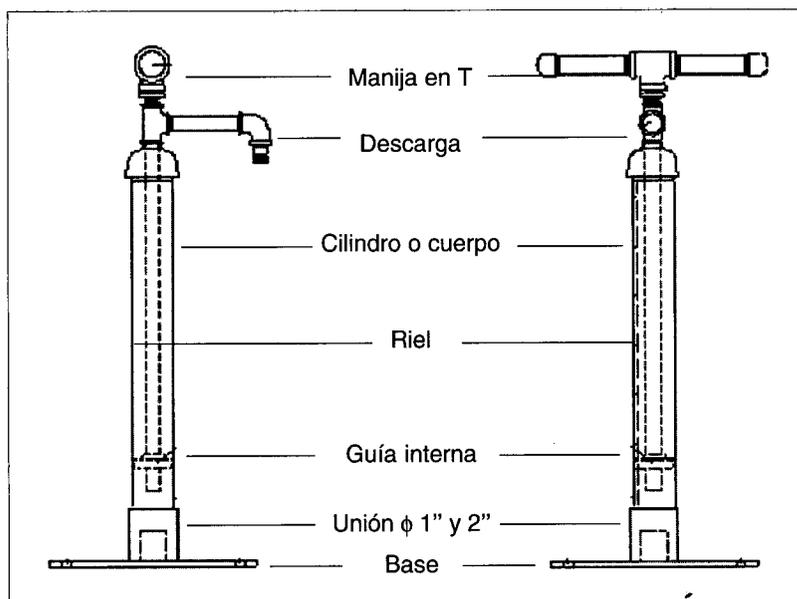


FIGURA 27. Cabezal de la bomba de agua tipo Perú

ELEMENTOS	MATERIAL	DIMENSIONES	CANTIDAD	DETALLES
MANIJA EN T				
Niple	Galvanizado	ϕ 3/4" x 180 mm	2	
Tee	Galvanizado	ϕ 3/4"	1	
Bushing	Galvanizado	3/4" a 1/2"	1	
Niple	Galvanizado	ϕ 1/2" x 30 mm	1	Hilo corrido
Codo	Plástico	ϕ 3/4"	2	
DESCARGA				
Niple	Galvanizado	ϕ 1/2" x 50 mm	1	Niple
Codo	Galvanizado	ϕ 1/2"	1	Codo
Niple	Galvanizado	ϕ 1/2" x 180 mm	1	Niple
Tee	Galvanizado	ϕ 1/2"	1	Tee
CUERPO O CILINDRO				
Tubo	Galvanizado	ϕ 1/2" x 450 mm	1	Rosca de 45 mm extremo e inferior 22 mm en la superior
BASE				
Varilla	Hierro	ϕ " 3/16"	1	Soldadas Para fundir la base

TABLA 8. Materiales para la construcción del cabezal de la bomba de agua tipo Bolivia

4.8.2 Conjunto inferior de la bomba

Las bombas de agua tipo Bolivia o Perú son construidos con politubos flexibles, materiales que no se consiguen en el mercado colombiano, por lo cual el SENA Guajira adaptó un modelo de bomba con materiales nacionales que en general son rígidos.

El conjunto inferior de la bomba es la parte que se encuentre en el interior del pozo. Esta conformado por el cilindro o cuerpo, el embolo o pistón, la válvula de pie del pistón, la válvula de pie del cilindro y el filtro (Figura 28, 29; Tabla 10).

A continuación serán descritas cada una de las partes de la bomba de agua:

- El cilindro o cuerpo es un tubo de PVC de 1" de diámetro o mayor, que contiene al pistón. En su parte superior está conectado a un adaptador macho de PVC de 1" y a un buje reducción galvanizado de 1" a 3/4" o mayor.
- Pistón es un tubo PVC de 1/2" de diámetro y va unido al cabezal de la bomba mediante una unión de 1/2".
- Válvula PVC de pie de pistón se ubica en la parte inferior del pistón y va dentro del cuerpo o cilindro. Su movimiento permite el paso del agua del cuerpo o cilindro al pistón. Está conformada por un buje reducción para asegurar la varilla pasador de PVC, un niple de PVC de 1/2", una unión rosca PVC de 1/2", una empaquetadura de cuero o sellos y una unión PVC de 1/2", cortada (Figura 30).
- Válvula del cuerpo o cilindro se localiza en el cuerpo o cilindro de la bomba, por debajo de la válvula PVC de pie de pistón. Está fija y permite el paso del agua del pozo al cuerpo o cilindro en un solo sentido (Figura 31).

