

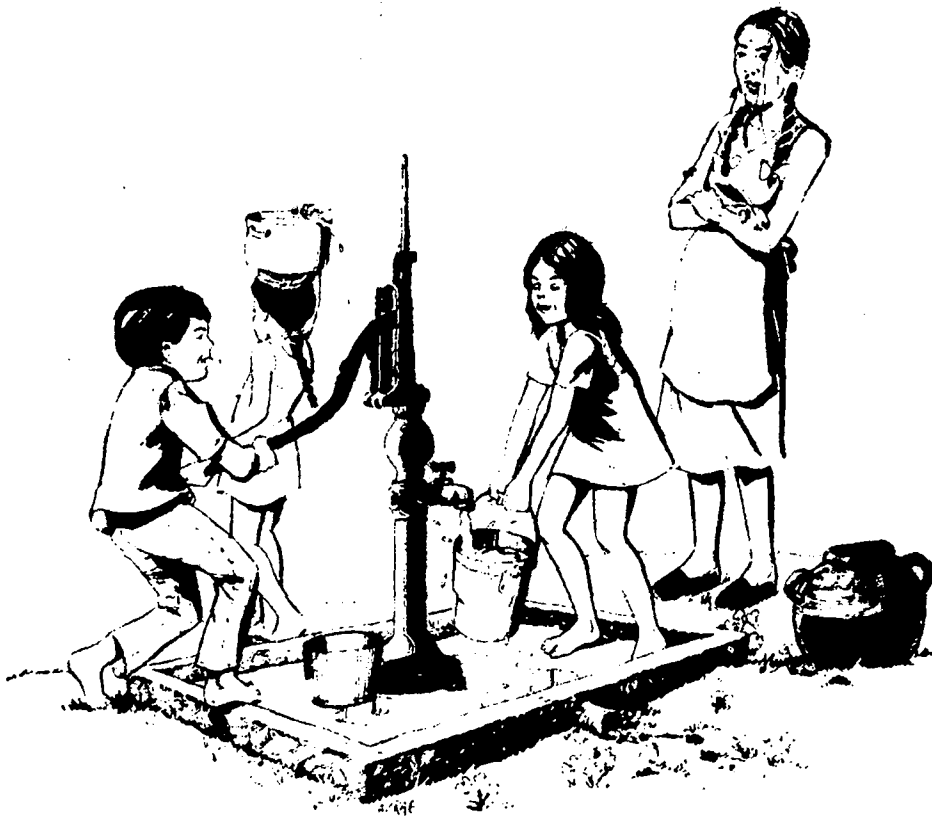
212.0

77MA

ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD
Oficina Sanitaria Panamericana, Oficina Regional de la
ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD



MANUAL DE POZOS RASOS



TEORIA - DISEÑO Y CONSTRUCCION
DE POZOS RASOS

INSTALACION - OPERACION Y MANTENIMIENTO
DE BOMBAS DE MANO Y MOLINOS DE VIENTO

Prepared by
for Community V. Supply

ING. JOSE ANTONIO CHICO ROMERO
NOVIEMBRE 1977

212.0 - 77MA -

990
212.0
77MA

MANUAL

DE

POZOS RASOS

--

Teoría-Diseño y Construcción
De Pozos Rasos

--

Instalación-Operación y Mantenimiento
De Bombas de Mano y Molinos de Viento

--

Por

Ing. José Antonio Chico Romero

International Reference Centre
for Community Water Supply

MANUAL
DE
POZOS RASOS

INDICE

CONTENIDO	Página
PRESENTACION	vii

CAPITULO I.	DESARROLLO DEL CONCEPTO E INVESTIGACION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS.....	1-23
1.	CONCEPCION ANTIGUA.....	1-3
1.1	Orígenes del Agua Subterránea.....	1
1.2	Localización de las Aguas Subterráneas.....	2-3
2.	CONCEPCION MODERNA.....	3-22
2.1	Propulsores de la Concepción Moderna.....	3-6
2.2	Ciclo Hidrológico.....	6-10
2.3	Comportamiento de las Aguas Subterráneas....	10-12
2.4	Hidráulica de los Pozos.....	12-19
2.5	Procedimientos Modernos de Investigación sobre las Aguas Subterráneas.....	19-22
3.	RECURSOS HIDRICOS DEL MUNDO Y DE CENTRO AMERICA....	22-23
3.1	Del Mundo.....	22-23
3.2	De Centro América.....	23
CAPITULO II	CONSTRUCCION DE POZOS.....	24-85
1.	INFORMACION GENERAL.....	24-28
1.1	Antecedentes Históricos.....	24-27
1.2	Tipo de Pozos para Agua.....	27-28
2.	POZOS EXCAVADOS.....	28-42

	Página
2.1 Descripción.....	28-30
2.2. Construcción.....	30
2.2.1 Importancia de las Características del <u>Sue</u> <u>lo</u> , para la Construcción.....	31-32
2.2.2 Avance de la Excavación en la Zona Freáti- ca.....	32
2.2.3 Revestimiento.....	32-38
2.2.4 Acabado de la parte Superior de un Pozo <u>Ex</u> <u>cavado</u>	38-41
2.2.5 Mejoramiento o Reconstrucción de un Pozo Excavado.....	41-42
2.2.6 Equipo Mínimo Requerido en la Construcción de un Pozo Excavado.....	42
3. POZOS TALADRADOS.....	43-51
3.1 Descripción.....	43
3.2 Construcción.....	43-51
3.2.1 Importancia de las Características del <u>Sue</u> <u>lo</u> , para la Construcción.....	47
3.2.2 Avance de la Excavación en la Zona Freáti- ca.....	47-48
3.2.3 Revestimiento.....	48
3.2.4 Acabado en la Parte Superior de un Pozo <u>Ta</u> <u>ladrado</u>	48-50
3.2.5 Equipo Mínimo Requerido en la Construcción de un Pozo Taladrado.....	51
4. POZOS DE CHORRO.....	51-55
4.1 Descripción.....	51-53
4.2 Construcción.....	53
4.2.1 Importancia de las Características de <u>Sue</u> <u>lo</u> , para la construcción.....	54
4.2.2 Revestimiento.....	54
4.2.3 Acabado de la Parte Superior de un Pozo de Chorro.....	54-55

	Página
4.2.4 Equipo Mínimo Requerido en la Construcción de un Pozo de Chorro.....	55
5. POZO HINCADO.....	55-69
5.1 Descripción.....	55-58
5.2 Construcción.....	58-66
5.2.1 Importancia de las Características del Suelo, para la Construcción.....	63-64
5.2.2 Revestimiento.....	64
5.2.3 Acabado de la Parte Superior de un Pozo Hincado.....	64
5.2.4 Equipo Mínimo Requerido en la Construcción de un Pozo Hincado.....	64-66
5.3 Punteras.....	66-69
5.4 Pozos Hincados Múltiples.....	69
6. PROCEDIMIENTOS MÚLTIPLES EN LA CONSTRUCCIÓN DE UN POZO RASO.....	69-72
7. POZO PERFORADO.....	72-79
7.1 Descripción.....	72-74
7.1.1 Perforados a Chorro.....	72-73
7.1.2 Perforados a Percusión.....	73-74
7.1.3 Perforados por Rotación.....	74
7.2 Revestimiento.....	74-75
7.3 Acabado de la Parte Superior de un Pozo Perforado.....	75-77
7.4 Equipo Mínimo Requerido en la Construcción de un Pozo Perforado.....	77-79
7.4.1 Perforados a Chorro.....	77
7.4.2 Perforados por Percusión.....	77-78
7.4.3 Perforados por Rotación.....	78-79

	Página
8. PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION SEGUN CARACTERISTICAS DEL POZO Y DEL SUELO.....	80
9. UBICACION DE LOS POZOS.....	81-83
10. DESINFECCION.....	83-85
10.1 Definición.....	83
10.2 Sustancia Empleada.....	84
10.3 Dosificación.....	84-85
CAPITULO III SISTEMAS SIMPLES DE BOMBEO.....	86-104
1. ACLARACION PREVIA.....	86
2. PRESION ATMOSFERICA.....	86-92
2.1 Concepto.....	86-88
2.2 Antecedentes Históricos.....	88-89
2.3 Aplicación de los efectos de la presión atmosférica en las bombas manuales.....	89-92
3. BOMBAS.....	92-99
3.1 Clasificación.....	92
3.2 Bombas de Desplazamiento Alternativo.....	92-96
3.3 Especificaciones para los pedidos.....	96-97
3.4 Accesorios de Bombas Manuales.....	97-99
3.4.1 Cilindro.....	97-99
3.4.2 Emboło.....	99
3.4.3 Válvulas "Check" o de retención.....	99
3.4.4 Válvulas de "Pie".....	99
4. MOLINOS DE VIENTO.....	99-104
4.1 Características.....	99-101
4.2 Funcionamiento.....	101-103
4.3 Especificaciones para los Pedidos.....	103-104
CAPITULO IV INSTALACION, OPERACION Y MANTENIMIENTO DE LAS BOMBAS DE MANO Y DE LOS MOLINOS DE VIENTO.....	105-119

	Página
1. INSTALACION.....	105-115
1.1 Importancia.....	105
1.2 Técnicas para Trabajos de Tipo General....	105-111
1.2.1 Uso de Llaves.....	105-107
1.2.2 Medición para Corte de Tubos Galvanizados.	107-108
1.2.3 Corte de Tubos.....	108
1.2.4 Roscado de Tubo.....	108-111
1.2.5 Cómo Hacer Empalme.....	111
1.3 Instalación de Bombas Tipo "Pitcher" o "Jarra".....	111-113
1.4 Instalación de Bombas Tipo "Molino".....	113-115
1.5 Instalación de los Molinos de Viento.....	115
2. OPERACION.....	116-117
2.1 Bombas Tipo "Jarra".....	116
2.2 Bombas Tipo "Molino".....	116-117
2.3 Molinos de Viento.....	117
3. MANTENIMIENTO.....	117-119
CAPITULO V OBRAS COMPLEMENTARIAS.....	120-122
1. TANQUES DE ALMACENAMIENTO.....	120
2. LAVADEROS DE ROPA.....	120
3. ABREVADEROS PARA GANADO.....	120
4. PEQUEÑOS ACUEDUCTOS.....	121.122

CONTENIDO

ANEXOS

		Página
A-1	Pozos Rasos - Planilla de Construcción.....	124
	Instructivo para el llenado de la Forma A-1 "Planilla de Construcción.....	125-126
A-2	Pozos Rasos - Croquis Ubicación.....	127
	Instructivo para el llenado de la Forma A-2 "Croquis Ubicación"	128
A-3	Pozos Rasos - Planilla de Mantenimiento (Uso Nivel Local).....	129
	Instructivo para el llenado de la Forma A-3 "Planilla de Mantenimiento.....	130
A-4	Pozos Rasos - Planilla Control Mantenimiento (Uso Nivel Regional).....	131
	Instructivo para el llenado de la Forma A-4 "Planilla Control Mantenimiento".....	132
A-5	Pozos Rasos - Programa Supervisión (Uso Nivel Regional y Central).....	133
	Instructivo para el llenado de la Forma A-5 "Programa de Supervisión".....	134
A-6	Pozos Rasos - Estadística de Bombas Instaladas (Uso Nivel Regional y Central).....	135
A-7	Pozos Rasos - Población Beneficiada (Uso Nivel Central).....	136
B-1	Tabla de Conversiones.....	137
B-2	Proporciones para Morteros y Concretos Simples.....	138
B-3	Rendimiento Teórico en la Excavación de Pozos Rasos.....	139
B-4	Rendimiento Teórico en el Revestimiento con Ladrillo, de un Pozo Excavado.....	140
C-1	Empedrado Superficial de Pozo Excavado.....	141
C-2	Losa Tapadera de Pozo Excavado.....	142
C-3	Revestimiento de Ladrillo, de un Pozo Excavado.....	143
C-4	Montaje de un Molino de Viento.....	144-151
C-5	Molde Metálico para Losa Tapadera de Pozo.....	152
C-6	Tapadera Metálica.....	153-156
C-7	Trípode Para Hincado.....	157-158

	Página
Referencias Bibliográficas.....	159

PRESENTACION

Dada la circunstancia de que la mayoría, sino todos, los programas de abastecimiento de agua en el sector rural de los países en desarrollo y aún en áreas especiales de los desarrollados, presentan soluciones a base de pozos rasos o poco profundos, se juzga de gran utilidad el disponer de un Manual, lo más completo posible, que comprenda todas las etapas que configuran la explotación de las aguas subterráneas en la forma más simple y económica, como es el caso de los pozos rasos.

La sencillez de los procedimientos y lo tradicional de la solución, posiblemente hayansido causantes de que se disponga de bibliografías parciales al respecto. Esta circunstancia y el deseo personal de impulsar los programas de abasto de agua para los casos que por un motivo u otro no son factibles los acueductos rurales, me han motivado a recopilar informaciones bibliográficas es parcidas y complementarlas con lo que la experiencia me pudo brindar, para pre sentarlas en un solo conjunto.

Consciente de que el Manual puede adolecer de lagunas u otras imperfecciones, confío en su utilidad y en que servirá de estímulo para que otros colegas lo perfeccionen, a fin de brindar una herramienta de trabajo para el personal para-profesional, a quienes va preferentemente dirigido.

CAPITULO I

DESARROLLO DEL CONCEPTO E INVESTIGACION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS

El concepto del origen y la localización de las aguas subterráneas ha variado significativamente en el transcurso del tiempo.

Seguidamente se dará una síntesis de tales cambios, a título de antecedentes.

1. CONCEPCION ANTIGUA

1.1 Orígenes del Agua Subterránea:

En la antigüedad se consideraba al agua como uno de los cuatro elementos de la naturaleza, siendo los restantes, el aire, la tierra y el fuego.

El agua subterránea, por no ser visible a los ojos humanos y por su relativa inaccesibilidad, estuvo rodeada de una aureola de misterio que motivó el nacimiento de concepciones filosóficas para explicar su origen.

Homero, Tales de Mileto y Platón, afirmaban que el agua de los océanos era conducida por canales subterráneos hacia las montañas para su purificación, de donde luego afloraban a la superficie originando así los manantiales.

Por su parte Aristóteles, quien fue acusado de retardar el desarrollo de la hidrología por dos mil años, sostenía que el aire al entrar por las cavernas frías y oscuras de las montañas, se transformaba en agua y rocío, que el agua después se transformaba en aire y éste a su vez, repitiendo el ciclo volvía a convertirse en agua.

Con raras excepciones, que no influyeron en el cambio de las concepciones anteriores, se llega hasta mediados del siglo XVII en que se empieza a vislumbrar una tendencia hacia lo que luego sería la concepción moderna.

1.2 Localización de las aguas subterráneas:

El procedimiento de localización de las aguas subterráneas siguió el mismo carácter de misterio que el de los conceptos que explicaron su origen.

En los tiempos prehistóricos se practicaba el arte oculto para localizar las aguas subterráneas. Esta práctica sin embargo, estaba reservada entonces a altos dignatarios del sacerdocio, algunos astrólogos y contados sabios que procedían con el mayor secreto y cuando lo hacían en público, el pueblo les atribuía un poder sobrenatural.

Los seguidores de estas prácticas sostienen que existen personas de tan elevada sensibilidad que "sienten" la presencia de las corrientes de aguas subterráneas, cuando se auxilian de medios tales como ramas bifurcadas de ciertas plantas, péndulos, plomadas y otros utensilios.

Los descubrimientos sensacionales de manantiales ocultos, cuando la muchedumbre y los ganados sucumbían de sed (Abraham, Moisés, etc), aumentaron el prestigio de los "adivinos", ante aquellos que se beneficiaron de sus "prodigios".

Durante el Imperio Romano, diversos historiadores (Tertuliano, Eliano, Marcelino, etc) describieron los procesos practicados en aquel tiempo, para descubrir la existencia de corrientes de agua subterránea y también de minerales por la "vírgula divina" o "vírgula mercurialis".

La Universidad de París, a mediados del siglo XV, dictaminó que los bruscos movimientos de la varilla ahorquillada en manos de un sujeto sensitivo, debían considerarse provocados por arte diabólica, siendo condenada esta práctica por Lutero a principios del siglo XVI.

A pesar de la condena, la práctica siguió y hasta se aplicó en aspectos bien diferentes a la búsqueda del agua, como el caso del famoso buscador Santiago Aymar Vernay (1692), quien fue requerido por el juzgado de Lyon para la búsqueda del asesino de un matrimonio expendedor de bebidas.

La pasión de la época, por esta práctica, indujo a algunos entendidos de entonces a publicar obras relativas a la "propiedad" de la varilla ahorquillada, procurando una demostración científica del hecho. Así se tiene a Nicolás de Grenoble quien publicó en (1693), su "Arte de descubrir los manantiales subterráneos", al párroco de Vallemont, doctor en Ciencias de La Sorbona, quien publicó por esa misma época una obra sobre la "varilla adivinadora".

Con el transcurso del tiempo, persistió el interés por la justificación científica del procedimiento y así se llega hasta julio de 1933, en que se organizó en Avignon (Francia) un Congreso Internacional sobre Radiestesia, en el que se propuso este nombre al "arte de captar" con nuestras propias sensibilidades las radiaciones de los cuerpos, directamente o con el concurso de instrumentos especiales (varillas, péndulos, etc) ver figura 1.

Por todo lo expuesto no es de sorprenderse, que en nuestros días y en el futuro, aún sigamos encontrándonos con los defensores y aficionados a estas prácticas.

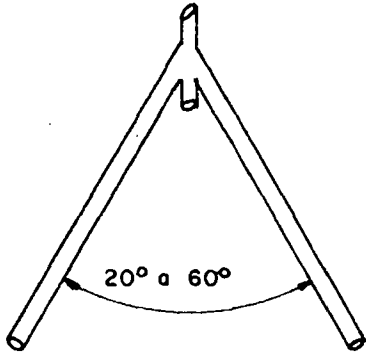
Luego de historiar la práctica de los "adivinos", últimamente denominada Radiestesia y antes de referirnos a los procedimientos modernos, diremos que aún sin aplicar estos últimos, hay ciertos indicios que pueden indicar la presencia del agua subterránea y que son, por ejemplo, que en ciertas zonas, se observe la presencia de determinadas plantas que requieren humedad o donde la vegetación se desarrolla y se mantiene fresca, mientras en sus alrededores se seca y muere en verano; otro indicio, puede ser la persistencia de nieblas y vapores al nivel del suelo, inmediatamente antes del alba y del ocaso. Así otras circunstancias podrían mencionarse.

2. CONCEPCION MODERNA

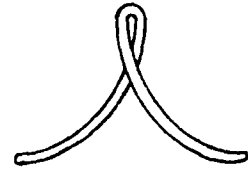
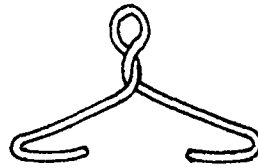
2.1 Propulsores de la Concepción Moderna:

Como se indicó anteriormente, las teorías griegas persistieron hasta mediados del siglo XVII. Dábase además por aceptado que la cantidad de agua

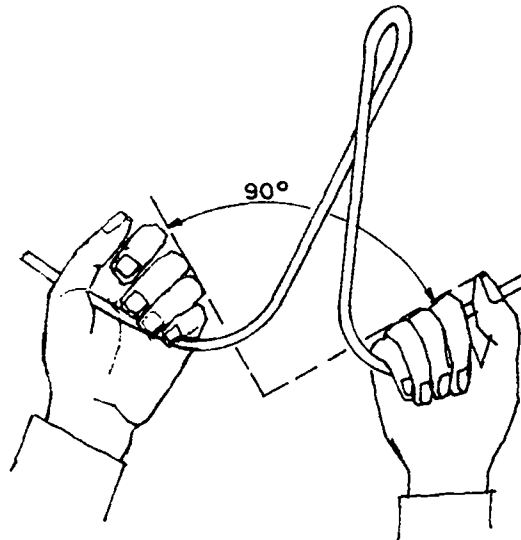
DIFERENTES FORMAS Y NATURALEZAS DE LA VARILLA "ADIVINADORA"



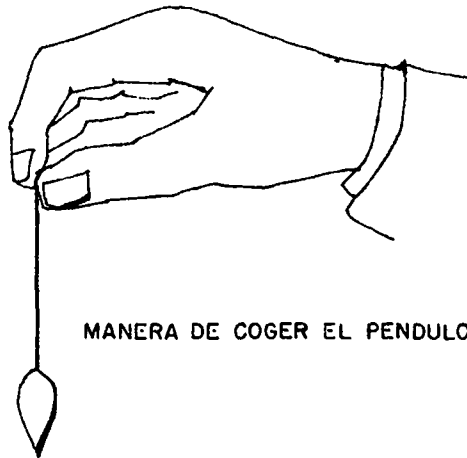
VARILLA AHORQUILLADA



VARILLA DE ALAMBRE



POSICION CORRECTA DE
LA VARILLA METALICA.



MANERA DE COGER EL PENDULO.

FIGURA No. I

proveniente de las lluvias era insuficiente y la tierra demasiado impermeable como para relacionar a éstas con los manantiales. Hubo sin embargo, excepciones, como el arquitecto romano Marco Vitruvius y el alfarero y filósofo francés Bernard Palissy, quienes afirmaban lo contrario, pero sus voces fueron desoídas ante el inmenso prestigio de las teorías de Aristóteles.

Kepler, uno de los más influyentes científicos de su tiempo y posterior a Palissy, afirmaba que la tierra era como un enorme animal que digería el agua salada del mar para transformarla, como producto de su metabolismo, en agua dulce de los manantiales.

Llegada a la segunda mitad del siglo XVII, tres europeos contribuyeron grandemente a la explicación del origen de las aguas subterráneas.

El abogado francés Pierre Perrault, quien durante tres años midió la lluvia caída en la cuenca superior del río Sena, concluyendo que aquella era aproximadamente seis veces la cantidad de agua que llevaba el río; Edmé Mariotte también francés, confirmó los resultados anteriores de Perrault, midiendo los caudales del río Sena, y; Edmund Halley, astrónomo inglés, mediante mediciones de la evaporación, demostró que el agua que en esa forma subía del mar a la atmósfera, era más que suficiente para todos los ríos y manantiales.

Por otra parte, recién en 1781, se demuestra que el agua no era un elemento sino una sustancia compuesta; fue con el experimento de Cavenish, quien se sorprendió al obtener agua quemando hidrógeno en el aire. Lavoisier, poco después, demostró que el agua estaba formada únicamente por hidrógeno y oxígeno.

Henry Darcy publica en 1856 su libro "Les Fontaines Publiques de la Ville de Dijón", que es considerado como el primer estudio científico del movimiento del agua subterránea. Anunció entonces la ley conocida por su nombre, relativa a la descarga de agua subterránea a través de un medio poroso, y de la que trataremos más adelante.

En 1863, Dupuit aplicó la ley de Darcy a la hidráulica de los pozos utilizando condiciones especiales que limitaron la aplicación de su fórmula.

Thiem, en 1906 modificando la fórmula de Dupuit llega a otra, aplicable a problemas más generales.

En 1935, Theis logró uno de los progresos más notables en el conocimiento de la hidráulica subterránea, basándose en la analogía entre el flujo del agua subterránea y el flujo de la corriente eléctrica a través de un conductor sólido.

Estudios posteriores del mismo Theis y los de Wenzel, Greenlee y Muskat amplían aún más los conocimientos modernos sobre las aguas subterráneas.

2.2 Ciclo Hidrológico:

La teoría moderna del origen de las aguas subterráneas y que puede considerarse iniciada con Bernard Palissy, se basa en lo que se llama ciclo hidrológico.

Dada la importancia del concepto del ciclo hidrológico para el estudio de las aguas subterráneas, se pasará a describirlo en la forma más sencilla posible, a fin de ser fácilmente comprendido por las personas a quienes va dirigido preferentemente este manual, como es el personal para-profesional, encargado de los programas de pozos rasos (poco profundos).

Para facilitar, tanto la explicación como la comprensión del ciclo hidrológico, es necesario tener un concepto claro de ciertos fenómenos físicos que se procesan en dicho ciclo y que son:

Evaporación: es el pasaje de un líquido de este estado al de vapor efectuado exclusivamente en la superficie libre del líquido. La superficie de un lago, por ejemplo, permitirá el pasaje del agua del estado líquido al de vapor y ésto se realizará más rápidamente cuanto más fuerte es el sol y haya mayor ventilación.

El agua de la superficie del lago, al evaporarse pasa a la atmósfera.

Condensación: Es el proceso inverso, el agua que se encuentra en la atmósfera en estado de vapor, como consecuencia de un enfriamiento se juntan sus partículas finas en otras cada vez mayores hasta formar gotas o sea, vuelven al estado líquido originando la lluvia. Así las nubes se transforman en lluvia.

Infiltración: Es el pasaje del agua a través de un medio poroso. Si se vierte agua en la arena seca, por ejemplo, se notará que pronto ella se perdió o sea se infiltró en la arena.

Con estas definiciones pasemos a explicar el ciclo hidrológico. La palabra ciclo, viene del griego "Kuklos" que significa círculo. De acuerdo con la teoría moderna, en el proceso de formación de las aguas se verifica una serie sucesiva de fenómenos físicos que llegado a una etapa vuelven a repetirse en el mismo orden, de ahí que el proceso configure un ciclo, el que a su vez por referirse al agua se llama "ciclo hidrológico".

Para el análisis de todo ciclo, se puede partir de un punto o etapa cualquiera, que de todos modos se cubrirán todas las demás etapas siguientes hasta regresar al punto o etapa de partida.

Observemos la figura No. 2 que representa esquemáticamente un corte de la superficie y capa terrestres, así como de la atmósfera.

Iniciemos el análisis del ciclo desde las superficies de las aguas de los océanos, mares, lagos y ríos. La energía solar y los vientos hacen que la parte superficial del líquido pase de este estado al de vapor, es decir, se evapora. El vapor de agua forma las nubes que en algún momento, por efecto de las corrientes de aire, se enfrían, condensándose se transforman en gotas, dando origen a las lluvias.

Las lluvias, al caer, atraviesan el aire de la atmósfera, que por estar calentada por la acción del sol hace que una parte, aunque pequeña, de esa lluvia vuelva a evaporarse antes de llegar al suelo. La parte mayor y restante de la lluvia sigue su caída para tocar la vegetación y finalmente el suelo.

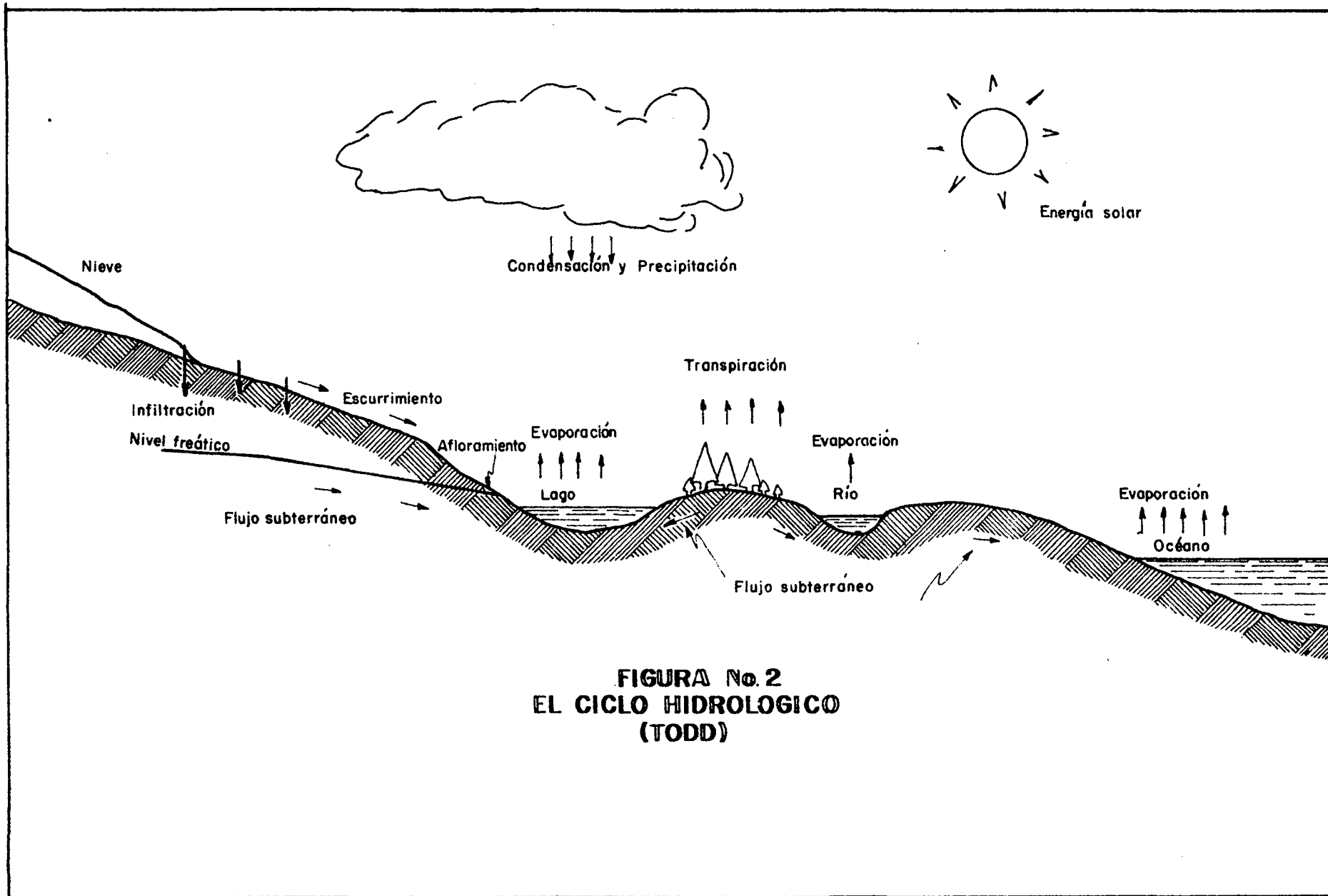


FIGURA No. 2
EL CICLO HIDROLOGICO
(TODD)

ESQUEMA DEL CICLO DEL AGUA SEGUN ENGLER (1919)

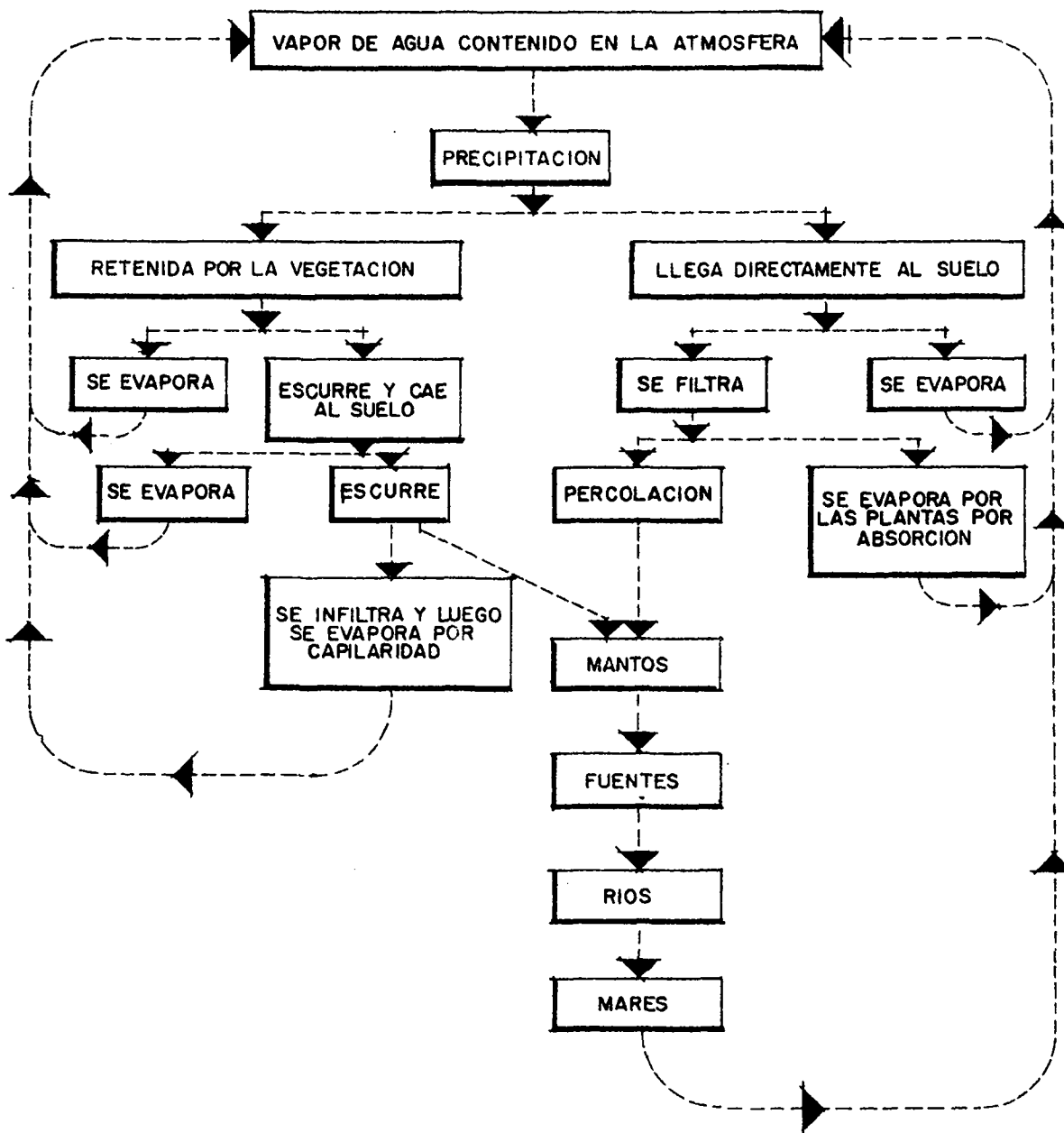


FIGURA Nº 3

v.m.

El agua interceptada por las plantas es evaporada nuevamente para regresar a formar nube.

Del agua que llega al suelo, parte corre por la superficie para formar los ríos y lagos. La otra parte que se infiltra en el suelo va a constituir las llamadas aguas subterráneas, que según el caso, queda retenida en depósitos, o aflora como manantiales o es interceptada por los ríos que las conducen finalmente al mar.

En las diferentes formas descritas, las aguas originalmente encontradas en estado líquido en los ríos, lagos, mares y océanos pasaron por evaporación a la atmósfera, para regresar después por condensación al estado líquido del punto de partida, cerrando así el ciclo el que se repetirá permanentemente. Las figuras 2 y 3 ilustran lo expuesto.

2.3 Comportamiento de las aguas subterráneas:

El comportamiento de las aguas subterráneas, según la concepción moderna, depende de las características de la corteza terrestre, en cuyo medio se maneja.

Las características del suelo, que se relacionan con el comportamiento del agua son las siguientes:

Porosidad: es el espacio o vacío existente entre las partículas que constituyen el suelo, es decir el volumen total de huecos. Es evidente que un macizo de roca tiene poca porosidad, porque el volumen de huecos es muy pequeño, pero si ese mismo macizo lo rompemos en pedazos de diferentes formas y tamaños, y lo agrupamos en un solo conjunto, la porosidad aumentará considerablemente por haber un número superior de huecos a la vez que de tamaños mayores.

Las aguas pasan con más facilidad por aberturas mayores que por las menores.

Por otra parte existe la tendencia de las partículas o granos consti-

tutivos del suelo de retener agua en su derredor, como una película, con lo que el espacio de libre pasaje del agua entre ellos se reduce. Esta circunstancia hace que los suelos de partículas finas presentan mayor dificultad de paso que aquellos de granos mayores, aunque el volumen total de huecos en los primeros sean mayor que en los segundos. Tal es el caso de las arcillas que a pesar de tener un gran volumen de huecos pequeños, el paso del agua a través de ellos se procesa con gran dificultad.

Permeabilidad: es la característica de los suelos de dejar pasar las aguas a través de ellos.

Una capa de arena gruesa es más permeable que una capa de arcilla, pues aunque esta última tenga un porcentaje volumétrico mayor de poros que la primera, los poros de la capa de arcilla tienen un tamaño y una comunicación mucho menor que los de la arena gruesa. Consecuentemente, a una capa de arena se usa llamar permeable, mientras que a una de arcilla se usa llamar impermeable.

En la corteza terrestre, en cuyo medio se maneja el agua subterránea se encuentran diferentes tipos de suelos, por lo tanto variado será el comportamiento del agua en su movimiento a través de ellos.

Por otra parte se encontrarán capas cuyos espacios o intersticios no están llenos de agua mientras que en otros sí. En este último caso se dice que la capa está "saturada" y constituye lo que se denomina acuífero o zona de agua freática.

El nivel superior de la zona freática se denomina "nivel freático".

Ya que el agua subterránea es aquella porción de las de lluvias que se infiltró en el suelo, es lógico aceptar que cuanto más lluvias caiga, se tendrá más agua subterránea y viceversa. De ahí que en el período seco el nivel freático baja y en el lluvioso sube.

Finalmente, un modo práctico de distinguir y clasificar a los suelos

es el siguiente: se toma una porción del suelo dado y se lo humedece. Luego con las dos manos, como frotando palma contra palma, se procura hacer un "cigarrillo" con el suelo húmedo. Si se logra hacer fácilmente el "cigarrillo" sin desmenuzarse la masa, el suelo será arcilloso, en caso contrario será arenoso. Entre estas dos circunstancias extremas se tiene el arcillo-arenoso o areno-arcilloso, según predomine la arcilla o la arena.

La figura 4 presenta esquemáticamente las características de diferentes tipos de suelo.

2.4 Hidráulica de los pozos:

Henry Darcy es el autor de los primeros estudios científicos del movimiento del agua subterránea, que se conocen (1856). Sus experiencias fueron publicadas en su libro "Les Fontaines Publiques de la Ville de Dijón".

Según la ley de Darcy, la velocidad con que el agua fluye (flujo) a través de un medio poroso es proporcional a la permeabilidad de dicho medio y a la gradiente hidráulica, o sea:

$$V = PI$$

Donde

V = velocidad del flujo

P = permeabilidad del suelo

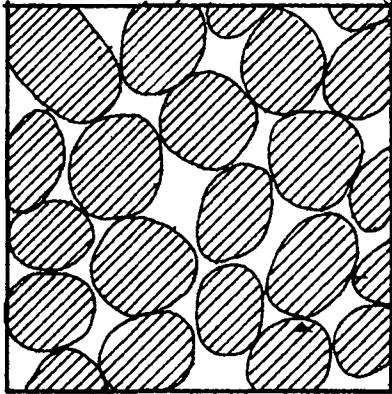
I = gradiente hidráulica

Cuando se trata de un pozo, las aguas se concentran en forma radial hacia el hoyo, con velocidad variable según la distancia del punto considerado al pozo. Las áreas a través de las cuales el agua fluye hacia el pozo son también variables, según la distancia de ellas al hoyo.

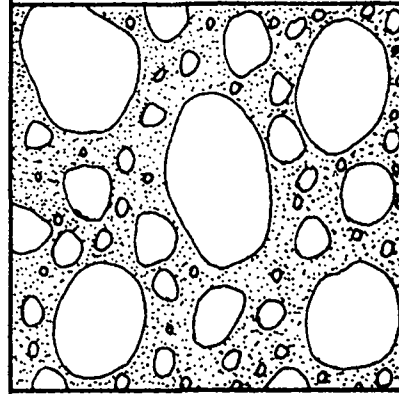
La fórmula de Dupuit nos permite determinar el caudal de un pozo, según sea éste construido en acuífero no confinado (fig. 5) o en uno confinado (fig. 6) y cuando su profundidad es completa o sea se aprovecha todo el acuífero.

Tales fórmulas son:

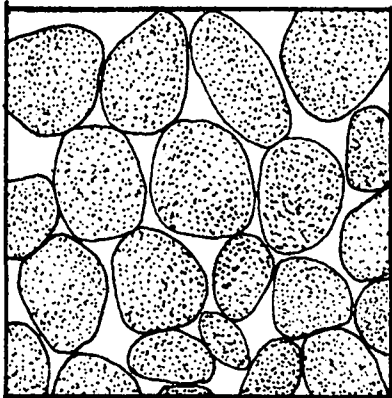
**ESQUEMAS DE LAS CARACTERISTICAS
DE DIFERENTES TIPOS DE SUELO
(TIPOS DE INTERSTICIOS SEGUN TOLMAN)**



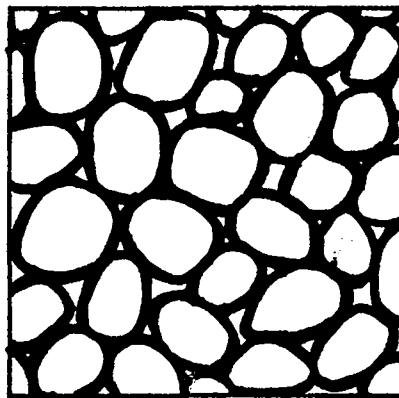
TIPO 1. GRAN POROSIDAD



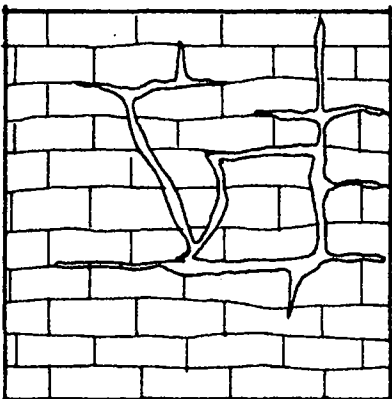
TIPO 2. ESCASA POROSIDAD



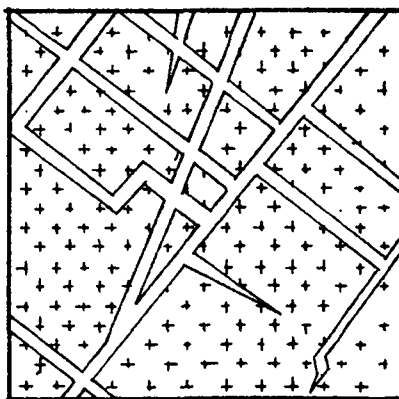
TIPO 3. GRAN POROSIDAD



TIPO 4. MEDIANA POROSIDAD



**TIPO 5. POROSIDAD MEDIANA
Y GRANDE.**



**TIPO 6. POROSIDAD MEDIANA
Y ESCASA.**

ESQUEMA DE FLUJO EN ACUIFEROS

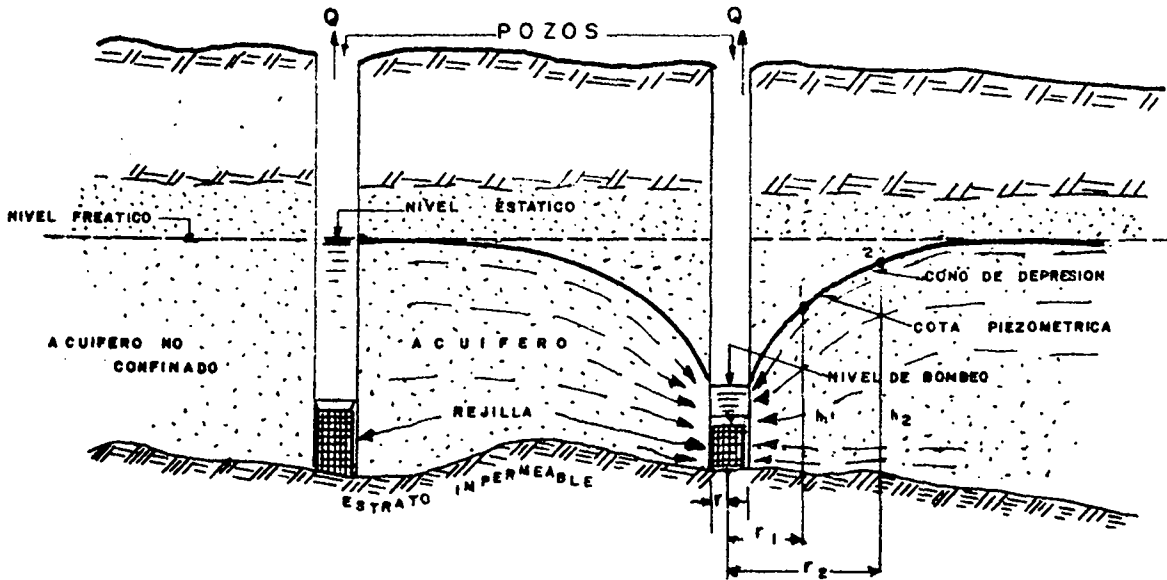


FIG. 5 ACUIFERO NO CONFINADO
(SUPERFICIE DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS BAJO PRESION ATMOSFERICA)

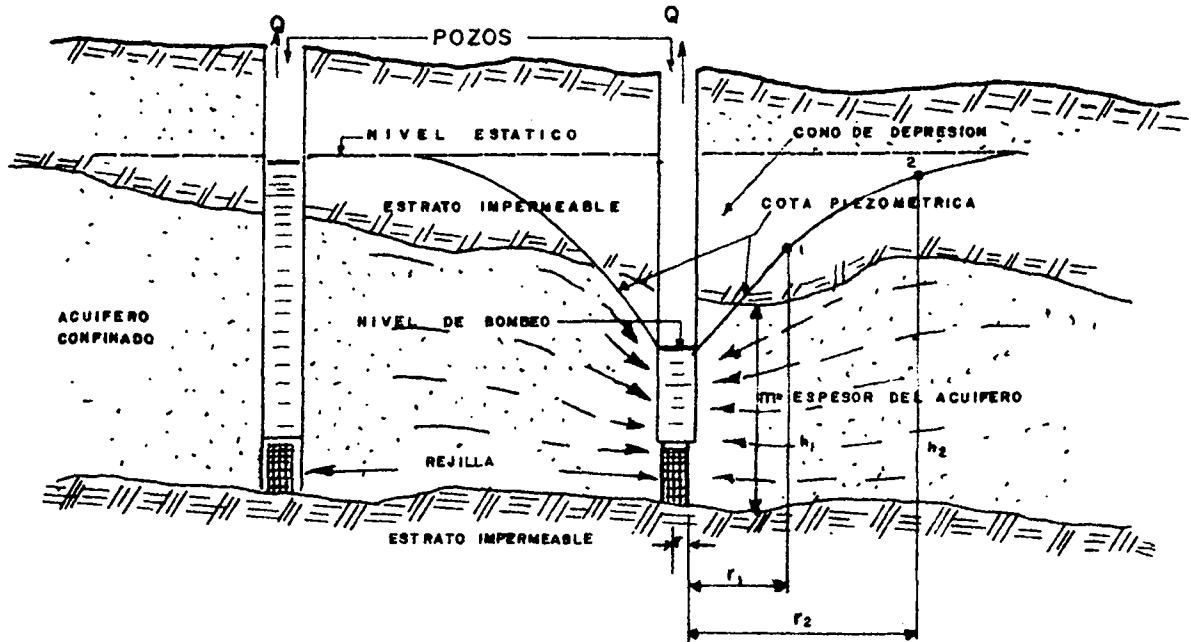


FIG. 6 ACUIFERO CONFINADO
(SUPERFICIE DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS BAJO PRESION MAYOR QUE LA ATMOSFERICA)

Para acuíferos no confinados (Fig. 5).

$$Q = \frac{\pi}{2.30} P \frac{(h_2^2 - h_1^2)}{\log. \frac{r_2}{r_1}}$$

Para acuíferos confinados (Fig. 6).

$$Q = \frac{2 \pi}{2.30} mP \frac{(h_2 - h_1)}{\log. \frac{r_2}{r_1}}$$

En ambas fórmulas las letras representan:

Q = Flujo o caudal de agua que ingresa al pozo, en m³/día.

