



# Universidad Nacional Autónoma de México

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
A R A G O N

VALUACION DE LOS PRECIOS UNITARIOS EN  
PERFORACION DE POZOS PARA AGUA POTABLE

## Tesis Profesional

Que para obtener el Título de  
INGENIERO CIVIL

p r e s e n t a

**BENITO TOLEDANO OLIVARES**



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
ARAGON

BENITO TOLEDANO OLIVARES  
P R E S E N T E .

En contestación a su solicitud de fecha 13 de febrero del año en curso, relativa a la autorización que se le debe conceder para que el señor profesor, Ing. JOSE ANTONIO SUAREZ HERNANDEZ pueda dirigirle el trabajo de Tesis denominado " VALUACION DE LOS PRECIOS UNITARIOS EN PERFORACION DE POZOS PARA AGUA POTABLE ", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para reiterar a usted las bondades de mi distinguida consideración.

ATENTAMENTE  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
San Juan de Aragón, Edo. de Méx., marzo 8 de 1984  
EL DIRECTOR

LIC. SERGIO ROSAS ROMERO

c.c.p. Coordinación de Ingeniería (21).  
Unidad Académica.  
Departamento de Servicios Escolares.  
Asesor de Tesis.

# I N D I C E

## VALUACION DE LOS PRECIOS UNITARIOS EN PERFORACION DE POZOS PARA AGUA POTABLE

Introducción	3
--------------	---

### CAPITULO I TIPOS DE POZOS

Introducción	6
Clasificación de pozos de bombeo	6
Pozos poco profundos o someros	7
Pozos profundos	9

### CAPITULO II ESTUDIOS PREVIOS

Introducción	18
Estudios Geohidrológicos	18
Estudios Geofísicos	20

### CAPITULO III DESCRIPCION DE LA PERFORACION

Introducción	29
Descripción de la perforación	30
Equipo de perforación tipo percusión	32
Equipo de perforación tipo rotatorio	41
Lodos de perforación	47
Muestreo	51
Registro Eléctrico	52
Correlación de estudio y diseño de construcción	57
Terminación del pozo	59
Desarrollo del pozo	64

### CAPITULO IV A F O R O

Introducción	69
Métodos de aforo	71

CAPITULO V  
INTEGRACION CATALOGO DE CONCEPTOS

Introducción	100
Catálogo de conceptos	100

CAPITULO VI  
ANALISIS BASICOS

Introducción	104
Precios unitarios	104
Mano de obra	106
materiales	109
Equipo	110
Costo horario	119

CAPITULO VII  
PRECIOS UNITARIOS DE PERFORACION

Introducción	130
Costos directos	132

CONCLUSIONES	160
BIBLIOGRAFIA	61

## I N T R O D U C C I O N

El agua, líquido primordial para la vida de todo ser vivo, - siempre ha tenido gran importancia en el transcurso de la Historia, por tal motivo se ha buscado la mejor forma de adquirirla, los datos que se tienen como antecedentes de la perforación de pozos son los métodos rudimentarios que usaban los Chinos 256 - años Antes de Cristo, a partir de ese entonces los métodos de obtención del agua han variado, así como los costos de la perforación de éstos.

En la actualidad el agua es difícil de obtenerla ya que se necesita hacer grandes trabajos e inversiones muy costosas.

Teniendo como antecedente la problemática antes mencionada - se realiza este trabajo con la finalidad de conocer la valuación de los precios unitarios en perforación de pozos para agua potable y para llevar acabo éste es necesario conocer los aspectos básicos que lo integran, como por ejemplo, el tipo de pozo en estudio, debido a que este trabajo se realizó para pozos profundos, la realización de los estudios previos es necesaria para que apoyado en ellos se efectue una descripción de la perforación adecuada, una vez realizada ésta , se continúa con el aforo para -- verificar el gasto que proporcionará el pozo. Todo trabajo a realizar se debe apegar a ciertas especificaciones o conceptos de -

trabajo, y en este caso se realiza la crítica de los catálogos generales de precios unitarios en la perforación de pozos existentes por los que se rigen actualmente todo contratista, y así llevar acabo el análisis básico de cada uno de los conceptos - que integran dicho catálogo, ya considerando las observaciones a los mismos es posible calcular los costos directos que integrarán los precios unitarios de perforación, ya que éstos proporcionan una idea muy amplia de la factibilidad de llevar a cabo la perforación del pozo en estudio.

# C A P I T U L O I

## TIPOS DE POZOS

## I N T R O D U C C I O N

El incremento de la población en la tierra y el rápido desarrollo de la industrialización, se combinan para crear una gran necesidad de explotación de todos los recursos naturales. De estos recursos es indispensable el agua que es tan esencial para la agricultura, la industria y para la vida misma. Los abastecimientos de fácil utilización se han agotado en muchas regiones y es preciso disponer de medios para el alumbramiento de acumulaciones menos fáciles de aprovechar como es el caso de los pozos de bombeo.

La utilización de pozos de bombeo con fines de abastecimiento de agua potable era ya familiar en las civilizaciones Pre-Clásicas de China, sin embargo todos los avances técnicos surgieron aproximadamente hace un siglo, ya que antes existía solo empirismo, produciendo así una tecnología que ha sido dotada de más y más teoría de respaldo en los años recientes y que actualmente se puede hablar de una Hidráulica de Pozos.

El estudio de la Hidráulica de Pozos de bombeo ha ocupado la atención de muchos investigadores muy competentes en el pasado, en el presente y sin duda lo hará aún más interesante el futuro.

CLASIFICACION DE POZOS DE BOMBEO. Hablando desde un punto de vista descriptivo, un pozo de bombeo es una perforación

que generalmente es vertical, alcanza profundidades mayores que el nivel de aguas freáticas y cuyo objeto es extraer aguas subterráneas a la superficie.

Existen muchos métodos para construir pozos de bombeo y la elección de uno en particular depende de el propósito del pozo, como por ejemplo, la cantidad de agua requerida, profundidad del nivel de aguas freáticas, de las condiciones geológicas del sitio y de toda una serie de factores de costo que es muy importante.

La clasificación general de los pozos se puede dividir en dos grandes grupos que son:

Pozos Poco Profundos o Someros.

Pozos Profundos

Pozos Poco Profundos o Someros.- Aunque no existe un límite exacto en el que se pueda distinguir entre un pozo poco profundo y un pozo profundo, usualmente se toman treinta metros como límite. Así que a la perforación por medio de Máquinas y herramientas mecánicas a profundidades menores que treinta metros se le denomina pozo poco profundo o somero, que comprende una amplia variedad de tipos que se extiende desde los pozos excavados utilizados en granjas, a los destinados a suministros municipales como a continuación se describen:

Los Pozos Excavados o de Brocal.- Son aquellos que se hacen con picos y palas o con máquina excavadora, - tienen generalmente más de cincuenta centímetros de -- diámetro y no más de quince metros de profundidad. El revestimiento esta hecho regularmente de hormigón, tabique, mampostería, madera o de piedra acomodada.

Cuando se usa tabique con mortero se debe colocar - hasta una distancia mínima de tres metros bajo la su-- perficie del terreno para evitar filtraciones superfi-- ciales. Estos pozos deben cubrirse para evitar posi--- bles contaminaciones, este tipo de pozos es usual en - granjas o viviendas que no gozan de un red general de agua.

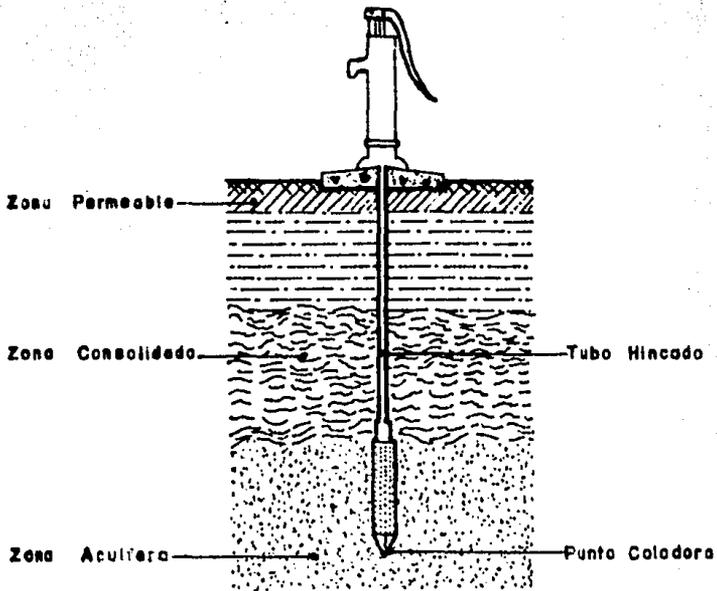
El Pozo Perforado.- Es uno de los más económicos -- cuando se trata de terrenos que no sean compactos y el nivel de aguas freáticas no es muy profundo, la cons-- trucción se consigue usando una herramienta rebanadora llamada barrena accionada a mano o mecánicamente, si - es perforada a mano no puede llegar a más de veinte metros y un diámetro de quince a veinte centímetros, si la perforación es mecánica se alcanza un diámetro has-- ta de un metro con profundidades de más de veinte me-- tros, esta perforación debe hacerse sin tubería de ademe interior por economía, pero éste debe colocarse al atravesar arenas o gravas sueltas. Tales pozos son uti

les como pozos de prueba o bien para abastecimientos temporales, pero raramente son satisfactorios para -- grandes abastecimientos.

Los Pozos Hincados.- Pueden construirse en materiales no consolidados sin gravas, boleos o fragmentos de roca, mediante el uso de puntas coladoras, esta punta coladora es una sección de tubo perforado con su extremo inferior puntiagudo para que penetre en el suelo, - esta punta aguda puede hincarse o clavarse con un mazo o con la caída de un peso, se conectan secciones adicionales de tubo simple al tubo de la punta coladora por medio de acoplamientos roscados, hasta llegar a la profundidad deseada. Fig.1.1

Este tipo de pozo puede ser hincado hasta treinta - metros de profundidad como máximo y tiene un diámetro de siete a diez centímetros. Debido a las limitaciones de tamaño y profundidad, los pozos perforados mediante este método son útiles en exploraciones para la localización de mantos de agua para el abastecimiento doméstico de tipo temporal, con frecuencia se utilizan baterías de puntas coladoras para desaguar excavaciones.

Pozos Profundos.- Las ciudades que utilizan agua subterránea disponen de pozos profundos, estos pozos tienen la ventaja de perforar acuíferos profundos y extensos, por tal motivo se --



PUNTAS



COLADORAS

FIG. 1.1 Componentes de un pozo hincado.

evitan rápidas fluctuaciones en el nivel de la superficie piezométrica y dan como resultado un buen rendimiento uniforme.

Los inconvenientes son el gran costo de los pozos y el hecho de que el largo recorrido subterráneo del agua pueda dar lugar a que se disuelva una gran porción de materiales minerales - que puedan hacerla dura, corrosiva o inadecuada. Fig. 1.2

Para fines de clasificación a un pozo profundo se le considera a la horadación del terreno efectuada por medio de máquinas y herramientas mecánicas hasta profundidades mayores que treinta metros.

Los pozos profundos se construyen por diversos métodos, los más importantes y usuales son:

**Método de Percusión o Estándar.**- Siendo este método el más usual, porque puede utilizarse en cualquier terreno, las herramientas utilizadas para la construcción de estos pozos son: un pesado trépano o broca suspendida de un cable, que se levanta y se baja en el lugar - donde se efectuará la perforación, fracturando a golpes el material, al estar trabajando se vierte agua en cantidad suficiente para que el material fragmentado - pueda sacarse a intervalos por medio de un cazo o cubeta para achicar, formada por un tubo hueco con una válvula de charnela o gozne en el extremo inferior, la --

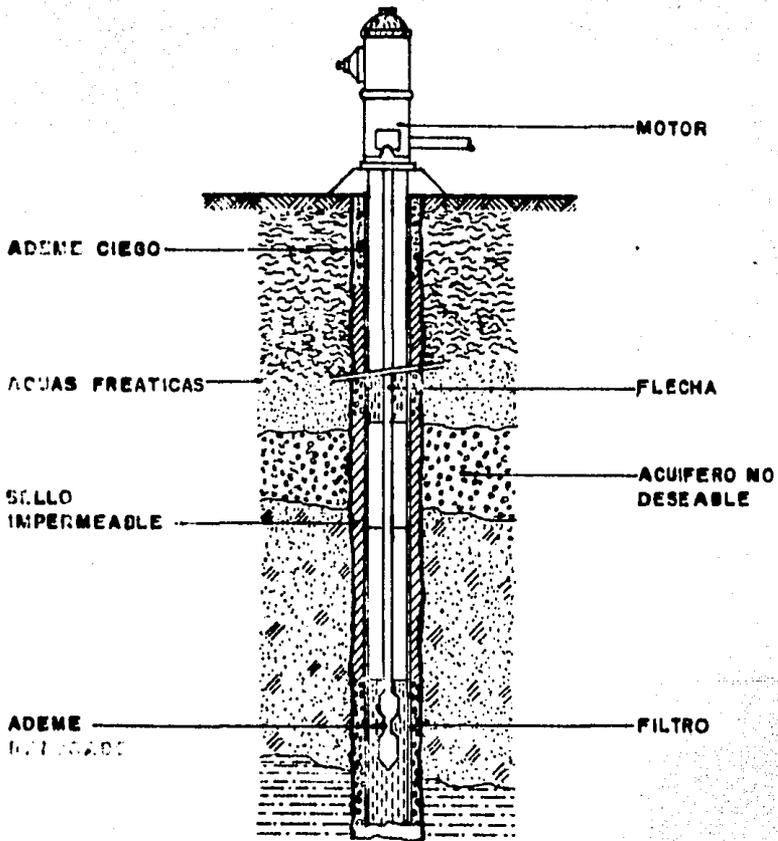


Fig. 1.2 Estructuración de un pozo profundo

válvula permite la entrada del agua y del material - fragmentado del fondo e impide que salga cuando se lleva a la superficie.

Las perforaciones que con este método pueden lograrse oscilan entre ocho y sesenta centímetros de diámetro, generalmente se requiere ademar los pozos que se construyan a través de formaciones no muy firmes, el ademe suele hincarse a golpes también para lo cual deberá estar provista de una punta coladora en su extremo inferior.

Método Rotativo.- Es seguramente el más rápido para construir un pozo profundo, los diámetros a los que se puede llegar son de cincuenta centímetros y aún mayores. La perforación se consigue haciendo girar la entubación sobre si misma por medio de una plataforma giratoria (máquina con velocidad de rotación variable de 40 a 1000 rpm. con avance mecánico o hidráulico) a nivel del suelo.

La perforación en suelos no consolidados se logra al hacer girar la entubación que esta equipada con una zapata cortante en su extremo inferior. Se introduce agua a la perforación mediante una bomba y se eleva entre la pared de la perforación y el tubo, arrastrando con ella el material fragmentado.

En suelos más sólidos la perforación se consigue -- haciendo girar una sonda cola de milano o con corona -- de diamantes que corta y desprende el material produ-- ciendo una perforación del diámetro requerido. Se in-- troduce agua o una mezcla de agua y arcilla a travéz -- de la cavidad del taladro, el agua junto con el mate-- rial desprendido se empuja hacia la superficie por el tubo y la entubación o ademe se va hundiendo según -- avanza la perforación y si el lodo de perforación (mez-- cla de agua y arcilla) da la suficiente estabilidad a las paredes, es posible usarlo como ademe provisional.

Método California o de Tubos Hincados.- Se emplea - en suelos no consolidados y consiste en introducir en el terreno por medio de un gato hidráulico un tubo de acero de poca longitud. Se emplean tubos de dos diáme-- tros de tal manera que uno se desliza exactamente den-- tro del otro, debido a la corta longitud de los tubos las uniones del tubo exterior deberán quedar a la mi-- tad del camino de las del tubo interior, dichas unio-- nes se llevan a cabo haciendo muescas con un pico. A - medida que se efectúa la hinca, la entubación se man-- tiene al mismo nivel de la excavación o algo adelante de la misma, extrayéndose el material del interior por medio de una cuchara para arenas o una cuchara de alme-- ja. Cuando se encuentran bolos se rompen con un tala-- dro o se apartan a un lado. Fig. 1.3

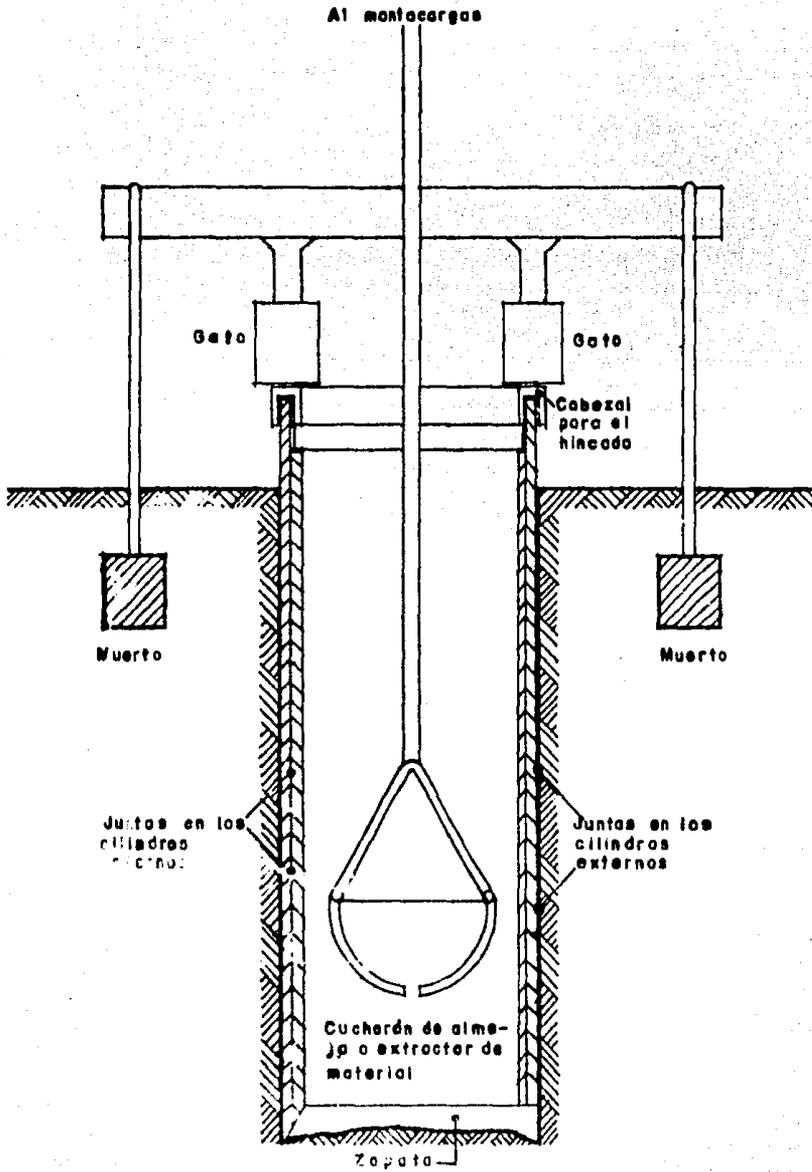


Fig. 1.3 Método California

En el momento de alcanzar la profundidad requerida se baja una herramienta que hace unas ranuras verticales en la entubación a la profundidad de los acuíferos escogidos, con este método se pueden obtener pozos hasta de un metro de diámetro.

## C A P I T U L O I I

### ESTUDIOS PREVIOS

## I N T R O D U C C I O N

A los estudios previos se les considera como la recabación de datos más importantes de las perforaciones vecinas, siendo éstas: corte litológico, profundidad, diámetro de perforación, gasto hidráulico y calidad de aguas subterráneas.

Cuando la zona donde se va a perforar es desconocida y no existen perforaciones vecinas, las cuales nos aportan información sobre los acuíferos existentes, es conveniente que se realicen estudios geohidrológicos y geofísicos de la región para un mejor conocimiento del área.

Los resultados de estos estudios indicarán la posible existencia de aguas subterráneas y la naturaleza de las formaciones que se podrán atravesar al realizar la perforación.

LOS ESTUDIOS GEOHIDROLOGICOS.- La Geohidrología es la rama de la Hidrología que trata del agua subterránea, su yacimiento y movimientos, su enriquecimiento y empobrecimiento; de las propiedades de las rocas que controlan su movimiento y almacenamiento, así como de los métodos de su investigación, utilización y su conservación.

Las características Geohidrológicas de una cuenca subterránea son la resultante de un conjunto muy complejo de las condiciones físicas y geológicas de ella, lo mismo que de las de su -

cuenca alimentadora.

Para determinar la cantidad y calidad del agua disponible - en forma permanente y económica es necesario realizar estudios - geohidrológicos de la región, así como también tener conocimientos de las características hidráulicas y geoquímicas de los acuíferos que ahí existen.

Para la localización del agua subterránea es indispensable elaborar un plano geohidrológico basado en fotografías cuya interpretación sirve para definir los rasgos geológicos de la región. Dicha interpretación deberá comprobarse reconociendo en -- campo la geología superficial, de esta forma se definen las características fisiológicas y geológicas del área en estudio.

El aspecto fisiográfico se refiere a las características de la cuenca como son: clima, precipitación pluvial, altitud, índice forestal, extensión y distribución de rocas permeables, pendiente del terreno, las cuales permiten definir la mecánica de - infiltración y las posibilidades de almacenamiento subterráneo - de acuerdo con las formaciones geológicas existentes.

Desde el punto de vista geológico, la naturaleza de las rocas es factor determinante para poder calcular la capacidad de - almacenamiento de una zona o región, además de que se pueden tomar en cuenta los aspectos estratigráficos, estructurales y de - sedimentología; considerando los horizontes existentes, inclina-

ción, extensión, fallas, fracturas, tipos de pliegues, así como materiales depositados, su forma y acomodo, grado de compactación, proveniencia y agentes de transportación.

Por medio de los estudios hidrológicos se determina en forma adecuada las direcciones y sentidos del flujo subterráneo mediante el uso de pozos piezométricos y la obtención del gradiente hidráulico.

Y los estudios geoquímicos basados en los cambios que se manifiestan en la composición química de las aguas subterráneas, por el contacto de éstas con las rocas por donde fluye.

Estos valores permiten conocer en forma general el flujo subterráneo además de identificar el origen y calidad de las aguas subterráneas.

**ESTUDIOS GEOFISICOS.-** Los estudios geofísicos se consideran como la exploración de estructuras geológicas y depósitos minerales realizada por medio de la medición de ciertas cantidades físicas verificadas en la superficie del terreno, como fenómenos que pueden ser interpretados por las leyes fundamentales de la física y el empleo de instrumentos adecuados.

La experiencia ha demostrado que muchas estructuras del subsuelo pueden ser localizadas siempre que existan diferencias detectables en sus propiedades físicas; magnetismo, elasticidad y

conductividad eléctrica. Estas propiedades originan cuatro métodos geofísicos; Gravimétrico, Magnético, Sísmico y Eléctrico. -- Que puede aplicarse cualquier método de los citados a los problemas específicamente geológicos; pero en el caso de problemas referentes a la exploración del agua subterránea suelen ser más -- útiles los métodos sísmico y eléctrico.

Su aplicación es rápida y permiten tratar grandes áreas aunque los datos que proporcionan los métodos geofísicos pueden ser fáciles, pero la interpretación de los resultados requiere experiencia, conociendo la geología y una buena comprensión de las condiciones locales.

Método Sísmico.- Resultará más útil el uso del método sísmico, cuando el problema sea la determinación -- del efecto de las estructuras geológicas sobre las capas acuíferas.

Este método se fundamenta en las diferentes velocidades de propagación de las ondas vibratorias de tipo sísmico a través de las diferentes capas geológicas.

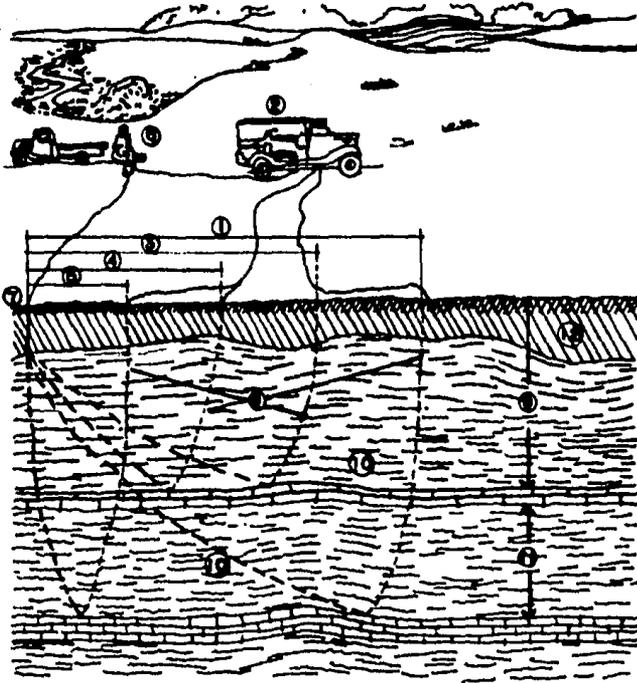
Esencialmente el método consiste en provocar una explosión en un punto determinado del área a explorar, - usando cargas de dinamita, con el fin de crear diminutos terremotos artificiales . Las ondas vibratorias -- creadas de esta forma irradian apartir desde el punto

de la explosión y avanzan a través de las formaciones geológicas que rodean o que están situadas por debajo de ese punto, con velocidades que dependen de las densidades y de la rigidez de las formaciones atravesadas Fig. 2.1

Las mediciones realizadas sobre diversos medios permiten establecer que esa velocidad de propagación varía según el material por ejemplo; en la tierra suelta seca se da una velocidad de 300 a 600 metros por segundo, en arenas y suelos saturados puede llegar a 1350 metros por segundo y en rocas ígneas suele ser máxima llegando al orden de los 4,500 a 6,900 metros por segundo. Como término de comparación de este tipo de onda en el agua es del orden de 1,400 metros por segundo.

El tiempo empleado por las ondas para hacer su recorrido se determina registrando el instante de la explosión y después el tiempo que transcurre hasta que llegan las ondas producidas a varios puntos donde se han instalado previamente sismógrafos portátiles.

El conocimiento de la velocidad de la onda o velocidad de transmisión en las distintas formaciones, permiten al Geofísico deducir la profundidad del horizonte que las refleja de acuerdo con el carácter de las ondas cuyo tiempo de propagación es el que se mide. Se



- ①, ②, ③ y ④ Distancias entre la carga de dinamita y los detectores.  
 ⑤ Sismografo  
 ⑥ Punto de disparo  
 ⑦ Carga de dinamita  
 ⑧ Sonda de rapidez maxima desde el disparo a los detectores.  
 ⑨ Distancia que hay entre la superficie y la roca sólida debajo de la tierra.  
 ⑩ Capas Pizarrosas  
 ⑪ Distancia entre dos formaciones de roca sólida.  
 ⑫ Zona intemperizada

Fig. 2.1 Método Sísmico

han desarrollado dos métodos diferentes; el de reflexión antes mencionado y el método de refracción.

En el método de refracción la única variante es que se colocan los sismógrafos portátiles a mayor distancia y obtiene la velocidad de las vibraciones mientras se transmiten a lo largo de las formaciones y son refractadas de nuevo a la superficie.