ELEMENTOS	MATERIAL	DIMENSIONES	CANTIDAD	DETALLES
MANIJA EN T				
Niple	Galvanizado	ϕ 3/4" x 180 mm	2	
Tee	Galvanizado	ϕ 3/4"	1	
Bushing	Galvanizado	3/4" a 1/2"	1	
Niple	Galvanizado	ϕ 1/2" x 30 mm	1	Hilo corrido
Codo	Plástico	ϕ 3/4"	2	
DESCARGA				
Niple	Galvanizado	ϕ 1/2" x 50 mm	1	Niple
Codo	Galvanizado	ϕ 1/2"	1	Codo
Niple	Galvanizado	ϕ 1/2" x 180 mm	1	Niple
Tee	Galvanizado	ϕ 1/2"	1	Tee
COLUMNA				
Tubo	Galvanizado	ϕ 1/2" x 450 mm	1	Rosca de 45 mm extremo e inferior 22 mm en la superior
GUÍA INTERNA				
Contratuercas	Bronce	ϕ = 1/2"	1	
Disco	PVC	ϕ interna 18 mm ϕ externa 52 mm Espesor: 6 mm	1	Rosca en el agujero interno para tubo ϕ = 1/2". Muesca ϕ = 3/8" en el borde externo.
Tornillo	Hierro Galvanizado	ϕ = 1/16"	2	
CONECTOR				
Unión corrida	Galvanizado	ϕ 1/2"	1	Agujero ϕ 1/16" a 10 mm del borde superior para colocar un prisionero conjuntamente con la columna
SOPORTE				
Tapón hembra	Galvanizado	ϕ 2"	1	Un agujero centrado de diámetro 25 mm
Tapón macho con rosca	PVC	ϕ 3/4"	1	Un agujero centrado de diámetro 21,5 mm
Unión con rosca	PVC	ϕ 3/4"	1	
CILINDRO O CUERPO				
Niple	Galvanizado	ϕ 2" x 550 mm	1	Rosca exterior de 22 mm en ambos extremos.
BASE				
Plancha	Hierro	250 x 250 x 7 mm	1	Un agujero en el centro ϕ 40 mm. Cuatro agujeros ϕ 12,7 mm a 25 mm en los vértices de la plancha
Pernos	Hierro	ϕ 12,7 mm (5/8) x 40 mm	4	Soldados a la base
Unión	Galvanizado	ϕ 2"	1	Soldado a la base
Unión	Galvanizado	ϕ 1"	1	Soldado a la base

TABLA 9. Materiales para la construcción del cabezal de la bomba de agua tipo Perú

ELEMENTOS	MATERIAL	DIMENSIONES	CANTIDAD	DETALLES
CUERPO O CILINDRO (tubería de soporte)				
Adaptador Macho	PVC	φ 1"	1	
Unión copa	Galvanizado	φ 1" a 3/4"	1	
Tubo	PVC	φ 1" x 60 mm.	Según profundidad del pozo	
Unión	PVC	φ 1"	Según cantidad de tubos de 1" del cuerpo	
VÁLVULA DE PIE DEL CUERPO O CILINDRO				
Adaptador Macho	PVC	φ 1"	1	
Adaptador hembra	PVC	φ 1"	1	
Niple	PVC	φ 1" x 100 mm.	1	Cuerpo de la válvula
Varilla	PVC	φ 10 mm x 80 mm.	1	Se obtiene de tubería PVC
Bola	Vidrio	φ 25 mm	1	Boliche, canica
Tubo	PVC	φ 3/4" x 350 mm.	1	Asiento para el boliche
Adaptador Macho	PVC	φ 1"	1	
FILTRO				
Unión rosca	PVC	φ 1"	1	
Tubo	PVC	φ 1" x 300 mm.	1	El cuerpo del tubo lleva 40 agujeros de 1/4".
Tapón sin rosca	PVC	φ 1"	1	
Tela (poliéster)	Geotextil Polipropileno	240 x 140 mm x 2,0 -2,5 mm	1	Permeabilidad: 0,40-0,60 cm/s. Permitividad: 2,10-2,28 s ⁻¹ Tamaño aparente de abertura: - Malla (U. S.): 100 - 70 - En milímetros: 0,15 - 0,20
Sujetadores	Plástico	150 mm.	1	Atadores para tela.
PISTÓN (tubería de impulsión)				
Unión hembra	PVC	φ 1/2"	1	Rosca interna
Tubo	PVC	φ 1/2"	Según profundidad del pozo	
Unión simple	PVC	φ 1/2"	Según cantidad de tubos de φ 1/2" del pistón	
VÁLVULA DE PIE DEL PISTÓN				
Adaptador Macho	PVC	φ 1/2"	1	
Adaptador hembra	PVC	φ 1/2"	1	
Niple	PVC	φ 1/2" x 39 mm.	1	Cuerpo de la válvula
Varilla	PVC	φ 9 mm x 27 mm	1	Se obtiene de tubería PVC
Arandela	PVC	Espesor: 5 mm.	2	1ra. Y 2da. empaquetadura
Empaquetadura	Cuero	Espesor: 3 mm.	2	Diámetro Ext. 1" Aprox.
Arandela	PVC	Espesor: 3 mm.	1	Separa las empaquetaduras
Bola	Vidrio	φ 16 mm	1	Canica
Niple	PVC	φ 1/2" x 100 mm.	1	Cuerpo de la válvula
Adaptador macho	PVC	φ 1/2"	1	Con asiento para canica

TABLA 10. Materiales para la construcción del conjunto inferior de la bomba de agua

- El filtro está ubicado en el extremo inferior de la bomba, se une a la válvula del cuerpo por un buje de reducción PVC de 1" a 3/4". Tiene una longitud de 25 centímetros y un diámetro de 3/4". Este filtro es agujereado manualmente con broca. En el modelo peruano posteriormente este filtro es recubierto por tela poliéster (Figura 32).