P = Permeabilidad del acuífero, en m³/día/m²

h₁ y h₂ = Distancia del fondo del acuífero al cono de depresión, en los puntos considerados del análisis, en mts.

r₁ y r₂ = Distancia radial, del centro del pozo a los puntos considerados del análisis, en mts.

m = Espesor del acuífero, en mts.

Es de notar que las fórmulas antes indicadas son válidas únicamente para el caso de equilibrio, o sea, cuando la recarga natural del acuífero es igual a la cantidad de agua que se extrae del pozo.

Un análisis de las fórmulas anteriores conduce a que una variación del diámetro del pozo no hace variar significativamente la cantidad de agua que ingresa al mismo, en otras palabras, si se aumenta el diámetro en 100% la producción del pozo aumentará sólo en un 30%.

En el caso de acuíferos poco permeables, la influencia del diámetro es mayor, debido a que la variación de la superficie libre del agua o cota piezométrica, es más pronunciada en las inmediaciones del pozo. En estos casos es conveniente aumentar la permeabilidad natural del acuífero, en el área adyacen-

te del pozo, mediante una envoltura de grava alrededor del revestimiento. Por otra parte un diámetro mayor, en los pozos excavados permite un mayor volumen de almacenamiento de agua, para las horas o períodos en que no se utiliza el pozo.

Se indicó anteriormente que las fórmulas mencionadas eran válidas cuando se aprovechaba todo el acuífero o sea cuando el hoyo llegaba hasta un estrato impermeable. De no ser así, y que es el caso generalizado de los pozos excavados en el área rural, las fórmulas anteriores no son del todo correctas, ya que ellas suponen, variable la altura piezométrica del cono de depresión, y constante el nivel del fondo del pozo por haber alcanzado éste una capa impermeable.

Un pozo cuya profundidad de agua es menor que la del acuífero al cual pertenece, es denominado "pozo parcialmente profundizado".

La fig. 7 (a y b) ilustra las situaciones de los pozos parcialmente profundizados, en acuíferos confinados y en no confinados respectivamente. Obviamente el flujo en estos pozos difiere del flujo radial que se asumió en párrafos anteriores y que existía alrededor de los pozos de penetración total.

Las relaciones entre dos pozos similares donde uno es parcialmente y otro totalmente profundizado es la siguiente:

$$\text{Si } Q_p = Q, \text{ entonces } (\Delta h)_p > \Delta h$$
$$\text{y si } (\Delta h)_p = \Delta h, \text{ entonces } Q_p < Q$$

Donde:

Q_p = Caudal del pozo parcialmente profundizado

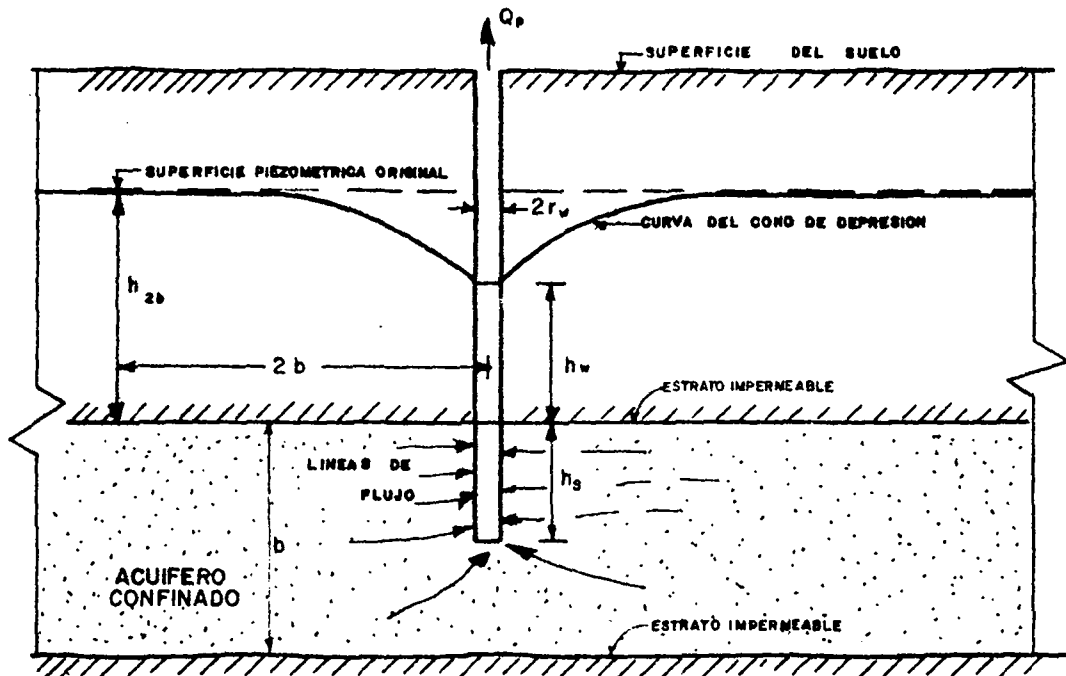
Q = Caudal del pozo totalmente profundizado

$(\Delta h)_p$ = Gradiente de la curva de depresión, en un punto, de un pozo parcialmente profundizado.

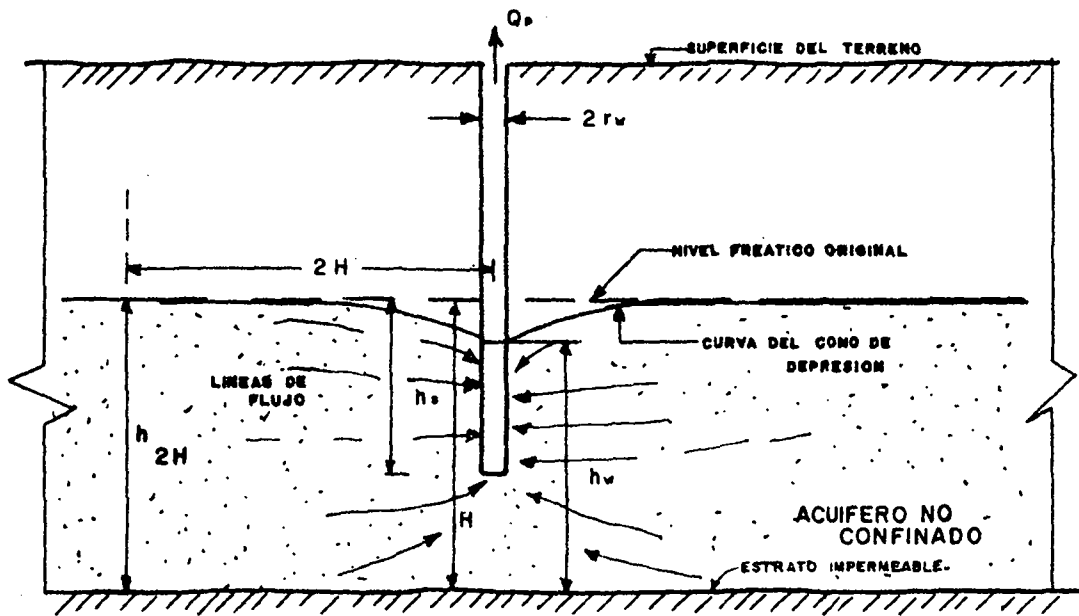
h = Gradiente de la curva de depresión, en un punto, de un pozo totalmente profundizado.

Más allá de una distancia doble de la camada de saturación del pozo,

ESQUEMA DE POZOS PARCIALMENTE PROFUNDIZADOS



a) ACUIFERO CONFINADO



(b) ACUIFERO NO CONFINADO

FIG 7

el efecto de la profundización parcial puede considerarse despreciable, en cuanto a las líneas de flujo y a la curva de depresión.

Las fórmulas para el cálculo de caudales en pozos parcialmente profundizados, son las siguientes:

a) Para acuíferos confinados (Fig. 7, a)

$$Q_p = \frac{4 \pi P (h_{2b} - h_w)}{\frac{2}{h_s} \times 2,30 \log. \frac{\pi h_s}{2r_w} + \frac{0.20}{b}} \text{-----(1)}$$

La ecuación es válida para $1,3 h_s \leq b$ y $\frac{h_s}{2r_w} \geq 5$

Más allá de estas condiciones, la ecuación se convierte en:

$$Q_p = \frac{2 \pi P (h_o - h_w)}{\frac{1}{h_s} \times 2,30 \log. \frac{\pi h_s}{2r_w} + \frac{0.10}{b} + \frac{1}{b} \times 2.30 \log. \frac{r_o}{2b}}$$

Donde:

h_o = Altura de la curva de depresión correspondiente al radio. r_o desde el pozo.

b) Para acuíferos no confinados (Fig. 7, b)

$$Q_p = \frac{4 \pi P (h_{2H} - h_w)}{\frac{2}{h_s} \times 2,30 \log. \frac{\pi h_s}{2r_w} + \frac{0.20}{H}} \text{-----(2)}$$

En las ecuaciones (1) y (2) los signos representan como sigue:

- Q_p = Caudal del pozo parcialmente profundizado
- P = Coeficiente de permeabilidad del suelo
- h_s, h_w, h_{2H} y H = lo indicado en las figuras

b = espesor del estrato confinado

Los valores están expresados en:

Q_p = galones/día

p = galones/día/pie cuadrado

H, h_s, h_w, h_{2H} y b = pies

Valores del coeficiente de permeabilidad p , determinados en Laboratorio.

clase de suelo	grava limpia	arenas limpias; mezcla de arenas y gravas limpias	arenas muy finas; loctos; mezcla de arena, lodo y arcilla; arcilla estratificada, etc.
características de flujo	buenos acuíferos		acuíferos pobres
p en gal/día/pie ²	10^6	10^5 10^4 10^3 10^2	10 1 10^{-1} 10^{-2}

2.5 Procedimientos Modernos de Investigación sobre las Aguas Subterráneas:

El estudio moderno y científico de las aguas subterráneas se denomina Hidrogeología.

Los criterios que se deben seguir para una investigación hidrogeológica son variados, dependiendo del problema particular de que se trate. Sin embargo, en general dicha investigación procede según un esquema por etapas, las que se describen a continuación:

1a. Etapas: Inventario de los datos existentes:

Estos datos se refieren al registro de la información existente sobre: a) pozos perforados, con indicación de su perfil geológico, profundidad y eventuales cambios del nivel freático, características químicas del agua, cauda

les de bombeo; b) nacientes o afloramientos, para los que se indicarán, de ser posible, el tipo o tipos de roca donde el agua brote y, factores (geológicos, topográficos, etc) que originan la ocurrencia de las nacientes, caudal y calidad de las aguas de las mismas; c) lluvias locales.

2a. Etapa: Estudio Hidrogeológico:

Consiste en el reconocimiento de las características de las rocas que forman las diferentes capas del suelo de la región, sus relaciones y características físicas que afectan la ocurrencia y el movimiento del agua. Este estudio se puede integrar (y generalmente se integra) con perforación de pozos de investigación, pruebas de bombeos, instalación de medidores para medir las fluctuaciones del nivel estático e instalación de estaciones hidrometeorológicas adicionales (cuando y donde sean necesarias).

Una adición que en ciertos casos puede ser necesaria, es dada por estudios de métodos geofísicos, usando aparatos especiales que miden ciertas propiedades de las rocas. Los más usados en investigación de aguas subterráneas son: el método geoelectrico, que mide el movimiento de una corriente eléctrica en los terrenos, y el método sísmico que mide la velocidad del movimiento, en los varios terrenos, del sonido emitido por explosiones o golpes fuertes dados a la superficie.

Para el caso particular de un programa de pozos poco profundos (rasos o someros) en que el agua subterránea captada corresponde al acuífero más superficial, se considera que lo más práctico es el empleo del taladro manual. Con él se va extrayendo muestras del suelo hasta llegar al acuífero, cuyo rendimiento para los propósitos de estos pozos, se determina con el empleo de bombas manuales.

Dado que en los pozos de poca profundidad, explotados con bombas de mano, no se requiere mayor producción que la exigida por este tipo de bomba para atender las necesidades domésticas de una familia o de un grupo reducido de familias, por lo general no más de 30, raro será el acuífero que no sea satis-

factorio. En estos casos el problema predominante es la variación de los niveles freáticos, conforme la época seca o lluviosa. De ahí que la mejor época para construir este tipo de pozos es la seca, ya que logrando suficiencia de las aguas en los niveles mínimos, queda garantizada la producción o caudal para el resto del año.

Para el caso de los pozos hincados, donde se utilizan punteras (Well Point) que tienen rejillas, es conveniente realizar análisis granulométrico del suelo del acuífero a fin de seleccionar la puntera con rejilla apropiada, de lo contrario podría ocurrir que en un acuífero de arena fina se coloque punteras con ranura mayor a la necesaria, con lo que el pozo puede arrojar permanentemente arena con el agua que se le saque. Por el contrario, si se colocara una rejilla de ranura más fina de la requerida se estaría sub-utilizando el acuífero. En los programas rurales donde los núcleos de población a abastecer son pequeños y consecuentemente se requerirán en cada uno de ellos pocos pozos hincados, de ser ésta la solución, puede obviarse el análisis granulométrico previo, de cada localidad en particular, para determinación del tamaño de la ranura de la puntera, adoptando en forma general un tamaño que más se acomode a una granulometría promedia.

3a. Etapas: Análisis:

Todos los datos obtenidos en las dos etapas anteriores se analizan y se correlacionan para elaborar un cuadro de las condiciones existentes en el área de investigación. Así se reconstruyen las estructuras geológicas, los estratos productivos, la ocurrencia y el movimiento de las aguas subterráneas, la relación entre la lluviosidad, la escorrentía y la infiltración, la recarga y el almacenamiento del agua y finalmente las zonas de mayor producción y las cantidades de agua que se pueden aprovechar.

4a. Etapas: Localización de los Pozos

La localización y profundidad de los pozos depende de para qué fines se usará el agua y en esto existe una variedad de propósitos. Por ejemplo, si

se desea para uso de pocas familias, se requerirá menor cantidad que para un núcleo poblado. En el primer caso no se necesitará ir más allá del primer acuífero, que por lo general es de limitado rendimiento, mientras que en el segundo será muy probable el requerimiento de ir a acuíferos más profundos o aprovechar simultáneamente varios acuíferos.

En los programas de pozos poco profundos, por lo general no se requiere ir más allá de los 30 m. para encontrar agua con la calidad y cantidad requeridas, para uso doméstico unifamiliar o de grupo reducido de familias.

3. RECURSOS HIDRICOS DEL MUNDO Y DE CENTRO AMERICA

3.1 Del Mundo:

Es interesante la información disponible sobre las reservas de agua en el mundo, para lo que nos referimos a la siguiente tabla No. 1.

TABLA No. 1

CALCULOS DE RESERVAS	VOLUMEN DE AGUA EN Km ³	PORCENTAJE DEL TOTAL
Lagos de agua dulce	123.000	0,009
Lagos salados y mares interiores	100.000	0,008
Cursos de agua (Promedio)	1.230	0,000
Agua de suelo cerca de la superficie	65.000	0,005
Agua subterránea hasta 800 metros	4.000.000	0,31
Agua subterránea de 800 a 3,200 mts.	4.000.000	0,31
Total de reservas líquidas en los Continentes.	8.300.000	0,635
Glaciales y cascos glaciales	28.500.000	2,15
Agua en la atmósfera	12.700	0,001
Océanos	1,300.000.000	97,20

Fuente: Apuntes del curso intensivo No. 5 "Operación y Mantenimiento de pozos de Abastecimiento de Agua" - Febrero 1969-VANL-OPS. Monterrey-México.

De la Tabla No. 1 se deduce que del total de 8.300.000 Km³ de reservas líquidas en los continentes, 8.000.000 Km³ o sea el 98,5% corresponden a las aguas subterráneas.

3.2 De Centroamérica

Como una referencia para el área Centroamericana se presenta el siguiente cuadro No. 2 de sus recursos hídricos.

TABLA No. 2

RESERVAS DE AGUA EN CENTROAMERICA

P A I S	Reservas absolutas (M ³ /seg.)			Reserva Media	
	Agua Superficial		Agua	Unitaria.	
	Caudal medio	Caudal Estiaje	Subterráneas.	l/s/Km ²	Miles M ³ / hab./año
Costa Rica	3.019	496	334	59.6	54.2
El Salvador	601 ^{a/}	90 ^{b/}	83	30.0	5.6
Guatemala	3.697	510	194 ^{c/}	28.2	22.3
Honduras	3.229	434	288	28.1	39.8
Nicaragua	5.520	564	527	42.5	90.7

Fuente: CEPAL

a/ Incluye 154 M³/s que se originan en Honduras y Guatemala.

b/ Incluye 13 M³/s que se originan en Honduras y Guatemala.

c/ Estimación parcial de las reservas.

CAPITULO II
CONSTRUCCION DE POZOS

1. INFORMACION GENERAL

1.1 Antecedentes Históricos

El hombre, desde tiempo inmemorial, ha hecho uso del agua subterránea, aún sin comprender sus orígenes. Ha sido causa incluso de lucha, el dominio de las aguas, tal como se menciona en la Biblia (Génesis 21:30) donde se indica que Abraham disputó a Abimelec los derechos de un pozo.

La construcción de pozos en el cercano Oriente fue ejecutada por el hombre y los animales, ayudados por grúas y primitivas herramientas manuales. Se mencionan de la existencia de gran número de pozos de gran diámetro, algunos lo bastante grandes como para permitir acomodar pistas para asnos. Tales pozos alcanzaron una profundidad máxima de aproximadamente 50 metros. Hay pocas muestras de avances tecnológicos en la perforación de pozos durante el tiempo histórico en esta región. En contraste los antiguos chinos, prolíficos en muchos inventos, fueron también responsables del desarrollo del taladro de cable para los pozos de agua, el cual en principio, es casi idéntico a las máquinas modernas. La primera maquinaria fue construida en gran parte de madera y manejada por el hombre. Mediante la lenta velocidad de perforación, sostenida por años y aún por décadas, los antiguos pudieron construir pozos de asombrosas profundidades, la información menciona de 1,200 metros y hasta de 1,600 metros. Estos mismos métodos, ligeramente modificados durante los últimos 1,500 años, aún se usan hoy en día en las regiones rurales de Laos, Cambodia, Tailandia, Birmania y China.

La mayor hazaña en el uso del agua subterránea, por parte de los antiguos, fue la construcción de largas galerías de infiltración, o kanats, (Fig.8) los cuales recolectaban el agua de depósitos en los pies de las montañas. Estas estructuras, generalmente de varios kilómetros de largo, recolectaban agua tanto para fines agrícolas como municipales. Probablemente los kanats fueron

ESQUEMA DE UN SISTEMA DE KANATS

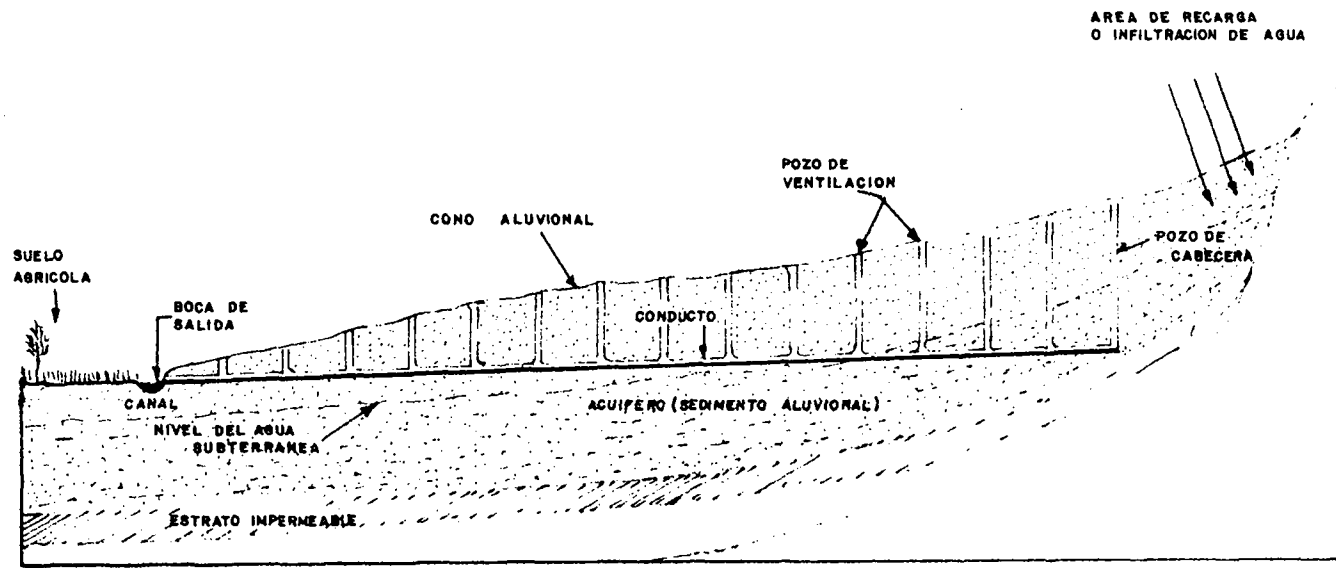


FIG. 5

Los primeros en ser empleados hace más de 2,500 años, en Irán; sin embargo, la técnica de construcción se desarrolló rápidamente, extendiéndose hacia el Este, a Afganistán y hacia el Oeste, hasta Egipto.

Hacia el año 500 A.C. se construyó un extenso sistema de kanats en Egipto, del que se decía que irrigaba 3,500 kilómetros cuadrados de tierra fértil, al Oeste del Nilo. Aún hay kanats en uso en Irán y Afganistán, los más conocidos se encuentran en Irán, al pie de las montañas Elburz.

Las culturas autóctonas americanas, fueron capaces de hacer invenciones semejantes. Los socabones de Pica y del Valle de Azapa en Chile son ejemplos de galerías de infiltración primitivas, todavía en uso.

Debido al tardío contacto cultural con China, los modernos métodos de percusión para la perforación de pozos se desarrollaron más o menos independientemente en Europa Occidental. El ímpetu de este desarrollo provino en gran parte del descubrimiento de pozos surgentes, primero en el norte de Francia, más o menos en el año 1,100 A.C., después en Inglaterra Oriental y también en Italia del Norte.

Uno de los primeros pozos franceses fue perforado en el año 1,125 A. C. en un convento cerca de las aldeas de Lillers. Este pozo que manó por más de 750 años, junto con otros pozos similares en la misma provincia de Artois, se hicieron tan famosos que con el tiempo los pozos surgentes se llamaron pozos artesianos, nombre derivado de la provincia.

La extensa búsqueda de agua artesiana estimuló el rápido desarrollo de las técnicas de perforación. El interés popular fue tan grande en Francia, que durante varios años, la Sociedad Real y Central de Agricultura de Francia, distribuyó medallas y premios anuales a investigadores de terreno, autores, inventores, perforadores de pozos y a aquellos que introdujeron estos pozos en nuevas regiones. Los métodos de perforación fueron más rápidos y eficaces en Europa que en China, durante el siglo XVIII, y las profundidades de los pozos de agua perforados con maquinarias, excedieron las profundidades de los pozos chinos más primitivos.

Durante los últimos 100 años, se han desarrollado rápida y grandemente los métodos de perforación para uso del agua. En parte se debió esto a la experiencia y al uso de los métodos empleados en la perforación para explotar petróleo y gas.

1.2 Tipos de Pozos para Agua

Los pozos se clasifican de acuerdo con el método de construcción.

- 1) Pozo Excavado: es aquel que se construye por medio de picos, palas, etc., o equipo para excavación como cucharones de arena.
- 2) Pozo Taladrado: es aquel en que la excavación se hace por medio de taladros rotatorios, ya sean manuales o impulsados por fuerza motriz.
- 3) Pozo de Chorro: es aquel en que la excavación se hace mediante un chorro de agua a alta velocidad.
- 4) Pozo Hincado: se construye hincando una rejilla con punta, llamada "puntera". A medida que ésta se clava en el terreno, se agregan tubos o secciones de tubos enroscados.
- 5) Pozo Perforado: en este tipo, la excavación se hace mediante sistemas de percusión o de rotación. El material cortado se extrae del hueco con un achicador, mediante presión hidráulica, o con algunas herramientas huecas de perforar, etc.

Cada tipo de pozo tiene sus ventajas particulares, que pueden ser, la facilidad de construcción, tipo de equipo requerido, capacidad de almacenamiento de agua, facilidad de penetración en ciertas formaciones, o facilidad de protección contra la contaminación.

Por otra parte, los Programas de construcción de Pozos, por lo gene-

ral, son diferentes de un país a otro, e incluso en un mismo país pueden presentarse variantes, conforme los recursos disponibles y propósitos específicos. Así cuando se pretende abastecer un núcleo poblacional de cierta importancia, se emplearán los pozos profundos, perforados a máquina, mientras que para núcleos pequeños o de viviendas dispersas se preferirán los excavados, taladrados a mano e hincados.

Dado que el presente manual fue elaborado para la construcción de pozos que generalmente se emplean en abastecimientos de pequeños núcleos o de viviendas dispersas, se dió especial énfasis a la descripción de los cuatro primeros tipos anteriormente mencionados, mientras que a los perforados, preferido para mayores abastecimientos, se describió en forma general.

2. POZOS EXCAVADOS

2.1 Descripción:

El esquema de la Fig. 9, representa un pozo excavado.

Antes del desarrollo de las herramientas y maquinarias modernas para la construcción de pozos, era corriente excavar un hueco en la tierra y usarlo como pozo; los diámetros son variables, generalmente de 3 a 20 pies y con la profundidad necesaria para alcanzar el nivel freático. El interior de dicho pozo se reviste con ladrillo, piedra, baldosas, encofrado de madera, anillos de acero, etc., para evitar derrumbes. El fondo del pozo se deja abierto con un recubrimiento de 15 cm. de piedra menuda suelta, permitiendo así la entrada del agua, sin arrastre de material fino.

Los pozos excavados son necesariamente de poca profundidad y se usan donde el nivel freático se encuentra muy cercano a la superficie. Son frecuentes las profundidades de 15 a 60 pies. La principal ventaja de los pozos excavados con relación a los otros tipos construídos a mano y que se describen después, se debe a que por su gran diámetro permite el ingreso a su interior al personal para la excavación. En estas condiciones se puede realizar el trabajo,

ESQUEMA DE UN POZO EXCAVADO A MANO

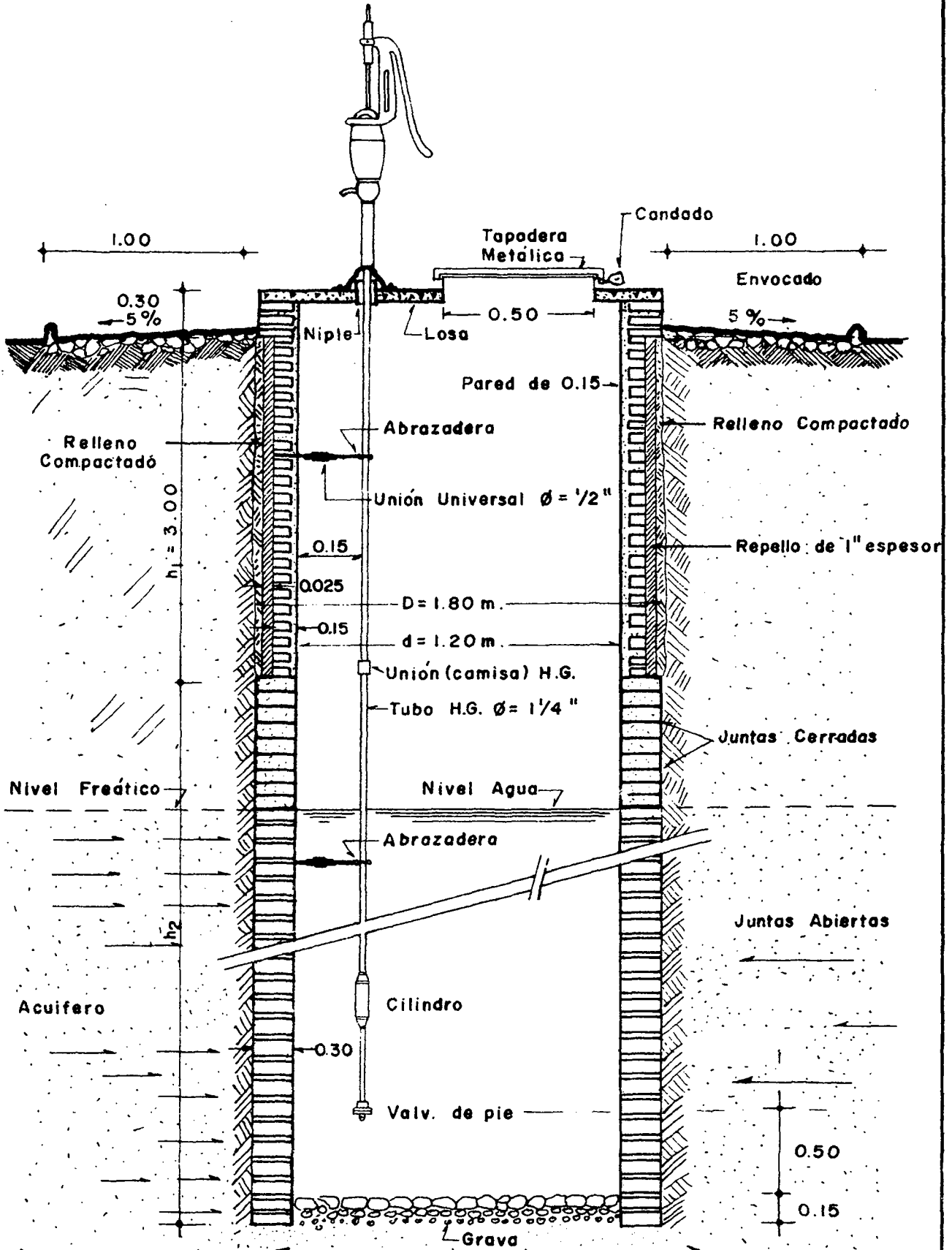


FIG. Nº 9

medidas en m.

cualquiera sea el tipo de suelo (arenoso, arcilloso, rocoso, etc.) que se encuentre, circunstancia que no ocurre con los demás tipos de construcción que tienen limitantes individuales, como se verá luego al tratarse de cada uno de ellos. Además, su gran diámetro, proporciona una considerable reserva de agua dentro del pozo mismo.

Sin embargo, los pozos excavados, si no son debidamente protegidos se ven expuestos a la contaminación por infiltración, materiales llevados por el viento, etc. Su producción es limitada porque generalmente no penetran lo suficiente dentro de los acuíferos. No obstante, estos pozos tienen aplicación conveniente en aquellas zonas donde las aguas de superficie, están muy contaminadas. Si se excava un pozo de éstos, cerca de un lago o un río, funcionaría a manera de galería de infiltración, produciendo así agua de mejor calidad, debido a la acción filtrante de las capas porosas adyacentes.

Es el pozo que más se emplea en los Programas Rurales para abastecer a pequeños núcleos o a viviendas dispersas.

Dado que el diámetro de este tipo de pozo es grande, puede emplearse cualquier tipo de equipo de bombeo, ya que pueden introducirse en su interior los equipos que sean requeridos.

2.2 Construcción:

Estos pozos se construyen por lo general en forma circular, ya que ésta es la más adecuada contra los derrumbes. El material se excava con picos (piochas) y palas, complementándose con barras, en terrenos duros, y en casos extremos, de encontrarse capa rocosa se auxiliará con el uso de explosivos (dinamita).

Una vez elegido el sitio donde se construirá el pozo, se procede a una limpieza del área, si fuere del caso, desbrozando en un radio mínimo de 5 metros.

Los trabajos relativos a la excavación seguirán la siguiente secuencia:

1) Se hince una estaca en el sitio definido para el pozo; 2) tomando como centro esta estaca, se traza un círculo con radio igual al del pozo, más el ancho del revestimiento previsto; 3) en posición diametralmente opuesta y a 0.50 m. exterior del círculo anteriormente trazado, se colocan firmemente enterrados dos paraleles de madera de 4"x4"x2.50 m; 4) se fija con seguridad un travesaño de madera de 4"x4"x3.5 m. a los cabezales de los dos paraleles anteriormente colocados; 5) con el auxilio de una plomada, se transfiere el centro del pozo, dado por la estaca inicialmente clavada, al travesaño, marcándolo; 6) se coloca una garrucha (polea) en dicho centro marcado, éste se mantendrá invariable hasta completar la construcción del pozo, pues servirá además de referencia para controlar la verticalidad y ancho, tanto de la excavación como del revestimiento; 7) se realizará la excavación, tomando las precauciones de seguridad para el personal que se encuentra dentro del pozo; 8) llegado a la profundidad que indique el maestro de obra, se procederá al revestimiento del pozo, adoptando uno de los tipos, que se indican luego; 9) terminado el revestimiento se construye e instala la losa de tapa, la que a su vez tendrá una boca de visita o inspección; 10) se instala la bomba; 11) se desinfecta, por 24 horas, echando por la boca de visita HTH (hipoclorito de calcio), conforme se indicará más adelante en el numeral 10 al tratar específicamente de la desinfección; 12) completar los rellenos y revestimientos exteriores de protección sanitaria, y 13) a las 24 horas, bombear el agua del pozo hasta que desaparezca el olor característico del cloro que hubiere, dejándose así habilitado el pozo.

Indicada la secuencia de trabajo para la construcción de un pozo excavado a mano, se señalarán ciertos aspectos de interés en la construcción.

2.2.1 Importancia de las Características del suelo, para la construcción:

Las características del suelo que se encuentre, tiene importancia en el procedimiento de trabajo a aplicar. En suelos firmes como el arcilloso, areniscos y otros, donde no se presentan posibilidades de derrumbes, no es necesario revestir o emplear defensas, para avanzar en la excavación. El revestimiento final, de protección sanitaria, se hará después de completar la excavación del hoyo.

En suelos desmoronables como los arenosos, es imprescindible colocar defensas que pueden ser anillos provisorios de tablas o tubos de concreto definitivos. En este último caso, iniciada la excavación, se coloca el tubo de diámetro correspondiente al del pozo definitivo. En la medida que avanza la excavación, el tubo se irá asentando por deslizamiento, con lo que requerirá agregar nuevos tubos sobre el anterior, hasta llegar a la profundidad deseada. El tramo inferior de la tubería será perforada con punzón en la zona del acuífero para la entrada del agua.

2.2.2 Avance de la excavación en la zona freática:

Una vez que se alcanza la zona del agua (nivel freático) ésta dificulta el avance de la excavación y cada vez se acentúa más. Ante tal situación se debe extraer el agua que se va acumulando, con los recursos de que se disponga. Para ello, es deseable que el equipo de bombeo manual que se instalará posteriormente, ya se tenga desde inicio en la obra, a fin de prestar ayuda en la extracción del agua. De ser así, al llegar la excavación a la zona del acuífero, se montará provisoriamente la bomba a un costado del hoyo, para que estorbe lo menos posible, de suerte que el extremo inferior del tubo de succión se sitúe en otro hoyo, interior del pozo, donde se concentrarán las aguas de filtración. Para que la tubería de succión acompañe la excavación, será necesario tener disponibles pedazos de tres pies de largo, que se irán agregando al extremo inferior en la medida que avance la excavación.

2.2.3 Revestimiento:

El revestimiento mínimo, requerido y obligatorio por razones de protección sanitaria contra las contaminaciones, lo constituye el correspondiente a los tres primeros metros, contados desde la superficie exterior. El resto o sea de los 3 metros para abajo, ya será para evitar posibles derrumbes futuros, según la clase de suelo que se encuentre. Por lo general se prefiere un revestimiento completo para garantizar una seguridad permanente. Los revestimientos pueden ser de diferentes tipos entre los que se indican como más comunes, los siguientes:

a) Revestimiento de duelas sueltas de madera:

El esquema de la Fig. 10, representa un pozo con revestimiento de duelas sueltas de madera. Este revestimiento consiste en una serie de duelas verticales de madera que revisten el hueco y que se sostienen contra las paredes de la excavación, mediante bastidores rígidos de madera o de metal, colocados interiormente. Las duelas, por lo general son de 8 a 16 pies de largo y de unas 2 a 6 pulgadas de ancho. Cada duela debe biselarse por el interior de su extremo inferior. Este bisel fuerza los extremos de las duelas hacia afuera, conforme éstas son clavadas en el terreno. Deben ochavarse los extremos superiores de las duelas y amarrarse con alambre, para evitar su astillamiento al clavarlas. Las duelas se colocan lo más juntas posibles, para mantener fuera de la excavación la arena y grava del acuífero. Conforme la excavación prosigue se continúa clavando las duelas una por una. Los bastidores rígidos sostienen las duelas contra la pared del hueco. Ocasionalmente, deben desplazarse los bastidores hacia abajo de modo que, el que está profundo quede lo más cerca posible del extremo inferior de las duelas, sosteniéndolas adecuadamente en este punto.

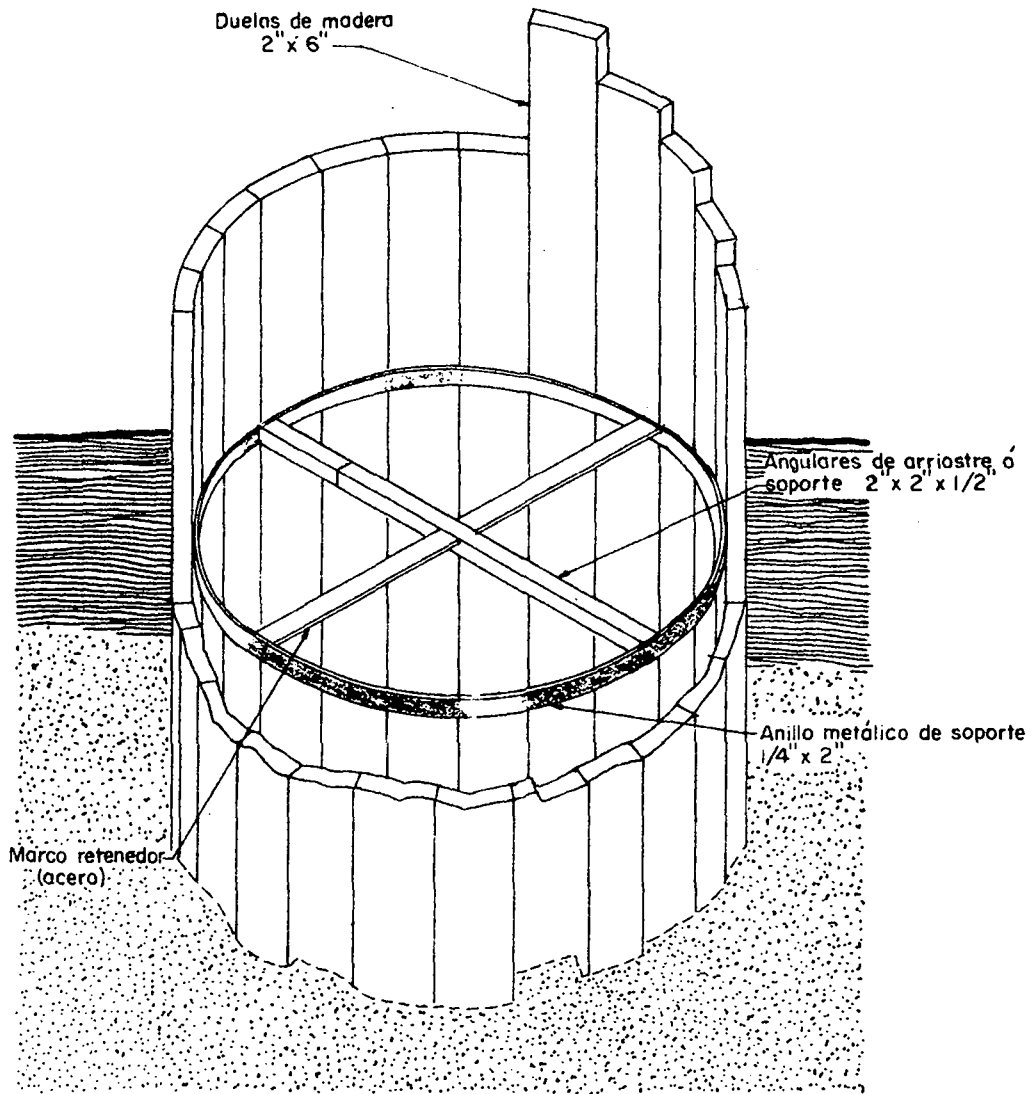
Cuando un juego de las duelas ha sido clavado lo más hondo posible, se procede a instalar un segundo grupo dentro del primero. Esto va reduciendo el diámetro interior del pozo. Por tal razón, el diámetro del hueco en la superficie debe ser suficientemente grande para que permita las sucesivas reducciones.

La presión de la tierra sobre el revestimiento aumenta conforme la profundidad. La extracción de agua, que se hace para facilitar la excavación, tiende a su vez a restarle estabilidad al revestimiento. A menos que las duelas se refuerzen suficientemente, éstos factores pueden producir derrumbes.

b) Revestimiento de duelas fijas de madera:

Este revestimiento consiste en un cilindro construido, fijando duelas verticales de madera a una serie de bastidores anulares. Los bastidores se hacen de madera, con refuerzos transversales metálicos convenientemente distribuidos. Este revestimiento se hace penetrar en la misma forma que el de duelas

ESQUEMA DE UN POZO EXCAVADO CON REVESTIMIENTO DE DUELAS SUeltas DE MADERA



NOTA: Los marcos retenedores se colocan cada 5 pies para la mayoría de las formaciones.

FIG. 10

sueltas, con la diferencia de que se usa alguna fuerza para hacerlo descender.

Cuando se usa un revestimiento de duelas fijas, el agua se extrae del pozo, por medio de una bomba manual. Conforme prosigue la excavación, debe vaciarse grava en el espacio exterior, entre el revestimiento y la pared del hueco, para impedir derrumbes. Cuando el pozo se profundiza hasta la roca sólida, el fondo del revestimiento, deberá quedar en contacto con ésta en todo su perímetro, de lo contrario pueden ocurrir derrumbes. Cuando la excavación se lleva hasta una formación arcillosa, el revestimiento deberá penetrar uno o dos pies dentro de ésta para impedir la entrada de la arena. Si la excavación se lleva hasta una formación suave o arenosa, deberá llenarse el fondo con unos 15 cm. de grava.

En condiciones favorables, un revestimiento de duelas fijas puede hundirse a lo sumo unos 25 pies dentro del acuífero, pero corrientemente 10 pies es un límite, cuando se mantiene el hueco seco y la excavación se hace a mano.