El Geofísico emplea las mismas leyes de refracción de la luz para la refracción de ondas sísmicas, para determinar los tipos de formaciones a través de las cuales han pasado las ondas y la profundidad a que se encuentran.

Método Eléctrico.- Este método se basa en el hecho de que los suelos dependiendo de su naturaleza presentan una mayor o menor resistividad eléctrica cuando una corriente eléctrica es inducida a través de éstos.

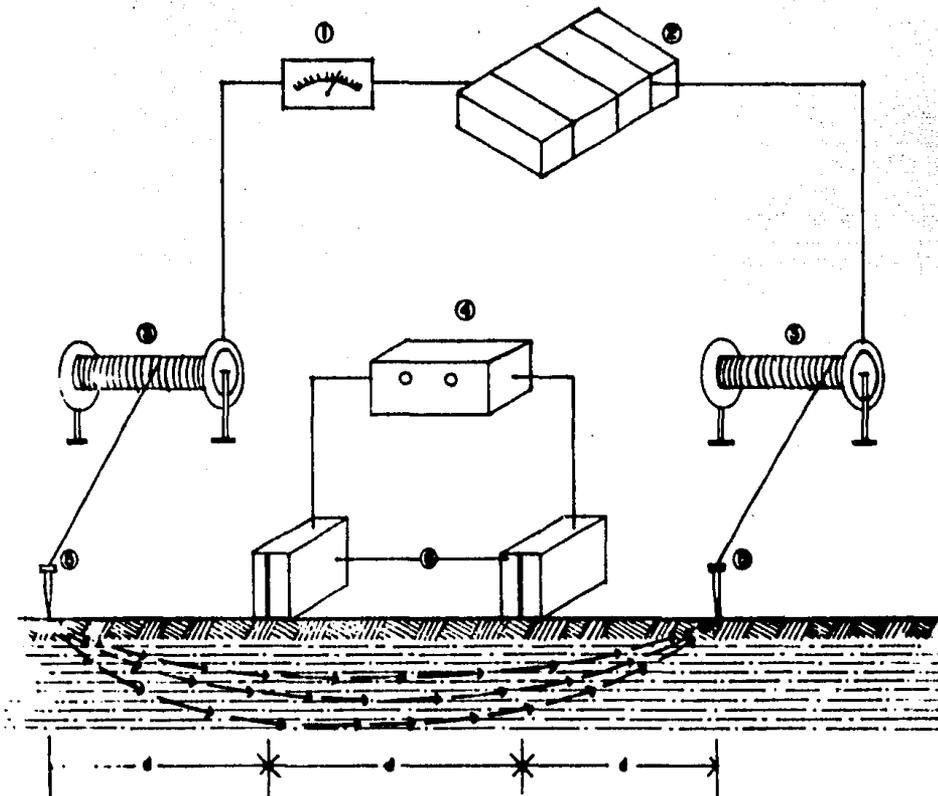
La resistividad eléctrica de una zona de suelo puede medirse colocando cuatro electrodos igualmente espaciados en la superficie y alineados, los dos exteriores, conectados en serie a una batería que son los electrodos de corriente, en tanto los dos interiores se les denomina de potencial y están conectados a un potenciómetro que mide la diferencia de potencial de la

corriente circulante . Fig. 2.2

Los electrodos de corriente son simples varillas metálicas, con punta afilada, mientras que la de potencial son recipientes porosos llenos de una solución de sulfato de cobre, que al filtrarse garantiza un buen contacto eléctrico en el suelo.

Aplicando este método se podrán medir las resistividades a diferentes profundidades en un mismo lugar, esto se logra aumentando la distancia entre electrodos - con lo que se logra que la corriente penetre a mayor - profundidad cuando sea necesario determinar la resistividad en sentido horizontal, se emplea el método denominado sección eléctrica que consiste en hacer medidas de la resistividad a lo largo de una línea del terreno, desplazando todo el conjunto de aparatos y electrodos a diferentes posiciones conservando constante la distancia entre electrodos. Con esta técnica de profundidad constante se puede determinar la presencia de horizontes saturados de agua, lo mismo que contactos de roca en general.

Las mayores resistividades corresponden a rocas duras, siguiendo rocas suaves, gravas compactas y teniendo así los menores valores a suelos suaves saturados, es importante hacer notar que las formaciones empapa--



- ① Millicperímetro
- ② Baterías
- ③ Carretes
- ④ Potenciómetro
- ⑤ Electrodo de Corriente
- ⑥ Electrodo de Potencial

Fig. 2.2 Método Eléctrico

das de agua o saturadas son mejores conductoras que --  
las secas por ello al detectar una formación de agua -  
subterránea esta tendrá una resistividad menor.

## C A P I T U L O I I I

### DESCRIPCION DE LA PERFORACION

## I N T R O D U C C I O N

Toda perforación de pozo profundo cuyo propósito sea explorar aguas subterráneas deberá localizarse en donde previamente se haya determinado o se sospeche la presencia de acuíferos debido a que frecuentemente en una misma localidad se encuentran dos ó más acuíferos subyaciendo a diferentes profundidades.

Perforar y equipar cualquier pozo profundo es muy costoso, por tal motivo nunca deberá invertirse en perforaciones sin antes tener buenas posibilidades de existencia de agua en el subsuelo, lo cual sólo se logra, generalmente, con la realización de los estudios previos.

Una vez definida la zona y elegidos los sitios para realizar la perforación, se hace una visita al mismo con el objeto de verificar el acceso de las máquinas o la reparación de los accesos posibles en caso de ser necesario, así como, la localización de las fuentes de abastecimiento de combustibles, lubricantes, agua, bancos de grava, etc. Posteriormente se ordenará la limpieza del área de trabajo, se realizará la construcción de presas de lodo de perforación cuando se trate de máquinas rotatorias, y desde luego la movilización del equipo seleccionado con todas las herramientas de perforación y pesca, equipos de soldadura eléctrica y autógena y todos aquellos accesorios que se hacen necesarios para una buena realización de los trabajos.

## DESCRIPCION DE LA PERFORACION

Se puede definir como la horadación del terreno efectuada - por medio de máquinas y herramienta mecánica hasta profundidades mayores de treinta metros, en el caso de ser un pozo profundo. - En el caso de aguas subterráneas la perforación puede tener varias finalidades o usos: doméstico, industrial y riego. Definido el uso y en base a los reportes de los estudios previos, así como el reconocimiento de la zona a beneficiarse, se elige el tipo de características del equipo para la realización de la perforación del pozo.

Para realizar la perforación existen varios métodos y los más usuales y económicos son: método de percusión y el método rotativo o de máquina rotatoria. El método a usar dependerá del tipo de formaciones por atravesar en la perforación y no sólo desde el punto de vista constructivo y de la inversión inicial, sino que además, se deberá tener en cuenta otras consideraciones como: la técnica de los trabajos y su garantía de obtener resultados óptimos, la rapidez de las maniobras en beneficio de los buenos resultados en los trabajos que aporta cada método de perforación y la economía que se obtendrá durante la operación del pozo.

Para llevar un buen control de las actividades de la perforación es conveniente que se lleve un reporte diario, en el que -- aparezcan los siguientes datos: nombre del estado y región a la

que pertenece, nombre del pozo, fecha, marca y tipo de la maquina de perforación, trabajos ejecutados con la máquina o sin empleo de ella, así como las observaciones que puedan aportar información en el proceso de perforación, por ejemplo: variación del nivel de agua, derrumbes, pescas, etc. Además de que cada perforador llevará un registro de las herramientas y accesorios a su cargo, esto es con el fin de verificar en el caso de una pesca la longitud exacta de la sarta y realizar las maniobras adecuadas.

**Recomendaciones para la Elección del Método.**- Para la elección del método más adecuado se debe tener en cuenta las características de las formaciones granulares aglutinadas por cementantes que no proporcionan una dureza extrema, es posible realizarla con método de percusión o método rotativo; cuando se tenga una formación suave de grano fino, de dureza y granulometría media, es más usual el método rotativo; en el caso de formaciones muy duras y gravas muy gruesas, es recomendable la perforación con el método de percusión.

A continuación se enlistan las diferentes formaciones y la posibilidad de usar un determinado equipo de perforación.

Tipo de Formación	Percusión	Rotatorio
Arena fina o de duna	difícil	rápida
Arena y grava suelta	difícil	rápida

Arena fluida y movediza	difícil	rápida
Arcilla y limo	lenta	rápida
Esquistos y pizarra	rápida	rápida
Esquistos pegajosos	lenta	rápida
Arenizca mal cementada	lenta	lenta
Arenizca muy cementada	lenta	lenta
Calizas y dolomitas	rápida	lenta
Caliza cavernosas	rápida	muy lenta
Basalto	lenta	lenta
Rocas metamórficas	lenta	lenta
Granito y gneises	lenta	lenta

**EQUIPO DE PERFORACION TIPO PERCUSION.-** Siendo uno de los métodos más antiguos, todavía en la actualidad constituye -- una de las técnicas de perforación muy usual. La perforación con máquina de percusión de cable o pulseta se efectúa aplicando el principio de la caída libre de un peso formado por las herramientas o sarta de perforación de 15 centímetros a un metro de carrera, cuyo peso está comprendido entre 100 Kg. y más de 2 toneladas, en su extremo inferior lleva montada la barrena, que es la encargada de golpear el fondo del pozo. Cuando debido a la acción del golpeo, en el fondo de la perforación se ha acumulado de uno a dos metros de lodo ( producidos por la mezcla del material triturado y el agua de la perforación, ya sea natural o añadida ), se procede a la limpieza mediante un dispositivo llamado válvula o cuchara.

El avance de la perforación depende de varios factores entre los cuales están: el diámetro del pozo por perforar, el peso de la sarta de herramientas, la longitud de caída y carrera de las herramientas y de la experiencia del personal que opera el equipo de perforación.

Los componentes principales de una perforadora de percusión de cable son; la unidad motriz que está formada por un motor de combustión interna, ya sea de gasolina o diesel, un malacate en el cual se encuentra enrollado el cable que opera la sarta de perforación, un segundo malacate, en cuyo tambor lleva el cable de limpieza o cuchareo y un dispositivo llamado balancín, que produce un movimiento alterno de perforación. Todos estos mecanismos vienen montados sobre un bastidor formado por perfiles de acero para integrar una armadura rígida y a su vez viene equipada con un mástil que generalmente es del tipo telescópico, cuando la perforadora está almacenada o en tránsito, se encuentra en posición horizontal y para trabajar se iza y contraventea por medio de tirantes que dan rigidez con el bastidor de la perforadora. Fig. 3.1

Existen equipos móviles montados en camiones o trailers, esto es para facilitar el desplazamiento de un lugar a otro.

Ventajas y Desventajas.- Las ventajas que ofrece este tipo de perforación es que son equipos de fácil transportación. El costo de operación es bajo con res-

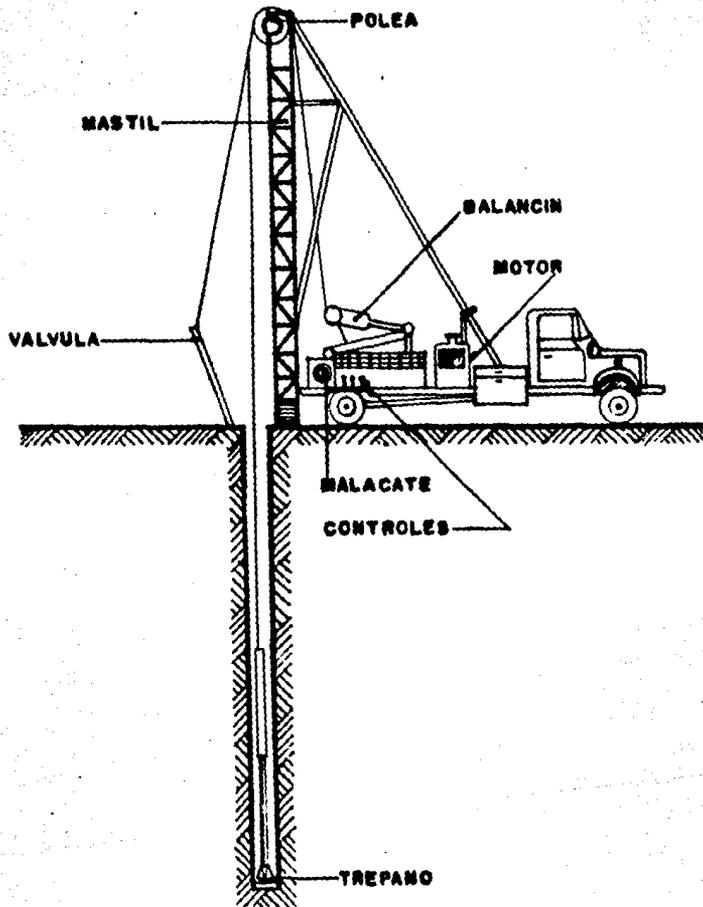


Fig. 3.1 Equipo de percusión montado en camión y sus componentes

pecto a la máquina rotatoria. Se requiere una cantidad mínima de agua para la perforación. Se puede obtener un magnífico muestreo de las formaciones perforadas y cualquier cruce con formaciones acuíferas se detecta fácilmente e inmediatamente .

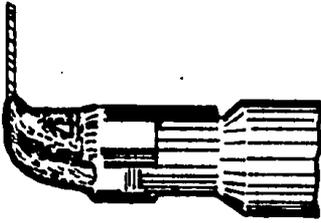
Las desventajas que se presentan es que los trabajos ejecutados son lentos. Falta de rigidez en la sarta de perforación lo cual hace difícil conservar la verticalidad de la perforación ya que la tendencia a la desviación es provocada hacia la roca de menor dureza y el atraso del avance cuando se rompe el equilibrio de las rocas perforadas produciendo derrumbes.

Herramientas de perforación.- Al conjunto de herramientas para la perforación o pesca se le denomina sarta y sus componentes son :

Protector de cable .- Herramienta que tiene por objeto evitar el quiebre o rotura del cable cuando las herramientas se levantan de la posición horizontal a la vertical. Fig. 3.2

Encastre o Cabezal Giratorio.- Permite que la sarta gire después de cada golpe y deberá estar fijo cuando se realice una operación de pesca.

Fig. 3.2 Herramientas de perforación para equipo de percusión



① PROTECTOR DE CABLE



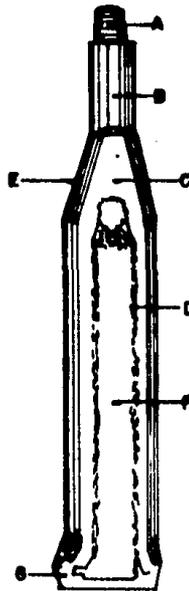
② ENCASTRE  
O  
CABEZAL  
GIRATORIO



③ TIJERAS DE  
PERFORACION  
O PESCA



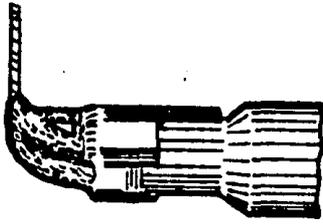
④ VASTAGO  
PERCUSOR



⑤ TREPANO

A-PIÑON  
B-CUELLO  
C-HOMBRO  
D-CUERPO  
E-CUADRO PARA  
LLAVES  
F-PASO DE AGUA  
O CANAL DE  
EVACUACION  
G-FILO DE CORTE

Fig. 3.2 Herramientas de perforación para equipo de percusión



① PROTECTOR DE CABLE



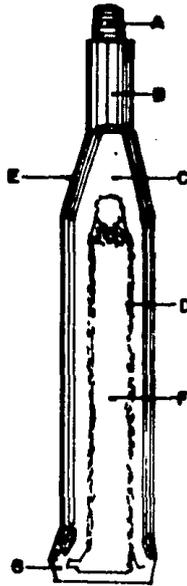
② ENCASTRE  
O  
CABEZAL  
GIRATORIO



③ TIJERAS DE  
PERFORACION  
O PESCA



④ VASTAGO  
PERCUSOR



⑤ TREPANO

A-PIÑON  
B-CUELLO  
C-HOMBRO  
D-CUERPO  
E-CUADRO PARA  
LLAVES  
F-PASO DE AGUA  
O CANAL DE  
EVACUACION  
G-FILO DE CORTE

Tijeras de perforación.- Su principio se basa en el hecho de que un golpe brusco es más efectivo que un jalón firme. El empleo de esta herramienta evita que los materiales plásticos se peguen a la sarta y se coloca bajo el porta cable.

Vástago percusor.- Es el elemento que normalmente integra la sarta de perforación, proporcionándole el peso necesario y suficiente para realizar la perforación satisfactoriamente.

Trépano.- Es la herramienta destinada a ejecutar la perforación, es la parte más importante de la sarta de herramientas y esta formada por: piñon, cuello, cuadrado de llaves, hombros, cuerpo, pasos de agua o canales de evacuación y filo cortante. El uso de los trépanos es de acuerdo a los materiales de las formaciones por atravesar. Los tipos de trépano más usuales son: trépano estandar, su uso es común para cortar formaciones suaves o duras dependiendo del afilado, se le conoce también como california cuando el diámetro es superior a 8 pulgadas o 203 milímetros. Trépano de cruz o estrella, se usa en formaciones fisuradas o inclinadas que tienden a desviar las herramientas de perforación de la vertical. Trépano corto, su finalidad primordial es la de iniciar la perforación. Trépano torcido, es un tipo california torcido y una de sus ventajas consiste en que

produce perforaciones más derechas.

**Juntas conectoras.**- Son para facilitar el manejo de la sarta de perforación y vienen equipados en sus extremos con los elementos de interconexión, formado por una caja roscada en un extremo y una espiga en el opuesto.

**Selección de la Herramienta.**- El tamaño y el peso de la herramienta deben elegirse para lograr la máxima rapidez de acuerdo con los costos de operación y la calidad de los trabajos, estos son óptimos cuando se perfora correctamente el máximo metraje por turno de trabajo. En este método la cantidad o proporción del trabajo realizado se debe a la fuerza trituradora del peso de la sarta más que por la acción del trépano, por tal motivo la velocidad de la perforación depende fundamentalmente del peso de la sarta, además existen otros factores que limitan el peso de las herramientas, que a continuación se enlistan:

Profundidad del pozo

Diámetro del pozo

Dureza de las formaciones

Y en forma general el tamaño de la barrena (trépano) determina el diámetro de la perforación y en tanto al

diámetro y longitud del vástago percusor se rigen por el peso de la sarta de perforación.

Herramientas de Cuchareo.- Todos los materiales producto del corte de la perforación son extraídos del -- fondo mediante herramientas especiales llamadas cucharas, las que son bajadas por un cable por separado al de la sarta de perforación.

Los tipos más usuales de cucharas son: la cuchara - de dardo, para limpieza de formaciones de dureza media; la cuchara con válvula plana para formaciones de grano grueso y la cuchara arenera que es muy eficiente en -- formaciones de grava y arena en las que la de dardo no resulta eficiente.

Herramientas de Pesca.- Durante la ejecución de la perforación, se pueden presentar accidentes en los que se pierde o se queda atrapada la sarta, de inmediato - se procede a las maniobras de pesca o rescate. Las causas de las pérdidas de herramienta y accidentes similares se deben a las siguientes fallas:

a) Rotura de espigas.- Debido al apretar excesiva-- mente las juntas conectoras de la sarta.

b) Rotura de cables.- Originado por un descuido en

el enrollado de los cables en el tambor del malacate.

c) Destornillado de juntas.- Causado por un mal ensamblaje o asiento entre los hombros de la espiga y la cara exterior de la caja roscada conectora.

d) Caídas en los pozos.- Como son los derrumbes y caídas de las paredes que atrapan la sarta.

e) Rotura de tijeras.- Este accidente se produce por pequeños agrietamientos que se van generando en los eslabones de las mismas, los que llegan a la rotura total.

Estos accidentes se evitan realizando una correcta operación e inspección rutinaria y mantenimiento a las herramientas. Existen varias herramientas de pesca, aunque otras deben implementarse ya que en este tipo de trabajo se basa principalmente en el sentido y la paciencia del operador. El uso de las herramientas depende de poder o no ajustarse a la parte superior de la pieza que esta en el fondo, las más usuales son; arpones de pesca, pescante de pasador, pescante de gancho y el bloque de impresión, el uso de éste es muy importante, debido a que con él se toman impresiones con bloque de jabón o parafina para determinar la posición de la parte posterior de la herramienta perdida, para -

así poder planear la pesca empleando la herramienta adecuada.

**EQUIPO DE PERFORACION TIPO ROTATORIO.-** Consiste en aplicar un rozamiento circular mediante útiles rotatorios de varios tipos para llevar a cabo la trituración de las rocas y sedimentos. Con este equipo de perforación la potencia se transmite a la broca a través de unas varillas huecas de acero o varillaje de perforación, el momento rotatorio se transmite al varillaje mediante un mecanismo de engranajes y una barra conductora o cuadrante que además sirve para acoplar las varillas que se van añadiendo a medida que la perforación progresa, el uso de lodos de perforación es esencial para éste equipo. En una máquina de tipo rotatorio para la perforación de pozos profundos sus partes más importantes son: el mástil, construido de acero tubular soldado eléctricamente para darle mayor resistencia, éste deberá tener un movimiento ascendente y descendente con topes de seguridad para evitar que caiga y tener alguna falla. La mesa rotatoria, su función primordial es transmitir el momento de torsión e impartir el momento giratorio al cuadrante y a la tubería de perforación. El pull-down o mecanismo para ejercer presión descendente en la herramienta de perforación, éste deberá ser de tipo manual y automático para lograr una perforación constante al atravesar cualquier tipo de formación. Tambor de trabajo, permite mantener con precisión el peso correcto de la línea de perforación sobre el material para realizar el trabajo. El tambor de cuchareo como su nombre lo indica es usado para limpiar la perforación retiran

do el material producto del mismo con una cuchara limpiadora, -- los malacates de los tambores, citados anteriormente, son independientes para que cada uno realice sus movimientos sin problema alguno. La bomba de lodo es el componente primario de cualquier sistema de circulación de fluido cuya función principal es proporcionar el lodo a la perforación mediante presiones altas y que sean capaces de mover grandes volúmenes de fluido. La caja de transmisión de potencia es la que proporciona la potencia necesaria a la mesa rotatoria, tambores, sistema de presión descendente pull-down, bombas hidráulicas, etc. Dicha caja está provista de una unidad de potencia con uno o dos motores diesel con velocidades variables que son los más comunes.

La herramienta de arriba hacia abajo consiste en, la unión giratoria que es un aparato mecánico que va conectado al bloque de aparejo por una enorme asa, sus funciones principales son: -- soportar el peso de la barra maestra, permitir que ésta gire, -- proveer un sello hermético y el paso del lodo de perforación para que pueda ser bombeado a la parte interior de la misma. La barra maestra o barra de carga es el ensamble de equipo entre la unión giratoria y la barrena, incluyendo el cuadrante, la tubería de perforación y el porta barrenas. El cuadrante es una pieza de tubo cuadrado o exagonal que forma el extremo superior de la barra maestra y además permite la transmisión de la rotación a la sarta de perforación y a la barrena. La válvula de seguridad del cuadrante cuya función principal es aislar la presión que -- sale por la sarta de perforación. Fig. 3.3 y Fig. 3.4

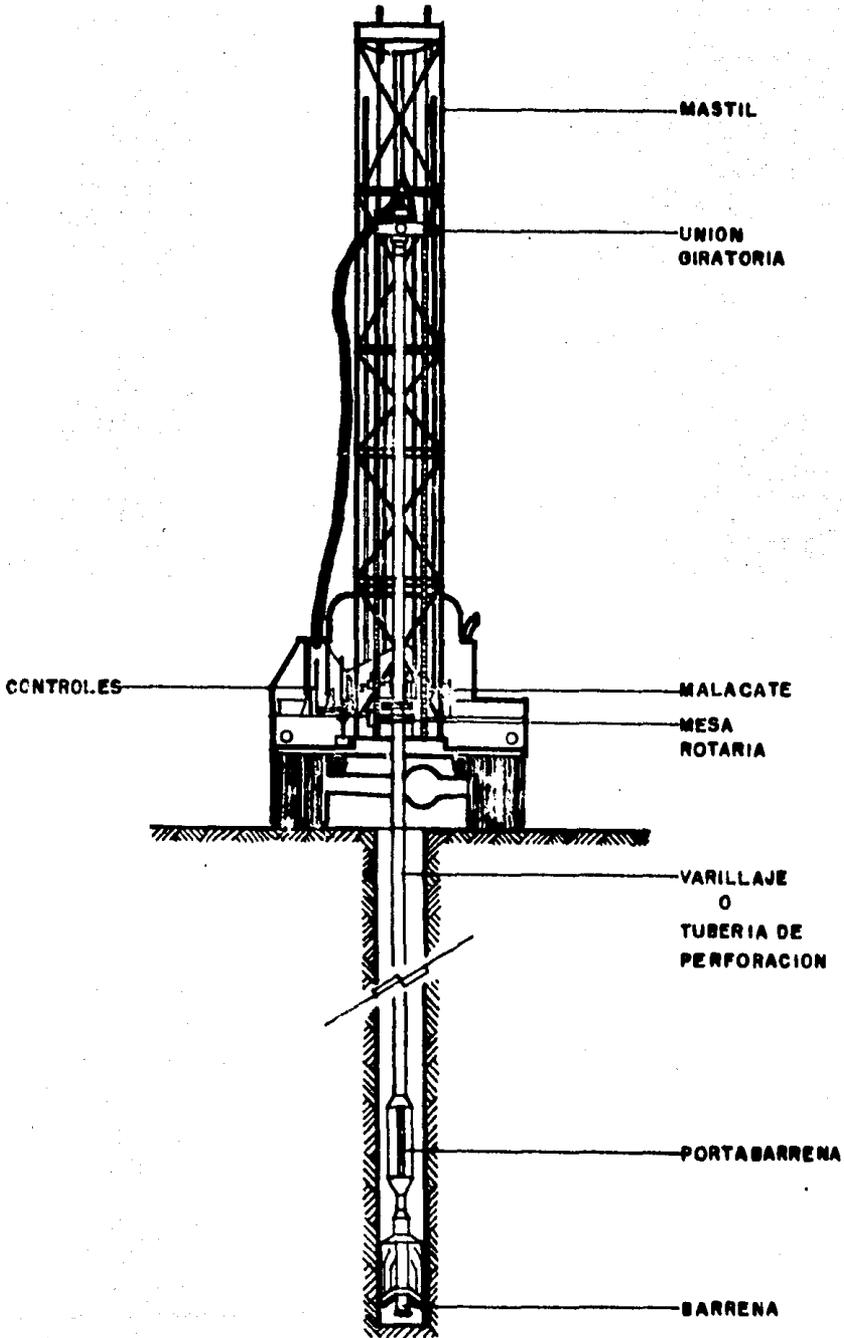
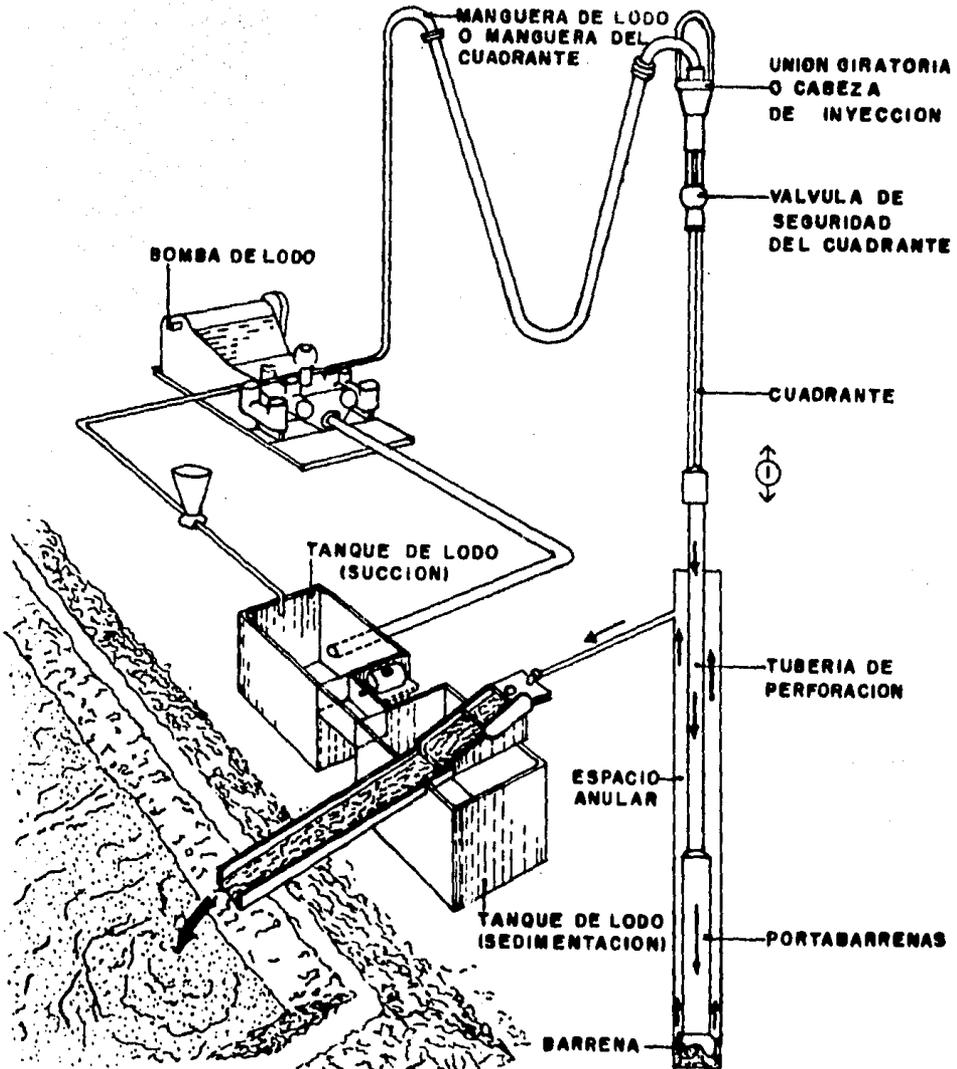


Fig. 3.3 Componentes del equipo rotatorio

Fig. 3.4 Barra maestra o barra de carga



① BARRA MAESTRA O DE CARGA

Cuando se utiliza el término sarta de perforación se hace referencia al ensamble total o barra maestra, aunque solo se refiere a la tubería de perforación y al porta barrenas que es más pesada que la tubería de perforación y se utiliza en el extremo inferior de la sarta para poner peso sobre la barrena, este peso es el que permite a la barrena perforar, las barrenas más comunes y usuales son:

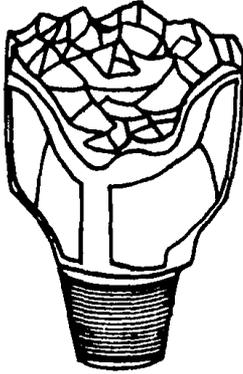
Barrena de cuchillas.- Que lleva dos, tres o cuatro cuchillas de acero, que usualmente son para suelos --- blandos.