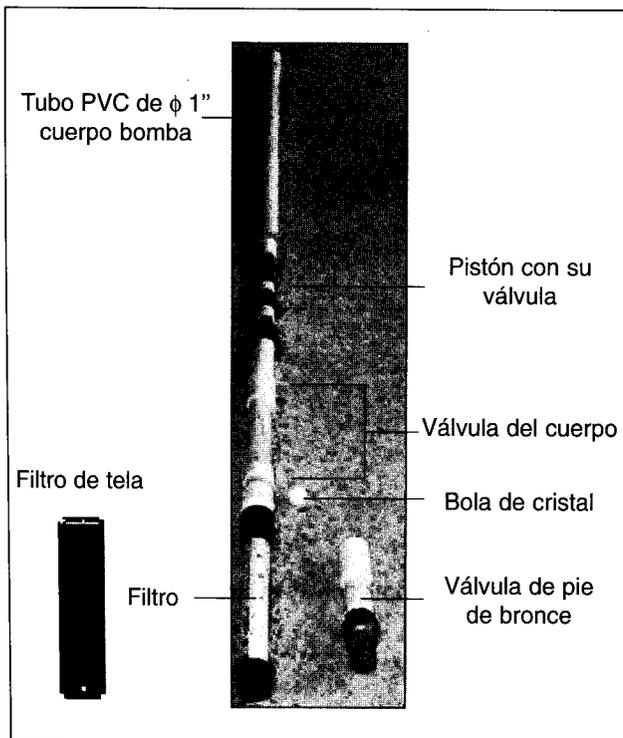


FIGURA 28. Conjunto inferior de la bomba de agua

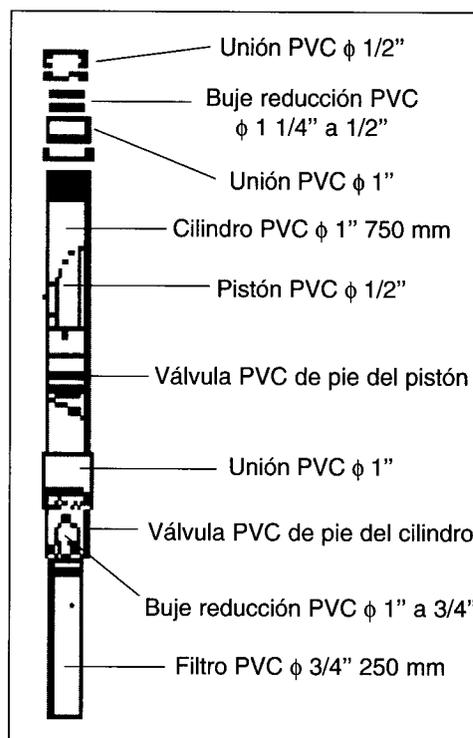


FIGURA 29. Válvulas de pie de pistón y pie de cilindro

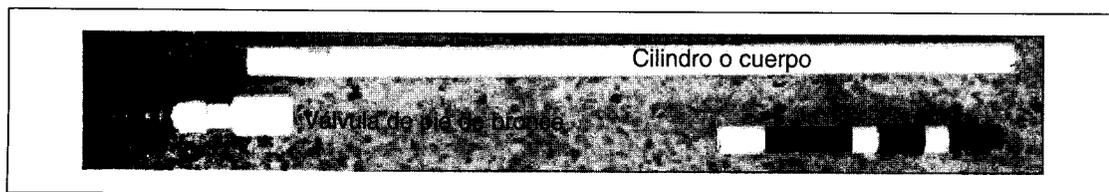


FIGURA 30. Válvula de pie de pistón

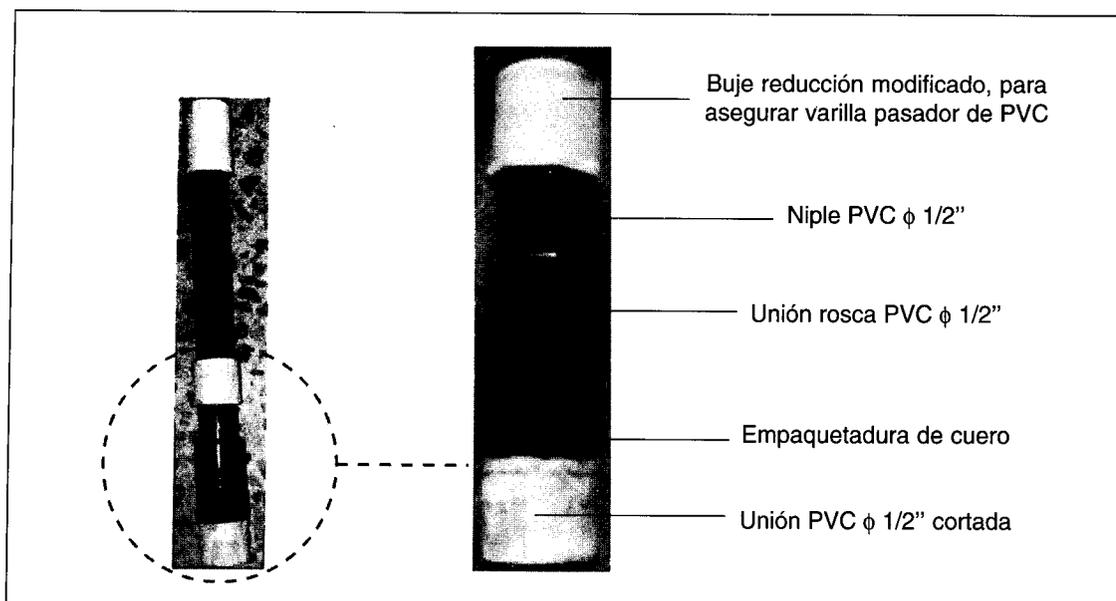


FIGURA 31. Válvula de pie de cilindro



FIGURA 32. Filtro de la bomba de agua

4.8.3 Montaje de la bomba de agua

A seguir será el montaje de los dos modelos de bomba, el Boliviano y el Peruano.

4.8.3.1. Modelo Boliviano

El montaje se realiza en el interior del pozo, de acuerdo a los siguientes pasos:

- Inicialmente se une la válvula de pie de pistón al pistón y la válvula de pie de cilindro al cilindro.
- Se introduce el cilindro o cuerpo (tubo de 1") dentro del pozo, adicionando y uniendo los tubos hasta alcanzar la profundidad deseada que debe ser 20 a 50 centímetro menor que la longitud del pozo.
- Se corta el tubo sobrante y se pega un adaptador macho de 1", asegurándolo, con una unión galvanizada de 1" a $\frac{3}{4}$ ", a la base del pozo en el niple de dos pulgadas.
- Posteriormente se introduce dentro del cilindro el pistón (tubo de $\frac{1}{2}$ ") uniendo los tubos necesarios hasta alcanzar la profundidad deseada (30 o 40 centímetros menor que la profundidad del cilindro).
- Se corta el tubo (de $\frac{1}{2}$ ") sobrante y se instala la manija o agarrador en T (cabezal).

