

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL**



**EVALUACION DE
PERFORACION Y EQUIPAMIENTO DE
POZOS TUBULARES PARA ABASTECIMIENTO
DE AGUA POTABLE**

INFORME DE INGENIERIA

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE

**INGENIERO SANITARIO
POR EXAMEN PROFESIONAL**

LIDIA MABEL ESPINOZA CARRUBBA

PROMOCION : 88 - II

**LIMA - PERU
1,995**

**Dedicado al Altísimo
Jehova de los Ejercitos,
a nuestro Señor Jesús y
al Espíritu Santo.**

Dedicado con mucha humildad a quien es mi
luz y salvación ¿De quién he de temer?
Jehova es la plaza fuerte de mi vida.

MI AGRADECIMIENTO:

A mis padres

José E. Espinoza Valerio

Bertha Carrubba de la Cruz

Dedicado con mucho amor y respeto a quienes en silencio y sin reclamar el tiempo invertido en este trabajo me brindaron su apoyo moral y su paciencia:

A mi esposo Barber Valverde

A mis hijas: Karina Mabel, Lizbeth Erika y Leysi Brisset

LIDIA VALERIO ORTIZ

MARIA DE LA CRUZ

Aunque Uds. duermen en la paz del
señor, en este momento de presentar
este trabajo, te invoco en mi corazón
y les doy las gracias por todo tu
amor y confianza depositada en mi.

AGRADECIMIENTO:

A la Facultad de Ingeniería
Ambiental de la Universidad
Nacional de Ingeniería.

AGRADECIMIENTO:

la Subgerencia de Aguas
Subterráneas - SEDAFAL

A las siguientes personas:

CARLOS VALENZUELA

JUAN QUINTANA ORE

TEOBALDO CERNA PEREYRA

DIEGO SOTELO

MAURO GUILLEN

WILDER ROJAS

AGRADECIMIENTO:

Al Ing. VICTOR MALDONADO Y.
Profesor de la Facultad de
Ingeniería Ambiental

PREAMBULO

Este trabajo fue realizado con el apoyo de la subgerencia de aguas subterráneas SEDAFAL.

Agradezco al Ingeniero José Teobaldo Cerna Pereyra, por su apoyo incondicional para continuar con este trabajo aproximadamente durante un año. Sin embargo, a pesar del tiempo tenía una meta trazada, que nosotros los Ingenieros Sanitarios debemos involucrarnos en la Ingeniería de pozos.

Espero que este trabajo, sea como el inicio de una guía para que otros colegas, retomem este campo; sigan adelante con los trabajos de investigación y protección de acuíferos.

EVALUACION DE PERFORACION Y EQUIPAMIENTO DE POZOS

TUBULARES PARA ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

1.0.0 OBJETIVOS

2.0.0 INTRODUCCION AL DISEÑO DE POZOS

2.1.0 Información requerida para el diseño de pozos

2.1.1 Fases del diseño de pozos

2.2.0 Perforación

2.2.1 Registro e informe del perforador

2.2.2 Muestreo de la formación

2.3.0 Introducción a los registros geofísicos

2.3.1 Perfilaje eléctrico pozos 408 Distrito San Martín de Porres.

3.0.0 VERTICALIDAD Y ALINEAMIENTO DEL POZO

3.1.0 Prueba de verticalidad y alineamiento del pozo 401 - Distrito de Comas.

4.0.0 DESARROLLO DE POZOS

4.1.0 Prueba de bombeo

4.1.1 Objetivos

4.1.2 Descripción de la prueba de bombeo

4.1.3 Caudal explotable del pozo

CASO 1 Caudal explotable del pozo 408

CASO 2: Caudal explotable del pozo San Amadeo de Garagay Distrito de San Martín de Porres.

4.2.0 Evaluación hidráulica del pozo

4.2.1 Inspección mediante la cámara de Televisión

4.2.2 Control de calidad del pozo Carabayllo 340.

4.3.0 Evaluación del contenido de arena fina

4.3.1 Prueba del contenido de arena fina del
pozo: San Amadeo de Garagay

5.0.0 EVALUACION DE LA EFICIENCIA DE LOS EQUIPOS DE
BOMBEO DEL POZO.

5.1.0 Prueba del equipo del pozo Urb. Covima-La
Molina.

5.1.2 Prueba del equipo del pozo San Amadeo de
Garagay

6.0.0 CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA

1.0.0 OBJETIVOS

El objetivo general de este trabajo es el de difundir las técnicas en los procesos involucrados de evaluación de perforación y equipamiento de pozos tubulares a fin de que en un futuro se desarrolle un programa a nivel nacional orientado a optimizar el aprovechamiento de la capacidad instalada existente y garantizar un manejo racional de los recursos acuíferos.

Los objetivos específicos son:

Difundir el reconocimiento del control de pozos con sus equipos; a fin de evitar el sobredimensionamiento de los equipos de bombeo el cual implica minimizar los costos de operación y mantenimiento.

Enfatizar la necesidad del control de perforación en la etapa de construcción del pozo para el mantenimiento de la verticalidad y alinealidad para que en un futuro la rehabilitación de un pozo se pueda lograr mediante la reprofundización.

2.0.0 INTRODUCCION AL DISEÑO DE POZOS

2.1.0 INFORMACION REQUERIDA PARA EL DISEÑO DE POZOS

El diseño de un pozo de agua implica escoger los factores dimensionales apropiados para la estructura de éste y los materiales que se van a utilizar en su construcción.

La información requerida para el diseño de pozos es la siguiente:

- a) Demanda de agua, uso al que se va a destinar y régimen de bombeo.
- b) Mapa (escala 1:25000) de localización de fuentes de agua subterráneas superficiales, así, como de los afloramientos existentes en el lugar (mapa geológico).
- c) Inventario de fuentes de agua subterráneas. Breve descripción de las principales características de los pozos vecinos al pozo proyectado como: localización y profundidad del pozo; profundidad, espesor y descripción de las formaciones de roca

- penetradas (perfiles litológicos), caudal de producción y régimen de bombeo y curvas de rendimiento.
- d) Relación hidráulica que existe entre la napa y las fuentes de aguas superficiales (ríos, canales, lagos, lagunas, reservorios, océanos, etc.).
 - e) Profundidad de la napa. Variación anual y plurianual de su nivel.
 - f) Hidrodinámica subterránea, parámetros hidráulicos del acuífero: transmisividad (T), permeabilidad (K) y coeficiente de almacenamiento (S).
 - g) Secuencia litológica; localización, naturaleza (confinado, semiconfinado, libre), potencia y granulometría de las formaciones acuíferas.
 - h) Hidrogeoquímica del agua subterránea. Calidad química del agua debiendo conocerse principalmente: conductividad eléctrica, grado de concentración del hierro (Fe), dureza total de carbonatos CO_3 , manganeso (Mn), oxígeno disuelto (O_2), sulfuro de hidrógeno (H_2S), Sólidos disueltos totales, dióxido de carbono (CO_2), cloruro (Cl), calcio (Ca), alcalinidad total, concentración de iones hidrógeno (PH), el PH de saturación para determinar si las aguas son incrustantes y/o corrosivas.
 - i) Tipo de filtros, existentes en el mercado y sus características principales (diámetro, dimensiones y densidad de las ranuras, rendimientos en l/s/m, material).

