

120  
2 Gen.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERIA**

---

**REHABILITACION DE POZOS PARA  
AGUA POTABLE**

**T E S I S**

Que para obtener el título de:

**INGENIERO CIVIL**

p r e s e n t a :

**MARIO MORENO RODRIGUEZ**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **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.

# I N D I C E

1. INTRODUCCION.
2. PROPOSITOS Y DIAGNOSTICOS.
  - 2.1. Objetivo
  - 2.2. Localización e inspección del pozo
  - 2.3. Causas que motivan la rehabilitación.
  - 2.4. Mediciones previas.
  - 2.5. Diagnóstico.
  - 2.6. Métodos de rehabilitación.
3. REHABILITACION POR PERCUSION.
  - 3.1. Características del equipo.
  - 3.2. Selección del equipo.
  - 3.3. Rehabilitación simple.
  - 3.4. Rehabilitación especial
4. DESARROLLO Y AFORO.
  - 4.1. Desarrollo.
  - 4.2. Aforo.
  - 4.3. Cálculo y selección del equipo de bombeo
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.
  - 5.1. Conclusiones.
  - 5.2. Recomendaciones.

## CAPITULO 1

### INTRODUCCION

Con la explosión demográfica actual, el desarrollo urbano creciendo y desarrollándose en forma desproporcionada a cada día, han ido provocando que los mantos acuíferos se vayan agotando al abatirse los niveles freáticos debido a la fuerte explotación de aquellos. Para satisfacer sus necesidades, el hombre, ha tenido que perforar gran cantidad de pozos y extraer el agua de depósitos subterráneos cada vez más alejados a los centros urbanos, potabilizarla, transportarla a través de líneas de conducción muy largas, sifones, túneles, canales, vehículos (pipas), para finalmente llevarla a los consumidores a precios de producción muy altos; así, el aprovechamiento de los recursos hidráulicos requiere de la concepción, planeación, diseño, construcción, operación y mantenimiento de sistemas para controlar y utilizar el agua en su beneficio, - la industria, el campo, recreación y otros.

El Valle de México (Distrito Federal y parte del Estado de México), con una población estimada en 1985 de 17'500,000 habitantes es abastecida con un 90% aproximadamente de agua de origen subterránea y un 10% de agua de origen superficial, requiere de un gasto de  $50 \text{ m}^3/\text{seg.}$  para satisfacer la demanda de los usuarios; sin embargo el gasto que se recibe para este fin es de  $40 \text{ m}^3/\text{seg.}$  existiendo un déficit de  $10 \text{ m}^3/\text{seg.}$

Para tratar de cubrir este déficit es necesario un mantenimiento eficaz en la infraestructura hidráulica principalmente de los pozos y equipos de bombeo que suministran el agua a los sistemas de conducción.

En este trabajo, se trata lo relativo a la rehabilitación de pozos profundos para producción de agua potable utilizando técnicas variadas, anexando resultados de trabajos que se han ejecutado en un pozo, que actualmente se encuentra rehabilitado, habiendo mejorado su funcionamiento y el gasto de explotación.

## CAPITULO 2

### PROPOSITOS Y DIAGNOSTICOS

#### 2.1. OBJETIVO.

El objetivo principal de efectuar la rehabilitación hidráulica de un pozo para agua potable es aumentar la permeabilidad de la media filtrante y en general del contorno del ademe extrayendo el azolve que se ha ido depositando en el y limpiando las paredes de este ya sea por medios mecánicos o utilizando productos químicos, incrementando de esta manera tanto la capacidad específica del pozo como el gasto de producción del manto acuífero prolongando la vida útil del mismo y del equipo de bombeo minimizando de esta manera el costo de mantenimiento del pozo.

#### 2.2. LOCALIZACION E INSPECCION DEL POZO.

Previamente a la rehabilitación del pozo, el contratista designado a desarrollar este trabajo deberá efectuar obligatoriamente una visita al pozo, hacer una inspección física del mismo para detectar y evaluar los problemas de acceso e instalación del equipo, demoliciones de casetas, bardas, atraques, retiro de malla, construcción de rampa, desmantelamiento de piezas especiales, hacer rellenos, observar la altura de interferencias eléctricas y telefónicas, etc. Los datos de la inspección anterior deberán ser anotados en el anexo II, así mismo localizará en un croquis la ubicación del pozo, con referencias sobre su acceso y colonia con este fin se utiliza la hoja del anexo I. Posteriormente, debe obtener en la oficina del sistema de operación los datos del pozo original, que son:

nivel estático, nivel dinámico, gasto, edad del pozo, diámetros de los ademes, longitudes y profundidad de tuberías ciegas y ranuradas, presión de operación. Estos se anotan en la hoja del anexo III, los que se utilizarán como marco de comparación con los datos de funcionamiento del equipo al momento de estar operando en la visita.

### 2.3. CAUSAS QUE MOTIVAN LA REHABILITACION.

Cuando el operador de un pozo observa anomalías en el funcionamiento del equipo de bombeo, de inmediato lo comunicará a la oficina del sistema de operación para que técnicos especializados evalúen las causas de las fallas y determinen el procedimiento a seguir para corregirlas. Las causas más comunes y que se presentan con mayor frecuencia son:

- a) Decremento en el gasto de extracción del pozo al azolverse el ademe, inscrutaciones en las ranuras y cedazo y taponamiento del filtro por acarreo de arenas y material fino cuando se acelera el flujo debido a extracciones excesivas.
- b) Cavitación de la bomba.- Esta falla se observa cuando la bomba trabaja cercana al fondo del pozo o del azolve y causa que esta extraiga agua con aire debido a que su nivel de bombeo se abate casi de inmediato al estar trabajando en forma normal y puede causar que el motor se quemé al desbocarse.
- c) Bombeo de agua con arena.- Cuando el azolve llega a un nivel cercano a la bomba, esta extrae el agua con arena ocasionando el desgaste y destrucción de los impulsores.

### 2.4. MEDICIONES PREVIAS.

Antes de iniciar los trabajos de rehabilitación en un pozo, el contratista deberá efectuar las mediciones previas para conocer los parámetros de funcionamiento, tanto del equipo de bombeo como del acuífero, -

**CROQUIS DE LOCALIZACION**

**POZO: AUXILIAR XOTEPINGO 9-B**

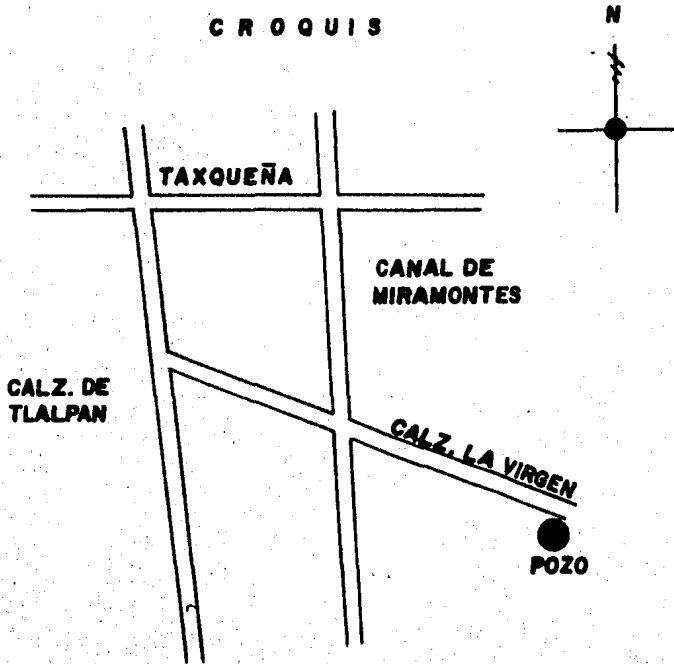
**UBICACION: CALZ. DE LA VIRGEN S/No. EJIDO SAN FRANCISCO CULHUACAN**

**DELEGACION COYOACAN**

**RUTA DE ACCESO: CALZ. DE TLALPAN EN SENTIDO SUR O CANAL DE MIRAMONTES**

**TOMAR LA CALZ. DE LA VIRGEN A LA IZQUIERDA, EL POZO SE ENCUENTRA AL FINAL DE ESTA CALZADA.**

**C R O Q U I S**





DATOS DE LA INSPECCION DEL POZO

POZO: AUXILIAR XOTEPINGO 9- B

GASTO: 26.35 lps, N.D. 45.12 m, N.E. 44.80 m

ESTADO ACTUAL: AZOLVADO, ALBOMBLEAR SACA ARENA

METODO DE AFORO: ORIFICIO CALIBRADO

PROBLEMAS DE ACCESO: NINGUNO, SOLAMENTE HAY QUE RETIRAR MALLA Y ATIESADORES, NO HAY INTERFERENCIAS, HAY DRENAJE PARA EL AFORO

CONDICIONES DE OPERACION: MALAS LA BOMBA SE QUEMA MUY FRECUENTEMENTE

REHABILITACION RECOMENDADA: DESAZOLVAR Y LIMPIAR CON MAQUINA PERFORADORA DE PERCUSION, AFORAR Y VOLVER A EQUIPAR EL POZO

BOMBA:

COLUMNA: 6" DE Ø, FLECHA: 1 1/4" Ø

Nº. DE TRANOS: 18, LONGITUD: 3.05 M

TAZONES: 8" Ø, NUMERO: 5

CABEZAL:

MARCA: ITSA 6" Ø

MOTOR:

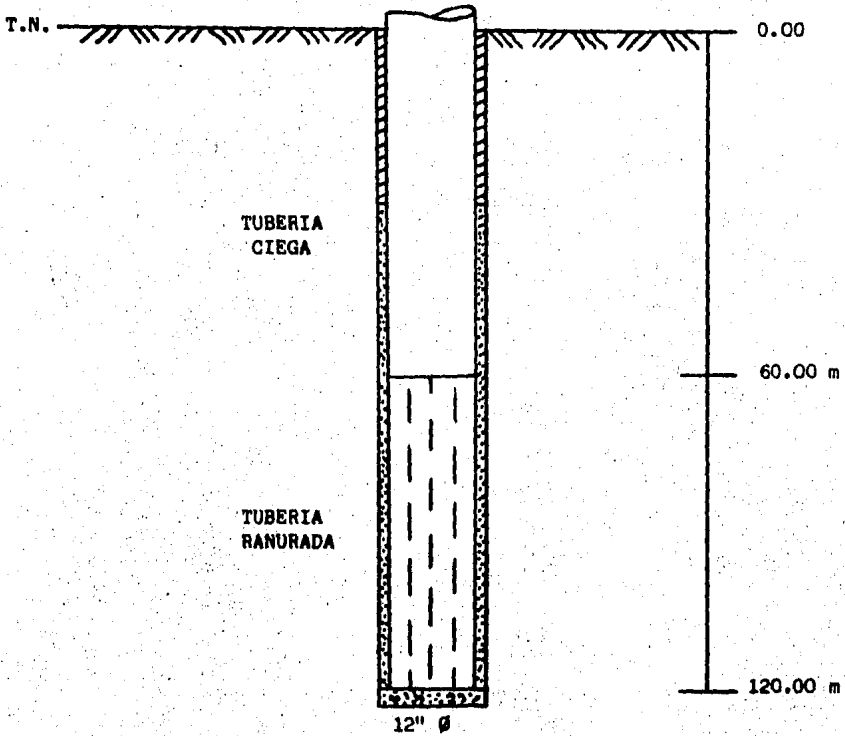
MARCA: IEM H.P. 50, SERIE: 051005

OBSERVACIONES: EQUIPO TRABAJANDO EN FORMA NORMAL

DATOS DEL POZO ORIGINAL

POZO: AUX. XOTEPINGO      EDAD: 1948      AÑOS: 37  
PROFUNDIDAD TOTAL: 120.00 m    NE: 30.00 m.    ND: 34.65 m.    Q:40.00 LPS.  
ADEME:  $\phi$  12"    PROFD: 120 m.     $\phi$  \_\_\_\_\_    PROFD: \_\_\_\_\_     $\phi$  \_\_\_\_\_    PROFD: \_\_\_\_\_  
TUBERIA CIEGA: 60 m.    RANURADA: 60 m.    PRESION EN LA LINEA: 2.00 Kg/cm<sup>2</sup>  
ESTADO ACTUAL DEL POZO: AZOLVADO, AL BOMBEAR SACA ARENA

PERFIL DEL POZO



para que en base a los resultados obtenidos se determine si la rehabilitación deba hacerse. Los resultados se registran en la hoja de anexo.IV.

El método consiste en operar el equipo instalado en varias etapas - que son: Punto de operación (después de desinstalar el equipo, se iguala la presión inicial), válvula totalmente abierta, punto intermedio, válvula cerrada y punto intermedio, obteniendo en todas las etapas los parámetros siguientes:

Nivel estático.- Se podrá medir con sonda eléctrica o neumática, - cuando el pozo tenga cuando menos una hora de reposo.

Nivel dinámico.- Se deberá medir cuando éste se haya estabilizado - ( 3 a 5 minutos después de iniciado el bombeo) empleando el equipo anterior.

Voltaje.- Esta medición se hará cuando el equipo esté trabajando con un multímetro o aparato similar.

Amperaje.- Se medirá en las mismas condiciones del voltaje.

Factor de potencia.- Se tomará si el equipo cuenta con los instrumentos necesarios para este fin.

Presión manométrica.- Esta lectura se tomará del manómetro con que - esté equipado el pozo, de no contar con el, se informará con el operador la presión que normalmente se opera en la red, se utilizará un manómetro normal y la lectura será en  $\text{kg/cm}^2$ .

Revoluciones del motor de la bomba.- En el momento de estar funcionando el motor se deberán medir las revoluciones por minuto (rpm) con un tacómetro especial.

Gasto.- Se calcula generalmente empleando el método del orificio calibrado que consiste en los siguientes pasos:

MEDICIONES PREVIAS

POZO: AUX. XOTEPINGO 9-B

CONCEPTOS	ANTES DE DESINST. EQUIPO	VALVULA CERRADA 2	3	PUNTO DE OPERACION 1	5	VALVULA TOTALMEN- TE ABIERTA 4
GASTO ( l.p.s. )	26.39	0.00	16.93	26.39	32.64	34.47
PRESION MANOMETRICA ( kg/cm.2 )	1.50	3.00	2.00	1.50	1.00	0.60
NIVEL DINAMICO (m)	45.12	44.80	45.00	45.12	45.44	45.50
VOLTS 1 - 2	470	470	470	470	470	470
VOLTS 1 - 3	470	470	470	470	470	470
VOLTS 2 - 3	470	470	470	470	470	470
AMPERES 1	42	43	46	42	48	47
AMPERES 2	45	44	46	45	46	48
AMPERES 3	50	45	50	50	50	50
R.P.M.	1760	1760	1760	1760	1760	1760
ALTURA PIEZOMETRICA ( cm )	0.00	0.00	7.00	17.00	26.00	29.00

N.E. 44.80 m

DIAMETRO DE LA DESCARGA: 8" Ø

DIAMETRO DEL ORIFICIO CALIBRADO: 6" Ø

CALCULO DEL GASTO: CON LA ALTURA PIEZOMETRICA, ENTRAR A LA TABLA DEL ANEXO V OBTENIENDO EL GASTO DIRECTAMENTE.