4.8.3.2 Modelo Peruano

El armado de este modelo de bomba es externo al pozo y se realiza de la siguiente forma:

- Inicialmente se unen los tubos del cilindro (de 1") y separadamente los tubos del pistón (de $\frac{1}{2}$ "), hasta alcanzar la profundidad requerida para la bomba.
- Se introduce la tubería seca previamente pegada al pistón o embolo y su válvula (de $\frac{1}{2}$ ") dentro del cilindro o cuerpo (tubería de 1").
- Se suelda la válvula de pie de cilindro sobre el tubo de 1".
- Los tubos se introducen en el pozo.
- El otro extremo del tubo de 1" (superficial) se une al adaptador macho de 1" que está enroscado en la plancha metálica (cabezal de la bomba).
- El otro extremo del pistón o embolo (tubo de $\frac{1}{2}$ ") se une a la manija o agarrador en T del cabezal con una unión PVC o galvanizada de $\frac{1}{2}$ ".

CAPÍTULO 5

PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS

5.1 PERÍMETRO DE PROTECCIÓN DE POZOS (PPP)

Una de las formas más antiguas de proteger las aguas subterráneas de la contaminación indeseada, es la restricción de ciertas actividades y del uso del terreno en la zona que circunda una fuente de captación de estos recursos hídricos. (Hirata y Rebouças, 1999).

Estas zonas buscan en verdad proteger el área que alimenta directamente al pozo, o sea su "Zona de Captura", que es función tanto de las condiciones hidrogeológicas del acuífero, como de los caudales bombeados por los pozos.

Existen muchas metodologías para el trazado de los perímetros de protección de pozos, que van desde restricciones en áreas de radios fijos trazados de forma arbitraria hasta la utilización de complejos modelos matemáticos o numéricos.

En este caso particular, se considera que en cuanto no se dispongan de datos hidrogeológicos suficientes para optar por un método más acertado para el trazado de los PPP, podría utilizarse el método de los radios fijos arbitrarios.

En este método se restringen actividades en 3 zonas, una inmediata, o sea, la más cercana al pozo, una próxima y una lejana, de la siguiente forma:

5.1.1 Zona Inmediata

Corresponde a una zona con un radio no menor a 30m a partir del pozo, en la cual no se debe permitir ninguna actividad que no esté relacionada con la operación del mismo. Esta es la zona de máxima protección.

5.1.2 Zona Próxima

Esta zona tiene como objetivo proteger al acuífero de cualquier contaminación microbiológica. Su trazado esta basado en distancias equivalentes a un tiempo de tránsito horizontal entre el radio externo de la zona y el pozo, que varía entre 10 y 400 días, sin embargo, según investigaciones realizadas en áreas con comprobada contaminación por patógenos, es aceptable un tiempo de tránsito de 50 días (CEPIS, 1992). Según MINDESARROLLO-SENA, 1999, esta zona puede tener un radio que varía generalmente entre 50 y 300 m, dependiendo de las condiciones hidrogeológicas, del espesor de la zona no saturada y del caudal de bombeo del pozo. Pueden admitir en la zona actividades controladas y el paso de vehículos y personas debe ser restringido.

5.1.3 Zona Lejana

Esta zona tiene como objetivo ejercer un control diferencial de las fuentes puntuales y difusas de contaminación. No existen criterios claros para su definición debido a la existencia de diferentes tipos de contaminantes (degradantes y persistentes). Según el CEPIS-OPS-OMS, 1992 una opción de trazado sería una distancia equivalente a un tiempo de tránsito una orden de magnitud superior al utilizado para la zona intermedia. Según MINDESARROLLO-SENA, 1999, esta zona suele tener un radio de varios centenares de metros, hasta más de 1km.

Una lista detallada de todas las actividades que deben ser restringidas en cada una de estas zonas de protección, incluyendo la zona de recarga es presentada en la Tabla 11 (Tomada de Hirata y Reboucas, 1999).

De modo general se aconseja tener las siguientes precauciones:

- Cercar alrededor del pozo, en la zona Inmediata
- Evitar disponer basuras y contaminantes en el sitio del pozo.
- Evitar las aguas estancadas y el encharcamiento en el lugar del pozo.
- Construir un canal de desagüe cerca al pozo, para que el agua circule y no se estanque.
- No permitir el aseo personal o el lavado de utensilios, ropa, ni animales, en las cercanías del pozo.
- Realice limpieza y retire la basura de los alrededores del pozo.
- EL AGUA ES VIDA. EVITE SU CONTAMINACIÓN. NO LA DESPERDICIE, RACIONELA.

5.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL POZO

Periódicamente es necesario hacer un mantenimiento preventivo del pozo y de la bomba de agua, se aconseja realizarlo cada seis meses o cuando se observe disminución en el caudal del agua del pozo.

5.2.1 Mantenimiento del pozo

Para realizar el mantenimiento preventivo del pozo se debe:

- Tapar el orificio de salida del agua del cabezal del pozo.
- Bombear varias veces en posición de cada punto cardinal, norte-sur y este-oeste, hasta que brote agua entre las uniones del cuerpo y el embolo (Figura 33 a).