2.1.1. FASES DEL DISEÑO DE POZOS

DISEÑO PRELIMINAR

El diseño preliminar es tentativo mientras no se haya definido con precisión la secuencia litológica, localización, naturaleza y granulometría de las formaciones acuíferas, información que sólo se obtiene de las muestras extraídas durante la perforación de un pozo. En este diseño se determina el diámetro de la perforación, diámetro y longitud del entubado también en forma aproximada la posición, diámetro y longitud de la rejilla, para lo cual se realiza un estudio hidrogeológico; según las normas de SEDAPAL agua subterránea.

DISEÑO HIDRAULICO

El diseño hidráulico consiste en estimar la probable posición del nivel dinámico en el pozo cuando éste sea sometido a explotación, a un caudal Q de diseño. Este dato es utilizado para estimar a su vez, la profundidad a partir de la cual debe considerarse la localización de los filtros. El nivel dinámico se aproxima de la siguiente fórmula:

$$ND = \Delta f + \Delta_{per} + NE$$

Donde:

ND = Nivel dinámico

Δf = Abatimiento debido a las características hidráulicas del acuífero.

Δ_{per} = Abatimiento debido a las pérdidas de carga.

NE = Profundidad del nivel estático.

El abatimiento debido a las características hidráulicas del acuífero se calcula de la siguiente fórmula:

$$\Delta f = \frac{0.183 Q}{T} \log \frac{2.25 T t}{r_p^2 S}$$

El abatimiento, debido a las pérdidas de carga se calcula de la siguiente fórmula:

$$\Delta_{per} = EQ^2$$

Donde:

Q = caudal de diseño en m³/s.

T = transmisividad m²/s.

S = coeficiente de almacenamiento.

t = máximo tiempo de bombeo por día.

r_p = radio del pozo

E = 3000 s²/m⁵, coeficiente de Walton, cuyo valor se ha asumido para el correspondiente de un pozo de calidad constructiva aceptable.

DISEÑO DEFINITIVO

El diseño definitivo se puede realizar a partir de:

- a) Perforación de un pozo exploratorio o "pozo piloto" construido al lado del lugar donde se proyecta

perforar el pozo de producción.

Procedimiento poco usual en nuestro país, ya que este trabajo previo eleva enormemente los costos de la obra.

b) Perforación del pozo de producción utilizando tubería de trabajo (tubería herramienta) la cual posteriormente es retirada, después de haberse diseñado el pozo (a través del estudio de las muestras extraídas durante la perforación) y una vez instalado el entubado definitivo, las rejillas y pre-filtro de grava.

c) **Perforación** con entubado definitivo penetrando parcialmente hasta donde se estima llegará el nivel de bombeo. A partir de este nivel y siempre que el terreno lo permita se logra avanzar la perforación a pared desnuda.

Esto permite analizar las muestras del **o acuíferos atravesados** y por lo tanto diseñar la rejilla y el pre-filtro de grava, antes de su instalación definitiva. En este caso, **el diámetro de** la rejilla debe ser de menor diámetro que el del entubado definitivo.

d) Perforación a pared desnuda en toda su profundidad. Esto se lleva a cabo cuando **la perforación** prevista a de llevarse a cabo con el método de rotación, a diferencia de los procedimientos señalados anteriormente que se refieren al método de percusión. En este método de rotación las paredes

del pozo son estabilizados por el fluido de perforación.

En el diseño físico del pozo debe determinarse las dimensiones y características de los siguientes elementos:

Diámetro y profundidad de la perforación.

Diámetro, largo y material del entubado.

Ubicación, longitud, diámetro, aberturas y tipo de rejilla o filtro a emplear.

Necesidad o no de pre-filtro, su diseño, material y espesor de la envoltura.

Otros elementos de acuerdo al uso que se le dará al pozo y las condiciones especiales que se presentan en los acuíferos: protección sanitaria, sellado de las napas, etc.

CASO: DISEÑO HIDRAULICO DEL POZO CARABAYLLO 340

Para el cálculo **hidráulico** se consideró la profundidad promedio estimada del nivel estático y los abatimientos de la napa que se producirían en el pozo debido a las características hidráulicas del acuífero y a las pérdidas de carga que indefectiblemente se presentarán en el sistema de captación.

Para lo cual se realizó un inventario de los pozos

aledaños con respecto al pozo proyectado para investigar datos de nivel estático; obteniéndose un promedio de 5 metros; como napa freática más bajo. Así mismo el coeficiente de almacenamiento $S = 0.036$ y diámetro del pozo a perforar tentativo $\phi = 15''$.

La magnitud de estas pérdidas de carga dependen de la calidad constructiva de la obra. La probable profundidad de nivel dinámico en los pozos proyectados ha sido estimada en 27 metros. a partir de los siguientes datos:

$$NE = 5 \text{ m}$$

$$Q = 70 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}, \text{ caudal de diseño}$$

$T = 1.1 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$, transmisividad. Se ha tomado el valor más bajo de T , para considerar un amplio margen de seguridad en el diseño.

$S = 0.036$, coeficiente de almacenamiento.

$t = 86,400$ segundos, máximo tiempo de bombeo por día.