Algunas de las dificultades contra las que se tropieza, al introducir este tipo de revestimiento, pueden evitarse si no se extrae el agua durante la excavación. La excavación puede continuarse extrayendo el material del hueco con un cubo para arena o un cucharón de quijadas con cabrestante. Este método dá mejores resultados, puesto que el agua en el pozo contribuye a equilibrar la presión sobre el revestimiento y además evita que entre arena en el pozo. Si no se encuentran grandes cantos rodados o capas de arcilla, el método resulta bastante satisfactorio.

c) Revestimiento monolítico de concreto:

Este revestimiento se hace chorreando concreto en anillos de 3 a 4 pies de altura. Los anillos van generalmente reforzados y tienen unión traslapada, la cual se cementa al anillo precedente. Para chorrear revestimientos monolíticos, se usa formaleta interior y exterior, obteniéndose así una superficie lisa que facilita el clavado. La parte de revestimiento que queda dentro del agua por debajo del abatimiento límite, debe perforarse para que el agua entre

al pozo. Estas perforaciones se logran fijando pedazos de tubo delgado de 1/4" a 1/2" de diámetro entre las formaletas, antes de chorrear el revestimiento. Estos tubos se taponan con arcilla antes de colocarlos en el concreto y se limpian después de que el concreto fragua y se haya retirado las formaletas.

Cuando se usan revestimientos monolíticos al construir un pozo excavado, los anillos se hacen descender en el pozo conforme la excavación avanza y se van agregando anillos conforme se necesiten.

d) Revestimiento de ladrillos o de bloques de concreto:

El esquema de la Fig. 11, representa un pozo con revestimiento de ladrillos o de bloques. Los pozos excavados pueden construirse con revestimiento de ladrillos o de bloques de concreto. Este tipo de revestimiento, debe construirse sobre zapatas suficientemente fuertes que resistan su peso y las distorsiones. Por lo general, estas zapatas se hacen de capas de tablonas parecidas a los bastidores de los revestimientos de madera, pero mucho más pesadas. A veces se usa una zapata de metal. (Fig. 11).

Cuando se construye un pozo con revestimiento de ladrillos o de bloques de concreto, éstos son por lo general de forma trapezoidal, pero si fueran rectangulares, se cortarían sus esquinas interiores para facilitar la entrada de agua. Los ladrillos se colocan de plan. En los pozos pequeños basta con paredes de medio ladrillo (4 pulgadas), pero en los más grandes, es preferible usar paredes de un ladrillo (8 pulgadas), intercalando cada 4 ó 5 hiladas una de ladrillos colocados en sentido transversal, a la manera de los muros de tesón y soga.

e) Revestimiento metálico:

El esquema de la Fig. 12, representa un pozo excavado con revestimiento de metal. Este revestimiento se hace generalmente de materiales usados. El fondo del revestimiento se refuerza por medio de un anillo de acero hecho de una platina pesada o de un angular. Si el revestimiento no es rígido, se agregan anillos adicionales, que le impriman rigidez, a intervalos regulares en to-

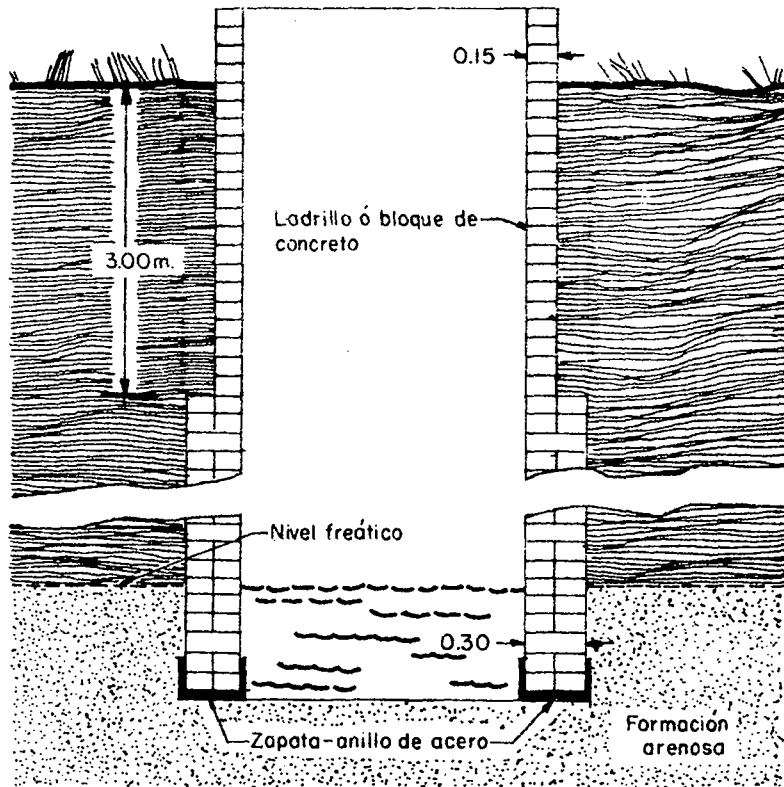
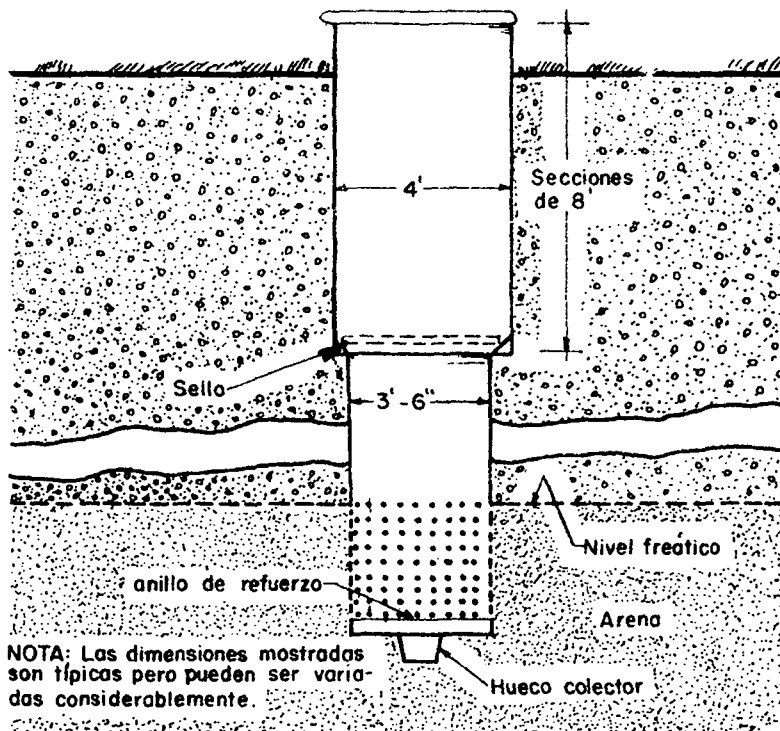


FIGURA II
ESQUEMA DE UN POZO EXCAVADO CON REVESTIMIENTO DE LADRILLO



NOTA: Las dimensiones mostradas son típicas pero pueden ser variadas considerablemente.

FIGURA 12
ESQUEMA DE UN POZO EXCAVADO CON REVESTIMIENTO DE METAL

da su longitud. Este revestimiento debe perforarse en la parte que va a quedar por debajo del abatimiento límite, abriendo huecos de adentro hacia afuera, cortando ranuras con la llama de acetileno, o taladrando orificios de 1/4 a 1/2 pulgada de diámetro, antes de que el revestimiento sea colocado en el hueco. Si el revestimiento no se hunde con facilidad en el pozo, puede aumentarse su peso para que descienda, agregando ladrillos en su interior.

Cuando se procede así, el anillo que le da rigidez en el fondo deberá hacerse de angular en lugar de platina para que soporte los ladrillos.

Los tambores para aceite, ya vacíos, pueden constituir un buen revestimiento metálico. Podrían usarse también secciones metálicas corrugadas para alcantarillados, de unos 3 pies de diámetro o mayores.

2.2.4 Acabado de la parte superior de un pozo excavado:

El revestimiento del pozo deberá sobresalir aproximadamente 0,30 m. de la superficie del terreno. Sobre este saliente debe colocarse una tapa a prueba de agua.

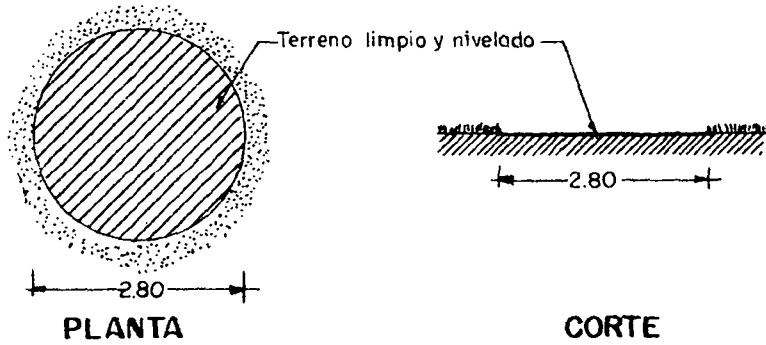
Las tapas de concreto son preferibles a las de madera, puesto que estas últimas no pueden ser permanentemente impermeables. La tapa debe tener una abertura de aproximadamente 3" de diámetro por la que se introduce el tubo de succión de la bomba, y otra mayor de 0.50 m. x 0.50 m. para inspección.

Las tapas de concreto por lo general se fabrican en un área cercana o adyacente al pozo. Para ello se procede como sigue: (ver esquema de la Fig.13).

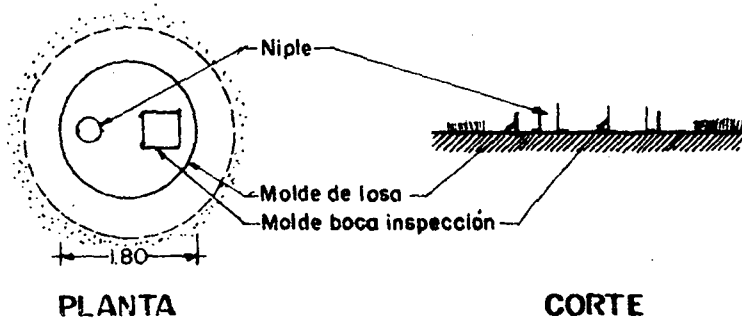
- a) Nivelar un área de aproximadamente 1,40 m. de radio, donde se fundirá el concreto de la losa.
- b) Sobre la superficie nivelada, se colocarán: 1) el molde o encofrado que limitará el borde exterior (perímetro) de la losa; 2) el niple de 3" por donde pasará el tubo de succión; 3) el marco metálico que ser-

ESQUEMA DEL PROCESO DE FABRICACION DE LA TAPADERA DE UN POZO EXCAVADO

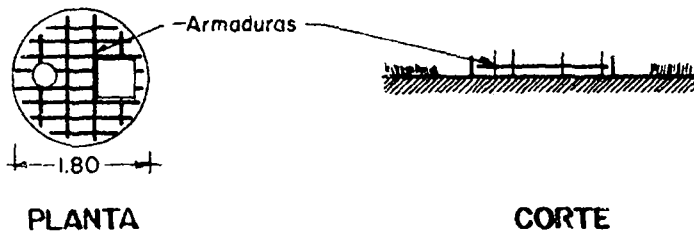
(a)
Limpieza y nivelación del terreno.



(b)
Colocación moldes y niples.



(c)
Armadura.



(d)
Fundido de losa.

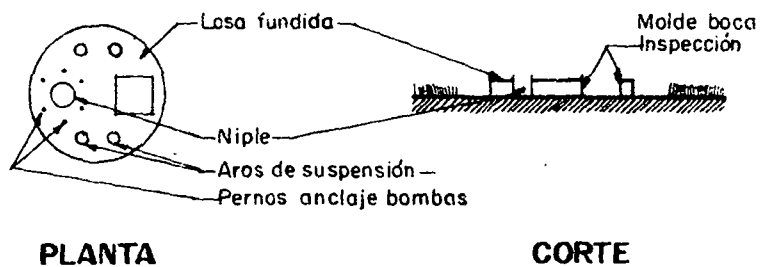


FIG. 13

virá de asiento para la tapadera de la boca de inspección o visita, de ser posible, se pintará con aceite quemado la superficie interior del molde o encofrado.

- c) Se colocarán los hierros de armadura de la losa, conforme las indicaciones del diseño.
- d) Se prepara la mezcla de concreto para el fundido correspondiente. Se cuidará de que la arena y el agregado (piedra o grava) sean limpios, que el cemento no presente grumos y que el agua que se agrega sea suficiente para permitir una mezcla ligera, no fluída.
- e) Fundir de una sola vez toda la losa, alisando la superficie una vez terminado el fundido. Además, unos 15 minutos después, cuando el concreto inicie a tener consistencia, se colocarán: 1) los pernos para anclaje del asiento de bomba; y 2) los cuatro aros que servirán para levantar posteriormente la losa.
- f) Se regará la losa a fin de que el fraguado (endurecimiento) del concreto se procese adecuadamente. Este regado se iniciará a la tarde, si el fundido se realizó en la mañana, o en la mañana del día siguiente si el fundido se hiciera en la tarde. Los regados de los días siguientes se harán, uno por la mañana y otro por la tarde, en las horas de mayor calor, por ejemplo 10 a.m. y 3 p.m. Además se colocarán sobre la losa algunas ramas, para darle sombra y así disminuir la acción perjudicial del sol al fraguado. Después de cinco días de fundida la losa se suspenden los regados.
- g) A los catorce días de fundida la losa, se procede a quitar el molde o encofrado y aquella se encuentra lista, para ser transportada y colocada sobre el revestimiento del pozo. Para el traslado, se suspende la losa por medio de dos barretas introducidas en los cuatro aros, de dos en dos.

- h) una vez colocada la losa sobre el revestimiento del pozo, se instala la bomba y se coloca la tapadera metálica, con su candado correspondiente.
- i) Desde el borde exterior de la losa del pozo y en un ancho de 1.50 m. se construye un piso de concreto o de ladrillo o de enrocado de piedra, con junta de mortero 1:3 para protección sanitaria del pozo. Este piso tendrá un desnivel de aproximadamente 0.30 m. que va desde el borde de la losa hasta la superficie del terreno.
- j) Se construirá una canaleta enrocada o enladrillada bordeando el piso antes indicado, a fin de alejar las aguas de derrame. Esta canaleta se prolongará en un ramal, desde el área del pozo, hasta un sector del terreno adyacente, que por su declive natural drene las aguas de derrame, evitando así empozamiento que formen charcos, lugar preferido de los cerdos.

2.2.5 Mejoramiento o reconstrucción de un pozo excavado:

Puede presentarse el caso ventajoso de mejorar o reconstruir un pozo en vez de construir otro nuevo.

Este mejoramiento o reconstrucción puede ser de menor o mayor magnitud, dando cabida a una o más de las siguientes actividades: 1) limpieza de fondo; 2) profundización; 3) construcción o reconstrucción del revestimiento; 4) 0 bras de protección sanitaria.

Deben observarse ciertas precauciones para entrar en los pozos existentes o abandonados, ya que pueden contener gases peligrosos o estar faltos de oxígeno. En pozos tapados, debe quitarse la tapa y dejar pasar varias horas antes de intentar penetrar en su interior. Una vela encendida, colocada en un balde, se baja con cuidado al fondo del pozo. Si la vela no se apaga significa que hay oxígeno y podrá introducirse la persona. En los primeros momentos del trabajo en el interior, debe tenerse cuidado de estar atento a cualquier indicación de auxilio del personal introducido. Como mayor precaución es conveniente

sujetar de una cuerda a la persona que penetre en el interior del pozo, contando con uno o más ayudantes, que faciliten el ascenso rápido a la superficie al notarse el primer síntoma de peligro.

2.2.6 Equipo mínimo requerido en la construcción de un pozo excavado:

Toda brigada de construcción de pozos excavados debe disponer del siguiente equipo y material de trabajo:

- Una pala de punta
- Dos palas, tipo "chancha"
- Una pala ancha (plana)
- Un pico o piocha
- Una barra de acero de \emptyset 1" x 5 pies
- Un martillo carpintero
- Un mazo de 4 lbs.
- Dos baldes de 3 galones
- Un cincel de acero de \emptyset 1" x 12"
- Tres piezas de madera de 4"x4"x3.5 m. cada una
- 1/2 kg. clavos de 5"
- 1/2 kg. clavos de 1"
- Un serrucho de carpintero
- Un nivel de albañil
- Una plomada
- Una garrucha (polea) de \emptyset 100 mm.
- 25 mts. de cordel de \emptyset 1/2"
- Un casco protector
- Un molde para losa de tapadera
- Un metro plegadizo de madera
- Una tapadera metálica para boca de inspección con su marco y candado.
- Un machete
- Hierros y niple para losa de tapa
- Dos cucharas de albañil de 8"
- Cemento, según requerimiento
- Material de revestimiento.

3. POZOS TALADRADOS

3.1 Descripción:

El esquema de la Fig. 14, representa el taladrado a mano de un pozo. El nombre proviene de la herramienta, taladro, con que se lo construye.

El taladrado puede efectuarse a mano o a máquina. En esta oportunidad nos referiremos al taladrado manual, dejando el de a máquina para tratarlo después, cuando se describa el de los pozos perforados.

Los pozos taladrados a mano son poco profundos, generalmente no más de 20 mts., debido al factor limitante del proceso manual, que se torna cada vez más dificultoso a medida que se profundiza el hoyo. Para mayor profundidad puede sustituirse el taladro por una cuchara (tubo) de percusión.

El diámetro de estos pozos construídos manualmente por lo general oscilan entre 4" y 8".

Este procedimiento se aplica ventajosamente en suelos arcillosos, limosos y areno-arcillosos, donde el hueco no se derrumba.

3.2 Construcción:

De inicio es ventajoso, empezar la excavación con una pala tipo "chancha" hasta aproximadamente unos 0.70 m. y luego seguir con el taladro.

Los taladros manuales (Fig. 15) vienen equipados con varias extensiones de la barra y con uniones. Estas extensiones se van agregando al taladro, desmontando el mango, el que después de cada nueva extensión se monta nuevamente.

El taladrado consiste en presionar la herramienta contra el fondo del hueco a la vez que se le imprime un movimiento giratorio, con lo que la cuchilla

ESQUEMA DEL TALADRADO A MANO DE UN POZO

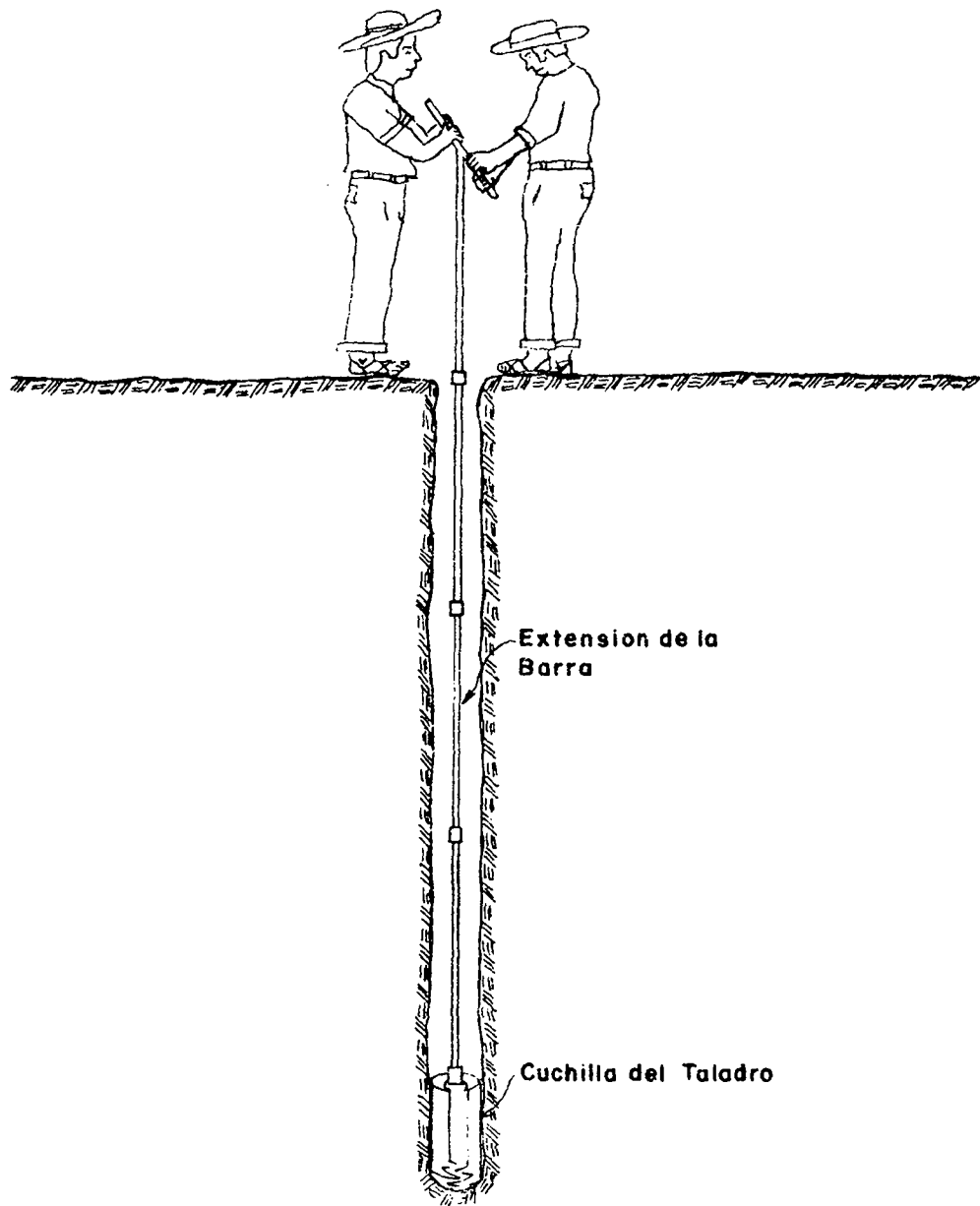
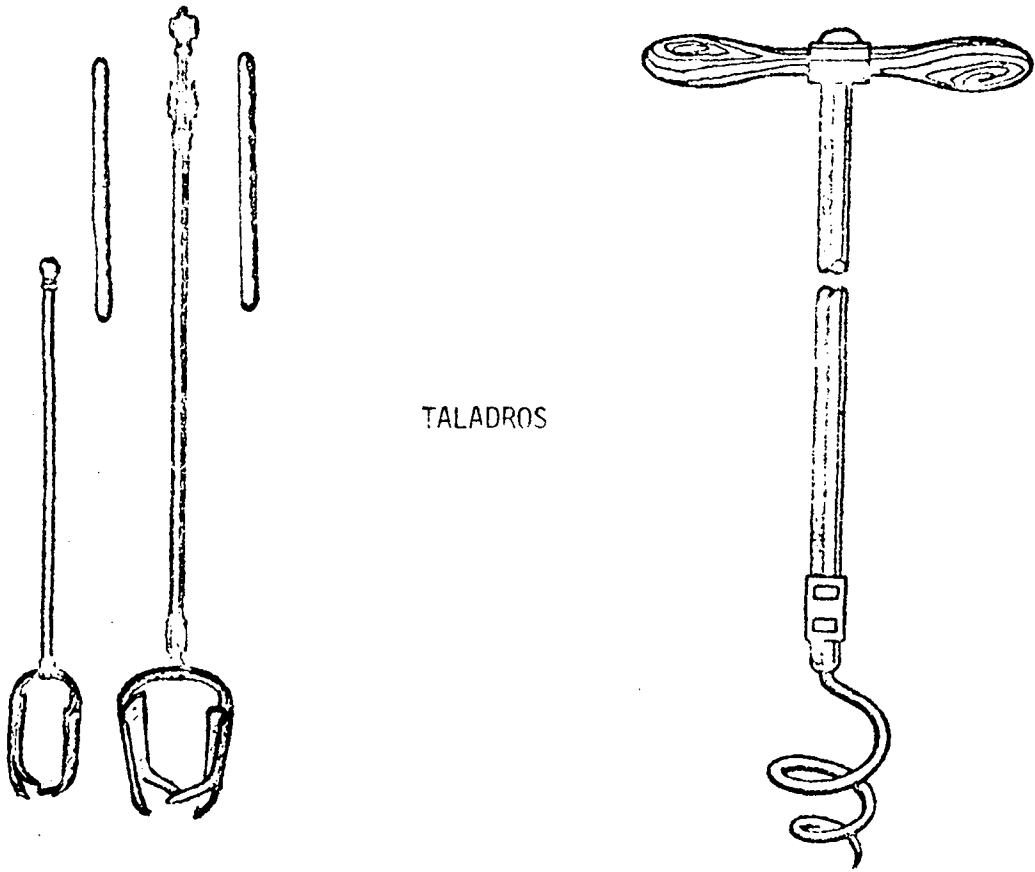
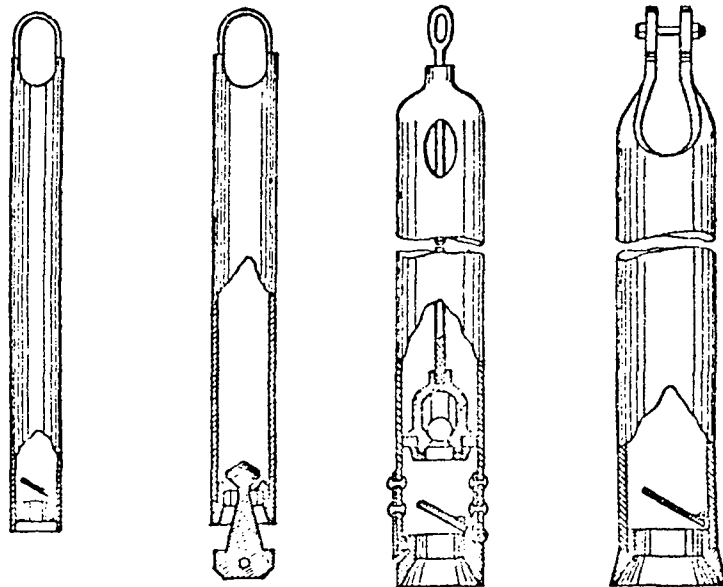


Fig. 14

TALADROS MANUALES Y ACHICADORES



TALADROS



ACHICADORES

Fig. 15

corta el suelo. En la medida que el taladro avanza, signo de que carga suelo en su interior, se saca a la superficie, para eliminar el material y volverlo a introducir para repetir el proceso.

Cuando se tropieza con canto rodado que impida el avance del taladro, sáquese éste a superficie, desmóntese la cuchilla y en su lugar se enrosca un taladro en espiral (Fig. 15). Esta herramienta se introduce en el hueco y se hace girar a la derecha. La espiral enroscará el canto rodado, permitiendo extraerlo. Colóquese de nuevo la cuchilla anterior y continúese la excavación. Si se tropieza con un canto rodado demasiado grande que el taladro en espiral no pueda extraerlo, debe abandonarse el pozo y comenzar en otro lugar.

Cuando el suelo es desmoronable puede aplicarse uno de los siguientes procedimientos: 1) introducir barro para favorecer la estabilidad de la pared del hoyo; 2) introducir tubo de revestimiento, sea de concreto o PVC, y continuar la perforación con un taladro de diámetro menor. En este caso debe perforarse la primera porción del fondo del tubo, en unos 5 pies, a fin de permitir el ingreso del agua al pozo; 3) sustituir el taladro por una cuchara o achicadora de percusión (Fig. 15) en cuyo extremo inferior tiene una válvula de retención del material recogido. También en este caso es conveniente emplear barro para mejorar la estabilidad de la pared del hoyo; ó 4) continuar con el hincado de una puntera, si es acuífero arenoso.

Cuando la excavación adquiere cierta profundidad, unos 15 pies, el uso de un trípode, equipado con garrucha (polea), facilitará el desplazamiento del taladro, sea para extracción del suelo excavado o para agregar extensiones a la barra.

El método del taladrado puede emplearse combinadamente con el del excavado, anteriormente descrito. Por ejemplo, cuando inicialmente se encuentra un suelo con cantos rodados y para el que fue preciso emplear el método de excavación a mano, es seguido por una capa de los tipos de suelo donde el taladro es aplicable, el empleo del taladro es ventajoso, pues con ello se logra economía de tiempo y costos.

En los pozos taladrados pueden emplearse equipos de bombeo con pistón abajo, dado que el diámetro del hoyo es por lo general de 4" ó más, mientras que el del pistón de las bombas manuales es de 2 1/2", por lo general.

3.2.1 Importancia de las características del suelo, para la construcción:

Las características de los suelos para los que se aplica este método, están dadas o definidas por la forma de la cuchilla de los taladros.

Dado que los taladros (Fig. 15) tienen aberturas laterales por donde penetra el material excavado, ellas no permitirán lo siguiente: 1) que ingresen cantos rodados de diámetros mayores a dichas aberturas y 2) que un material desintegrable, como la arena saturada, sea retenida dentro del taladro, pues ella se escurre por dicha abertura y consecuentemente al no poderse extraer del hoyo, no avanza la excavación.

Por lo expuesto, este método es solo aplicable en suelos arcillosos, limosos, areno-arcillosos y arenoso seco (no saturado de agua). Obviamente se descarta cuando se intercepta, un suelo rocoso, donde el taladro manual no tiene acción alguna.

3.2.2 Avance de la excavación en la zona freática:

Si el suelo es arcilloso o limoso no hay dificultad alguna, al contrario se favorece el avance, porque tales suelos con la saturación del agua, se tornan más blandos y además no se escurren por las aberturas del taladro.

Tratándose de suelo arenoso, la excavación se dificulta considerablemente y hasta puede imposibilitarse, dado que la arena saturada se escurre por las aberturas del taladro. En este caso habrá de recurrirse al empleo de arcilla. Se echa arcilla en el hoyo, por pequeña partida para cada avance. Esta arcilla al mezclarse con la arena adquiere una composición areno-arcillosa, que por su consistencia puede ser extraída por el taladro. En esta forma la excavación avanza aunque muy lentamente.

También puede recurrirse al empleo de una cuchara o achicadora de percusión, (Fig. 15), con válvula en su extremo inferior. Para ello se monta un trípode u otro dispositivo de suspensión, al que se instala una garrucha (polea), mediante la cual se desplazará, en su carrera de sube y baja, la cuchara. La cuchara retiene el material de excavación, mediante la válvula de su extremo inferior, que es vaciado de tanto en tanto en la superficie exterior.

Otro recurso podría ser, el de continuar en la construcción del pozo con el método del hincado o sea la de clavar una puntera.

3.2.3 Revestimiento:

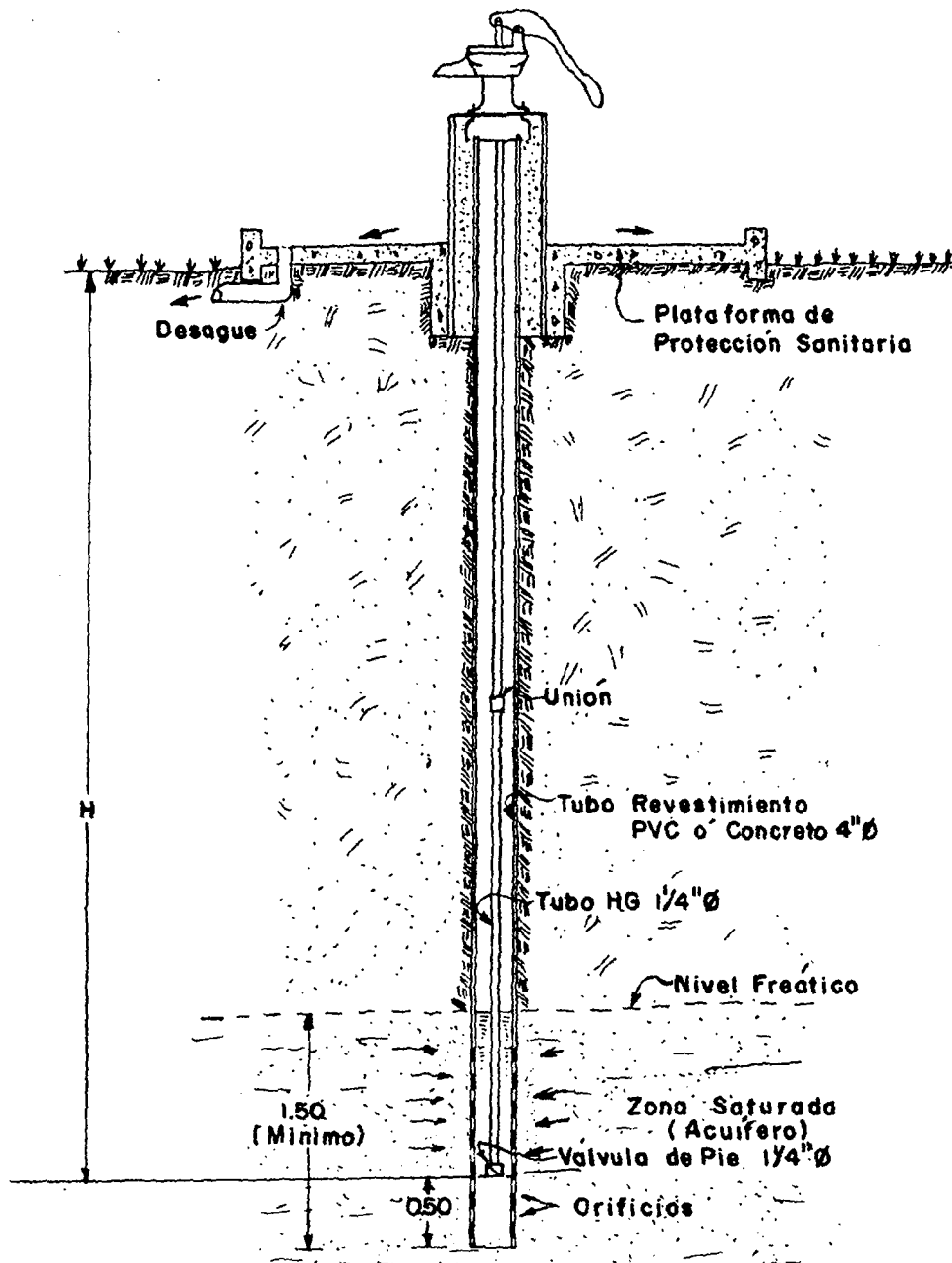
El revestimiento se hace con tubos de concreto o de PVC.

Tanto los tubos de concreto como los de PVC, deben perforarse en su extremo inferior que cubrirá el fondo del pozo, en la zona del acuífero, para permitir el ingreso del agua. La porción de tubo que debe ser perforada, depende del espesor alcanzado del acuífero, prefiriéndose un mínimo de 5 pies, para garantizar la cantidad de agua explotable con las bombas manuales. Las ranuras u orificios deben ser menores a 1/8" si no se usa empaque (relleno de arena gruesa entre el revestimiento y la pared del hoyo).

3.2.4 Acabado en la parte superior de un pozo taladrado:

Por el hecho de que todo pozo taladrado debe ser revestido para evitar sedimentación de derrumbes o desprendimientos parciales, aún de suelos arcillosos, existe una protección sanitaria del pozo. Sin embargo, por razones de instalación y protección del equipo de bombeo, debe colocarse en la zona de la superficie otro tubo de mayor diámetro, comprendiendo o envolviendo el tubo de revestimiento interior. El anillo o espacio, entre ambos tubos se rellenará de concreto o mortero de cemento. Finalmente se construirá una plataforma o piso protector, sobre elevado al terreno, con desagüe apropiado a fin de alejar los derrames. Las figuras Nos. 16 y 17, presentan el esquema de un pozo taladrado a mano y el diseño de una pila del mismo pozo.

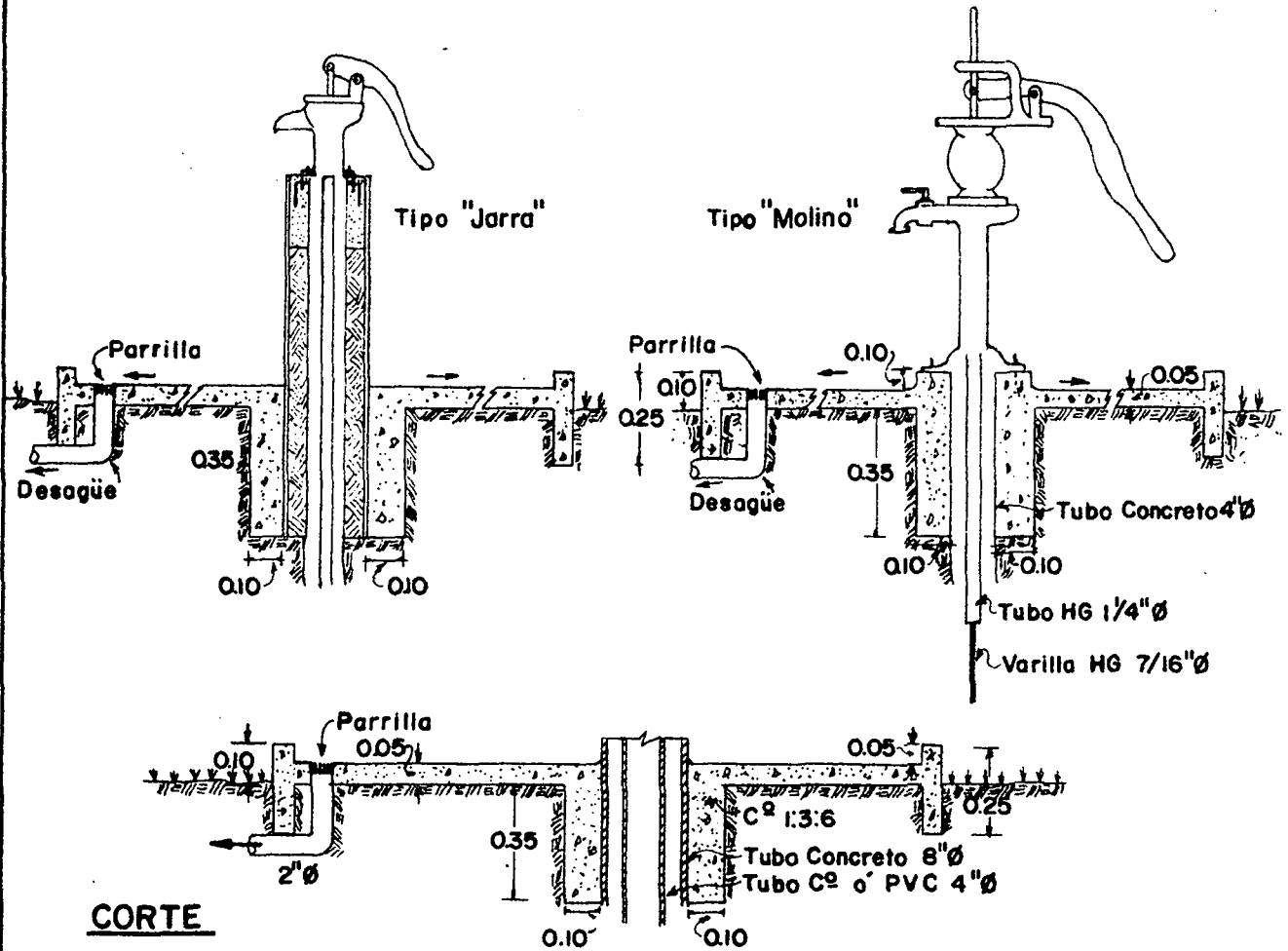
POZO TALADRADO A MANO



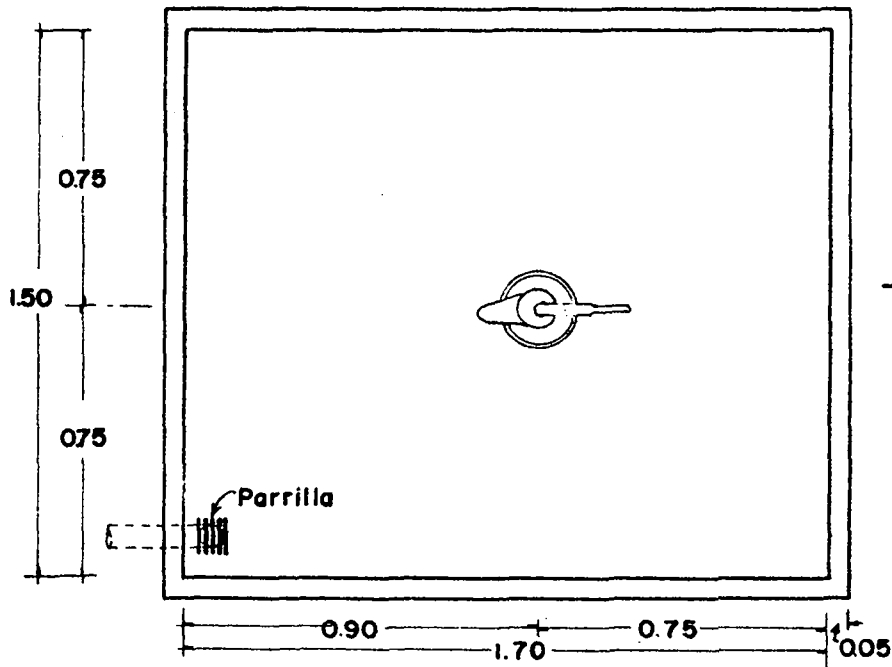
H ≤ 600 Mts. Usar Bomba Tipo "Pichel"
H > 600 Mts. Usar Bomba Tipo "Dempster"

Fig. 16

PILA DE UN POZO TALADRADO A MANO



CORTE



PLANTA

Medidas en Metros
Esc. 1/200

Fig.17

3.2.5 Equipo mínimo requerido en la construcción de un pozo taladrado:

Toda brigada de construcción de pozos taladrados debe disponer del siguiente equipo mínimo:

Un taladro de 4" y otro de 6"
Diez extensiones de eje ó barra, de 5 pies de largo c/u.
Una garrucha de 100 mm.
Un cordel de 1/2" x 25 mts.
Un cordel de 1/4" x 25 mts.
Tres cuartones de 3" x 3" x 2.50 mts.
Un metro de madera
1/2 kgs. de clavo de 5"
Una cuchara de albañil de 8"
Un nivel de albañil
Un martillo de carpintero
Una plomada de albañil
Dos llaves de tubo de 12"
Cemento, 2 bolsas
Tubería de revestimiento, según requerimiento.

4. POZOS DE CHORRO

4.1 Descripción:

El esquema de la Fig. 18 representa un equipo de perforar a chorro.

En este método de perforación, el hueco se hace mediante la fuerza de un chorro de agua de alta velocidad. El chorro afloja el material sobre el cual actúa y lo hace rebalsar fuera del hueco.

La técnica para construir un pozo por este medio, varía de acuerdo con el equipo disponible. En general, se pueden emplear tres procedimientos: 1) uso de un chorro con boquilla de perforar; 2) lavado a presión dentro del tubo

ESQUEMA DE UN EQUIPO DE PERFORAR A CHORRO

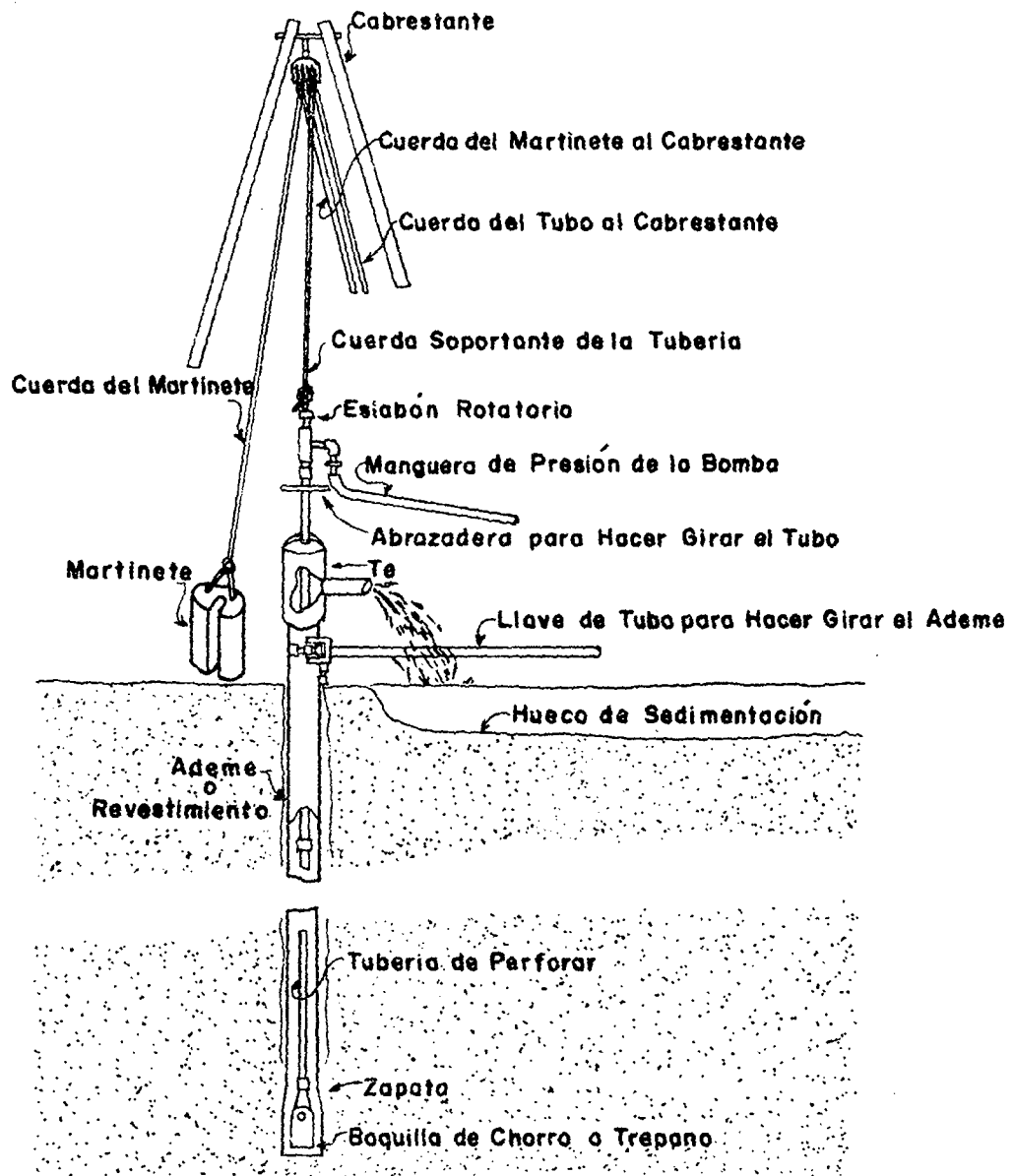


Fig. 18

de revestimiento, y 3) hundiendo una puntera con su propio dispositivo para la aplicación del chorro.