- a) Se desconectan las piezas especiales, adaptando al cabezal de descarga una válvula de seccionamiento y un manómetro para medir la presión, un tramo de tubo del mismo diámetro que el cabezal y dotado en su extremo de un orificio perfectamente calibrado y un piezómetro de vidrio o de manguera transparente que sirve para medir la altura que alcanza el agua antes de la descarga.
- b) Adaptado el equipo anterior, se pone a funcionar el equipo en cada una de las etapas descritas anteriormente, sin parar la bomba, se obtendrán los parámetros enunciados.
- c) Cálculo del gasto.- Con el equipo funcionando, se calculará el gasto para cada una de las etapas, con el nivel dinámico estabilizado, se mide la altura del agua en el piezómetro con esta altura, el diámetro del tubo de descarga y el diámetro del orificio, se entra en la tabla del anexo V-1 al V-10, en donde se obtiene el gasto directamente. (Valores experimentados en laboratorio para diferentes diámetros con orificio y tubería de descarga utilizando la fórmula general del orificio  $Q = ACd\sqrt{2gH}$  ).

O bien, empleando la fórmula anterior en forma independiente como sigue:

$$Q = ACd \sqrt{2gH} \quad \text{donde:}$$

Q - Gasto en litros por segundo (lps).

A - Area del orificio en metros cuadrados ( $m^2$ ).

Cd - Coeficiente de descarga que vale 0.61 para orificio delgado.

g - Aceleración de la gravedad que vale  $9.81m/seg^2$ .

H - Altura alcanzada en el piezómetro.

Por lo que la fórmula se puede reducir a:

$$Q = 0.61A \sqrt{19.62 H} = 2.702A \sqrt{H}$$

Haciendo  $K = 2.702A$

$$\text{Queda finalmente} \quad Q = K \sqrt{H}$$

La constante  $K$ , depende del diámetro del orificio y de la tubería de descarga, en la tabla del anexo V-II se obtiene éste valor para calcular el gasto.

Con los resultados obtenidos de niveles estático y dinámico, así como el gasto, se dibuja en papel milimétrico la curva de estos en las diferentes etapas. Anexo VI.

## 2.5. DIAGNOSTICO.

Una vez que el contratista ha recopilado y entregado los resultados de los anexos III (datos del pozo original), anexo IV (mediciones previas) y anexo VI (curva de resultados), el contratista, el supervisor y técnicos de la oficina del sistema de operación, procederán a comparar y evaluar estos, observar como han variado principalmente los niveles estático, dinámico y el gasto de explotación del acuífero; si estos no han tenido cambios muy notables, se le ordena al contratista reinstalar las piezas especiales, dejando el equipo trabajando en forma normal y la rehabilitación no se llevará a cabo, en caso contrario, la oficina de operación autorizará el desarrollo de esta actividad expidiendo el respectivo permiso dirigido al operador del pozo para que permita la entrada al contratista con su maquinaria para la ejecución de los trabajos de re

CALCULO DEL GASTO EN LITROS POR SEGUNDO PARA DIFERENTES DIAMETROS  
DE TUBERIA Y ORIFICIO

ALTURA EN CMS.	TUBO DE 4" ORIF. DE 3"	TUBO DE 6" ORIF. DE 3"	TUBO DE 6" ORIF. DE 4"	TUBO DE 8" ORIF. DE 5"	TUBO DE 8" ORIF. DE 6"	TUBO DE 10" ORIF. DE 6"	TUBO DE 10" ORIF. DE 8"	TUBO DE 12" ORIF. DE 10"
5	3.58	2.94	5.70	8.65	14.31	12.28	27.76	45.15
6	3.92	3.22	6.24	9.48	15.68	13.46	30.41	49.45
7	4.23	3.48	6.74	10.24	16.93	14.53	32.85	53.42
8	4.53	3.72	7.21	10.95	18.10	15.54	35.12	57.10
9	4.80	3.94	7.65	11.61	19.20	16.48	37.25	60.57
10	5.06	4.16	8.06	12.24	20.24	17.37	39.26	63.85
11	5.31	4.36	8.45	12.83	21.23	18.22	41.18	66.95
12	5.54	4.55	8.83	13.41	22.17	19.03	43.01	69.98
13	5.77	4.74	9.19	13.95	23.08	19.81	44.77	72.80
14	5.99	4.92	9.54	14.48	23.95	20.55	46.46	75.54
15	6.20	5.09	9.87	14.99	24.79	21.28	48.09	76.20
16	6.40	5.26	10.19	15.48	25.60	21.97	49.66	80.76
17	6.60	5.42	10.51	15.96	26.39	22.65	51.19	83.24
18	6.79	5.58	10.81	16.42	27.16	23.31	52.68	85.66
19	6.98	5.73	11.11	16.87	27.90	23.95	54.12	88.01
20	7.16	5.88	11.40	17.31	28.62	24.57	55.52	90.29
21	7.33	6.03	11.68	17.73	29.33	25.17	56.90	92.52
22	7.51	6.17	11.95	18.15	30.02	25.77	58.24	94.70
23	7.67	6.31	12.22	18.56	30.70	26.35	59.54	96.83
24	7.84	6.44	12.49	18.96	31.36	26.91	60.83	98.91
25	8.00	6.57	12.74	19.35	32.00	27.47	62.08	100.95

ALTURA EN CMS.	TUBO DE 4" ORIF. DE 3"	TUBO DE 6" ORIF. DE 3"	TUBO DE 6" ORIF. DE 4"	TUBO DE 8" ORIF. DE 5"	TUBO DE 8" ORIF. DE 6"	TUBO DE 10" ORIF. DE 6"	TUBO DE 10" ORIF. DE 8"	TUBO DE 12" ORIF. DE 10"
26	8.16	6.70	13.00	19.73	32.64	28.01	63.31	102.95
27	8.31	6.83	13.24	20.11	33.26	28.55	64.52	104.91
28	8.47	6.96	13.49	20.48	33.87	29.07	65.70	106.83
29	8.62	7.08	13.73	20.84	34.47	29.58	66.86	108.73
30	8.76	7.20	13.96	21.20	35.06	30.09	68.00	110.58
31	8.91	7.32	14.19	21.55	35.64	30.59	69.13	112.41
32	9.05	7.44	14.42	21.89	36.21	31.08	70.24	114.21
33	9.19	7.55	14.64	22.23	36.77	31.56	71.32	115.98
34	9.33	7.67	14.86	22.57	37.32	32.03	72.40	117.73
35	9.47	7.78	15.08	22.89	37.87	32.50	73.45	119.45
36	9.60	7.89	15.29	23.22	38.40	32.96	74.50	121.14
37	9.73	8.00	15.50	23.54	38.93	33.42	75.52	122.81
38	9.86	8.11	15.71	23.86	39.46	33.86	76.54	124.46
39	9.99	8.21	15.92	24.17	39.97	34.31	77.54	126.09
40	10.12	8.32	16.12	24.48	40.48	34.74	78.53	127.69
41	10.25	8.42	16.32	24.78	40.98	35.18	79.50	129.28
42	10.37	8.52	16.52	25.08	41.43	35.60	80.46	130.84
43	10.49	8.62	16.71	25.38	41.97	36.02	81.42	132.39
44	10.61	8.72	16.91	25.67	42.46	36.44	82.36	133.40
45	10.73	8.82	17.10	25.96	42.94	36.85	83.28	133.44



ALTURA EN CMS.	TUBO DE 4" ORIF. DE 3"	TUBO DE 6" ORIF. DE 3"	TUBO DE 6" ORIF. DE 4"	TUBO DE 8" ORIF. DE 5"	TUBO DE 8" ORIF. DE 6"	TUBO DE 10" ORIF. DE 6"	TUBO DE 10" ORIF. DE 8"	TUBO DE 12" ORIF. DE 10"
46	10.85	8.92	17.29	26.25	43.41	37.26	84.21	136.93
47	10.97	9.01	17.47	26.53	43.88	37.66	85.12	138.42
48	11.09	9.11	17.66	26.81	44.35	38.06	86.02	139.88
49	11.20	9.20	17.84	27.09	44.80	38.45	86.91	141.33
50	11.31	9.30	18.02	27.36	45.26	38.85	87.79	142.77
51	11.43	9.39	18.20	27.64	45.71	39.23	88.67	144.18
52	11.54	9.48	18.38	27.91	46.16	39.61	89.53	145.59
53	11.65	9.57	18.56	28.17	46.60	39.99	90.39	146.98
54	11.76	9.66	18.73	28.44	47.04	40.37	91.24	148.37
55	11.87	9.75	18.90	28.70	47.47	40.74	92.08	149.73
56	11.97	9.84	19.07	28.96	47.90	41.11	92.91	151.09
57	12.08	9.93	19.24	29.22	48.32	41.48	93.74	152.43
58	12.19	10.01	19.41	29.47	48.75	41.84	94.56	153.76
59	12.29	10.10	19.58	29.73	49.16	42.20	95.37	155.08
60	12.39	10.18	19.74	29.98	49.58	42.55	96.17	156.39
61	12.50	10.27	19.91	30.22	49.99	42.91	96.97	157.69
62	12.60	10.35	20.07	30.47	50.40	43.26	97.76	158.98
63	12.70	10.44	20.23	30.72	50.80	43.60	98.55	160.25
64	12.80	10.52	20.39	30.96	51.21	43.95	99.33	161.52
65	12.90	10.60	20.55	31.20	51.60	44.29	100.10	162.78

ALTURA EN CMS.	TUBO DE 4" ORIF. DE 3"	TUBO DE 6" ORIF. DE 3"	TUBO DE 6" ORIF. DE 4"	TUBO DE 8" ORIF. DE 5"	TUBO DE 8" ORIF. DE 6"	TUBO DE 10" ORIF. DE 6"	TUBO DE 10" ORIF. DE 8"	TUBO DE 12" ORIF. DE 10"
66	13.00	10.68	20.71	31.44	52.00	44.63	100.87	164.02
67	13.10	10.76	20.86	31.68	52.39	44.97	101.63	165.26
68	13.20	10.84	21.02	31.91	52.78	45.30	102.38	166.49
69	13.29	10.92	21.17	32.15	53.17	45.63	103.13	167.71
70	13.39	11.00	21.32	32.38	53.55	45.96	103.88	168.92
71	13.48	11.08	21.48	32.61	53.93	46.29	104.62	170.12
72	13.58	11.16	21.63	32.84	54.31	46.61	105.35	171.32
73	13.67	11.23	21.78	33.06	54.69	46.94	106.08	172.50
74	13.76	11.31	21.93	33.29	55.06	47.26	106.81	173.68
75	13.86	11.39	22.07	33.51	55.43	47.58	107.53	174.85
76	13.95	11.46	22.22	33.74	55.80	47.89	108.24	176.01
77	14.04	11.54	22.37	33.96	56.17	48.21	108.95	177.17
78	14.13	11.61	22.51	34.18	56.53	48.52	109.65	178.31
79	14.22	11.69	22.65	34.40	56.89	48.83	110.35	179.45
80	14.31	11.76	22.80	34.61	57.25	49.14	111.05	180.58
81	14.40	11.83	22.94	34.83	57.61	49.44	111.74	181.71
82	14.49	11.91	23.08	35.04	57.96	49.75	112.43	182.83
83	14.58	11.98	23.22	35.26	58.31	50.05	113.11	183.94
84	14.67	12.05	23.36	35.47	58.66	50.35	113.72	185.04
85	14.75	12.12	23.50	35.00	59.01	50.65	114.74	186.14

ALTURA EN CMS.	TUBO DE 4" ORIF. DE 3"	TUBO DE 6" ORIF. DE 3"	TUBO DE 6" ORIF. DE 4"	TUBO DE 8" ORIF. DE 5"	TUBO DE 8" ORIF. DE 6"	TUBO DE 10" ORIF. DE 6"	TUBO DE 10" ORIF. DE 8"	TUBO DE 12" ORIF. DE 10"
86	14.84	12.19	23.64	35.89	59.36	50.94	115.14	187.23
87	14.93	12.26	23.77	36.10	59.70	51.24	115.81	188.32
88	15.01	12.33	23.91	36.30	60.04	51.53	116.47	189.40
89	15.10	12.40	24.04	36.51	60.38	51.83	117.13	190.47
90	15.18	12.47	24.18	36.71	60.72	52.12	117.79	191.54
91	15.26	12.54	24.31	36.92	61.06	52.41	118.44	192.60
92	15.35	12.61	24.45	37.12	61.39	52.69	119.09	193.66
93	15.43	12.68	24.58	37.32	61.73	52.98	119.74	194.71
94	15.51	12.75	24.71	37.52	62.06	53.26	120.38	195.75
95	15.60	12.82	24.84	37.72	62.39	53.54	121.02	196.79
96	15.68	12.88	24.97	37.92	62.71	53.83	121.65	197.82
97	15.76	12.95	25.10	38.11	63.04	54.11	122.28	198.85
98	15.84	13.02	25.23	38.31	63.36	54.38	122.91	199.87
99	15.92	13.08	25.36	38.51	63.69	54.66	123.54	200.89
100	16.00	13.15	25.49	38.70	64.01	64.94	124.16	201.90
101	16.08	13.21	25.61	38.89	64.33	55.21	124.78	202.91
102	16.16	13.28	25.74	39.08	64.64	55.48	125.39	203.91
103	16.24	13.34	25.87	39.28	64.96	55.75	126.01	204.91
104	16.32	13.41	25.99	39.47	65.27	56.02	126.62	205.90
105	16.40	13.47	26.12	39.66	65.59	56.29	127.23	206.89

ALTURA EN CMS.	TUBO DE 4" ORIF. DE 3"	TUBO DE 6" ORIF. DE 3"	TUBO DE 6" ORIF. DE 4"	TUBO DE 8" ORIF. DE 5"	TUBO DE 8" ORIF. DE 6"	TUBO DE 10" ORIF. DE 6"	TUBO DE 10" ORIF. DE 8"	TUBO DE 12" ORIF. DE 10"
106	16.47	13.54	26.24	39.84	65.90	56.56	127.83	207.87
107	16.55	13.60	26.36	40.03	66.21	56.83	128.43	208.85
108	16.63	13.66	26.49	40.22	66.52	57.09	129.03	209.82
109	16.71	13.73	26.61	40.40	66.83	57.35	129.63	210.79
110	16.78	13.70	26.73	40.59	67.13	57.62	130.22	211.75
111	16.86	13.85	26.85	40.77	67.44	57.88	130.81	212.72
112	16.93	13.92	26.97	40.98	67.74	58.14	131.40	213.67
113	17.01	13.98	27.09	41.14	68.04	58.40	131.98	214.62
114	17.08	13.64	27.21	41.32	68.34	58.66	132.57	215.57
115	17.16	14.10	27.33	41.50	68.64	58.91	133.15	216.51
116	17.23	14.16	27.45	41.68	68.94	59.17	133.72	217.59
117	17.31	14.22	27.57	41.86	69.24	59.42	134.30	218.52
118	17.38	14.28	27.69	42.04	69.53	59.68	134.44	219.32
119	17.46	14.34	27.80	42.22	69.82	59.93	135.60	220.25
120	17.53	14.40	27.92	42.39	70.12	60.20	136.01	221.17
121	17.60	14.46	28.04	42.75	70.41	60.43	136.58	222.09
122	17.67	14.58	28.27	42.92	70.70	60.68	137.14	223.01
123	17.75	14.61	28.32	43.01	70.99	60.93	137.70	223.92
124	17.82	14.64	28.38	43.09	71.28	61.17	138.26	224.83
125	17.89	14.70	28.50	43.26	71.61	61.42	138.97	226.96