$r_p = 0.19 \text{ m}$. radio del pozo ($\phi 15''$)

$B = 3000 \text{ s}^2/\text{m}^3$, coeficiente de Walton, cuyo valor se ha asumido para el correspondiente de un pozo de calidad constructiva aceptable.

$$= \frac{0.183 \times 70 \times 10^{-3}}{1.1 \times 10^{-2}} \log \frac{2.25 \times 1.1 \times 10^{-2} \times 86,400}{(0.19)^2 \times 0.036}$$

$$\Delta f = 7 \text{ m}$$

$$\Delta p_{\text{per}} = BQ^2 = (3000 \text{ s}^2/\text{m}^3)(70 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}^2)^2 = 14.7 \text{ m} \approx 15 \text{ m}$$

$$\Delta p_{\text{per}} = 15 \text{ m}$$

$$ND = \hat{u}f + \hat{u}_{\text{per}} + NE$$

$$ND = 27 \text{ m}$$

CONCLUSION:

Al perforar los pozos proyectados

Carabayllo 1 (Pozo 340 - SEDAPAL)

Carabayllo 2 (Pozo 341 SEDAPAL)

El caudal de diseño estimado en 70 l/s de los estudios hidrogeológicos no resultó igual sino que el caudal del pozo 340 fue de $Q_1 = 17$ l/s con un nivel estático de NE = 1 m y el caudal del pozo 341 fue de $Q_2 = 30$ l/s NE = 10.90 m.

Por eso afirmamos que el diseño definitivo está sujeta a la perforación misma del pozo.

2.2.0 PERFORACION**2.2.1 REGISTRO E INFORME DEL PERFORADOR**

Durante la perforación el contratista preparará un registro completo el cual debe constar de lo siguiente según especificaciones técnicas de construcción de pozos profundos de SEDAPAL:

- A.- El punto de referencia para todas las mediciones de profundidad.
- B.- La profundidad a la cuál ocurre cada cambio de formación.
- C.- La profundidad a la cuál se encontró agua por vez primera.
- D.- La profundidad a la cuál fue encontrada cada estrato.

- E. La identificación del material del que está constituido cada estrato tales como:
- Arcilla, indicando color si es arenosa o fangosa. Fango o lino, indicar color, si es arcilloso o arenoso.
 - Arena y grava si es suelta o compacta, angularidad, color, tamaño del grano; si es fangosa o arcillosa.
 - Formación, cementada, indicar si los granos tienen entre ellas material de cementación natural, Sílice, Calcita, etc.
 - Roca dura.
- F.- La profundidad a la cuál fue tomada cada muestra.
- G.- La profundidad a la cual cambian los diámetros del agujero (tamaño de los trépanos).
- H.- La profundidad al nivel de agua estático y los cambios en el nivel de agua con la profundidad del pozo.
- I.- Profundidad total del agujero una vez terminado;
- J.- Información de todas las muestras de agua tomada (PH, temperatura, color, análisis físico químico, etc).
- K.- Profundidad o localización de cualquier fluido de perforación perdido; materiales o herramientas de perforación perdidos.
- L.- La profundidad del sellado de la superficie.
- M.- El diámetro nominal de agujero del pozo por encima y por debajo de cualquier otro sello de entubamiento si fuera pertinente.

- N.- La cantidad de cemento (número de bolsas empleado para el sellado.
- O.- La profundidad y descripción del entubamiento del pozo.
- P.- La descripción (que incluye la longitud, diámetro, tamaño de ranuras, material y fabricante), y localización de las rejillas del pozo, o número y tamaño y localización de las perforaciones del tubo ranurado.
- Q.- El sellado de los estratos acuíferos, (cuando hay peligro de contaminación) si los hubiera y la localización exacta del sello.
- R.- La gradación del material cantidad de grava colocada si el pozo ha sido construido con grava.
- S.- Si se usa lodos se indicará: características físicos - químicos; fluido utilizado (composición); color.

SIGNIFICADO DE LAS SIGUIENTES DEFINICIONES:

- Ingeniero o "consultor" significa el Ingeniero designado por el contratante con notificación al contratista de que el mismo va a actuar como Ingeniero a los fines del contrato, significa también el inspector de obra.
- "Contratante" o "propietario" significa aquella parte contratante que ha llamado a licitación para la construcción, edificación, instalación o entrega de la obra y que tendrá empleado al contratista, así como los sucesores legales derecho - habientes del contratante pero no (excepto con el consentimiento

del contratista) los cesionarios del contratante.

"Contratista" significa aquella persona o personas, firma o compañía, cuya propuesta ha sido aceptada por el contratante, e incluye a los representantes personales del contratista, a sus sucesores y a sus cesionarios permitidos.

INFORME DIARIO DEL PERFORADOR

Durante la perforación de los huecos se mantendrá un registro diario detallado por parte de los perforadores y el informe respectivo será puesta a disposición del Ingeniero cuando éste lo solicite en el lugar de ubicación del pozo. El informe contendrá una información completa de todas las formaciones encontradas, número de metros barrenados, número de horas empleadas en el trabajo, el número de veces de paradas o suspensión de las labores debido a fallas o desperfectos, el nivel de agua en el pozo al principio y al fin de cada turno, jornada o período de trabajo, el nivel del agua en cada cambio de formación si fuera fácil y rápidamente medible con el método de perforación empleado, metros de entubamiento instalado.

Si se han empleado técnicas de perforación rotatoria, el nivel del fluido en el agujero deberá ser medido diariamente antes de dar inicio a los bombeos y de la iniciación de las perforaciones.

2.2.2 MUESTREO DE LA FORMACION

Las muestras de los materiales extraídos durante el barrenado serán manipuladas en la forma que se describirá, incluyendo el tamaño de la muestra, recipientes, identificación, almacenaje y traslado; según especificaciones técnicas para construcción de pozos profundos para abastecimiento de agua de Lima - SEDAFAL.

En cada intervalo de muestreo se obtendrán dos muestras representativas cada uno de ellos de un Kg. El volumen total de material deberá ser detenidamente mezclado y cuarteado hasta que sean obtenidos las muestras requeridas. Las muestras serán recolectas cada 3m. de perforación o en cada cambio de litología.

Después de recolectar las muestras obtenidas de la formación serán colocadas en bolsas de tela gruesa o de plástico, u otros tipos de recipientes, debiendo ser firmemente cerradas para evitar su desparramiento y contaminación, cada bolsa deberá ser identificada claramente con la siguiente información:

- A). Localización del pozo.
- B). Nombre y número del pozo.
- C). Intervalo de profundidad representado por la muestra.
- D). Fecha en que fue tomada la muestra.
- E). Hora en que fue tomada la muestra.

Las muestras obtenidas de la formación, y siendo colocadas dentro del recipiente, serán etiquetadas claramente usando tinta, lápiz indeleble y otro medio

resistente a la humedad y a la luz solar. La etiqueta no deberá ser fácilmente removible del recipiente. El contratista será responsable por el almacenamiento seguro de las muestras obtenidas de la formación hasta tanto ellas sean aceptados por el Ingeniero (Inspector de obra).