4.2 Construcción:

El tubo con el que se trabajará para hacer el hueco, debe tener en el borde de su extremo inferior, cortes en forma de dientes, para facilitar el avance de su introducción.

En el extremo superior del tubo se colocará un tapón con conexión para manguera, a la que se fijará el extremo de la manguera de la bomba.

Las acciones siguientes de perforación son: 1) se suspende el conjunto tubo-manguera, verticalmente por medio de un trípode; 2) se deja apoyar, el extremo inferior del tubo en la superficie del terreno, preferiblemente en el fondo de un hoyo previamente hecho con pala, y 3) se hace funcionar la bomba de chorro a plena carga. El tubo se llenará de agua y empezará a hundirse bajo su propio peso, a medida que va ocurriendo el lavado del material del fondo.

El trípode debe mantener suficiente tensión en el tubo para obligarlo a descender verticalmente. Si se opone alguna resistencia al descenso del tubo, éste puede levantarse 2 ó 3 pies y luego se lo deja caer.

Se pueden emplear llaves de cadena para hacer girar el tubo de manera que los dientes de su extremo corten en el fondo del hueco.

Si se va a introducir más de un tramo de tubo, tanto el hueco como el primer tramo deben mantenerse llenos de agua todo el tiempo, mientras que se agrega otro tubo y se conecta la bomba. En esta forma, se mantiene presión del agua contra las paredes del hueco, que impide los derrumbes.

Una vez introducido el tubo hasta la profundidad requerida, se suspende el bombeo y se quita el tapón del extremo.

También puede emplearse puntera con chorro propio, cuyo extremo inferior está provisto de un dispositivo que cierra por sí solo el fondo.

4.2.1 Importancia de las Características del suelo para la construcción:

El método de perforación a chorro es más efectivo en suelos arenosos; las formaciones de rocas y piedras sueltas, son barreras insuperables para este método. Las formaciones de arcilla y de arcilla compacta también presentan problemas.

4.2.2 Revestimientos:

Para el revestimiento del pozo, se puede emplear la misma tubería que sirvió para la perforación. Si se emplea la misma tubería de perforación, se procederá a: 1) quitar el tapón con conexión para manguera, colocado en el extremo superior de dicha tubería; 2) introducir una rejilla hasta que alcance el fondo; 3) retirar el tubo de perforación hacia afuera hasta que la rejilla quede en contacto con el acuífero, y 4) cortar la parte superior del tubo a una altura de un pie (0.30 m.) más arriba de la superficie del suelo.

Si se emplea otra tubería, distinta a la de perforación, se procederá a 1) conectar la tubería, prevista para revestimiento, a la rejilla antes de introducirla; 2) cuando el conjunto de rejilla y tubería haya alcanzado el fondo del pozo, sáquese todo el tubo con que se perforó.

En ambos casos, se introducirá por el espacio comprendido entre la tubería de revestimiento y la pared del hoyo, grava u otro material granular, de manera a cubrir la zona de la rejilla y un pie más arriba de ella, completándose con material impermeable (arcilla o concreto) hasta la superficie.

4.2.3 Acabado de la parte superior de un pozo de chorro:

Como se indicó más arriba, la tubería que se acoplará a la rejilla terminará un pie por sobre la superficie del terreno, alrededor de este saliente se

construirá una plataforma de 1.5 m. de radio, con su desagüe correspondiente para protección sanitaria del pozo.

4.2.4 Equipo mínimo requerido en la construcción de un pozo de chorro:

La brigada de construcción de pozos de chorro dispondrá del siguiente equipo mínimo:

- Un trípode
- Trépanos o boquillas o tubo de perforación
- Bomba
- Eslabón giratorio
- Agua para perforar a chorro
- Llaves de cadena
- Juego llaves de tubo
- Cuchara de albañil
- Tarraja con juego de dados
- Sierra corta tubo.

5. POZO HINCADO

5.1 Descripción:

El esquema de la Fig. 19, representa un pozo hincado.

Los pozos hincados de pequeño diámetro son construídos clavando una puntera en el terreno, y agregando secciones de tubería. La puntera consiste en un tubo perforado o una rejilla con una punta de acero en su extremo inferior. Deberá ser clavada a una profundidad mayor que la del nivel freático. Se usan secciones de tubo de hierro galvanizado de 5 y 6 pies de longitud para acoplar a la puntera y que sirven a la vez de tubo definitivo del pozo terminado. Las punteras son generalmente de 1 1/4" a 2" de diámetro. (Fig. 20).

El tubo de diámetro pequeño necesario para construir estos pozos es li

ESQUEMA DE UN POZO HINCADO

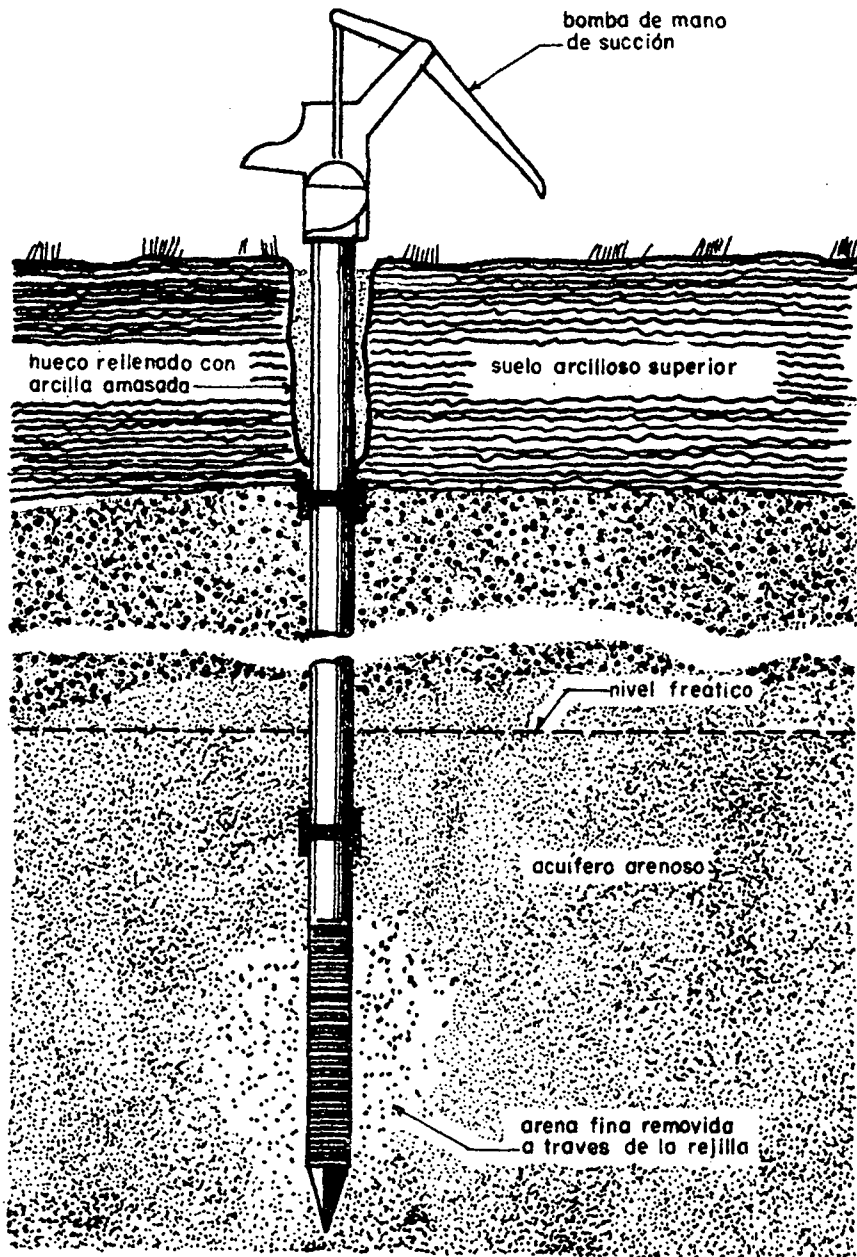
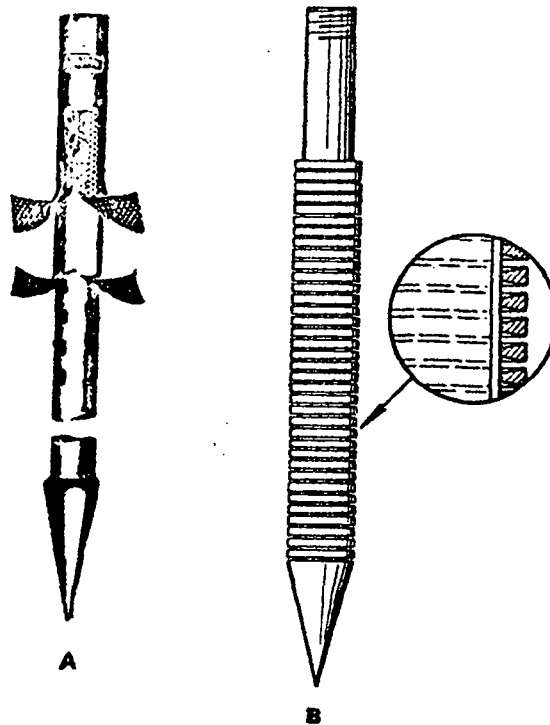


FIG. # 19

PUNTERAS DE HINCAR TÍPICAS



- A: Puntera de hincar con filtro de tipo corriente, de menor costo y rendimiento del filtro.
- B: Puntera de filtro especial, de mayor costo y rendimiento del filtro.

Fig. 20

viano, portátil y de fácil manejo para métodos manuales. También se construyen pozos de mayor diámetro, hasta de 4". El tubo de diámetro mayor usado en estos pozos, aunque más pesado y difícil de clavar, tiene la ventaja de que permite la colocación de bombas de pozo profundo.

5.2 Construcción:

Si bien el hincado de la puntera puede realizarse manualmente dando golpes con un mazo, es ventajoso utilizar un trípode y un peso que hace de martinete.

El trípode puede constituir tres lances de tubos de hierro galvanizados de \emptyset 2", reunidos uno de sus extremos en los vértices de una plancha o armadura triangular. En el centro de la plancha o de la armadura, estará sujeta una polea (garrucha) que permitirá subir y bajar el peso que golpeará el tubo de penetración. (Fig. 21).

El martinete o peso de golpeteo se puede fabricar con tubo de 6" de hierro galvanizado con relleno, de suerte que tenga un peso de 30-50 lbs.

Para la construcción, por razones de rapidez en el hincado, es ventajoso iniciar el hueco con una pala tipo "chancha" hasta una profundidad de aproximadamente un metro y luego proseguir con el hincado propiamente dicho.

Si para el hincado se emplea el equipo de trípode y martinete, se procederá con la siguiente secuencia: 1) se monta el trípode en el lugar elegido para la ubicación del pozo; 2) se levanta el martinete por medio de una cuerda enlazada a la polea o garrucha; 3) una vez que el martinete se haya suspendido y deja de moverse, se le suelta para marcar en el suelo el centro de sus futuros golpes; 4) se separa el martinete a un lado; 5) en la marca de centro, dejada en el suelo por el martinete, se excava el hoyo con una pala tipo "chancha", hasta hasta un metro aproximadamente de profundidad, si no se dispone de estas herramientas se prescinde de esta secuencia; 6) se une la puntera a una de las secciones de 5 pies del tubo, por medio de una unión o camisa, cuidando de untar previamente las roscas con permatex u otra sustancia lubricante similar; 7) se

ESQUEMA DE UN EQUIPO DE HINCADO

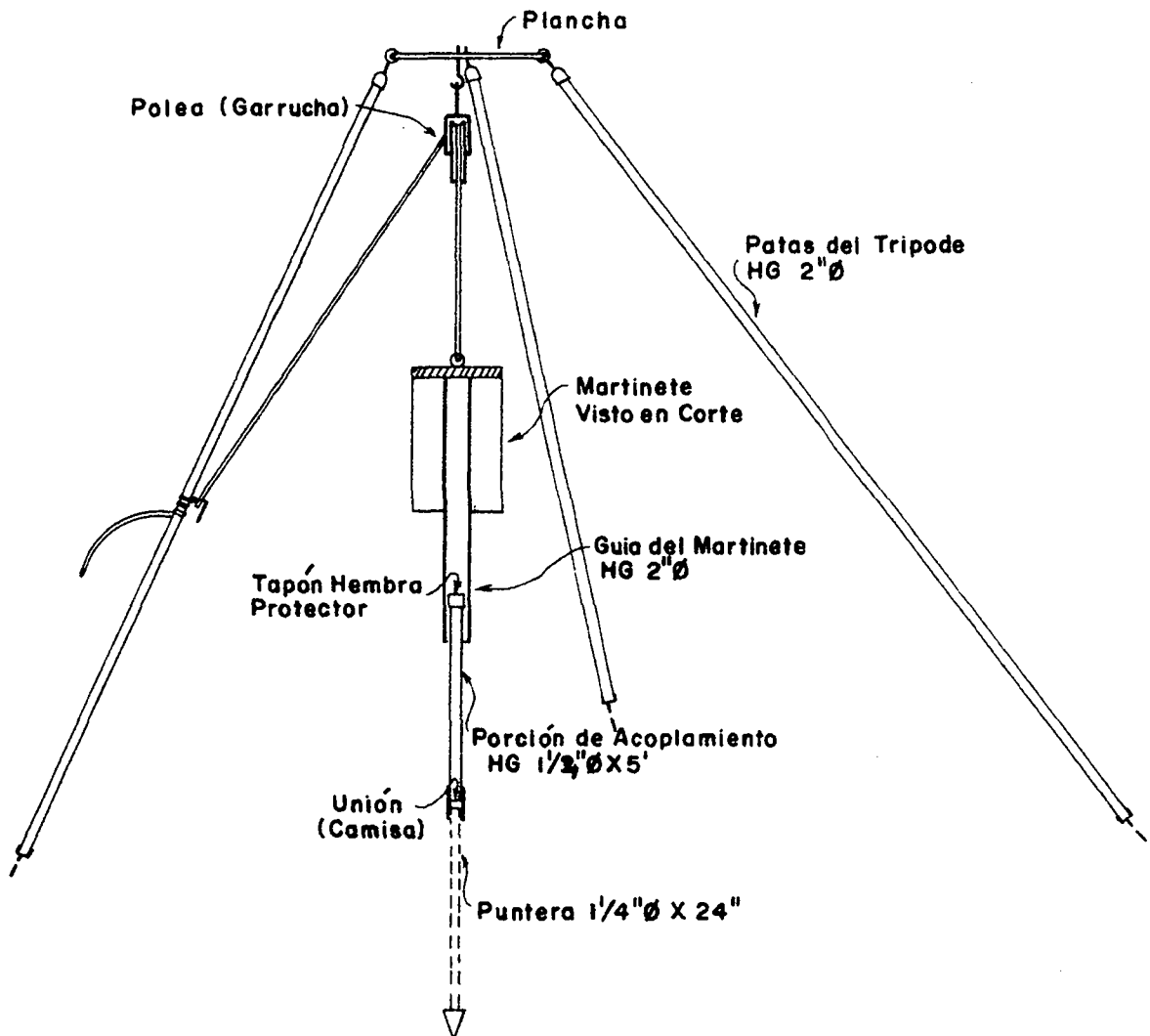


Fig. 21

levanta nuevamente el martinete hasta una altura aproximada de 1.50 m.; 8) se coloca la puntera y su acoplamiento, en la guía del martinete; 9) manteniendo firme y sin movimiento oscilatorio el martinete, se deja caer la puntera en el hueco, ésto a fin de que martinete y puntera estén centrados para los futuros golpes; 10) con un nivel, se verticaliza la puntera; 11) se hace coincidir la guía del martinete con el tubo de la puntera, introduciendo la guía unos 15 cms. en el tubo; 12) se verifica la verticalidad del conjunto; 13) se inicia el golpeteo del martinete, mediante desplazamientos verticales de unos 0.60 m. en cada movimiento y dejándose caer; 14) una vez hincada la primera sección de 5 pies, se agrega la segunda, siguiendo el procedimiento anterior, que se repite, hasta llegar a la profundidad deseada; 15) a medida que se va hincando, con una llave, debe darse un movimiento al tubo, en el sentido del roscado, ya que con los golpes se aflojan las uniones. Además debe verificarse y mantenerse la verticalidad del tubo.

Con el objeto de facilitar el hincado, puede untarse exteriormente las secciones del tubo, con grasa ó aceite quemado ó verter agua en su interior a medida que avanza la penetración.

Por medio de una plomada, introducida por el interior del tubo de tanto en tanto, se detectará si se alcanzó el acuífero y si así fuera, se conocerá cuánto se penetró en él, para con ello decidir, el continuar o nó con el hincado.

En terreno suave, la velocidad de penetración puede ser de 2 a 3 pulgas por golpe. La arcilla extremadamente compacta, resulta difícil de penetrar.

El éxito en la construcción de esta clase de pozo, depende de la cuidada observación y correcta interpretación de ciertos aspectos del trabajo, mientras se hace la operación de hincado.

A continuación daremos algunos de esos aspectos y que son:

a) El clavado en arena o en arcilla compacta, frecuentemente se facilita con la inyección de agua en el tubo o alrededor del mismo.

b) La profundidad de hincado, que se logra en cada golpe es un indicador lógico de la característica de la capa que se va atravesando y del obstáculo que se encuentra. Cuánto más suave es ella, penetra más profundamente la puntera, y de encontrar un obstáculo (canto rodado) se siente un ruido metálico y un rebote del martinete.

c) Cuando la puntera alcanza una formación acuífera, aumenta la velocidad de descenso, hasta 6 pulgadas por golpe; aunque en arenas finas, la penetración por golpe puede ser poca y hasta nula.

d) Cuando se sospecha que la puntera ha penetrado en el acuífero, el hincado debe suspenderse y bajarse una plomada en el pozo, por el interior del tubo, para determinar la profundidad del nivel de agua. Si el nivel de agua se mantiene arriba de la puntera y a más o menos 20 pies de la superficie, se instala provisionalmente una bomba manual del tipo "pichel" para probar el rendimiento del pozo. Si resulta satisfactorio, se procede a la instalación definitiva de la bomba y a su limpieza mediante un bombeo continuado hasta que clarifique el agua.

Algunas veces el levantar o "bajar" la puntera un pie o más, hace que un largo mayor de rejilla, esté en contacto con el acuífero y consecuentemente, se obtiene un mayor caudal de agua.

e) Aunque el sitio para el pozo haya sido bien seleccionado, el acuífero bien penetrado y la presencia del agua verificada con exactitud, un pozo puede fallar al principio, debido al material que se halla alrededor de la puntera, obstruyendo la rejilla con partículas finas, las cuales pueden y deben ser removidas por medio de un desarrollo (bombeo continuado). Estas arenas o partículas finas pueden penetrar en la puntera parcialmente, dificultad que puede vencerse con el uso de una bomba de mano para punteras. (Fig. 22). Por lo tanto, es posible bombear por un rato, para permitir una recirculación del agua en el pozo. Haciendo esta operación sucesivamente varias veces se produce una agitación en las aberturas de la rejilla; aunque el flujo sea pequeño al principio, la agitación tiende a remover el material fino que obstruye la rejilla y atrae la arena fina hacia el pozo. Este material fino es traído a la superficie

ESQUEMA DE UNA BOMBA MANUAL PARA DESARROLLAR UN POZO HINCADO

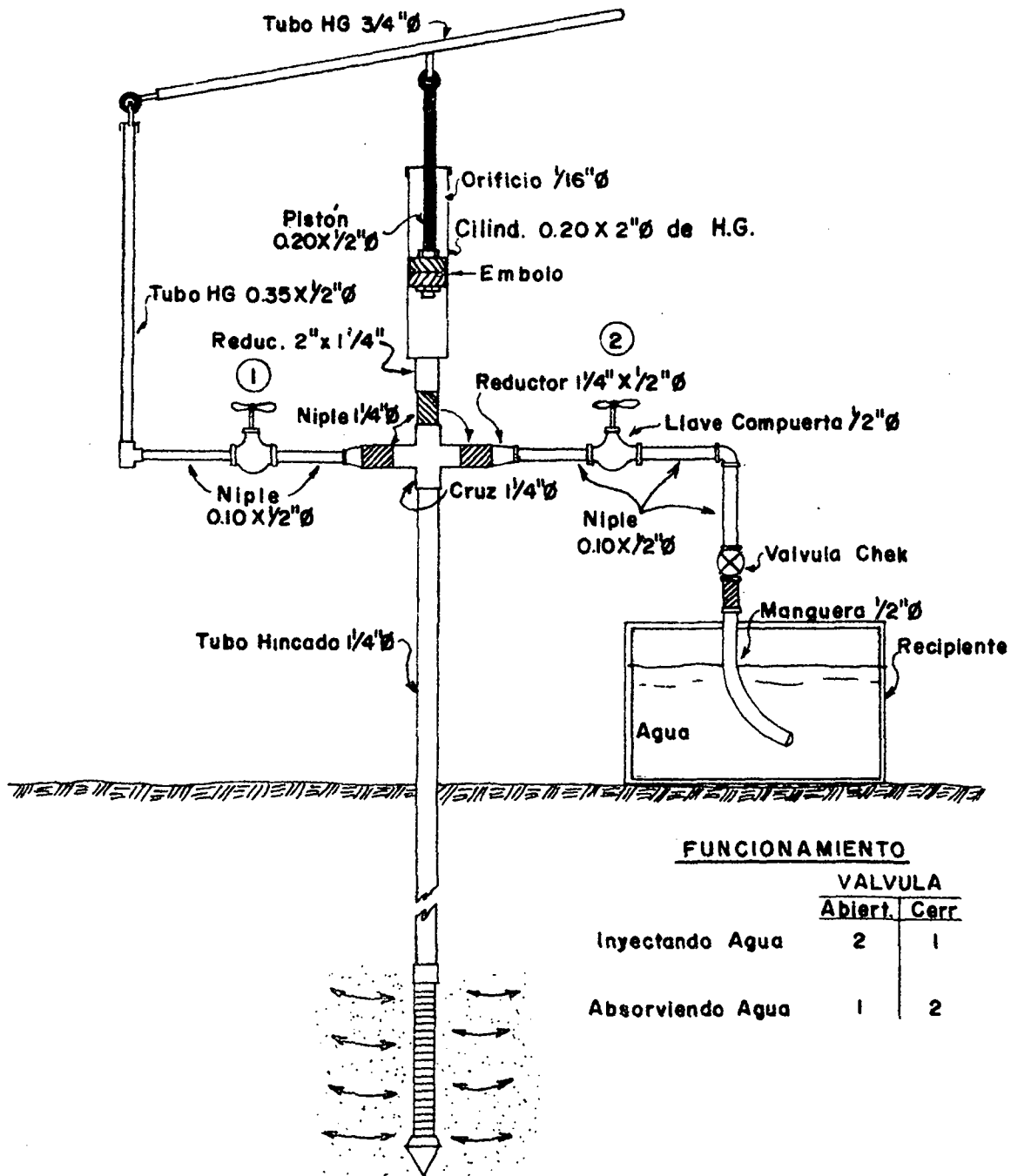


Fig. 22

por medio del bombeo continuo por varios minutos. El pozo estará listo para usarse una vez que haya sido suficientemente bombeado de agua clara.

f) Si todos los sedimentos no pueden ser traídos a la superficie por medio de bombeo, puede usarse uno de los métodos siguientes:

1) Bájense al pozo una serie de secciones de tubo de 3/4" de diámetro con su extremo inferior descansando en el sedimento. Sujétese el tubo en esa posición y acóplese una bomba de mano en su extremo superior. Bombéese agua por este tubo. El sedimento será levantado hasta la superficie a través del tubo de 3/4" y el hincado.

2) Introdúzcase un tubo de 3/4" de diámetro y llénese el tubo hincado con agua. Levántese y bájese el tubo de \varnothing 3/4" bruscamente. Manteniendo el de do pulgar en el tubo de 3/4" de diámetro en el movimiento hacia arriba y quitán dolo en el movimiento hacia abajo, saldrá un chorro de agua fangosa en cada bajada del tubo. Cuando el agua salga limpia, puede entonces usarse el pozo.

g) Cuando por alguna causa, se haya fracasado en la construcción del pozo, debe recuperarse el material hincado (puntera y tubo), para lo cual basta amarrar el tubo a la cuerda de la polea (garrucha) y estirarlo hacia afuera. El hacer girar el tubo con las llaves, siempre en el sentido del roscado, puede ayudar a la extracción.

5.2.1 Importancia de las características del suelo, para la construcción:

Dado que la construcción de este tipo de pozo se basa en el avance de la puntera, ésto no se puede lograr cuando se topa con un cuerpo duro (canto ro dado, roca). De ahí que el método no es aplicable en suelos donde se encuentran tales materiales duros.

En suelos arcillosos, se presenta el inconveniente del entupimiento de la rejilla como consecuencia del roce en el avance de la puntera.

Los suelos arenosos de grano medio y grueso son ideales para el hincado.

Un factor limitante para el caso de hincado de tubos de pequeño diámetro 1 1/4"-2" es la profundidad del nivel de agua (freático), porque al no permitir la introducción en su interior de cilindros de embolos que tienen diámetros de 2 1/2" o más, solo puede succionarse el agua haciendo vacío en el tubo, por medio de una bomba tipo "Jarra", cuyo émbolo se encuentra arriba, en la superficie. De manera que tratándose de pozos hincados de menos de 2" de diámetro, a más de la limitación del tipo de suelo (que no debe tener material duro), se requiere que el nivel de agua nunca se encuentre a más de 20 pies de profundidad.

5.2.2 Revestimiento:

En este tipo de pozos el revestimiento lo constituye el mismo tubo hincado, que a la vez sirve tanto de revestimiento como de succión.

5.2.3 Acabado de la parte superior de un pozo hincado:

Al hincar el último pedazo o sección de 5 pies de tubo, debe cuidarse porque éste no penetre totalmente, sino que quede una porción de 0.65 m. por sobre la superficie del suelo. Con ello terminó el proceso del hincado. Seguidamente se procede a lo siguiente: 1) excavar un hueco de 0.50 m. de diámetro por 0.35 m. de profundidad alrededor del tubo hincado; 2) se excava para el marco perimetral de la plataforma, colocándose las formaletas correspondientes para el fundido de la losa; 3) se colocan el tubo de concreto de Ø 8"; 4) se procede al fundido de la losa; 5) se vierte tierra dentro del tubo de concreto de Ø 8", apisonando bien por capas de 0.15 m. hasta 0.30 m. del extremo superior; 6) el relleno de los 0.30 m. finales del tubo de Ø 8" se hace con mortero 1:6 cuidando de incorporar en él la base metálica de la bomba "Jarra", que quedará a rás del borde del tubo de Ø 8"; 7) se vierte una cucharada sopera de hipoclorito de calcio (HTH) dentro del tubo hincado y se tapona; 8) a las 48 horas, se quita el tapón y se coloca la bomba "Jarra", bombeándose luego hasta desaparecer el olor a cloro que hubiere (ver Fig. 23).

5.2.4 Equipo mínimo requerido en la construcción de un pozo hincado:

PILA DE UN POZO HINCADO

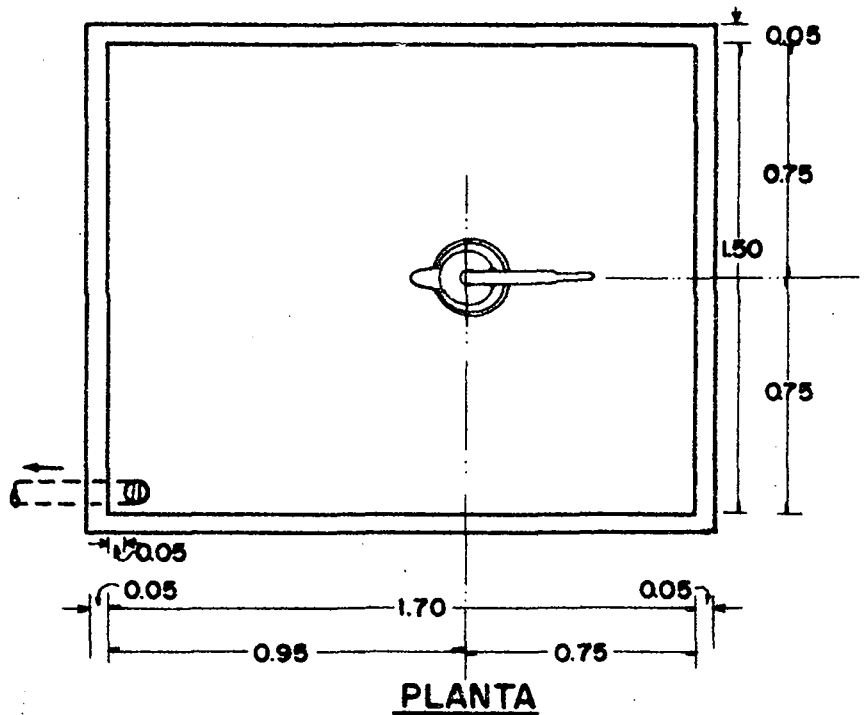
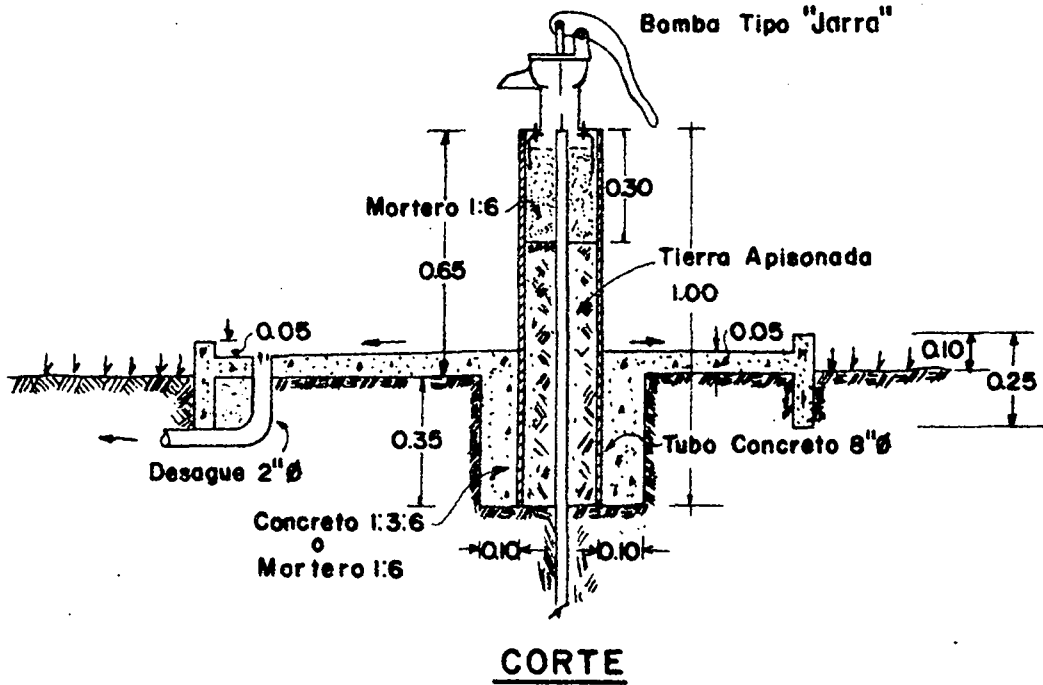


Fig. 23

Medidas en Metros
Esc. 1/200

La brigada de construcción de pozos hincados, dispondrá del siguiente equipo mínimo:

Conjunto de trípode y martinete
Secciones de 5 pies de tubo H⁰G⁰ Ø 1 1/4"
Uniones de H⁰G⁰ Ø 1 1/4"
Un nivel de albañil
Dos llaves de tubo de 12"
Permatex
Bomba tipo "pichel"
Cuchara albañil de 8"
Un codo de cerámica o concreto o PVC. Ø 2"
Una sección de tubo de PVC. Ø 2" x 2m.
Un tubo concreto Ø 8" x 1.00 m.
Una bolsa de cemento
Una rejilla de piso de 0.10 m. x 0.10 m.

5.3 Punteras

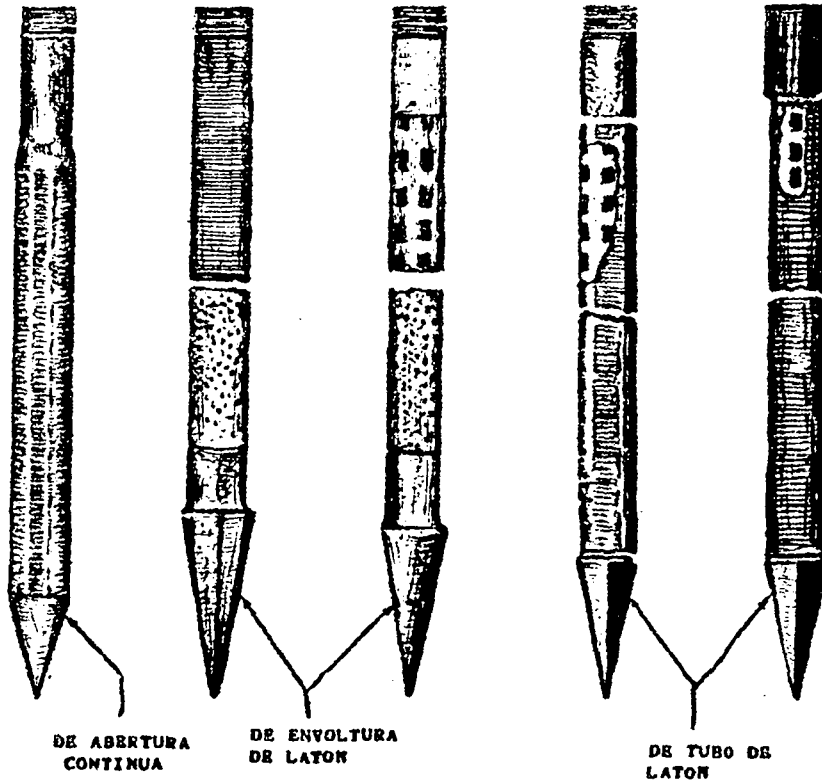
En la Fig. 24 se indican varios tipos de punteras.

Dado que la adecuada selección de las punteras constituye un factor de éxito en los pozos hincados, se expondrán algunos conceptos complementarios a los ya expuestos anteriormente.

a) Existe una gran variedad de tipos, tamaños y diámetros de punteras. Las más comunes son de 1 1/4" y 2" de diámetro por 24" y 30" de largo. La puntera de ranura contfua, tiene una rejilla con aberturas horizontales. Está hecha de una sola pieza soldada y no tiene en su interior tubo alguno perforado que pueda restringir el área de admisión.

b) El tipo de envoltura de latón consiste en un tubo perforado envuelto por una malla de alambre. La malla está cubierta con una lámina de latón perforado.

TIPOS DE PUNTERAS Y CALIBRACION DE ORIFICIOS



NUMERO DE ABERTURA

NUMERO DE MALLA

6		90
7		80
8		70
10		60
12		50
15		
18		40
20		
25		30
35		20
50		

NUMEROS DE ABERTURA TÍPICOS Y SU EQUIVALENCIA EN NUMEROS DE MALLA.

Fig. 24

Como se necesita que el tubo sea fuerte, el número y tamaño de los huecos está limitado. Estos huecos, salvo la obstrucción ofrecida por el latón, proporcionan el área efectiva de admisión en este tipo de puntera.

c) El tipo de tubo de latón, consiste en un tubo de material, que forra a otro de acero. Este tipo ofrece una construcción más resistente y su área de admisión es casi igual a la del anterior.

d) Todas las punteras tienen, tanto las puntas como el acoplamiento para el tubo, hechas de acero fundido o forjado. Las de tipo con envoltura de latón llevan una punta más ancha que el cuerpo, con el objeto de desplazar la grava y las piedras y evitar así la rotura o deterioro de la envoltura.

e) En la puntera revestida con malla, el tamaño de las aberturas se especifica por número de malla. Los números más corrientes son 40, 50, 60, 70 y 80 (números de abertura por pulgada lineal).

f) En punteras de tipo de ranura continua, el tamaño de la abertura se especifica con el número que corresponde al ancho de aquella en milésimas de pulgada.

El # 10 es 0.010", etc. Ver Fig. 24.

g) Para hacer un pedido deben indicarse: 1) material de que está fabricada; 2) diámetro y largo en pulgadas; 3) número de malla o tamaño de orificio.

h) Una puntera de abertura No. 10 equivalente a la de número de malla 60, se acomoda a la generalidad de los suelos. Si el suelo fuera de arena muy fina, que exigiera ranura menor, bastará con hacer un pozo taladrado y en la zona del acuífero, se coloca la puntera rodeada de una capa o empaque de arena media, que hará de colchón y así funcione bien la rejilla de la puntera.

Se indica esta solución; ya que en los programas rurales, modestos en

recursos de todo tipo, no será usual el disponer de varios tipos de punteras, si no más bien el adoptar uno acondicionado al suelo fino más generalizado.

5.4 Pozos hincados múltiples:

Los pozos hincados pueden emplearse ventajosamente construyéndolos cer canos uno de otro e interconectados por su parte superior, para ser explotados conjuntamente, por medio de una sola bomba de succión, tal como se muestra en la Fig. 25.

Esta modalidad se presta particularmente para las zonas costeras de mar, donde los acuíferos de agua dulce son superficiales, de almacenamiento generalmente limitado, se encuentran por sobre los de agua salada y debe evitarse la succión de estas últimas para no contaminar el acuífero superior de agua du ce.

6. PROCEDIMIENTOS MULTIPLES EN LA CONSTRUCCION DE UN POZO RASO:

En la descripción de los métodos anteriores de construcción de pozos rasos, se indicó la ventaja de la aplicabilidad de cada uno de ellos, según las características del sub-suelo.

Si no existiere información previa confiable acerca del sub-suelo es ventajoso iniciar con el método del taladro a mano, por lo siguiente: 1) en la medida que avanza el taladrado, se obtienen muestras del suelo; 2) es de aplica ción simple y rápida; 3) permite conocer la profundidad del nivel freático; y 4) puede aprovecharse el pozo de prueba como pozo definitivo.

Para el caso de aplicación combinada de los procedimientos descritos, supongamos que en el sub-suelo se encuentre una capa intermedia de pedrones o roca y luego la zona acuífera en suelo arenoso de alta permeabilidad. En este supuesto habrá de emplear el método de excavación hasta atravesar la capa de pe drones o de roca, donde no resultan los métodos de taladrado manual ni del hincado, para luego aplicar el método del taladrado y finalmente el del hincado. En

POZOS HINCADOS MULTIPLES

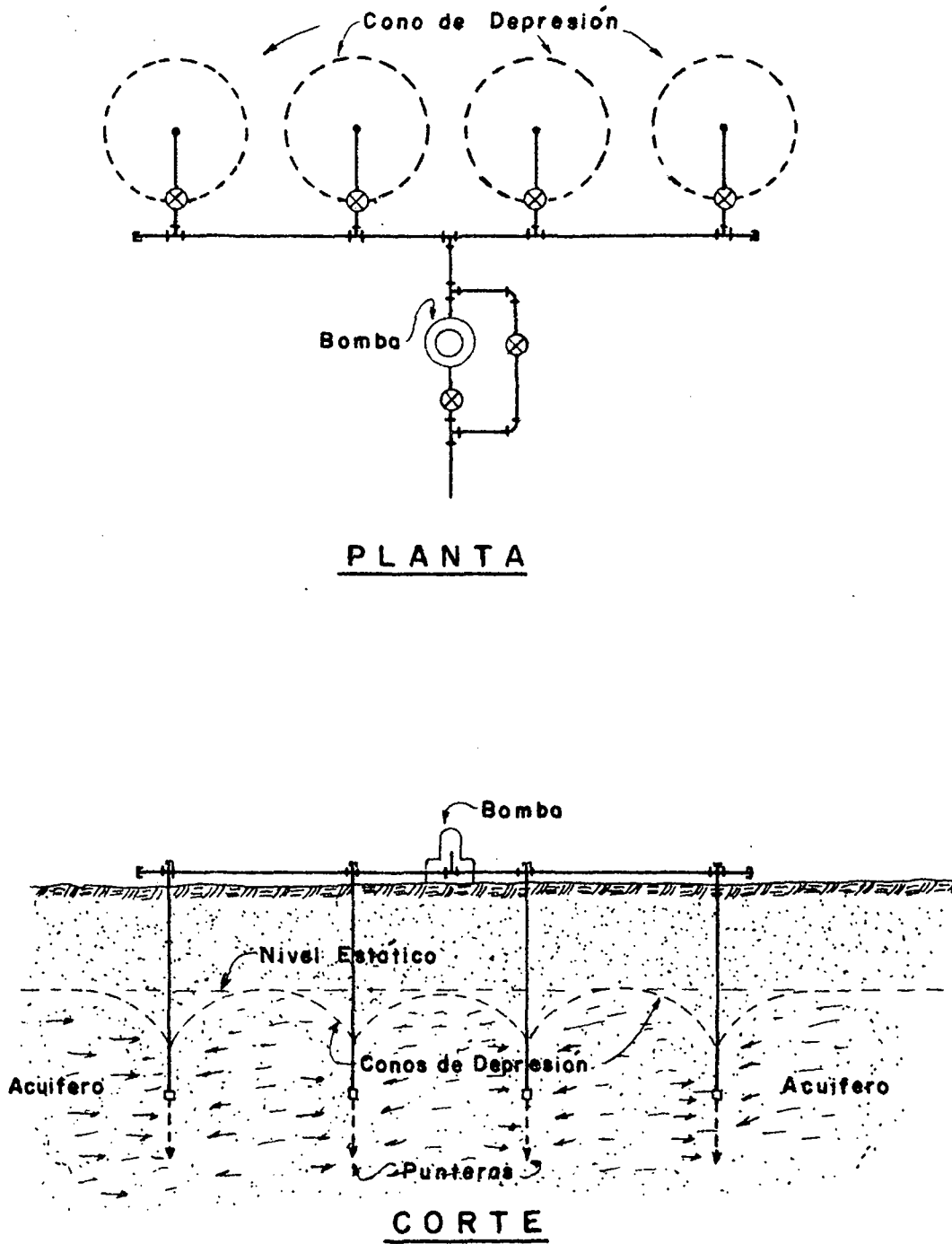


Fig. 25

PROCEDIMIENTO MULTIPLE EN LA CONSTRUCCION DE UN POZO RASO ESQUEMA

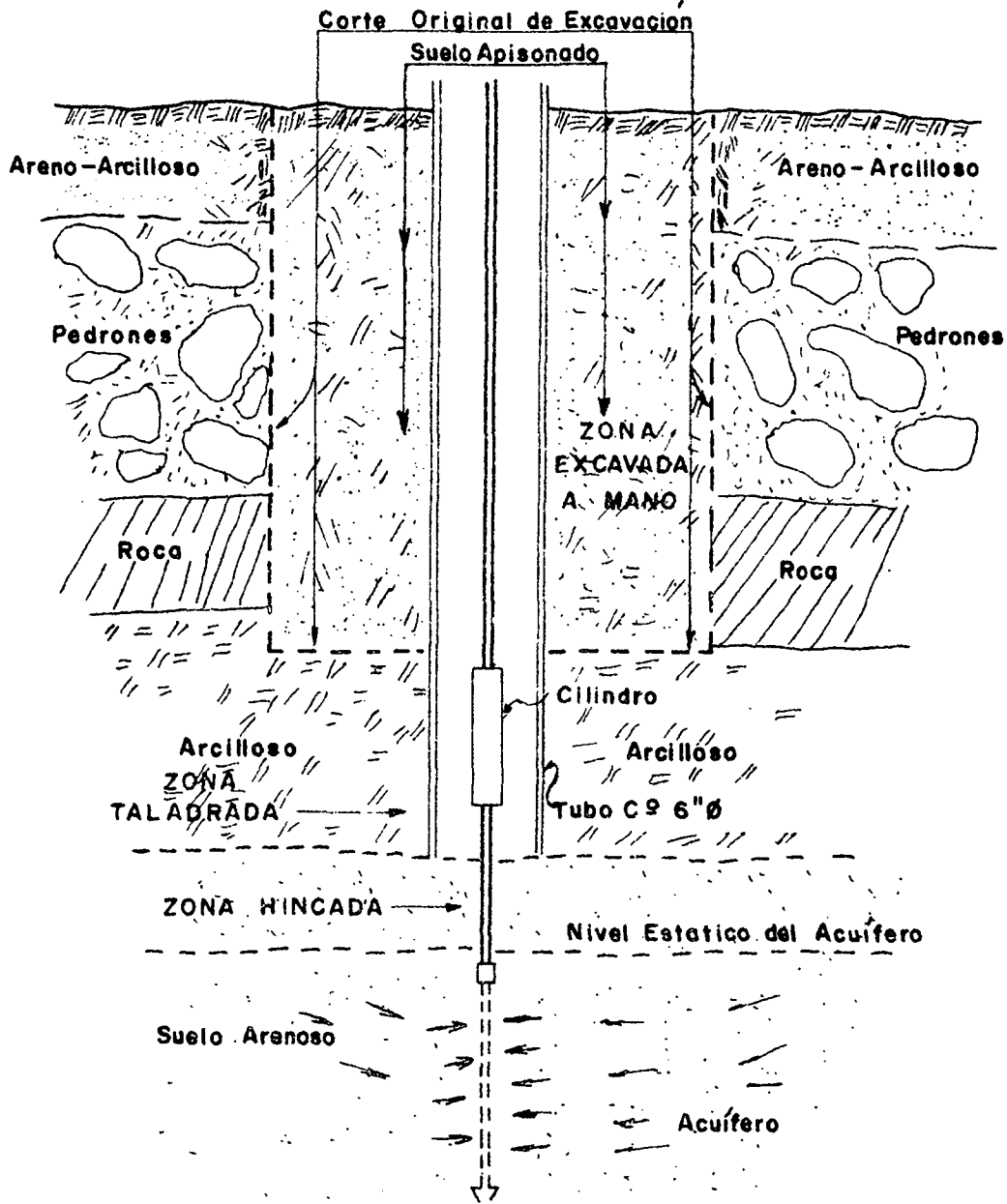


Fig.26

esta combinación de métodos se logra economía significativa sobre la solución única del excavado, de haberse empleado.