ACTIVIDAD POTENCIALMENTE CONTAMINANTE	ZONA I	ZONA II	ZONA III	ZONA IV
Saneamiento In Situ				
Unifamiliar	N	N	A	A
Edificio	N	N	PA	A
Estación gasolinera	N	N	PN	PA
Aeropuertos	N	N	PN	PA
Disposición de Residuos sólidos				
Doméstico municipal	N	N	N	PN
Materiales construcción	N	N	PA	PA
Residuos peligrosos	N	N	N	N
Industrias Clase I	N	N	N	PN
Industrias Clase II y III	N	N	N	N
Cementerios	N	N	PN	A
Incinerador de residuos sólidos	N	N	N	PN
Minería				
Materiales de construcción	N	N	PN	PA
Otros incluyendo petróleo y gas	N	N	N	N
Líneas de combustible	N	N	N	PN
Industrias				
Clase I	N	N	PN	PA
Clase II y III	N	N	N	N
Instalaciones militares	N	N	N	N
Laguna de efluentes				
Municipal/agua de enfriamiento	N	N	PA	A
Industrial			N	N
Drenaje/Infiltración/Accidentes				
Aguas lluvias (techos de las casas)	PA	A	A	A
Carreteras principales	N	N	N	PN
Carreteras secundarias	N	PN	PA	PA
Áreas de recreación	N	PA	PA	A
Parqueos	N	N	PN	PA
Áreas industriales	N	N	N	PN
Ferrocarriles y aeropuertos	N	N	N	PN
Infiltración de efluentes en el suelo				
Industrias alimenticia	N	N	PN	PA
Otras industrias	N	N	N	N
Efluentes de desagüe	N	N	N	PN
Lodo de desagüe	N	N	PN	PA
Escurrimiento de corrales	N	N	PN	A
Cría intensiva de ganado				
Efluentes en lagunas	N	N	PN	PN
Desagüe de corrales	N	N	PA	PA
Actividad agrícola				
Uso de pesticidas	N	N	A	A
Uso no controlado de fertilizantes	N	N	PN	PN
Almacenamiento de pesticidas	N	N	PA	PA

N No aceptable en virtualmente todos los casos

PN Probablemente no aceptable, excepto en algunos casos con estudios detallados y proyectos especiales

PA Probablemente aceptable, sujeto a estudios y proyectos especiales

A Aceptable con proyectos especiales

I Zona inmediata

II Zona Próxima

III Zona Lejana

IV Zona de recarga

TABLA 11. Actividades restringidas en los perímetros de protección de pozos

- Se destapa bruscamente el orificio de salida del agua, y se sigue bombeando por un tiempo adicional (Figuras 33 b, c)
- Este procedimiento se debe realizar regularmente y también cuando se note dificultad para bombear o disminución del caudal.

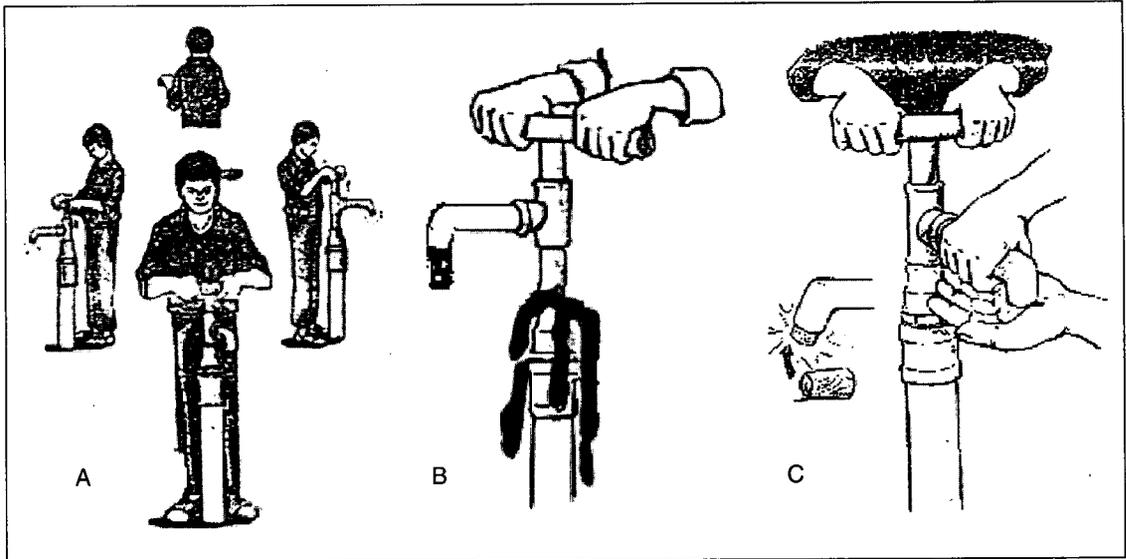


FIGURA 33. Mantenimiento del pozo

5.2.2 Mantenimiento de la bomba de agua

La bomba de agua tiene una vida útil de tres(3) a seis(6) años. Sin embargo, el cuerpo y el pistón se pueden desgastar por su roce mutuo, disminuyendo de esta forma la producción de agua. En este caso se hace necesario la reparación o cambio de las partes dañadas, que puede realizarse de una forma rápida, en un tiempo estimado de una hora.

5.2.2.1 Retirada de la bomba

Inicialmente se debe retirar la bomba del pozo. En el caso de la bomba de tipo Bolivia, primero se extrae el pistón y posteriormente el cuerpo o cilindro y en el caso de la bomba de tipo Perú, se quitan los cuatro tornillos de la plataforma y se retira todo el equipo al mismo tiempo. Posteriormente se realizan las reparaciones necesarias, como se describe a continuación:

5.2.2.2 Desarme de la bomba

En el cabezal de la bomba, se desenrosca la unión galvanizada que asegura el pistón. Nunca se debe desenroscar o aflojar la unión copa que asegura el cuerpo de la bomba en el pozo, esto puede provocar su caída dentro del pozo. (Figura 34A), posteriormente:

- Se desarma la bomba manual, retirando el pistón de la manija en T con mucho cuidado. (Figura 34B)
- Se deben revisar los componentes de la bomba. Se desarmen las partes para realizar el plan de mantenimiento de acuerdo con los daños encontrados en el pistón, cuerpo y las válvulas (Figura 34C). Es importante tener siempre las herramientas y repuestos a mano.
- Posteriormente se tapa el pozo para evitar accidentes, como la caída de objetos dentro del mismo.