ALTURA EN CMS.	TUBO DE 4" ORIF. DE 3"	TUBO DE 6" ORIF. DE 3"	TUBO DE 6" ORIF. DE 4"	TUBO DE 8" ORIF. DE 5"	TUBO DE 8" ORIF. DE 6"	TUBO DE 10" ORIF. DE 6"	TUBO DE 10" ORIF. DE 8"	TUBO DE 12" ORIF. DE 10"
126	17.97	14.76	28.61	43.44	71.85	61.60	139.51	226.97
127	18.03	14.82	28.72	43.61	72.13	61.91	139.92	227.53
128	18.10	14.88	28.84	43.78	72.42	62.15	140.47	228.42
129	18.17	14.93	28.95	43.95	72.70	62.39	141.02	229.31
130	18.24	14.99	29.06	44.12	72.98	62.64	141.56	230.20
131	18.31	15.05	29.17	44.29	73.26	62.88	142.11	231.08
132	18.38	15.11	29.28	44.46	73.54	63.12	142.65	231.96
133	18.45	15.16	29.39	44.63	73.82	63.35	143.19	232.84
134	18.52	15.22	29.50	44.80	74.09	63.59	143.72	233.71
135	18.59	15.28	29.61	44.97	74.37	63.83	144.26	234.59
136	18.66	15.33	29.72	45.13	74.64	64.07	144.79	235.45
137	18.73	15.39	29.83	45.30	74.92	64.30	145.33	236.32
138	18.80	15.45	29.94	45.46	75.19	64.53	145.85	237.18
139	18.87	15.50	30.05	45.63	75.46	64.77	146.38	238.04
140	18.93	15.56	30.16	45.79	75.74	65.00	146.91	238.89
141	19.00	15.61	30.26	45.95	76.00	65.23	147.43	239.74
142	19.07	15.67	30.37	46.12	76.27	65.46	147.95	240.59
143	19.14	15.72	30.48	46.28	76.54	65.69	148.47	241.44
144	19.20	15.78	30.59	46.44	76.81	65.92	148.99	242.28
145	19.22	15.83	30.69	46.60	77.08	66.15	149.51	243.12

ALTURA EN CMS.	TUBO DE 4" ORIF. DE 3"	TUBO DE 6" ORIF. DE 3"	TUBO DE 6" ORIF. DE 4"	TUBO DE 8" ORIF. DE 5"	TUBO DE 8" ORIF. DE 6"	TUBO DE 10" ORIF. DE 6"	TUBO DE 10" ORIF. DE 8"	TUBO DE 12" ORIF. DE 10"
146	19.33	15.89	30.80	46.76	77.34	66.38	150.02	243.96
147	19.40	15.94	30.90	46.92	77.61	66.61	150.54	244.79
148	19.47	16.00	31.01	47.08	77.87	66.83	151.05	245.62
149	19.53	16.05	31.11	47.24	78.13	67.06	151.56	246.45
150	19.60	16.10	31.22	47.40	78.39	67.28	152.06	247.27
151	19.66	16.16	31.32	47.55	78.65	67.51	152.57	248.10
152	19.73	16.21	31.42	47.71	78.91	67.73	152.83	248.82
153	19.79	16.26	31.53	47.87	79.17	67.95	153.58	249.74
154	19.86	16.32	31.63	48.03	79.43	68.17	154.08	250.55
155	19.92	16.37	31.73	48.18	79.69	68.39	154.58	251.36
156	19.99	16.42	31.83	48.34	79.95	68.61	155.08	252.17
157	20.05	16.48	31.94	48.49	80.20	68.83	155.57	252.98
158	20.11	16.53	32.04	48.60	80.46	69.05	156.07	253.78
159	20.18	16.58	32.14	48.80	80.71	69.27	156.56	254.59
160	20.24	16.63	32.24	48.95	80.96	69.49	157.05	255.38
161	20.30	16.68	32.34	49.10	81.22	69.71	157.54	256.18
162	20.35	16.74	32.44	49.26	81.47	69.92	158.03	256.98
163	20.43	16.79	32.54	49.41	81.72	70.14	158.52	257.77
164	20.49	16.84	32.64	49.56	81.97	70.35	159.00	258.56
165	20.53	16.90	32.72	49.71	82.20	70.51	159.52	259.70

ALTURA EN CMS.	TUBO DE 4" ORIF. DE 3"	TUBO DE 6" ORIF. DE 3"	TUBO DE 6" ORIF. DE 4"	TUBO DE 8" ORIF. DE 5"	TUBO DE 8" ORIF. DE 6"	TUBO DE 10" ORIF. DE 6"	TUBO DE 10" ORIF. DE 8"	TUBO DE 12" ORIF. DE 10"
166	20.62	16.94	32.84	49.86	82.47	70.78	159.97	260.13
167	20.68	16.99	32.94	50.01	82.72	70.99	160.45	260.31
168	20.74	17.04	33.04	50.16	82.96	71.20	160.93	261.92
169	20.80	17.09	33.13	50.31	83.21	71.42	161.41	262.70
170	20.86	17.14	33.23	50.46	83.46	71.63	161.88	263.58
171	20.92	17.19	33.33	50.61	83.70	71.84	162.36	264.04
172	20.99	17.24	33.43	50.75	83.94	72.05	162.83	264.71
173	21.05	17.29	33.52	50.90	84.19	72.26	163.31	265.54
174	21.11	17.34	33.62	51.05	84.43	72.47	163.78	266.37
175	21.17	17.39	33.72	51.19	84.67	72.67	164.25	267.02
176	21.26	17.44	33.81	51.34	84.92	72.88	164.72	267.82
177	21.29	17.49	33.91	51.49	85.16	73.09	165.18	268.61
178	21.35	17.54	34.00	51.63	85.40	73.29	165.65	269.37
179	21.41	17.59	34.10	51.78	85.64	73.50	166.11	270.12
180	21.47	17.64	34.19	51.92	85.88	73.70	166.58	270.88
181	21.53	17.69	34.29	52.06	86.11	73.91	167.04	271.63
182	21.59	17.74	34.38	52.21	86.35	74.11	167.50	272.38
183	21.65	17.79	34.48	52.35	86.59	74.32	167.96	273.12
184	21.71	17.84	34.57	52.49	86.82	74.52	168.42	273.87
185	21.76	17.88	34.67	52.64	87.06	74.72	168.88	274.60

ALTURA EN CMS.	TUBO DE 4" ORIF. DE 3"	TUBO DE 6" ORIF. DE 3"	TUBO DE 6" ORIF. DE 4"	TUBO DE 8" ORIF. DE 5"	TUBO DE 8" ORIF. DE 6"	TUBO DE 10" ORIF. DE 6"	TUBO DE 10" ORIF. DE 8"	TUBO DE 12" ORIF. DE 10"
186	21.82	17.93	34.76	52.78	87.30	74.92	169.33	275.35
187	21.88	17.98	34.85	52.92	87.53	75.12	169.79	276.09
188	21.94	18.03	34.95	53.06	82.76	75.32	170.24	276.81
189	22.00	18.08	35.04	53.20	88.00	75.52	170.69	277.57
190	22.06	18.12 <sup>o</sup>	35.13	53.34	88.23	75.72	171.14	278.36
191	22.11	18.17	35.23	53.48	88.46	75.92	171.59	279.03
192	22.17	18.22	35.32	53.62	88.69	76.12	172.04	279.76
193	22.23	18.27	35.41	53.76	88.92	76.32	172.49	280.49
194	22.29	18.31	35.50	53.90	89.15	76.52	172.94	281.21
195	22.34	18.36	35.59	54.04	89.38	76.71	173.38	281.94
196	22.40	18.41	35.68	54.18	89.61	76.91	173.82	282.66
197	22.46	18.45	35.77	54.32	89.84	77.11	174.27	283.38
198	22.52	18.50	35.86	54.46	90.07	77.30	174.71	284.10
199	22.57	18.55	35.95	54.59	90.29	77.50	175.15	284.81
200	22.63	18.59	36.04	54.73	90.52	77.69	175.59	285.53



CALCULO DEL GASTO EN lps CUANDO SE AFORA CON EL SISTEMA DE ORIFICIO CALIBRADO  $Q=K\sqrt{H}$

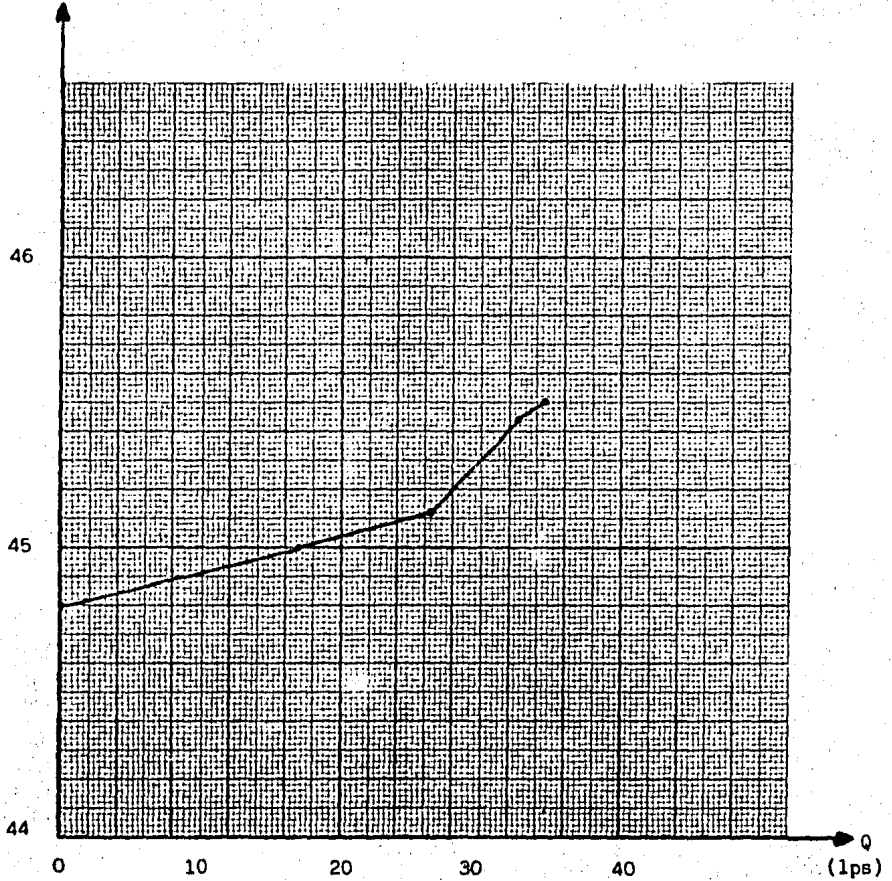
DIAMETRO DEL ORIFICIO EN PULGADAS	Diámetro de la tubería de descarga en pulgadas						
	3	4	5	6	8	10	12
2 00	0.634	0.576	0.560	0.557			
2 1/4	0.887	0.750	0.720	0.709			
2 1/2	1.220	0.959	0.900	0.881	0.865		
2 3/4		1.222	1.112	1.075	1.052		
3 00		1.559	1.360	1.296	1.256	1.239	
3 1/4		1.984	1.660	1.549	1.478	1.466	
3 1/2		2.699	2.016	1.833	1.737	1.705	
3 3/4			2.436	2.157	2.005	1.962	1.947
4 00			2.951	2.532	2.304	2.239	2.221
4 1/4			3.662	2.987	2.615	2.546	2.514
4 1/2				3.508	3.000	2.871	2.833
4 3/4				4.119	3.385	3.216	3.166
5 00				4.882	3.835	3.601	3.526
5 1/4				6.073	4.341	3.991	3.908
5 1/2					4.889	4.448	4.300
5 3/4					5.517	4.923	4.713
6 00					6.236	5.456	5.185
6 1/4					7.058	5.992	5.641
6 1/2					7.966	6.639	6.196
6 3/4					9.120	7.296	6.750
7 00					10.798	8.066	7.296
7 1/4						8.810	7.886
7 1/2						9.743	8.628
7 3/4						10.673	9.415
8 00						11.804	10.128
8 1/4						13.088	11.051
8 1/2						14.650	11.947
8 3/4						16.871	12.861
9 00							14.030
9 1/4							15.301
9 1/2							16.477
9 3/4							17.925
10 00							19.529
10 1/4							21.343
10 1/2							24.294

MEDICIONES PREVIAS

POZO: AUXILIAR XOTEPINGO 9-B

GRAFICA DE RESULTADOS

NIVEL  
DINAMICO



habilitación; el supervisor vigilará que estos se efectuen en el menor - tiempo posible, a bajo costo y con la máxima calidad.

Con este fin, el contratista procederá de inmediato a desinstalar - las piezas especiales, motor, columna y bomba haciendo junto con el su-- pervisor un inventario del equipo retirado, mismo que quedará en custo-- día en alguno de los almacenes del sistema de operación para su rehabili-- tación. Para hacer el inventario enunciado, se utiliza el anexo VII, y - quedará debidamente legalizado con las firmas de las personas que inter-- vengán tanto en la desinstalación como en la entrega.

## 2.6. METODOS DE REHABILITACION.

Para efectuar la rehabilitación del pozo, solo se aceptan tres méto-- dos que son:

- a) Limpieza y desazolve con cubeta.- Para este procedimiento se uti-- liza la máquina de perforación tipo percusión.
- b) Limpieza y desazolve con aire comprimido, también conocido como - sifoneo.
- c) Equipo de perforación tipo rotatorio.

Existen otros métodos como son la utilización de productos quími-- cos y chiflones de agua a presión pero estos casi no se emplean - debido a que no garantizan un trabajo de buena calidad.

De los métodos enunciados anteriormente, el más utilizado es el de - desazolve con cubeta y máquina de perforación tipo percusión debido a las siguientes ventajas:

- a) El importe de los trabajos ejecutados resulta más económico que - el equipo de perforación tipo rotatorio.

INVENTARIO DEL EQUIPO DESINSTALADO

POZO: AUXILIAR XOTEPINGO 9-B

MOTOR

MARCA: IEM

POTENCIA: 50 H.P.

SERIE: 051005

VELOCIDAD: 1760 rpm

CABEZAL DE DESCARGA

MARCA: ITSA

MODELO: IEM

SERIE: 4452

TAMAÑO: 1 3/4"-62 x 6

DIAMETRO COLUMNA: 6" Ø

DIAMETRO DESCARGA: 6" Ø

COLUMNA

LUBRICACION: ACEITE

DIAMETRO FLECHA: 1 1/4" Ø

LONGITUD: 3.05 m

DIAMETRO CAMISA: 2" Ø

NUMERO DE TRAMOS: 18

BOMBA

MARCA: S/ MARCA

DIAMETRO: 8" Ø

NUMERO DE PASOS: 5

IMPULSORES: 5

COLADOR

TIPO: REJILLA

DIAMETRO: 6" Ø

LONGITUD: 0.85 m

FLECHA SUPERIOR:

LONGITUD: 2.25 m

DIAMETRO: 1 1/4" Ø

ENTREGA

RECIBE

\_\_\_\_\_  
ING.

\_\_\_\_\_  
ING.

- b) El trabajo es más limpio ya que no se utilizan productos como la bentonita que daña el flujo del acuífero y al mismo tiempo no se tapan las ranuras de los ademes.
- c) Para manejar la herramienta, se utilizan cables de diferentes dímetros que no dañan los ademes y que con el empleo de equipo rotatorio se corre el riesgo de desgarrar y romper las tuberías del ademe.

## CAPITULO 3

### REHABILITACION POR PERCUSION.

#### 3.1. CARACTERISTICAS DEL EQUIPO

Generalmente el equipo más empleado para efectuar la rehabilitación de un pozo es la máquina de perforación de tipo percusión Bucyrus-Erie o similar, equipada con motor diesel (más económico), sarta, herramienta y demás accesorios que se requieren para este trabajo. ( Figura 1 ).

Hay varios tipos de esta máquina, se distinguen entre si por su tamaño, características mecánicas y la profundidad a que pueden penetrar, sus principales diferencias son:

TIPO	LONGITUD (MTS.)	ANCHO	ALTURA (MTS.)	CABLE	PROF. (MTS.)	BARRETON Y CUCHARA	BROCA
36-L	11.00	2.5	18.00	1" Ø	800	8" Ø	10"Ø
28-L	11.00	2.5	18.00	1" Ø	600	8" Ø	10"Ø
24-L	9.00	2.5	12.00	7/8"Ø	300	6" Ø	8"Ø
60(')	9.00	2.5	12.00	7/8"Ø	400	6" Ø	8"Ø
22-L	7.50	2.40	9.00	3/4"Ø	250	6" Ø	8"Ø

(') Esta máquina tiene movimiento reversible en su transmisión.