Barrena de rodillos.- Tiene dispositivos llamados - conos que ruedan libremente a medida que la barrena gira. La mayoría de las barrenas tienen tres conos, aunque algunas tienen dos y cuatro, se emplean en terrenos o formaciones duras.

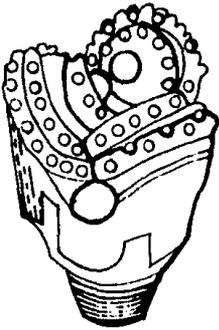
Barrena de diamantes.- No tiene conos ni dientes, - únicamente diamantes, ya que son tan duros que se in--crustan en el fondo y en los lados de la barrena y son efectivas para formaciones muy duras, sin embargo pueden usarse en formaciones blandas. Fig. 3.5

Los equipos de perforación por el método rotatorio son:

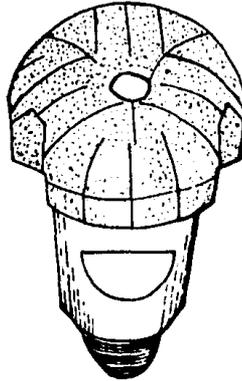
Equipo Rotatorio con Circulación Directa.- La potencia de -



**A-BARRENA DE DIENTES  
DE ACERO**



**B-BARRENA CON INSERTOS  
DE CARBURO DE TUNGSTENO**



**C-BARRENA DE  
DIAMANTES**

**Fig. 3.5 Tipos de barrenas**

estos equipos se aplica a un sistema de levante y a otro de circulación de los diferentes fluidos. Para el levante tiene un malacate que combinado con un polipasto facilita la introducción de herramientas, tuberías e implementos que sean necesarios al fondo de la construcción. La circulación de lodos, aire, agua o su combinación se realiza por medio de bombas horizontales. El flujo es de sentido directo o sea del interior del equipo perforador hacia el espacio anular que se forma con la pared del pozo.

Equipo Rotatorio de Circulación Inversa.- Es similar al equipo anterior, sólo que el sentido del flujo es inverso, éste se realiza por el espacio anular y asciende con mayor rapidez debido a la menor sección del varillaje, además de que el arrastre de partículas mayores es más fácil. En zonas donde el agua es escasa puede sustituirse a ésta por aire comprimido, en caso de ser formaciones suficientemente impermeables y las partículas sean relativamente finas.

LODOS DE PERFORACION.- El empleo de los lodos de perforación en estos trabajos por el método rotatorio son de gran importancia, por lo que se han hecho estudios y registros cuidadosos sobre el comportamiento de diversas sustancias y se ha obtenido como resultado el ahorro de tiempo y la simplificación de problemas en estos trabajos.

La arcilla y el agua son sus principales componentes, debi-

do a la naturaleza de algunas arcillas, los lodos que formen no tienen las propiedades adecuadas para la perforación, por lo que es indispensable agregar materiales que le impartan determinadas propiedades, según el tipo de formación por perforar.

Las funciones de los lodos de perforación son: la extracción de las partículas del fondo del pozo a la superficie, que depende de la densidad, viscosidad y velocidad del lodo entre la tubería de perforación y de las paredes del pozo, siendo un factor importante el tamaño de las partículas.

La impermeabilización y enjarre de las paredes del pozo, el uso de lodos como lodos circulantes es evitar derrumbes de las formaciones no consolidadas. El enjarre debe ser impermeable, delgado para permitir el paso de la herramienta de perforación y asegurar la estabilidad de las paredes del pozo, de lo contrario existirán problemas, como bloqueo de la barrena, derrumbes al sacar la misma y la reducción del diámetro del pozo.

Como consecuencia de las fricciones que experimenta al girar la barrena sufre calentamientos y desgaste durante el proceso de perforación, y la función del lodo de perforación en este caso, es reducir el desgaste y absorber el calor. Otros usos se pueden mencionar como: lubricación de la tubería de perforación, que no deberá tener acción corrosiva y su acción abrasiva deberá ser mínima para que el equipo no se deteriore.

Características de los Lodos de Perforación.- Debido a que el comportamiento del lodo de perforación es muy complejo únicamente se mencionan algunas características.

Agua libre y costra.- La costra es el resultado de la absorción por el terreno del agua libre en el lodo de perforación, ésta capa deberá ser delgada y resistente para permitir el paso de la herramienta de perforación y al mismo tiempo asegure la estabilidad de las paredes. El agua libre es muy importante, en ciertos lodos con partículas gruesas, su absorción por las arcillas tiene el riesgo de provocar su desintegración y la costra será insuficiente para sujetarlas y a causa del grosor de las partículas la costra puede ser demasiado gruesa y ser desprendida por las maniobras de cambio de herramienta durante la perforación, con la posibilidad de existir derrumbes.

Densidad.- Esta depende de la cantidad y del peso de los sólidos en suspensión, que generalmente debe ser aproximadamente 1.2 gr./cc., sin embargo al cortar se formaciones permeables, éstas contienen agua con mayor presión a la hidrostática del lodo con la posibilidad de destruir el enjarre, provocando derrumbes y bloquear la barrena, para evitar estos casos se deberá usar lodos más densos que se obtienen agregando productos según sean las necesidades como; piritita, siderita,

**Características de los Lodos de Perforación.**- Debido a que el comportamiento del lodo de perforación es muy complejo únicamente se mencionan algunas características.

**Agua libre y costra.**- La costra es el resultado de la absorción por el terreno del agua libre en el lodo de perforación, ésta capa deberá ser delgada y resistente para permitir el paso de la herramienta de perforación y al mismo tiempo asegure la estabilidad de las paredes. El agua libre es muy importante, en ciertos lodos con partículas gruesas, su absorción por las arcillas tiene el riesgo de provocar su desintegración y la costra será insuficiente para sujetarlas y a causa del grosor de las partículas la costra puede ser demasiado gruesa y ser desprendida por las maniobras de cambio de herramienta durante la perforación, con la posibilidad de existir derrumbes.

**Densidad.**- Esta depende de la cantidad y del peso de los sólidos en suspensión, que generalmente debe ser aproximadamente 1.2 gr./cc., sin embargo al cortar se formaciones permeables, éstas contienen agua con mayor presión a la hidrostática del lodo con la posibilidad de destruir el enjarre, provocando derrumbes y bloquear la barrena, para evitar estos casos se deberá usar lodos más densos que se obtienen agregando productos según sean las necesidades como; pirita, siderita,

galena o borita con este último producto es posible -- preparar lodos cuya densidad puede llegar a tomar valores de 2.4 gr./cc.

Viscosidad.- Esta deberá ser mínima y que no se vea afectada por las pérdidas de carga debido al flujo del lodo y a la potencia de las bombas, así como permitir una buena separación de las partículas de arena arrastradas por el lodo, aunque la viscosidad será pequeña no deberá ser tanto que permita la sedimentación de -- partículas durante la perforación. Y a la viscosidad -- se le define como el grado de fluidez de un líquido, -- que depende de la cantidad y clase de los sólidos que contenga en suspensión, es decir, está en relación con la cantidad de arcilla que contenga.

Tixotropía.- Es la propiedad de un líquido que se -- convierte en un gel cuando no circula, esta propiedad es muy importante en los lodos de perforación, ya que el gel así formado cuando se detiene la circulación, -- impide que los sedimentos caigan al fondo y bloqueen -- la herramienta de perforación, pero no deberá ser tan grande que impida el restablecimiento de la circula--- ción al bombear nuevamente, esta propiedad se ve afectada principalmente por los componentes del lodo.

Además de los lodos de arcilla que diluidos en agua

son la base de los lodos de perforación, existen los de aceite y almidón los cuales son emulsiones recomendables.

Ventajas y Desventajas.- Las ventajas que se obtienen usando el equipo de perforación rotatorio son: mayores velocidades de perforación, el uso de los lodos ayuda a mantener el efecto cortante de las barrenas, raramente son necesarias las entubaciones durante la perforación, en el caso de no continuar la perforación la recuperación de la herramienta es más fácil que con el equipo de percusión.

Las desventajas del equipo rotatorio son: el costo de la operación y la herramienta es más elevado relativamente, problemas de operación cuando se realizan operaciones en zonas muy permeables ocasionando pérdidas considerables de lodo de perforación, si los lodos no son los adecuados y existen fallas como bloqueo, calentamiento de la barrena y suspensión de partículas.

MUESTREO.- Es necesario para conocer cada uno de los estratos cortados por la barrena, ubicación de los mantos acuíferos por explotar o de aquellos que por sus condiciones de salinidad o contaminación sea necesario aislarlos y de esta manera tener bases para realizar el diseño de la construcción del pozo. La Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos establece en sus

especificaciones que las muestras de los materiales perforados - se tomen por duplicado; cada dos metros de profundidad y otras a dicionales cuando se presente un cambio de la formación o columna litológica. Cuando se trate de tomar una muestra representati va del material cortado en determinado momento deberá procederse como sigue;

Con equipo de perforación de percusión .- Alcanzada la profundidad de muestreo se limpia el pozo utilizando una cuchara de válvula plana hasta eliminar los residuos de los materiales cortados, después se introduce la línea de perforación a la que se habrá conectado un muestreador con el que se toma la muestra. También la perforación se hace directamente con el trépano, re cuperando la muestra con la cuchara de válvula plana.

En el Método Rotatorio se cuenta con equipo de: Cir culación directa, el cual al llegar a la profundidad prefijada para la muestra se interrumpe la perforación, se circula hasta que sea desalojado todo el material cortado y los lodos de perforación salgan limpios. Posteriormente se perfora un tramo de más o menos veinte centímetros y se recoge la mues tra del canal. Circulación inversa, usando este - equipo se recoge la muestra directamente de la descarga del retorno de la circulación.

REGISTRO ELECTRICO.- En la perforación de pozos, ya sea du-

rante el proceso o al final del mismo, se debe llevar a cabo una testificación especial llamada registro eléctrico, ya que ésta - información complementa la obtenida por los métodos de perforación usados.

En los registros eléctricos de pozos se miden dos propiedades eléctricas muy importantes como son: Resistividad y Potencial. Fig. 3.6

La resistividad de un material es la propiedad de - presentar oposición al flujo de la corriente eléctrica, la resistividad eléctrica de una formación se relaciona directamente con la naturaleza, cantidad y distribución del agua en ésta.

Los valores de resistividad que se obtienen en un - registro eléctrico generalmente son diferentes del verdadero, por lo que a dichos valores se les denomina de resistividad aparente. La curva de resistividad se obtiene introduciendo en el pozo uno o varios electrodos desde los cuales la corriente eléctrica penetra y circula en las formaciones, estas medidas se representan gráficamente en términos de resistividad y profundidad cuya unidad es el ohm-metro cuadrado por metro de profundidad o sea ohms-metro. Los valores típicos de resistividad son los que a continuación se describen: -- Las rocas compactas no porosas como las calizas tienen

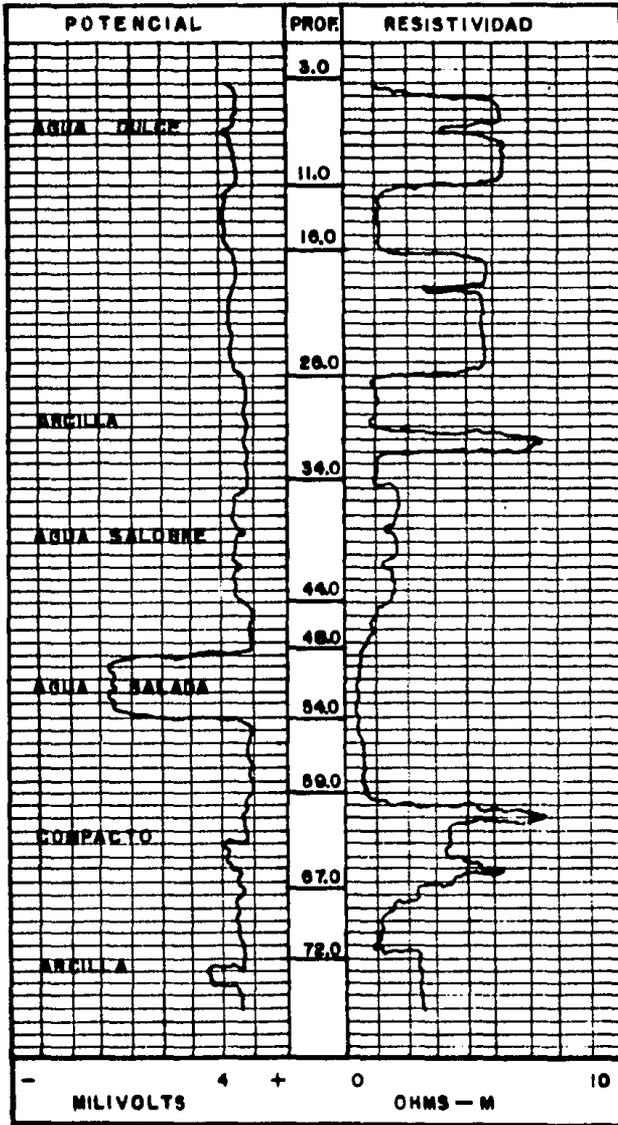


Fig. 3.6 Gráfica de un registro eléctrico

resistividades muy altas, los materiales altamente porosos saturados con aguas salinas tienen resistividades bajas, los minerales arcillosos generalmente presentan resistividades muy bajas. A continuación se enlistan algunas formaciones y la resistividad correspondiente.

FORMACION	RESISTIVIDAD ohms-metro
Compacta	1,000 - 10,000
Arenas y gravas conteniendo agua dulce	30 - 200
Areniscas y calizas conteniendo agua dulce	50 - 500
Agua potable	10 - 100
Arenas y gravas conteniendo agua salobre	4 - 500
Arcillas y lutitas	2 - 10
Lodos de perforación	1 - 10
Arenas y gravas conteniendo agua salada	0.1 - 4

Potencial.- Las medidas hechas en pozos profundos - demuestran que existen potenciales eléctricos naturales o voltajes entre las formaciones, estos potenciales llamados espontáneos varían de acuerdo con las capas atravesadas.

El potencial natural se obtiene por medio de dos --

electrodos conectados a un voltímetro, uno es introducido mediante un cable aislado y el otro se coloca en la superficie, que generalmente es colocado en la presa de los lodos, cuyo potencial es constante de tal forma que para cada posición del electrodo en el pozo, el voltímetro marca la diferencia entre el potencial correspondiente al nivel de cada formación con respecto al electrodo que está en la superficie, esta diferencia de potencial se grafica y varía de acuerdo con el desplazamiento a lo largo del pozo, dicha diferencia de potencial se debe fundamentalmente a dos factores: El primero es el de electrofiltración, que es función de la diferencia de carga hidráulica, que origina que ésta fluya hacia las formaciones permeables. El segundo llamado potencial electroquímico que esta en función de las actividades iónicas del lodo o del agua en el pozo, con respecto a la actividad del agua en las formaciones permeables adyacentes.

En sí el estudio del potencial espontáneo permite localizar los estratos permeables, estimar la calidad del agua, el techo y la base de las formaciones.

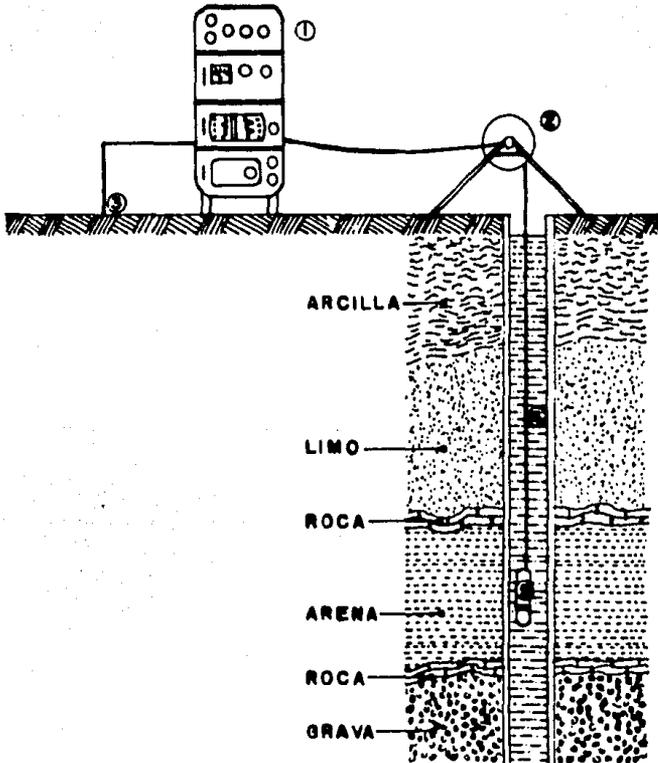
Aplicación de los Registros Eléctricos.- La información acerca del tipo de agua que hay en los mantos acuíferos se estima por la amplitud de las curvas de potencial y resistividad, en estas curvas se puede observar que con este método se determina el

espesor del manto acuífero, su profundidad, calidad del agua, -- las profundidades y espesores de los estratos permeables aprovechables y los que no lo son. Estos datos complementados con los registros de perforación servirá para obtener el corte más exacto de la perforación de la cual se derivan las soluciones para -- que el pozo sea terminado.

Factores que influyen en la medición del registro eléctrico, en la medición de la resistividad y del potencial se ven afectados por las características de las formaciones, salinidad del loo, diámetro del pozo y velocidad de registro, la cual debe ser lenta para evitar omisiones en las características de las formaciones atravesadas por la barrena, es recomendable correr el registro en dos sentidos, de arriba hacia abajo y de abajo hacia -- arriba a manera de comprobación.

El equipo de registro más usual en la exploración de las aguas subterráneas es el de un electrodo y sus componentes principales son:electrodo de registro, electrodo de tierra y el instrumento de registro. Fig. 3.7

**CORRELACION DE ESTUDIOS Y DISEÑO DE CONSTRUCCION.-** El diseño de la terminación del pozo, es cuando se determina la profundidad definitiva, diámetro de la perforación y de las tuberías -- de ademe, distribución de los tramos lisos y ranurados, longitud y ancho de las ranuras, tamaño de las gravas para el filtro, zonas por cementar, etc., son producto de la correlación tanto de



- ① Equipo de registro
- ② Polea
- ③ Electrodo de tierra
- ④ León de perforación
- ⑤ Electrodo de registro

Fig. 3.7 Equipo de registro eléctrico

los estudios como de los trabajos realizados previamente, como - son los estudios geohidrológicos, geofísicos corte litológico, - registro eléctrico así como el análisis granulométrico que es de suma importancia, debido a que en base a éste estudio se obten-- drá el tamaño de las aberturas del cedazo y el de las gravas pa-- ra el filtro. Fig. 3.8

TERMINACION DEL POZO.- Es la parte que comprende las últi-- mas etapas constructivas del mismo, las que deberán apegarse al diseño previamente elaborado, en lo que se refiere a la perfora-- ción debe ser vertical y conservar el diámetro estipulado en to-- da su longitud hasta alcanzar la profundidad establecida, las tu-- berías de ademe ( de acuerdo a las especificaciones generales y particulares de calidad del fabricante), ubicación de los ceda-- zos con respecto a los acuíferos, clasificación de las gravas pa-- ra el filtro, el tapón de fondo y el desarrollo.

ADEME.- Se instala en un pozo para prevenir derrumbes y caí-- dos de las paredes del pozo y para proveer junto con la cementa-- ción un aislamiento de determinadas formaciones atravesadas para evitar la entrada del agua desde éstas al pozo o desde el pozo a las formaciones, también sirve de camisa protectora para las - columnas de las bombas. Debe ser lo suficientemente fuerte para resistir las presiones ejercidas por el material que rodea al po-- zo, o por las presiones impuestas durante la instalación, además deberá resistir la corrosión de los componentes del suelo y agua.

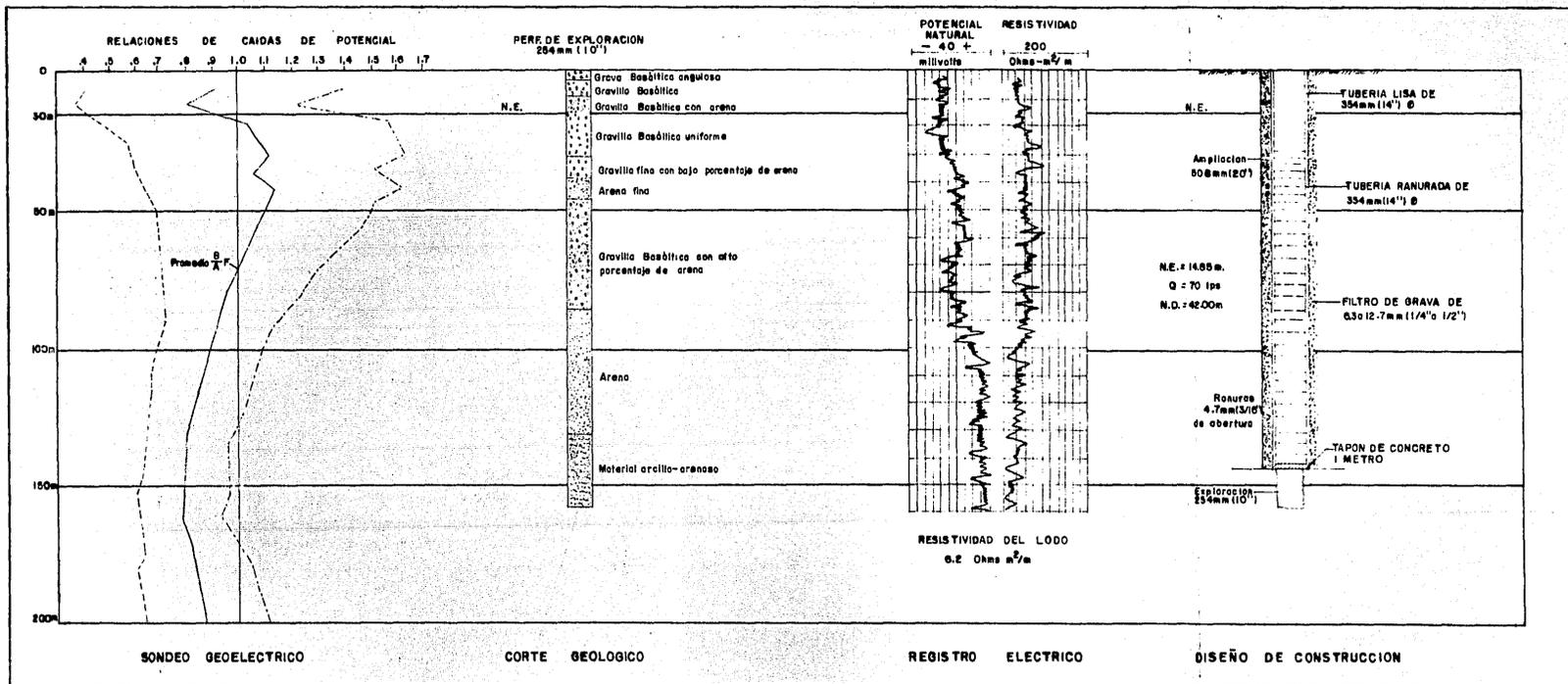


Fig. 3.8 Ejemplo del uso de la correlación -- de estudios para llegar a un diseño de construcción

Tubería de Ademe.- La tubería de ademe ciega o lisa es aquella sin perforaciones en sus paredes, suministradas en tramos de seis metros aproximadamente o en longitudes estándar que tendrá una costura soldada longitudinalmente y una transversal cada seis metros.