Una muestra de cada intervalo muestrado en que el material sea arena o grava fina será empleado por el CONTRATISTA para el análisis de criba.

El tamaño de las aberturas de las rejillas dependerá de esos resultados de análisis granulométricos de las muestras recogidas de la operación de perforación.

El contratista ejecutará los resultados del análisis granulométrico y proveerá al Ingeniero una curva granulométrica por cada una de las muestras analizadas, indicando los porcentajes acumulados de retención del material contra el tamaño de la malla.

LITOLOGIA DEL TERRENO

El terreno perforado de la costa central del Perú es de granulometría variada propia de los depósitos aluviales; de predominancia gruesa a muy gruesa en los niveles superiores, disminuyendo su talla con la profundidad; esto es en forma general.

EJEMPLO # 1: CORTE GEOLOGICO POZO CARABAYLLO 340

<u>PROFUNDIDAD</u> <u>(METROS)</u>	<u>PERFIL LITOLOGICO</u>
0- 13	Piedra grande, arena gruesa y fina arcilla
13-30	Piedra grande, arena gruesa y fina arcilla.
30-40	Piedra angulosa, arena gruesa y fina, arcilla.
40-46	Piedra angulosa, arena gruesa y fina.
46-84	Piedra angulosa, arena gruesa y fina arcilla.
84-104	Conglomerado cementado.

EJEMPLO # 2: CORTE GEOLOGICO POZO 408

<u>PROFUNDIDAD</u> <u>(METROS)</u>	<u>GRANULOMETRIA</u>
0- 2	Tierra de cultivo
2- 6	Canto rodado 10" arena gruesa
6- 21	Canto rodado 15" a 10" gravilla, arena fina bajo porcentaje de arcilla
21-44	Canto rodado 8" a 6" gravilla, arena gruesa 20% de arcilla
44-53	Canto rodado, grava redondeada relleno, arcilla, arenosa
53-58	Grava angulosa con relleno arcilla arena
58-82	canto rodado 10" a 8" guijarros, gravilla, arena arcillosa
82-86	Canto rodado 5", guijarros gravilla angulosa, 15% de arcilla
86-111	Canto rodado 4", guijarros grava redondeada, gravilla angulosa con relleno arena arcillosa
111-125	Canto rodado hasta 6"
125-136.80	Canto rodado hasta 8" guijarros grava redondeada con relleno arena arcillosa
136.80-140.80	Arcilla compacta.

Estas mediciones sólo pueden realizarse en agujeros no adermados y que contengan lodo. Cuando se hallan secos, tanto la arena como la arcilla muestran resistividades muy altas, al saturarlas con agua se reducen su resistividad, pero en diferentes grado en cada uno.

REGISTRADORES ELECTRICOS

A.- Generalmente, son de dos tipos principales. En un tipo (instrumentos de doble curva), la curva de resistividad se obtiene registrando el potencial y los cambios en la resistencia de un simple electrodo colocado en el pozo. De esta manera se obtiene la curva de resistividad de simple electrodo.

En el otro tipo de registrador (instrumento de triple curva), la resistividad aparente se mide con dos electrodos múltiples. Un electrodo múltiple da una curva normal de resistividad, y el otro da la curva de resistividad lateral.

B.- El instrumento de doble curva es el más apropiado para problemas de registro, particularmente en pozos de agua, para muestreo, etc.

C.- Las medidas se hacen como sigue: el electrodo registrador se une al final de un cable aislado y se baja en el pozo por medio de una polea. El otro extremo del cable se conecta a un instrumento registrador cuyo segundo terminal va a tierra. El cable pasa sobre una polea calibrada que mueve una

cinta de papel o una película con un movimiento sincronizado con el del electrodo en el pozo y de esta manera la curva se registra automáticamente en el papel o película en función de la profundidad.

INTERPRETACION DEL REGISTRADOR ELECTRICO

- A.- Para mejores resultados el registro deberá compararse con toda la información disponible, como son los conocimientos de geología local, muestras y los datos recopilados por el perforador.
- B.- Las formaciones más comunes tienen generalmente las siguientes características eléctricas:
- 1.- Las formaciones arcillosas tienen resistividad baja.
 2. Por otra parte, las formaciones productoras de agua dulce, ya sean arenas, arenisca, grava, o roca calcárea, tienen una resistividad alta y un potencial bajo, el cual puede ser positivo o negativo con respecto al potencial de las lutitas.
 3. Las formaciones productoras de agua salada tienen una resistividad baja y un potencial negativo relativamente alto.
 - 4.- Las **formaciones** muy densas tienen una resistividad muy alta, generalmente más alta que de las formaciones productoras de agua dulce y

muestran un potencial casi igual al de la arcilla. Algunas veces se hace difícil distinguir entre las formaciones densas y las productoras de agua dulce, **pero** con los datos recopilados durante la perforación se **podrá dar** la interpretación correcta.

5.- Las formaciones productoras de aguas salobres tienen un potencial y una resistividad moderadas.

C.- El registro permite determinar con **precisión** la profundidad y el espesor de las formaciones productoras de agua. También suministra información que puede ser útil para formarse una idea de la calidad del agua.

CONDICIONES PARA REGISTRAR

A.- No es posible, con los instrumentos convencionales, obtener un buen registro de un pozo que no contenga agua o por lo menos lodo suave.

Por lo tanto es necesario llenar el hueco con agua o lodo para perforar en la sección donde se desea hacer el estudio. Si esto no es posible, **deberá** usarse un electrodo especial para hacer contacto con las paredes del pozo.

B.- Si el **pozo** va **perdiendo** lodo progresivamente y el nivel ha bajado apreciablemente en el momento de hacer los registros, el pozo deberá llenarse antes de comenzar.

Se hace corrientemente, vaciando agua en el pozo. Si la composición de esta agua es diferente de la del fluido para perforar, las curvas de potencial y resistividad probablemente se desplazarán. Estas diferencias son generalmente pequeñas, a menos que una de las aguas sea mucho más salada que la otra.

C.- Aún cuando el pozo esté bien acondicionado para hacer medidas con registros eléctricos y no habiendo pérdidas de lodo hacia la formación, la curva de potencial presentará una desviación, generalmente hacia la izquierda, en la parte superior del pozo. Este es un fenómeno natural que no puede ser corregido.