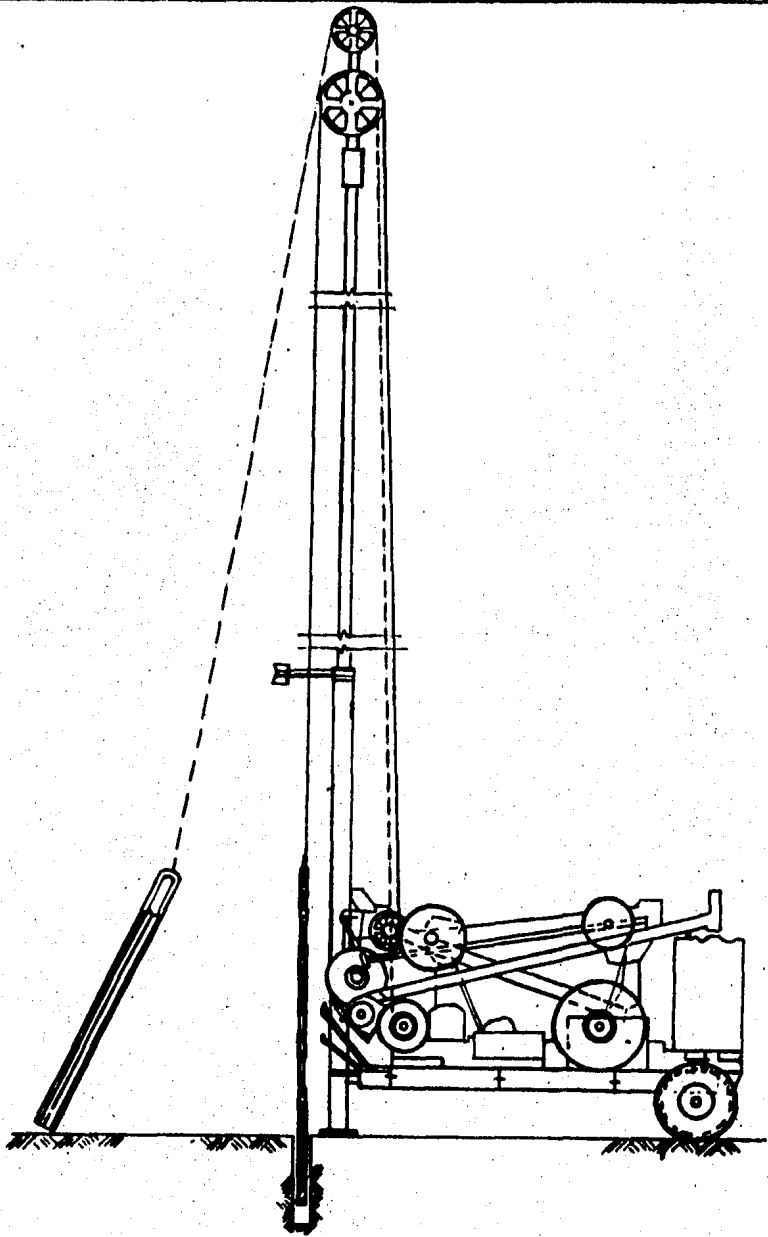


FIG. 1 MAQUINA PERFORADORA DE  
PERCUSION.

### 3.2 SELECCION DEL EQUIPO.

Para hacer una selección adecuada del tipo de máquina vistas en 3.1, que se pretende utilizar en la rehabilitación del pozo, hay que tomar en cuenta las siguientes observaciones:

- a) Dificultad para el acceso de la máquina de perforación (consultar el anexo II "datos de la inspección del pozo"), evitando en lo posible hacer demoliciones, en caso de espacio reducido en el área del pozo, se optará por instalar una máquina de tamaño mediano como la 24-L.
- b) Profundidad del pozo.- Es muy importante conocer este dato, ya que los pozos varían en su profundidad dependiendo de la zona en que hayan sido perforados y pueden tener desde 50 metros hasta más de mil metros, con este dato se selecciona de la tabla vista en 3.1 la máquina requerida.
- c) Diámetro del ademe.- Generalmente, el diámetro del ademe es la causa que más influye en la selección de la máquina, pues, estos varían desde 8" hasta 30" y en muchos casos los pozos son "telegcopiados" o sea que el ademe se compone de varios tramos de tubería de diferentes diámetros a diferentes profundidades, pudiendo ser del tipo ciego y ranurado.

Una vez que el contratista y supervisor han analizado y evaluado las situaciones anteriores, se procede a seleccionar el tipo de máquina a utilizar teniendo como objetivo que el trabajo se haga lo más rápido posible, al menor costo y con la máxima calidad.

### 3.3 REHABILITACION SIMPLE.

Se entiende por rehabilitación al conjunto de trabajos que se efectúan en un pozo para aumentar el gasto de explotación, extrayendo el azolve que se ha depositado en el ademe y efectuar la limpieza del ademe



y filtro utilizando medios mecánicos o productos químicos.

La rehabilitación simple consiste en un reconocimiento físico del pozo mediante las siguientes actividades:

- a) Desmantelamiento del equipo de bombeo.- En el capítulo 2.5 se hace la exposición de esta actividad.
- b) Impresiones.

Una vez instalada la máquina seleccionada para efectuar este trabajo y antes de iniciar el desazolve, debe tomarse una impresión con el fin de detectar si no se encuentran en el interior del pozo herramientas, columnas, bombas o cualquier objeto que se hubiese precipitado al fondo; también se conoce la profundidad a que se encuentra azolvado el pozo y los cambios de diámetro de los ademes.

Para tomar la impresión, se adapta al vastago percusor de la sarta de herramienta un cuerpo cilíndrico rígido y pesado (fig. 2), en la parte inferior se coloca una placa metálica con una capa de 5 a 10 cm de espesor de plastilina o cera, terminado de armar el impresor, es bajado lentamente en el pozo, al presionar contra el fondo se sube aproximadamente 2.0 metros y se deja libre el cable de la máquina para que caiga con todo el peso, con esto se logra que se marque en forma clara el objeto que se encuentre en el interior. Así mismo, cuando no es posible contar con los datos del pozo original (anexo III), el supervisor puede autorizar que se saquen impresiones de los ademes para observar a que profundidad van cambiando los diámetros de los mismos y prever que herramienta se necesita para efectuar el desazolve y limpieza del pozo.

- c) Desazolve.

Básicamente esta actividad consiste en extraer del pozo el azolve que se ha depositado en el ademe como arena, arcilla y limos principalmente. Para el desarrollo de este trabajo, se utiliza el barretón y broca (Fig. 3) y la cubeta de perforación o cuchara -

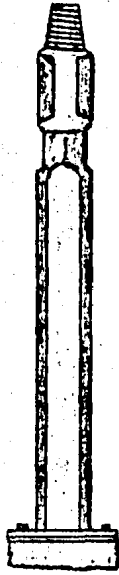


FIG. 2 HERRAMIENTA PARA  
SACAR IMPRESION

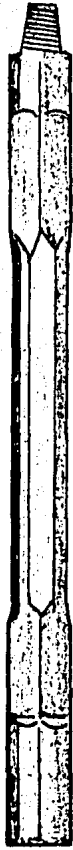


FIG. 3 BARRETON DE  
PERFORACION

(Fig. 4). El barretón es un cilindro metálico sólido, que se adapta al vastago percusor y este a su vez a una tijera que permite el giro para no atorarse, (Fig. 5) en la parte inferior se le coloca una broca, que se utiliza para golpear y aflojar el azolve cuando está solidificado por efecto del tiempo. Para este fin, la máquina de perforación tiene una biela que efectúa un movimiento ascendente-descendente que le transmite al barretón aflojando de esta manera el azolve, extrayendo este con la cuchara. Esta es un tubo hueco que en la parte inferior tiene una trampa para que el material que entra quede atrapado en su interior. La cuchara se adapta a un cable especial de menor diámetro que el usado para la herramienta y su movimiento es independiente, debe tener un diámetro de 4" menos que el del ademe para que no se atore; de la misma forma que en el barretoneo, se opera con un movimiento ascendente-descendente para que el azolve entre a la cubeta cada vez que se repite el movimiento, hasta que a juicio del operador de la máquina la cubeta se ha llenado, procediendo a sacarla, vaciarla y repetir esta operación hasta que el pozo quede limpio. En algunos pozos de los llamados "areneros" al estar efectuando la limpieza con la cubeta no se saca material al no tener cohesión la arena y estar demasiado lavada, en este caso, el supervisor puede autorizar el empleo de bentonita a greña, preparándola en sitio en forma de "bolas", arrojándolas al pozo y triturándolas con el barretón - se mezcla con la arena y puede ya ser extraída sin problemas.

#### d) Limpieza.

Es muy común que el agua de lluvia adquiera en la atmósfera a la hora de precipitarse ácidos, bióxido de carbono y otros elementos que lleva consigo en el proceso de infiltración por las diferentes capas o estratos del subsuelo en donde va disolviéndose y añadiendo sales, carbonatos, etc. hasta llegar a los man-



VALVULA  
PLANA



DE SUCCION

FIG. 4 TIPOS DE CUCHARA



FIG. 5 SARTA DE PERFORACION  
COMPLETA PARA REHABILITACION

tos acuíferos en donde se combinan con los gases resultantes de la degradación orgánica, formándose precipitados insolubles que ocasionan incrustaciones en el filtro y en las ranuras del ademe obstruyendo las vías de flujo del agua; este problema trae como consecuencia una mayor pérdida de energía a la entrada del acuífero al pozo y el consiguiente aumento en la capacidad de bombeo del equipo al haber un mayor abatimiento del nivel de explotación, lo que resulta antieconómico y puede causar daños muy serios al equipo al trabajar forzado. Por esta razón, una vez terminado el trabajo de desazolve, se procede a efectuar la limpieza del ademe y filtro empleando para este fin equipo de tipo mecánico o productos químicos que garanticen un buen resultado. El proceso de limpieza mecánico consiste en cepillar y pistonear el filtro y el ademe, aprovechando el movimiento de la biela de la máquina de perforación, el cepilleo y pistoneo consisten en lo siguiente:

**Cepilleo.-** Para este trabajo, se arma en sitio un tubo cilíndrico hueco al que se le hacen perforaciones perimetralmente, en los que se insertan alambres de acero con un diámetro ligeramente mayor al del ademe, para que se ajuste perfectamente a este con lo que se consigue un tallado efectivo sobre la pared y ranuras, desprendiendo la corrosión e incrustaciones. El cepillo debe ser pesado, para esto se puede adaptar al barretón con el fin de que no se atore en el ademe. El movimiento para la limpieza se le da con la biela de la máquina en sentido ascendente-descendente semejante al de un pistón; esta actividad debe iniciarse desde la parte superior del ademe (boca del pozo) e ir bajando en tramos constantes de 10 metros por hora hasta llegar al fondo, dando por terminado el trabajo cuando a juicio del supervisor y operador de la máquina el pozo ha quedado limpio de corrosión e incrustaciones. (Fig. 6).

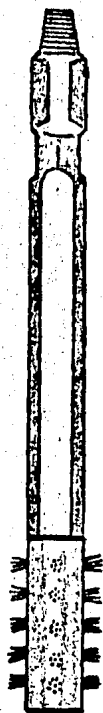


FIG. 6 CEPILLO PARA LIMPIEZA  
DE ADEME



Agitación mecánica o pistoneo.- Para efectuar este trabajo se utiliza un pistón (Fig.7), que generalmente se adapta al barretón para tener peso, la máquina de perforación le imprime un movimiento-ascendente-descendente produciendo una agitación dinámica en el interior del ademe, filtro y formaciones cercanas, que destapan las vías de circulación del agua al pozo, procediendo a extraer el azolve y demás material que se deposita en el fondo como resultado de esta actividad, utilizando la cubeta de perforación.

El pistón es la herramienta más comunmente usada para este fin, se construye de una sola pieza y consiste en dos discos de cuero o caucho prensados entre discos de madera montados sobre un niple de tubo galvanizado sellado en ambos extremos a rondanas de acero con soldadura, el diámetro de los discos debe ser aproximadamente 0.5-cms. más grande que el del ademe para que se ajuste perfectamente a las paredes, así, la agitación es más eficiente.

La agitación se inicia en forma lenta introduciendo el pistón a 5.00 m. debajo del nivel estático, aumentando la velocidad en forma gradual hasta mantenerla constante para que el pistón trabaje con eficiencia, de esta manera se ha obtenido en la práctica un rendimiento aproximado a 10 metros por hora, así, el supervisor puede programar con seguridad el tiempo de duración de este trabajo.

Limpieza con productos químicos.- Terminada la actividad anterior debe hacerse la limpieza del filtro utilizando productos químicos que separan las arenas, arcillas y material fino que ha quedado atrapado en este que obstaculiza el flujo del agua. Existe en el mercado una amplia variedad de estos productos; el mas conocido y usado es el hexametáfosfato de sodio (dispersor de arcillas). Cualquiera que se elija, se prepara y se introduce al pozo en un canastilla para que se disuelva en el agua almacenada; al producirse la reacción, se destruyen las concentraciones de arcilla y material fino facilitando su remoción con la cubeta de perforación.

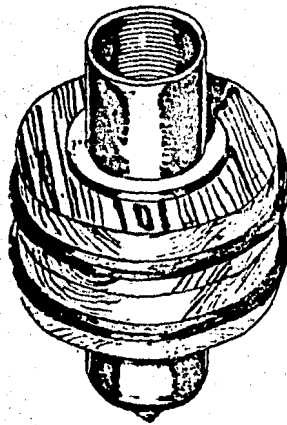


FIG.7 PISTON PARA AGITACION

La proporción utilizada es de 100 a 200 litros según la profundidad y diámetro del pozo. Para que penetre en forma adecuada por las ranuras, se hace una agitación con el pistón en tramos de 50 metros - por hora, al terminar, se deja en reposo una hora, para extraer el azolve y dejarlo listo para el desarrollo y aforo.

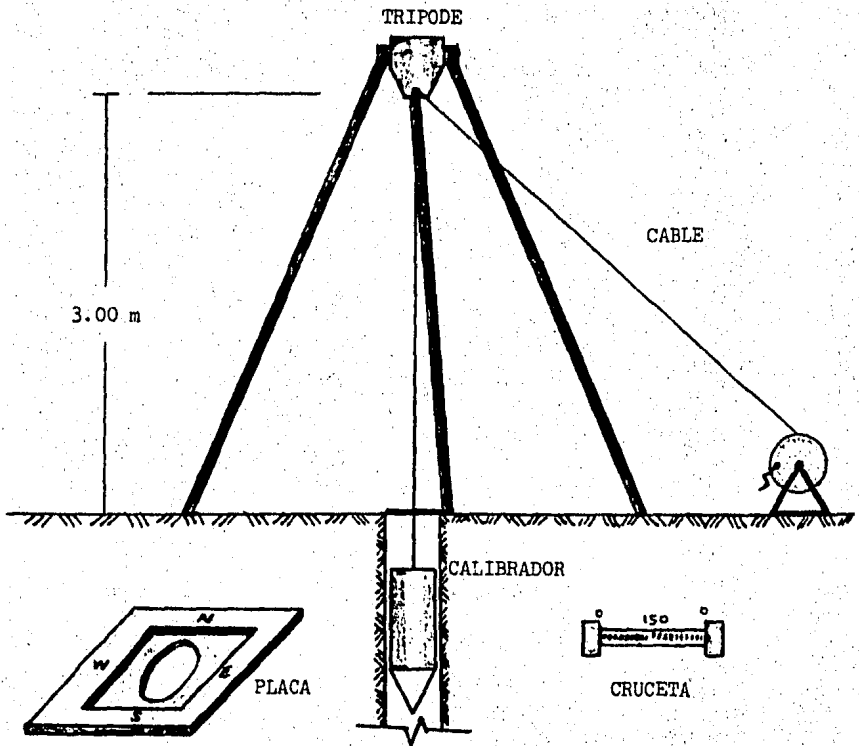
Desinfección.- La desinfección es el paso final en la limpieza del - pozo, teniendo como objetivo la destrucción de los micro-organismos, causantes de enfermedades, que entran durante las distintas actividades de desazolve o limpieza. Para este fin, se introduce en el pozo una solución fuerte de cloro, se agita con el pistón y se deja - en reposo varias horas, de preferencia la noche después de terminar el turno de trabajo. Para confirmar que el tratamiento y dosis de - cloro son los adecuados, se toman muestras del agua y se envían a - un laboratorio especializado donde se le harán análisis físico, quí - mico y bacteriológico para verificar su calidad.