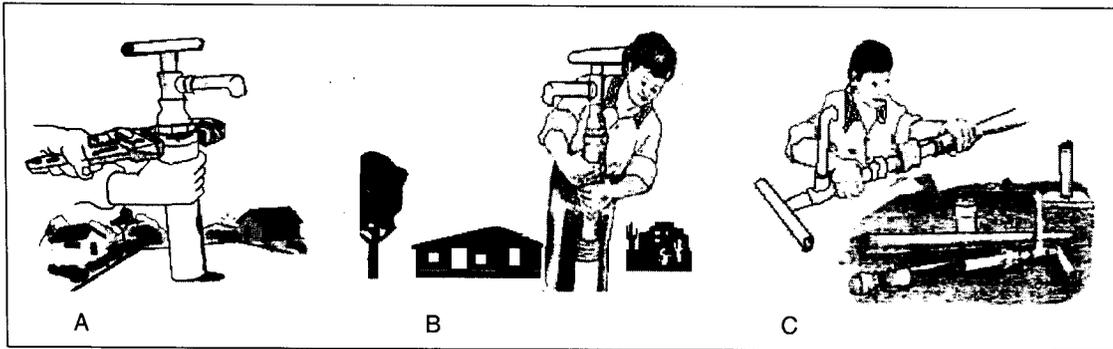


FIGURA 34. Desarme de la bomba

5.2.2.3 Revisión de las partes de la bomba:

- Se debe revisar cuidadosamente el estado de las válvulas (embolo y pistón), y las empaquetaduras. Es importante revisar también el estado de desgaste de las bolas de cristal.
- Revisar el desgaste en los tubos del cuerpo y pistón de la bomba.
- Si es necesario, cambiar las partes de la bomba que estén dañados (Figura 35).



FIGURA 35. Revisión de la bomba

5.2.2.4 Limpieza de las válvulas:

- Se limpia y retira el material extraño del interior de las válvulas (arena, otros objetos).
- Se ajustan las partes de la bomba, válvulas y empaquetaduras en el caso de que se hayan aflojado por uso o deterioro.

5.2.2.5 Cambio de las partes dañadas de la bomba:

- Válvula: 1) Cortar la parte del cuerpo de la bomba, calculando el lugar que abarca la válvula de pie desgastada. Desechar la parte cortada (Figura 36A). 2) Calentar, por transferencia de calor, la parte del cuerpo de la bomba que abarca la válvula nueva (Figura 36B). 3). Inmediatamente, introducir la nueva válvula de pie al cuerpo de la bomba (Figura 36C). 4) Se presiona con la mano todo el contorno que abarca la válvula para que quede bien adherida al cuerpo de la bomba, de tal forma que no tenga movimiento dentro del tubo.

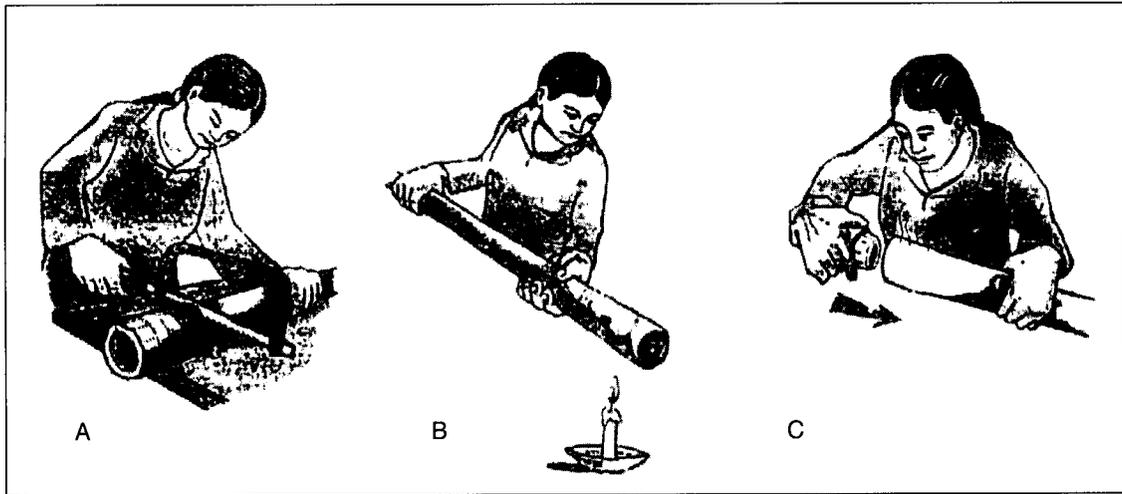


FIGURA 36. Cambio de la válvula de la bomba de agua

- **Empaque de la válvula:** Si el empaque de la válvula está desgastado (Figura 37A), la presión y el caudal del agua baja, uno de los indicativos de que esto sucede es que cuando la bomba se manipula se siente suave, suelta. Para solucionar estos problemas se debe: 1) Conseguir un pedazo de llanta, cuero, u otro material similar al que se retira de la bomba. 2) Cortar un anillo de la goma del material elegido (Figura 37B). 3) Retirar (desenroscando) el empaque de la válvula pistón deteriorado, se utilizan herramientas si está muy apretado (llave stilsón o de tubo). 4) Cambiar la nueva empaquetadura y volver a enroscar la válvula del pistón (Figura 37C).
- **Cuerpo o cilindro y pistón:** Se corta la parte desgastada y se repone con una nueva, pegándose con una unión PVC. Se debe tener cuidado de reponer la misma cantidad cortada (Figura 36).