D.- Cuando se registra en arenas con agua dulce, algunas veces la curva de potencial se invierte, esto es, el potencial de las arenas es más positivo que el de las arcillas. Esta inversión puede suceder cuando el lodo para perforar es más salado que lo usual. La utilidad de una curva de potencial invertido no se pierde si el operador toma en cuenta esta posibilidad.

2.3.1 PERFILAJE ELECTRICO DEL POZO 408 - DISTRITO DE SAN MARTIN DE PORRES

Este pozo se encuentra ubicado en calle Talara S/N cuadra 32 distrito San Martín de Porres - LIMA.

Al término de la fase de perforación se procedió a efectuar una diagráfia eléctrica a cada metro de profundidad desde los 57.30 m. hasta los 141.30 m.

haciendo un total de 84.0 m.

Se utilizó un equipo de resistividad eléctrica modelo DR-74 fabricado por Jhonson-Keck, el cual consta de un dispositivo de lectura, donde se mide directamente el potencial espontáneo y la resistencia, un cable de medición de cuatro conductores que lleva un electrodo de corriente (en bronce) y tres electrodos potenciales (de óxido de plomo); y tres fuentes de generación de energía propia de 1.5, 9 y 45 voltios.

Los resultados de la diagráfia en términos de valores de resistividad eléctrica a lo largo de todo el perfil del pozo, se presentan tabulados en el Cuadro N° 1 y graficados en la figura PERFILAJE ELECTRICO. La interpretación del gráfico teniendo en cuenta la litología del terreno ha permitido determinar las zonas permeables, semipermeables, e impermeables del acuífero, información que es requerida para definir la ubicación precisa de los filtros así como la profundidad del pozo, conjuntamente con la información piezométrica.

Los diversos tipos de permeabilidad encontrados en el acuífero se pueden visualizar en la misma figura.

36
CUADRO N° 1

DIAGRAFIA ELECTRICA

CONTRATANTE : CESAR FUENTES ORTIZ
 P O Z O : SEDAPAL No. 408
 UBICACION : AV. PERU CDRA. 32
 SAN MARTIN DE PORRES

PROF.	POTENCIAL ESPONTANEO (MILIVOLTIOS)		RESISTIVIDAD (CHM - ft)	
	0.25 LATERAL	2.5 LATERAL	0.25 LATERAL	2.5 LATERAL
57.30	19.45	306.95	47.15	199.95
58.30	37.93	79.98	56.38	279.93
59.30	30.75	53.32	59.45	386.57
60.30	22.55	199.95	54.33	333.25
61.30	18.45	266.60	49.20	306.59
62.30	15.38	306.59	43.05	266.60
63.30	14.35	306.59	44.08	266.60
64.30	12.30	333.25	49.20	293.26
65.30	11.28	333.25	58.43	346.58
66.30	10.25	333.25	56.38	346.58
67.30	10.25	333.25	54.33	346.58
68.30	10.25	333.25	52.28	333.25
69.30	10.25	333.25	52.28	333.25
70.30	10.25	333.25	51.25	333.25
71.30	10.25	333.25	51.25	333.25
72.30	10.25	333.25	60.48	333.25
73.30	10.25	319.92	61.50	346.58
74.30	10.25	319.92	65.60	359.91
75.30	10.25	319.92	75.85	346.58
76.30	10.25	319.92	59.48	346.58
77.30	9.23	319.92	59.45	318.92
78.30	10.25	319.32	62.53	293.96
79.30	10.25	319.32	66.63	319.92
80.30	10.25	319.32	75.85	333.25

PROF.	POTENCIAL ESP ONTANEO (MILIVOLTIOS)		RESISTIVIDAD (CHM - ft)	
	0.25 LATERAL	2.5 LATERAL	0.25 LATERAL	2.5 LATERAL
81.30	9.23	319.92	84.05	373.24
82.30	10.25	306.59	64.58	373.24
83.30	10.25	306.59	53.30	306.59
84.30	10.25	319.92	51.25	266.60
85.30	9.23	306.59	46.13	306.59
86.30	9.23	306.59	49.20	266.60
87.30	9.23	306.59	52.28	293.26
88.30	9.23	293.26	51.25	293.26
89.30	9.23	293.26	49.20	266.60
90.30	9.23	293.26	54.33	226.61
91.30	9.23	293.26	63.55	253.27
92.30	9.23	293.26	72.78	293.26
93.30	9.23	293.26	73.80	319.92
94.30	9.23	279.93	62.53	306.59
95.30	9.23	266.60	50.23	239.94
96.30	9.23	266.60	71.75	226.61
97.30	9.23	266.60	41.00	186.62
98.30	9.23	266.60	70.73	213.28
99.30	6.15	266.60	77.90	293.26
100.30	4.10	266.60	72.78	279.93
101.30	4.10	266.60	53.30	213.28
102.30	1.03	266.60	74.83	199.95
103.30	3.08	266.60	32.80	146.63
104.30	2.05	266.60	41.00	133.30
105.30	3.08	13.33	71.75	159.96
106.30	1.03	146.63	142.48	368.57
107.30	1.03	159.96	68.68	213.28
108.30	1.03	133.30	38.95	93.31
109.30	1.03	119.97	29.73	53.32
110.30	3.08	133.30	34.85	53.32
111.30	3.08	119.97	51.25	66.65
112.30	6.15	106.64	74.83	159.96
113.30	6.15	119.97	66.63	199.95

PROF.	POTENCIAL ESPONTANEO (MILIVOLTIOS)		RESISTIVIDAD (CHM - ft)	
	0.25 LATERAL	2.5 LATERAL	0.25 LATERAL	2.5 LATER
114.30	10.25	133.30	39.78	79.98
115.30	11.28	133.30	32.80	39.99
116.30	11.28	133.30	35.88	39.99
117.30	12.30	133.30	87.13	93.31
118.30	16.40	159.96	101.48	106.64
119.30	15.38	133.30	101.48	106.64
120.30	13.33	106.64	100.45	133.00
121.30	11.28	53.32	21.53	93.31
122.30	12.30	39.99	21.53	39.99
123.30	29.72	146.63	35.87	79.98
124.30	34.85	199.95	74.82	106.64
125.30	34.85	199.95	63.55	159.96
126.30	34.85	186.62	91.22	186.62
127.30	34.85	159.96	91.22	266.61
128.30	35.87	146.63	29.72	79.98
129.30	35.87	133.30	29.72	39.99
130.30	35.87	119.97	33.82	39.99
131.30	34.85	119.97	34.85	53.32
132.30	33.82	119.97	60.47	93.31
133.30	33.82	106.64	69.70	266.61
134.30	33.82	106.64	30.75	66.65
135.30	32.80	93.71	32.80	53.32
136.30	34.85	71.98	42.02	66.65
137.30	34.85	66.65	41.00	79.98
138.30	35.87	79.98	48.17	106.64
139.30	35.87	66.65	48.17	119.97
140.30	37.92	93.31	44.07	66.65
141.30	32.80	66.65	37.92	66.65

3.0.0. VERTICALIDAD Y ALINEAMIENTO DEL POZO

El objetivo de la prueba de verticalidad y alineamiento en los pozos evaluados es establecer si las bombas de eje vertical usadas comúnmente en los pozos de SEDAPAL, funcionarán dentro de las tolerancias especificadas por los fabricantes de las bombas, ya que el funcionamiento mecánico de las bombas puede ser afectado cuando operan en pozos desviados.