Tubería de Cedazo.- Estos tramos son perforados con herramienta mecánica o efectuada en fábrica y tendrá las especificaciones y características que la tubería lisa, la ranuración para obtener una área de infiltración determinada, debe efectuarse con espaciamentos, dimensiones y distribución uniforme y en caso de los cedazos deben preferirse aquellas secciones cuya abertura aumenta del exterior hacia el interior.

Tubería de Contra Ademe.- Son las tuberías lisas -- que se emplean en los trabajos de perforación para impedir los derrumbes de las formaciones que constituyen las paredes perforadas o para confinamiento de los acuíferos o formaciones que se quieran aislar por medio de cementaciones y podrán ser provisionales o definitivas como es el caso de la cementaciones, en cuanto a las especificaciones de fabricación son las mismas que las tuberías de ademe lisas.

Características de la Tubería.- El material que se utiliza con frecuencia para el ademado de pozos es el acero, pero ya se

ha estado utilizando el plástico para pozos someros y diámetros pequeños, en casos de corrosión también se puede utilizar el ademe de asbesto-cemento.

El espesor de la pared esta calculado suponiendo que el nivel del agua en su interior es abatido rápidamente y el nivel -- del agua exterior permanece estático. La lámina con que se fabrica que la tubería de ademe ciega o lisa y de cedazo debe ser nueva, los espesores recomendados para tubería de ademe para varios diámetros y que puede considerarse una buena solución son:

Diámetro de la tubería	Espesor de la pared
8"	de 3/16 a 1/4"
10"	de 1/4 a 5/16"
12"	de 1/4 a 5/16"
14"	de 1/4 a 5/16"
16" en adelante	de 5/16 a 3/8"

Cada tramo de tubería deberá tener sus extremos lisos, con -- bisel a 30 grados y una sola costura longitudinal soldada. La -- longitud de los tramos será de 6.10 metros o 20 pies y su fabricación se realizará en molino continuo. La porción ranurada de -- los cedazos comprende una longitud de 5.6 metros, es decir contiene tramos lisos de 25 centímetros en cada uno de sus extremos. Las ranuras deben ser en sentido horizontal, alternadas y discontinuas con una longitud mínima del orden de 1/8", 3/16" ó 1/4".

Colocación de la Tubería de Ademe.- El ademado de los pozos se realiza utilizando barras en lugar de elevadores de bisagra, esto es porque las tuberías carecen de coples, por lo que para formar la columna los tramos de tubería se colocan a tope - y se unen por medio de tres cordones de soldadura eléctrica depositados en el espacio que para ello forman los biseles. A manera de refuerzo, perimetralmente se distribuyen y sueldan en la forma descrita, tres o cuatro placas del mismo material de aproximadamente 7.5 por 15 centímetros, los tramos así unidos deben formar un cilindro vertical de tal manera que al calibrarse no presente una desviación mayor a medio grado en cien metros de longitud.

Procedimiento.- Consiste en efectuar en el extremo superior de los tramos de tubería dos cortes de sección circular del orden de 10 centímetros al mismo nivel para introducir en ellos la barra de la que cuelga el ademe, después de unido el ademe se retira la barra y se tapan los cortes hechos, para que el ademe quede en forma original.

TAPON DE FONDO.- Para evitar los arenamientos originados -- por la turbulencia del bombeo, por el extremo inferior del ademe y forzar la entrada de los finos por las ranuras del cedazo durante el desarrollo, se coloca un tapón de fondo en la porción inferior del ademe, se deposita una lechada de agua-cemento cuyo volumen ocupará de 0.5 a 1.5 metros de dicha tubería.

FILTRO DE GRAVA.- Al realizar el diseño del pozo debe programarse un espacio anular entre la tubería de ademe y las paredes de la perforación, capaz de permitir la formación de un filtro de grava cuya función sea impedir que los materiales finos de la formación sean arrastrados al interior del pozo durante el bombeo. Las medidas más usuales del espacio anular son 3" y 4" y debe ser ocupado por gravas de cuarzo las que por su constitución no son fácilmente cementables y en su defecto se utilizarán gravas de ríos o arroyos pero nunca productos de trituración.

DESARROLLO DEL POZO.- Esta es una de las actividades importantes para la terminación del pozo, de un adecuado desarrollo puede depender el buen funcionamiento del pozo construido y el no efectuarlo bien provoca que aunque se atravesase un buen acuífero, no se tenga la capacidad específica real del mismo. Un buen desarrollo de pozos como primer objetivo tiene la eliminación del enjarre dejado por el lodo de perforación. El segundo objetivo es incrementar la permeabilidad del acuífero en las vecindades del pozo, eliminando las partículas de lodo y materiales ajenos al pozo que hayan penetrado durante la perforación. El tercer objetivo es la formación de las zonas de graduación de arenas, para tener un filtro adecuado y así el pozo fluya a su máxima capacidad. Estos tres objetivos contribuyen a tener un pozo más eficiente con mayor vida y bajos costos de mantenimiento y operación.

Existen diferentes métodos para el desarrollo de pozos para agua potable, mencionando algunos de ellos se tienen: Método Mecánico, Método Hidráulico, Bombeo a Chorro, Método Neumático y Método Físico-Químico.

**Método Mecánico.-** Consiste en agitar las aguas del acuífero por medio de la acción de un pistón en el interior del ademe. En este Método es necesario utilizar un pistón debidamente ajustado al diámetro del ademe por empaques de hule o cuero, cuya finalidad es la de lograr una fuerte agitación. La maniobra de agitación debe iniciarse efectuando un movimiento recíprocante al pistón, desde la parte inferior de los cedazos.

**Método Hidráulico.-** Este método es llamado de sobre bombeo, el agua es bombeada a alta velocidad a través de una tubería colocada en el fondo del pozo y retorna da por el ademe, la función es la de lograr una succión y hacer que el acuífero contribuya con el flujo de agua y así destapar los canales por arrastre de finos. Una objeción del procedimiento es el de elevar el nivel de agua hasta tener una carga hidrostática mayor que la que puede soportar el acuífero y en consecuencia se inyectará a la formación toda la arcilla dispersa en el pozo. Posteriormente la limpieza del pozo es difícil.

**Método Neumático.**- Este método consiste en inyectar aire a través de una tubería de pequeño diámetro, que está abajo del nivel estático del pozo y recuperar el aire mezclado con el agua, por una tubería de mayor diámetro. Este procedimiento es el más recomendado para el desarrollo de pozos de agua, porque en ningún momento existe el peligro de crear presiones hidrostáticas que inyecten finos a la formación, sino que al contrario, al obtener abatimiento en el nivel del agua, el acuífero tiende a fluir cooperando de esta manera a su limpieza.

**Bombeo a Chorro.**- El bombeo a chorro de productos químicos a alta velocidad es el método más efectivo para el desarrollo de pozos para agua, el movimiento ascendente y rotatorio en forma lenta de la herramienta, ocasiona que toda la superficie del cedazo quede bajo la acción del chorro, las arenas finas, arcilla y limo son lavados e introducidos en el ademe por la turbulencia creada por el chorro, a través de las ranuras abajo y arriba del punto de operación. En la película de lodo formada en los bordes del pozo durante la perforación es efectivo este método para ser dispersada. Para usar el método es recomendable efectuar una limpieza con aire para sacar las partículas de lodo en suspensión y prevenir que sean nuevamente introducidos en la formación.

Método Físico-Químico.- Consiste básicamente en la adición de dispersantes de arcillas en el agua cuando se lleva a cabo el lavado del pozo, la propiedad de los dispersantes debe ser la de separar el lodo de perforación y romper la geletinosidad de éste; rompiéndola, el lodo de perforación es fácilmente removido a la superficie. La mayoría de los productos dispersantes se mezclan con el agua y se agregan desde la superficie, algunos se mezclan con ácido clorhídrico que por sus propiedades dispersantes hace más efectiva la limpieza del pozo. El uso del hielo seco en la limpieza de los pozos consiste en arrojar cargas de hielo seco sólido el cual al sublimarse, pasando al estado gaseoso y aumentar gradualmente su volumen logrando así efectuar la limpieza del pozo. Con el uso del nitrógeno en pozos profundos se logra un gran éxito para su limpieza, se bombea por medio de una tubería de diámetro pequeño introducido hasta el fondo del pozo, el nitrógeno no aumenta gradualmente de volumen y en forma de burbujas efectúa descargas totales de agua, contribuyendo energicamente a la limpieza del pozo.

CAPITULO IV

A F O R O

## I N T R O D U C C I O N

Las pruebas de aforo son el paso siguiente al desarrollo de un pozo, y para que se lleve a cabo un buen aforo se hace necesario efectuar unas pruebas de bombeo, conocer sus gastos y niveles de bombeo máximos y de esta forma poder determinar la explotación adecuada del pozo.

Se entiende por aforo de un pozo, a la medición del gasto de producción del mismo y proporciona la información necesaria para un adecuado diseño y selección del equipo de bombeo. Con el objeto de familiarizarse con los términos más usuales en las pruebas de aforo, se tiene:

Gasto o Caudal.- Es el volumen de agua que produce un pozo en la unidad de tiempo, se expresa en litros por segundo.

Nivel Estático.- Es la distancia vertical, medida en metros desde el brocal del pozo hasta el nivel libre de agua cuando no esta siendo bombeado, es decir, es el nivel en el cual se estabiliza el agua dentro del pozo.

Nivel Dinámico o de Bombeo.- Es la distancia vertical comprendida entre el brocal del pozo y el nivel

del agua dentro de él cuando se está extrayendo un gasto en la superficie, se expresa en metros.

**Abatimiento.**- Es la diferencia en metros entre el nivel estático y el nivel de bombeo, es decir la distancia vertical medida en metros que desciende el nivel estático de un pozo bajo la influencia del bombeo.

**Nivel de Recuperación.**- Es la distancia vertical medida en metros desde el brocal del pozo hasta los niveles libres de agua apartir del momento en que fue suspendido el bombeo y alcance su estabilización.

**Recuperación.**- Es el tiempo que tarda en estabilizarse el nivel de recuperación.

**Capacidad Específica.**- Es la relación que existe entre la producción del pozo, medida en litros por segundo y un correspondiente abatimiento por metro.

**Medición de los Niveles de Agua.**- Independientemente del método de aforo empleado para la medición del gasto de un pozo, cuando se emplean equipos mecánicos o electromecánicos para la extracción del agua del interior del pozo, generalmente se utiliza una sonda eléctrica para la medición de los niveles estático, dinámico o de bombeo y de recuperación. La sonda eléctrica consiste en un electrodo que se baja hasta hacer contacto con el

agua mediante un cable marcado en metros y una batería para proporcionar energía al electrodo por medio de un miliamperímetro - que se puede substituir por una señal luminosa o sonora, al estar en contacto el electrodo con el agua se cierra el circuito - que es señalado en la superficie a través del miliamperímetro y directamente se obtiene la profundidad del nivel que es equivalente a la longitud del cable eléctrico.

**MÉTODOS DE AFORO.**- Para medir la capacidad de producción de un pozo, existen diversos métodos que pueden aplicarse - de acuerdo a la capacidad del acuífero e información que se pretenda obtener. Los métodos de aforo comúnmente empleados:

Método de cuchareo

Método de volumen o Cubicación

Método del orificio Calibrado

Método Medidor de Flujo

Método Medidor de Canal

Método de Escuadra

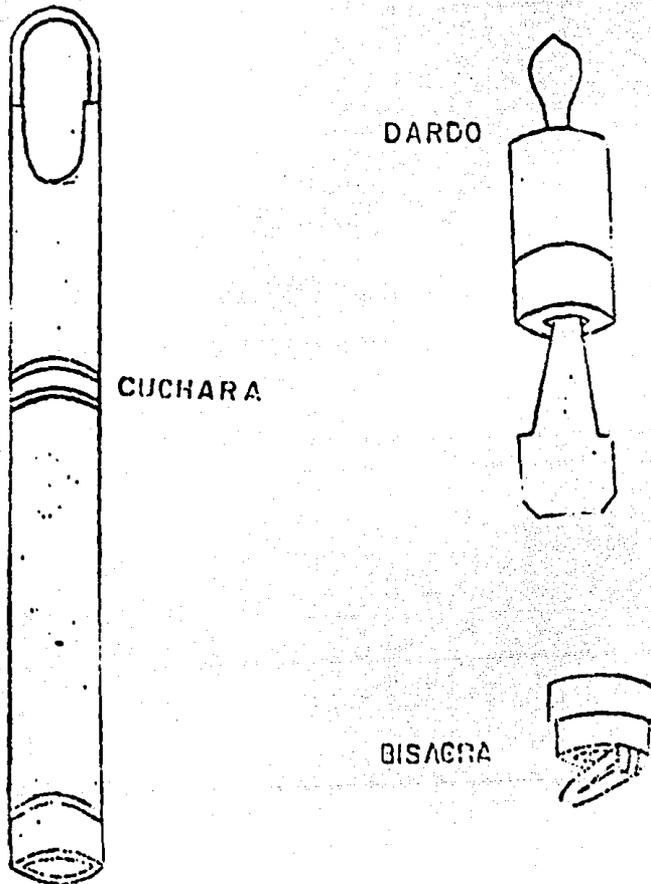
**Método de Cuchareo.**- Se usa en aquellos casos en -- que se tiene duda sobre la posibilidad de obtener producción de un pozo debido a estar localizado en zonas geohidrológicamente desfavorables, por tener resultados negativos en el registro eléctrico o en las muestras obtenidas durante la perforación. El equipo empleado en éste método es una cuchara de las utilizadas

en los equipos de perforación de percusión para desalojar los cortes de los materiales perforados del fondo del pozo, ya sea de dardo o de bisagra y se deberá medir la capacidad de la misma. Figura 4.1

El método consiste en medir el nivel del agua mediante una sonda eléctrica, introducir la cuchara en el pozo abajo del nivel de agua, llenarla y extraerla, se repite esta operación 4 ó 5 veces y se toman los datos del nivel de agua al iniciar, volumen extraído, tiempo efectivo empleado en la prueba y el nivel de agua al terminar, dividiendo el volumen total extraído entre el tiempo efectivo empleado en la prueba, se obtiene el gasto y la diferencia de niveles proporciona el abatimiento.

Con los resultados obtenidos se determina si el gasto y su abatimiento es suficiente para tomar la decisión de proseguir o no los trabajos de perforación.

**Método de Volumen.**- Este procedimiento es aplicable en pozos cuya producción sea baja hasta 21 lps..El gasto en la superficie se mide mediante el empleo de un depósito de 200 litros y tomando el tiempo requerido para llenar dicho depósito, los niveles de agua estático y dinámico se miden mediante el uso de una sonda eléctrica. Con los datos antes obtenidos se puede gra-



HERRAMIENTA PARA MEDIR EL VOLUMEN EXTRAIDO  
DE UN POZO POR EL METODO DE CUCHARA.

Fig. 4.1

ficar y encontrar el gasto adecuado de explotación del pozo. Figura 4.2

**Método de Orificio Calibrado.**- Es el método más preciso y comúnmente empleado para determinar el gasto de producción de un pozo, tiene las siguientes ventajas:

- El equipo empleado es compacto
- De fácil instalación

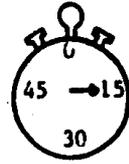
Y sus principales componentes se ilustran en la figura 4.3 que son:

-Un tubo con una longitud no menor de 1.22 metros o sea 48" que está conectado al cabezal de descarga en uno de sus extremos y en el otro debe permitir la conexión de un porta orificios a una distancia no menor de 0.61 metros equivalente a 24", del extremo libre debe contar con una perforación que permita conectar el piezómetro.

-Un porta orificios que permita con facilidad intercambiar orificios de diferentes medidas. Figura 4.4

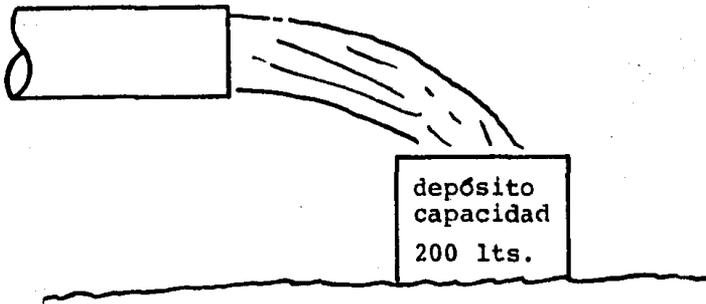
-Orificios de diferentes medidas.

-Regla graduada.



cronómetro

tubería de salida



## AFORO POR VOLUMEN

ejemplo ;  $Q = \frac{V_c}{T_m}$

donde;

Q = Gasto en lts./seg.

V<sub>c</sub> = Volumen calculado en lts.T<sub>m</sub> = Tiempo medido en seg.

Fig. 4.2

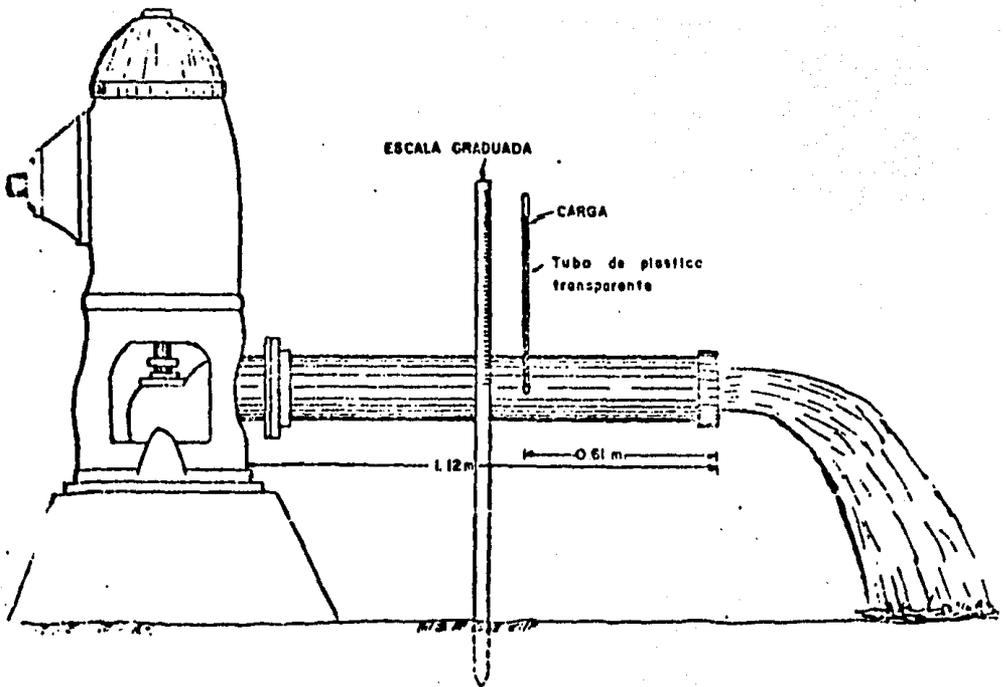


Fig. 4.3 Colocación de los elementos necesarios para el desarrollo en el método del orificio calibrado.

Para obtener las mayores ventajas de este método se debe tomar en cuenta que:

-El tubo de descarga debe estar en posición horizontal y la descarga completamente libre.

-Los bordes de los orificios perfectamente biselados a  $45^\circ$  con el borde del filo en dirección aguas arriba.

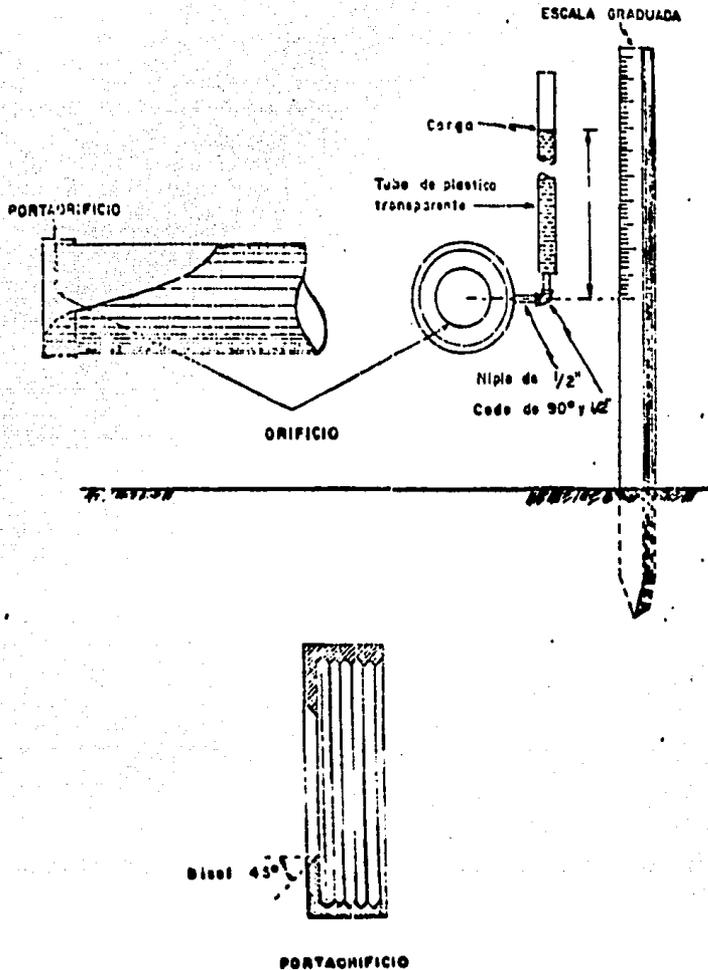


Fig. 4.4 Algunas características de los elementos.

-El orificio debe trabajar completamente lleno.

-El diámetro del orificio del piezómetro está comprendido entre 1/2" a 3/4" .

-El piezómetro debe quedar libre de burbujas y no sobre salir de la superficie interior del tubo de descarga.

-Es necesario contar con un flujo de agua constante en la superficie, el cual generalmente es proporcionado mediante el empleo de una bomba turbina tipo vertical accionada por un motor de combustión interna.

Para obtener el gasto mediante este método se deben seguir los siguientes pasos:

Medir el nivel estático.

Medir el nivel de bombeo.

Medir la altura del agua del piezómetro.

En base al diámetro del tubo de descarga, del orificio empleado y la altura piezométrica, obtener el gasto en litros por segundo.

El aforo del pozo se efectúa tomando la información anterior a diferentes velocidades -rpm- del motor, es recomendable variar de 100 en 100 rpm., con lo que se grafica gasto-tiempo y el nivel de bombeo-tiempo, en estos casos el tiempo es el intervalo entre cada cambio de velocidad, para seleccionar el punto mas adecuado de explotación del pozo, se escoge el inmediato anterior en el que la separación entre ambas curvas sea menor. Como ejemplo Fig. 4.5

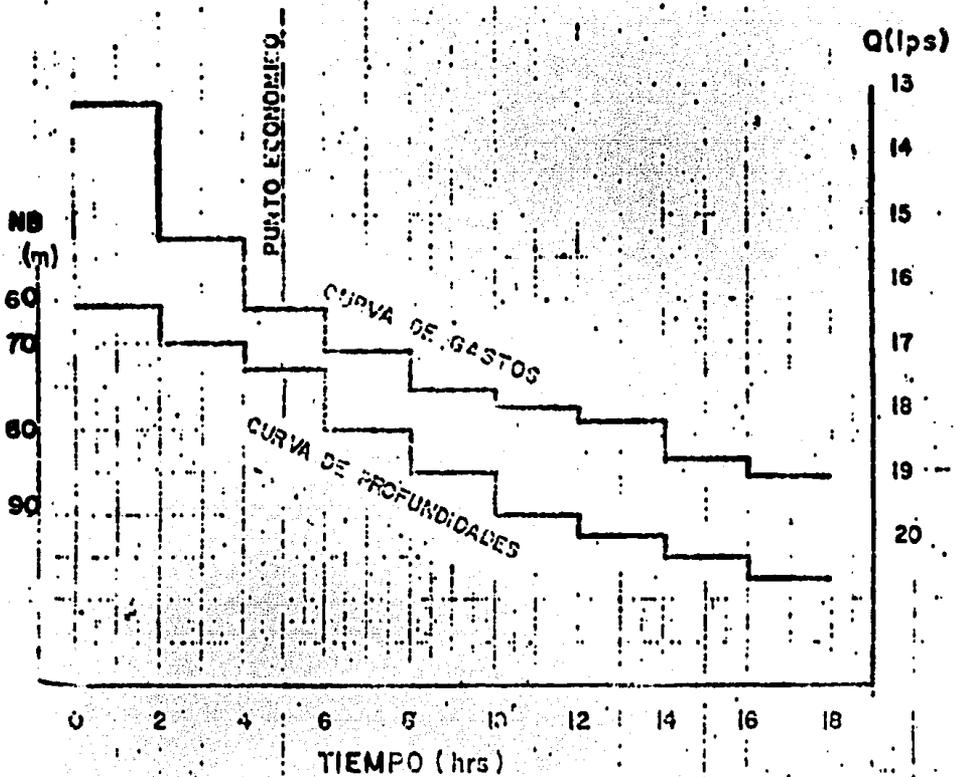


Fig. 4.5 Ejemplo de las curvas de nivel de bombeo-tiempo y gasto-tiempo.

En las tablas de aforo para tubos horizontales de las figuras 4.6, 4.7 y 4.8 que a continuación se enlistan, es posible obtener el gasto directamente interpolando con los datos ya obtenidos anteriormente, como son: altura del agua en el piezómetro o tubo de vidrio, diámetro del tubo de descarga, diámetro del orificio utilizado y el gasto esta dado en lts/seg.

TABLA DE AFORO DE TUBOS HORIZONTALES  
METODO DEL ORIFICIO CALIBRADO

$$G = 0.25 K D^2 \sqrt{H}$$

DONDE:

G = Gasto lts/seg.

K = Constante experimental.

H = Altura del agua en el tubo de vidrio cms.