Nunca utilice lubricante para las partes móviles de la bomba de agua, ya que contaminará el agua. **RECUERDE LOS LUBRICANTES EN ESTE SISTEMA NO SON NECESARIOS.**

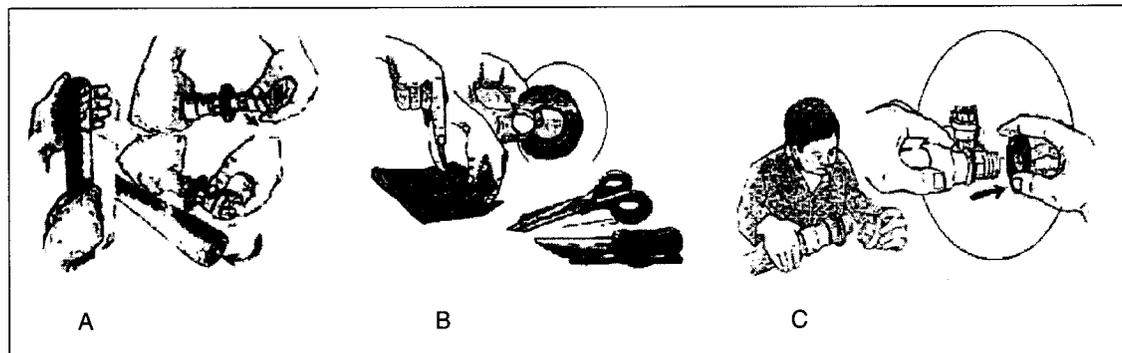


FIGURA 37. Cambio del empaque de la válvula del pistón

5.2.2.6 Armado de la bomba

Terminada las reparaciones se arman todas las partes de la bomba siguiendo el procedimiento inverso. Armado e introducido todo el conjunto de la bomba manual, se aseguran las partes (uniones copa).

5.2.2.7 La bomba Peruana

Se retira completa del pozo, y se procede a desarmarla afuera para el mantenimiento, cambio de partes, armado, montaje y puesta en funcionamiento.

5.3 RECOMENDACIONES SOBRE EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

- Cada vez que se desmonte la bomba de agua se debe realizar el mantenimiento preventivo para la limpieza del sistema.
- El empaque de la válvula del pistón no debe quedar muy duro al accionar el embolo de la bomba, esto lo puede desprender.
- Se debe esperar el tiempo suficiente para que la soldadura de PVC pegue los accesorios, de lo contrario se pueden desprender y ocasionar accidentes o daños internos.

BIBLIOGRAFÍA

- BANCO MUNDIAL, Información y Capacitación en Abastecimiento de Agua y Saneamiento de Bajo Costo.
- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, División de Salud y Ambiente, CEPIS; Unidad de Apoyo Tecnológico para el Saneamiento Básico de Áreas Rurales, UNATSABAR, Organización Panamericana de la Salud, OPS / Organización Mundial de la Salud, OMS. Guía para la perforación manual de pozos de agua. Lima - Perú. 2002
- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, División de Salud y Ambiente, CEPIS; Unidad de Apoyo Tecnológico para el Saneamiento Básico de Áreas Rurales, UNATSABAR Organización Panamericana de la Salud, OPS / Organización Mundial de la Salud, OMS. Guía para la perforación manual de pozos de agua. Lima - Perú. 2002
- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, División de Salud y Ambiente, CEPIS; Unidad de Apoyo Tecnológico para el Saneamiento Básico de Áreas Rurales, UNATSABAR; Organización Panamericana de la Salud, OPS / Organización Mundial de la Salud, OMS. Guía de Montaje de la Torre de Perforación Manual para Pozos de Agua. Lima - Perú. 2002
- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, División de Salud y Ambiente, CEPIS; Unidad de Apoyo Tecnológico para el Saneamiento Básico de Áreas Rurales, UNATSABAR; Organización Panamericana de la Salud, OPS / Organización Mundial de la Salud, OMS. Guía para la Instalación de Bombas Manuales. Lima - Perú. 2002
- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, División de Salud y Ambiente, CEPIS; Unidad de Apoyo Tecnológico para el Saneamiento Básico de Áreas Rurales, UNATSABAR; Organización Panamericana de la Salud, OPS / Organización Mundial de la Salud, OMS. Guía para el Armado del Cabezal de Palanca de Descarga Fija. Lima - Perú. 2002
- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, División de Salud y Ambiente, CEPIS; Organización Panamericana de la Salud, OPS - Organización Mundial de la Salud,

OMS; UK Over Seas Development Administration B.G.S.; Estado Libre y Asociado de Puerto Rico: Estrategia para la Protección de las Aguas Subterráneas: Una Guía para su Implementación.