El contratista construirá los agujeros de perforación y los pozos de manera que el entubamiento quede recto y con una desviación de la verticalidad no mayor de 15 cm. por cada 50 m. de profundidad, hasta 1 m. por debajo del último tazón y no mayor a $\frac{2}{3}$ del menor diámetro de entubamiento por cada 30 m. de profundidad, a partir de dicho punto hasta el fondo del pozo.

La prueba de verticalidad y alineamiento se ejecutará terminada la construcción del pozo, y antes de instalarse el equipo de bombeo de prueba.

El alineamiento se probará haciendo descender dentro del pozo, hasta el nivel donde se proyecta colocar la bomba más baja, una sección de tubería recta de 12 m. de largo o una tubería simulada equivalente. El diámetro

exterior de la tubería de prueba o simulada será no más de 13 mm. más pequeño que el diámetro interior de aquella parte del entubamiento del agujero que se está probando. La tubería de prueba o tubería simulada al descender por el entubamiento deberá pasar libremente y sin atascarse hasta el nivel más bajo anticipado de la bomba de producción.

La prueba de verticalidad se ejecutará con una plomada cuyo diámetro será 10 mm. menor que el diámetro interior del entubamiento del pozo. La plomada estará suspendida de una polea centrada exactamente encima del entubamiento y a 3 m. sobre el entubamiento. A medida que se hace descender la plomada en el agujero del pozo, se medirá la deflexión del cable de soporte de la plomada con respecto al centro del entubado, y la desviación de la plomada desde el centro se determinará mediante el método de los triángulos semejantes. La verticalidad se probará cada 3 m.

3.1.0 PRUEBA DE VERTICALIDAD Y ALINEAMIENTO DEL POZO 401 **DISTRITO DE COMAS**

La prueba se llevó a cabo por el método de triángulos semejantes, que consiste en dividir la boca del pozo en 4 cuadrantes en las direcciones NORTE-SUR (N-S) y ESTE-OESTE (E-W) se utilizó un probador (gage-plomada) \varnothing 14 $\frac{1}{2}$ " y \varnothing 11 $\frac{1}{2}$ " de 3m. de largo colgado de un cable hacia la torre de perforación que tenía un largo de 9 m.

3.1.0 CALCULO DE LA PRUEBA DE VERTICALIDAD DEL POZO No. 401

ϕ ENTUBADO ϕ 15" A ϕ 12" (TELESCOPICO)
 NIVEL ESTATICO 46.60 m.
 ALTURA DE LA TORRE H 9.00 m.
 LARGO DE GAGE 3.00 m.
 DESVIACION EN LA BOCA: ds
 DESVIACION REAL DR $(H+h)ds/h$
 (fondo del pozo)

Para ϕ 15

PROFUNDIDAD h m	DESVIACION EN BOCA (Cms.)				DESVIACION REAL (Cms.)	
	N - S		E - W		N - S	E - W
	D.C	ds	D.C	ds	DR	DR
0	17.50	0.00	19.00	0.00	0.00	0.00
3	17.50	0.00	19.00	0.00	0.00	0.00
6	17.50	0.00	19.00	0.00	0.00	0.00
9	17.50	0.00	19.00	0.00	0.00	0.00
12	17.50	0.00	19.00	0.00	0.00	0.00
15	17.50	0.00	19.00	0.00	0.00	0.00
18	17.50	0.00	19.00	0.00	0.00	0.00
21	17.50	0.00	19.00	0.00	0.00	0.00
24	18.00	+0.50	19.50	+0.50	1.83	+ 1.83
27	18.00	+0.50	19.50	+0.50	2.00	+ 2.00
30	18.00	+0.50	19.50	+0.50	2.16	2.16
33	17.50	0.00	19.00	0.00	0.00	0.00
36	17.50	0.00	19.00	0.00	0.00	0.00
39	17.50	0.00	19.00	0.00	0.00	0.00
42	17.50	0.00	19.00	0.00	0.00	0.00
45	17.50	0.00	19.00	0.00	0.00	0.00
48	17.50	0.00	19.50	-0.50	0.00	- 3.16
51	17.50	0.00	18.00	-1.00	0.00	- 6.66
54	17.50	0.00	18.50	-0.50	0.00	- 3.50
57	17.50	0.00	18.00	-1.00	0.00	- 7.33
60	17.50	0.00	17.50	-1.50	0.00	-11.50
63	17.50	0.00	17.00	-2.00	0.00	-16.00
66	17.50	0.00	17.00	-2.00	0.00	-16.66
69	17.50	0.00	16.00	-3.00	0.00	-26.00
72	17.50	0.00	16.50	-2.50	0.00	-22.50
75	17.50	0.00	16.50	-2.50	0.00	-23.33
78	17.50	0.00	16.50	-2.50	0.00	-24.16
81	17.50	0.00	16.50	-2.50	0.00	-25.00
84	17.50	0.00	16.50	-2.50	0.00	-25.83
87	17.50	0.00	16.50	-2.50	0.00	-26.66