D = Diámetro del orificio en pulgadas.

h	ORIFICIO 3"		ORIFICIO 4"		ORIFICIO 5"		ORIFICIO 6"	ORIF. 7"	ORIF. 8"
	tubo 4"	6"	6"	8"	6"	8"	8"	10"	10"
10	5.27	4.18	7.93	7.44	15.41	12.21	19.47	17.53	
11	5.53	4.39	8.32	7.80	16.17	12.81	20.42	18.39	
12	5.77	4.58	8.69	8.15	16.89	13.38	21.32	19.20	
13	6.01	4.77	9.04	8.48	17.58	13.93	22.20	19.99	
14	6.24	4.95	9.38	8.80	18.24	14.46	23.04	20.75	
15	6.46	5.12	9.71	9.11	18.88	14.96	23.84	21.42	
16	6.67	5.29	10.03	9.41	19.50	15.45	24.62	22.18	
17	6.87	5.45	10.34	9.70	20.10	15.94	25.38	22.56	
18	7.07	5.61	10.64	9.98	20.68	16.39	26.12	23.52	
19	7.27	5.77	10.93	10.25	21.25	16.84	26.83	24.17	
20	7.45	5.92	11.22	10.52	21.80	17.28	27.53	24.79	37.03
21	7.64	6.06	11.49	10.78	22.34	17.70	28.21	25.41	37.95
22	7.82	6.20	11.76	11.03	22.86	18.12	28.87	26.00	38.54
23	7.99	6.35	12.03	11.28	23.38	18.53	29.52	26.59	39.72
24	8.17	6.48	12.29	11.52	23.88	18.92	30.16	27.15	40.57
25	8.34	6.62	12.54	11.76	24.38	19.32	30.78	27.72	41.41
26	8.50	6.75	12.79	11.99	24.86	19.70	31.39	28.27	42.22
27	8.66	6.87	13.03	12.22	25.33	20.07	31.99	28.81	43.03
28	8.82	7.00	13.27	12.45	25.80	20.44	32.58	29.34	43.82
29	8.98	7.12	13.50	12.67	26.25	20.80	33.15	29.85	44.59
30	9.13	7.25	13.74	12.88	26.70	21.16	33.72	30.36	45.36
31	9.28	7.37	13.96	13.10	27.14	21.51	34.28	30.87	46.11
32	9.43	7.48	14.19	13.31	27.58	21.85	34.82	31.36	46.85
33	9.58	7.60	14.41	13.51	28.00	22.19	35.37	31.85	47.57
34	9.72	7.71	14.62	13.71	28.43	22.53	35.90	32.33	48.29
35	9.86	7.83	14.84	13.91	28.84	22.85	36.42	32.80	48.99
36	10.00	7.94	15.05	14.11	29.25	23.18	36.94	33.26	49.69
37	10.14	8.05	15.26	14.31	29.65	23.50	37.45	33.72	50.37
38	10.28	8.15	15.46	14.50	30.05	23.81	37.95	34.17	51.04
39	10.41	8.26	15.66	14.69	30.44	24.12	38.44	34.62	51.71
40	10.54	8.37	15.86	14.88	30.83	24.43	38.94	35.07	52.38
41	10.67	8.47	16.05	15.06	31.21	24.73	39.42	35.50	53.02
42	10.80	8.57	16.25	15.24	31.59	25.04	39.90	35.93	53.67
43	10.93	8.67	16.44	15.42	31.97	25.33	40.36	36.35	54.33
44	11.06	8.78	16.64	15.60	32.34	25.62	40.83	36.77	54.93
45	11.18	8.87	16.82	15.78	32.70	25.91	41.29	37.18	55.55
46	11.31	8.97	17.01	15.95	33.06	26.20	41.75	37.59	56.16
47	11.43	9.07	17.19	16.13	33.42	26.48	42.21	38.00	56.77
48	11.55	9.17	17.38	16.29	33.77	26.76	42.65	38.41	57.37
49	11.67	9.26	17.56	16.46	34.13	27.04	43.09	38.81	57.97

FIG. 4.6

TARIFA DE AFORO DE TUBOS HORIZONTALES

METODO DEL ORIFICIO CALIBRADO

D	ORIFICIO 1		ORIFICIO 2		ORIFICIO 3		ORIFICIO 4		ORIFICIO 5		ORIFICIO 6		ORIFICIO 7		ORIFICIO 8		ORIFICIO 9		ORIFICIO 10		ORIFICIO 11		
	10"	12"	14"	16"	18"	20"	22"	24"	26"	28"	30"	32"	34"	36"	38"	40"	42"	44"	46"	48"	50"	52"	54"
1	11.39	9.35	17.73	16.63	34.47	27.37	43.53	39.20	53.35	66.35	86.30	96	107.33	12.96	24.57	23.04	47.77	37.85	60.32	51.32	81.84		
2	11.69	9.45	17.91	16.80	34.81	27.59	43.95	39.59	53.12	66.23	86.18	97	107.42	13.03	24.70	23.16	48.01	38.03	60.43	51.62	81.96		
3	12.02	9.54	18.09	16.96	35.15	27.86	44.39	39.98	52.71	65.11	85.03	98	107.51	13.10	24.83	23.28	48.26	38.24	60.94	51.88	82.17		
4	12.34	9.63	18.26	17.12	35.49	28.12	44.82	40.36	60.29	90.97	101	108.67	13.18	24.95	23.40	48.50	38.44	61.24	52.16	82.40			
5	12.72	9.72	18.43	17.28	35.82	28.39	45.23	40.74	60.65	91.52	102	108.75	13.23	25.05	23.52	48.75	38.63	61.94	52.44	82.51			
6	12.75	9.81	18.60	17.44	36.15	28.65	45.65	41.11	61.41	92.57	103	108.75	13.30	25.21	23.64	48.99	38.82	61.87	52.72	82.72			
7	12.77	9.90	18.77	17.60	36.48	28.91	46.07	41.49	61.97	93.34	104	108.84	13.36	25.33	23.76	49.24	39.02	62.18	52.99	82.94			
8	12.77	9.99	18.94	17.76	36.80	29.17	46.48	41.88	62.52	94.31	105	108.92	13.43	25.45	23.87	49.48	39.21	62.48	53.27	83.16			
9	12.79	10.08	19.10	17.91	37.12	29.42	46.88	42.22	63.07	95.31	106	109.00	13.49	25.55	23.99	49.72	39.39	62.78	53.54	83.38			
10	12.80	10.15	19.25	18.07	37.34	29.67	47.26	42.55	63.61	95.05	107	109.08	13.56	25.70	24.10	49.95	39.58	63.08	53.81	83.56			
11	12.81	10.23	19.43	18.22	37.56	29.92	47.68	42.93	64.14	96.29	108	109.16	13.62	25.82	24.22	50.19	39.77	63.38	54.09	83.76			
12	12.82	10.31	19.59	18.37	37.80	30.17	48.05	43.30	64.67	97.48	109	109.24	13.69	25.94	24.33	50.43	39.96	63.68	54.33	83.96			
13	12.83	10.39	19.75	18.52	38.09	30.42	48.47	43.65	65.20	98.39	108	109.32	13.75	26.06	24.44	50.66	40.14	63.97	54.61	84.06			
14	12.84	10.47	19.91	18.67	38.39	30.66	48.86	44.00	65.73	99.18	109	109.40	13.81	26.18	24.55	50.90	40.33	64.27	54.86	84.25			
15	12.85	10.55	20.06	18.82	38.69	30.90	49.25	44.35	66.25	99.97	110	109.48	13.88	26.30	24.67	51.13	40.52	64.56	55.10	84.45			
16	12.86	10.63	20.22	18.96	39.00	31.14	49.63	44.68	66.76	100.74	111	109.56	13.94	26.42	24.78	51.36	40.70	64.86	55.34	84.65			
17	12.87	10.71	20.37	19.11	39.30	31.38	50.01	45.04	67.27	101.52	112	109.64	14.00	26.54	24.89	51.59	40.88	65.15	55.67	84.84			
18	12.88	10.79	20.53	19.25	39.70	31.62	50.39	45.33	67.78	102.25	113	109.72	14.06	26.66	25.00	51.82	41.05	65.44	55.93	85.03			
19	12.89	10.87	20.68	19.39	40.00	31.85	50.76	45.72	68.29	103.04	114	109.80	14.13	26.78	25.11	52.05	41.23	65.72	56.19	85.22			
20	12.90	10.95	20.83	19.54	40.50	32.09	51.14	46.05	68.79	103.80	115	109.88	14.19	26.90	25.22	52.27	41.42	66.02	56.45	85.42			
21	12.91	11.03	20.98	19.68	40.77	32.32	51.51	46.39	69.29	104.53	116	109.95	14.25	27.01	25.33	52.50	41.60	66.30	56.71	85.61			
22	12.92	11.11	21.13	19.82	41.05	32.55	51.87	46.71	69.78	105.29	117	110.03	14.31	27.12	25.44	52.73	41.79	66.59	56.97	85.80			
23	12.93	11.19	21.28	19.96	41.35	32.78	52.23	47.04	70.26	106.03	118	110.11	14.37	27.24	25.55	52.96	41.98	66.87	57.22	86.00			
24	12.94	11.27	21.43	20.10	41.65	33.01	52.60	47.37	70.75	106.77	119	110.19	14.43	27.36	25.66	53.18	42.16	67.16	57.48	86.20			
25	12.95	11.35	21.57	20.23	41.93	33.25	52.95	47.69	71.23	107.49	120	110.27	14.49	27.47	25.76	53.40	42.34	67.45	57.74	86.40			
26	12.96	11.43	21.72	20.37	42.22	33.48	53.31	48.01	71.71	108.22	121	110.34	14.55	27.59	25.87	53.63	42.49	67.72	58.00	86.60			
27	12.97	11.51	21.86	20.50	42.50	33.69	53.67	48.33	72.19	108.94	122	110.41	14.61	27.70	25.98	53.84	42.67	68.00	58.25	86.80			
28	12.98	11.59	22.01	20.64	42.78	33.90	54.00	48.65	72.67	109.66	123	110.48	14.67	27.82	26.09	54.07	42.84	68.27	58.51	87.00			
29	12.99	11.67	22.15	20.77	43.05	34.12	54.37	48.95	73.14	110.35	124	110.55	14.73	27.92	26.19	54.29	43.03	68.55	58.77	87.20			
30	13.00	11.75	22.29	20.90	43.33	34.33	54.71	49.28	73.60	111.05	125	110.62	14.79	28.04	26.30	54.50	43.19	68.82	59.03	87.40			
31	13.01	11.83	22.43	21.04	43.60	34.55	55.05	49.59	74.07	111.76	126	110.69	14.85	28.15	26.40	54.72	43.36	69.10	59.29	87.60			
32	13.02	11.91	22.57	21.17	43.88	34.77	55.40	49.90	74.53	112.46	127	110.76	14.91	28.25	26.50	54.94	43.53	69.37	59.55	87.80			
33	13.03	11.99	22.71	21.30	44.14	34.99	55.74	50.20	74.98	113.14	128	110.83	14.97	28.36	26.61	55.16	43.71	69.65	59.81	88.00			
34	13.04	12.07	22.85	21.43	44.41	35.19	56.05	50.51	75.44	113.84	129	110.90	15.03	28.47	26.71	55.37	43.88	69.92	60.07	88.20			
35	13.05	12.15	22.99	21.56	44.68	35.40	56.42	50.81	75.89	114.53	130	110.97	15.09	28.58	26.82	55.58	44.05	70.19	60.33	88.40			
36	13.06	12.23	23.12	21.69	44.95	35.62	56.76	51.12	76.35	115.21	131	111.04	15.15	28.69	26.93	55.79	44.22	70.46	60.59	88.60			
37	13.07	12.31	23.25	21.81	45.21	35.83	57.09	51.42	76.80	115.89	132	111.11	15.21	28.80	27.04	56.00	44.39	70.73	60.85	88.80			
38	13.08	12.39	23.39	21.94	45.47	36.03	57.42	51.71	77.24	116.55	133	111.18	15.27	28.91	27.15	56.21	44.55	71.00	61.11	89.00			
39	13.09	12.47	23.53	22.06	45.70	36.24	57.75	52.01	77.68	117.22	134	111.25	15.33	29.02	27.25	56.43	44.72	71.27	61.37	89.20			
40	13.10	12.55	23.67	22.18	45.93	36.44	58.08	52.30	78.12	117.89	135	111.32	15.39	29.14	27.35	56.64	44.88	71.53	61.62	89.40			
41	13.11	12.63	23.81	22.31	46.15	36.67	58.40	52.60	78.55	118.54	136	111.39	15.45	29.25	27.45	56.85	45.05	71.79	61.88	89.60			
42	13.12	12.71	23.95	22.44	46.36	36.85	58.72	52.89	78.99	119.20	137	111.46	15.51	29.36	27.55	57.06	45.22	72.06	62.13	89.80			
43	13.13	12.79	24.08	22.57	46.57	37.05	59.05	53.18	79.43	119.85	138	111.53	15.57	29.46	27.65	57.27	45.38	72.31	62.39	90.00			
44	13.14	12.87	24.21	22.69	46.77	37.25	59.37	53.47	79.86	120.51	139	111.60	15.63	29.57	27.75	57.48	45.54	72.56	62.65	90.20			
45	13.15	12.95	24.34	22.81	46.97	37.45	59.69	53.75	80.28	121.15	140	111.67	15.69	29.68	27.85	57.69	45.71	72.81	62.90	90.40			
46	13.16	13.03	24.46	22.92	47.17	37.65	60.00	54.04	80.71	121.79	141	111.74	15.75	29.79	27.95	57.89	45.87	73.06	63.15	90.60			
47	13.17	13.11	24.58	23.04	47.37	37.85	60.30	54.32	81.14	122.42	142	111.81	15.81	29.90	28.05	58.10	46.03	73.31	63.40	90.80			

Fig. 4.7

# TESIS CON FALLAS DE ORIGEN

N°	ORIFICIO 4"		ORIFICIO 5"		ORIFICIO 6"		ORIFICIO 8"	
	6"	8"	6"	8"	6"	8"	6"	8"
143	19.93	15.82	29.99	25.13	58.30	46.19	73.61	66.30
144	20.00	15.88	30.13	25.22	58.50	46.36	73.87	66.53
145	20.07	15.93	30.30	25.32	58.70	46.52	74.13	66.75
146	20.14	15.99	30.35	25.42	58.90	46.68	74.38	66.99
147	20.21	16.04	30.41	25.52	59.10	46.84	74.64	67.22
148	20.28	16.10	30.51	25.61	59.31	47.00	74.89	67.45
149	20.35	16.15	30.52	25.71	59.51	47.16	75.15	67.68
150	20.42	16.20	30.72	25.80	59.70	47.31	75.39	67.90
151	20.48	16.26	30.82	25.90	59.90	47.47	75.64	68.12
152	20.55	16.31	30.92	25.00	60.10	47.63	75.90	68.35
153	20.62	16.36	31.02	25.09	60.30	47.78	76.14	68.57
154	20.69	16.42	31.12	25.19	60.50	47.94	76.40	68.80
155	20.75	16.47	31.22	25.28	60.69	48.09	76.64	69.02
156	20.82	16.52	31.32	25.38	60.89	48.25	76.89	69.24
157	20.89	16.58	31.43	25.47	61.08	48.40	77.13	69.47
158	20.95	16.63	31.53	25.56	61.28	48.56	77.38	69.69
159	21.02	16.68	31.63	25.66	61.47	48.71	77.63	69.91
160	21.09	16.73	31.72	25.75	61.66	48.86	77.87	70.13
161	21.15	16.78	31.82	25.84	61.86	49.02	78.11	70.35
162	21.22	16.84	31.92	25.94	62.05	49.17	78.35	70.56
163	21.28	16.89	32.02	26.03	62.24	49.32	78.59	70.78
164	21.35	16.94	32.12	26.12	62.43	49.47	78.83	71.00
165	21.41	16.99	32.22	26.21	62.62	49.62	79.07	71.21
166	21.48	17.05	32.32	26.30	62.81	49.77	79.31	71.43
167	21.54	17.10	32.42	26.39	63.00	49.92	79.55	71.65
168	21.61	17.15	32.52	26.48	63.18	50.07	79.79	71.86
169	21.67	17.20	32.60	26.58	63.38	50.22	80.03	72.07
170	21.73	17.25	32.70	26.67	63.56	50.37	80.26	72.28
171	21.80	17.29	32.80	26.76	63.75	50.52	80.50	72.50
172	21.86	17.35	32.89	26.85	63.94	50.66	80.74	72.71
173	21.93	17.40	32.99	26.94	64.12	50.81	80.97	72.92
174	21.99	17.45	33.08	27.03	64.31	50.96	81.20	73.13
175	22.05	17.50	33.18	27.11	64.49	51.10	81.44	73.34
176	22.11	17.55	33.27	27.20	64.67	51.24	81.67	73.55
177	22.18	17.60	33.37	27.29	64.86	51.39	81.90	73.76
178	22.24	17.65	33.46	27.38	65.04	51.54	82.13	73.97
179	22.30	17.70	33.55	27.47	65.22	51.68	82.36	74.17
180	22.36	17.75	33.65	27.55	65.40	51.83	82.59	74.38

TABLA DE AFORO DE TUBOS HORIZONTALES  
METODO DEL ORIFICIO CALIBRADO

Fig. 4.8

**Recuperación.**- Inmediatamente al terminar el bombeo, se toma el nivel estático y a partir de ese momento sucesivamente se continúan las lecturas del nivel a intervalos no mayores de 20 segundos, en caso de que la recuperación sea en forma inmediata, de lo contrario el tiempo máximo medido para la recuperación no debe exceder las veinticuatro horas.

**Método Medidor de Flujo.**- Para usar este método existen diferentes marcas de medidores de flujo de baja presión, son compactos, portátiles y su instalación es fácil de llevar a cabo siempre y cuando sea sobre un tubo de longitud adecuada al rango del medidor. Este tubo tiene en su extremo una campana para permitir su conexión al tubo de descarga de la bomba, en el otro extremo tiene soldado un tubo con un ángulo para lograr una descarga hacia arriba, que permite operar el medidor completamente ahogado a su máxima eficiencia.

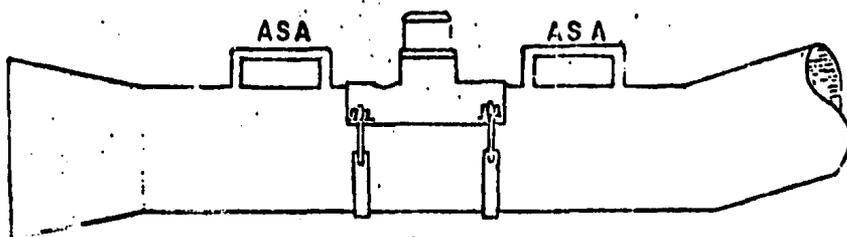
Fig. 4.9

La fabricación de estos medidores es en varias medidas desde 4" hasta 12" de diámetro y para gastos del orden de 3 a 126 lbs. de acuerdo al fabricante el error en lecturas de gasto es de 2% aproximadamente.

El aforo, con este método consiste en variar la velocidad del motor de 100 en 100 rpm. y en cada cambio

de velocidad medir el gasto que marca el medidor de flujo en lps., tomar el nivel de bombeo, la velocidad del motor, el nivel estático antes y después de la prueba. Con los datos obtenidos se construye la gráfica gasto-nivel de bombeo contratiempo y la interpretación de la misma es de acuerdo al método del orificio calibrado.

Para determinar la recuperación del pozo se sigue la misma secuela o pasos que en el método antes descrito.



**MEDIDOR DE FLUJO**

Fig. 4.9

Método de Medición en Canal.- Para obtener la medición del gasto es necesario construir un vertedor el cual puede ser de sección rectangular o triangular, --

que debe cumplir con cierta pendiente en el punto que se localice éste, para permitir la retención parcial del agua y el derrame sobre el mismo. La cresta del vertedor debe estar perfectamente horizontal, excepto en el triangular y suficientemente alta para permitir un derrame libre aguas abajo.

Para llevar a cabo una medición adecuada en este método, se debe tener en cuenta que; la lectura del tirante de agua sobre la cresta de un vertedor rectangular o sobre el vértice en el triangular será aguas arriba del vertedor, donde se tenga un flujo laminar. Para un vertedor rectangular el cálculo del gasto está en relación a la fórmula:

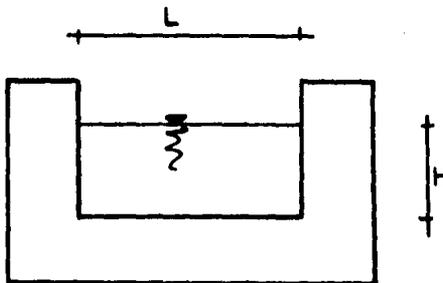
$$Q = 1.84 L H^{3/2}$$

donde:

Q = Gasto en litros/seg.

H = Tirante del agua en cms.

L = Ancho del vertedor en cms.



Y en base a ésta se deduce la siguiente tabla de --  
gastos. Fig. 4.10

donde:

H = Tirante del agua en cms.

L = Ancho del vertedor en cms.

H	Longitud	L	en cms.
cms.	30	90	150
2	1.5	4.7	7.8
2.5	1.9	5.7	9.6
3	2.8	8.6	14.3
3.5	3.5	10.7	19.9
4	4.3	13.1	21.9
4.5	5.1	15.6	26.1
5	6.0	18.3	30.7
5.5	6.9	21.1	35.3
6	7.8	24.0	40.2
6.5	8.8	27.1	45.4
7	9.7	30.1	50.5
7.5	10.7	33.4	56.0
8	11.8	36.8	61.7
8.5	12.9	40.3	67.6
9	14.0	43.8	73.7
9.5	15.2	47.5	79.8
10	16.3	51.1	86.0
10.5	17.5	55.0	92.6
11	18.7	59.0	99.3
11.5	19.9	63.0	106.1
12	21.1	67.0	112.9
12.5	22.4	71.1	119.9
13	23.7	75.4	127.2
13.5	24.9	79.7	134.5
14	26.2	84.1	141.9
14.5	27.5	88.5	149.5
15	28.9	93.0	157.1
15.5	37.5	97.5	164.8
16		102.3	172.9
16.5		106.9	180.9
17		113.0	191.3
17.5		116.5	197.3
18		121.5	205.8
18.5		126.3	214.2
19		131.4	222.8
19.5		136.4	231.4
20		141.5	240.2

Fig. 4.10

Fig. 4.11 .-Tabla de gastos para un vertedor rectangular.

H cms	Longitud	L en cms.	
	30	90	150
21		151.9	258.1
21.5		157.2	267.2
22		162.6	276.5
22.5		167.8	285.6
23		173.4	295.2
23.5		178.8	304.6
24		184	314.2
24.5		190.3	324.4
25		195.2	332.9
26		206.0	351.7
27		217.9	372.5
28		229.8	393.2
29		241.6	413.7
30		253.5	436.0
31		265.8	456.1
32		277.5	476.6
33		288.7	499.2
34		304.8	524.5
35		315.4	543.3
36		329.1	567.5
37		341.6	589.8
38		354.8	613.2
39		367.5	635.8
40		381.7	661.0
41		395.1	684.9
42		408.4	708.7
43		422.4	733.7
44		436.3	758.7
45		450.1	783
46		463.3	808.3
47		480.0	837.3
48		491.2	857.7
49		505.4	883.5
50		520.3	910.6

En el caso de ser un vertedor triangular con un ángulo de 60° ó 90° y en base a la fórmula:

$$Q = 0.01178 CLH^{3/4}$$

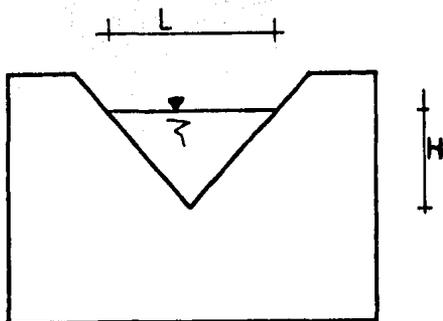
Donde :

Q = Gasto en lts./seg.

$C$  = Constante experimental equivalente a 0.52.

$H$  = Altura del agua apartir del vértice.

$L$  = Ancho de la lámina de agua a la altura  $H$ .



En base a la figura 4.12 y 4.13 en la que se describen las tablas con las que se calcula el gasto, con los datos; ángulo en el vértice del vertedor y la altura del agua, se obtiene directamente.

Para determinar el gasto es necesario tener los siguientes datos de campo:

-Nivel estático.

-Nivel de bombeo.

-Tirante del agua sobre la cresta o vértice.

-Longitud de la cresta en el caso de ser vertedor rectangular.

Fig. 4.12 .- Tabla para cálculo directo del gasto en un vertedor triangular.

H cms.	Gasto lts/seg.	
	90°	60°
2.0	0.08	0.04
2.5	0.13	0.08
3.0	0.21	0.12
3.5	0.33	0.19
4.0	0.43	0.24
4.5	0.58	0.33
5.0	0.75	0.43
5.5	0.95	0.55
6.0	1.18	0.68
6.5	1.44	0.83
7.0	1.74	1.00
7.5	2.04	1.19
8.0	2.43	1.40
8.5	2.84	1.64
9.0	3.26	1.88
9.5	3.73	2.15
10.0	4.25	2.45
10.5	4.80	2.77
11.0	5.38	3.11
11.5	6.01	3.47
12.0	6.70	3.86
12.5	7.42	4.28
13.0	8.18	4.72
13.5	9.00	5.19
14.0	9.85	5.68
14.5	10.76	6.21
15.0	11.70	6.75
15.5	12.70	7.33
16.0	13.75	7.93
16.5	14.85	8.57
17.0	16.01	9.23
17.5	17.22	9.93
18.0	18.45	10.65
18.5	19.74	11.39
19.0	21.12	12.18
19.5	22.58	13.03
20.0	24.04	13.87
20.5	25.57	14.75
21.0	27.17	15.68
21.5	28.78	16.61
22.0	30.40	17.58
22.5	32.21	18.59
23.0	33.89	19.59

**Fig. 4.13 Tabla para cálculo directo del gasto  
en un vertedor triangular.**

H	Gasto	lts/seg.
cms.	90°	60°
23.5	35.91	20.72
24.0	37.93	21.88
24.5	39.95	23.05
25.0	41.96	24.21
26.0	46.40	26.77
27.0	50.84	29.33
28.0	55.68	32.13
29.0	60.69	35.08
30.0	66.31	38.26
31.0	71.55	41.28
32.0	77.74	44.85
33.0	83.93	48.42
34.0	90.52	52.22
35.0	97.24	56.10
36.0	104.64	60.37
37.0	112.04	64.64
38.0	119.44	68.90
39.0	120.36	73.64
40.0	135.85	78.38
41.0	144.18	83.19
42.0	153.46	88.54
43.0	162.48	93.74
44.0	172.29	99.41
45.0	182.65	105.38
46.0	192.60	111.12
47.0	203.23	117.25
48.0	214.12	123.54
49.0	225.83	130.29
50.0	237.80	137.20
51.0	249.50	143.95
52.0	261.87	151.09
53.0	274.38	158.30
54.0	287.16	165.68
55.0	301.28	173.82
56.0	316.08	182.36
57.0	329.53	190.12
58.0	344.32	198.66
59.0	359.12	207.19
60.0	373.91	215.73

Habiendo seleccionado las tablas adecuadas se obtiene el gasto directamente.

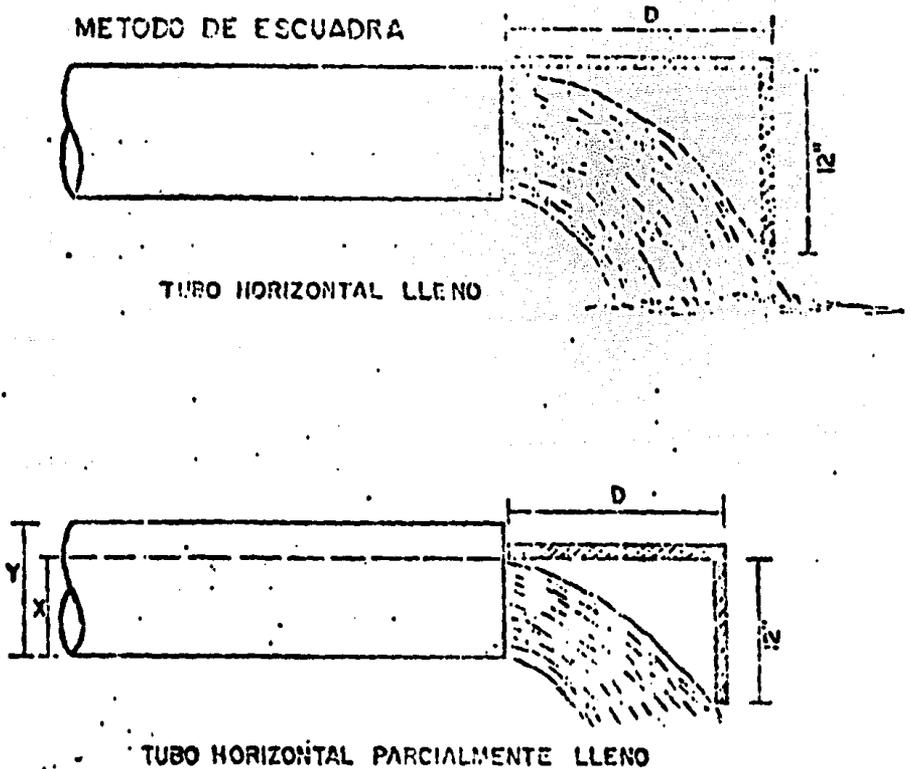
**Aforo.-** Mediante el método de medición en canal, para llevar a cabo el aforo de un pozo, se construye un canal en la descarga del mismo, con la estructura vertedora que se necesite en su extremo y se bombea el agua del pozo a diferentes velocidades como se menciona en los métodos antes descritos, graficando las curvas gasto-tiempo y nivel de bombeo-tiempo en base a los datos obtenidos en la prueba de bombeo. Para seleccionar el punto más adecuado de explotación del pozo se escoge en la gráfica aquel inmediato anterior en el que la separación entre ambas curvas sea menor.