#### e) Calibración de ademes.

Se define como el conjunto de actividades que se realizan para cono - cer con exactitud los diferentes diámetros de ademe instalados en - un pozo.

Para realizar este trabajo, se monta un trípode equipado con un ca - rrete de cable de 3/16"  $\phi$  y hasta 400 metros de longitud en el que se coloca un tubo cilíndrico hueco, pero con peso suficiente, cali - brado con un diámetro exterior 1.5" menor al del ademe, este se in - troduce en el pozo bajándolo en forma lenta para evitar atorones, - anotando la profundidad en donde ya no pasa al siguiente tubo, en - este momento se saca para cambiar el cilindro, volviéndolo a intro - ducir, esta operación se repetirá cuantas veces sea necesario, re - gistrando todos los cambios de ademe. (Fig. 8).

FIG. 8 EQUIPO PARA CALIBRACION DE  
ADEMES Y REGISTRO DE VERTICALIDAD



f) Verticalidad del pozo.

La verticalidad se refiere a la desviación existente a lo largo del ademe respecto al eje o línea de referencia perfectamente vertical que pasa por el centro geométrico del pozo.

Con la obtención de los valores de esta prueba se construye una gráfica, que muestra las desviaciones a lo largo del ademe, con la que se determina si se instala bomba de tipo sumergible o de turbina que no provoque atoramientos en la columna o mal funcionamiento de la flecha.

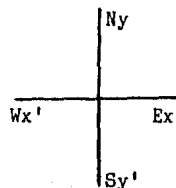
Para el desarrollo de este trabajo se utiliza el mismo equipo que en la calibración de ademes, (Fig. 8) la diferencia es que en esta prueba, el supervisor puede autorizar al contratista a registrar la verticalidad hasta la profundidad a que va a estar el cuerpo de tazonos de la bomba.

El trípode se coloca y se ajusta a una altura de 3.00 metros entre el brocal del pozo y la polea del cable, perfectamente centrado en el eje de ademe.

El método anterior se denomina "sonda suspendida" y consiste en colocar una placa de acero (orientada hacia el norte y con los 4-puntos cardinales) del mismo diámetro del cilindro o calibrador, este se introduce en el ademe y es bajado lentamente siguiendo el eje, en tramos de 3.00 metros, en donde se mide con una cruceta los desplazamientos en uno y otro sentido respecto al centro del ademe, anotando en una hoja de registro los resultados para dibujar la gráfica de desviaciones al final de esta prueba. Cuando el pozo es de tipo telescopiado (ademes de diferente diámetro) en cada cambio de cilindro se debe hacer el respectivo cambio de placa y cruceta, repitiendo esta operación cuantas veces se requiera, dando por terminado este trabajo cuando a juicio del supervisor se han tomado los datos necesarios para registrar la verticalidad del pozo, Se anexan resultados de esta prueba en la hoja de anexo VIII.

REGISTRO DE VERTICALIDAD

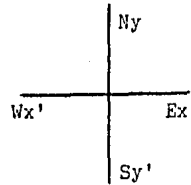
POZO: AUXILIAR XOTEPINGO 9 - B  
 DIAMETRO DEL ADEME: 12" y 10"  $\phi$ , PROF. 120 m  
 DIAMETRO DEL CALIBRADOR: 10" y 8"  $\phi$   
 ALTURA DE LA PLACA A LA POLEA: 2.51 m



LECT No.	PROFUNDI- DAD (m)	LECTURA N S mm	DESPLAZAMIENTO		LECTURA E W mm.	DESPLAZAMIENTO		RESUL- TANTE.	
			N(+) mm	S(-) mm		E(+) mm.	W(-) mm.		
1	0.00	150			150			0	
2	3.00	153		6	153		7	9	
3	6.00	157		23	153		24	33	
4	9.00	159		41	157		32	52	
5	12.00	160		58	161		64	86	
6	15.00	158		56	159		63	84	
7	18.00	157		57	157		57	81	
8	21.00	158		75	153		28	80	
9	24.00	157		74	153		32	81	
10	27.00	157		82	155		59	101	
11	30.00	154		52	155		65	83	
12	33.00	153		42	155		71	82	
13	36.00	153		46	155		77	90	
14	39.00	153		50	155		83	97	
15	42.00	153		53	155		89	104	
16	45.00	153		57	154		76	95	
17	48.00	153		60	154		80	100	
18	51.00	153		64	154		85	106	
19	54.00	154		90	153		67	112	
20	57.00	154		95	153		71	119	
21	57.15	154		95	153		71	119	
		SE CAMBIA CALIBRADOR DE 10" X 8" $\phi$ .							
22	60.00	151		25	154		100	103	
23	63.00	151		26	154		104	107	
24	66.00	152		55	154		109	122	
25	69.00	153		85	157		199	216	
26	72.00	152		59	158		237	244	
27	75.00	152		62	158		247	255	
28	78.00	152		64	158		257	265	

REGISTRO DE VERTICALIDAD

POZO: AUXILIAR XOTEPINGO 9 - B  
 DIAMETRO DEL ADEME: 12" y 10"  $\phi$ , PROF. 120 m  
 DIAMETRO DEL CALIBRADOR: 10" y 8"  $\phi$   
 ALTURA DE LA PLACA A LA POLEA: 2,51 m

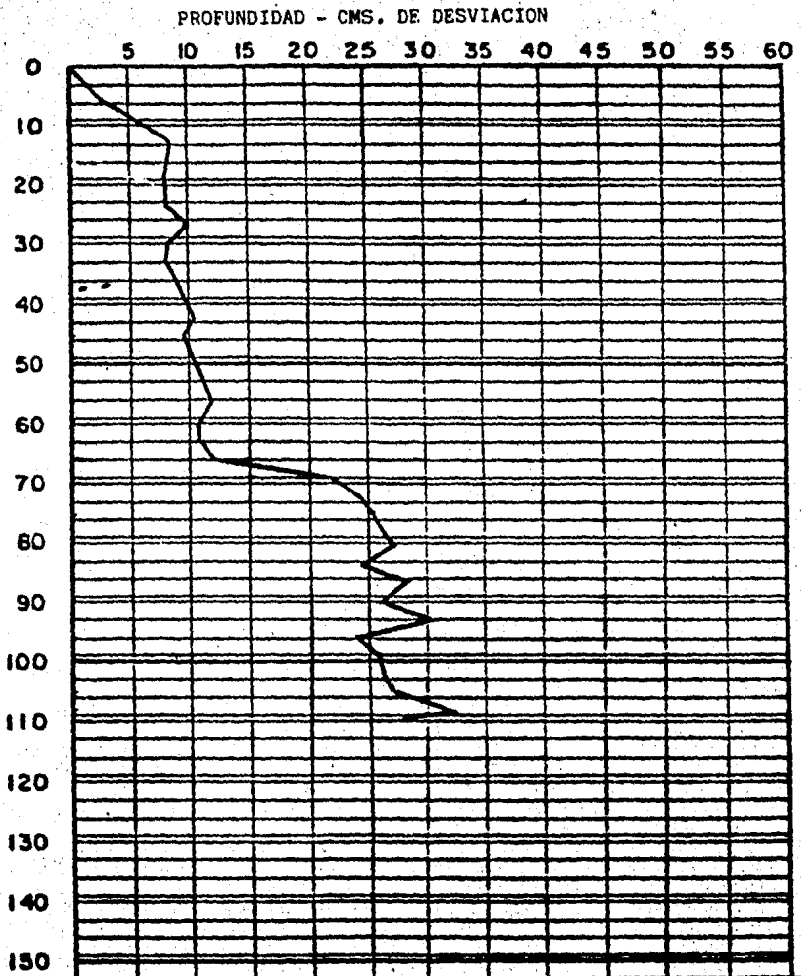


LECT No.	PROFUNDI DAD (m)	LECTURA N S mm.	DESPLAZAMIENTO		LECTURA E W mm	DESPLAZAMIENTO		RESUL- TANTE.
			N(+) mm	S(-) mm		E(+) mm	W(-) mm	
29	81.00	152		66	158		266	274
30	84.00	151		35	157		241	244
31	87.00	151		36	158		285	285
32	90.00	151		37	157		258	261
33	93.00	151		38	158		304	306
34	96.00	151		39	156		235	238
35	99.00	152		81	156		243	256
36	102.00	152		83	156		250	263
37	105.00	152		86	156		257	271
38	108.00	152		88	157		308	320
39	109.23	152		89	156		287	281
TERMINA LA PRUEBA								

REGISTRO DE VERTICALIDAD

POZO: AUXILIAR XOTEPINGO 9-B

GRAFICA DE DESVIACION DEL POZO



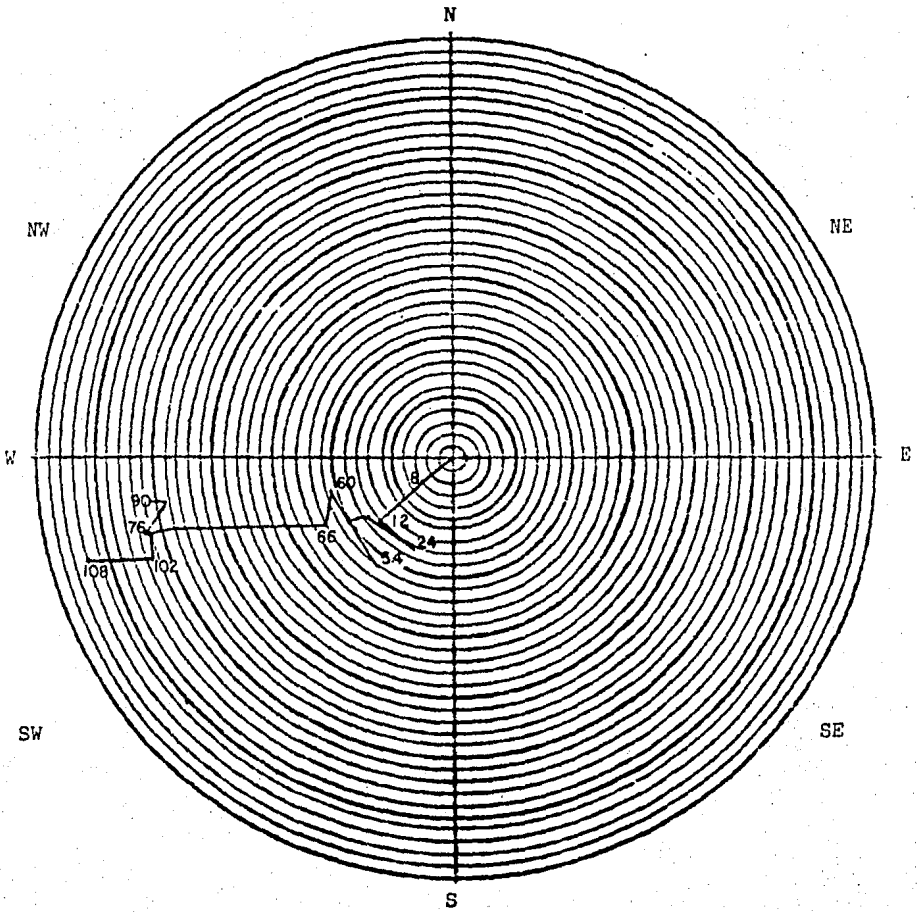


REGISTRO DE VERTICALIDAD

POZO: AUXILIAR XOTEPINGO 9-B

GRAFICA DE DESVIACIONES DEL POZO.

PROFUNDIDAD-CMS. DE DESVIACION



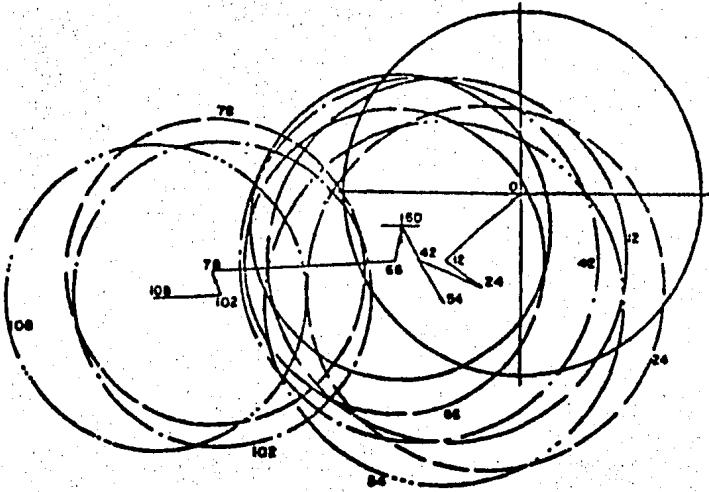
PLANTA

ESCALA 1:5

REGISTRO DE VERTICALIDAD

POZO: AUXILIAR XOTEPINGO 9-B

SECCIONES REPRESENTATIVAS



REGISTRO DE VERTICALIDAD

RESULTADO DEL REGISTRO DE VERTICALIDAD EFECTUADO EN EL POZO AUXILIAR  
XOTEPINGO 9 - B

FECHA: 30 DE JULIO DE 1984

SISTEMA DE REGISTRO: SONDA SUSPENDIDA

ADEME DEL POZO: 12"  $\emptyset$  DE 0.00 A 60.00 m, 10"  $\emptyset$  DE 57.00 A 120.00 m

PROFUNDIDAD SONDEADA: 109.23 m

VERTICALIDAD: FUERA DE TOLERANCIA EN SU TOTALIDAD

TIPO DE DESVIACION: DE "GUSANO" DE 12.00 A 66.00 m Y DE 80.00 A 109.23 m  
PARABOLICO DE 0.00 A 12.00 m Y DE 66.00 A 80.00 m

OBSERVACIONES: DEBIDO A QUE ESTE POZO SE ENCUENTRA DESVIADO 12 CMS. RESPECTO A SU EJE DESDE LOS 12.00 m Y YA NO HAY RECUPERACION DE LA VERTICALIDAD, SE RECOMIENDA LA INSTALACION DE UNA BOMBA SUMERGIBLE DE 6"  $\emptyset$ , PUESTO QUE CON UNA DE TIPO TURBINA HABRIA CONTACTO DE LOS TAZONES EN EL ADEME Y TRABAJARIA LA FLECHA FORZADA.

NOTA: ANTES DE REHABILITAR ESTE POZO, SE ENCONTRABA OPERANDO UNA - BOMBA PROFUNDA TIPO TURBINA DE 8"  $\emptyset$ , LA QUE EXTRAIA MUY POCO GASTO ( VER MEDICIONES PREVIAS ) Y FRECUENTEMENTE SE QUEMABA EL MOTOR AL TRABAJAR LA FLECHA FLEXIONADA POR LA DESVIACION DEL POZO.

g) Registro con cámara de televisión.