- CUSTODIO, E. Y LLAMAS, M.R., Hidrología Subterránea, Tomo II, Segunda Edición. Editorial Omega, Barcelona España, 1996.
- Departamento de la Guajira, Resultados del Convenio de Saneamiento Básico Indígena de Perforación Manual de Pozos - Zona Alta Guajira, 2000.
- EMAS, El Proyecto de Agua Potable: Técnica de Perforación EMAS: URL http://www.emas-international.de/spanisch/inhalte1_12.htm
- Guía para la protección de aguas subterránea, EE UU. URL <http://www.epa.gov>
- HIRATA, R. Y REBOUCAS, A. La Protección de los Recursos Hídricos Subterráneos: Una Visión Integrada, Basada en Perímetros de Protección de Pozos y Vulnerabilidad de Acuíferos. Instituto Tecnológico Geominero de España. Boletín Geológico y Minero. Vol. 110-4 Año 1999 (423-436).
- INDERENA, Ministerio de Salud, Ministerio de Obras Públicas, Departamento Nacional de Planeación y Oficina Nacional para la Prevención y Atención de Desastres. Memorando 2, de Agua Potable. Santafé de Bogotá, D.C. 1988.
- Ministerio de Desarrollo Económico, MINDESARROLLO; Servicio Nacional de Aprendizaje, SENA. Operación y Mantenimiento de Pozos Profundos: Curso Básico. Programa de Capacitación y Certificación del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, 1999.
- Organización Panamericana de la Salud OPS, Organización Mundial de la Salud OMS. Sistema manual de perforación de pozos AINY-2000, La Paz-Bolivia
- Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, RAS
- Schlumber Seed, Ciclo del lodo, URL <http://www.slb.com>.
- Schools of Engineering URL <http://www.ecn.purdue.edu>
- TERAN BAZAN LUIS F, Curso básico sobre explotación sostenible de aguas subterráneas, Modulo 1. Perforación Manual de Pozos, Chiclayo - Perú, 2002.
- Universidad de Salamanca: Tipos de Acuíferos. URL web.usal.es/~javisan/hidro/temas/T010.pdf

GLOSARIO

- Abrasión:** Acción o efecto de desgastar por fricción.
- Acople:** Acción de acoplar. Unir entre sí dos piezas, de modo que ajusten exactamente, ensamblar.
- Acuífero:** Terreno donde circula y se almacena agua en cantidades apreciables para su uso.
- Agua:** f. Cuerpo formado por la combinación de un volumen de oxígeno y dos de hidrógeno, en estado líquido entre 0 y 100oC.
- Agarrador:** Palanca en forma de T; manija
- Anclaje:** Acción de anclar, asegurar.
- Barra:** f. Piezas mucho más largas que gruesas; palanca de hierro.
- Bombear:** Sacar o trasegar un líquido por medio de una bomba.
- Camisa:** f. Revestimiento en forma de capa que recubre el interior de una cosa; encamisar un pozo.
- Caudal:** m. Cantidad De agua que mana o corre.
- Cilindro:** Es el dispositivo en donde tiene lugar la impulsión del agua mediante el deslizamiento del pistón.
- Cuerpo:** m. Porción de materia; Geom.. objeto material en que pueden apreciarse las tres dimensiones principales.
- Deambular:** Pasear, vagar, andar.
- Elevación:** Alzar elevar una carga.
- Ensamblar:** tr. Unir, juntar.
- Entubar:** Encamisar; Poner un tubo para proteger el pozo.
- Filtro:** Es el elemento encargado de dejar pasar el agua del acuífero al pozo y reteniendo las partículas que se encuentren en el agua.
- Fluido:** Dícese de los cuerpos cuyas moléculas tienen poca cohesión y toman siempre la forma del recipiente que la contienen.
- Fosa:** f. Excavación, Sepultura
- Fuente:** f. Manantial de agua, que brota de la tierra.
- Fuerza:** f. Vigor, energía.
- Gravedad:** Peso de los cuerpos.
- Guía externa:** Dispositivo que permite centrar la columna de descarga.

- Guía interna: Dispositivo que evita la rotación del mango, así como, centrar la columna de descarga. Va unido a la tubería de impulsión.
- Hídrica: Relativo al agua.
- Hidrológico: m. Parte que trata o estudia los líquidos de la tierra
- Impacto: m. Choque de un proyectil u otra cosa que pega en el blanco.
- Inyección: tr. Acción y efecto de inyectar; fluido inyectado.
- Motriz: adj. f. Motora
- Niple: m. Parte de una cosa, tubo, Varilla etc.
- Percusión: Acción de percutir.
- Perforar: Agujerear.
- Perforación: m. Acción y efecto de perforar, hacer hoyo o cavidad, hueco
- Pistón: El pistón es una pieza de forma cilíndrica, que transmite un impulso al agua al desplazarse verticalmente por el interior del cilindro, transmitiendo una presión que hace posible la apertura y cierre de la válvula del pistón.
- Plomada: f. Poner un plano en la posición horizontal o vertical justa.
- Polea: Rueda de madera o metal, de canto acanalado, móvil sobre su eje, por la que corre una sogá.
- Pulgada: f. Medida de longitud de la unidad de medida métrica inglesa
- Rebose: Acción de rebosar, derramarse un líquido.
- Riel: Dispositivo sobre el cual se desliza la guía externa.
- Rotación: f. Acción y efecto de rodar.
- Tecnología: Ciencia de las artes y los oficios en general.
- Torsión: acción de torcer.
- Tracción: Arrastrar, tirar.
- Tubería de impulsión: Elemento encargado de transmitir el impulso desde el cabezal hacia el pistón de la bomba, además por su interior se conduce el agua desde la válvula de pie del pistón el cabezal.
- Tubería de soporte: Es el elemento encargado de sostener la bomba uniéndola al cabezal. Por su interior se desplaza la tubería de impulsión. Este dispositivo es un tubo de PVC presión de 1" y contiene la válvula de pie del cilindro.
- Válvula: Pieza que sirve para interrumpir la comunicación entre dos órganos de una máquina o entre estos y el medio exterior.
- Válvula del pistón: Es el dispositivo que permiten el paso de agua del cilindro a hacia la tubería de impulsión e impide el regreso de agua desde la tubería de impulsión hacia el cilindro. Va unido al pistón.
- Válvula de pie: Dispositivo encargado de dar paso de líquidos en un solo sentido.
- Wayuu: m. Raza de la etnia descendiente de los Arawak, que habitan en la parte norte de la península de la Guajira - Colombia.