**Método de Escuadra.-** Este método permite medir gastos aproximados de descarga a tubo lleno o parcialmente lleno, la aplicación es sencilla y consiste en tener un tubo de descarga acoplado al cabezal de la bomba con una longitud no menor de 1.80 metros ó 3' , para sostener un flujo laminar en su interior y descarga libre en su extremo.

Cuando se tiene el tubo de descarga a tubo lleno y se desea conocer el gasto aproximado es necesario conocer la distancia  $D$  horizontal la que se mide como se ilustra en la figura 4.14. Con este valor se entra en

las tablas que se describen en la figuras 4.15 y 4.15a e interpolando con el diámetro del tubo de descarga se obtiene el gasto directamente.

Fig. 4.14 .- Descripción de la medición de la distancia  $D$  para tubos lleno y parcialmente lleno.





( FIG. 4.15 e )

Dist. Total	6"	9"	10"	11"	12"	13"	14"	15"	16"
20	26.0	32.9	36.6	40.1	43.6	46.6	49.5	51.4	165.7
22	26.6	36.1	44.5	54.0	64.2	75.4	87.4	100.2	174.0
24	31.2	39.8	48.7	59.0	70.2	82.1	94.8	109.7	184.9
25	31.3	42.5	52.5	63.9	76.4	89.1	102.3	116.5	195.2
26	36.4	46.0	56.8	68.8	81.7	95.4	109.8	125.1	205.1
27	39.0	49.2	60.9	73.7	87.9	102.8	118.5	135.1	215.2
28	41.6	52.6	64.9	78.5	93.6	109.7	126.2	146.3	225.3
29	44.2	55.9	69.0	83.5	99.7	116.8	135.1	156.6	235.4
30	46.8	59.2	73.1	88.4	105.8	124.4	144.1	165.9	245.5
32	49.4	62.5	77.1	93.4	111.4	130.3	151.0	173.7	255.6
34	52.0	65.8	81.2	98.3	117.2	137.1	157.0	182.4	265.7
36	54.6	69.1	85.2	103.2	123.1	144.0	164.9	192.0	275.8
38	57.2	72.4	89.3	108.1	129.0	151.6	173.8	201.7	285.9
40	59.8	75.6	93.4	113.0	134.9	159.7	182.8	210.7	296.0
42	62.4	78.9	97.4	117.9	140.7	168.5	192.4	219.9	306.1
44	65.0	82.2	101.3	122.9	146.6	177.4	199.7	229.5	316.2
46	67.6	85.5	105.2	127.7	152.4	186.8	207.7	239.2	326.3
48	70.2	88.8	109.6	132.7	158.3	195.8	216.4	249.2	336.4
50	72.7	92.1	113.5	137.6	164.1	204.9	224.6	259.2	346.5
52	75.3	95.4	117.7	142.5	170.0	214.8	233.4	269.2	356.6
54	77.9	98.7	121.6	147.4	175.9	224.7	242.4	279.2	366.7
56	80.5	102.0	125.8	152.3	181.7	234.6	251.4	289.2	376.8
58	83.1	105.2	129.9	157.2	187.6	244.4	260.4	299.2	386.9
60	85.7	108.5	133.9	162.1	193.3	254.4	269.4	309.2	397.0
62	88.3	111.8	138.0	167.1	199.3	264.4	278.4	319.2	407.1
64	90.9	115.1	142.1	172.0	205.1	274.6	287.4	329.2	417.2
66	93.5	118.4	146.1	176.9	211.0	284.8	296.4	339.2	427.3
68	96.1	121.7	150.2	181.8	216.7	292.3	305.4	349.2	437.4
70	98.7	125.0	154.3	186.7	222.8	299.8	314.4	359.2	447.5
72	101.3	128.3	158.4	191.6	228.8	307.4	323.6	369.2	457.6
74									
76									
78									
80	103.9	131.6	162.4	196.5	234.5	314.2	332.0	379.2	467.7
82	106.5	134.9	166.4	201.4	240.4	321.1	339.9	384.6	477.8
84	109.1	138.1	170.3	206.4	246.2	327.9	348.0	390.1	487.9
86	111.7	141.4	174.3	211.3	252.1	334.3	356.1	395.6	498.0
88	114.3	144.7	178.6	216.2	257.9	340.7	364.2	401.1	508.1
90	116.9	148.0	182.5	221.1	263.8	347.1	372.4	406.6	518.2
92	119.5	151.3	186.7	225.9	269.7	353.2	380.6	412.1	528.3
94	122.1	154.6	190.8	230.9	275.5	359.2	388.8	417.6	538.4
96	124.7	157.9	194.8	235.8	281.4	365.1	397.0	423.1	548.5
98	127.3	161.2	198.9	240.6	287.2	370.9	405.2	428.6	558.6
100	129.9	164.4	202.9	245.7	293.1	376.8	413.3	434.1	568.7
102	132.5	167.7	207.0	250.6	299.0	382.6	421.4	439.6	578.8
104	135.1	171.0	211.1	255.5	304.8	388.5	429.4	445.1	588.9
106	137.7	174.3	215.1	260.4	310.7	394.4	437.2	450.6	599.0
108	140.3	177.6	219.2	265.2	316.6	400.3	445.1	456.1	609.1
110	142.9	180.9	223.2	270.2	322.4	406.1	452.9	461.6	619.2
112	145.5	184.2	227.3	275.0	328.3	411.9	460.7	467.1	629.3
114	148.1	187.5	231.4	280.1	334.1	417.6	468.5	472.6	639.4
116	150.7	190.8	235.4	285.0	340.0	423.3	476.3	478.1	649.5
118	153.3	194.0	239.5	289.5	345.9	428.9	484.1	483.6	659.6
120	155.9	197.3	243.5	294.4	351.7	434.5	491.9	489.1	669.7
122	158.5	200.6	247.6	299.2	357.6	440.2	499.6	494.6	679.8
124	161.1	203.9	251.6	304.0	363.5	445.7	507.4	500.1	689.9
126	163.7	207.2	255.7	309.0	369.3	451.1	515.1	505.6	699.9
128	166.3	210.5	259.8	314.0	375.1	456.4	522.9	511.1	709.9
130	168.9	213.8	263.8	319.0	381.0	461.6	530.7	516.6	719.9
132	171.5	217.1	267.9	324.0	386.9	466.8	538.4	522.1	729.9
134	174.1	220.3	271.9	329.1	392.8	471.9	546.1	527.6	739.9
136	176.7	223.6	276.0	334.1	398.6	476.9	553.8	533.1	749.9
138	179.3	226.9	280.1	339.0	404.5	481.8	561.5	538.6	759.9
140	181.9	230.1	284.1	343.9	410.4	486.7	569.2	544.1	769.9

Cuando la descarga sea a tubo parcialmente lleno, el procedimiento para el cálculo del gasto es igual a el anterior, excepto en la forma de medir la distancia  $D$ . En este caso para obtener el gasto es necesario obtener el valor de la relación  $X/Y$  en el que  $X$  es el tirante del agua interior del tubo de descarga,  $Y$  es el diámetro interior. fig. 4.14, con éste dato interpolando en la tabla de la fig. 4.16 se obtiene un valor, que multiplicado por el valor obtenido del gasto en las tablas a tubo lleno, a éste nuevo valor se le llama gasto real o corregido.

Aforo.- Consiste en medir el nivel estático y obtener las diferentes velocidades del motor las que varían de 100 en 100 rpm. en cada intervalo de tiempo, tomando las siguientes lecturas:

Nivel de bombeo.

Distancia horizontal  $D$ .

Velocidad del motor.

Tiempo en cada intervalo de cambio de velocidad.

Y con ésta información se grafican las curvas de gasto-tiempo, nivel de bombeo-tiempo y gasto nivel de bombeo. En éstas curvas la interpretación es la misma que la del método del orificio calibrado.

**TABLA DE AFORO DE TUBOS HORIZONTALES  
TUBOS DESCARGANDO PARCIALMENTE LLENOS.**

X/Y	h	X/Y	h	X/Y	h	X/Y	h
0.01	0.17	0.27	21.79	0.53	53.82	0.79	84.73
0.02	0.47	0.28	22.92	0.54	55.09	0.80	85.77
0.03	0.88	0.29	24.06	0.55	56.35	0.81	86.77
0.04	1.34	0.30	25.24	0.56	57.63	0.82	87.76
0.05	1.87	0.31	26.41	0.57	58.89	0.83	88.73
0.06	2.44	0.32	27.57	0.58	60.13	0.84	89.67
0.07	3.08	0.33	28.78	0.59	61.40	0.85	90.57
0.08	3.74	0.34	29.98	0.60	62.64	0.86	91.49
0.09	4.46	0.35	31.19	0.61	63.89	0.87	92.36
0.10	5.21	0.36	32.42	0.62	65.13	0.88	93.20
0.11	5.98	0.37	33.64	0.63	66.36	0.89	94.02
0.12	6.80	0.38	34.87	0.64	67.58	0.90	94.79
0.13	7.64	0.39	36.11	0.65	68.81	0.91	95.54
0.14	8.51	0.40	37.36	0.66	70.02	0.92	96.26
0.15	9.41	0.41	38.60	0.67	71.22	0.93	93.30
0.16	10.33	0.42	39.85	0.68	72.41	0.94	97.56
0.17	11.27	0.43	41.11	0.69	73.59	0.95	98.13
0.18	12.24	0.44	42.37	0.70	74.76	0.96	98.66
0.19	13.23	0.45	43.65	0.71	75.94	0.97	99.12
0.20	14.23	0.46	44.91	0.72	77.08	0.98	99.52
0.21	15.27	0.47	46.18	0.73	78.21	0.99	99.83
0.22	16.31	0.48	47.45	0.74	79.34	1.00	100.00
0.23	17.38	0.49	48.73	0.75	80.44		
0.24	18.45	0.50	50.00	0.76	81.54		
0.25	19.54	0.51	51.27	0.77	82.62		
0.26	20.66	0.52	52.55	0.78	83.69		

Fig. 4.16

Para determinar cual será el procedimiento o método de aforo adecuado para un pozo, se debe tener en cuenta las situaciones especiales que generalmente encuentra uno en campo y que no obstruyan la obtención del gasto con una precisión adecuada.

Los métodos mas recomendables son los de escuadra y el de orificio calibrado que brindan una precisión razonable, para gastos pequeños se puede utilizar un vertedor tipo triangular o utilizar el método de volumen o cubicación.

Es indispensable el conocimiento del caudal bombeado y que se mantenga constante durante la prueba y tener en cuenta la importancia de la precisión de las lecturas tomadas durante el ascenso o descenso provocado por el bombeo. En el caso de contar con un motor de combustión interna, se puede realizar la prueba escalonada efectuando los cambios necesarios en las rpm. del motor, teniendo la precaución de efectuar éstos cambios rápidamente y estabilizar las revoluciones en forma inmediata de tal forma que se tengan las menores variaciones en la obtención de cada uno de los gastos, durante cada cambio proyectado. Cuando la operación es en base a un motor eléctrico, lo mas conveniente es realizar la prueba con el gasto que entrega la bomba, pero si se desea realizar una prueba escalonada, es posible hacerlo, si se cuenta con una válvula a la salida que permita regular el gasto entregado por la misma, en cuyo caso se deben hacer éstos cambios abriendo o cerrando dicha válvula.

Una vez iniciado el bombeo debe verterse el agua en tal forma que no se filtre el acuífero, generalmente el agua se debe -- conducir a una distancia mayor de los 100 metros, por medio de -- canales, arroyos, tuberías o barrancos. Hay que tener mucho cuidado en el agua, que no retorne por las paredes del pozo.

**C A P I T U L O   V**

**INTEGRACION CATALOGO DE CONCEPTOS**

## I N T R O D U C C I O N

La perforación de un pozo a contrato se entenderá al conjunto de operaciones, trabajos y/o maniobras que efectuará el -- contratista mediante el uso del equipo, herramientas y acceso-- rios de perforación para pozos profundos, destinados ya sea a la explotación de aguas subterráneas o simplemente exploración.

Para la elaboración de los precios unitarios en perforación - de pozos es necesario conocer los términos que componen un pre-- cio unitario. Este se integra sumando todos los cargos directos e indirectos correspondientes al concepto de trabajo, como tam-- bién los cargos por utilidad y los cargos adicionales estipula-- dos en el contrato por la dependencia o entidad.

Los cargos directos aplicables al concepto de trabajo, son -- los que se derivan de las erogaciones por mano de obra, materia-- les, maquinaria , herramienta o que intervienen exclusiva y di-- rectamente en la ejecución del concepto de trabajo de que se tra-- te. No se considerarán dentro de este cargo las percepciones del personal técnico, administrativo, de control, supervisión, y vi-- gilancia, que corresponden a los cargos indirectos.

Los cargos indirectos corresponden a los gastos generales ne-- cesarios para la ejecución de los trabajos no incluidos en los - cargos directos que realiza el contratista, tanto en sus ofici-- nas centrales como en la obra y que comprenden entre otros, los

gastos de administración, organización, dirección técnica, vigilancia, supervisión, financiamiento, imprevistos, transporte de maquinaria y en su caso prestaciones sociales al personal directivo y administrativo. Los cargos indirectos se expresarán como un porcentaje del costo directo de cada concepto de trabajo.

De acuerdo a los gastos que intervienen en la elaboración de un precio unitario es necesario tener en cuenta que existen actualmente dos catálogos en los cuales se describen los conceptos, uno de ellos es el elaborado por la SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS y el otro por la SECRETARIA DE DESARROLLO URBANO Y ECOLOGIA y éstos son la base para la elaboración de los precios unitarios para la perforación de pozos.

Al hacer una revisión del listado de conceptos se aprecia que existen algunos trabajos que de acuerdo con los lineamientos para la integración de precios unitarios no deberían ser considerados como independientes, sino que por su propia definición deben quedar integrados en el costo indirecto y esto da como resultado que se duplique el pago de estos conceptos. Esta consideración la hago en base a que la SECRETARIA DE PROGRAMACION Y PRESUPUESTO, a efecto de dejar perfectamente definidos todos y cada uno de los cargos que constituyen un precio unitario, y, evitar diferentes interpretaciones a los mismos, se publicó en el diario oficial de la federación, el 6 de julio de 1983, los lineamientos para la integración de los precios unitarios. En la publicación antes citada establece que dentro de los cargos indi--

rectos quedan comprendidos los que se efectuen por concepto de -- fletes, acarreos en equipos de construcción y los realizados por instalaciones en general. En el caso de ser una instalación espe-- cífica será pagada a juicio de la dependencia o entidad, como -- concepto de trabajo o considerarlo como cargo directo, dentro -- del concepto de trabajo del que forme parte.

Por tal motivo y en base a las consideraciones antes mencio-- nadas propongo una revisión o en su defecto la nueva integración del catálogo de conceptos para la elaboración de precios unita-- rios en la perforación de pozos, en el cual no se contemplen -- los cargos por los conceptos que ya he mencionado.

Cabe hacer mención que en estos catálogos gubernamentales . se apoyan los contratistas para realizar sus presupuestos, que posteriormente con ellos entrarán a concurso por la perforación de uno o varios pozos.

**C A P I T U L O VI**

**ANALISIS BASICOS**

## I N T R O D U C C I O N

La industria de la construcción como tal, necesita varios -- elementos para la operación, dentro de los cuales destaca por su importancia, la función desarrollada por el departamento de costos ya que de él depende el conocimiento del valor de venta de -- sus productos, esto es los precios unitarios, por su forma tan -- particular de operar, la industria de la construcción es la única que para lograr la aprobación del valor de sus productos tiene que demostrar el valor de los mismos, razón por la cuál el conocimiento de ellos es fundamental para la vida de las empresas.

Para realizar el análisis de costos de cualquier clase de -- construcción intervienen los factores; Mano de Obra, Materiales, Equipo y Herramienta. En la industria de la construcción existen dos clases de actividades perfectamente definidas y son las llamadas Construcción Urbana y la Construcción Pesada. Para cada -- una de ellas el análisis de costos es diferente. En cuanto a la -- primera de ellas el orden de importancia por su costo es; Mano -- de Obra, Materiales, Equipo y Herramienta, en tanto que para la Construcción Pesada el mayor costo depende del Equipo, Herramienta, Mano de Obra y los Materiales que dependen del tipo específico de construcción

PRECIO UNITARIO.- Es el importe de la remuneración o -- pago total que debe cubrirse al contratista por unidad de obra de cada uno de los conceptos de trabajo que realiza. Otra forma

de conocer a éste, es como el coeficiente que resulta de dividir el monto total de las erogaciones que realiza un contratista para la ejecución de un trabajo, de acuerdo con las especificaciones y proceso constructivo adecuado, incluyendo su utilidad y -- sus gastos indirectos, todo ello dividido entre el volumen de -- trabajo ejecutado bajo tal concepto;

$$P.U. = (\text{Gasto} + \text{Utilidad} + \text{Indirectos}) / \text{Volumen de trabajo.}$$

En la Construcción Pesada existen varias actividades - que la forman como tal, una de esas actividades es la perforación de pozos para agua potable y en esta actividad el costo unitario se integra básicamente sumando todos los cargos directos correspondientes al concepto de trabajo y que se derivan de las erogaciones por ; Equipo, Herramienta, Mano de Obra y Materiales ; e--fectuados exclusivamente para realizar dicho concepto de trabajo entendiéndose que no necesariamente en un costo unitario podrán existir los cuatro elementos antes señalados pudiendo tener to--das las combinaciones posibles, inclusive cada uno como elemento aislado podra constituir un costo unitario.

No se considerarán dentro de este cargo las percepciones del personal técnico, administrativo, de control, supervi---ción y vigilancia que están incluidas en los cargos indirectos.

Para estar seguro que un costo unitario es el adecuado para un concepto determinado es necesario tener en cuenta las es

pecificaciones, que deben ser lo suficientemente explícitas para aclarar que es lo que el contratante desea que se haga, señalando la calidad de los materiales, la forma en que se medirá el -- trabajo, la forma de pago y aproximación con la que se valuarán los trabajos.

**MANO DE OBRA .-** El cargo por este concepto se deriva de las erogaciones que se hacen por el pago de salarios al personal que interviene exclusiva y directamente en la ejecución del concepto de trabajo de que se trate.

Se expresa con la siguiente ecuación;

$$Mo = S / R$$

Donde;

Mo = Es el cargo por mano de obra.

S = Representa el salario del personal considerado en forma individual o por cuadrilla por unidad de tiempo debiendo -- contemplar; Salario nominal, prestaciones de la ley federal del trabajo, séptimo día, vacaciones, seguro social (-- cuando exista) e impuestos sobre remuneraciones pagadas.

R = Rendimiento, es decir, el trabajo que desarrolla la cuadrilla por unidad de tiempo, de acuerdo con lo considerado -- al valuar S. Este rendimiento está determinado por la experiencia y varía no solamente con el tipo de trabajo sino --

tambien con la zona en que éste se desarrolla.

Para la valuación de Mo, deben involucrarse todas las prestaciones que marca la ley, de tal forma que al realizar cualquier volumen de trabajo, éste lleve implícito, en la proporción que le corresponda.

La manera práctica de representarlo es por medio de un coeficiente que en términos generales, value la relación días cobrados contra días trabajados y de ésta manera poder calcular salarios reales a partir de salarios nominales, como a continuación se indica.

a) Días por año ..... 365

Se le restan los días no laborables.

Domingos	.....	52
Festivos L.F.T. (Art. 74 )	.....	7
Vacaciones L.F.T. (Art. 76 )	.....	6
Lluvia	.....	3
Enfermedad	.....	2

---

70

Los días trabajados son ..... 295

b) Días pagados ;

Por año	.....	365
Aguinaldo	.....	15
Prima Vacacional (25% de 6 días)		

L.F.T. (Art. 80 ) . . . . . 1.5

Total 381.5 días

El incremento unicamente por prestaciones de la Ley Federal del Trabajo (L.F.T.) esta representado por;

Días pagados / Días trabajados =  $381.5 / 295 = 1.2932$

Para el impuesto sobre remuneraciones pagadas se tiene que;

$$381.5 \times 0.01 = 3.8$$

$$3.8 / 295 = 0.0128$$

Cuota patronal por seguro social;

Días que se pagan con cargo al seguro social ... 365

Días laborados al año . . . . . 295

$$365 / 295 = 1.2372$$

Para salarios mínimos se fija por el I.M.S.S. el ---  
19.6875 % para salarios superiores al mínimo 15.9373 % por -  
lo que los incrementos por la cuota patronal serán;

Para salarios mínimos  $1.2372 \times 19.6875 = 24.36\%$

Para salarios mayor -  
que el mínimo  $1.2372 \times 15.9375 = 19.72\%$

De tal forma que ;

Para los salarios mínimos tenemos ;

$$1.2932 + 0.0128 + 0.243 = 1.549 = 1.55$$

Para los salarios mayores que el mínimo se tiene;

$$1.2932 + 0.0128 + 0.1972 = 1.5032 = 1.50$$

**MATERIALES.-** Es el cargo correspondiente a las erogaciones que hace el contratista para adquirir todos los materiales necesarios para la correcta ejecución del concepto de obra de que se trate. Con excepción de los considerados en los costos horarios ( Combustibles y Lubricantes ).

Los materiales que se utilicen pueden ser permanentes y/o temporales los primeros son los que pasan a formar parte integrante de las obras y los segundos son los que no pasan a formar parte integrante de las obras y se consumen en uno o varios usos.

El cargo unitario por concepto de Materiales se representa por la ecuación;

$$M = Va \times C$$

Donde ;

**Va** = Representa el precio por unidad del material de que se trate puesto en el sitio de su utilización.

**C** = Representa el consumo de material -- por unidad de obra y se determinará de acuerdo con las cantidades que -- deben utilizarse según el proyecto y

las especificaciones, considerándose adicionalmente los desperdicios.

**EQUIPO** .- Es el cargo que resulta de la utilización de los equipos adecuados y necesarios para la ejecución de los conceptos de trabajo, conforme a los lineamientos establecidos en las especificaciones y contrato.

El Costo Horario del equipo esta integrado por los siguientes cargos;

- a) CARGOS FIJOS
- b) CARGOS POR CONSUMOS
- c) CARGOS POR OPERACION.

Estos cargos son calculados por hora efectiva de trabajo y se expresa con la siguiente ecuación;

$$Ce = \frac{H.M.D.}{R.M.}$$

Donde ;

Ce = Cargo por Equipo

H.M.D. = Representa el costo directo de la hora máquina.

R.M. = Representa el rendimiento por hora del equipo.

Con respecto al Cargo por Equipo es conveniente conocer los factores que integran los costos horarios.

**COSTOS HORARIOS.-** Al contar con equipo de construcción

es necesario llevar un control sobre los diferentes factores - que afectan el aprovechamiento del equipo en su tiempo óptimo\_ de vida, una de las maneras de pago es en base a los costos -- horarios del equipo que están integrados por:

**CARGOS FIJOS:**

a) CARGO POR DEPRECIACION.- Es un cargo que se distribuye en el tiempo en que el equipo puede producir en -- forma óptima unidades de obra para la cual fue diseñado, recuperando el capital invertido en el período de vida\_ económica, y que, al final quedará con un valor que se\_ expresará como función del valor inicial, debiendo ser considerado como valor no depreciable, resultando el va\_ lor de rescate. El período de depreciación lo determina el diseño del fabricante. Por lo que se refiere al va-- lor de rescate cuando se trate de un equipo cuyo valor de adquisición es relativamente pequeño es común no con\_ siderarlo, ya que prácticamente no afecta el nivel en - el costo horario.

Una de las expresiones para calcular la depreciación es:

$$\text{DEPRECIACION} = \frac{\text{VALOR ADQUISICION} - \text{VALOR RESCATE}}{\text{VIDA ECONOMICA}}$$

Donde;

- La vida económica oscila entre las 3,000 y 12,000 horas, para el equipo más común considerando comunmente 2,000 horas por año.
  
  - Valor Rescate.- Representa el valor comercial que tiene el equipo al final de su vida económica.
  
  - Valor Adquisición.- Representa el valor inicial del equipo, considerándose como tal el precio comercial de adquisición del equipo en el mercado nacional descontando el valor de las llantas, en su caso.
- b) CARGOS POR MANTENIMIENTO.- Es el originado por todas las erogaciones para conservar el equipo en buenas condiciones, a efecto de que trabajen con -- rendimiento normal durante su vida económica. Este cargo incluye el mantenimiento preventivo, -- mantenimiento mayor y menor, el preventivo incluye las refacciones como, filtros, grasas, estopas, aceite transmisión, líquido hidráulico y partes de repuesto, el mayor o menor incluye las reparaciones del mismo. Es común expresarlo ----

en función de la depreciación.

Este cargo esta representado por;

$$T = Q \times D$$

Donde;

T = Cargo por Mantenimiento

Q = Coeficiente que involucra todos los gastos siendo del orden de 0.5 a -- 1.20 .

D = Depreciación

c) CARGOS POR INVERSION .- Es un cargo en el que se -- grava la rentabilidad del dinero que se destina a la - adquisición del equipo de que se trate y esta dado por;

$$I = \frac{( \text{Valor Adquisición} + \text{Valor Rescate} ) i}{2 ( \text{Horas efectivas anuales} )}$$

Siendo i la tasa de interés anual.

d) CARGO POR SEGUROS.- La destrucción imprevista de un equipo es un riesgo que se debe cubrir a través de un seguro por medio de una compañía o, en caso que la pro pia constructora decida hacer frente a tales riesgos - por un auto-aseguramiento. La forma de calcularlo es - de acuerdo a la ecuación; Donde ; s es una prima anual.

$$S = \frac{( \text{Valor de Rescate} + \text{Valor de Adquisición} ) s}{2 ( \text{Horas efectivas anuales} )}$$

e) CARGO POR ALMACENAJE.- Son las erogaciones que se - requieren para cubrir la vigilancia del equipo durante

sus períodos de inactividad, dentro de su vida económica. Incluye todos los gastos que se realicen por este motivo; renta, amortización y mantenimiento de bodegas así como la vigilancia necesaria y otros como placas, tenencias, etc.