La Fig. 26 presenta el esquema del procedimiento múltiple para el caso supuesto.

7. POZO PERFORADO:

7.1 Descripción:

Los pozos perforados son de pequeño diámetro, por lo general de 4"-12" no permitiendo consecuentemente la introducción del personal para la excavación del hueco. La labor se ejecuta con equipos especiales, sean manuales o mecánicos, siendo éstos últimos los usados preferentemente por su mayor alcance y efectividad.

Los pozos hincados y taladrados, tratados anteriormente, podrían incluirse en el grupo de pozos "perforados" por el hecho de que tienen pequeño diámetro y son construídos por equipos especiales; pero a los efectos del presente manual, no los consideramos como tales, por reservar la clasificación de "pozos perforados" a los que son construídos por equipos mecánicos, y cuyo hueco tiene profundidad tal, que permite captar las aguas de dos o más estratos acuíferos.

Por otra parte estando dirigido el presente manual a programas de pozos rasos (poco profundos) no justifica tratar sino en forma general, a título ilustrativo, acerca de los "pozos perforados", para complementar la información del personal en lo referente a la explotación de las aguas subterráneas.

Con la aclaración precedente se pasan a describir los métodos empleados en los "pozos perforados".

7.1.1 Perforados a Chorro:

En este método, la perforación del hueco, se hace mediante la fuerza de un chorro de agua de alta velocidad. El chorro afloja el material sobre el cual actúa y lo hace rebalsar fuera del hueco.

Este sistema es más efectivo en suelos arenosos; las formaciones rocosas y de piedras sueltas son barreras insuperables, y; las de arcilla compacta también presentan problemas.

7.1.2 Perforados por Percusión:

Por este método, el hoyo se realiza por la acción cortante de un trépa no o barreno que se levanta y deja caer alternativamente. El barreno tiene forma semejante a un cincel que rompe la formación en pequeños fragmentos. El movimiento de vaivén de las herramientas de perforar, mezcla los materiales cortados formando un barro que se saca del hoyo, a intervalos, por medio de otra herramienta llamada "cuchara".

Este método se aplica satisfactoriamente en roca con cavernas o alguna otra formación muy permeable.

El siguiente cuadro de avance en la perforación, con una máquina tipo 20-W en hoyos de \emptyset 6", 350 pies de profundidad y jornada de ocho horas, ilustra la efectividad del método según el material del sub-suelo.

<u>MATERIAL</u>	<u>AVANCE</u> (en pies)
Arena movediza	30
Grava	30
Esquisto pegajoso	20
Esquisto arenoso	50
Arcilla pegajosa	30
Arcilla arenosa	70
Cantos rodados	15
Piedra arenisca dura	20
Piedra arenisca blanda	75

Conglomerado	20
Pizarra	80
Piedra caliza	40
Dolomita	12
Rocas Metamórficas	25
Lava	12

7.1.3 Perforados por Rotación:

En este método la perforación se lleva a cabo haciendo girar herramientas que cortan, muelen, quiebran y raspan las formaciones de roca hasta convertirlas en pequeñas partículas.

Este método es preferible al de percusión en las formaciones sedimentarias.

El equipo rotatorio es más complejo que el de percusión. Requiere un mínimo de tres hombres para ejecutar la perforación, asimismo mayor cantidad de agua para avanzar la perforación.

7.2 Revestimiento:

Los pozos perforados son generalmente revertidos con tubería de acero. Se puede emplear tubo con rosca o acoplado o pueden efectuarse las uniones en el campo con soldadura eléctrica. Un pozo que se termina en una formación rocosa (en material consolidado) generalmente sólo requiere revestimiento desde la superficie del terreno hasta la roca, a través de formaciones que de otra manera se derrumbarían. Un pozo terminado en arena o grava, productoras de agua (formaciones no consolidadas) necesita tubos de revestimiento desde la superficie hasta la parte superior de la rejilla. La rejilla se extiende dentro del acuífero, desde el extremo inferior del tubo de revestimiento hasta el fondo del pozo.

Cuando el acuífero contiene gran cantidad de arena fina, que obligaría

a una rejilla con aberturas muy pequeñas, con su consiguiente reducción del área libre, resulta ventajoso colocar entre la rejilla y la pared del hueco, una capa de grava que comúnmente se denomina "empaque de grava".

Las características de este "empaque de grava" dependen del tamaño de los granos finos del acuífero así como de las características (depositante ó corrosiva) del agua.

Salvo que las normas de diseño indiquen diferente, se recomienda colocar el "empaque de grava" cuando el tamaño del 40% retenido es menor de 0.010". Para aguas depositantes ese límite puede ser de 0.012" a 0.015". Para aguas corrosivas, de 0.006" a 0.008", por debajo de 0.006" es indispensable colocar el "empaque".

Determinadas las características granulométricas del "empaque de grava" se colocará éste en el área de la rejilla hasta unos tres metros más arriba de ella ó lo que indique la norma de diseño, luego se colocará grava corriente no graduada hasta la altura que corresponde al sello sanitario que será de concreto y que generalmente es de por lo menos tres metros, contados desde la superficie del terreno.

7.3 Acabado de la parte superior de un pozo perforado:

La tubería de revestimiento del pozo debe sobresalir del nivel del terreno 0,30 m. para evitar el acceso de las aguas superficiales de la temporada de lluvia. Es obvio que en los casos obligados de situarse un pozo en área inundable, la plataforma del piso debe encontrarse a un nivel superior al de aguas máximas.

La plataforma de piso que rodea al tubo de revestimiento debe estar constituido por una losa de concreto de 0.10 m. de espesor que se extienda por lo menos 0.60 m. en todas direcciones.

Dado que el equipo de bombeo, para este tipo de pozos profundos, re-

ESQUEMA DE UN POZO PERFORADO

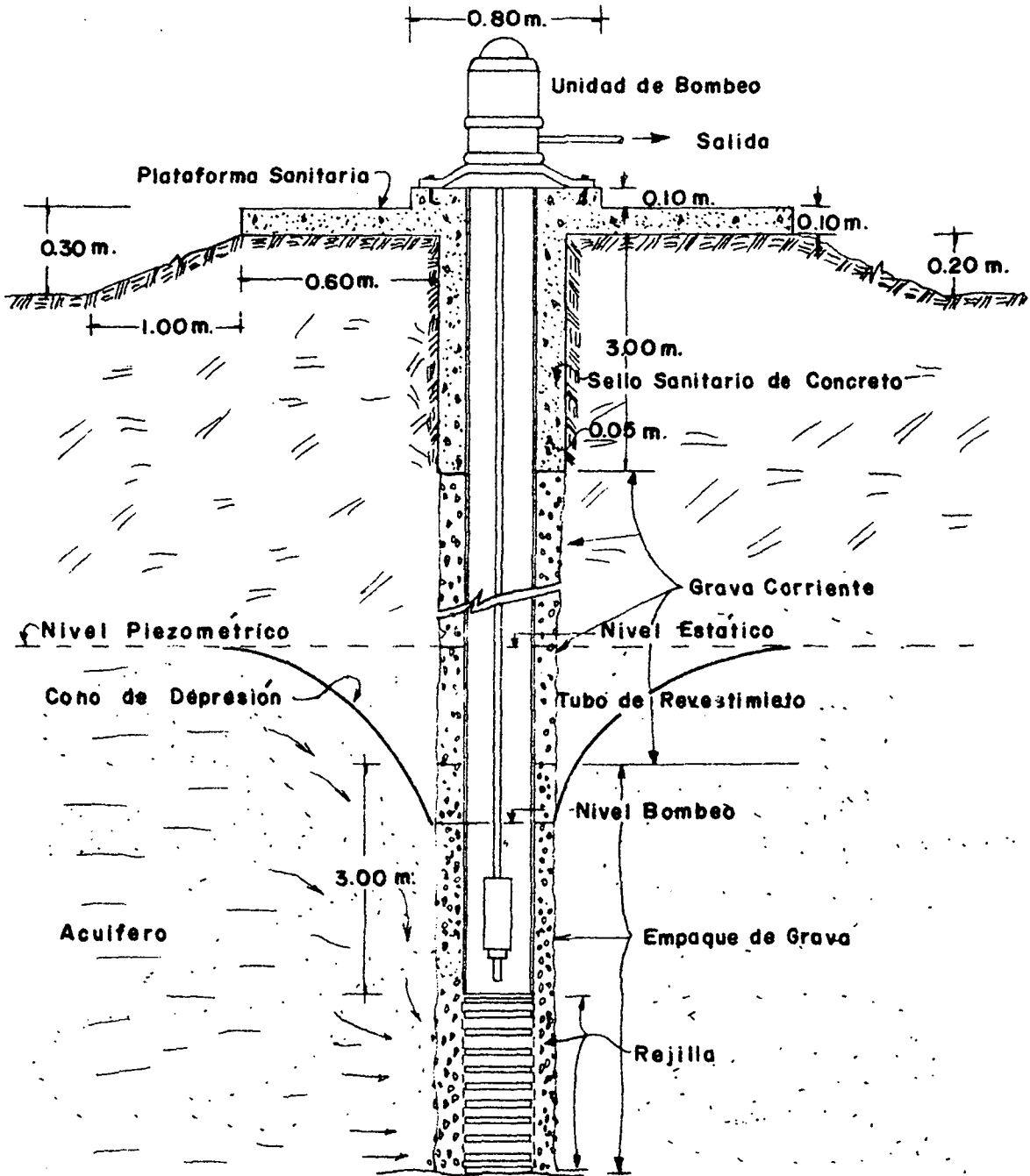


Fig 27

quiere de una base firme de concreto, por lo general tanto el piso protector del pozo como dicha base forman un solo conjunto impermeable más que suficiente para evitar la contaminación de las aguas subterráneas.

La figura No. 27, representa un esquema de pozo perforado.

7.4 Equipo mínimo requerido en la construcción de un pozo perforado:

Conforme al método de perforación elegido, se caracterizará el equipo correspondiente. De ahí que se describirán cada uno en la oportunidad que se trate de ellos individualmente.

Por otra parte, teniendo en cuenta que el presente manual está dirigido a programas de pozos rasos o poco profundos, se tratará solo en forma general de los equipos para pozos perforados como se ha dado en designar en el presente manual a los pozos profundos. Esta información general lleva, repitiendo lo dicho con anterioridad, el propósito de ampliar algo más los conocimientos del personal que trabaja en los programas de pozos rasos.

7.4.1 Perforados a Chorro:

Referirse a la fig. 18 del presente manual.

El equipo esencial incluye una cobrestante, boquillas, una bomba de alta presión, un eslabón giratorio para el paso del agua de la tubería a la manguera, un martinete, herramientas para tubería pesada y una cantidad adecuada de agua para perforar.

7.4.2 Perforados por percusión:

La máquina perforadora de percusión consiste esencialmente de un mastil ó torre, una doble línea de elevación, de las cuales una utilizada para operación de las herramientas de perforación y la otra para operación de la cuchara ó bomba de arena, un sistema de balancín con biela Pitman para el golpe de las he-

rramientas y un motor para accionar estos elementos.

El mástil o torre puede ser plegadizo sobre la máquina para ser transportada.

Una serie completa de herramientas de percusión se compone de: trépano, barra de peso, un juego de tijeras y un portacable.

7.4.3 Perforados por Rotación:

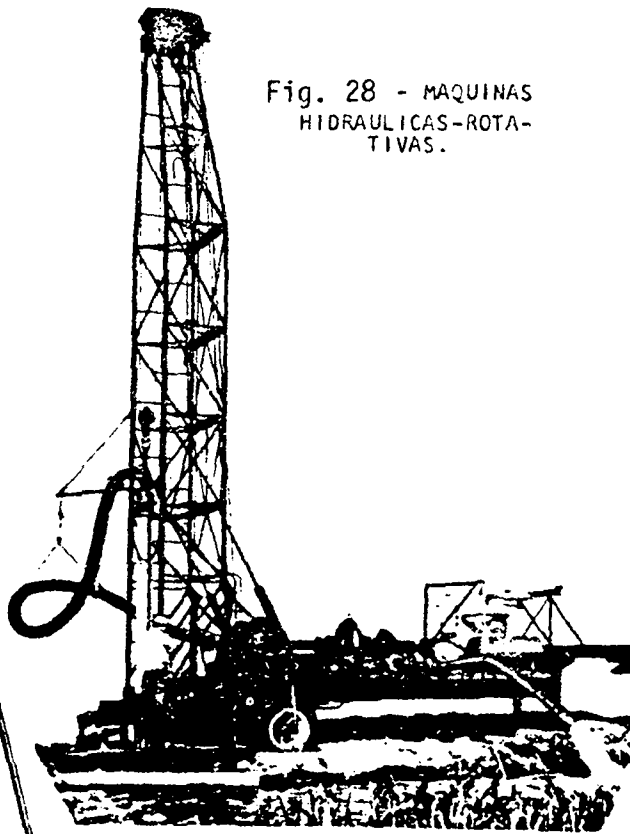
Referirse a la fig. 28.

Las máquinas rotativas pueden ir montadas sobre camión, en remolque o sobre patines.

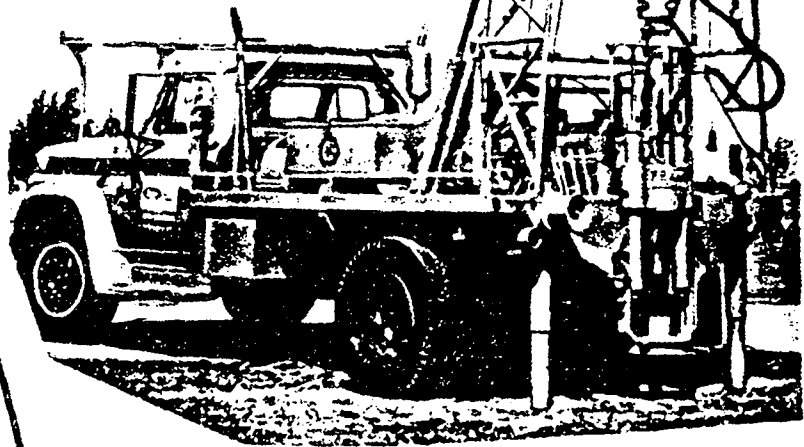
La máquina se compone esencialmente de: 1) bastidor, que es la base para todas las unidades que la forman y consiste en dos largueros de canal estructural unidos por canales o vigas "I" colocadas transversalmente; 2) motor, que transmite la potencia del motor al mecanismo de perforación, por medio de un embrague de disco y una caja de cambios; 3) torre de acero, montada en la máquina y que se levanta y se baja empleando la fuerza del motor; 4) sistema de cabrestante o guinche de maniobra que comprende un tambor principal, el cable del achicador (cuchara) y el que mueve la polea (garrucha) que se usa como cable de maniobra; 5) cabezal de perforación que consiste generalmente de un cabezal rotatorio, un mecanismo alimentador de potencia y un desarmador mecánico de uniones; 6) sistema para la circulación del barro que comprende la bomba que impulsa el fluido o inyección de perforar, desde el tanque principal de la manguera de inyección, la cabeza de inyección y las barras de perforar.

El equipo accesorio para perforación rotativa varía según las condiciones de perforación y el tamaño del pozo a perforar. Los más comúnmente empleados son: 1) barra para perforar o de sondeo; 2) la estrella (grapa de boca-pozo) y las muelas (cuñas de grapa boca-pozo); 3) la barra de peso o portamecha; 4) adaptadores de unión o reductores; 5) trépanos, son las herramientas que efectúan el corte o taladrado en la capa que se perfora, y 6) herramientas para pescar, que son varios.

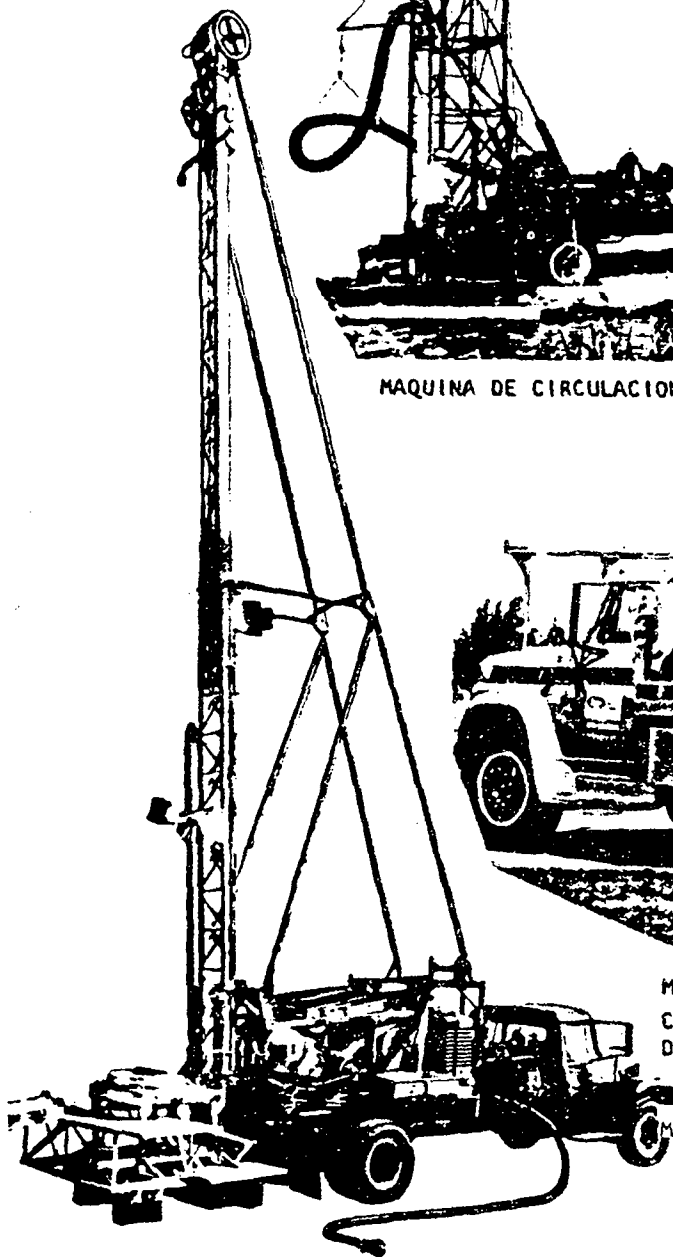
Fig. 28 - MAQUINAS
HIDRAULICAS-ROTA-
TIVAS.



MAQUINA DE CIRCULACION INVERTIDA



MAQUINA HIDRAULICA-ROTATIVA
CONVENCIONAL, CON ALIMENTADOR
DE PRESION PARA CORTAR NUCLEOS.



MAQUINA COMBINADA ROTO-PERCUSIVA

8. PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION SEGUN CARACTERISTICAS DEL POZO Y DEL SUELO

CARACTERISTICAS	PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION					
	Excavado	Taladrado (manual).	Por Chorro	Hincado	Percusión	Rotación
Rango de profundidades recomendadas o prácticas (orden general de magnitud).	0-80 pies	0-60 pies	0-100 pies	0-20 pies	0-300 pies	0-1000 pies
Diámetro del Hoyo	3-20 pies	4-8 pulg.	4-12 pulg.	1 1/4-2 pulg.	4-18 pulg.	4-24 pulg.
<u>Características del Suelo</u>						
Arcilla	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Limo	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Arena	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Grava	Si	Si	Hasta 1/4"	Fina	Si	Si
Grava Cementada	Si	No	No	No	Si	Si
Canto rodado	Si	Menor que la abertura del taladro.	No	No	En estratificaciones firmes.	Difícil
Arenisca	Blanda	Blanda	No	Capas delgadas.	Si	Si
Caliza	Blanda Fracturada.	Blanda Fracturada.	No	No	Si	Si
Roca ignea, compacta	Si (*)	No	No	No	Si	Si

(*) Con explosivos

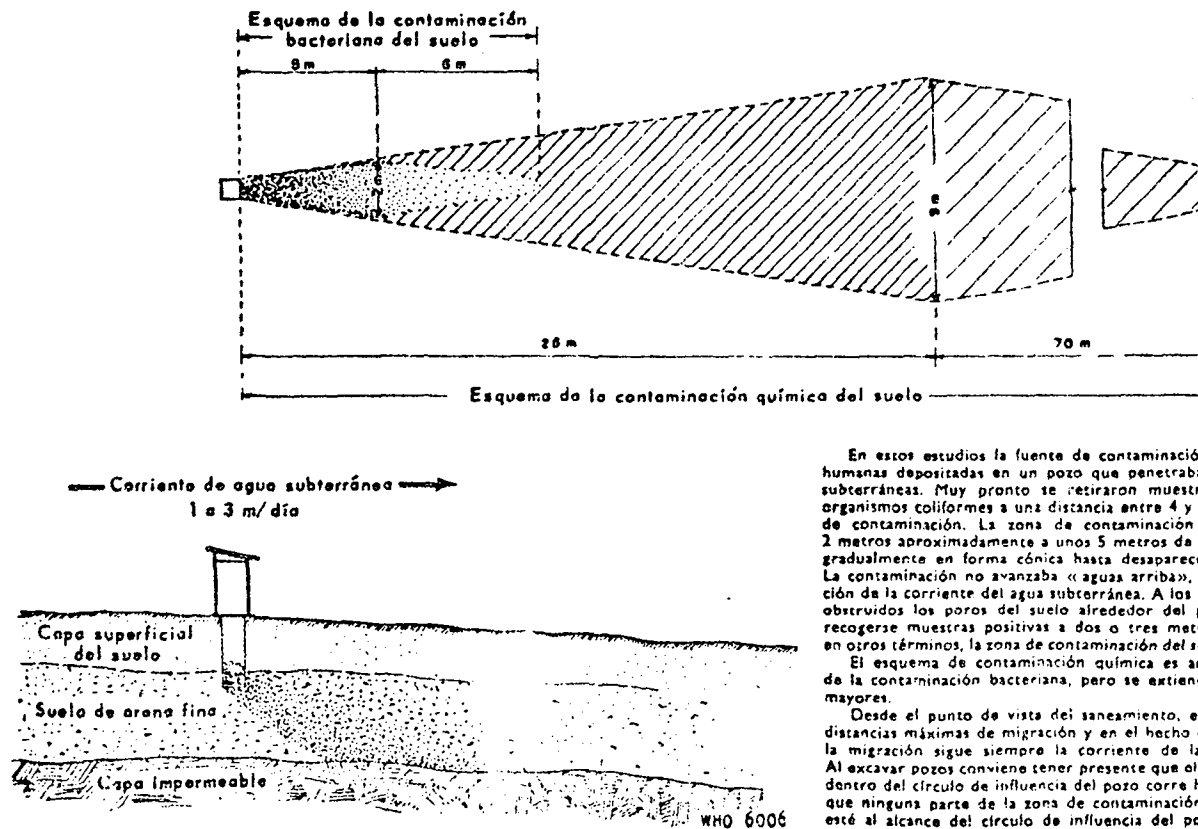
9. UBICACION DE LOS POZOS

Si observamos la figura 2 del Capítulo I, notamos que las aguas subterráneas se encuentran más cerca de la superficie en las zonas bajas o de depresiones que en las altas, de ahí que afluya hacia los ríos. Este hecho perfectamente explicable en la hidrogeología, es conocida por el hombre común basado por su experiencia tradicional de excavación de pozos en busca de agua.

Tal circunstancia hace que la tendencia sea la de ubicar los pozos, preferentemente los rasos o poco profundos, en zonas bajas o cercanas a cauces de ríos o quebradas. Sin embargo, esta lógica ubicación tiene los siguientes inconvenientes que superan a la ventaja antes indicada, y son: i) están expuestos a las inundaciones que pueden dificultar y hasta imposibilitar el acceso a los pozos; ii) la posibilidad de contaminación superficial es permanente, si no se ha considerado anticipadamente la protección contra las aguas de máxima crecida en el área del pozo.

A más de las consideraciones hidrogeológicas y topográficas, existe otro factor que exige atención en la ubicación de los pozos rasos y es el relativo a su distancia a posibles focos de contaminación, tales como letrinas, pozos negros y absorbentes, pozos sépticos y depósitos de estiércol. En este sentido, las investigaciones han indicado lo siguiente: i) que el desplazamiento de las bacterias a través del suelo depende preferentemente de la porosidad y permeabilidad del suelo; ii) las bacterias pueden ser arrastradas hasta 0.90 m. en dirección horizontal por los líquidos que rezuman de las letrinas de pozo. Además, pueden desplazarse hacia abajo hasta 3 m. en los pozos expuestos a grandes lluvias; iii) de no ir acompañada por una cantidad considerable de agua, la contaminación bacteriana no se desplaza más de 7.5 m. a través de arena fina húmeda; iv) en la recarga de capas acuíferas con aguas fecales recuperadas y otras aguas residuales, se observó que en espacio de 33 horas las bacterias eran transportadas hasta una distancia de 30 m. del pozo de recarga, y que a partir de esa distancia se producía una rápida disminución del número de bacterias debida a la filtración y a la muerte de los microorganismos; v) la contaminación química se desplaza a una velocidad dos veces mayor; vi) de alcanzar la contaminación bacteriana o química, la capa de aguas freáticas, su área de influencia aumenta

Fig. 29 ESQUEMAS DE LA CONTAMINACION BACTERIANA Y QUIMICA DEL SUELO Y DISTANCIAS MAXIMAS DE MIGRACION *



En estos estudios la fuente de contaminación fueron las excretas humanas depositadas en un pozo que penetraba en la capa de aguas subterráneas. Muy pronto se retiraron muestras positivas para los organismos coliformes a una distancia entre 4 y 6 metros de la fuente de contaminación. La zona de contaminación se ensanchaba hasta 2 metros aproximadamente a unos 5 metros de la letrina y se reducía gradualmente en forma cónica hasta desaparecer a unos 11 metros. La contaminación no avanzaba «aguas arriba», o sea contra la dirección de la corriente del agua subterránea. A los pocos meses quedaron observados los poros del suelo alrededor del pozo y sólo pudieron recogerse muestras positivas a dos o tres metros del mismo. Dicho en otros términos, la zona de contaminación del suelo se había reducido.

El esquema de contaminación química es análogo en la forma al de la contaminación bacteriana, pero se extiende a distancias mucho mayores.

Desde el punto de vista del saneamiento, el interés radica en las distancias máximas de migración y en el hecho de que la dirección de la migración sigue siempre la corriente de las aguas subterráneas. Al excavar pozos conviene tener presente que el agua que se encuentra dentro del círculo de influencia del pozo corre hacia éste. Es necesario que ninguna parte de la zona de contaminación química o bacteriana esté al alcance del círculo de influencia del pozo.

* Basado en datos de Caldwell y Parr 8, 9 y Dyer, Bhaskaran y Sekar 14, 15

considerablemente, tal como muestra en la fig. 29.

Finalmente debe considerarse la importancia, en el uso del agua, de la distancia del pozo a las viviendas de sus usuarios. Si el pozo está demasiado lejos, el agua acarreada será menor y no cumplirá su verdadera finalidad que es la de proporcionar agua sana y abundante para las necesidades higiénicas y domésticas.

Por todo lo expuesto anteriormente se presentan las siguientes recomendaciones para la ubicación de un pozo y en particular de un pozo raso.

- a. Situarlo fuera del área de inundaciones
- b. Evitar que el pozo de agua esté a un nivel más bajo de una letrina o de un pozo negro.
- c. En suelos arenosos situar un pozo raso preferiblemente a más de 15 m. y en ningún caso a menos de 7.5 m. de una letrina.
- d. Que la vivienda usuaria más alejada de un pozo no esté a más de 150 m. de éste.
- e. Que un pozo raso equipado con bomba manual tipo "De pie", "De molino", "Dempster" o similar no sirva a más de 150 personas, y las de tipo "Jarra" a no más de 50 personas.

10. DESINFECCION

10.1 Definición:

Es la destrucción, por medio de la aplicación directa de medios físicos o químicos, de agentes infecciosos que se encuentran fuera del organismo.

La definición precedente se ha tomado de la undécima edición, 1970 de "El Control de las Enfermedades Transmisibles en el Hombre", Informe Oficial de la Asociación Americana de Salud Pública, publicación científica No. 252 de la OPS/OMS.

10.2 Sustancia empleada:

El medio que se aplica normalmente es el químico y el producto, casi universalmente usado, es el cloro, ya sea como gas o como compuestos clorados, por las limitaciones propias de los demás productos. En el caso de la desinfección de pozos se emplea preferentemente el compuesto clorado denominado hipoclorito de calcio, comercialmente conocido por las designaciones de HTH, Perclorón y Pittchlor.

El producto se presenta en forma granular o en polvo blanco, embasado en latas de 5, 100, 300 y 800 libras.

Una vez húmedo es altamente corrosivo y los materiales de contacto en esta circunstancia son el vidrio, la goma, la madera y la cerámica. Por lo mismo es un producto peligroso que debe mantenerse en sitio seguro fuera del alcance de las personas extrañas, especialmente de los niños, de ahí la conveniencia de rotular el embase con la designación de "VENENO" o "PELIGRO".

10.3 Dosificación

El objeto de la desinfección de los pozos es el de destruir tanto la materia orgánica como de los organismos vivos que durante la construcción o en las reparaciones posteriores, se hayan introducido en el pozo o se encuentren en contacto con las piezas, accesorios y equipo de bombeo y que son contenidos en el agua que se saca del pozo para uso humano.

Esta desinfección se hace sobre la base de 50 miligramos de hipoclorito por litro o sea 50 gramos por metro cúbico de agua almacenada en el hueco del pozo. Si se trata de un pozo excavado, se vierte el producto por la boca de inspección y en el caso de pozos taladrados o hincados, por el tubo de succión, antes de colocar la bomba. El producto vertido se dejará por 24 horas y luego se bombeará hasta que desaparezca el olor característico del cloro, del agua que se bombea.

Los cuadros siguientes indican la dosificación conforme las características del pozo.

DOSIFICACION PARA POZOS EXCAVADOS

(50 gramos por metro cúbico de agua almacenada)

Diámetro Interior en Metros.	Cantidad de HTH en gramos						
	Profundidad del Agua en el pozo, en Mts.						
	1	2	3	4	5	6	7
1.00	40	80	120	160	200	240	280
1.10	48	96	145	193	247	290	340
1.20	58	115	173	230	288	346	403
1.30	68	135	203	270	338	406	473
1.40	78	157	235	314	392	470	550
1.50	90	180	270	360	450	540	630
1.60	102	205	307	410	512	614	717
1.70	115	231	347	462	578	694	809
1.80	130	259	389	518	648	778	907
1.90	144	289	433	578	722	866	1,011
2.00	160	320	480	640	800	960	1,120

En pozos taladrados o hincados son suficientes dos cucharadas soperas por pozo, cualquiera sea la profundidad de agua y diámetro del tubo.

CAPITULO III

SISTEMAS SIMPLES DE BOMBEO

1. ACLARACION PREVIA:

Dado que el presente manual está dirigido al abastecimiento unifamiliar ó de pequeño número de familias, a los que por algún motivo de factibilidad no es posible ó recomendable dotar de agua por medio de un acueducto, la solución forzada es la de sistemas simples y económicos de bombeo, cuyas unidades son de acción manual ó movidas por molinos de viento.

2. PRESION ATMOSFERICA

2.1 Concepto:

Para comprender el funcionamiento y aplicabilidad de las bombas manuales, es necesaria una explicación previa (para el personal de limitada formación técnica) del concepto de presión atmosférica.

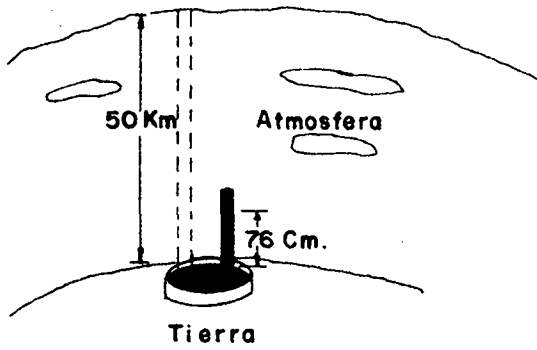
La atmósfera, capa de aire que rodea a la tierra, y cuyo espesor se calcula en unos 500 km., tiene un peso según la altura de los puntos considerados sobre el nivel del mar, puesto que de ésto dependerá el mayor o menor espesor de la atmósfera que actúa sobre los cuerpos en tales puntos. Ese peso o presión es lo que se llama "presión atmosférica" y en los puntos de igual altura sobre el nivel del mar, se ejerce con igual intensidad en todas direcciones. (Fig. 30(A)).

Las siguientes experiencias sencillas nos prueban lo afirmado:

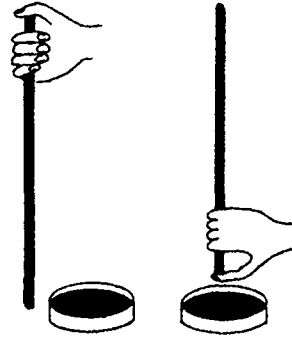
Si se llena a ras un vaso de agua, luego se tapa con un papel y finalmente se lo invierte, el papel no cae, a pesar de que soporta el peso o presión del agua, porque esta presión de arriba para abajo es menor que la ejercida por la atmósfera de abajo para arriba.

Si se chupa, con una pajilla o tubo, el líquido contenido en un vaso, dicho líquido sube a la boca a través de la pajilla. Esto porque, al chupar la

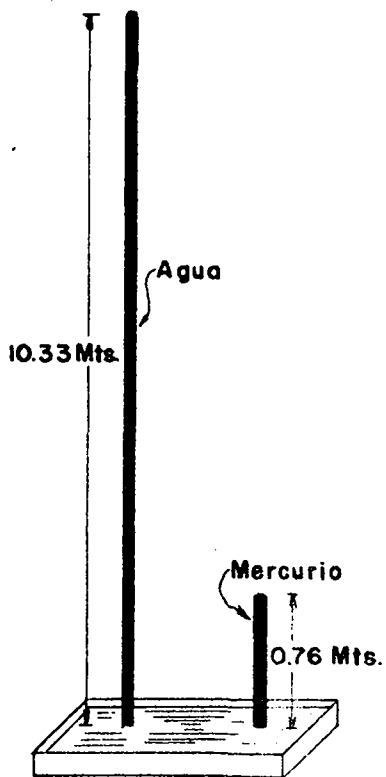
ESQUEMA ILUSTRATIVO DE LA PRESION ATMOSFERICA



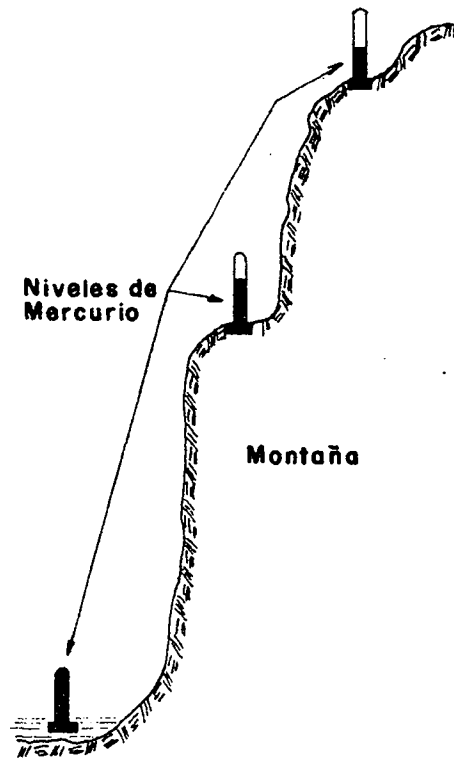
(A)



(B)



(C)



(D)

Fig.30

pajilla introducida en el vaso, se extrae de ella el aire que inicialmente la llenaba, y la presión atmosférica que actúa en la superficie del líquido en el vaso y que rodea a la pajilla, empuja introduciendo el líquido hacia el interior de la pajilla. El líquido se mueve hacia donde la presión es menor. En ello se basan las bombas manuales para extraer el agua.

2.2 Antecedentes Históricos:

Los antiguos sabios griegos, sostenían que el agua subía "por horror al vacío". Según ellos, la materia no podía soportar que se hiciese el vacío: en cuanto se producía, corría horrorizada a llenarlo. Esta fantástica teoría hacía pensar que la materia, agua en nuestro caso, estaba dotada de una especie de sabiduría y hasta de voluntad.

Fue precisamente un hecho relacionado con las bombas, lo que condujo al descubrimiento del concepto y determinación de la "presión atmosférica".

En el año 1644, el gran físico italiano Galileo fue consultado por los emisarios del gran duque de Toscana respecto a un hecho extraño. Con el fin de ampliar el sistema de riego, se habían practicado grandes pozos en los jardines del palacio de aquél, y las bombas tenían que extraer agua desde una profundidad de 15 metros. Los ingenieros, con gran asombro, veían que por más que las máquinas trabajaban, no hacían subir el agua más de unos 8 metros.

Galileo estudió el problema, pero no dió con la solución. Fue Evangelista Torricelli, uno de sus discípulos, quien dió con la clave.

Torricelli, convencido de que el concepto de los antiguos sabios griegos, antes mencionado, era falso, pensó de que el agua subía por efecto de la "presión atmosférica". En su análisis sostenía de que el aire tiene su peso y que la atmósfera por ella constituida, por alta que sea, debe tener un límite. Consecuentemente la presión derivada de dicho peso y ejercida sobre la tierra, también debe tener un límite. De ahí que dicha presión podrá levantar el agua hasta cierta altura, pero no más allá de ella, y que esa altura era de 10 metros, de acuerdo a lo que sucedía en los pozos de Florencia. Luego se preguntó

¿qué pasaría si en vez de bombear agua, se bombeará mercurio cuyo peso específico es 14 veces mayor que el del agua? su respuesta fue que, debiera llegar a una altura 14 veces menor o sea aproximadamente 76 centímetros.

Torricelli comunicó su análisis a Viviani, otro discípulo de Galileo, quien inmediatamente realizó la experiencia que hoy se conoce con el nombre de "experiencia de Torricelli". Este experimento consiste en llenar totalmente un tubo de aproximadamente 1 metro de largo, con mercurio. Se tapa con un dedo, se invierte y se retira el dedo. (Fig. 30-B). El mercurio comienza a caer para luego recobrar altura y finalmente estabilizarse en un mismo nivel, como consecuencia de la presión equilibrada, entre la "presión atmosférica" ejercida sobre la superficie del mercurio, externa y que rodea al tubo, y la presión interna del peso de la columna de mercurio dentro del tubo.

El físico francés Blas Pascal, informado y entusiasmado, de las "experiencias de Torricelli", las repitió pero con agua en vez del mercurio y con un tubo de vidrio de unos 11 metros de largo, comprobando que la altura de la columna de agua llegaba hasta 10.33 metros (Fig. 30-C). Aún más decidió repetir la "experiencia de Torricelli" a diferentes alturas sobre el suelo para lo que por razones de salud, envió a unos amigos quienes ascendieron una montaña y comprobaron que a diferentes alturas, la altura de la columna de mercurio era diferente y que a mayor altura de montaña correspondía menor altura de mercurio (Fig. 30-D).

Queda pues explicado que la "presión atmosférica" tiene un valor, que para el caso del agua y el nivel del mar es de 10.33 metros de altura.

2.3 Aplicación de los efectos de la presión atmosférica en las bombas manuales:

Imaginemos que la experiencia del físico Blas Pascal, antes mencionada, se realiza en un pozo con un tubo introducido en él, tal como se indica en la fig. 31 y analicemos cada una de las situaciones planteadas en dicha figura.

En la situación (A), como el tubo introducido en el pozo no está tapado ni enrarecido de aire en su interior, las condiciones son idénticas tanto

ESQUEMA EXPLICATIVO DE LA APLICACION DE LA PRESION ATMOSFERICA EN EL FUNCIONAMIENTO DE CIERTOS TIPOS DE BOMBAS

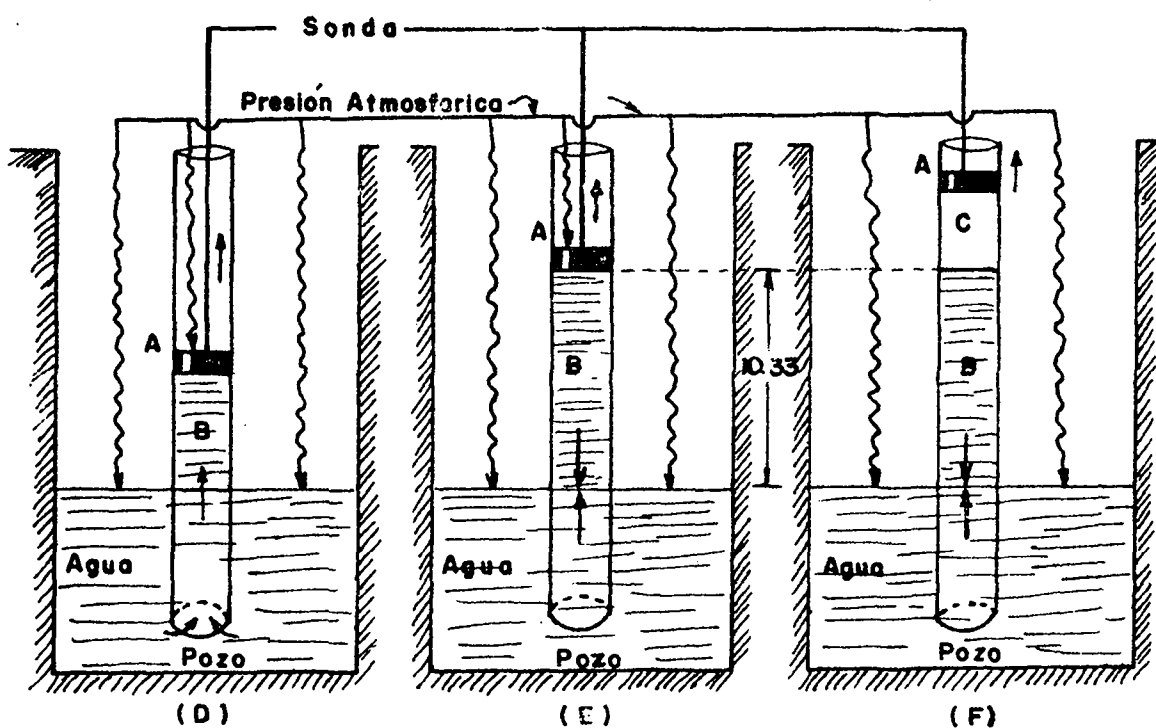
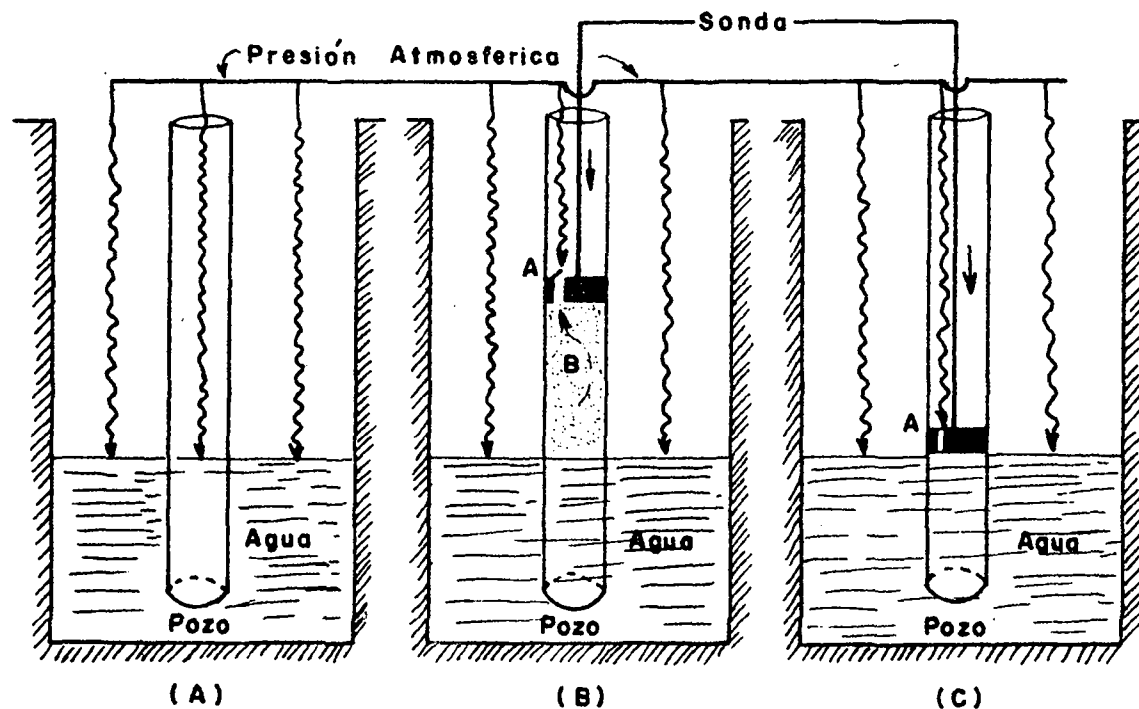


Fig.31

dentro como fuera de él y consecuentemente la presión atmosférica es igual en toda la superficie del líquido (agua) de ahí que el nivel se mantiene invariable.