Para esta actividad se utiliza una cámara de televisión totalmente hermética montada en un cilindro hueco, con guía para evitar que se atore en los cambios de ademe, muelles laterales para que no se golpee, entre la lente y la guía lleva un foco (protegido por una cámara de aceite para que no se funda con los cambios de temperatura del agua a mayor profundidad) que va dando luminosidad al lugar por donde pasa. La cámara está conectada a un monitor instalado en una unidad móvil que lo provee de la energía necesaria y un cable calibrado, la cual al ir bajando al interior del pozo proyecta la imagen de los detalles e incidencias del ademe, así como la profundidad.

En ocasiones, en los procesos anteriormente descritos, se trabaja con incertidumbre porque se atora la herramienta o los calibradores y no se tiene seguridad del origen del problema, en este momento el supervisor podrá suspender en forma momentánea la actividad que se esté desarrollando y evaluar la conveniencia de hacer una inspección con la cámara de televisión. Con este equipo se puede conocer con exactitud la profundidad del pozo, nivel estático, cambios de diámetro de los ademes, profundidad de tuberías ciegas y ranuradas, ademes corroidos y destruidos, etc., con los resultados obtenidos se determina si el pozo debe ser sujeto a rehabilitación especial o solamente se requiere hacer un encamisado, introducir el trompo para enderezarlo o pescar alguna herramienta u otro objeto que se encuentre en el interior.

Antes de introducir la cámara, es necesario verificar que el agua almacenada en el pozo esté completamente clara para tener visibilidad, cuando no se tiene esta condición se procede a clarificarla utilizando productos químicos que motivan la desestabilización de las partículas causantes de la turbidez, formando precipitados que se depositan en el fondo del pozo. El reactivo químico más usado es el alumbre en forma sólida que se añade al-

agua, dejando en descanso al pozo por un período de 48 horas, al término de las cuales se introduce la cámara de televisión para hacer el registro en video casete, el que entregará el contratista al supervisor para su proyección y análisis, determinando la solución a los problemas observados.

#### h) Operaciones de pesca.

Como en todo trabajo, en el proceso de rehabilitación puede haber descuido del personal y precipitarse al fondo del pozo alguna herramienta, tubería, columna y bombas que pueden quedar atrapadas en el ademe ocasionando taponamientos que obstaculizan el flujo del agua y si no son recuperados provocan abatimiento del nivel de explotación del acuífero. Para la recuperación de estos objetos se utilizan pescadores prefabricados o hechos en sitio, a esta labor comúnmente se le conoce como pesca. El pescador es una barra de acero con "dientes" o muelles en su perímetro con el peso necesario para introducirse en el objeto que se va a extraer. Este dispositivo tiene varias presentaciones, siendo los más conocidos y usados el de tipo "arpón" para pescar tuberías y columnas y el de tipo "campana" para extraer bombas y herramientas. (Fig. 9).

El supervisor debe analizar que ésta actividad en algunas ocasiones requiere de mucho tiempo incrementando el costo del trabajo, sin ninguna garantía de éxito y en el mejor de los casos dejar abandonados los objetos que se encuentren en el interior, siempre y cuando no sea perjudicial para el funcionamiento del equipo de bombeo y del acuífero.

#### i) Trompeo.

Los cambios de temperatura y movimientos telúricos causan deformaciones y pequeños movimientos verticales en el o los ademes, que originan anomalías en los trabajos de desazolve, limpieza e



a)



b)



c)

FIG. 9 DIFERENTES  
TIPOS DE PESCADOR

a) DE ARPON

b) y c) ARPON-CAMPANA

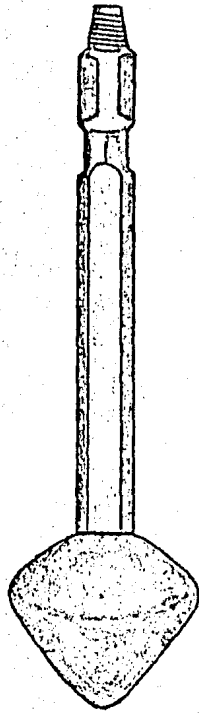


FIG. 10 TROMPO

instalación del equipo de bombeo, que se manifiesta en atrones del mismo o de la herramienta. Para corregir este problema, se utiliza un trompo metálico (fig. 10) con peso suficiente que se adapta al cable de la herramienta de la máquina, la que le imprime un movimiento ascendente-descendente para golpear el tramo donde se presenta la deformación y enderezarla. Este método se auxilia con la toma de impresiones para conocer tanto el diámetro como la profundidad del ademe donde se presenta el defecto y seleccionar el tipo de trompo adecuado.

### 3.4 REHABILITACION ESPECIAL.

Terminada la rehabilitación simple, el contratista debe presentar un informe del estado final del pozo (datos del pozo rehabilitado: anexo IX) y recomendaciones sobre otros trabajos que deban efectuarse en el mismo como son: desarrollo, aforo y selección del equipo de bombeo definitivo para instalar en el pozo ó en otro caso diagnosticar problemas más serios como roturas de ademe, abatimiento de niveles, proponiendo la correspondiente rehabilitación especial, abandono o reposición del pozo. Las causas más comunes que se presentan para que un pozo sea programado para este trabajo son:

- a) Pozo agotado.
- b) Pozo con rotura de ademe
- c) Pozo con ademe de diámetro insuficiente.
- d) Pozo perdido.

A) Pozo agotado.- El problema en un pozo agotado es que el equipo de bombeo opera a una profundidad cercana al fondo del pozo, no teniendo una cámara de bombeo con capacidad de captación adecuada que pone en peligro de quemar el motor por trabajar en cavitación (boqueo); otra causa es la presencia de ademe de diámetro pequeño que no permite el paso de la bomba lo que ocasiona-



DATOS DEL POZO REHABILITADO

POZO: AUX. XOTEPINGO 9-B

PROFUNDIDAD TOTAL: 120.00 m N.E. 42.70 m N.D. m, Q: 1ps

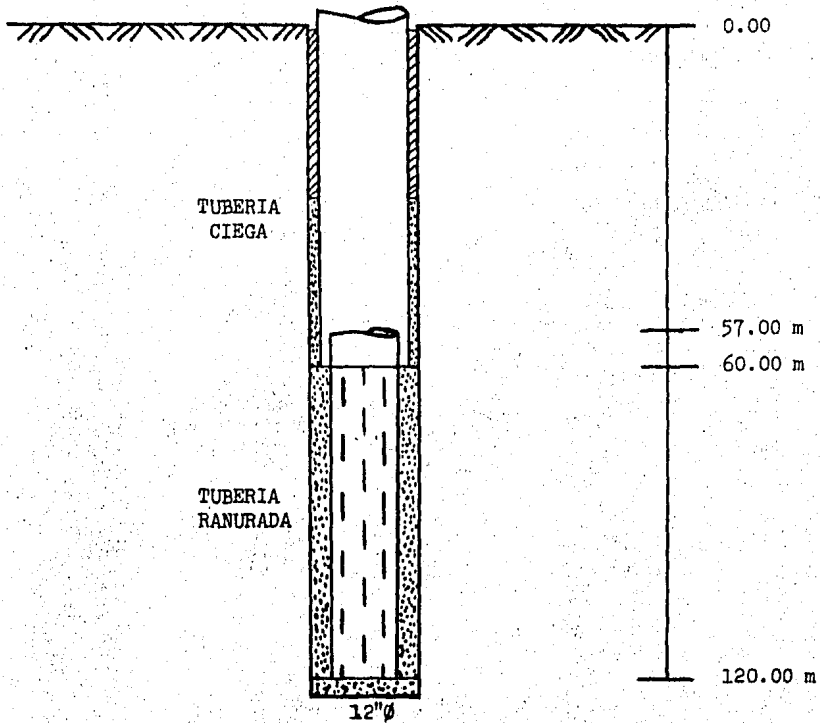
ADEME:  $\varnothing$  12", PROF. 60 m,  $\varnothing$  10", PROF. 120 m,  $\varnothing$           PROF.         

TUBERIA CIEGA 60 m, RANURADA 60 m, PRESION EN LA LINEA: 2.0 Kg/cm2.

DESCRIPCION DE TRABAJOS EFECTUADOS EN LA REHABILITACION: MEDICIONES PREVIAS, DESAZOLVE, CEPILLO, PISTONEO, APLICACION DE DISPERSOR DE ARCILLAS, CALIBRACION DE ADEMES, REGISTRO DE VERTICALIDAD

TRABAJOS QUE SE RECOMIENDAN: DESARROLLO, AFORO E INSTALACION DE EQUIPO DE BOMBEO.

P E R F I L



que el equipo trabaje en las condiciones anteriores. Una solución consiste en ampliar la cámara de bombeo extrayendo el ademe enunciado para perforar y profundizar el pozo, instalar nuevos ademes de diámetro adecuado y aumentar el caudal en la zona de captación. El supervisor deberá hacer el nuevo diseño geométrico del pozo to mando en cuenta las características del acuífero para preveer un caudal aceptable.

La extracción del o los ademes inferiores será por etapas, iniciando por el más profundo (de menor diámetro), siguiendo con el de mayor diámetro. El supervisor hará una evaluación del estado de estos e informará si es posible utilizarlos en otro pozo, posteriormente el contratista los transportará al lugar donde se le in dique para su reacondicionamiento y almacenaje.

La profundización del pozo deberá efectuarse con la máquina de perforación utilizada en la rehabilitación. La nueva perforación debe quedar perfectamente vertical y de igual diámetro en toda su longitud para que se haga la respectiva selección del ademe (ciego y ranurado) que se instale en este tramo. las tuberías deben ser estrictamente nuevas y podrá ser armada "in situ" dependiendo de la altura y capacidad de carga de la grúa, la unión con otro tubo debe ser con soldadura eléctrica, así mismo las de diferente diámetro serán unidas mediante campana reductora, las tuberías de nueva colocación se instalarán bajando por su propio peso sin hin carlas, con el objeto de garantizar un espacio anular entre el tu bo y la pared de la perforación para facilitar la colocación de la grava para filtro. En la instalación de tuberías traslapadas "telecopiadas" el tubo de menor diámetro debe introducirse cuando menos 3.00 m en el de mayor diámetro. Terminados los trabajos anteriores, se procede a engravar el espacio anular, limpiar el pozo mediante los procesos vistos y efectuar el desarrollo y aforo de la nueva cámara de bombeo para seleccionar el equipo de bombeo definitivo.

B) Pozo con rotura de ademe.- Un ademe roto se detecta muy fácilmente en el proceso de desazolve al sacar con la cuchara arena gruesa, grava del filtro y formación del acuffero. El operador de la máquina debe tomar varias muestras del material extraído y comunicarlo de inmediato al supervisor el que procederá a efectuar una clasificación visual y al tacto del mismo sacando conclusiones y diagnosticando la rotura del ademe.

Una vez confirmada la presencia de material del filtro y la rotura del ademe, el supervisor debe ordenar que se continúe desazolviendo y se haga la limpieza del pozo hasta el fondo, al término de estas actividades se hace un encamisado que consiste en la instalación de un nuevo ademe de menor diámetro al superior que permita la instalación de la bomba con la que se extraiga un gasto económicamente aceptable en relación al costo de la inversión. La colocación de la nueva tubería deberá seguir la secuencia de trabajo descrito en el inciso A) "pozo agotado", auxiliándose con los métodos de prueba de verticalidad, impresiones, calibración de ademes, desarrollo y aforo de acuerdo a los incisos del capítulo 3.3.

En algunas ocasiones, cuando la rotura de ademe no es muy grande, se puede corregir con el empleo del trompo, enderezando el tramo afectado; otra opción es colar un tapón de concreto sobre el nivel del azolve (donde se manifiesta la rotura del ademe) e introducir el barretón para que con el golpeo el concreto penetre en la rotura, se deja fraguar por un período de 24 horas, después de este lapso, se vuelve a golpear con el mismo hasta romperlo extrayéndolo en pedazos con la cuchara, continuando normalmente con el desazolve hasta su terminación.

C) Pozo con ademe de diámetro insuficiente.- Este tipo de pozo es el ademe "telescopiado" que en ocasiones, al azolverse ó decrecer su nivel dinámico, no permiten la instalación de un equipo de bombeo ya que no tienen el diámetro adecuado que permita rendir un gasto económicamente aceptable. Para su rehabilitación se sigue la misma secuencia de trabajo del inciso A) "pozo agotado".

D) Pozo perdido.- Existen pozos en los que técnica y económicamente, ya no es recomendable hacer ningún tipo de rehabilitación al estar los ademes completamente destruidos por la corrosión, derrumbadas las paredes de la perforación, etc. y resulta mas factible su abandono, haciendo la perforación de un pozo nuevo en un perímetro de 15 a 20 m; a este se le conoce comunmente como "pozo de reposición".

## CAPITULO 4

### DESARROLLO Y AFORO

#### 4.1. DESARROLLO.

Principalmente, el objetivo del desarrollo de un pozo es la remoción del sedimento, arena y otros materiales de una zona inmediata alrededor de la rejilla y del filtro, con lo que se crean cauces mas anchos en la formación a través de las que fluye mas libre el agua hacia el pozo, Con el desarrollo se logra el reacomodo del filtro y de las partículas del acuífero aumentando su porosidad y permeabilidad, de esto depende la estabilidad y vida útil del pozo.

Existen varios métodos para efectuar este trabajo, de los cuales ya se enunciaron los de limpieza con agitación mecánica (pistoneo) y con productos químicos (dispersor de arcillas). En la rehabilitación de un pozo, comunmente se utiliza equipo mecánico para efectuar el desarrollo y aforo en forma simultanea para evitar en lo posible estarlo cambiando, eliminando de esta manera las pérdidas económicas y minimizando el tiempo requerido para esta actividad. El equipo mecánico (Fig.11) consta de una bomba tipo turbina para pozo profundo accionada por un motor de combustión interna, con una capacidad del 50% mayor que la necesaria para el bombeo del caudal de explotación estimado, además del equipo anterior el contratista debe contar con un tubo corto con una longitud apropiada (1.12m) del mismo diámetro del cabezal del motor, dotado en uno de sus extremos de una brida para conectarse a este y en el otro extremo se instala un orificio calibrado y un piezómetro para medir la altura que alcanza el agua, y en general de todo el equipo que haya utilizado en las mediciones previas del pozo.