La expresión está dada por;

$$A = K_a D$$

Donde;

$K_a$  = Es el coeficiente en función de la depreciación y es del orden de 2 - al 10 % .

#### CARGOS POR CONSUMO

a) Cargos por combustibles.- El consumo es función de la potencia del motor y de las condiciones mecánicas del equipo. El cargo horario por combustible es la cantidad del mismo consumida por hora, multiplicado por el precio de éste puesto en el equipo. Dicho cargo está representado por la función ;

$$E = C (P_c)$$

Donde ;

$C$  = Cantidad de combustible necesario -- por hora de trabajo.

$P_c$  = Precio del combustible puesto en el equipo.

b) CARGO POR LUBRICANTES.- Se debe incluir únicamente el aceite del motor. El cargo por lubricantes es el consumo de aceite por hora como función del caballaje, por el precio del aceite puesto en el equipo y se calcula con la ecuación;

$$L = a ( P_l )$$

Donde;

a = Cantidad de aceite consumido por hora.

P<sub>l</sub> = Precio del aceite puesto en el equipo.

c) CARGO POR LLANTAS.- Las llantas no se deprecian en la vida económica del equipo, su cargo horario es ;

$$L_l = \frac{\text{Valor de adquisición de las llantas}}{\text{Horas de vida económica}}$$

#### CARGOS POR OPERACION

a) Cargo por Operación .- Es el cargo que refiere al operador y al ayudante cuando éste lo necesite.

$$\text{Cargo por operación} = \frac{\text{Salario con percepciones y prestaciones sociales.}}{\text{Horas efectivas por turno.}}$$

b) Cargo por herramienta .- Este se considera como un porcentaje de la mano de obra que normalmente varía de

2 a 5% siendo común el 3%. Para este cargo se usa la ecuación;

$$H_m = K(M_o)$$

Donde: K= Factor que varia del 2 al 5%

Mo= Mano de obra

### GASTOS INDIRECTOS

Los gastos indirectos corresponden a las erogaciones necesarias para la ejecución de la obra y no incluidas en los cargos directos, siendo de carácter técnico-administrativas, distribuyéndose en forma proporcional al monto de cada concepto específico que integra una obra. Se suele expresar como un porcentaje sobre el costo directo, dicho porcentaje se calcula sumando los importes de los gastos generales que resulten aplicables y dividiendo el resultado de esa suma entre el costo directo de la obra de que se trate.

En éste rubro se pueden mencionar con carácter enunciativo:

a) ADMINISTRACION CENTRAL. \_ Estos gastos pueden comprender desde un 0 a 15% del costo directo en función de las políticas de la empresa y lo componen básicamente gastos de :

- Personal

-Alquiler de edificios

- Gastos de oficina

Una manera de realizar éste cálculo es en base a -  
la ecuación;

$$\text{ADMINISTRACION CENTRAL} = \frac{\text{Costo anual en oficinas generales}}{\text{Monto anual de obras a costo directo.}}$$

b) ADMINISTRACION DE CAMPO.- Estos cargos varían de 0\_ a 10% y lo integran los gastos de;

- Personal
- Pasajes y Viáticos
- Alquiler de Edificios
- Fletes y Acarreos
- Gastos de Oficina
- Construcción de caminos de acceso
- Montaje de equipo y desmantelamiento del mismo cuando así lo requiera.

La forma de expresar la administración de campo se da con la ecuación;

$$\text{ADMINISTRACION DE CAMPO} = \frac{\text{Gasto de oficinas de campo}}{\text{Costo directo de la obra específica.}}$$

c) FINANCIAMIENTO.- Antes y durante la ejecución de la obra se realizan erogaciones por las que habrá que esperar para recuperar la inversión ya que la obra o concepto de obra no pueda ser estimado, esto combierte a las empresas en financieras a corto plazo.

d) FIANZAS.- El incumplimiento de las condiciones de un contrato genera un riesgo que se debe cubrir por medio de fianzas, que representan erogaciones que se incluyen en los cargos directos.

e) IMPUESTOS.- Unicamente se deben incluir aquellos -- que la ley permita repercutir.

f) UTILIDAD.- Para obtener la utilidad esperada se debe tener en cuenta los conceptos antes citados con los porcentajes reales y serán producto de la propia experiencia del contratista, normalmente se expresa involucrada con los indirectos formando un porcentaje único que será función de los cargos directos.

Una vez conocidos todos los factores que intervienen para la integración de un precio unitario, se calculan los correspondientes a la perforación de pozos para agua potable.

Apoyado en los salarios mínimos se realiza la siguiente tabla, en la que se obtiene como resultado el salario nominal real. Cabe señalar que tanto los salarios mínimos y maquinaria analizada existen aumentos, ya sean incrementos salariales o en los costos de adquisición en la misma.

A C T I V I D A D	SALARIO BASE \$/DIA	FACTOR	SALARIO REAL \$/DIA
Peón General	1,060.00	1.55	1,643.00
Ayudante de perforador	1,060.00	1.55	1,643.00
Aforador de Pozo	1,927.20	1.50	2,986.85
Compresorista	1,830.90	1.50	2,837.90
Chofer	1,734.50	1.50	2,688.48
Mecánico	2,312.70	1.50	3,584.69
Soldador	1,445.40	1.50	2,240.37
Ayudante de Piso	1,156.30	1.50	1,792.29
Ayudante Perforista	1,445.40	1.50	2,240.37
Perforista	2,505.40	1.50	3,883.37
jefe de Pozo	3,276.30	1.50	5,078.27

Por tal motivo estos Costos-Horarios Únicamente se deben tomar como ejemplo de cálculo.

DESCRIPCION: _____	MAQUINA <u>286 HP.</u>
<u>PERFORADORA ROTARIA</u>	MODELO <u>2000</u>
<u>GARDNER-DENVER</u>	DATOS ADIC. <u>ACTIVA</u>
<u>Dic. 84</u>	HOJA No. _____

<b>DATOS GENERALES:</b>	
VALOR DE ADQUISICION	\$ <u>120'000,000.00</u>
VALOR DE LLANTAS	\$ <u>806,570.00</u>
VALOR DE RESCATE 20 (%)	\$ <u>24'000,000.00</u>
VALOR POR DEPRECIAR	\$ <u>96'000,000.00</u>
<b>CARGOS FIJOS:</b>	
DEPRECIACION = $\frac{\$ 96'000,000.00}{25.000} =$	\$ <u>3,840.00</u> Hr.
MANTENIMIENTO = $0.80 \times \$ 3,840.00 =$	\$ <u>3,072.00</u> Hr.
INTERESES, SEGUROS = $\frac{\$ 144'000,000.00 \times 0.20}{2,000 \text{ Hr.}}$	\$ <u>7,200.00</u> Hr.
Y ALMACENAJE	
<b>SUBTOTAL</b>	\$ <u>14,112.00</u> Hr.
<b>CONSUMOS:</b>	
GASOLINA (0.1514) X _____ Hp = \$ _____	\$ <u>0.00</u> Hr.
DIESEL (0.1011) X <u>286</u> Hp = \$ <u>32.00</u>	\$ <u>1,097.67</u> Hr.
ACEITE 0.706 lt/h X \$380.00 lt	\$ <u>268.28</u> Hr.
LLANTAS $806,570.00 \div 2(2.000)$	\$ <u>201.64</u> Hr.
<b>SUBTOTAL</b>	\$ <u>1,567.59</u> Hr.
<b>OPERACION:</b>	
OPERADOR $\$3,883.37 \div 8 \text{ h/turmo}$	\$ <u>485.42</u> Hr.
AYUDANTE $\$2,240.37 \div 8 \text{ h/turmo}$	\$ <u>280.05</u> Hr.
<b>SUBTOTAL</b>	\$ <u>765.47</u> Hr.
<b>COSTO HORARIO (HORA-MAQUINA)</b>	\$ <u>16,445.06</u>

<b>COSTO HORARIO (HORA-MAQUINA)</b>	\$ <u>16,445.06</u>
-------------------------------------	---------------------

DESCRIPCION: _____	MAQUINA _____ 286 HP. _____
PERFORADORA ROTARIA _____	MODELO _____ 2000 _____
GARDNER DENVER _____	DATOS ADIC. _____ INACTIVO _____
_____ Dic. 84 _____	HOJA No. _____

<b>DATOS GENERALES:</b>	
VALOR DE ADQUISICION	\$ 120'000,000.00
VALOR DE LLANTAS	\$ 806,570.00
VALOR DE RESCATE 10 (%)	\$ 24'000,000.00
VALOR POR DEPRECIAR	\$ 96'000,000.00
<b>CARGOS FIJOS:</b>	
DEPRECIACION = \$ 96'000,000.00 ÷ 25,000	= \$ 3,840.00Hr.
MANTENIMIENTO = _____ x \$ _____	\$ 0.00Hr.
INTERESES, SEGUROS = \$ 144'000,000.00 X 0.20	= \$ 7,200.00Hr.
Y ALMACENAJE	2 X 2,000 Hr.
<b>SUBTOTAL</b>	\$ 11,040.00 Hr.
<b>CONSUMOS:</b>	
GASOLINA (O.1514) X _____ Hpa x \$ _____	\$ _____ Hr.
DIESEL (O.1011) X _____ Hpa x \$ _____	\$ _____ Hr.
ACEITE	\$ _____ Hr.
LLANTAS	\$ _____ Hr.
<b>SUBTOTAL</b>	\$ 0.00 Hr.
<b>OPERACION:</b>	
OPERADOR \$3,883.37 ÷ 8h/turno =	\$ 485.42 Hr.
AYUDANTE \$2,240.37 ÷ 8 h/turno =	\$ 280.05 Hr.
<b>SUBTOTAL</b>	\$ 765.47 Hr.
<b>COSTO HORARIO (HORA-MAQUINA)</b>	\$ 11,805.47

<b>COSTO HORARIO (HORA-MAQUINA)</b>	\$ 11,805.47
-------------------------------------	--------------

DESCRIPCION: _____	MAQUINA <u>GASOLINA 65.3 HP.</u>
<u>PERFORADORA PERCUSSION</u>	MODELO <u>SS-72</u>
<u>SPEEDSTAR</u>	DATOS ADIC. <u>ACTIVA</u>
<u>Dic. 84</u>	HOJA No. _____

<b>DATOS GENERALES:</b>	
VALOR DE ADQUISICION	\$ 53'272,500.00
VALOR DE LLANTAS	\$ 806,570.00
VALOR DE RESCATE 10 (%)	\$ 5'327,250.00
VALOR POR DEPRECIAR	\$ 47'945,250.00
<b>CARGOS FIJOS:</b>	
DEPRECIACION = \$ 47'945,250.00 ÷ 16,000	= \$ 3,424.66 Mr.
MANTENIMIENTO = 0.80 x \$ 3,424.00	= \$ 2,719.21 Mr.
INTERESES, SEGUROS = \$ 58'599,750.00 X 0.20	= \$ 2,929.99 Mr.
Y ALMACENAJE	EX 2000 Mr.
<b>SUBTOTAL</b>	\$ 9,094.38 Mr.
<b>CONSUMOS:</b>	
GASOLINA (0.1514) X 65.3	Mr = \$ 55.00 = \$ 543.73 Mr.
DIESEL (0.1011) X _____	Mr = \$ _____ = \$ 0.00 Mr.
ACEITE 0.706 lt./h X \$380.00 1t =	\$ 268.28 Mr.
LLANTAS 806,570.00 ÷ 2(2,000) =	\$ 201.64 Mr.
<b>SUBTOTAL</b>	\$ 1,013.67 Mr.
<b>OPERACION:</b>	
OPERADOR \$3,883.37 ÷ 8 h/turno =	\$ 485.42 Mr.
AYUDANTE \$2,240.37 ÷ 8 h/turno =	\$ 280.05 Mr.
<b>SUBTOTAL</b>	\$ 765.47 Mr.

<b>COSTO HORARIO (HORA--MAQUINA)</b>	<b>\$ 10,873.52</b>
--------------------------------------	---------------------

DESCRIPCION: _____	MAQUINA <u>GASOLINA</u> <u>65.3 HP.</u>
<u>PERFORADORA PERCUSSION</u>	MODELO <u>SS-72</u>
<u>SPEEDSTAR</u>	DATOS ADIC. <u>INACTIVO</u>
<u>Dic. 84</u>	HOJA No. _____

<b>DATOS GENERALES:</b>	
VALOR DE ADQUISICION	\$ <u>53'272,500.00</u>
VALOR DE LLANTAS	\$ <u>806,570.00</u>
VALOR DE RESCATE 10 (%)	\$ <u>5'327,250.00</u>
VALOR POR DEPRECIAR	\$ <u>47'945,250.00</u>
<b>CARGOS FIJOS:</b>	
DEPRECIACION = \$ <u>47'945,250.00</u> + <u>14,000</u>	= \$ <u>3,424.66</u> Mx.
MANTENIMIENTO = _____ x \$ _____	\$ <u>0.00</u> Mx.
INTERESES, SEGUROS = \$ <u>58'599,750.00</u> X <u>0.20</u>	= \$ <u>2,929.99</u> Mx.
Y ALMACENAJE <u>EX 2000</u> Mx.	
SUBTOTAL	\$ <u>6,354.65</u> Mx.
<b>CONSUMOS:</b>	
GASOLINA (0.1514) X _____ Mpx \$ _____	\$ _____ Mx.
DIESEL (0.101) X _____ Mpx \$ _____	\$ _____ Mx.
ACEITE	\$ _____ Mx.
LLANTAS	\$ _____ Mx.
SUBTOTAL	\$ <u>0.00</u> Mx.
<b>OPERACION:</b>	
OPERADOR \$ <u>3,883.37</u> + 8 h/turno =	\$ <u>485.42</u> Mx.
AYUDANTE \$ <u>2,240.37</u> + 8 h/turno =	\$ <u>280.05</u> Mx.
SUBTOTAL	\$ <u>765.42</u> Mx.
<b>COSTO HORARIO (HORA-MAQUINA)</b>	
	\$ <u>2,120.07</u>



DESCRIPCION: _____	MAQUINA <u>BARNES 18.2 HP.</u>
<u>BOMBA CENTRIFUGA</u>	MODELO <u>35 M</u>
_____	DATOS ADIC. <u>4"</u>
<u>Dic. 84</u>	HOJA No. _____

<b>DATOS GENERALES:</b>	
VALOR DE ADQUISICION	\$ <u>700,000.00</u>
VALOR DE LLANTAS	\$ <u>0.00</u>
VALOR DE RESCATE 0 (%)	\$ <u>0.00</u>
VALOR POR DEPRECIAR	\$ <u>700,000.00</u>
<b>CARGOS FIJOS:</b>	
DEPRECIACION = \$ <u>700,000.00 ÷ 7500</u>	= \$ <u>93.33</u> Hr.
MANTENIMIENTO = <u>0.75</u> x \$ <u>93.33</u>	= \$ <u>70.00</u> Hr.
INTERESES, SEGUROS = \$ <u>700,000.00 X 0.20</u> Y ALMACENAJE <u>EX 1,500</u> Hr.	= \$ <u>46.67</u> Hr.
SUBTOTAL	\$ <u>210.00</u> Hr.
<b>CONSUMOS:</b>	
GASOLINA (0.1514) X <u>18.2</u> Hp = \$ <u>55.00</u>	= \$ <u>151.55</u> Hr.
DIESEL (0.1011) X _____ Hp = \$ _____	= \$ <u>0.00</u> Hr.
ACEITE <u>0.095</u> lt/h X \$380.00 lt =	\$ <u>36.10</u> Hr.
LLANTAS	\$ <u>0.00</u> Hr.
SUBTOTAL	\$ <u>187.65</u> Hr.
<b>OPERACION:</b>	
OPERADOR <u>\$2240.37 ÷ 8h/turno =</u>	\$ <u>280.05</u> Hr.
AYUDANTE	\$ <u>0.00</u> Hr.
SUBTOTAL	\$ <u>280.05</u> Hr.

COSTO HORARIO (HORA-MAQUINA)	\$ <u>677.70</u>
------------------------------	------------------

DESCRIPCION: _____	MAQUINA <u>GASOLINA 150 HP.</u>
<u>CAMION VOLTEO</u>	MODELO <u>F 600</u>
_____	DATOS ADIC. <u>6 M<sup>3</sup> CAP.</u>
<u>Dic. 84</u>	HOJA No. _____

## DATOS GENERALES:

VALOR DE ADQUISICION	\$ 5,400,000.00
VALOR DE LLANTAS	\$ 360,000.00
VALOR DE RESCATE 10 (%)	\$ 540,000.00
VALOR POR DEPRECIAR	\$ 4,860,000.00

## CARGOS FIJOS:

DEPRECIACION = \$ 4,860,000.00 ÷ 10,000	= \$ 486.00 Hr.
MANTENIMIENTO = 0.90 × \$ 486.00	= \$ 437.00 Hr.
INTERESES, SEGUROS = \$ 5,940,000.00 × 0.20 Y ALMACENAJE 2 × 2,000 Hr.	= \$ 297.00 Hr.
SUBTOTAL	\$ 1,220.00 Hr.

## CONSUMOS:

GASOLINA (0.1514) × 150	Hpx \$ 55.00	= \$ 1,249.35 Hr.
DIESEL (0.1011) × _____	Hpx \$ _____	= \$ 0.00 Hr.
ACEITE 0.706 lt./h × \$380.00 1t		= \$ 268.28 Hr.
LLANTAS 360,000.00 ÷ 2(2000)		= \$ 90.00 Hr.
SUBTOTAL		\$ 1,607.33 Hr.

## OPERACION:

OPERADOR \$ 2,688.48 ÷ 8 h/turno	= \$ 336.06 Hr.
AYUDANTE	= \$ 0.00 Hr.
SUBTOTAL	\$ 336.06 Hr.

COSTO HORARIO (HORA--MAQUINA)	\$ 3,163.39
-------------------------------	-------------

DESCRIPCION: _____	MAQUINA GASOLINA 150 HP.
CAMION PIPA _____	MODELO F 600 _____
_____	DATOS ADIC. 8000 lt. Cap. _____
_____ Dic. 84 _____	HOJA No. _____

<b>DATOS GENERALES:</b>	
VALOR DE ADQUISICION	\$ 5'520,000.00 _____
VALOR DE LLANTAS	\$ 360,000.00 _____
VALOR DE RESCATE 10 (%)	\$ 552,000.00 _____
VALOR POR DEPRECIAR	\$ 4'968,000.00 _____
<b>CARGOS FIJOS:</b>	
DEPRECIACION = \$ 4'968,000.00 ÷ 10,000	= \$ 496.80 Hr.
MANTENIMIENTO = 0.90 x \$ 496.80	= \$ 447.12 Mc
INTERESES, SEGUROS = \$ 6'072,000.00 X 0.20 EX 2,000 Hr.	= \$ 303.60 Hr.
Y ALMACENAJE	
<b>SUBTOTAL</b>	\$ 1,246.72 Hr.
<b>CONSUMOS:</b>	
GASOLINA (0.1514) X 150 Hpx \$ 55.00	= \$ 1,249.05 Mc
DIESEL (0.1011) X _____ Hpx \$ _____	= \$ 0.00 Mc
ACEITE 0.706 lt/h X \$380.00 lt.	= \$ 268.28 Mc
LLANTAS \$360,000.00 ÷ 2(2,000)	= \$ 90.00 Mc
<b>SUBTOTAL</b>	\$ 1,607.33 Hr.
<b>OPERACION:</b>	
OPERADOR \$2,688.48 ÷ 8 h/turno	= \$ 336.06 Hr.
AYUDANTE	\$ 0.00 Hr.
<b>SUBTOTAL</b>	\$ 336.06 Hr.
<b>COSTO HORARIO (HORA-MAQUINA)</b>	\$ 3,190.11 _____

<b>COSTO HORARIO (HORA-MAQUINA)</b>	\$ 3,190.11 _____
-------------------------------------	-------------------

DESCRIPCION: _____	MAQUINA DIESEL 85 HP. _____
COMPRESOR GARDNER-DENVER _____	MODELO SP325 _____
_____	DATOS ADIC. _____
_____ Dic. 84 _____	HOJA No. _____

<b>DATOS GENERALES:</b>	
VALOR DE ADQUISICION	\$ 9'675,000.00
VALOR DE LLANTAS	\$ 0.00
VALOR DE RESCATE 15 (%)	\$ 1'451,250.00
VALOR POR DEPRECIAR	\$ 8'223,750.00
<b>CARGOS FIJOS:</b>	
DEPRECIACION = \$ 8'223,750.00 ÷ 7,500	= \$ 1,096.50 Mr.
MANTENIMIENTO = 0.85 x \$ 1,096.50	= \$ 932.03 Mc
INTERESES, SEGUROS = \$ 11'126,250.00 x 0.20	= \$ 741.75 Mr.
Y ALMACENAJE $\frac{2 \times 1,500}{12}$	
<b>SUBTOTAL</b>	\$ 2,770.29 Mr.
<b>CONSUMOS:</b>	
GASOLINA 10.15(4) X _____ Hp = \$ _____	\$ 0.00 Mc
DIESEL 10.10(1) X 85 Hp = \$ 38.00	= \$ 326.23 Mr.
ACEITE 0.401 lt./h X \$380.00 lt.	= \$ 152.00 Mc
LLANTAS	\$ 0.00 Mc
<b>SUBTOTAL</b>	\$ 478.23 Mr.
<b>OPERACION:</b>	
OPERADOR \$2,837.90 ÷ 8h/turno	\$ 354.74 Mr.
AYUDANTE	\$ 0.00 Mr.
<b>SUBTOTAL</b>	\$ 354.74 Mr.
<b>COSTO HORARIO (HORA-MAQUINA)</b>	\$ 3,603.26

<b>COSTO HORARIO (HORA-MAQUINA)</b>	\$ 3,603.26
-------------------------------------	-------------

**C A P I T U L O   V I I**  
**P R E C I O S   U N I T A R I O S   D E   P E R F O R A C I O N**

## I N T R O D U C C I O N

La elaboración de los precios unitarios, no es más que una - etapa dentro del proceso constructivo general, que se inicia con la investigación o el estudio de la factibilidad de realizar una obra, y que termina con la construcción de la misma.

No es posible calcular precios unitarios sin el apoyo de las especificaciones, ya que son éstas precisamente las que definen\_ la obra que se requiere y la manera en que debe ejecutarse lo -- que indudablemente constituye la base para determinarlos.

Debido a la problemática de la industria de la construcción\_ en nuestro país se ha acentuado como consecuencia de los precios inflacionarios, que a nivel mundial afectan la totalidad de las\_ actividades de índole económico.

Los insumos básicos de la construcción: mano de obra, mate-- riales y equipo, varían con una rapidez tal, que hacen obsoletos los precios unitarios en un lapso breve. Por tal motivo, la ac-- tualización de los precios unitarios constituye una necesidad -- auténtica de la industria de la construcción, por lo que los pre-- cios unitarios analizados a continuación se deben tomar como --- ejemplo por los factores antes citados.

En apoyo a las observaciones realizadas a los catálogos gene

rales de precios unitarios para la perforación de pozos, y conociendo todos y cada uno de los conceptos que forman parte para la formulación de un precio unitario, ya es posible el cálculo de éstos.

La integración de los siguientes análisis de los precios unitarios se realiza por los medios tradicionales a base de rendimientos unitarios promedios, obtenidos por varios caminos y que garantizan una buena eficiencia.

## ANALISIS BASICOS

1. PERFORACION DE 0 A 100 MTS. DE PROFUNDIDAD EN MATERIAL TIPO I, EN 8" DE DIAMETRO.

Cargo por equipo: Usando una perforadora Gardner-Denver modelo 2000, con un rendimiento de avance, en promedio de 4.00 -- M/Hr. y un costo horario de \$16,445.06/Hr. tomado de la pag.120

$$\frac{\$16,445.06/\text{Hora}}{4.00 \text{ Metro/Hora}} = \$4,111.27/\text{M.}$$

Cargo por sarta: Con el uso de una barra de 8" con un costo de \$450,000.00 y una tubería de perforación de 4 1/2" Ø con un costo de \$516,200.00 con una longitud del tramo de 8.7 Mts.

$$\frac{\$516,200.00}{8.7 \text{ M.} \times 15,000} = \$ 3.96/\text{M.}$$

$$\frac{\$450,000.00}{400 \text{ M}} = \underline{\underline{\$1,125.00/\text{M.}}}$$

$$\text{COSTO DIRECTO} \quad \underline{\underline{\$5,240.22/\text{M.}}}$$



1.2 PERFORACION DE 200 - 300 METROS DE PROFUNDIDAD EN MATERIAL TIPO I, EN 8" DE DIAMETRO.

Cargo por equipo: Usando el mismo equipo que en el concepto anterior y con un rendimiento promedio de 3.10 M/Hora.

$$\frac{\$ 16,445.06/\text{Hora}}{3.10 \text{ Metro/Hora}} = \$ 5,304.86/\text{M.}$$

Cargo por sarta: Es el mismo al de la perforación de 100 - 200 mts.

$$\$ 1,128.96 = \$ 1,128.96/\text{M.}$$

COSTO DIRECTO	\$ 6,433.82/M.
---------------	----------------

DE ACUERDO CON ESTE PROCEDIMIENTO ES POSIBLE CALCULAR LOS COSTOS DIRECTOS A DIFERENTES PROFUNDIDADES ASI COMO EN LOS TIPOS DE MATERIAL EXISTENTES, DE ESTA MANERA SE FORMULAN LAS TABLAS 7.1 y 7.2 EN LAS QUE SE VISUALIZAN EN FORMA GENERAL LOS COSTOS DIRECTOS POR PERFORACION.

Tabla 7.1 PERFORACION DE POZO EN 8" DE DIAMETRO.

MATERIAL		PROFUNDIDAD Mts	RENQUEMIENTO Mts/Hr.	COSTO POR EQUIPO	COSTO POR BARTA	COSTO DIRECTO	PRECIO UNITARIO	OBSERVACIONES
I	8"	0 - 100	4.00	4,111.27	1,128.96	5,240.23		
		100 - 200	3.50	4,698.59		5,827.53		
		200 - 300	3.10	5,304.86		6,433.82		
		300 - 400	2.90	5,670.71		6,799.67		
		400 - 600	2.70	6,090.76		7,219.72		
		600 - 800	2.60	6,325.02		7,453.98		
		800 - 1000	2.40	6,852.11		7,981.07		
II	8"	0 - 100	2.20	7,475.03	1,306.81	8,781.84		
		100 - 200	1.90	8,655.29		9,962.10		
		200 - 300	1.60	10,278.16		11,584.97		
		300 - 400	1.40	11,746.47		13,053.28		
		400 - 600	1.30	12,650.05		13,956.86		
		600 - 800	1.20	13,704.22		15,011.09		
		800 - 1000	1.10	14,950.05		16,756.86		
III	8"	0 - 100	1.10	14,950.05	1,521.10	16,471.15		
		100 - 200	0.90	18,272.29		19,793.39		
		200 - 300	0.80	20,556.33		22,077.43		
		300 - 400	0.70	23,492.94		25,014.04		
		400 - 600	0.60	27,408.43		28,929.53		
		600 - 800	0.60	27,408.43		28,929.53		
		800 - 1000	0.50	32,890.15		34,411.22		

Tabla 7.2 PERFORACION DE POZO EN 12" DE DIAMETRO.