PROF. m (h)	DESVIACION EN BOCA (cms)				DESVIACION REAL (cms)	
	N - S		E - W		N - S	E - W
	D.C	ds	D.C	ds	DR	DR
90	17.50	0.00	22.00	-3.00	0.00	-33.00
93	17.50	0.00	16.50	-2.50	0.00	-28.00
96	17.50	0.00	16.00	-3.00	0.00	-35.00
99	17.50	0.00	16.00	-3.00	0.00	-36.00
102	17.50	0.00	16.00	-3.00	0.00	-37.00
105	17.50	0.00	16.50	-2.50	0.00	-31.66
108	17.50	0.00	19.00	-3.00	0.00	-39.00
111	17.50	0.00	16.00	-3.00	0.00	-40.00
114	17.50	0.00	16.50	-2.50	0.00	-34.16
117	17.50	0.00	16.50	-2.50	0.00	-35.00
120	17.50	0.00	16.50	-3.00	0.00	-43.00
123	17.50	0.00	16.50	-2.50	0.00	-36.66
126	17.50	0.00	16.50	-2.50	0.00	-37.50
129	18.00	+0.50	16.50	-2.50	7.66	-38.33
132	18.00	+0.50	16.50	-2.50	+7.83	-39.16
135	17.50	0.00	16.00	-3.00	0.00	-48.00
138	17.50	0.00	16.00	-3.00	0.00	-49.00
141	17.50	0.00	16.50	-2.50	0.00	-41.66
144	17.50	0.00	16.00	-3.00	0.00	-51.00
147	17.50	0.00	16.00	-3.00	0.00	-52.00
150	17.50	0.00	16.00	-3.00	0.00	-53.00
153	17.50	0.00	16.50	-2.50	0.00	-45.00
156	17.50	0.00	16.50	-2.50	0.00	-45.83
159	17.50	0.00	16.00	-3.00	0.00	-56.00
162	17.50	0.00	16.00	-3.00	0.00	-57.00
165	17.50	0.00	16.00	-2.50	0.00	-58.00
168	17.50	0.00	16.50	-2.50	0.00	-49.16
171	17.50	0.00	16.00	-3.00	0.00	-60.00
174	17.50	0.00	16.00	-3.00	0.00	-61.00
177	17.50	0.00	16.00	-3.00	0.00	-62.00
180	17.50	0.00	16.50	-2.50	0.00	-52.50

Para ϕ 12"

PROF. m (h)	DESVIACION EN BOCA (cms)				DESVIACION REAL (cms)	
	N - S		E - W		N - S	E - W
	D.C	ds	D.C	ds	DR	DR
0	17.50	0.00	19.00	0.00	0.00	0.00
183	17.50	0.00	16.50	-2.50	0.00	-53.33
186	18.00	+0.50	16.00	-3.00	+10.83	-65.00
189	17.50	0.00	16.50	-2.50	0.00	-55.00
192	17.50	0.00	16.00	-3.00	0.00	-67.00
195	17.50	0.00	16.00	-3.00	0.00	-68.00
198	17.50	0.00	16.00	-3.00	0.00	-69.00
201	17.50	0.00	16.00	-3.00	0.00	-70.00
204	17.50	0.00	16.50	-2.50	0.00	-59.16
207	17.50	0.00	16.00	-3.00	0.00	-72.00
210	17.50	0.00	16.50	-2.50	0.00	-60.83
213	17.50	0.00	16.00	-3.00	0.00	-74.00

D.C = Dato de Campo

Se inicia la prueba centrando el probador, enseguida se fue tomando medidas cada 3 m. hasta llegar a la profundidad de 213 m.

RESULTADOS DE LA PRUEBA DE VERTICALIDAD DEL POZO 401

Al realizar los cálculos y gráficos correspondientes, se tiene que:

- a) Una bomba turbina vertical de ϕ 8" con sus respectivos tazones llegaría solamente a 65.50 m. y que existe una desviación de 74 cm. (del eje original) en la dirección E-W.
- b) En el gráfico de N-S no existe desviación.

4.0.0 DESARROLLO DE POZOS

Los pozos serán desarrollados para eliminar los materiales finos y los fluidos de perforación y se les desarrollará hasta que el agua de descarga esté libre de materiales finos, virutas y fluidos de perforación, la turbidez del agua de descarga está dentro de los límites aceptables para el agua potable, el contenido de arena sea menor que diez partes por millón, y la capacidad específica del pozo haya alcanzado un régimen máximo o estabilizado. El pozo será desarrollado por un período de 72 horas.

El desarrollo del pozo se hará utilizando todos o una combinación de los métodos listados más abajo, dependiendo de la reacción del pozo al proceso de desarrollo. Periódicamente durante el desarrollo y al final del desarrollo se eliminará todo el material del fondo del pozo.

METODOS DE DESARROLLO DE POZOS
DESPLAZAMIENTO DEL LODO DE PERFORACION

Como un primer paso en el desarrollo, el fluido de perforación será desplazado del pozo haciendo circular agua clara a través de la tubería de perforación hasta el fondo del entubamiento.

ACHIQUE.- Después del desplazamiento del lodo de perforación, se limpiará el pozo de todo el material que pudiera quedar en el fondo usando bombas desarenadoras.

ADICION DE DETERGENTE DE POLIFOSFATO.- Se agregará detergente de polifosfato al pozo para dispersar el lodo adherido a las paredes del barreno y el lodo residual de perforación en los pozos perforados por el sistema rotatorio solamente. Los polifosfatos usados serán hexametáfosfato sódico, tripolifosfato sódico, septafosfato sódico o pirofosfato terasódico. Se agregarán diez kilogramos de polifosfato por cada 380 litros de agua en el pozo.

METODO DE PISTONEO

El proceso de desarrollo se hará agitando y achicando el pozo. La agitación se producirá mediante un pistón con válvula.

La agitación se iniciará desde el fondo de la rejilla más profunda del pozo e irá avanzando hacia arriba. El pistón será construida con el mismo o ligeramente menos diámetro que el intervalo enrejillado o perforado que se está desarrollando y deberá poder pasar libremente.

La operación de desarrollo tiene las siguientes finalidades:

1. Extraer el lodo de perforación y los recortes del pozo y de los acuíferos que hubieran sido invadidos por los mismos.

Disolver y remover la costra de bentonita formada sobre las formaciones acuíferas durante la perforación y el entubado.

Consolidar el espacio anular entre los filtros y el pozo, estabilizar la formación y filtrar partículas sueltas presentes en la formación.

4. Remover de los acuíferos la mayor cantidad posible de materiales no consolidados para lograr una máxima

producción y disminuir la producción de arena en el futuro.

5. Limpiar la grava para obtener la máxima permeabilidad de la misma.

El método de desarrollo más efectivo y rápido es el denominado "PISTONEO" el cual consiste en la colocación de un pistón en el pozo para controlar el flujo del agua -o lodo- y lograr los objetivos arriba mencionados.

METODO DEL CHORRO HIDRAULICO

El desarrollo se realizará mediante la aplicación simultánea de chorros de agua horizontales de alta velocidad aplicados por bombeo.