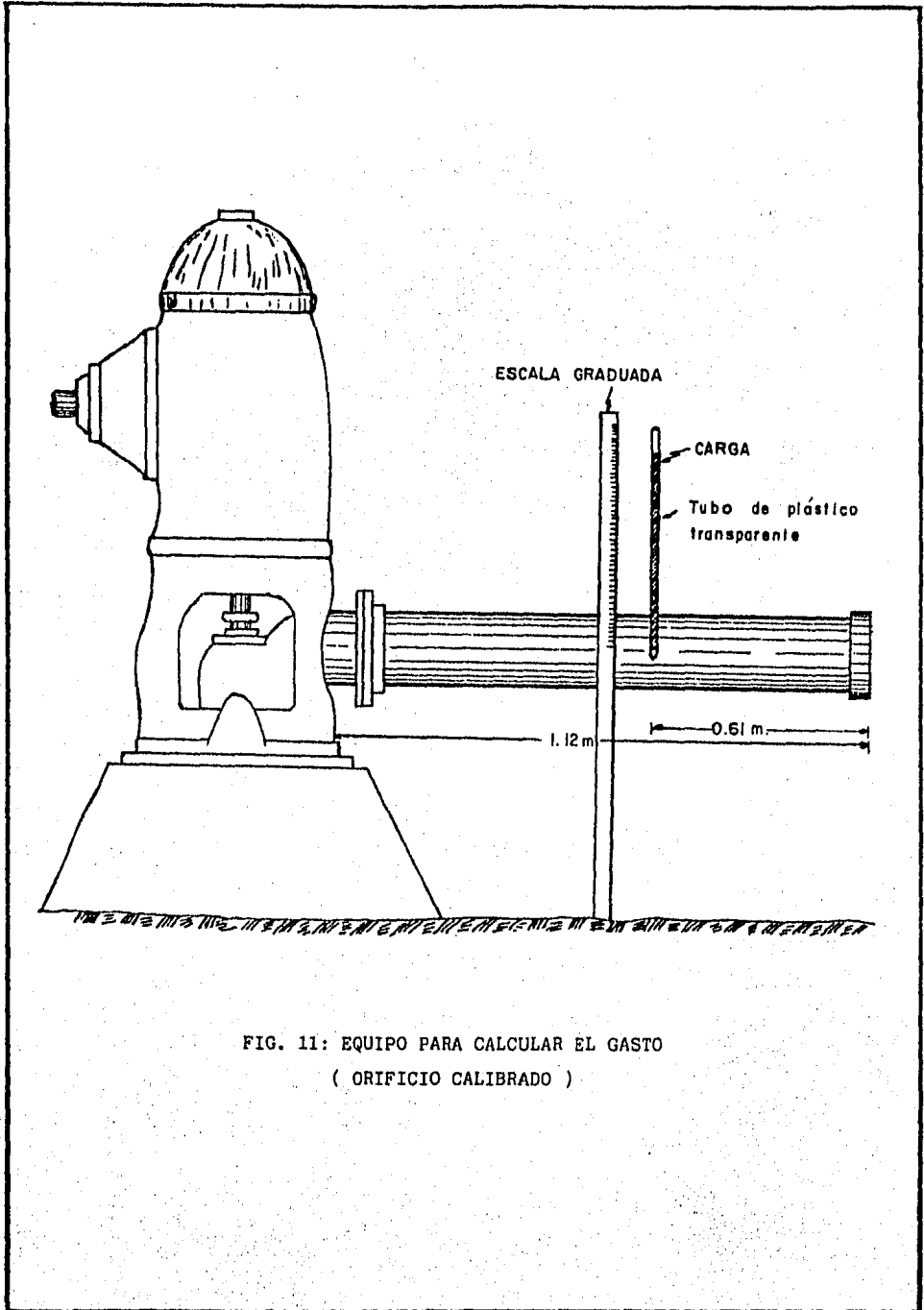


FIG. 11: EQUIPO PARA CALCULAR EL GASTO  
( ORIFICIO CALIBRADO )

Terminando la instalación del equipo de aforo anterior, el contratista debe disponer de formatos para registrar los datos generales del pozo y del equipo, así como de las tablas del anexo V para calcular el gasto correspondiente a la altura obtenida en el piezómetro, indicando también en forma precisa la hora en que se inicia el bombeo.

El desarrollo, comunmente tiene una duración de 48 horas, pudiendo prolongarse el tiempo necesario hasta lograr el bombeo de agua totalmente limpia, considerando que el filtro ha quedado estabilizado y el pozo limpio y libre de azolve.

El trabajo se inicia operando el motor al menor número de revoluciones por minuto (rpm) posible, obteniendo el gasto, nivel de bombeo, etc. y muestras del agua, las que son inspeccionadas en forma visual con el propósito de observar el tiempo en que se estabiliza el filtro; a continuación, se incrementan las revoluciones por etapas hasta que se vaya obteniendo agua limpia, libre de sólidos en suspensión. Los incrementos de revoluciones por minuto son de 100 en 100, de acuerdo con el comportamiento del pozo, hasta llegar al gasto máximo posible momento en que a juicio del supervisor se inicia el aforo en forma decreciente de gasto máximo a gasto mínimo ó suspendiendo el bombeo para ajustar los impulsos y reiniciar con el motor operando en el mínimo de revoluciones. Las mediciones deben obtenerse a cada hora y agitarse el agua con la que tiene la columna la que se "regresa" al suspender el bombeo y remueve el azolve que aún se encuentre en el pozo y el filtro. En el cabezal del equipo utilizado, se conectan niples con mangueras de  $\frac{1}{2}$ " de diámetro adaptadas a un recipiente con agua que se inyecta por el espacio anular donde se encuentra el filtro de grava, con el objeto de que este lubriquee y se acomode en forma adecuada a las nuevas condiciones del pozo.

Si al terminar el desarrollo, el agua continua saliendo turbia y con finos, se procede a golpear el ademe en la parte superior con alguna herramienta ó se introduce un vibrador de concreto que pegue en las paredes del ademe para que destruya las concentraciones de arcilla que aún obstruyan el filtro prolongando el desarrollo por un período de 12 a 24 horas.

#### 4.2 AFORO.

Para efectuar la selección del equipo de bombeo definitivo que se requiere instalar en un pozo rehabilitado, es de vital importancia efectuar una prueba de bombeo conocida comunmente como "aforo" con el fin de conocer los gastos mínimo y máximo, nivel de bombeo y las revoluciones del motor; con estos datos se debe calcular dicho equipo.

Al efectuar el aforo de un pozo, los principales datos que deben registrarse son:

**Nivel estático.**- Es la altura vertical en metros, desde el brocal del pozo hasta el nivel libre del agua cuando no se está operando el equipo de bombeo.

**Nivel Dinámico.**- Es la altura vertical en metros, desde el brocal del pozo hasta el nivel donde se mantiene el agua cuando se está operando el equipo de bombeo. Esta medida debe obtenerse cada hora y en cambios de revolución del motor.

**Abatimiento.**- Es la diferencia en metros entre el nivel estático y el nivel dinámico al estar operando el equipo de bombeo. Al suspender el bombeo, se define como nivel de recuperación.

**Gasto.**- Es el volumen de agua que produce un pozo en la unidad de tiempo, se mide en litros por segundo (lps).

**Capacidad específica.**- Es la relación del gasto de extracción y el abatimiento en metros, se mide en litros por segundo entre metro (lps/m).

**Temperatura del agua.**- Esta medida debe tomarse con un termómetro en la salida del orificio en grados centígrados (°C).

Además de lo anterior, deben tomarse muestras del agua bombeada a cada hora, con el objeto de mandarse a un laboratorio para que se determine su calidad y se seleccione el proceso de tratamiento para potabilizarla, y hacerla apta para el consumo humano.



Como ya se comentó, el equipo para efectuar el aforo, es el mismo utilizado en el desarrollo del pozo, siguiendo la misma secuela. En la práctica, una vez que se ha dado por terminado el desarrollo, se le autoriza al contratista continuar con el aforo sin suspender el bombeo, iniciando con el registro de gasto ( calculado con la altura registrada en el piezómetro y las tablas del anexo V ), nivel dinámico rpm del motor, temperatura del agua, toma de muestra, fecha y hora de inicio del bombeo. Normalmente, este trabajo tiene un período de ejecución de 24 horas, distribuidas en varias etapas dependiendo del rango de revoluciones por minuto que proporciona el motor. Establecido el tiempo de duración de cada etapa (por ejemplo, en un motor con rango de 1 500 a 2 100 rpm, se tienen seis etapas con duración de cuatro horas cada una) se toman todos los datos enunciados anteriormente a cada hora, disminuyendo de 100 en 100 rpm la velocidad del motor, hasta que este trabajo con la mínima rpm ó hasta que ya no se registre altura en el piezómetro, terminando el aforo en este momento, se procede a suspender el bombeo y a registrar el nivel de recuperación del acuífero. Los intervalos de tiempo para medir esta serán fijados por el supervisor y en forma práctica son los siguientes: 1 minuto, 2 minutos, 4 minutos, 8 minutos, 15 minutos, 30 minutos, 1 hora, 2 horas, 4 horas, etc. hasta que se observa que el nivel estático se ha recuperado totalmente. El aforo puede efectuarse en forma contraria a lo anterior, es decir, una vez terminado el desarrollo se suspende el bombeo y se vuelve a poner en funcionamiento el motor en las revoluciones mínimas hasta llegar a las máximas obteniendo todos los datos enunciados; con estos, se construye una curva de gastos abatimientos - rpm del motor y se selecciona el nuevo punto de explotación del acuífero; con este el supervisor procede a calcular y seleccionar el equipo de bombeo definitivo. Se anexan hojas de resultados de esta prueba ( anexo X ).

#### 4.3 CALCULO Y SELECCION DEL EQUIPO DE BOMBEO.

Para hacer la selección adecuada de un equipo de bombeo que se ha de instalar en un pozo que ha sido rehabilitado, se deben de tomar en-

DESARROLLO Y AFORO

POZO: AUXILIAR XOTEPINGO 9-B

FECHA: 20 al 23 DE JULIO 1984

DATOS EQUIPO DE BOMBEO

DATOS MOTOR Y POZO

MARCA: FAIRBANKS MORSE

MARCA: CUMMINS

ORIFICIO: 8" x 6" Ø

MODELO 250 TC

COLUMNA: 54 m DE COLUMNA DE 8" Ø

H.P. 250

TAZONES: 10 PASOS 10 HC

PROF. Y Ø DE ADEME: 120 m

12" Ø-60 m, 10" Ø-60 m N.E. 42.70

DIA	HORA	RPM	PIEZOMETRO ( cm )	GASTO ( lps )	NIVEL DIN. ( m )	ABATIM . ( m )	OBSERVACIONES
20	19	---	---	---	42.70	---	INICIA DESARROLLO
"	20	1300	10		43.10		AGUA TURBIA
"	21	1300	10		43.05		AGUA POCO TURBIA
"	22	1300	10		43.02		AGUA LIMPIA
"	23	1300	10		43.00		AGUA LIMPIA
"	24	1300	10		43.00		AGUA LIMPIA
21	1	1300	10	20.24	43.00	0.30	AGUA LIMPIA
"	2	1400	15		43.20		AGUA TURBIA
"	3	1400	15		43.23		AGUA POCO TURBIA
"	4	1400	15		43.22		AGUA POCO TURBIA
"	5	1400	15		43.20		AGUA LIMPIA
"	6	1400	15		43.19		AGUA LIMPIA
"	7	1400	15	24.79	43.20	0.50	AGUA LIMPIA
"	8	1500	21		43.40		AGUA POCO TURBIA
"	9	1500	21		43.38		AGUA POCO TURBIA
"	10	1500	21		43.38		AGUA POCO TURBIA
"	11	1500	21		43.37		AGUA LIMPIA
"	12	1500	21		43.36		AGUA LIMPIA
"	13	1500	21	29.33	43.35	0.65	AGUA LIMPIA
"	14	1600	30		43.55		AGUA LIMPIA
"	15	1600	30		43.55		AGUA LIMPIA
"	16	1600	30		43.56		AGUA LIMPIA
"	17	1600	30		43.57		AGUA LIMPIA
"	18	1600	30		43.56		AGUA LIMPIA
"	19	1600	30	35.06	43.55	0.85	AGUA LIMPIA
"	20	1700	37		43.75		AGUA LIMPIA
"	21	1700	37		43.74		AGUA LIMPIA
"	22	1700	37		43.74		AGUA LIMPIA
"	23	1700	37		43.75		AGUA LIMPIA

DIA	HORA	RPM	PIEZOMETRO ( cm )	GASTO ( lps )	NIVEL DIN. ( m )	ABATIM. ( m )	OBSERVACIONES
21	24	1700	37		43.74		AGUA LIMPIA
22	1	1700	37	38.93	43.73	1.03	AGUA LIMPIA
"	2	1800	43		43.94		AGUA LIMPIA
"	3	1800	43		43.90		AGUA LIMPIA
"	4	1800	43		43.89		AGUA LIMPIA
"	5	1800	43		43.90		AGUA LIMPIA
"	6	1800	43		43.88		AGUA LIMPIA
"	7	1800	43	41.97	43.88	1.18	AGUA LIMPIA
"	8	1900	52		44.17		AGUA LIMPIA
"	9	1900	52		44.17		AGUA LIMPIA
"	10	1900	52		44.15		AGUA LIMPIA
"	11	1900	52		44.15		AGUA LIMPIA
"	12	1900	52		44.15		AGUA LIMPIA
"	13	1900	52	46.16	44.16	1.46	AGUA LIMPIA
"	14	2000	58		44.30		AGUA LIMPIA
"	15	2000	58		44.28		AGUA LIMPIA
"	16	2000	58		44.27		AGUA LIMPIA
"	17	2000	58		44.27		AGUA LIMPIA
"	18	2000	58		44.26		AGUA LIMPIA
"	19	2000	58	48.75	44.26	1.56	AGUA LIMPIA
"	20	2000	58		44.26		AGUA LIMPIA
"	21	2000	58		44.26		AGUA LIMPIA
"	22	2000	58	48.75	44.26	1.56	AGUA LIMPIA
"	23	1900	52		44.15		AGUA LIMPIA
"	24	1900	52		44.15		AGUA LIMPIA
23	1	1900	52	46.16	44.15	1.45	AGUA LIMPIA
"	2	1800	44		43.90		AGUA LIMPIA
"	3	1800	44		43.89		AGUA LIMPIA
"	4	1800	44	42.46	43.90	1.20	AGUA LIMPIA
"	5	1700	39		43.70		AGUA LIMPIA
"	6	1700	39		43.70		AGUA LIMPIA
"	7	1700	39	39.97	43.70	1.00	AGUA LIMPIA
"	8	1600	31		43.60		AGUA LIMPIA
"	9	1600	31		43.60		AGUA LIMPIA
"	10	1600	31	35.64	43.60	0.90	AGUA LIMPIA
"	11	1500	23		43.39		AGUA LIMPIA
"	12	1500	23		43.39		AGUA LIMPIA
"	13	1500	23	30.70	43.40	0.70	AGUA LIMPIA
"	14	1400	16		43.22		AGUA LIMPIA
"	15	1400	16		43.21		AGUA LIMPIA
"	16	1400	16	25.60	43.22	0.52	AGUA LIMPIA
"	17	1300	12		43.05		AGUA LIMPIA
"	18	1300	12		43.04		AGUA LIMPIA
"	19	1300	12	22.17	43.05	0.35	AGUA LIMPIA
TERMINA DESARROLLO Y AFORO							

## DESARROLLO Y AFORO

### POZO: AUXILIAR XOTEPINGO 9-B

NOTA: EL AFORO DEL POZO INICIO EL DIA 22 DE JULIO DE 1984, A LAS 19.00 Hr. CON 2000 RPM (REVOLUCIONES MAXIMAS), OBTENIENDO EL GASTO MAXIMO, DISMINUYENDO LAS REVOLUCIONES DE 100 EN 100 HASTA LLEGAR A LAS MINIMAS, DANDO POR TERMINADO EL AFORO A LAS 19.00 Hr. DEL DIA 23 DE JULIO.

### RECUPERACION DEL NIVEL DEL AGUA

TIEMPO	PROFUNDIDAD
1 MINUTO	42.90 m
2 MINUTOS	42.83 m
4 MINUTOS	42.80 m
8 MINUTOS	42.76 m
15 MINUTOS	42.73 m
30 MINUTOS	42.71 m
1 HORA	42.70 m

TEMPERATURA DEL AGUA: 19° C

CURVA DE AFORO

POZO: AUXILIAR XOTEPINGO 9 - B

FECHA: 20 - 23 DE JULIO DE 1984

GASTOS - N.D. - R P M

N.D.