CATEGORIAL		PROFUNDIDAD Mts	RENDIMIENTO Mts/Hr.	COSTO POR EQUIPO	COSTO POR BARTA	COSTO DIRECTO	PRECIO UNITARIO	OBSERVACIONES
I	12"	0 - 100	2.60	6,325.02	1,896.10	8,221.12		
		100 - 200	2.40	6,852.11		8,748.21		
		200 - 300	2.30	7,150.03		9,046.13		
		300 - 400	2.20	7,475.03		9,371.13		
		400 - 600	2.10	7,830.98		9,727.08		
		600 - 800	1.90	8,655.29		10,551.39		
		800 - 1000	1.70	9,673.56		11,569.66		
II	12"	0 - 100	1.40	11,746.47	2,163.96	13,910.43		
		100 - 200	1.20	13,704.22		15,868.18		
		200 - 300	1.10	14,950.05		17,114.01		
		300 - 400	1.00	16,445.06		18,609.02		
		400 - 600	0.90	18,272.29		20,436.25		
		600 - 800	0.90	18,272.29		20,436.25		
		800 - 1000	0.80	20,556.33		22,720.29		
III	12"	0 - 100	0.60	27,408.43	2,521.10	29,929.53		
		100 - 200	0.60	27,408.43		29,929.53		
		200 - 300	0.50	32,890.12		35,411.22		
		300 - 400	0.50	32,890.12		35,411.22		
		400 - 600	0.40	41,112.65		43,633.75		
		600 - 800	0.40	41,112.65		43,633.75		
		800 - 1000	0.30	54,816.87		57,337.97		

## 2. FOSAS DE LODOS.

Por este concepto es necesario llevar a cabo la excavación y relleno de dos fosas con dimensiones de 3X4X2, las que se realizarán con una cuadrilla, la que se compone por un peón y cabo, el rendimiento por turno en excavación y relleno es de 3M<sup>3</sup> y 8M<sup>3</sup> respectivamente.

Salario de la cuadrilla por turno:

1 peón	= \$ 1,643.00
0.1 cabo	
0.1 X \$ 3,865.50	= \$ 386.55
	<hr/>
	\$ 2,029.55/turno

Cargo por excavación:

$$\frac{\$ 2,029.55/\text{turno}}{3 \text{ M}^3/\text{turno}} = \$ 676.52/\text{M}^3$$

Cargo por relleno:

$$\frac{\$ 2,029.55/\text{turno}}{8 \text{ M}^3/\text{turno}} = \$ 253.69/\text{M}^3$$


---


$$\$ 930.21/\text{M}^3$$

Por lo que el cargo por excavación y relleno de las fosas de 24 M<sup>3</sup> es:

2 x 24 M<sup>3</sup> x \$ 930.21 = \$ 44,650.08/lote

COSTO DIRECTO \$ 44,650.08/lote

## 3. LODO DE PERFORACION

Usando un lodo bentonitico de 36 segundos de viscosidad, es posible tener un rendimiento de 60 Kg. por metro cúbico, - éste tiene un costo de \$ 18.00 por Kilo-gramo.

Para realizar el mezclado y agitado del mismo es necesaria la operación del equipo de perforación por un tiempo de 2 hrs. con 45 minutos, tomando el costo horario de la perforadora Gardner-Denver modelo 2000, de la pag.120, se tiene:

Cargo por equipo:

$$\frac{\$ 16,445.06/\text{Hr.} \times 2.75/\text{Hr.}}{2 \times 24} = \$ 942.16/\text{M}^3$$

Cargo por material:

$$60 \text{ Kg./M}^3 \times \$18.00/\text{Kg.} = \$ 1,080.00/\text{M}^3$$

---

COSTO DIRECTO \$ 2,022.16/M<sup>3</sup>

## 4. CONDUCTOR PARA POZOS DE BOMBEO.

Para llevar a cabo éste concepto es necesario instalar un tubo de 81 cm. (32") - de diámetro, hasta dos metros de profundidad en cualquier tipo de material, ---- además debidamente cementado.

## Carga por materiales:

El costo de dos metros de tubería con --  
diámetro de 32" ø. \$ 6,000.00

Entre la tubería y la perforación existe un espacio anular, en promedio de 200lts. Éste espacio debe ser cementado, si para un saco de 50 Kg. es necesario el uso de 32 lts. de agua se tiene un volumen de:

50Kg./saco + 32 lts. agua/saco= 46 lts./saco

Teniendo un volumen por saco de 46 lts. es posible saber cuantos sacos se requiere para cubrir el volumen de 200 lts. -- del espacio anular.

$$\frac{200 \text{ lts.}}{46 \text{ lts./saco}} = 4.35 \text{ sacos}$$

Cada saco tiene un costo de \$ 500.00, el costo del cemento a usar es:

$$4.35 \text{ saco} \times \$ 500.00/\text{saco} = \$ 2,175.00$$

Cargo por equipo: Es necesario el uso de la perforadora, en este caso usando la Gardner-Denver modelo 2000, considerando 2.2 horas para la excavación, 0.35 horas para la colocación de la tubería y 0.48 para imprevistos se tiene un total de:

excavación 2.20 Hr.

colocación

de tubería 0.35 Hr.

otros 0.48 Hr.

3.03 Hr.

De las cuales el equipo activo es de ---  
2.2 Hr. con un costo horario de la perforadora tomado de la pag. 120 .

$$\$ 16,445.06/\text{Hr.} \times 2.2\text{Hr.} = \$ 36,179.13$$

Y considerando 0.83 Hr. del uso del equi  
po inactivo que tiene un costo horario -  
de \$ 11,805.47/Hr. ya calculado en la --  
pag. 121 .

$$\text{\$ } 11,805.47/\text{Hr.} \times 0.83 \text{ Hr.} = \text{\$ } \underline{9,798.54}$$

COSTO DIRECTO      **\\$ 54,152.67/lote**

5. REGISTRO ELECTRICO CON GRAFICAS DE RESISTIVIDAD Y POTENCIAL NATURAL.

La realización de éste concepto será con equipo especializado el cual proporcione gráficas de potencial y resistividad natural.

Para el análisis de éste concepto de trabajo se tiene en cuenta el equipo marca OYO modelo GEOLOGGER 3000, que puede ser manejado a profundidad hasta de 400 mts. y tiene un valor de adquisición de:  
\$ 12'897,375.00

Partiendo de éste costo se calcula el -- costo horario del equipo, con valor de rescate promedio de un 10% por lo que:

$$10\% \times \$12'897,375.00 = \$ 1'289,737.50$$

El valor por depreciar del equipo es:

$$\$ 12'897,375.00 - \$ 1'289,737.50 = \$11'607,637.50$$

## Cargos Fijos:

Depreciación	10.00%
Interés seguro y almacenamiento I.S.A.	9.70%
Mantenimiento	<u>3.00%</u>
	22.70%

El costo horario de éste equipo es:

$$\frac{\$ 11'607,637.50 \times 0.2270}{156 \text{ Hr.}} = \$ 16,890.60/\text{Hr.}$$

Conociendo el costo horario es posible -  
hacer el análisis del costo directo.

Para llevar a cabo el registro es neces~~a~~  
rio el uso de 3 Hr. de equipo y tiene un  
costo de:

$$\$ 16,890.60/\text{Hr.} \times 3\text{Hr.} = \$ 50,671.80/\text{reg}$$

La operación de éste equipo es por una -  
persona que tiene un salario por día de:  
\$ 5,600.00/día

Y para la realización del registro es ne

cesario dos días por lo que el salario -  
será:

$$\$ 5,600.00/\text{día} \times 2 \text{ días/reg.} = \$ 11,200.00/\text{reg}$$

Con el uso de equipo adicional como una\_  
camioneta con un costo horario de -----  
\$ 2,600.00 por un lapso de 6 horas en --  
promedio por cada registro da como resul\_  
tado:

$$6 \text{ Hr./reg.} \times \$ 2,600.00 \text{ Hr.} = \$ 15,600.00/\text{reg}$$

$$\text{COSTO DIRECTO} \quad \underline{\underline{\$ 77,471.80/\text{reg}}}$$

6. AMPLIACION DE PERFORACION DE POZO DE 0 - 100 METROS DE -  
 PROFUNDIDAD EN MATERIAL TIPO I, DE 12" A 14".

Cargo por equipo: Con el costo horario -  
 de la pag.120 de la perforadora Gardner-  
 Denver modelo 2000 y con un rendimiento -  
 promedio de 3.60 metros/horas.

$$\frac{\$ 16,445.06/\text{Hr.}}{3.6 \text{ M/Hr.}} = \$ 4,568.07/\text{M.}$$

Cargo por ampliador a 14": Este tiene un  
 precio de \$ 1'800,000.00 y su cargo es:

$$\frac{\$ 1'800,000.00}{400 \text{ M}} = \$ 4,500.00/\text{M.}$$

Cargo por sarta: Este precio ya se calculó en la perforación y es de:

$$\$ 3.96/\text{M} = 3.96/\text{M.}$$

---

COSTO DIRECTO \$ 9.072.03/M.

6.1 AMPLIACION DE PERFORACION DE 100 - 200 METROS DE PROFUNDIDAD, EN MATERIAL TIPO I, DE 12" A 14".

Cargo por equipo: Considerando el mismo equipo con un rendimiento en promedio de 3.5 metros/horas el cargo es:

$$\frac{\$ 16,445.06/\text{Hr.}}{3.5 \text{ M/Hr.}} = \$ 4,698.59/\text{M.}$$

Cargo por sarta: Es igual al anterior. \$ 3.98/M.

Cargo por ampliador: Es el mismo al anterior ya calculado en la ampliación a profundidad de 0 a 100 metros. \$ 4,500.00/M.

---

COSTO DIRECTO \$ 9,202.55/M.

6.2 AMPLIACION DE PERFORACION DE 0 - 100 METROS DE PROFUNDIDAD, EN MATERIAL TIPO I, DE 12" A 20".

Cargo por equipo: El costo horario de la Gardner-Denver modelo 2000 es \$16,445.06/Hr. con un rendimiento promedio de 1.90 metros/horas.

$$\frac{\$ 16,445.06 \text{ Hr.}}{1.40 \text{ M/Hr.}} = \$ 8,655.29/\text{M.}$$

Cargo por sarta: Es el mismo cálculo del concepto anterior. = \$ 3.96/M.

Cargo por ampliador a 20": Este ampliador tiene un precio de \$ 2'450,000.00

$$\frac{\$ 2'450,000.00}{400 \text{ M}} = \$ 6,125.00/\text{M.}$$

---

COSTO DIRECTO \$ 14,784.25/M.

6.3 AMPLIACION DE PERFORACION DE 100 - 200 METROS DE PROFUNDIDAD, EN MATERIAL TIPO I, DE 12" A 20".

Cargo por equipo: El costo horario del equipo es el mismo al concepto anterior con un rendimiento promedio de 1.80M/Hr.

$$\frac{\$ 16,445.00/\text{Hr.}}{1.80 \text{ M/Hr.}} = \$ 9,136.14/\text{M.}$$

Cargo por sarta: Este es el mismo al concepto anterior. = 3.96/M.

Cargo por ampliador: Este cargo es el calculado en el concepto de la ampliación anterior. = \$ 6,125.00/M.

---

COSTO DIRECTO \$ 15,265.10/M.

CON ESTA SECUENCIA DE CALCULO SE TABULA A DIFERENTES PROFUNDIDADES, AMPLIADORES Y TIPOS DE MATERIAL, OBTENIENDO EN ESTAS TABLAS EL COSTO DIRECTO POR AMPLIACION. VER TABLAS 7.3 Y 7.4

Tabla 7.3 AMPLIACION DE PERFORACION DE POZO

MATERIAL		PROFUNDIDAD Mts	RENDIMIENTO Mts/Hr.	COSTO POR EQUIPO	COSTO POR SARTA	COSTO DIRECTO	PRECIO UNITARIO	OBSERVACIONES
I		0 - 100	3.60	4,568.07	4,503.96	9,072.03		
		100 - 200	3.50	4,698.59		9,202.55		
		200 - 300	3.40	4,836.78		9,340.74		
II	a	12" 0 - 100	2.20	7,475.03	4,503.96	11,978.99		
		100 - 200	2.10	7,830.98		12,334.94		
		200 - 300	2.00	8,222.53		12,726.49		
III		0 - 100	1.10	14,950.05	5,163.96	20,114.01		
		100 - 200	1.00	16,445.06		21,609.02		
		200 - 300	0.90	18,272.29		23,436.25		
I		0 - 100	3.40	4,836.78	4,503.96	9,340.74		
		100 - 200	3.30	4,983.35		9,487.31		
		200 - 300	3.10	5,304.86		9,808.82		
II	a	12" 0 - 100	1.90	8,655.29	4,503.96	13,159.25		
		100 - 200	1.85	8,889.22		13,393.18		
		200 - 300	1.80	9,136.14		13,640.10		
III		0 - 100	0.90	18,272.29	5,163.96	23,436.25		
		100 - 200	0.85	19,347.13		24,511.09		
		200 - 300	0.80	20,556.33		25,720.29		

Tabla 7.4 AMPLIACION DE PERFORACION DE POZO

MATERIAL	PROFUNDIDAD Mts	RENDIMIENTO Mts/Hr.	COSTO POR EQUIPO	COSTO POR BARTA	COSTO DIRECTO	PRECIO UNITARIO	OBSERVACIONES
I	0 - 100	1.90	8,655.29	6,128.96	14,784.25		
	100 - 200	1.80	9,136.14		15,265.10		
	200 - 300	1.70	9,673.56		15,802.52		
II	0 - 100	1.10	14,950.05	6,128.96	21,079.05		
	100 - 200	1.05	15,661.96		21,790.92		
	200 - 300	1.00	16,445.06		22,574.02		
III	0 - 100	0.60	27,408.43	7,021.10	34,429.53		
	100 - 200	0.50	32,890.12		39,911.22		
	200 - 300	0.45	36,544.58		43,565.68		
I	0 - 100	1.80	9,136.14	6,771.10	15,907.24		
	100 - 200	1.70	9,673.56		16,444.66		
	200 - 300	1.60	10,278.16		17,049.26		
II	0 - 100	0.90	18,272.29	6,771.10	25,043.39		
	100 - 200	0.85	19,347.13		26,118.23		
	200 - 300	0.80	20,556.33		27,327.43		
III	0 - 100	0.50	32,890.12	7,735.39	40,625.51		
	100 - 200	0.45	36,544.58		44,279.97		
	200 - 300	0.40	41,112.65		48,848.06		

COLOCACION DE TUBERIA DE ACERO PARA ADEME, SOLDANDO LAS -  
 JUNTAS CON DOBLE CORDON AL ARCO ELECTRICO DE 4 1/2" DE --  
 DIAMETRO POR 6 mm. DE ESPESOR.

Cargo por equipo: Se considera el tiempo del equipo rotatorio en uso, en éste caso tomando el costo horario de la pag.120 que corresponde a la perforadora Gardner Denver modelo 2000, además como tiempo - promedio en soldar 1.70 minutos por cada metro.

$$\frac{\$ 16,445.06/\text{Hr.}}{60 \text{ min./Hr.}} = \$ 274.08/\text{min.}$$

$$1.70 \text{ min./M.} \times \$ 274.08/\text{min.} = \$ 465.94/\text{M.}$$

Cargo por soldadura: Este cargo es el -- costo de la soldadura usada en la tube-- ría de ademe. Las consideraciones del -- uso de soldadura son 0.03 Kg. por cada - metro en promedio, ésta tiene un precio\_ de \$ 300.00 cada Kilogramo por lo que: -

$$0.03 \text{ Kg./M.} \times \$ 300.00/\text{Kg.} = \$ 9.00/\text{M.}$$

COSTO DIRECTO                       
 \$ 474.94/M.

7.1 COLOCACION DE TUBERIA EN 6 5/8" DE DIAMETRO POR 1/4" DE  
ESPESOR.

Cargo por equipo: Con el mismo equipo --  
con un costo horario tomado de la pag.120  
con un tiempo estimado de 2.40 min/metro

$$\frac{\$ 16,445.06/\text{Hr.}}{60 \text{ min./Hr.}} = \$ 274.08/\text{min.}$$

$$2.40 \text{ min./M.} \times \$ 274.08/\text{min.} = \$ 657.79/\text{M.}$$

Cargo por soldadura: Considerando 0.04 -  
Kg./M. a \$ 300.00/Kg. el cargo es:

$$0.04 \text{ Kg./M.} \times \$ 300.00/\text{Kg.} = \$ 12.00/\text{M.}$$

	\$ 669.79/M.
COSTO DIRECTO	

7.2 COLOCACION DE TUBERIA EN 8 5/8" DE DIAMETRO POR 1/4" DE  
ESPESOR.

Cargo por equipo: Con el mismo equipo, --  
tomándolo del cálculo anterior el costo\_  
horario convertido a minutos es de -----  
\$ 274.08/min. con 3.00 min./M. estimados  
en promedio se tiene que el cargo por --  
equipo es:

$$\$ 274.08/\text{min.} \times 3.00 \text{ min./M.} = \$ 822.24/\text{M.}$$

Cargo por soldadura: Con 0.07 Kg./M de -  
soldadura en promedio a \$ 300.00 Kg. se\_  
tiene:

$$0.07 \text{ Kg/M} \times 300.00 \text{ Kg.} = \$ 21.00/\text{M.}$$

---


$$\text{COSTO DIRECTO} \quad \$ 843.24/\text{M.}$$

DE ACUERDO CON ESTE PROCEDIMIENTO DE CALCULO ES POSIBLE  
REALIZAR UNA TABULACION PARA EL MEJOR MANEJO, DICHA TA-  
BULACION ESTA EN LA FIG. 7.5

FIG. 7.5 COLOCACION DE TUBERIA PARA ADEME

Diámetro-espesor pulg X mm.	Equipo trabajando min./M X \$/min. = \$/M	Soldadura Kg./M X \$/Kg. = \$/M	Costo Directo \$/M	Observaciones
4 1/2 X 6	1.70 X 274.08 = 465.94	0.03 X 300 = 9.00	474.94	
6 5/8 X 1/4	2.40 = 657.79	0.04 = 12.00	669.79	
8 5/8 X 1/4	3.00 = 822.24	0.07 = 21.00	843.24	
10 3/4 X 1/4	3.40 = 934.61	0.08 = 24.00	958.61	
12 X 1/4	3.60 = 986.69	0.09 = 27.00	1,013.69	
14 X 1/4	3.95 = 1,082.62	0.11 = 33.00	1,115.62	
16 X 1/4	4.45 = 1,219.60	0.13 = 39.00	1,258.60	
18 X 1/4	4.70 = 1,278.18	0.16 = 48.00	1,336.18	
20 X 1/4	4.90 = 1,343.99	0.20 = 60.00	1,403.99	
22 X 1/4	5.50 = 1,507.44	0.24 = 72.00	1,579.44	

8. CEMENTACION DE TUBERIA PARA ADEME CON EQUIPO DE PERFORACION.

Se lleva a cabo mediante la inyección de cemento en el espacio anular, el material necesario es:

Cargo por materiales:

cemento.- Este material tiene un precio de \$ 10,000.00 la tonelada. Para un metro cúbico, se necesita 1.08 toneladas - factor de desperdicio del 2% por lo que el cargo por cemento es:

$$1.08 \text{ ton/M}^3 \times 1.02 \times \$ 10,000.00/\text{ton.} = \$ 11,016.00/\text{M}^3$$

agua.- Por cada metro cúbico es necesario 0.69/M<sup>3</sup> de agua para hacer la mezcla, con 5% de desperdicios, el precio del agua \$ 40.00 por metro cúbico, el cargo por agua es:

$$0.69 \text{ M}^3/\text{M}^3 \times 1.05 \times \$ 40.00/\text{M}^3 = \$ 28.98/\text{M}^3$$

Bentonita de 36 segundos de viscosidad -

por metro cúbico es necesario el uso de\_  
0.03 toneladas, 2% de desperdicio, el --  
precio del lodo es de \$ 18.00 Kg., el --  
carga por lodo es:

$$0.03 \text{ ton/M}^3 \times 1.02 \times \$ 18,000.00/\text{ton.} = \$ 550.80/\text{M}^3$$

---

---

COSTO DIRECTO      \$11,595.78/M<sup>3</sup>

## 9. COLOCACION DE FILTRO DE GRAVA PARA POZOS.

Cargo por equipo: Para éste concepto es necesario el uso de la perforadora rotaria Gardner-Denver modelo 2000 cuyo costo horario ya ha sido utilizado en los conceptos anteriores, por un lapso de 4 horas aproximadamente.

$$\frac{\$ 16,445.06/\text{Hr.} \times 4 \text{ Hr.}}{25 \text{ M}^3} = \$ 2,631.21/\text{M}^3$$

Cargo por material: Suministro y colocación de grava redondeada, lavada y cribada para filtros, tiene un precio de:

$$\$ 3,000.00/\text{M}^3 = \$ 3,000.00/\text{M}^3$$

---


$$\text{COSTO DIRECTO} \quad \$ 5,631.21/\text{M}^3$$

Una vez conocidos todos los costos directos que forman parte de la integración de precios unitarios en la perforación de pozos, es necesario que éstos sean afectados por los costos indirectos, ya que se manejan como un porcentaje que varía de un 30 a un 45% de los costos directos, el otro concepto por considerar es la utilidad esta depende principalmente del contratista ya que es el quien con la experiencia fija el porcentaje de este cargo, y de esta manera concluir con el cálculo de los precios unitarios en la perforación de pozos.

## C O N C L U S I O N

En la actualidad los precios unitarios para la perforación de pozos son de suma importancia, por lo que es necesario conocer los factores que los integran. Es por ello que este trabajo esta encaminado a la formulación de los mismos.

En la realización de cualquier trabajo en la industria de la construcción, es necesario apegarse a especificaciones o conceptos de trabajo, en lo que respecta a perforación de pozos -- existen dos catálogos a nivel gubernamental, en donde los contratistas se apoyan para realizar sus precios unitarios y con estos poder concursar por la obra determinada. En apoyo a lo establecido por la ley, en los catálogos antes citados existen algunos conceptos, que considerando en forma personal da la impresión que se estan pagando dos veces el mismo concepto, por ejemplo; La ley establece que dentro de los cargos indirectos debe pagarse, las instalaciones en general, fletes , acarreos, montaje y desmantelamiento de equipo, conceptos que no estan contemplados de esta manera en los catálogos antes citados. Con estas observaciones a los mismos es posible tener una reducción del monto por concepto de costos directos y a su vez en los precios unitarios en la perforación de pozos.

## B I B L I O G R A F I A

ANDRADE, Vargas Javier

*Estudios Geohidrológicos, Geofísicos y Registros Eléctricos como Auxiliares en la Perforación de Pozos Profundos para Riego.*

Fondo de Garantía y Fomento para la Agricultura, Ganadería y Agricultura.

MEXICO, 1969

CAMBEFORT, Henry

*Perforaciones y Sondeos.*

Ediciones Omega, S. A.

BARCELONA, 1974

CORREU, Toledo

*Manual para el Alumbramiento de Aguas Subterráneas.*

FIRA

MEXICO, 1974

DEPARTAMENTO DE SANIDAD, Estado de Nueva York

*Manual de Tratamiento de Aguas.*

Editorial Limusa

MEXICO, 1964

GARDNER DENVER

*Catálogos de Maquinaria 27-5-211, sp185, sp325*

GEM. S.A. 148 Poniente Industrial Vallejo

MEXICO, 1985

HENRY G. ESCAMILLA

*Catálogos de Equipo de Registro Mod. 3030, 3000*

Distribuidores Industriales S.A.

Madrid 5-201-B

MEXICO, 1985

INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO

*Perforación Rotatoria. Unidad 1. Lección 1 y 2*

MEXICO, 1980

JUAREZ, Badillo Eulalio y RICO, Rodríguez Alfonso

*Mecánica de Suelos TOMO I*

Editorial Limusa

MEXICO, 1980

- LEON, Martínez Gilberto y JIMENEZ, Granado Rafael A.  
*Perforación de Pozos Profundos.*  
 Secretaría de Recursos Hidráulicos  
 MEXICO, 1977
- LINSLEY, Ray E. y FRANZINI, Joseph B.  
*Ingeniería de los Recursos Hidráulicos.*  
 Compañía Editorial Continental, S.A.  
 MEXICO? 1964
- MENDIETA, Alatorre Angeles  
*Tesis Profesionales.*  
 Editorial Porrúa, S.A.  
 MEXICO, 1981
- MENDOZA, Sánchez Ernesto y DE ALBA, Castañeda Jorge  
*Factores de Consistencia de Costos y Precios Unitarios.*  
 Facultad de Ingeniería U.N.A.M.  
 MEXICO, 1985
- MURGUIA, Vaca Ernesto  
*Ingeniería Sanitaria.*  
 Facultad de Ingeniería U.N.A.M.  
 MEXICO, 1974
- PERFO-AGUA S.A.  
*Catálogo Varel de México S.A. (Barrenas)*  
 Rampp Company (cable tooc)  
 Culturas Prehispanicas 137-B  
 MEXICO, 1985
- S. A. H. O. P.  
*Especificaciones de Construcción para la Perforación, Trabajos Auxiliares y Terminación de Pozos para Agua Potable.*  
 MEXICO, 1982
- S. A. H. O. P.  
*Precios Unitarios.*  
 MEXICO, 1982
- S. A. R. H.  
*Catálogo de Precios Unitarios para la Perforación de Pozos.*  
 MEXICO, 1984

S. E. D. U. E.

*Catálogo de Precios Unitarios para la Perforación de Pozos.*  
MEXICO, 1984

SECRETARIA DE PATRIMONIO NACIONAL

*Bases y Normas Generales para la Contratación y Ejecución de Obras Públicas.*  
MEXICO, 1975

SECRETARIA DE PROGRAMACION Y PRESUPUESTO

*Diario Oficial. 6 de Julio de 1983.*  
MEXICO

SECRETARIA DE PROGRAMACION Y PRESUPUESTO

*Diario Oficial. 28 de Diciembre de 1984*  
MEXICO

SPRINGALLG, Rolando

*Hidrología.*  
Instituto de Ingeniería U.N.A.M.  
MEXICO, 1970

SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS

*Especificaciones Generales y Técnicas de Construcción.*  
Primera Edición. TOMO I  
MEXICO, 1962

STANLEY, N. Davis y DE WIEST, J. M. Roger

*Hidrogeología.*  
Ediciones Ariel  
BARCELONA, 1971

STEEL, E. W. y MC GHEE, J. Terence

*Abastecimiento de Agua y Alcantarillado.*  
Editorial Gustavo Gili, S. A.  
BARCELONA, 1981

SUAREZ, Salazar

*Costo y Tiempo en Edificación.*  
Editorial Limusa  
MEXICO, 1977

. N. A. M.

*Construcción I,*  
Facultad de Ingeniería  
MEXICO, 1974

U. N. A. M.

*Perforación de Pozos para Agua,*  
Facultad de Ingeniería. TOMOS I y II  
MEXICO, 1984

VARGAS, Alcantara Vicente

*Técnicas y Análisis de Costos de Pozos Profundos y Aguas --*  
*Subterráneas.*  
Editorial Limusa  
MEXICO, 1976