La situación (B) plantea el caso de introducir una sonda con un émbolo en su extremo inferior, el cual a su vez tiene una válvula A para dar escape al aire que se comprima. Al bajar la sonda, el émbolo comprime cada vez más el aire originalmente existente en el tubo y al llegar a ser mayor que la presión atmosférica, que actúa sobre la válvula A, abre a ésta y sale al exterior.

En la situación (C), el émbolo que fue bajando, llegó a tocar la superficie del líquido (agua) y consecuentemente ya expulsó todo el aire que anteriormente venfa comprimiendo. En este momento la válvula se cierra por efecto de la presión atmosférica que actúa sobre ella.

La situación (D), indica una carrera o recorrido inverso de la sonda. En este caso es levantada por una acción exterior, digamos manual. Al subir el émbolo y estando la válvula A cerrada, por la presión atmosférica que sigue actuando sobre ella, se produce un vacío, sin presión, entre el émbolo y el líquido (agua). La presión atmosférica que actúa sobre las superficies de agua, externas al tubo, hace que el líquido (agua) se introduzca por el extremo inferior B del tubo, como consecuencia de un desequilibrio de presiones. El líquido (agua) irá entrando en el tubo hasta que la presión del peso de la columna de dicho líquido equilibre la fuerza contraria de la presión atmosférica.

En la situación (E), el émbolo, llegó en su desplazamiento a una altura tal que la presión de la columna líquida B equilibró la fuerza de la presión atmosférica. Esta altura será de 10.33 metros, como en el ejemplo antes mencionado, en el supuesto de que el experimento se realiza a nivel del mar, pero será menor a medida que se efectúe a niveles superiores, conforme se explicó anteriormente al tratar de las experiencias realizadas en diferentes alturas de una montaña.

La situación (F) indica que al desplazar el émbolo a más de 10.33 metros, el agua no sube más de esa altura, aunque existe vacío (sin aire) en el espacio C, debajo del émbolo.

Todo lo anteriormente explicado es lo que ocurre con las bombas manuales cuyos émbolos deben producir vacío previo para extraer el agua de un pozo o cualquier otro almacenamiento o fuente superficial (río) de ser el caso.

Debe aclararse por otra parte que debido al rozamiento entre el líquido y la superficie interna del tubo y accesorios, la altura práctica recomendable es de unos 6 metros en vez de 10.33 metros, para las bombas manuales.

3. BOMBAS

3.1 Clasificación:

Existe una variedad de bombas de aplicación en los abastecimientos de agua y su clasificación consecuentemente se puede hacer con arreglo a innumerables criterios.

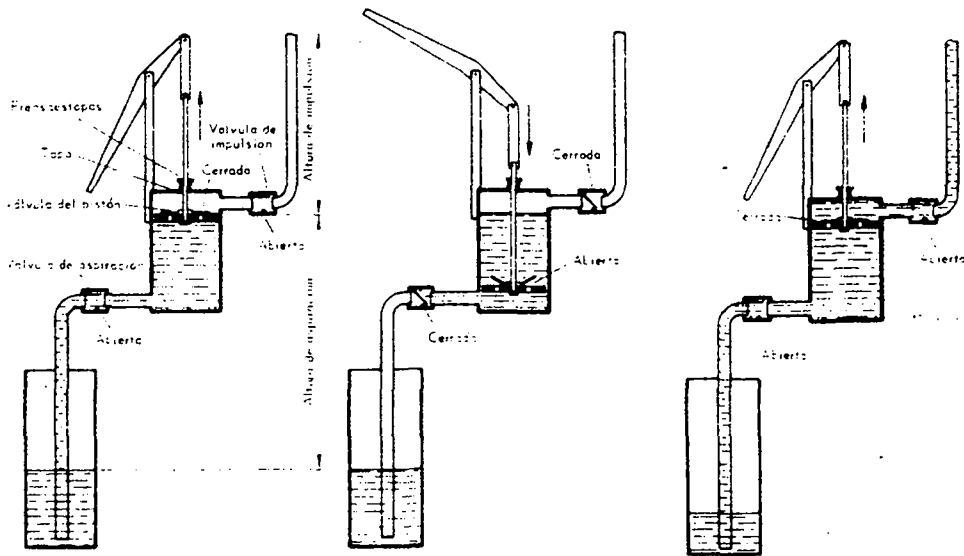
Si nos basamos en los principios mecánicos que intervienen en su funcionamiento, tendremos la siguiente clasificación:

- 1) Bombas de desplazamiento
 - a) Alternativas
 - b) Rotativas
 - c) De cadena
- 2) Bombas de velocidad
 - a) Centrífugas, normales y de turbinas
 - b) De chorro
- 3) Bombas de empuje hidrostático o bombas de aire
- 4) Bombas de impulsión o arietes hidráulicos

3.2 Bombas de Desplazamiento Alternativo

En los pequeños núcleos rurales o semidispersos donde los recursos tanto humanos como de financiamiento son muy limitados para una adecuada operación y

ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE UNA BOMBA ASPIRANTE-IMPELENTE DE SIMPLE EFECTO Y DE CILINDRO CERRADO



Además de las válvulas de aspiración y del pistón, existe una válvula de impulsión. Durante la carrera ascendente del pistón, la presión atmosférica hace entrar el agua en el cilindro; durante la carrera descendente, el agua pasa de la cámara inferior del cilindro a la superior.

Fig. 32

mantenimiento, deben elegirse equipos lo más simples posibles. Lógicamente, en estos casos, la solución que preferentemente se impone es la de la bomba manual que en ciertos casos puede ventajosamente combinarse con los molinos de viento.

Conforme la clasificación anterior, las bombas de mano que se emplean en los abastecimientos rurales, son las de "Desplazamiento" y entre éstas las "alternativas" que también se conocen por "Aspirantes-impelentes".

La denominación de "Aspirantes-impelentes" proviene del propio funcionamiento de las bombas, En la primera etapa el agua es aspirada y en la etapa siguiente es impelida.

El esquema de la Fig. 32 representa el proceso de funcionamiento de estas bombas.

Dentro de este grupo de bombas existen diferentes tipos y modelos, según las condiciones de bombeo.

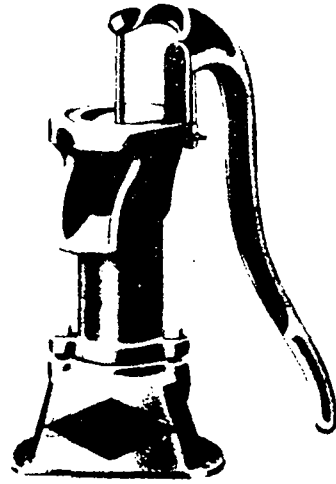
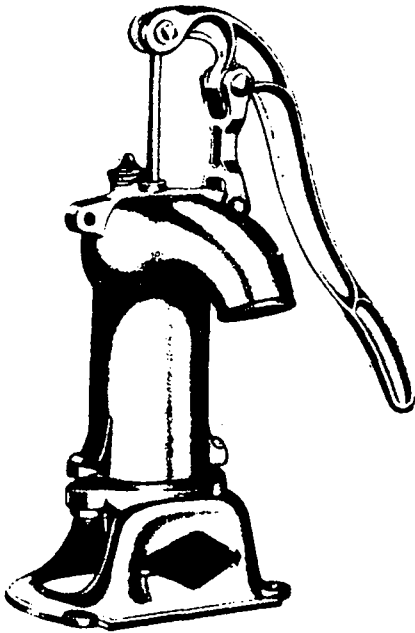
Dado que cada tipo de bomba fue concebido para una finalidad concreta, tiene un campo de aplicación determinado. Por tanto la elección apropiada del tipo de bomba para cada caso particular es de gran importancia. La experiencia demuestra que la deficiente determinación del equipo es causa frecuente del mal funcionamiento y consecuentemente conduce a un servicio deficiente y poco duradero.

Los tipos más corrientes de bombas para pequeños núcleos o viviendas aisladas, servidos por pozos son:

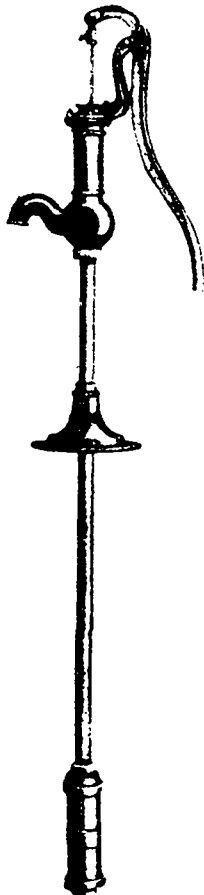
1) Bombas aspirantes - impelentes, manuales, en las que el cilindro está sobre el nivel del suelo y forma parte del cuerpo de la bomba. (Fig. 33 (a)).

Comercialmente a estas bombas se les conoce con las denominaciones de tipo "Pitcher" o "Jarra", que a su vez se clasifican por número, tales como No. 1, 2, 3 conforme la capacidad de las mismas.

Bombas de Mano



(a) Tipo "Pitcher" o "Jarra"



(b) tipo "Molino"

Fig. 33

Dado que el cilindro de succión se encuentra sobre el nivel del suelo, el agua del sub-suelo llega hasta ese nivel, por el vacío que forma el émbolo en su desplazamiento y que de acuerdo a lo visto en el numeral 2.3 de este capítulo no es recomendable sobrepasar los 6 metros.

2) Bombas aspirantes-impelentes, manuales, en las que el cilindro está situado en el interior del pozo (Fig. 33 (b)).

Comercialmente suelen denominarse de "pie" o de tipo "molino" ya sea porque por su robustez externa presenta la forma de pedestal o porque puede combinarse con un molino de viento.

Este equipo es usado para profundidades mayores a 6 metros y excepcionalmente más de 30 mts. cuando son accionadas manualmente.

El caudal de las bombas aspirantes-impelentes, correspondientes a las "Alternativas" de nuestra clasificación anterior, cuando son accionadas a mano tienen rendimientos variables según la profundidad del agua que extrae, puesto que de esto depende el esfuerzo humano a realizar. En consecuencia cuanto mayor sea la profundidad menor será el caudal obtenido. Las siguientes cifras pueden considerarse como valores de referencia:

a) Bomba de superficie, accionada por un solo hombre, altura de elevación de 6 mts., 35 litros por minuto.

b) Bomba con cilindro en el interior del pozo, altura de elevación 30 mts., accionada por un solo hombre, 6 litros por minuto.

3.3 Especificaciones para los pedidos:

Existe una variedad de fabricantes de bombas manuales y cada uno de ellos ofrece catálogos con las características físicas de los equipos e indicación del material de que están fabricados. En base a estos catálogos y a las referencias de comportamiento relativas a eficiencia y durabilidad, de que se dis-

ponga, es que se elige la marca de fábrica, para el caso particular de régimen de bombeo que se tenga.

Los datos básicos se refieren a capacidad, modelo, diámetro de la tubería de succión y material de fabricación.

Por ejemplo si se desea hacer un pedido de:

a) Bomba tipo "Jarra", indicar:

Número (capacidad) de la bomba

Tamaño del tubo de succión, en pulgadas

b) Bomba tipo "Molino", indicar:

Modelo (según catálogo)

Tipo (Manual o manual y molino de viento)

Carrera o recorrido, en pulgadas

Diámetro de tubería de succión, en pulgadas

Diámetro de la varilla de acero, en pulgadas

Tamaño del cilindro (largo y diámetro), en pulgadas

Material del cilindro (hierro o bronce)

3.4 Accesorios de Bombas Manuales:

3.4.1 Cilindro:

Es la parte de la bomba donde se procesa la succión en la primera etapa y la impulsión en la segunda etapa siguiente, del agua bombeada.

En las bombas tipo "Jarra" el cilindro forma parte del cuerpo mismo de las mismas y consecuentemente es exterior al pozo (Fig. 34-a).

En las bombas de "Pie" o tipo "Molino", el cilindro está en el interior del pozo, están fabricados de hierro o de bronce (Fig. 34-b).

Accesorios de Bombas Manuales

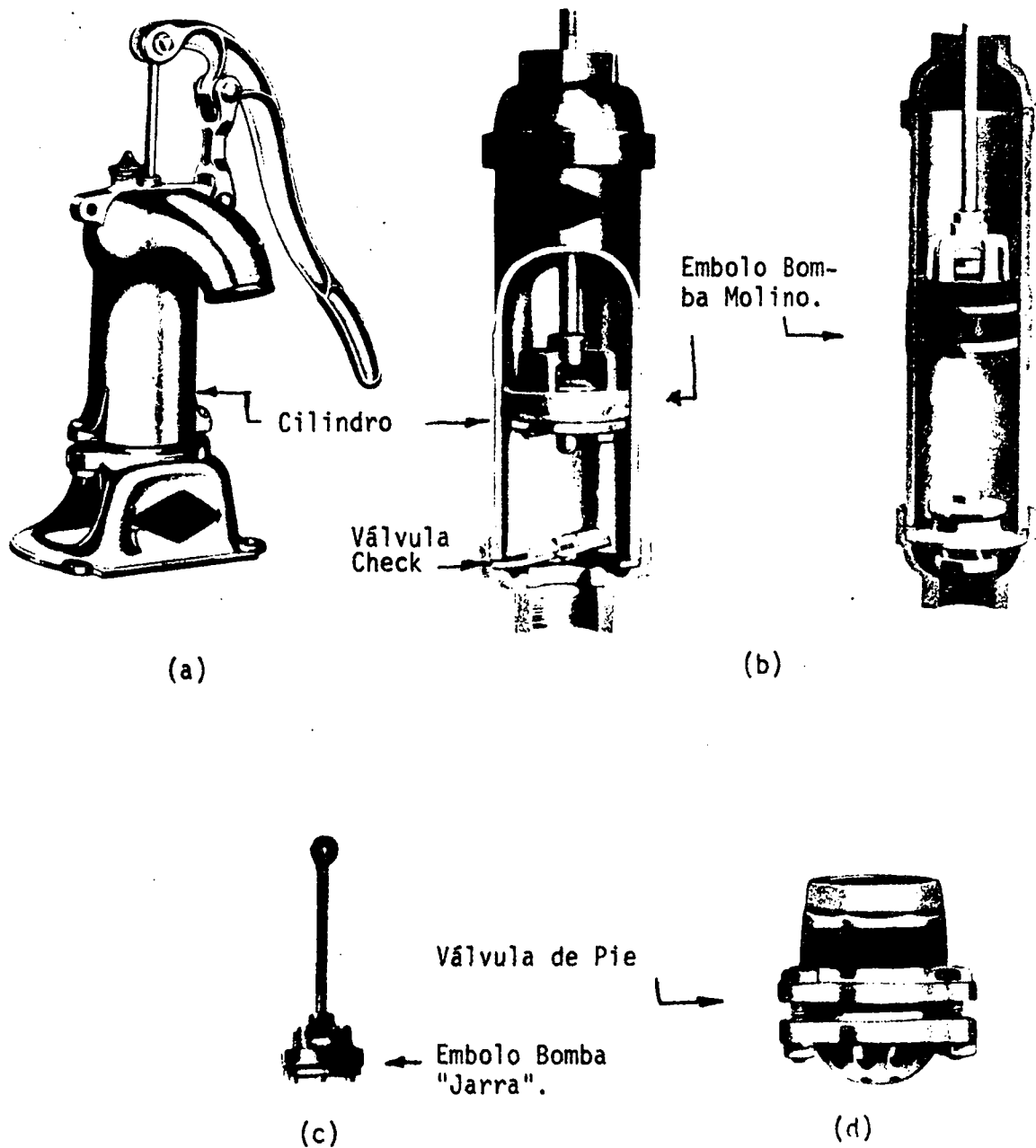


Fig. 34

Los cilindros, tanto de la bomba "Pitcher" como de la de "Pie" tienen en su parte inferior una válvula, para retener el agua succionada.

3.4.2 Embolo:

Es la parte encerrada en el cilindro, que en su movimiento de "Sube y baja" succiona y luego impele el agua, mediante una válvula que forma parte del mismo. Pueden ser de una, dos ó tres empaaduras de cuero.

En la Fig. 34-c se presenta un émbolo de una bomba "Pitcher" y en la 34-b, dos tipos de los correspondientes a las bombas de "Pie".

3.4.3 Válvulas "Check" o de retención:

Ubicada en la parte inferior del cilindro (Fig. 34-b).

3.4.4 Válvulas de "Pie":

Se colocan en el extremo inferior de la tubería de succión. Se compone de una válvula "Check" y una de Criba, cumple la doble finalidad de retener el agua succionada en la tubería y evitar la introducción de partículas que puedan afectar el funcionamiento del sistema de bombeo (Fig. 34-d).

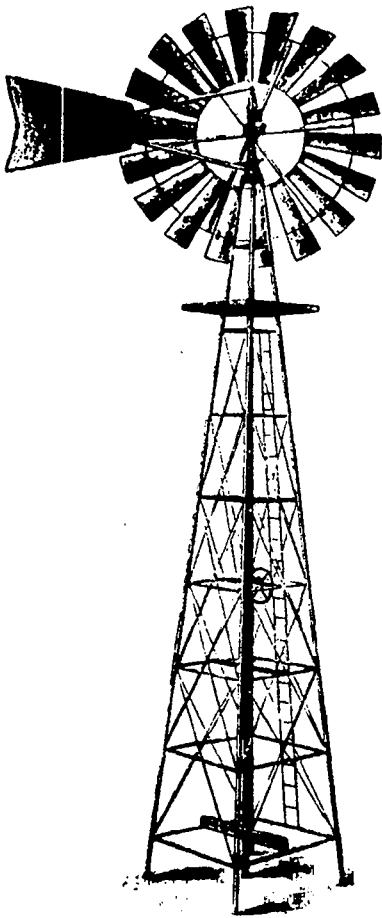
4. MOLINOS DE VIENTO

4.1 Características:

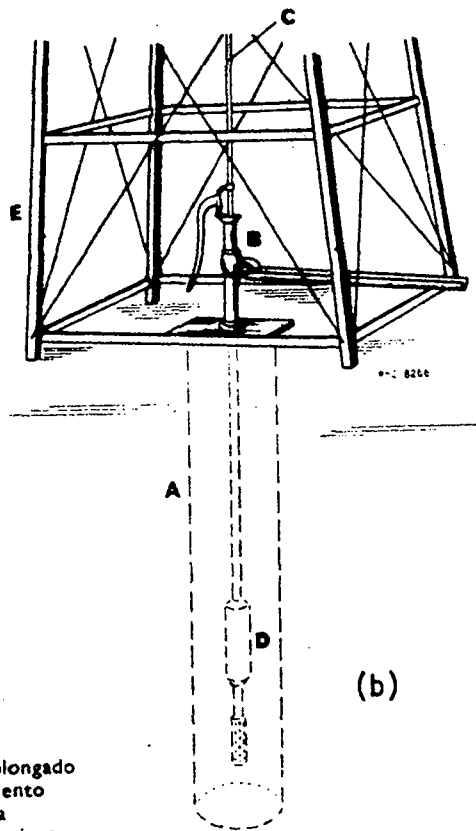
Un molino de viento consiste en una torre que sirve de base de sustentación a la rueda con aletas. Esta se mueve por la acción del viento. El movimiento es transmitido por un sistema de engranajes a la varilla que acciona el émbolo colocado dentro del cilindro en el interior del pozo.

Por un sistema de control manual, que se transmite desde la parte inferior a la zona de la rueda, puede pararse el giro de la rueda del molino.

Molino de Viento y
Combinación con Bomba de Mano



(a)



- A = Envoltura del pozo
- B = Bomba
- C = Eje de la bomba prolongado hasta el molino de viento
- D = Cilindro de la bomba
- E = Torre del molino de viento

Fig. 35

Las figuras 35 (a) y (b) representan un molino de viento y una instalación combinada con bomba manual, respectivamente.

Cuando se hace una instalación combinada de molino de viento con bomba de mano, para aprovechar los períodos de calma del viento, suele emplearse bombas alternativas que están provistas de un vástago superior que se prolonga por encima de la gufa y tiene en su extremo un agujero de conexión con el eje del molino.

El tamaño de los molinos de viento suele expresarse por el diámetro de sus ruedas de paletas, que en los modelos existentes en el Comercio varía de 1.5 a 5 metros.

Las alturas de las torres varían de 6 a 15 metros.

4.2 Funcionamiento:

Para obtener buenos resultados se requieren las siguientes condiciones:

1. Viento de más de 8 km. por hora durante el 60% del tiempo, cuando menos;
2. Pozos con caudal suficiente para bombearse durante muchas horas al día;
3. Capacidad de almacenamiento para tres días de suministro como mínimo, a fin de aprovechar todos los períodos en que sopla el viento y compensar los de calma.
4. Buena exposición de las paletas, lo que puede lograrse mediante una torre en la que se instala el molino a 4.5 mts. o 6 mts. sobre los obstáculos circundantes. Es conveniente que tenga un área circundante de 100 mts.-150 mts. de radio mínimo, despejada de arboleda.

La proporción en los engranajes de los molinos juega un papel importante en su funcionamiento y varía de unas marcas a otras y según las características del viento; algunos dan una embolada por cada revolución del molino, mientras

que otros dan una embolada por tres o cuatro revoluciones. Los primeros requieren vientos más fuertes y veloces, y los segundos son más convenientes donde predominan los vientos de poca velocidad. Todos los molinos de vientos modernos se construyen de modo que la rueda de paletas pueda girar libremente y responder con rapidez a los cambios de dirección del viento. Además, están provistos de un sistema de seguridad que ladea automáticamente la rueda cuando la velocidad del viento es excesiva, es decir de 48 a 56 km. por hora.

La lubricación del mecanismo puede hacerse con una bomba de engrase accionada desde el suelo, en caso que no se elija modelo cuya lubricación con aceite se encuentre en la propia caja de engranajes.

El rendimiento de los molinos, depende como se dijo anteriormente del tamaño de la rueda y de la velocidad del viento. Para tener una idea se presentan los siguientes ejemplos: Un molino de 3 mts. acoplado a una bomba alternativa de 7.5 cm. de diámetro produce unos 750 litros de agua por hora cuando la velocidad del viento es de 16 km. por hora y puede elevar hasta 11.350 lts. al día con una carga de 24 mts. de altura; a su vez, un molino de 7.5 mts. acoplado a una bomba de 15 cm. de diámetro puede elevar hasta 60.560 lts. por día con una carga total de 37 mts.

Los molinos pueden funcionar incluso con velocidades de 6.4 km. por hora.

Los fabricantes ofrecen por lo general informaciones al respecto, en sus catálogos.

La siguiente es obtenida de uno de ellos.

CARACTERISTICAS DE BOMBEO								
Ø Cuerpo de Bomba en pulgadas.-	Capacidad en Litros por hora		Altura de elevación del agua en metros					
	Ø rueda en pies		Ø de la rueda, en pies					
	6	8-16	6	8	10	12	14	16
2 1/2	850	1.230	20	29	43	65	92	150
3	1.200	1.780	14	21	31	47	67	110
3 1/2	1.670	2.420	11	15	23	35	49	82
4	2.150	3.150	8	12	18	26	38	61
4 1/2	2.750	4.000	7	9	14	21	30	49
5	3.400	4.900	5	8	11	17	24	40
6	-	7.100	-	5	8	11	17	26

4.3 Especificaciones para los pedidos:

Como se indicó anteriormente, los fabricantes proporcionan catálogos con las características físicas y de funcionamiento de sus equipos, a fin de seleccionar aquel que más se ajuste a los requerimientos de bombeo, según las condiciones climáticas, del ambiente físico en cuanto a obstáculos en el área de ubicación del molino, caudal o producción del pozo y altura de impulsión exigida por los tanques de almacenamiento.

En los casos de que no se disponga de catálogos de fabricantes y se de sean cotizaciones o efectuar pedidos de adquisición se debe proporcionar las de informaciones básicas siguientes:

Caudal o producción del pozo, en litros/hora

Profundidad mínima del nivel de agua en el pozo, en mts.

Profundidad máxima del nivel de agua en el pozo, en mts.

Profundidad total del pozo, en mts.

Profundidad media (si no se disponen los anteriores), en mts.

Caudal de bombeo requerido, en lts/hora

Altura del tanque de distribución, en mts.

Distancia del pozo al tanque de distribución, en mts.

Velocidad promedio del viento predominante, en km/hora

Como referencia de costo, se da el siguiente que corresponde a la cotización de un fabricante, en Junio de 1976:

"Molino de viento marca "X" de 12 mts. de altura, con bomba de Ø 4" x 16", una capacidad promedio de 1000 - 3000 litros por hora, dependiendo de la velocidad del viento: 1) precio puesto en bodega de la firma vendedora US\$ 1.550 ; 2) precio de instalación por molino de viento US\$200."

CAPITULO IV

INSTALACION, OPERACION Y MANTENIMIENTO DE LAS BOMBAS DE MANO Y
DE LOS MOLINOS DE VIENTO

1. INSTALACION

1.1 Importancia:

La correcta instalación de los equipos es importante, tanto para facilitar su adecuada operación, como para lograr su máxima eficiencia y disminuir la frecuencia de mantenimiento. Para ello deben adiestrarse convenientemente a los instaladores contratados para el efecto. Estos a su vez deberán hacerse auxiliar con por lo menos dos voluntarios del lugar, con aptitudes de asimilar el aprendizaje que reciban en oportunidad de la instalación. Los voluntarios adiestrados serán los responsables del mantenimiento futuro.

1.2 Técnicas para trabajos de tipo general:

Independientemente del tipo de equipo que deba instalarse existen trabajos que son comunes, de cuyas técnicas es conveniente tratar.

En forma general, debe adoptarse la política de que los equipos y materiales que se instalarán en el terreno, ya deben llegar debidamente verificados y acondicionados para efectuarse los trabajos de montaje. Con ello no solo se ahorra tiempo sino también se logra mejor calidad de los trabajos complementarios a la propia instalación. Estos trabajos relativos a la preparación de materiales y equipos pueden ser realizados en talleres regionales, con personal especializado por la propia rutina de producción en serie y con la ventaja de disponer de herramientas y facilidades que no son siempre posibles obtener en el terreno.

Seguidamente nos referiremos a las técnicas para trabajos de tipo general, en la instalación de los sistemas de bombeo.

1.2.1 Uso de Llaves:

Las diferentes llaves están destinadas a fines distintos, y se puede

dañar la llave o el tubo y sus accesorios si se emplea una llave inadecuada o si la misma se usa indebidamente.

Las llaves para tubos y de cadena están destinadas a hacer girar tubos u otros objetos redondos. Estas llaves no han de utilizarse para hacer girar tuercas, pernos o bridas que tengan caras planas de sujeción, puesto que resbalarán en la pieza y redondearán sus esquinas, de manera que no se le podrá sujetar fácilmente. La única excepción la constituye la llave grande para tubos que se puede utilizar con tuercas, etc. que tengan una pulgada (2.54 cm.) o más de distancia entre dos lados opuestos.

Cuando se utilicen llaves ajustables de cualquier tipo (llaves para tubos o de cabeza ajustable) se ha de pensar siempre en hacerlas girar de manera que el mango avance hacia el lado abierto de las mordazas y no alejándose de él (Fig. 36). Esto hace que la llave apriete más; hacerla girar en sentido contrario la afloja y puede hacerla resbalar. Tampoco se inclina la llave hacia un lado: las mordazas están hechas solamente para hacer girar la llave en redondo.



Fig. 36

Para apretar los tubos con las uniones utilicense simultáneamente dos llaves, tal como se muestra en la Fig. 37. Cuando la llave de la izquierda de la ilustración está frente a la llave de la derecha, se afloja la unión. Poniendo la llave de la derecha delante de la que está a la izquierda cambia el sentido del giro y la unión se aprieta.

No se utilice nunca alicates (pinzas) para hacer girar tuercas o pernos.



Fig. 37

1.2.2 Medición para corte de tubos galvanizados:

Cuando se tenga que cortar un tubo galvanizado para utilizarlo como niple u otro acoplamiento, debe considerarse la longitud de roscado necesaria para la inserción en las uniones.

Si la inserción será de un solo extremo se considerará una sola longitud de roscado, pero si fuera para los dos extremos, se necesita el doble.

El cuadro siguiente indica la longitud de roscado según el diámetro de la tubería.

LONGITUD DE ROSCADO SEGUN DIAMETRO DE TUBERIA

DIAMETRO DEL TUBO		LONGITUD DE ROSCADO QUE SE INSERTA EN LA UNION	
Pulgadas	Centímetros	Pulgadas	Centímetros
1/2	1.27	1/2	1.27
3/4	1.90	1/2	1.27
1	2.54	5/8	1.59
1 1/4	3.17	5/8	1.59
1 1/2	3.81	5/8	1.59
2	5.08	3/4	1.90

Conocida la longitud útil de acoplamiento, se le agrega la correspondiente a la de uno o dos roscados, según sea el caso y conforme el cuadro anterior, y luego se procede al corte del tubo.

1.2.3 Corte de Tubo:

Utilícese una segueta o bien un cortatubos. El buen roscado del tubo depende, en gran parte, de la forma en que se haya cortado éste. Si el corte no es limpio y a escuadra, la rosca será difícil de hacer. Por este motivo hay que sujetarlo en un tornillo para tubos. Móntese el tornillo de manera que que de bien firme. Colóquesele de manera que a cada lado quede amplio espacio para manejar el tubo más largo que se haya que cortar o roscar.

Corte con segueta:

Señálese el lugar en que se haya que cortar el tubo y apriétese éste colocándolo en el tornillo. Manténgase la segueta formando un ángulo de 90° con el tubo, y hágase el corte con pasadas suaves y siempre iguales. teniendo el tubo todavía sujeto en el tornillo, quítese las rebabas con una escariador para tubos o una lima redonda.

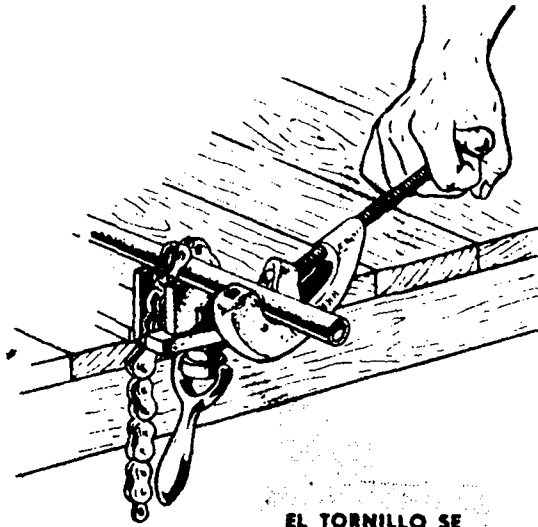
Corte con Cortatubos:

Aflójese la ruedecilla cortadora haciendo girar el mango hasta que el cortatubos se deslice por encima del tubo (Fig. 38-a.). Colóquese la ruedecilla cortadora exactamente encima de la señal para el corte, y hágase girar el mango apretándolo, hasta que la ruedecilla penetre ligeramente en el tubo.

A continuación hágase girar el cortatubos haciéndolo dar una vuelta completa en torno del tubo. Apriétese otra vez la ruedecilla y dése otra vuelta al tubo. Váyase repitiendo esta operación hasta que el tubo quede cortado. Quítese las rebabas con un escariador para tubos (Fig. 38-b), ó una lima.

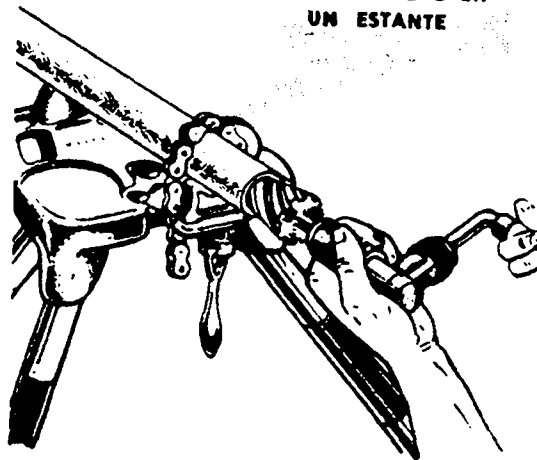
1.2.4 Roscado de Tubo:

CORTE Y TARRAJADO DE TUBOS

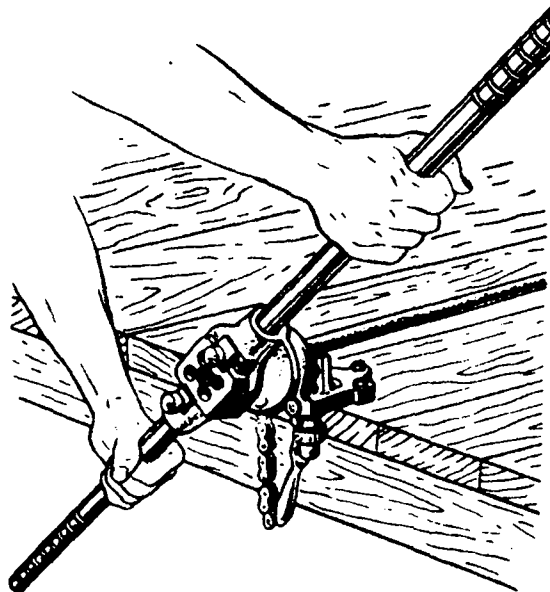


(a)

EL TORNILLO SE
PUEDE MONTAR EN
UN BANCO O EN
UN ESTANTE



(b)



(c)

Fig. 38

Esta operación se ha de llevar a cabo cuidadosamente, para asegurar roscas bien fileteadas para que encajen con las uniones. Los tubos se roscan utilizando para ello tarraja y dado. El dado contiene en uno de sus lados un recep-táculo en el que se ajusta la tarraja, y por el otro lado una abertura en la que se inserta una guía. La guía hace posible que la rosca se comience a escuadra.

Cada dado lleva una marca con su medida. Escójase el dado de la misma medida que el tubo que se haya de roscar. Aflójese la tuerca de mariposa que tiene la tarraja, retírese el cubre-placa e insértese el dado. Hay que cercio-rarse de que la impresión que hay en ésta quede hacia la cubierta. Vuélvase a colocar el cubre-placa y apriétese la tuerca de mariposa.

Puede utilizarse una guía ajustable, o bien una guía fija para cada meda. Cada guía fija lleva marcada la medida del tubo con la que encaja.

Escójase la guía de medida correcta, insértese en la abertura de la tarraja y apriétese en su lugar con el tornillo sujetador.

Colóquese el tubo en el tornillo y hágase deslizar la tarraja por el extremo del tubo, con la guía hacia dentro. Empújese contra el tubo hasta que el dado agarre en éste. Hágase girar lentamente la tarraja, en el mismo sentido que las manecillas del reloj, manteniendo el dado firmemente apretado contra el tubo. Después de haber cortado una cantidad de rosca suficiente para que el da-do quede firmemente en contacto con el tubo, aplíquese aceite cortador en abun-dancia a los filetes del dado y a la rosca del tubo.

Sígase haciendo girar la tarraja, haciéndola retroceder aproximadamen-te un cuarto de vuelta después de cada medio giro hacia adelante, para limpiarla así de virutas. Sígase roscando, aplicando a menudo aceite cortador, hasta que el tubo sobresalga por el frente del dado (Fig. 38-c).

Para retirar la herramienta una vez terminada la rosca, hágasela girar en sentido contrario al de las manecillas del reloj. Con un trapo quítese el a-ceite sobrante y las virutas de la rosca, antes de utilizar el tubo.

1.2.5 Cómo hacer Empalmes:

Para empalmar los tubos y sus uniones se utiliza la llave para tubos. Utilícese una llave de 10 pulgadas (25 cm) cuando los tubos tengan un diámetro de hasta una pulgada (2.54 cm) y una llave de 18 pulgadas (40 cm) cuando sea hasta de dos pulgadas (5.08 cm). (La medida de las llaves está dada de acuerdo con la longitud total de las mismas).

Utilícese una llave de boca y cabeza ajustable, o una llave inglesa para apretar las tuercas, uniones y válvulas, así como para sujetar los accesorios de unión que tengan superficies planas para asirlos. Las mordazas de las llaves para tubo nunca deberán apretarse demasiado, porque tenderán a aplastar el tubo (estas llaves se aprietan más cuando se las hace girar).

1.3 Instalación de Bombas tipo "Pitcher" o "Jarra":

Las bombas tipo "Jarra", como se ha visto en el capítulo anterior, se instalan para extraer el agua que se encuentra a profundidades no mayores de 6 metros. De ahí que se apliquen, salvo casos especiales, en los pozos hincados y en los taladrados.

La instalación de la bomba exige que se hayan completado previamente las etapas de construcción, descritas en los numerales 3.2.4 y 5.2.3 del Capítulo II, relativas a tales pozos.

Cuando la válvula inferior del cilindro, ubicada entre éste y la base metálica de asiento, está constituida con empaque de cuero, debe quitarse dicha válvula, con su empaque y sumergirlos por 12 horas antes de la instalación, en agua para que el cuero absorba el líquido y en tales condiciones permita un mejor ajuste, que evite la introducción del aire.

El proceso de instalación del equipo comprende las siguientes etapas:
i) recolocación de la válvula, cuyo empaque fue embebido en agua, entre el cilindro y su base metálica, procediendo a un suave ajuste de tuercas; ii) con un cepillo metálico se limpia la rosca del tubo de succión y se la unta con mate-

rial apropiado para uniones, "permatex" o similar; iii) el conjunto de bomba y base metálica, preparado como se indicó en (i), se enrosca firmemente al tubo de succión; iv) se procede a un mayor ajuste de los pernos que aprisionan el cilindro con la base metálica. Debe procederse con especial cuidado en este proceso de ajuste, pues si se realiza bruscamente ó con exceso de fuerza, puede romperse la zona de presión del cilindro o de la base metálica, ya que son fabricados de hierro fundido que es material quebradizo a los golpes y presiones de este tipo; v) se procede a bombear a fin de eliminar el aire que existe en la tubería de succión y así lograr la ascensión del agua hasta el cilindro de la bomba. Si después de unos 10 minutos de bombeo no se logra sacar agua, se intenta cebándola (verter líquido por la parte superior de la bomba) con agua limpia, cuidando de tapar con la mano izquierda el pico de salida de la bomba, mientras que con la mano derecha se bombea con celeridad. Durante la operación de bombeamiento debe observarse cuidadosamente la zona del empaque de la válvula inferior relocalada según (i), a fin de detectar cualquier posible entrada de aire. Si esto ocurriera debe procederse a un mayor ajuste de tuercas o revisión del colocado de la válvula hasta lograr estanqueidad del empaque; vi) una vez que se obtenga agua por bombeo, se continúa bombeando por unos minutos hasta notar que fluye el líquido sin dificultad y en ese momento se suspende el bombeo por 30 minutos; vii) transcurrido este tiempo se inicia a bombear nuevamente, si el agua sale sin dificultad, significa que la instalación es satisfactoria, en caso de exigir nuevo cebado, y de estar seguro que la dificultad no se debe a defectos de la bomba ni a la falta de estanqueidad del empaque, la deficiencia es atribuible a defectos de la construcción del pozo, donde por alguna unión existe pequeña entrada de aire, circunstancia que con el tiempo tiene posibilidad de corregirse con la oxidación de los hilados del roscado de la unión defectuosa; viii) al considerarse la instalación como satisfactoria, se procede al empotramiento de la base metálica de la bomba en el pedestal, cubriendo la parte inferior del asiento con una capa de una pulgada (2.54 cm) de espesor, de mezcla constituida por una parte de cemento por tres de arena; ix) se espera una semana para que el fraguado (endurecimiento) de la capa de empotramiento garantice la inamovilidad del conjunto, por efectos de la operación. Para evitar el intento de todo uso durante este período, debe retirarse el brazo o palanca de la bomba, sacando los pernos correspondientes. Además debe informarse a la comunidad de esta circunstancia para ser comprendida y bien aceptada la acción, y; x)

finalmente transcurrido el tiempo de fraguado se reinstala el brazo o palanca, dejando así la bomba habilitada para el servicio

1.4 Instalación de Bombas tipo "Molino"

Antes de la instalación del equipo, deben verificarse la correcta longitud de la tubería de succión y de la varilla de la sonda que accionará el émbolo.

El primer dato que debe obtenerse es la profundidad del pozo, desde el borde superior de la losa que constituye la tapadera hasta el fondo o plan del pozo. Esto se logra introduciendo una plomada o un cordel con un peso, por la boca de inspección o por el orificio dejado de exprofeso para el paso de la tubería de succión. Una vez que la plomada o el peso tocó fondo, se marca el cordel al nivel de la losa y luego se retira para medir el largo introducido.

Además se medirá la longitud mojada del cordel, para registrar el nivel estático del agua en esa fecha. Este es un dato importante para estudiar posteriormente el comportamiento del pozo en las diferentes épocas del año.

Para determinar la longitud necesaria de la tubería de succión se deben conocer a más de la profundidad del pozo, la distancia existente en el pedestal de la bomba, desde la base hasta el sitio de roscado del tubo de succión, que se encuentra interiormente en el pedestal, un poco debajo del grifo de salida. Esta longitud se mide con un metro, estando la bomba desmontada, introducido por la base del pedestal hasta topar con la unión roscada que tiene un resalto.

Por otra parte la tubería de succión no debe llegar hasta el fondo mismo del pozo sino situarse a unos 0.60 metros por sobre él para no succionar partículas sedimentadas.

El cilindro no debe ubicarse en el extremo inferior del tubo de succión ya que por el vacío que produce el émbolo en sus movimientos hará que el agua suba hasta el cilindro. Por lo general se ubica el cilindro de 1.00 metro

y 3.00 metros del extremo inferior, donde se ubica una válvula de pie.

La fórmula que nos permitirá determinar la longitud de la tubería necesaria para la succión se obtiene como sigue:

Profundidad del pozo	=	H metros
Altura, libre de succión	=	0.60 mts.
Altura de la unión roscada en el pedestal.	=	h_1 mts.
Longitud del cilindro	=	h_2 mts.
Número de uniones o roscas del tubo	=	n

La longitud requerida de la tubería será:

$$L = H + (h_1 + 0.016 \times n) - (h_2 + 0.60)$$

Las medidas están en metros y se considera una longitud de roscado por cada unión igual a 1.6 cm. = 0.016 m. correspondiente a tubos de \emptyset 1 1/4" a 1 1/2".

Para determinar la longitud de la varilla de la sonda, deben tenerse en cuenta que tanto el émbolo, ubicado dentro del cilindro, como la palanca o brazo para bombeo, traen consigo las longitudes de varilla correspondientes para sus carreras. De ahí que la longitud de varilla requerida será la correspondiente al tramo comprendido desde el cilindro hasta la unión roscada del pedestal de la bomba. Midiendo este tramo, en la tubería anteriormente determinada y agregándole las longitudes correspondientes a los acoplamientos que tendrá la sonda, se conocerá la longitud total de varilla necesaria.

Una vez tenidas las longitudes requeridas para la tubería de succión y la varilla de sonda, se procede a los cortes y empalmes correspondientes.

Luego se arma todo el sistema en la superficie y se verifica su funcionamiento antes de introducir en el pozo.

Verificados la correcta colocación de las piezas y el adecuado funcionamiento del conjunto, se dispone su instalación en el pozo.

Para facilitar el izamiento del conjunto e introducción del mismo en el pozo, se auxilia con un trípode o en su defecto se colocan dos paralelos anclados en el terreno, con un travesaño ubicado a plomo con la ubicación del orificio por donde pasará la tubería de succión.