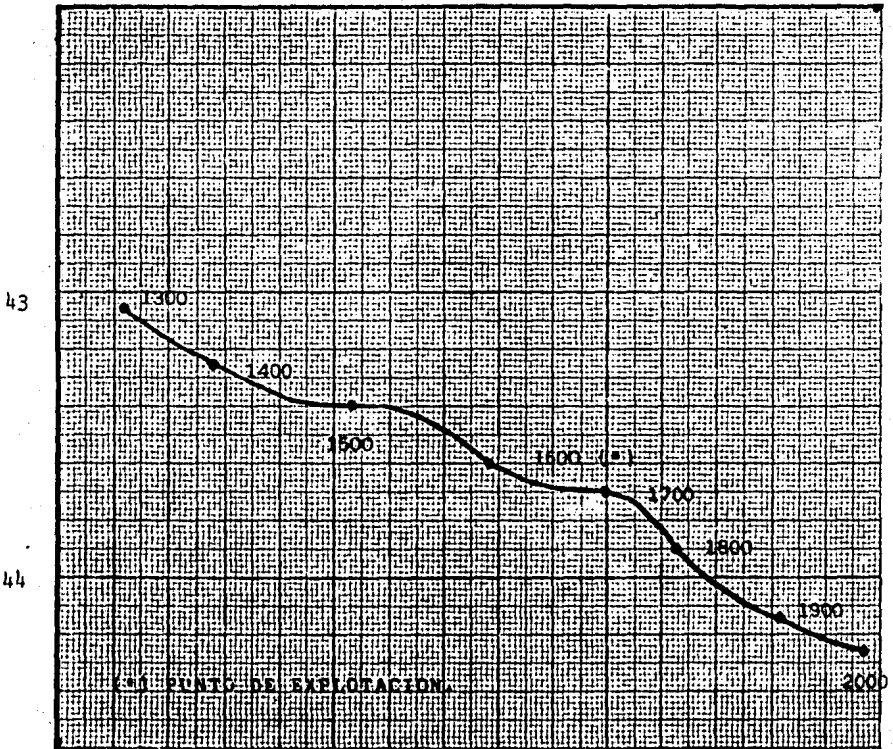
42 20

30

40

Q ( lps )

50



cuenta los datos obtenidos en el aforo, los resultados del registro de verticalidad donde se indique el tipo de bomba (sumergible o de turbina), la calidad del agua y la temperatura de la misma. Con los resultados anteriores el supervisor debe calcular y seleccionar el nuevo equipo que se instalará, determinando las características de las partes que lo componen con el objeto de integrar el más adecuado para que opere a las nuevas condiciones hidráulicas.

Cálculo y selección de la bomba para el pozo.

Auxiliar Xotepingo 9 - B

Datos del aforo:  $Q = 35.06 \text{ l p s } (^{\circ})$

N.D. = 43.55 m ( $^{\circ}$ )

( $^{\circ}$ ) Puntos de explotación determinados en la curva de aforo.

Resultados del registro de verticalidad:

Pozo desviado 12 cms de los 12 a los 66 m, debido a esto no se puede instalar bomba tipo turbina, optando por una tipo sumergible de 6"  $\phi$  para evitar contacto de los tazones con el ademe.

Temperatura del agua : 19  $^{\circ}$  C.

Cálculo de la columna y potencia de la bomba

a) Número de tramos de la columna:

$$T = \frac{N.D.}{3.05} = \frac{43.55}{3.05} = 14.28 \approx 15 \text{ tramos de } 3.05 \text{ m}$$

Long. de columna:  $T + 1 = 16 \text{ tramos} = 48.80 \text{ m, de } 6" \phi$

b) Potencia de la bomba  $A = \frac{\pi D^2}{4} = 0.7854(0.1524)^2 = 0.018 \text{ m}^2$

velocidad del agua:  $Q = \frac{0.03506 \text{ M}^3/\text{seg.}}{0.018 \text{ M}^2} = 1.95 \text{ m/seg.}$

pérdidas de carga por velocidad y fricción en la columna:

$$H_c = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \quad \text{donde:}$$

f) coeficiente de fricción que depende del diámetro del tubo de la columna. En la tabla del anexo XI se obtiene un valor aproximado de 0.021 para tubo nuevo.

- L.- Longitud de la columna ( 48.80 m )  
 D.- diámetro del tubo de la columna ( 0.1524 m )  
 v.- velocidad del agua ( 1.95 m/seg )  
 g.- aceleración de la gravedad ( 9.81 m/seg<sup>2</sup> )

$$H_c = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} = \frac{0.021 \times 48.80 (1.95)^2}{0.1524 \times 2 \times 9.81} = 1.30 \text{ m}$$

La bomba, normalmente va a inyectar una presión de 2.0 kg/cm<sup>2</sup> a la red de distribución que equivale a una altura de 20 m de agua, que se considera en la obtención de la carga dinámica total para el cálculo de la potencia de la bomba, quedando como sigue:

$$H_t = 48.80 \text{ m} + 1.30 \text{ m} + 20.00 = 70.10 \text{ m}$$

$$Q = 2, 100 \text{ l p m}$$

Con la altura dinámica total (Ht), y el gasto en litros por minuto ( l pm ), se entra en la gráfica del anexo XII donde se obtiene el número de tazones y la eficiencia de la bomba. Para este cálculo se tiene

Número de tazones: 4

Eficiencia : 73% ( 0.73 )

Potencia de la bomba:  $P = \frac{Q(\text{lps}) \times H_t(\text{m})}{76 \times E (\%)} \text{ donde:}$

Q.- Gasto en litros por segundo

Ht.- carga dinámica total en la bomba

76.- constante para obtener el resultado en H.P.

E.- Eficiencia de la bomba.

$$\text{Por lo que: } P = \frac{35.06 \times 70.10}{76 \times 0.73} = 44.30 \text{ HP} \approx 50 \text{ H.P.}$$

Finalmente, en base a los cálculos efectuados se selecciona para su instalación una bomba tipo sumergible de 6"  $\emptyset$ , de 50 H.P., 4-tazones, a 3450 rpm y columna del mismo diámetro, integrada por 16 tramos de tubo de 3.05 m c/u.



## COEFICIENTES DE FRICCION $f$ PARA AGUA SOLAMENTE

(Intervalo de temperatura aproximado de 10° C a 21° C)

Para tuberías viejas - intervalo aproximado de  $\epsilon$ : 0,12 cm a 0,60 cm

Para tuberías usadas - intervalo aproximado de  $\epsilon$ : 0,06 cm a 0,09 cm

Para tuberías nuevas - intervalo aproximado de  $\epsilon$ : 0,015 cm a 0,03 cm  
( $f$  = valor tabulado  $\times 10^{-4}$ )

Diámetro y tipo de tubería		VELOCIDAD (m/seg)										
		0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,4	3,0	4,5	6,0	9,0
10 cm	Comercial vieja	435	415	410	405	400	395	395	390	385	375	370
	Comercial usada	355	320	310	300	290	285	280	270	260	250	250
	Tubería nueva	300	265	250	240	230	225	220	210	200	190	185
	Muy lisa	240	205	190	180	170	165	155	150	140	130	120
15 cm	Comercial vieja	425	410	405	400	395	395	390	385	380	375	365
	Comercial usada	335	310	300	285	280	275	265	260	250	240	235
	Tubería nueva	275	250	240	225	220	210	205	200	190	180	175
	Muy lisa	220	190	175	165	160	150	145	140	130	120	115
20 cm	Comercial vieja	420	405	400	395	390	385	380	375	370	365	360
	Comercial usada	320	300	285	280	270	265	260	250	240	235	225
	Tubería nueva	265	240	225	220	210	205	200	190	185	175	170
	Muy lisa	205	180	165	155	150	140	135	130	120	115	110
25 cm	Comercial vieja	415	405	400	395	390	385	380	375	370	365	360
	Comercial usada	315	295	280	270	265	260	255	245	240	230	225
	Tubería nueva	260	230	220	210	205	200	190	185	180	170	165
	Muy lisa	200	170	160	150	145	135	130	125	115	110	105
30 cm	Comercial vieja	415	400	395	395	390	385	380	375	365	360	355
	Comercial usada	310	285	275	265	260	255	250	240	235	225	220
	Tubería nueva	250	225	210	205	200	195	190	180	175	165	160
	Muy lisa	190	165	150	140	140	135	125	120	115	110	105
40 cm	Comercial vieja	405	395	390	385	380	375	370	365	360	350	350
	Comercial usada	300	280	265	260	255	250	240	235	225	215	210
	Tubería nueva	240	220	205	200	195	190	180	175	170	160	155
	Muy lisa	180	155	140	135	130	125	120	115	110	105	100
50 cm	Comercial vieja	400	395	390	385	380	375	370	365	360	350	350
	Comercial usada	290	275	265	255	250	245	235	230	220	215	205
	Tubería nueva	230	210	200	195	190	180	175	170	165	160	150
	Muy lisa	170	150	135	130	125	120	115	110	105	100	95
60 cm	Comercial vieja	400	395	385	380	375	370	365	360	355	350	345
	Comercial usada	285	265	255	250	245	240	230	225	220	210	200
	Tubería nueva	225	200	195	190	185	180	175	170	165	165	150
	Muy lisa	165	140	135	125	120	120	115	110	105	100	95
75 cm	Comercial vieja	400	385	380	375	370	365	360	355	350	350	345
	Comercial usada	280	255	250	245	240	230	225	220	210	205	200
	Tubería nueva	220	195	190	185	180	175	170	165	160	155	150
	Muy lisa	160	135	130	120	115	115	110	110	105	100	95
90 cm	Comercial vieja	395	385	375	370	365	360	355	355	350	345	340
	Comercial usada	275	255	245	240	235	230	225	220	210	200	195
	Tubería nueva	215	195	185	180	175	170	165	160	155	150	145
	Muy lisa	150	135	125	120	115	110	110	105	100	95	90
120 cm	Comercial vieja	395	385	370	365	360	355	350	350	345	340	335
	Comercial usada	265	250	240	230	225	220	215	210	200	195	190
	Tubería nueva	205	190	180	175	170	165	160	155	150	145	140
	Muy lisa	140	125	120	115	110	110	105	100	95	90	90

BOMBA SUMERGIBLE

CURVAS DE RENDIMIENTO

NUMERO MAXIMO DE TAZONES: 7

TIPO DE BOMBA

Q-83-6 75 H.P.

Q-83-5 65 H.P.

Q-83-4 50 H.P.

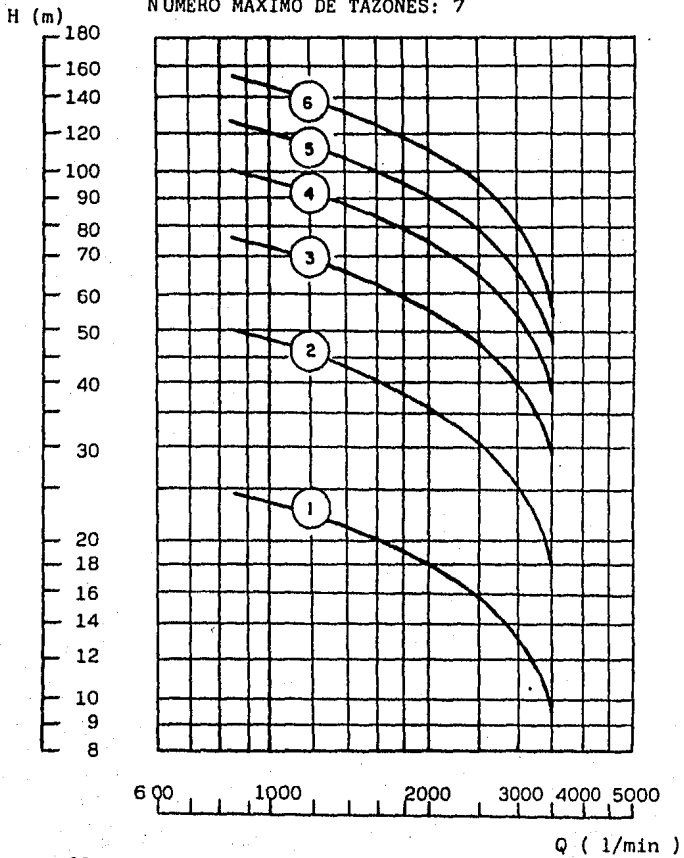
Q-83-3 40 H.P.

Q-83-2 25 H.P.

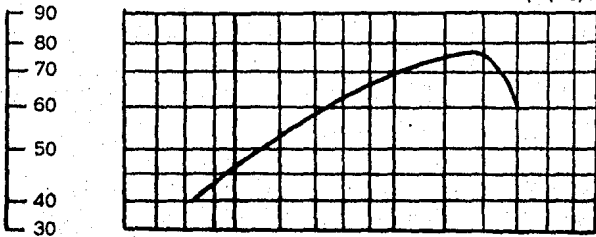
Q-83-1 12 H.P.

60 CICLOS

3450 rpm



RENDIMIENTO EN %



## CAPITULO 5

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES.

Tomando en cuenta la enorme cantidad de pozos que actualmente proporcionan el agua potable a la ciudad de México, en este trabajo se presentaron los resultados de un pozo, pretendiendo con esto establecer la metodología a seguir para la rehabilitación de cualquier pozo; en base a los mismos se concluye que la utilización de las técnicas expuestas es adecuada ya que se obtuvo un trabajo de buena calidad, al incrementar en un 33% el gasto de explotación del acuífero sin abatir en forma excesiva el nivel dinámico, se mejoró la calidad del agua; así mismo, se modificó el equipo de bombeo, seleccionando una bomba de menor diámetro a la anterior que se operaba en el pozo antes de rehabilitarlo (8"), debido a las condiciones de verticalidad del mismo; con esto se logró una disminución en la demanda de energía eléctrica y en los gastos de operación y mantenimiento.

#### 5.2 RECOMENDACIONES.

Concluidos los trabajos de desarrollo y aforo del pozo y previamente a la instalación del equipo de bombeo definitivo, se recomienda colar un tapón de concreto en el fondo para evitar la entrada de material de la formación al interior del ademe, debido al efecto de la velocidad del agua al momento su extracción. Técnicamente, este trabajo consiste en introducir al pozo la cantidad suficiente de concreto para este fin, dejándolo fraguar por un período de 48 horas, posteriormente se introduce un-

portatestigos y se extrae una muestra la que es analizada visualmente y al tacto por el supervisor, el que determina en base a su experiencia -- si el fraguado es correcto; en caso contrario el contratista deberá demolerlo y volverlo a colar empleando sus recursos, hasta que éste quede a satisfacción del supervisor, a continuación se debe sellar el brocal del pozo mediante la colocación de una tapa de acero que se punteará con soldadura eléctrica al tubo; lo anterior tiene como objeto impedir que gente extraña arroje basura y otros objetos que contaminen el agua que se encuentra almacenada en el pozo. Cuando se ha determinado el abandono de un pozo, se recomienda sellarlo en forma definitiva para impedir la contaminación de la capa acuífera por la entrada de agua de mala calidad y substancias extrañas, manteniendo un rendimiento eficaz de la misma y eliminando de manera definitiva el peligro físico.

Con el sellado adecuado en un pozo abandonado, se puede restaurar casi siempre las condiciones geológicas del lugar evitando derrumbes en las capas inferiores. El sellado consiste en hacer un vaciado de concreto o tepetate al interior del pozo desde el fondo hasta el brocal, enrasando el terreno en forma normal para poderlo incorporar como un área aprovechable.

Por último, se recomienda que la programación para la rehabilitación de un pozo se proponga para efectuarla en temporada de lluvia ya que en época de estiaje perjudica a la población sacar de operación un pozo por poco gasto que proporcione.

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

1. Manual de los pozos pequeños.  
Ulric P. Gibson y Rexford D. Singer.
2. Principios de Geología y geotécnia.  
D.P. Krynine y W.R. Judd.
3. Especificaciones generales y técnicas  
de construcción.  
Libro 27 D.G.C.O.H - D.D.F.
4. Perforación de pozos profundos.  
Rafael Alvaro Jiménez Granado S.R.H.
5. Material de archivo.  
D.G.C.O.H - D.D.F.
6. Mecánica de los fluidos e hidráulica  
Ranald V. Giles.