Seguidamente, con auxilio de obreros, se levanta el conjunto del sistema de succión (tubería, cilindro y sonda) apoyándolo sobre el travesaño por el que se desliza. Con ayuda de dos amarres se dirige el deslizamiento, de suerte que el conjunto se introduzca en el orificio y vaya bajando con cuidado hasta tener fuera del pozo una longitud aproximada de un metro del tubo de succión. En este momento se le ajustan dos llaves de tubo a la altura de la losa-tapadera, a fin de sujetar el conjunto.

Luego se limpia, con cepillo metálico la rosca del tubo de succión y se unta con "permatex" u otra sustancia propia para uniones. Acto seguido se enrosca firmemente el pedestal de la bomba al tubo, se sujeta el conjunto con los amarres, se separan las llaves de tubo anteriormente colocadas, se ubica en posición correcta la base conforme indiquen los pernos previamente anclados en la losa durante la construcción de ésta y se fijan las tuercas respectivas. Luego se une la varilla de la sonda con la de la palanca, se coloca y se fija la palanca al pedestal y a la varilla. Finalmente se verifica por bombeo el correcto funcionamiento del sistema para dejarlo habilitado al servicio.

Se recomienda verificar la lubricación de la prensa-estopa a fin de garantizar el fácil deslizamiento de la varilla de la palanca.

1.5 Instalación de los molinos de viento:

Los fabricantes proporcionan los instructivos correspondientes para la adecuada instalación de sus equipos. De ahí que no se justifica describirlo en esta oportunidad, sin embargo, a título de referencia véase el Anexo C-4.

Por otra parte las agencias o casas vendedoras suelen cotizar además la instalación a fin de garantizar el adecuado funcionamiento de sus equipos. Se puede apelar a este recurso para el caso de que no se disponga de personal a diestrado para el efecto.

2. OPERACION

De la forma cómo se operan los equipos dependerá su duración y eficiencia. De ahí la necesidad de que los montadores dispongan de voluntarios auxiliares del lugar que se adiestren en ocasión de la instalación.

Asimismo los promotores u otro personal del programa, responsable del control del mantenimiento, no se cansará de dar charlas periódicas a los beneficiarios acerca de la correcta operación de los equipos.

2.1 Bombas tipo "Jarra":

Estas bombas son relativamente frágiles y consecuentemente no deben operarse con brusquedad y el ritmo de bombeo requiere ser moderado.

Cuando por alguna deficiencia debe ser cebada una bomba, se recomienda que las primeras aguas obtenidas por bombeo sean desechadas a fin de eliminar la contaminación producida por el cebado.

Como referencia se menciona la siguiente experiencia:

En una bomba cebada se tomaron dos muestras del agua bombeada, una de la primera obtenida y otra a los 10 minutos de bombeo. Los resultados de los exámenes bacteriológicos indicaron, quince colonias de coli para la primera muestra y cero colonia para la segunda. Esto indica que la fuente en sí no estaba contaminada y que los colis provinieron del agua de cebado, que fue eliminado con las primeras aguas del bombeo.

Asimismo cuando una bomba o un pozo ha estado por un período largo (un mes o más) fuera de servicio, también sus primeras aguas deben ser desechadas.

2.2 Bombas tipo "Molino":

Aunque estas bombas son más robustas y resisten mejor los manejos violentos que las de tipo "Jarra", se deben seguir las mismas recomendaciones indi-

cadras en el numeral anterior, principalmente para el movimiento descendente de la varilla de la sonda. El movimiento brusco o rápido de la sonda (subida del brazo de palanca) hace que la varilla se flexione y afecte las partes débiles de las mismas, que son las uniones.

Cuanto más profundos sean los pozos, mayores cuidados deben tomarse en la operación de estas bombas.

En el accionamiento de la palanca debe evitarse el movimiento lateral del mismo ya que por la longitud del brazo, este defecto de operación perjudica produciendo mayor desgaste y hasta la posible rotura en las articulaciones.

2.3 Molinos de Viento:

Como este equipo actúa por acción del viento, la precaución que debe tomarse es la de parar su funcionamiento cuando se presentan fuertes vientos (más de 50 km. por hora), lo que se logra con el freno de seguridad, accionada desde abajo, colocando la cola a 90 grados con relación a la rueda. Este control manual no es necesario cuando el modelo elegido es de control automático.

3. MANTENIMIENTO

Conforme se indicó anteriormente, al tratar de la instalación de los equipos, el montador debe auxiliarse de dos voluntarios del lugar para adiestrarlos, no solo para el montaje sino para el mantenimiento futuro. Este es un aspecto, quizás el más importante, del éxito de los programas.

El personal de campo del programa, en sus visitas periódicas debe verificar el funcionamiento de los equipos para conocer el mantenimiento que están dando los responsables locales.

Debe insistirse que el mantenimiento preventivo, o sea el cambio de piezas desgastadas, antes de producirse el daño de rotura o paralización del funcionamiento, es lo más importante, porque permite un servicio eficiente y permanente del equipo con las consecuentes beneficiosas para la comunidad.

Se recomienda que el personal supervisor del mantenimiento de los equipos esté provisto de herramientas y piezas de recambio, de desgastes más corrientes, para que proceda al mantenimiento preventivo para los casos de descuido de las comunidades.

Por lo general las piezas que requieren cambios más frecuentes son: los empaques y pernos de las articulaciones de las palancas.

El engrase suele ser otro aspecto poco atendido, en el que se debe insistir en las visitas.

Una sana política es la de exigir una aportación mensual en dinero por pequeña que sea, para disponer permanentemente de piezas de recambio.

Es importante llevar un registro de las piezas que con más frecuencia se cambian a fin de prever la provisión en la cantidad requerida así como de los daños más comunes en el equipo, para la selección adecuada en el futuro.

Con el propósito de orientar al personal inspector en la detección de los posibles defectos en el equipo se presenta la guía siguiente:

Cuando se produce filtración en el orificio (parte superior del cabezal), donde se mueve la barra de la sonda en sentido uniforme, pueden suceder dos casos:

- a) El prensa estopa no está suficientemente ajustado
- b) La estopa no está en condiciones de prestar servicio

Si la bomba no entrega agua o es insuficiente, o no existe presión, puede suceder que:

- a) Los empaques del cilindro se encuentran en mal estado
- b) La sonda se ha desprendido
- c) Las válvulas no funcionan

Cuando a la palanca se le imprime varios movimientos consecutivos para poder elevar el agua a la superficie es posible que:

- a) La válvula de pie o pascón esté en malas condiciones y el cilindro se descarga.
- b) Que las válvulas del cilindro estén en mal estado.

Si existe oposición elástica al esfuerzo de la palanca, es probable que:

- a) Exista derrumbe en el pozo y en consecuencia el cilindro esté atascado de lodo.
- b) Que la válvula de pie, o succión no funcione.

CAPITULO V

OBRAS COMPLEMENTARIAS

Cuando se emplean bombas de mano del tipo "Molino" es posible almacenar el agua, ya sea en tanque bajo o en uno elevado. Ello dependerá de la necesidad del lugar y principalmente del espíritu comunitario existente entre los habitantes para aceptar la participación en la labor de bombeo.

Cuando se trata del empleo del molino de viento, se impone de por sí las ventajas del almacenamiento, ya que el bombeo se realiza por la acción del viento.

Las obras que pueden complementar estas unidades de bombeo son las siguientes:

1. TANQUES DE ALMACENAMIENTO:

Sean del tipo bajo o del elevado. Su propósito puede ser el de: i) a bastecimiento exclusivo de agua para acarreo a las viviendas; y ii) servir además para alimentar pequeña instalación de baños y lavaderos, ubicados cerca del pozo (Fig. 39-a).

2. LAVADEROS DE ROPA:

Son pequeñas estructuras con piletas de lavado, ubicadas cerca de los pozos, alimentadas por un tanque elevado de servicio colectivo instalado sobre las estructuras de los lavaderos o bien por acarreo en baldes desde el pozo, individualmente. (Fig. 39-b).

3. ABREVADEROS PARA GANADO:

Son pequeños receptáculos contruídos cerca de los pozos para abastecer de agua al ganado.

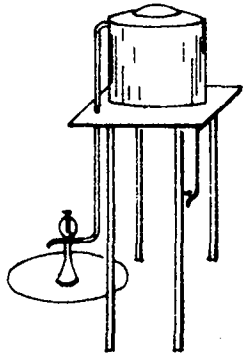
Por medio de una tubería, se bombea directamente del pozo al abrevaro. (Fig. 39-c).

4. PEQUEÑOS ACUEDUCTOS:

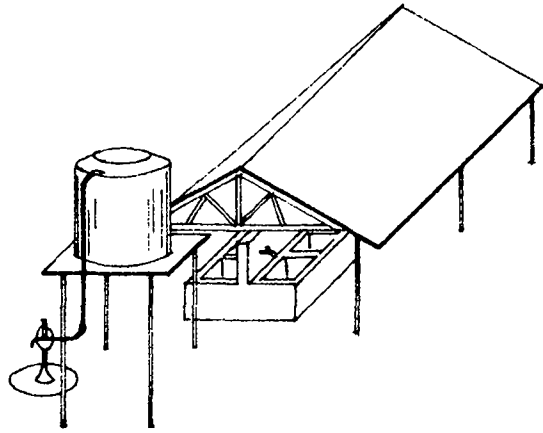
Los molinos de viento, con su mayor capacidad de bombeo y con el costo nulo de energía, posibilita ventajosamente la instalación de acueductos elementales para un núcleo pequeños de viviendas.

La aplicación de los molinos de viento, impone la instalación de cualesquiera de las obras complementarias, mencionadas, a fin de sacarles el máximo provecho. (Fig. 39-d).

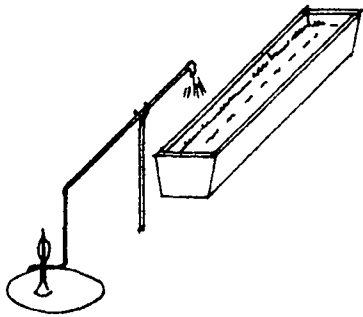
OBRAS COMPLEMENTARIAS
ESQUEMAS



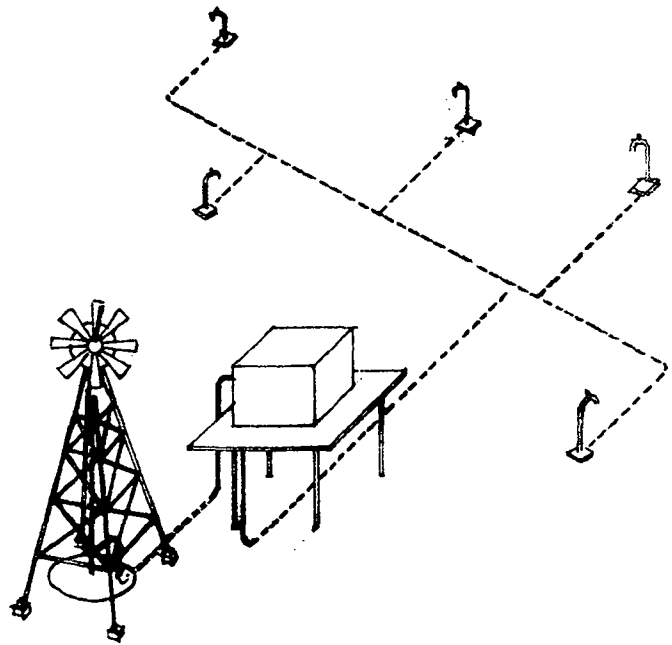
(a)



(b)



(c)



(d)

Fig. 39

ANEXOS

INSTRUCTIVO PARA EL LLENADO DE
LA FORMA A-1 "PLANILLA DE CONSTRUCCION"

Localidad:	Nombre de la localidad donde están ubicados los pozos.
Municipio:	Nombre del Municipio donde está ubicada la localidad.
Departamento:	Nombre del Departamento donde está ubicado el Municipio.
Columna 1:	No. = Número con el que se designó al pozo.
Columna 2:	E = Tipo "Excavado".
Columna 3:	H = Tipo "Hincado".
Columna 4:	T = Tipo "Taladrado".
Columna 5:	N.F. = nivel freático o profundidad a que se encontró el agua en la fecha de construcción, medida en metros.
Columna 6:	P.T. = Profundidad total del pozo, medida en metros.
Columna 7:	Fecha que se midió la profundidad del N.F. en oportunidad de la construcción.
Columna 8:	M = Bomba de tipo "Molino".
Columna 9:	P = Bomba tipo "Pitcher" o "Jarra".
Columna 10:	C ² 4" = Tubería de cemento de Ø 4", expresada en número de <u>tu</u> bos.
Columna 11:	H ^o G ^o = Tubería de hierro galvanizado, medida en metros.
Columna 12:	Varilla de émbolo de Ø 7/16", expresada en metros.
Columna 13:	Varilla de construcción de 1/4" ó 1/2", expresada en kilos.
Columna 14:	Bls. = Bolsas de cemento gris.
Columna 15:	Ml. = Millares de ladrillo rafón.
Columna 16:	M ³ = Metro cúbico de arena.
Columna 17:	M ³ = Metro cúbico de piedra.
Columna 18; 19 y 20:	Reservado a otros materiales no previstos.
Columna 21:	Mano de obra especializada (albañil, montador de bomba, etc.) expresada en días.
Columna 22:	Mano de obra no especializada "jornalero", expresado en días.
Fila de Total:	Suma de cada una de las columnas.
Fila de Precio Unitario:	El que corresponde a cada una de las unidades de las columnas.

Fila de Costo parcial: Es el producto de cada columna por su respectivo precio unitario.
Costo Total: Suma de todos los costos parciales.

**POZOS RASOS
CROQUIS UBICACION**

A-2

NOTA: Ubicar los pozos y poner la numeración correspondiente del A-1.

Localidad:..... Mpio:..... Dpto:.....

INSTRUCTIVO PARA EL LLENADO DE
LA FORMA A-2 "CROQUIS UBICACION"

(Uso Nivel Regional).

Seguir la siguiente secuencia:

- PRIMERO: Se hará un croquis general de la comunidad con indicación de calles y caminos.
- SEGUNDO: Ubicar aproximadamente las viviendas, identificándolas con un cuadradito.
- TERCERO: Ubicar los pozos, identificándolos con un círculo de tamaño mayor que los cuadraditos de las casas. Deben numerarse con forme lo establecido en la forma A-1. A fin de ubicarse fácilmente en el futuro, se escribirá en el croquis el nombre del vecino más próximo al pozo en cuestión.

INSTRUCTIVO PARA EL LLENADO DE
LA FORMA A-3 "PLANILLA DE MANTENIMIENTO

- Localidad: Nombre de la localidad donde están ubicados los pozos.
- Municipio: Municipio donde está ubicada la localidad.
- Departamento: Departamento donde está ubicado el Municipio.
- Columna 1: Número correspondiente al pozo, según lo asignado en la construcción.
- Columna 2: Tipo "Pitcher".
- Columna 3: Tipo "Molino".
- Columna 4: Fecha en que se procedió al cambio de pieza.
- Columna 5: N.F. = nivel freático o profundidad a que se encontró el agua en la fecha en que se controló dicho nivel (preferible en época seca).
- Columna 6: Nombre de la persona local, responsable del mantenimiento.
- Columna 7, 8, 9, 10, 11, 12 y 13. Piezas cambiadas, la que corresponda marcar con una "x".
- Fila de Control de Mantenimiento. Corresponde llenar al supervisor encargado del Control de Mantenimiento.
- Fecha: Fecha que se visitó la localidad para inspeccionar el estado de mantenimiento de las bombas.
- Supervisor: Nombre del supervisor que hizo la inspección.

INSTRUCTIVO PARA EL LLENADO DE
LA FORMA A-4 "PLANILLA CONTROL MANTENIMIENTO"

- Localidad: Nombre de la localidad donde están ubicados los pozos.
- Municipio: Municipio donde está ubicada la localidad.
- Departamento: Departamento donde está ubicado el Municipio.
- Columna 1: Numeración correspondiente al pozo según la identificación establecida en la planilla de construcción A-1.
- Columna 2: Fecha en que se inspeccionó el pozo y/o equipo de bombeo correspondiente.
- Columna 3: Registro de las irregularidades encontradas, por ejemplo: válvula de pie del cilindro dañada; se agotó el pozo; perno de palanca roto; mantenimiento deficiente, otros. Si no se observan irregularidades en el pozo ni en el equipo de bombeo, se pone "no se observa irregularidad alguna".
- Columna 4: Nombre abreviado del Inspector que inspeccionó.

NOTA:

Solamente se debe registrar la información correspondiente a los pozos y bombas inspeccionadas. Si el inspector revisó, por ejemplo 3 pozos de los 9 que existen en una Comunidad, no debe llenar de por sí información supuesta de los 6 restantes. En las futuras visitas procurará revisar los pozos y bombas no inspeccionadas con anterioridad. Las irregularidades deben ser conocidas y analizadas con el responsable local a fin de fortalecer la conciencia de participación comunal en la solución de sus propios problemas.

INSTRUCTIVO PARA EL LLENADO DE LA
FORMA A-5 "PROGRAMA DE SUPERVISION"

NOTA: El objetivo de esta forma es programar anticipadamente las visitas de supervisión a las diferentes Comunidades atendidas por el Programa.

Seguir la siguiente secuencia

- PRIMERO: En un almanaque foliado, eliminar todos los días no laborables (sábados, domingos, feriados) en el área de trabajo del supervisor.
- SEGUNDO: De acuerdo a las disponibilidades de viáticos, transporte y requerimientos de permanencia en la sede, establecer el período mayor posible para las visitas de inspección.
- TERCERO: En un mapa de la Región, delimitar el área de competencia del supervisor.
- CUARTO: Identificar con círculos en rojo las comunidades del Programa que requieren supervisión.
- QUINTO: De acuerdo a las vías de acceso, identificar rutas para cada período de inspección, procurando que en el recorrido abarque el máximo de comunidades.
- SEXTO: Identificadas las rutas, por numeración, iniciar la programación de visitas, señalando el mes en que éstas serán efectuadas. Para ello se marca en la fila de la comunidad respectiva y en la correspondiente a "P" (programado) bajo la columna del mes previsto. Siguiendo este procedimiento completar por rutas la programación para todas las comunidades a cargo del Supervisor.
- SEPTIMO: Iniciar las visitas de supervisión conforme la programación, marcando en la fila de la Comunidad respectiva y en la correspondiente a "R" (realizado) las misiones cumplidas.
- OCTAVO: Reajustar periódicamente y conforme sea necesario, la programación anterior.

**POZOS RASOS
ESTADISTICA DE BOMBAS INSTALADAS**
(USO NIVEL REGIONAL Y CENTRAL)

A-6

Región Sanitaria No. _____

Actualizado al _____

Hoja de _____

Departamento

Municipio

Localidades

BOMBAS

M P T

TOTALES

BOMBAS: M= Molino; P= Pitcher; T= Total

TABLA DE CONVERSIONES

B-1

CONVERSION DE FRACCIONES A VALORES DECIMALES

1/16 = 0.06250	1/4 = 0.25000	1/2 = 0.50000	3/4 = 0.75000
1/8 = 0.12500	1/3 = 0.3333	5/8 = 0.62500	5/6 = 0.83333
1/6 = 0.16667	3/8 = 0.37500	2/3 = 0.66667	7/8 = 0.87500

UNIDADES DE LONGITUD

Abreviatura

in	pulgada	= 0.0254 m.
ft	pie (12 in)	= 0.3048 m.
yd	yarda (3 ft ó 36 in)	= 0.9144 m.
m.	metro	= 1.093 yd
		= 39.37 in
		= 3.281 ft

UNIDADES DE MASA Y PESO

lb	libra	= 453.592 g
Kg	Kilogramo	= 2.2046 lb

UNIDADES DE VOLUMEN Y CAPACIDAD

gal	galón	= 3.7853 l
ft ³	pie cúbico	= 28.316l l
yd ³	yarda cúbica	= 0.7645 m ³
l	litro	= 0.264 gal
m ³	metro cúbico	= 1.3079 yd ³
bol	bolsa cemento = 42.5 Kg = 92 lb = 1 ft ³	

PROPORCIONES PARA MORTEROS Y CONCRETOS SIMPLES

B-2

MORTEROS

COEFICIENTES DE APORTE

Mezclas volumétricas por m² incluyendo 5% de desperdicios

PROPORCION	ESPESOR: 1 cm.		ESPESOR: 2 cm.		ESPESOR: 2.5 cm.	
	Cemento bolsas	Arena m ³	Cemento bolsas	Arena m ³	Cemento bolsas	Arena m ³
1:1	0.198	0.006	0.396	0.012	0.495	0.015
1:2	0.141	0.010	0.282	0.020	0.353	0.025
1:3	0.111	0.011	0.222	0.022	0.278	0.027
1:4	0.086	0.012	0.172	0.024	0.215	0.030
1:5	0.069	0.013	0.138	0.026	0.173	0.033
1:6	0.058	0.013	0.116	0.026	0.145	0.033
1:8	0.044	0.014	0.088	0.028	0.110	0.035

COEFICIENTES DE APORTE

Mezclas volumétricas por m³ incluyendo 5% de desperdicios

PROPORCION	Cemento bolsas	Arena m ³	PROPORCION	Cemento bolsas	Arena m ³
1:2	13.72	1.016	1:6	5.65	1.281
1:3	10.78	1.131	1:8	4.28	1.324

CONCRETOS SIMPLES

COEFICIENTES DE APORTE

Mezclas volumétricas por m³ incluyendo 5% de desperdicios
Resistencia f'c del concreto a los 28 días.

CEMENTO - ARENA - PIEDRA

Cemento : Bolsas de 42.5 Kgs.
Arena : Tipo gruesa
Piedra : Triturada

f'c (Kg/cm ²)	PROPORCION C : A : P	Cemento bolsas	Arena m ³	Piedra m ³	Agua litros
210	1 : 2 : 2	10.0	0.55	0.55	170
175	1 : 2 : 3	9.0	0.48	0.72	170
140	1 : 2 : 4	8.4	0.47	0.95	170
	1 : 3 : 6	6.0	0.46	0.95	170
	1 : 4 : 8	4.5	0.56	1.00	170
	1 : 6 : 12	3.0	0.48	1.00	170

RENDIMIENTO TEORICO EN LA EXCAVACION DE POZOS RASOS

B-3

ESTIMACION TEORICA DE JORNALAS REQUERIDAS PARA LA EXCAVACION DE UN POZO A MANO (Ver figura 9 del manual)

CONDICIONES DE CALCULO

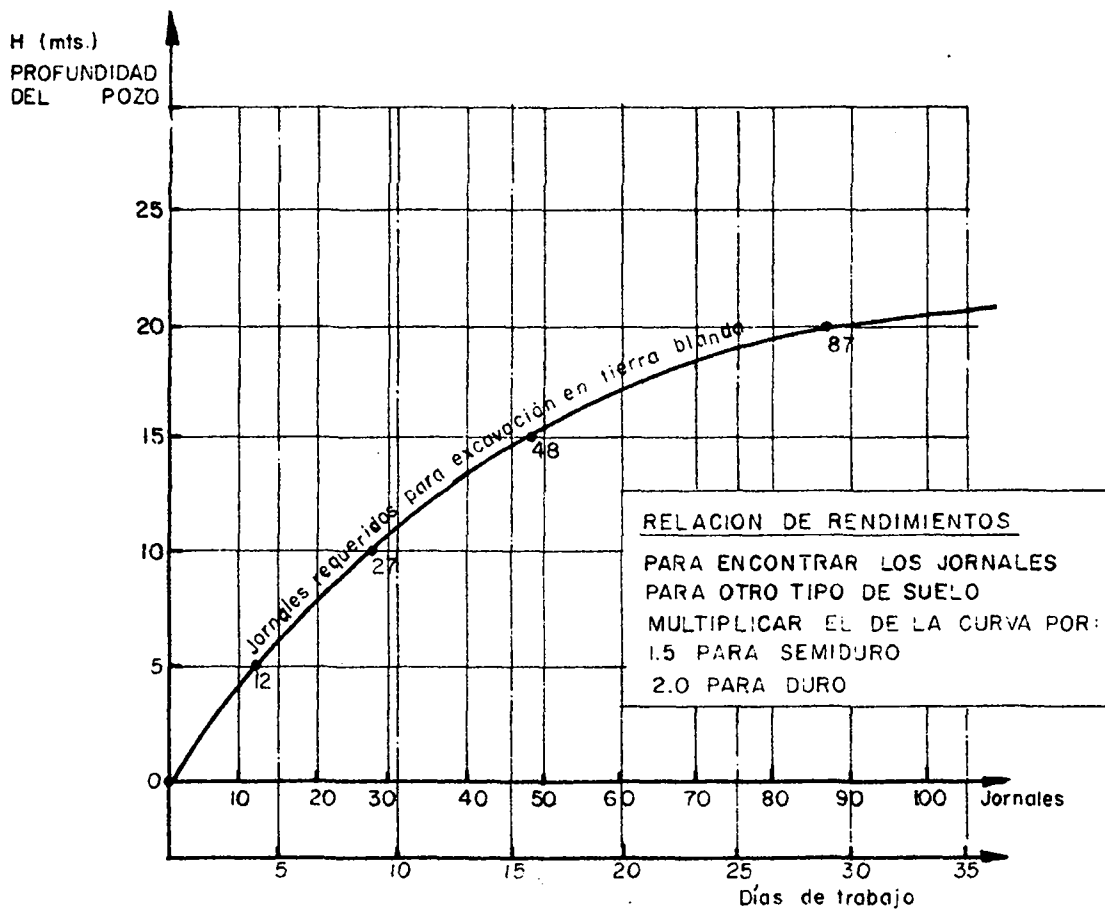
DIAMETRO DE LA EXCAVACION, $D=1.80$ m. $V=2.6$ m³/m. altura

TRES OBREROS TRABAJANDO POR DIA

DUREZA PROMEDIO DEL SUELO = BLANDA

RENDIMIENTO DIARIO ESTIMADO, SEGUN PROFUNDIDADES

0 m. < h < 5 m.	→	$r = 3$ m ³ /dia
5 m. < h < 10 m.	→	$r = 2.5$ m ³ /dia
10 m. < h < 15 m.	→	$r = 1.8$ m ³ /dia
15 m. < h < 20 m.	→	$r = 1.0$ m ³ /dia



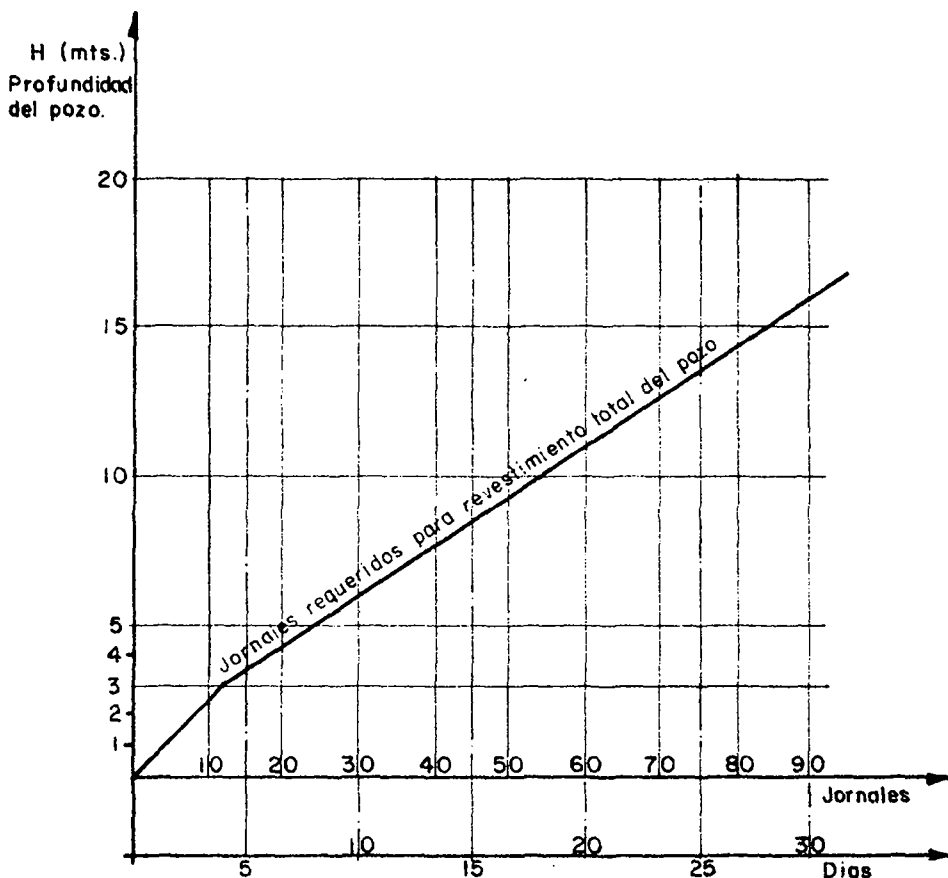
RENDIMIENTO TEORICO EN EL REVESTIMIENTO CON LADRILLO DE UN POZO EXCAVADO

B-4

ESTIMACION TEORICA DE JORNALES REQUERIDOS PARA REVESTIMIENTO DE LADRILLO RAFON DE UN POZO EXCAVADO (Ver figura 9 del manual)

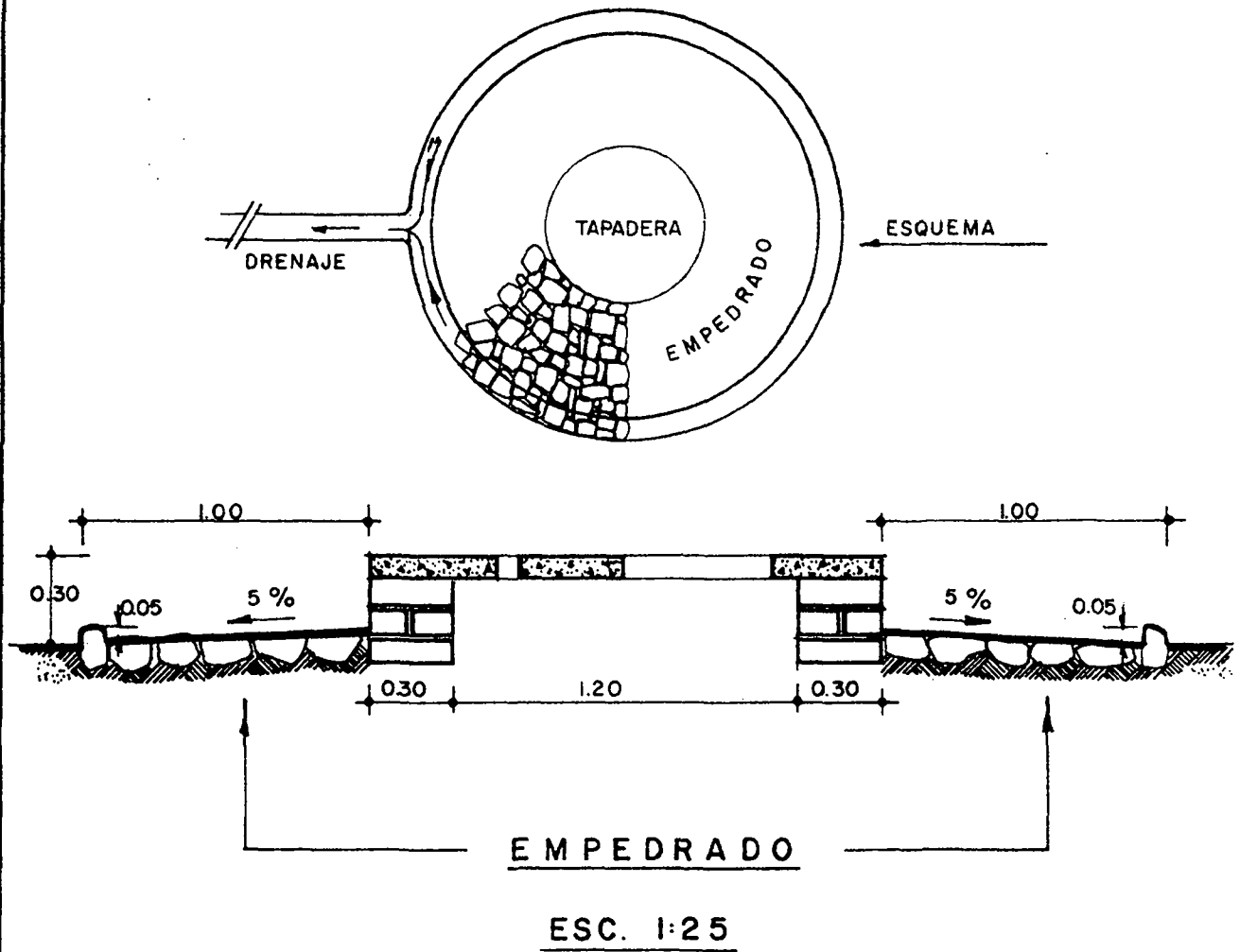
CONDICIONES DE CALCULO

- . DIAMETRO DE LA EXCAVACION; $D = 1.80$ m.
- . DIAMETRO INTERIOR DEL POZO, $d = 1.20$ m.
- . PROFUNDIDAD DEL POZO = H m.
- . ALTURA DE REVESTIMIENTO DE 0.15 , $h_1 = 3.00$
- . ALTURA DE REVESTIMIENTO DE 0.30 , $h_2 = H - 3.00$ m.
- . NO SE INCLUYEN JORNALES REQUERIDOS PARA CONSTRUCCION DE LOSA DE TAPA, NI PARA EL PISO ADYACENTE.
- . RENDIMIENTO ESTIMADO:
 - r_1 en PARED DE 0.15 m. = 4 JORNALES POR m.l. DE h_1
 - r_2 en PARED DE 0.30 m. = 7, 8 JORNALES POR m.l. DE h_2



EMPEDRADO SUPERFICIAL DE POZO EXCAVADO

C-1



RESUMEN

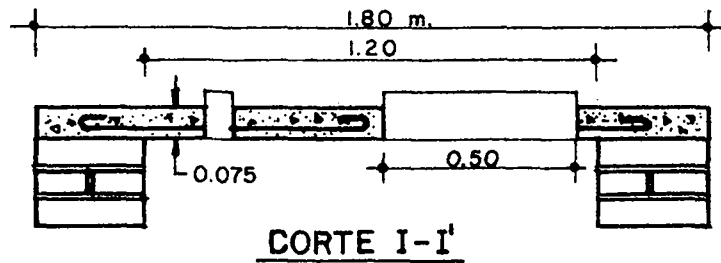
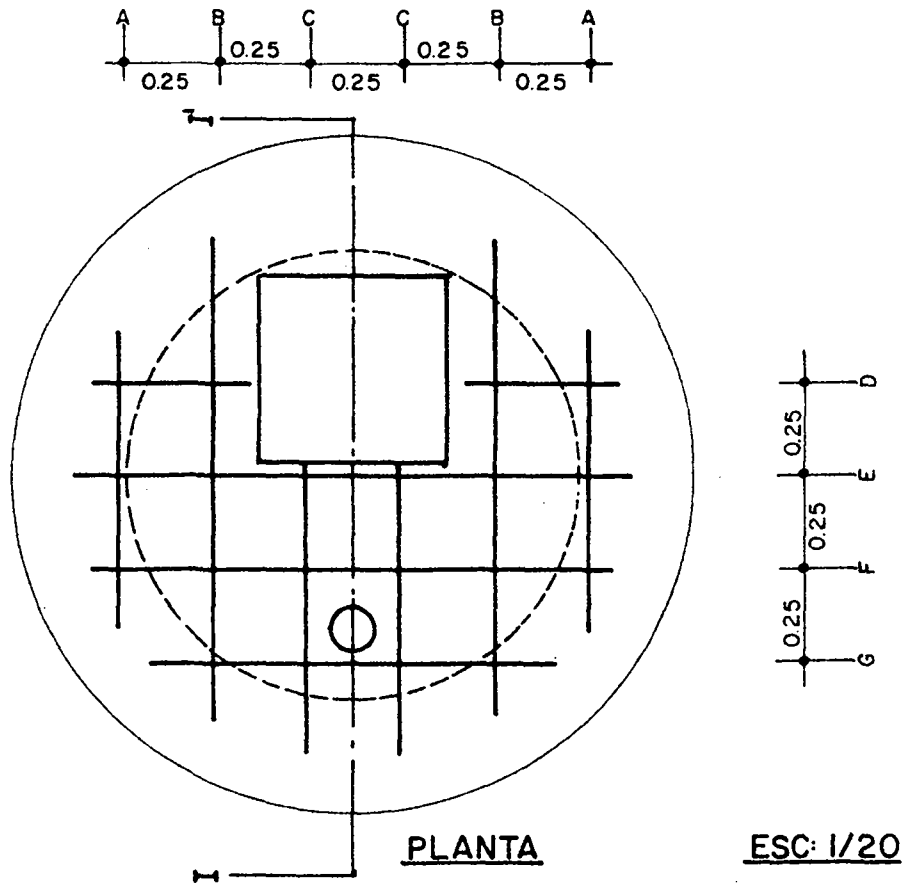
Area de empedrado.....	=	8.80 m ²
Cemento requerido.....	=	3 bolsas
Arena requerida.....	=	0.3 m ³
Piedra requerida.....	=	2.0 m ³

Se consideraron

1. Piedras tamaño aproximado: 0.20 x 0.15 x 0.15 m.
2. Colocación de piedras casi a tope, con juntas de espesor 0.03 m.
3. Mortero cemento-arena, tipo 1:3

LOSA TAPADERA DE POZO EXCAVADO

C-2

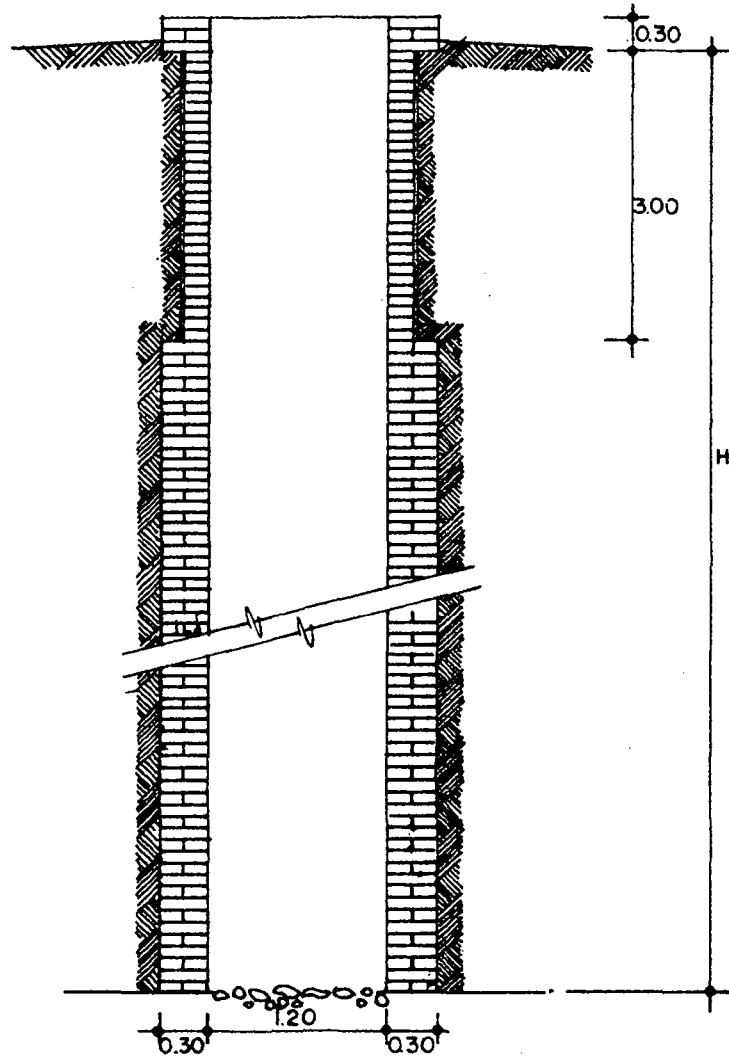


HERRAJE					
TIPO	Ø	CANTIDAD	LONG.	SITIO	POBLADO
A	3/8"	2	0.94	Losa	.07 80 .07
B	3/8"	2	1.42	"	.07 1.28 .07
C	3/8"	2	0.86	"	.07 0.72 .07
D	3/8"	2	0.54	"	.07 .40 .07
E	3/8"	1	1.62	"	.07 1.48 .07
F	3/8"	1	1.52	"	.07 1.38 .07
G	3/8"	1	1.20	"	.07 1.06 .07

TOTAL: Varilla ϕ 3/4" = 11.90 m.; Cemento = 1 bolsa; Arena = 0.08 m³; Piedra = 0.16 m³

REVESTIMIENTO DE LADRILLO DE UN POZO EXCAVADO

C-3

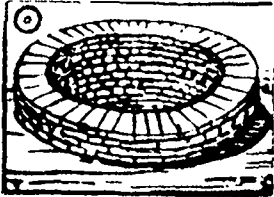


RESUMEN	
Area pared de 0.15 m.	= 12.72 m ²
Area pared de 0.30 m.	= 1.41 + 4.71 (H-3) m ²
MATERIALES REQUERIDOS	
Cemento	= 2.85 + 2.57 (H-3) bolsas
Arena	= 0.65 + 0.58 (H-3) m ³
Ladrillo	= 769 + 443 (H-3) ladrillos
Mortero 1:6, junta de 1 cm. y 35 % desperdicio	

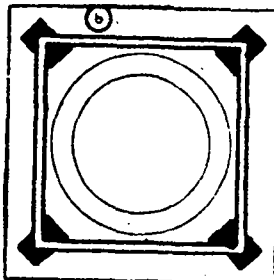
1. VERIFICACION DE LAS PIEZAS DEL EQUIPO

Recibido el equipo del molino, se deben separar las piezas y verificarlas conforme el listado correspondiente.

2. PREPARACION DEL POZO Y MARCACION DE LOS HOYOS PARA LAS BASES DE LA TORRE

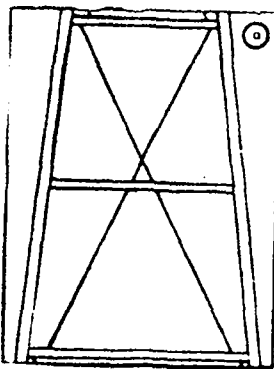


a) Excavado el pozo, sobresalir con el revestimiento interior y con un espesor de un ladrillo, hasta una altura mínima de 0.30 m.

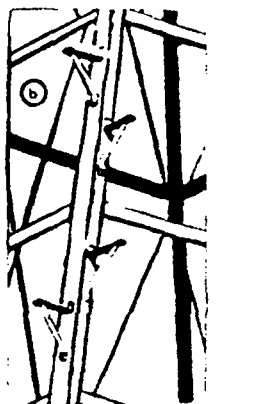


b) Contorneando el pozo y a una misma distancia de él se colocan a escuadra los cuatro marcos más largos en cuyas esquinas se marcan y luego se excavan hoyos de 0.60 x 0.70 m. y profundidad de 0.80 m. Se rellena el hueco con mampostería de ladrillo asentada en montero 1:3, preparando así las bases de asiento para las patas de la torre.

3. MONTAJE DE LA TORRE (Fase Inicial)

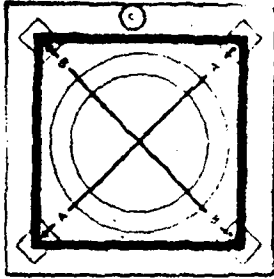


a) Montar inicialmente en el suelo, horizontalmente, las dos primeras secciones de la torre, colocándose los travesaños y los tirantes. Cuidese de que los tirantes sean apretados en los orificios interiores de los travesaños y en la parte superior en los exteriores. No se debe dar el apretado o ajuste final.



b) Cuidar porque quede en una de las patas de la torre, de un lado, los orificios para las gradas de la escalera y en el otro los orificios para la manivela del freno. Montar los pedestales de la escalera una a cada lado de la pata de la torre, conforme se indica en la fig. (b).

Erguir el conjunto sobre las bases de ladrillo, anteriormente preparadas.



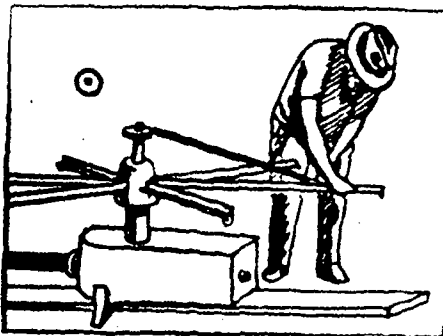
- c) Cuadrar la torre como se muestra en la fig. c, debiendo tener la diagonal AA la misma longitud que la BB.



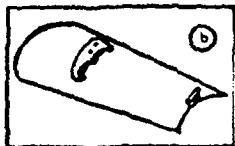
- d) Nivelar bien, colocando el nivel sobre una regla apoyada en los tornillos superiores del primer travesaño inferior de la torre.

Completar las bases de la mampostería, de las patas de la torre, con camadas de ladrillos asentadas con mortero 1:3, formando pilares de altura hasta el primer travesaño.

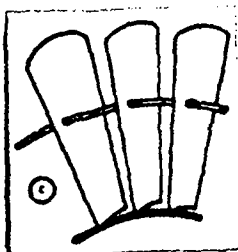
4. MONTAJE DE LA RUEDA DEL MOLINO



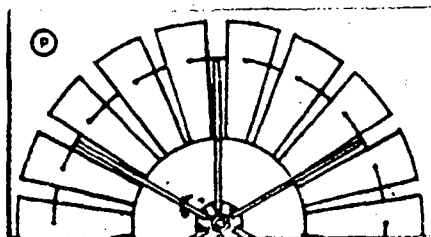
- a) Colóquese la caja del molino, sobre una tabla ubicada en el suelo. Inicie el montaje, observando que los rayos son numerados y deben ser montados conforme la numeración correspondiente marcada en el cubo de la caja.



- b) Prepararse las paletas para su montaje en los aros de amarre, perforándoles los soportes de la chapa, siguiendo la numeración

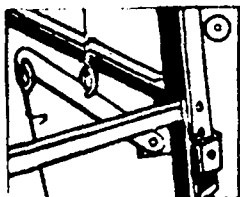


- c) Por los soportes, se montan 3 paletas por cada par de aros de amarre, formando las secciones de la rueda. Cúidese porque las dos porciones más largas de los aros queden del mismo lado, para la posterior unión con las porciones cortas de las otras secciones.
Ajustar bien los tornillos para que no se suelten.

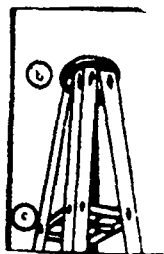


- d) Montese las secciones de las palas en los soportes de los rayos, uniéndolas entre sí, completando así la rueda.

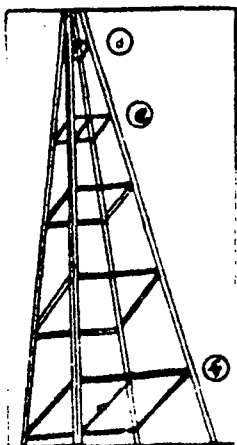
5. MONTAJE DE LA TORRE (Fase Final)



- a) Completar la torre, montando la parte superior y apretando siempre por igual los tirantes. En la tercera unión de las barras, en el lado que están los orificios para la manivela del freno, atornillar la balanza del mismo. Colocar también las gradas de la escalera.

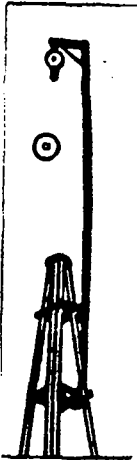


- b) Completado el montaje, en el tope de la torre, ajústese el buje de apoyo de la máquina, que debe ser nivelado muy bien en todas las direcciones, ajustándolo por las marcas donde deberá ser atornillado.
- c) Colóquese también, bien nivelado, el buje inferior, guía de la máquina.

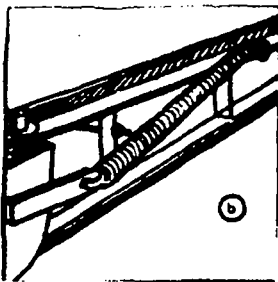


- d) Partiendo de arriba, en el primer marco de travesaños de la torre, colóquese un tirante en el medio, con abrazadera para la guía de la varilla de bombeo.
- e) En el segundo marco de travesaños colóquese el angular en el medio, con la abrazadera guía del tubo de bombeo.
- f) En el quinto cuadro de travesaños colóquese el angular con la abrazadera fijadora del tubo de bombeo.

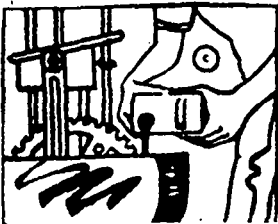
6. PREPARATIVOS PARA EL LEVANTAMIENTO DE LA MAQUINA



- a) En lo alto de la torre, apoyada en el tope y aprisionada con abrazaderas, a los marcos de travesaños se coloca un asta de hierro o madera bien fuerte, con brazo y garrucha para la suspensión de la máquina.

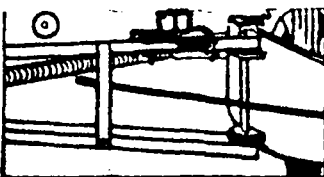


- b) Se pone de pie la máquina junto a la torre, colocándose la cola y el resorte respectivo tensando hasta el último orificio.



- c) Póngase 5 litros de aceite 90 dentro de la caja de la máquina, sáquese la estopa protectora de arriba del tubo de la bomba de aceite y acciónese el mismo, para arriba y para abajo, hasta iniciar la circulación del aceite.

7. LEVANTAMIENTO Y AJUSTE DE LA MAQUINA EN LA TORRE



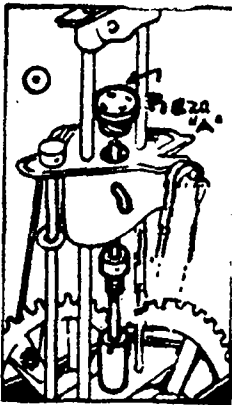
- a) Para equilibrio de la máquina en la subida, prender el gancho en el lugar indicado en el dibujo (a).



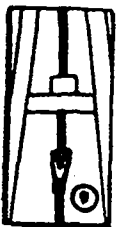
- b) Amárrese una cuerda en el eje vertical soporte de la máquina, para que una persona, desde el suelo, pueda mantenerla distante de la torre, durante el levantamiento, evitando choques. El montador subirá por las gradas de la escalera, acompañando y controlando la máquina.
- c) Una vez llegada la máquina al tope, se suelta la cuerda del eje soporte, se engrasa bien los bujes y se asienta la máquina.



- d) Colóquese la varilla de la máquina, introduciéndola por encima.



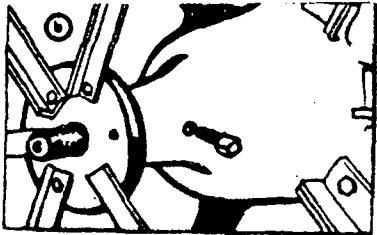
- e) En el tapón, por el cual pasa la varilla, colóquese un buen pedazo de empaque, socándolo bien. Se enrosca la prensa estopa, colócase el contrapín y se enrosca la pieza "A".
- f) Cúbrase la caja de engranajes con la tapa y atorníllese.



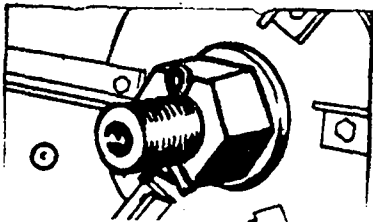
- g) En el extremo inferior de la varilla, se prende con una abrazadera el asta del tubo.

8. LEVANTAMIENTO Y COLOCADO DE LA RUEDA

- a) Poner de pie la rueda, junto a la torre. Prender el tubo a la cuerda de la garrucha y la cuerda del auxiliar que, desde el suelo, la mantendrá distante de la torre, en la subida.

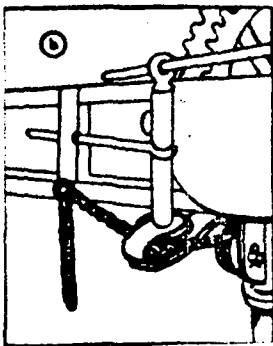


- b) Una vez encima de la torre encajar el cubo al eje de la máquina.
Ajústase la chaveta y colócase el tornillo de presión en el cubo.



- c) En la punta del eje, se coloca la arandela, la tuerca y el contrapín.

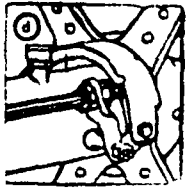
9. MONTAJE DEL FRENO



- a) Introducir la garrucha, colocada en la parte inferior de la caja, un alambre hasta que salga por el tubo de abajo. Se prende el alambre a la cadena y estírese todo hacia arriba.
b) Después se pasa esta cadena por las garruchas y se prende en el asta de la cola por el orificio apropiado, donde es atornillado.



- c) Se prende el alambre en la parte inferior del estirador.



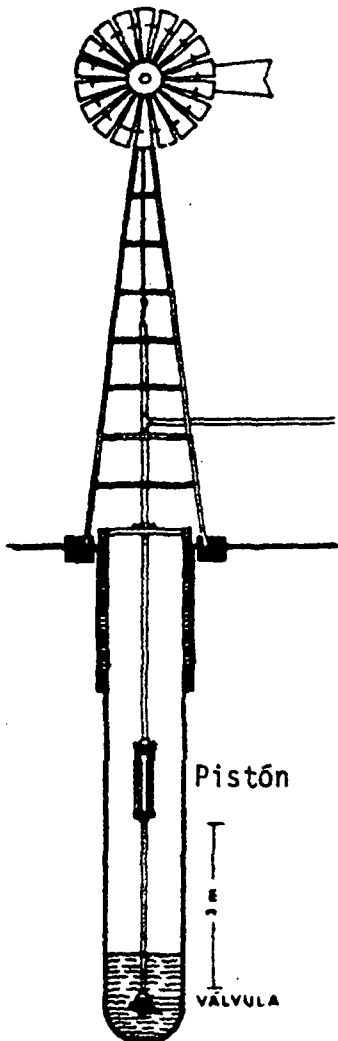
- d) Se ajusta la vara a la faja del freno por los pernos de regulación.

10. MEDICION DEL POZO PARA LA INSTALACION DEL TUBO.

Medir el pozo de la siguiente manera:

Con una plomada o en su defecto colóquese un peso en el extremo de una cuerda, se hace bajar en el pozo hasta rocar el fondo, marcándose con un amarre al nivel del brocal. Se extrae la plomada o la cuerda, según el caso, se mide la longitud total introducida hasta el amarre, lo que nos dará la profundidad del pozo. Luego se mide la longitud de la parte mojada de la cuerda, lo que nos dará por diferencia con la medida anterior, el nivel del agua.

11. MONTAJE E INSTALACION DE LA TUBERIA

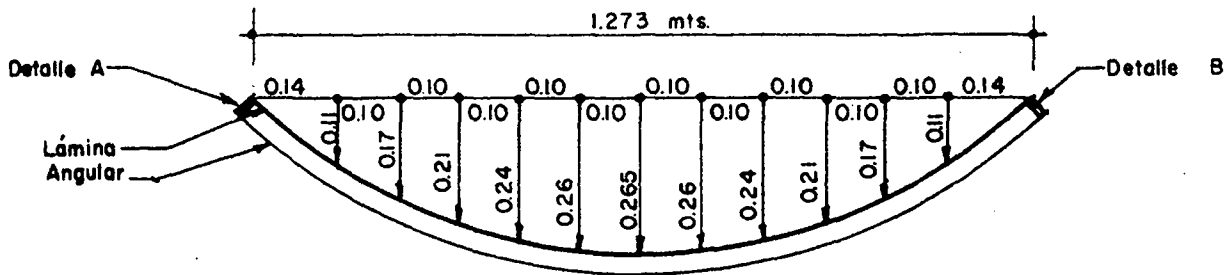
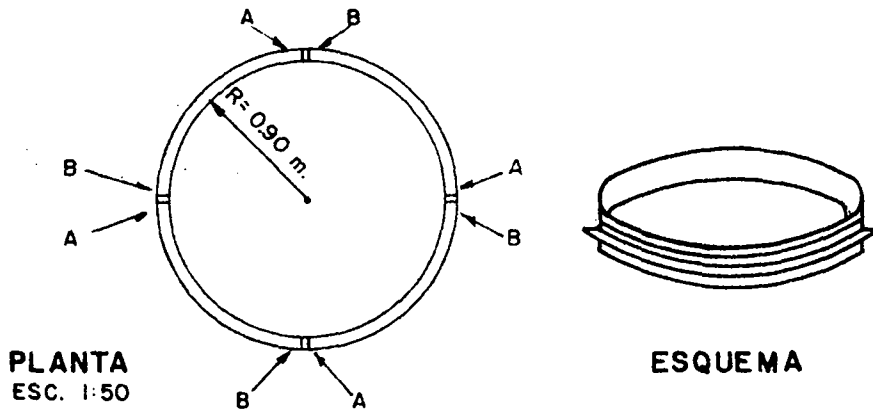


- Se cuelga del centro de la torre una plomada, la que marcará el centro del pozo. Esta plomada debe llegar hasta unos 50 cm. dentro del pozo.
- Se coloca la losa-tapadera con su orificio central en la dirección de la plomada. Para ello, la plomada se levanta levemente y se introduce por el orificio, ajustando la posición de la plancha o losa de suerte que el hilo de la plomada quede en el centro del orificio.
- Se sumerge el pistón con el émbolo en un recipiente con agua para dilatación de los cueros.
- En base a las medidas del numeral 10, se cortan los tubos y se inicia en el suelo, el montaje de la parte de tubería que queda dentro del pozo. Debe tenerse en cuenta que el extremo inferior del tubo quedará 50 cm. por sobre el fondo del pozo.
- Conéctese el tubo que servirá de bajada o succión, con la parte superior del ciclindro y la varilla correspondiente al émbolo que accionará. Se continuará agregando tubo y varilla en la parte superior necesaria de la torre, conforme los requerimientos de la altura de bombeo. Asimismo se adicionará la tubería requerida en la parte inferior del pozo que se conectará en la parte inferior del cilindro, terminando finalmente con la válvula de pie.
- Todo el conjunto anterior se introducirá al pozo, por el orificio de la losa tapadera y una vez centrado se irá amarrando en las abrazaderas de las vigas centrales de la torre.

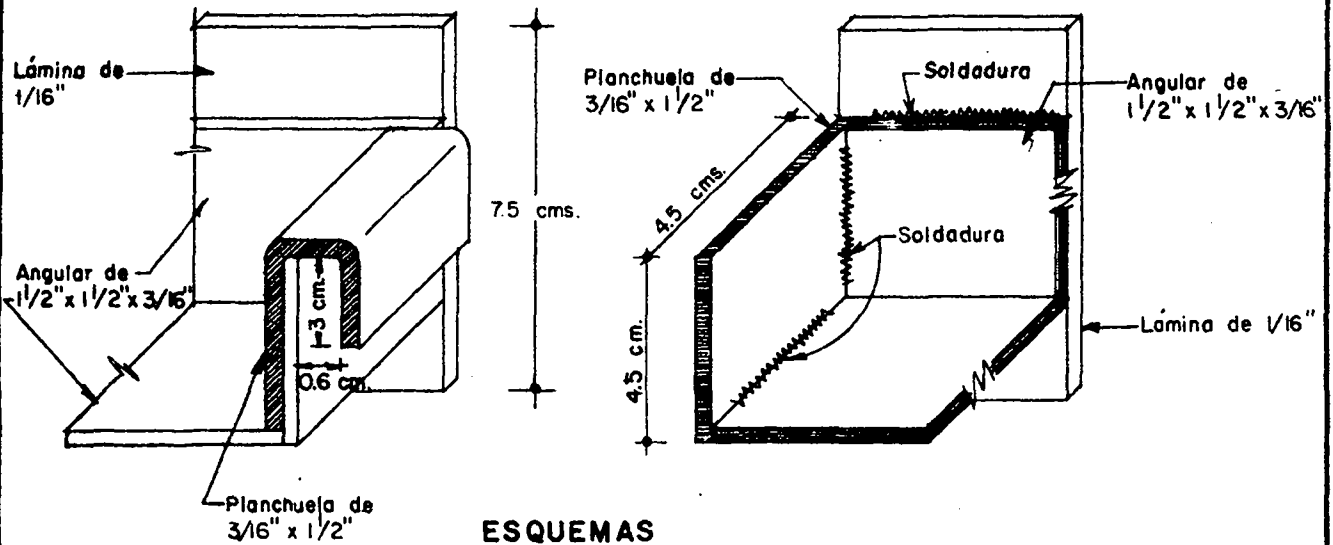
- g) En la altura deseada de derivación, para salida del agua que alimentará el depósito del almacenamiento se colocará una T. El tubo de succión se prolongará 2.50 m. por encima de esta T. En caso que la altura de almacenamiento es superior a la de la torre, se colocará una válvula de retención después de la T.
- h) La varilla que acciona el émbolo se prolongará y se unirá con la varilla colocada en la máquina, según se indicó en la 7(d). Es indispensable que el tubo de succión y la varilla se encuentren "a plomo" para su funcionamiento.
- i) Finalmente en la T de salida, se conecta la tubería que irá hasta el depósito de almacenamiento.

MOLDE METALICO PARA LOSA TAPADERA DE POZO

C-5



PLANTA DEL CUADRANTE
ESC. 1:12.5

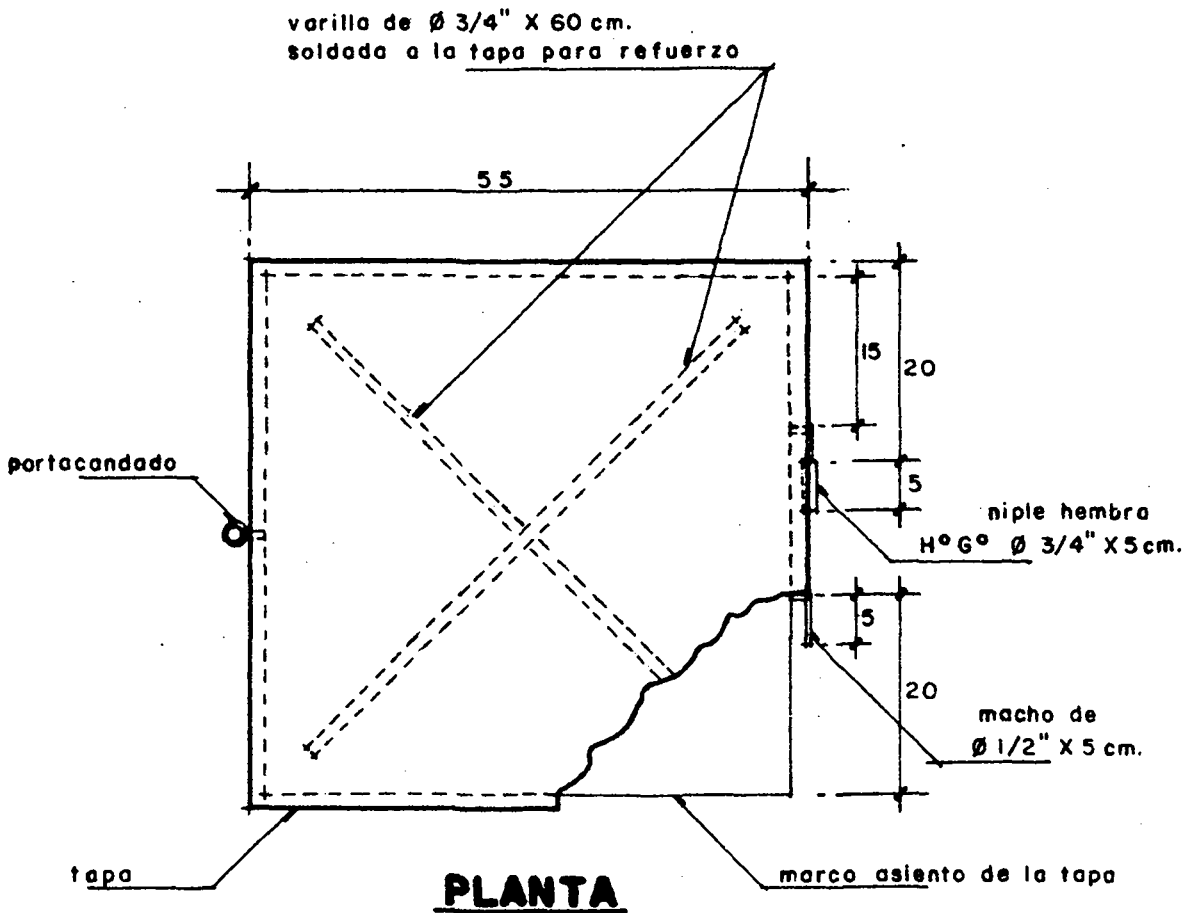
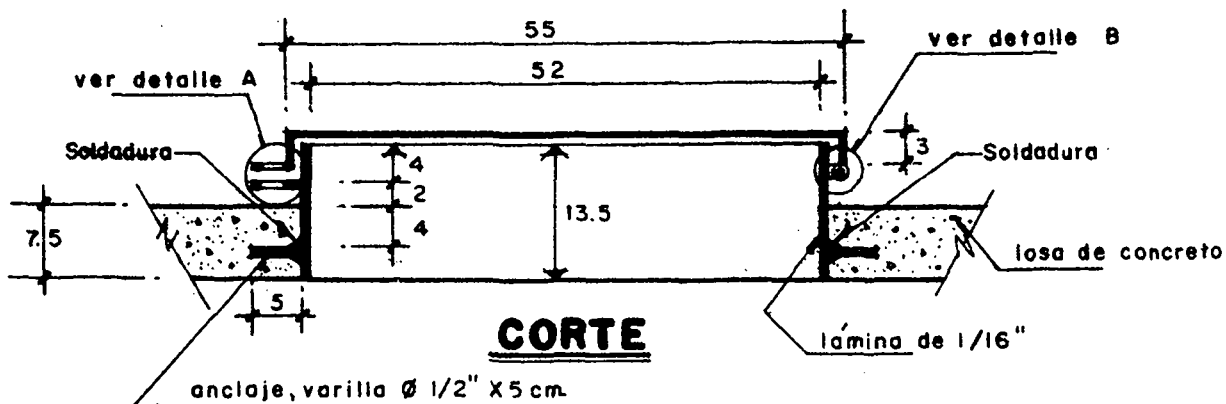


DETALLE B

DETALLE A

TAPADERA METALICA, BOCA INSPECCION DE POZO

C-6/4

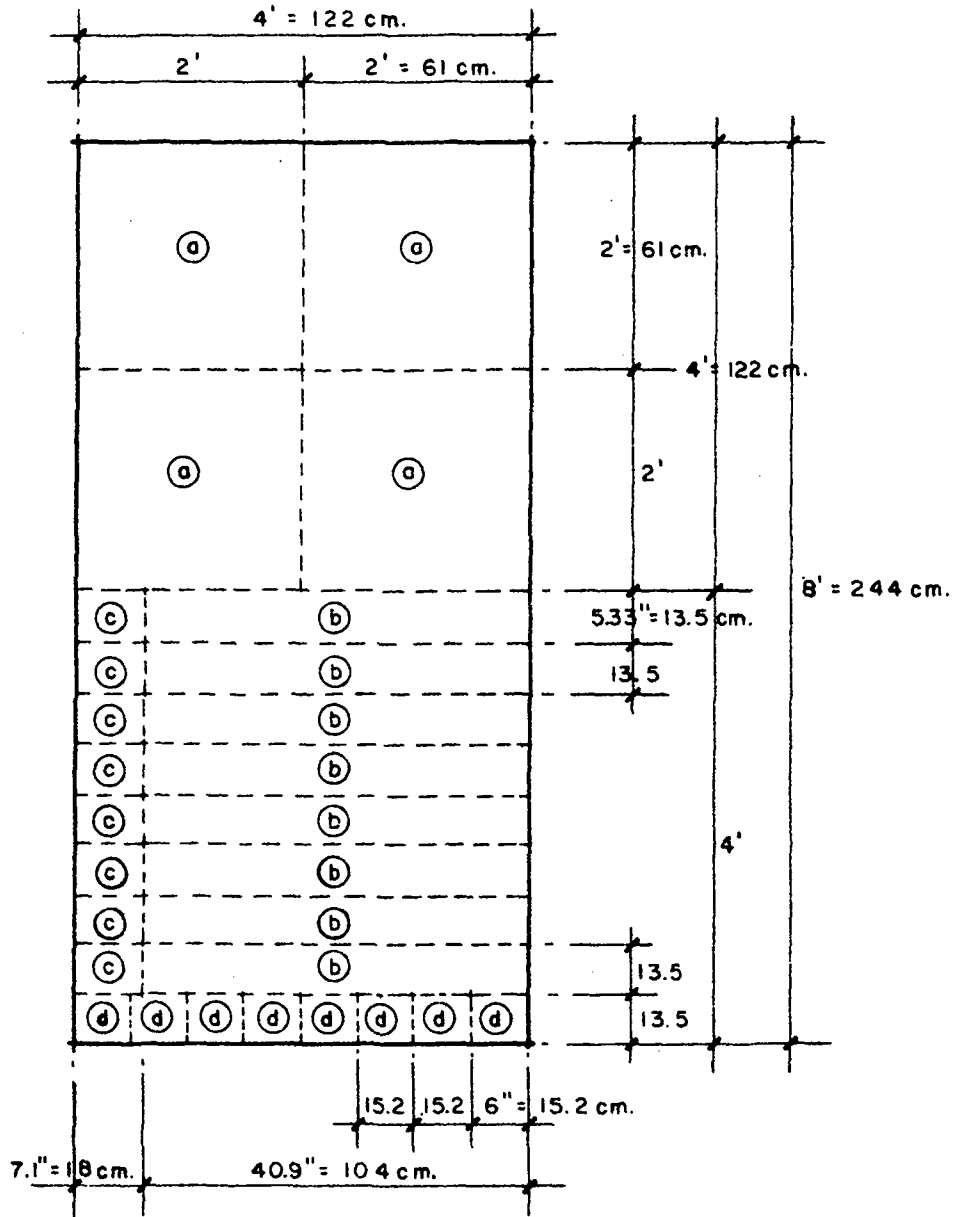


medidas en centímetros

TAPADERA METALICA, CORTE LAMINA

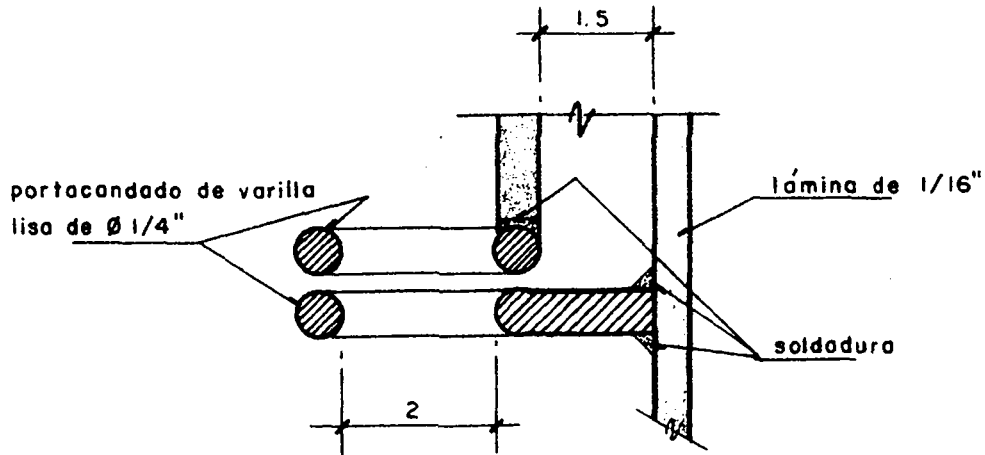
C-6/²/₄

LAMINA DE 1/16" x 4' x 8'

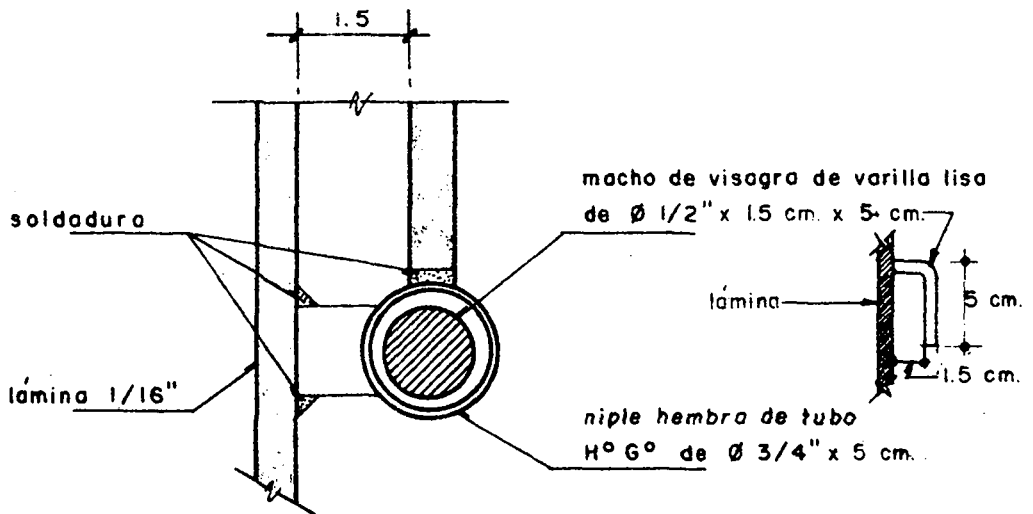


----- LINEAS DE CORTE

DETALLE TAPADERA METALICA

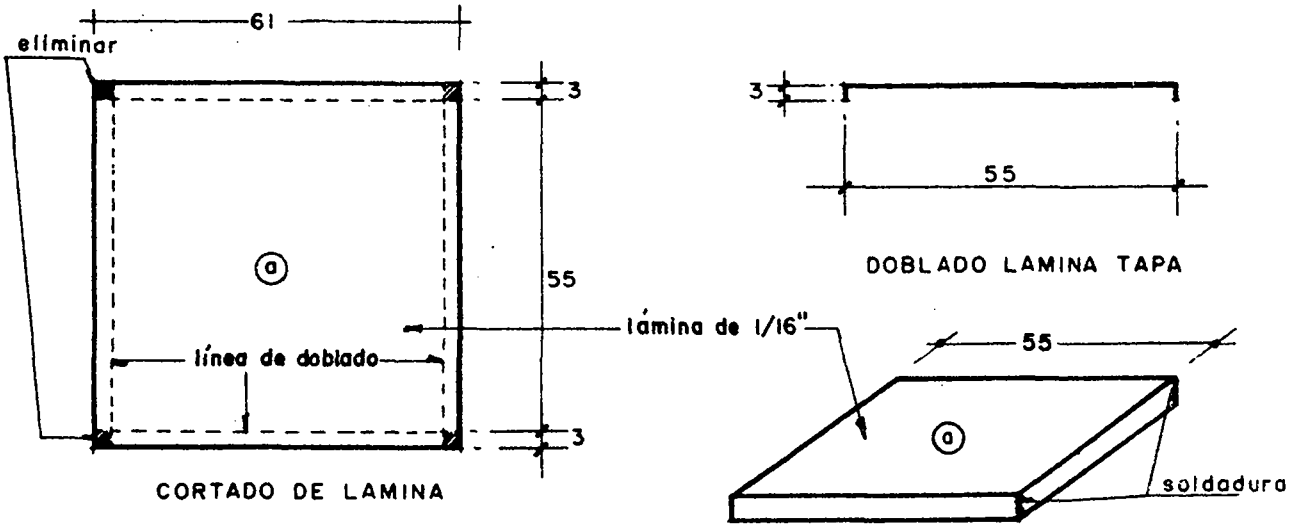


DETALLE - A



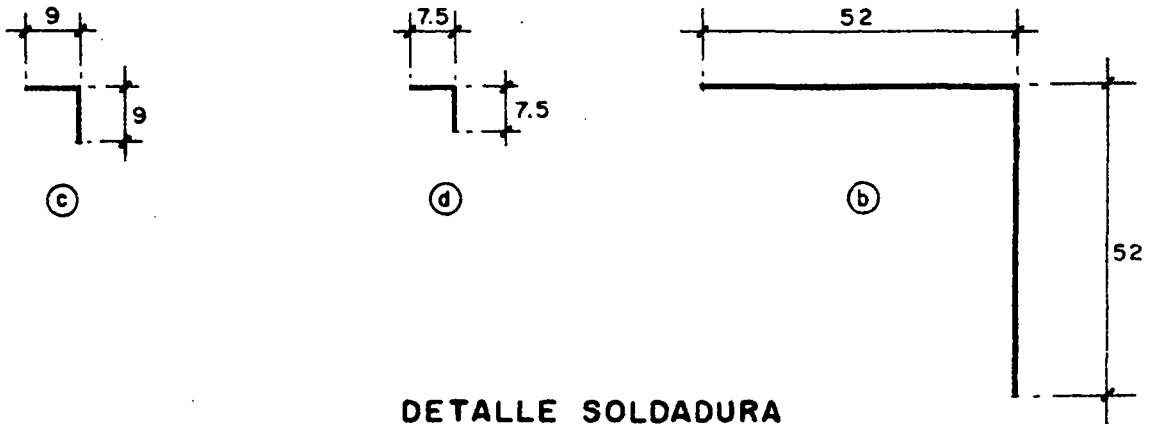
DETALLE - B

TAPA

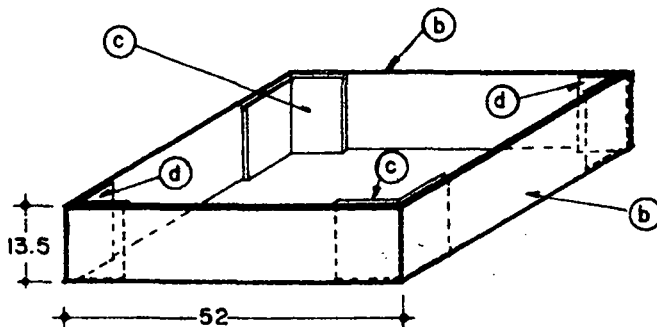


MARCO SOPORTE

DOBLADO DE CORTES DE LAMINAS (b) (c) Y (d)



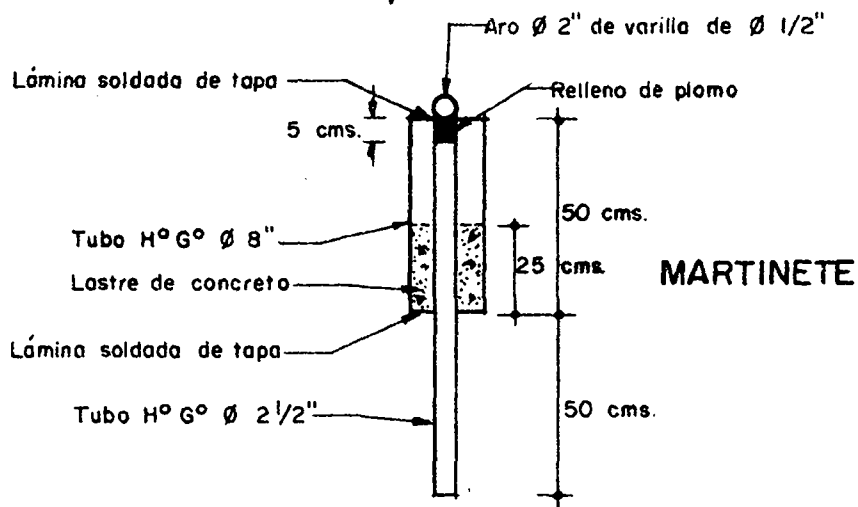
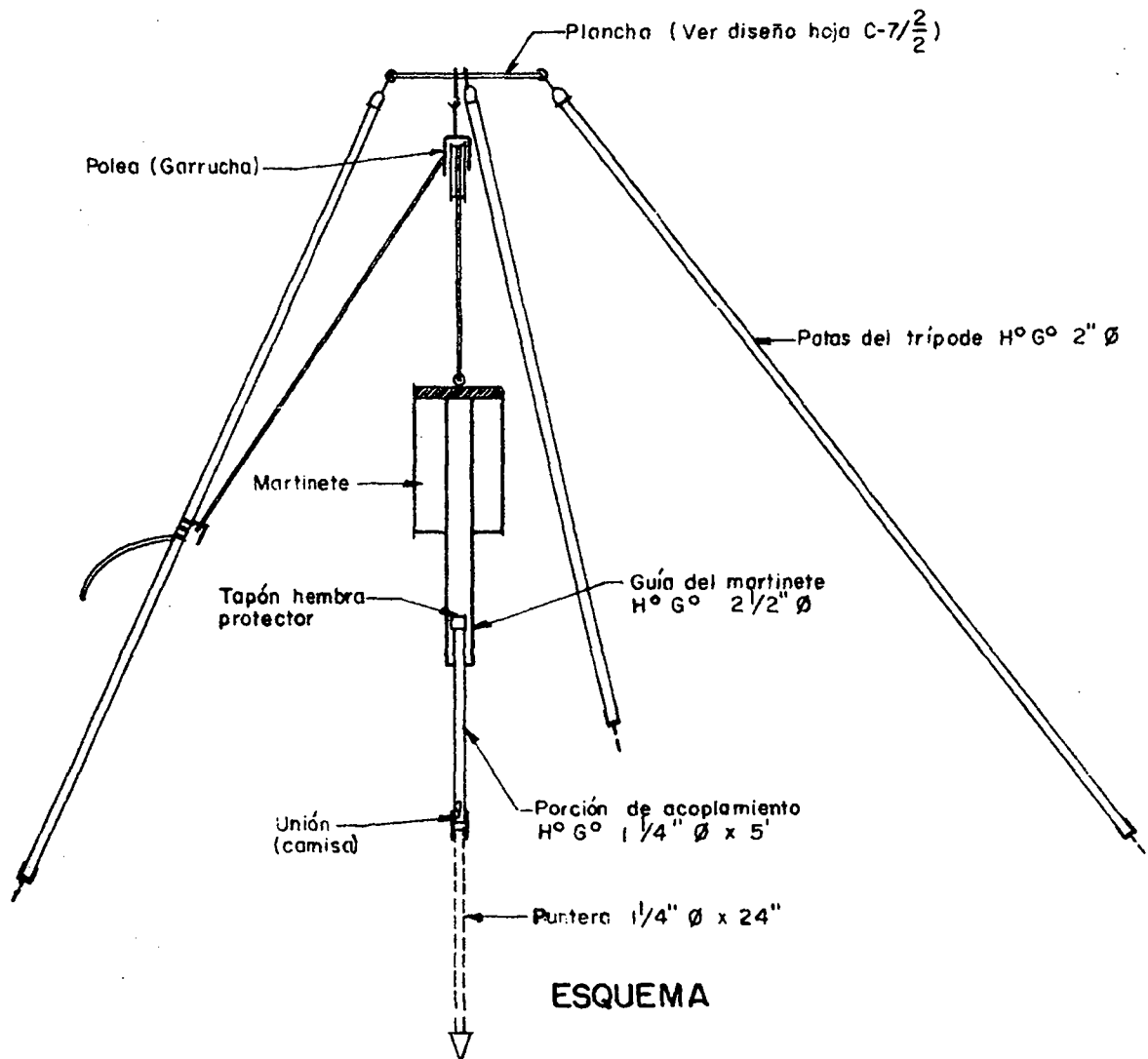
DETALLE SOLDADURA



medidos en cm.

EQUIPO DE HINCADO

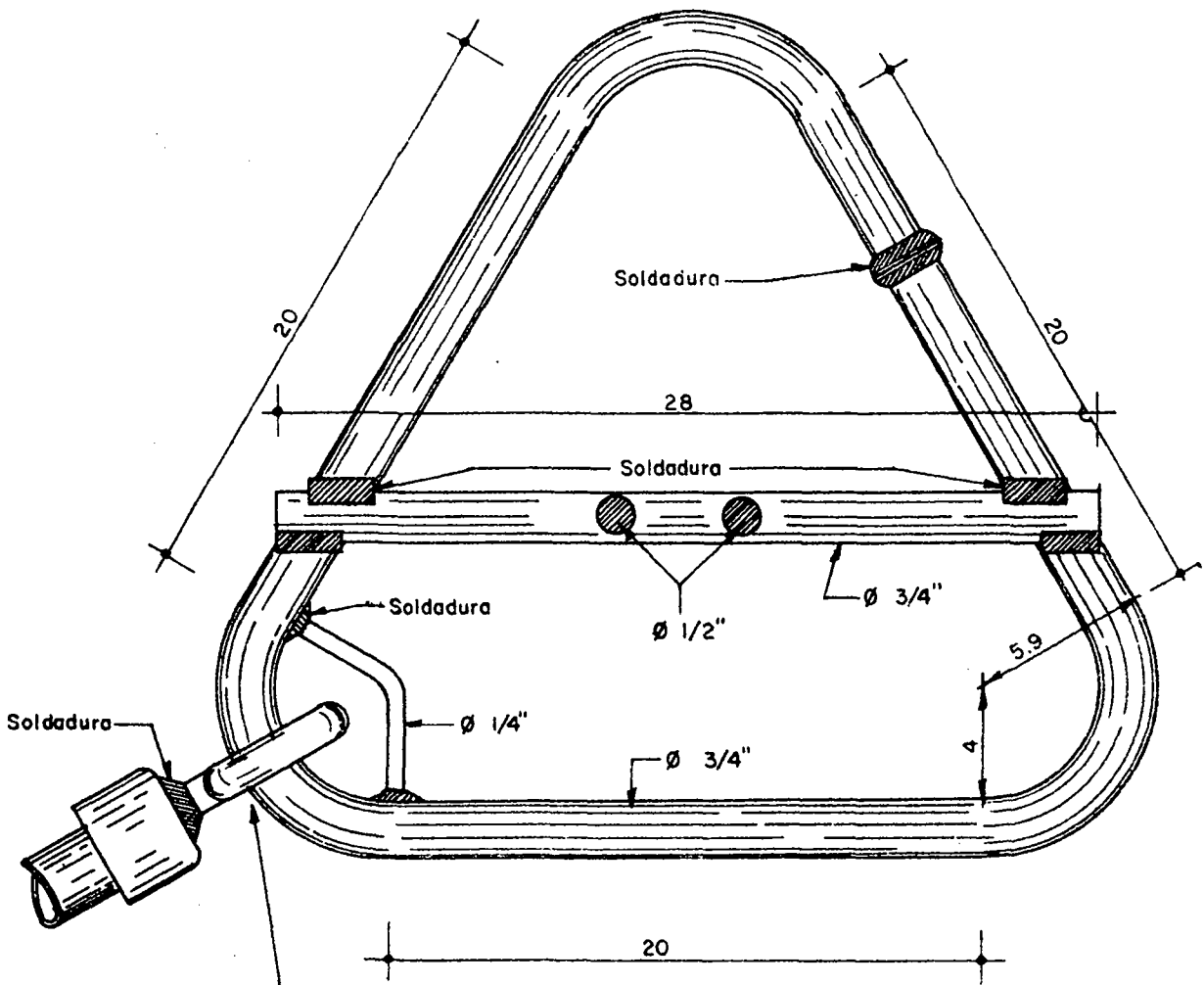
C-7/1/2



CORTE

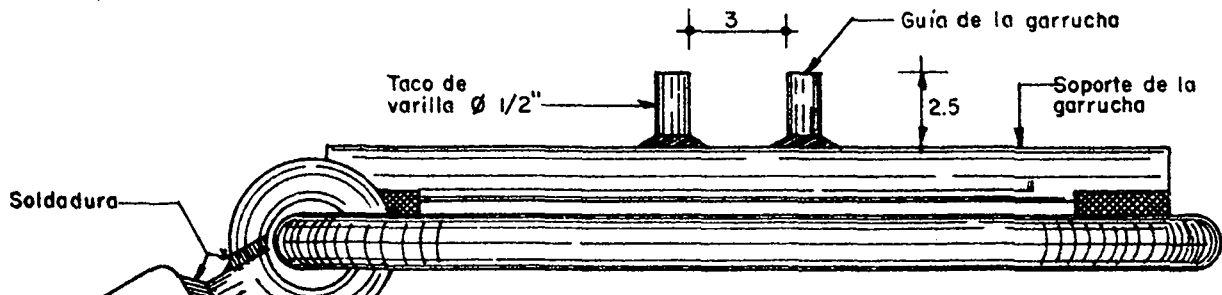
DISEÑO SISTEMA DE AMARRE DE UN TRIPODE

C-7/2



PLANTA

Sistema de amarre para las tres patas del tripode



FRETE

Aro de amarre de diámetro interior de 3 cms hecha de varilla de 1/2"

ESCALA 1:2.5
MEDIDAS EN CENTIMETROS

Tapón hembra
Tubo Hº Gº 2" pata del tripode

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Manual - Curso para Perforadores de Pozos - San José, Costa Rica - 1968.
2. Abastecimiento de Agua en las Zonas Rurales y en las pequeñas comunidades. E. G. Wagner y J. N. Lanoix OMS - Edic. 1961.
3. Operación y Mantenimiento de Pozos para Abastecimiento de Agua - U. A. N. L. - OPS - Apuntes del Curso Intensivo No. 5, 1969, México.
4. Manual de Curso Corto - ASPECTOS ECONOMICOS EN EL USO DEL AGUA SUBTERRANEA Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria - Guatemala, Setiembre 1967.
5. Well-Point Systems - Chapter 13 - Reprinted from reference text "Ground Water and Wells", published and copywrigted, 1966, by Edward E. Johnson, Inc. Saint Paul, Minnesota 55104.
6. Descripción, Operación y Mantenimiento de Bombas Accionadas a Mano - Ing. Francisco Urbina - DECANAL - VII Seminario de Ingeniería Sanitaria de Centroamérica y Panamá - Noviembre 1969.
7. Historia do Abastecimiento de Agua - Departamento de Aguas e Esgotos de S. Paulo.
8. Manual sobre pequeños sistemas de abastecimiento de agua - Centro Regional de Ayuda Técnica (AID) - México - 1966.
9. Como hacer instalaciones sanitarias y de agua - Centro Regional de Ayuda Técnica, México - 1965.
10. RADIESTESIA - Richard Chevalier.
11. INTRODUCCION A LA FISICA - Alberto P. Maiztegui y Jorge A. Sabato, Editorial Kapelusz, S. A. - Buenos Aires, Argentina - Novena Edición, Noviembre 1973.
12. GROUND WATER - Hydrology - David Keith Todd.