El diámetro exterior del dispositivo para chorro de agua será una pulgada menor que el diámetro del intervalo enrejillado o perforado que se está desarrollando. La velocidad mínima de salida del chorro hidráulico a través de las toberas de chorro será de 50 m/s. El dispositivo deberá rotarse a una velocidad menor de una r.p.m. Se aplicará el dispositivo no menos de dos minutos en cada nivel y luego se le desplazará al siguiente nivel que no distará más de 15 cm. verticalmente del nivel en aplicación anterior. El agua usada para el chorro debe mantener menos de una parte por millón de sólidos en

suspensión y debe ser de calidad aceptable.

Es uno de los mejores métodos para desarrollar un pozo. Tiene las siguientes ventajas:

La energía se concentra sobre una área pequeña, con una efectividad consecuentemente mayor.

Cada parte de la rejilla puede ser tratada en forma selectiva, y se logra un completo desarrollo ya que el chorro pueda ser dirigido hacia el material de la formación, en forma radial.

Resulta muy sencillo de aplicar y no es susceptible de causar problemas si se usa en demasía.

METODO DE DESARROLLO CON AIRE

El desarrollo se efectuará mediante la utilización de un sistema de bombeo de aire utilizando el entubamiento a manera de tubo eductor. El desarrollo de rejillas de gran tamaño puede requerir el empleo de un tubo eductor de diámetro más pequeño.

Los compresores de aire, tuberías de bombeo y de aire, accesorios, etc. serán de tamaño adecuado para bombear el pozo mediante el método de elevación del agua por aire a una capacidad de 1-1/2 veces la capacidad de diseño del pozo.

Se bombeará inicialmente el pozo con aire hasta que el pozo haya sido desarrollado al punto de producir agua clara y sin arena. Luego desconectará el aire permitiendo que el agua en el pozo alcance una condición estática. Luego reabrirá la válvula reintroduciendo aire en el pozo hasta que vuelva a brotar el agua a la superficie por la inyección del aire, en cuyo momento cerrará la válvula de aire dejando que el agua vuelva a caer en el pozo hasta recobrar una condición estática.

Luego repetirá esta operación de hacer subir y bajar la columna de agua hasta que el agua en el pozo se ponga turbia, en cuyo momento empezará a inyectar aire continuamente en el pozo hasta que nuevamente brote agua clara y sin arena. Se repetirá las operaciones arriba indicadas hasta que el pozo no produzca ya más materia fina al ser agitado y lavado como se acaba de describir.

El extremo inferior de la línea de aire se colocará en los niveles enrejillados o perforados para facilitar el desarrollo de todas las áreas de ingreso y zonas de producción múltiple de agua, y el proceso se repetirá hasta que todas las zonas rindan agua clara y sin arena al ser agitadas y enjuagadas.

El desarrollo por aire comprimido produce óptimos resultados cuando la relación de sumergencia de la línea de aire es de alrededor de un 60 por ciento. Esto equivale a la proporción de línea de aire que se halla por debajo del nivel de agua cuando se está bombeando. Para calcular la sumergencia, se divide la longitud de

aire que se encuentra por debajo del agua, por su longitud total.

Ejm : si la línea del aire tiene una longitud total de 60 m, y el nivel estático del agua se halla a 20 m. por debajo del terreno, la longitud sumergida es de 40 m. La relación de sumergencia estática será de: $40/60 = 0,66$ ó 66%.

Se requiere de un perforador diestro para obtener resultados razonablemente buenos.

SOBREBOMBEO INTERRUMPIDO

El proceso de desarrollo puede incluir un desarrollo mediante lavado por bombeo interrumpido. El bombeo se efectúa con una bomba capaz de bombear a regímenes de hasta 120 litros por segundo y alturas de hasta 115 m. El bombeo debe hacerse en cuando menos cinco etapas. Estas etapas deben incluir regímenes de bombeo de 30, 60, 90 y 120 litros por segundo, cuidando de que no haya ni válvula de retención ni válvula de pie en el conjunto de bombeo. El bombeo se efectuará por ciclos hasta que el agua se torne clara, parando bruscamente la bomba y repitiendo el proceso después de varios minutos. El desarrollo continuará el tiempo que sea necesario hasta alcanzar los niveles de calidad aceptables en cada etapa después de reanudarse el bombeo. Las desventajas son:

El sobrebombeo puede ocasionar que algunos de los granos de arena queden suspendidos en forma de arco dentro de la formación, y por lo tanto, que ésta se halle estabilizada solo parcialmente.

Se requiere de un equipo de bombeo de gran capacidad que no siempre se encuentra convenientemente disponible.

CONCLUSIONES:

El método de desarrollo a utilizar dependerá del método de perforación utilizado y de la experiencia del perforador.

Un desarrollo adecuado, sólo es posible si las diferentes etapas de construcción han sido correctas. Por lo tanto, es absolutamente necesario un cuidadoso control del lodo de perforación durante la perforación y el entubado.

Así mismo, es importante que el procedimiento de entubado asegure la centralización de los tubos y su correcta alineación para que el espacio anular permita un empaque de grava continuo y regular.

Finalmente, es también importante controlar la instalación de la grava para evitar "puentes o vacíos" que posteriormente permitan el paso de la arena de formación.

4.1.0. PRUEBA DE BOMBEO

4.1.1. OBJETIVOS

El pozo ha sido sometido a bombeo para lograr los siguientes objetivos:

Establecer su curva de rendimiento y obtener la información **necesaria** (caudal óptimo y nivel dinámico) para definir las características del equipo de bombeo a instalar. Para este efecto la prueba se realizó a diferentes regímenes de bombeo (Prueba de rendimiento o prueba de pozo).

Determinar los parámetros hidráulicos del acuífero que permitan evaluar su eficiencia hidráulica, proporcionar los elementos de juicio necesarios para ajustar el diseño de los futuros pozos y calcular sus radios de influencia. En este caso la prueba se realiza a caudal constante.

4.1.2 DESCRIPCION DE LA PRUEBA DE BOMBEO

Una vez concluido el desarrollo del pozo se efectuará una prueba de bombeo para cada pozo. El pozo será normalmente desarrollado antes de dar inicio a las pruebas de bombeo.

Lo recomendable es tener un registro de los niveles y sus variaciones para todos los pozos, por lo menos durante las cuarenta y ocho horas previas a la prueba de bombeo, período durante el cual no debe efectuarse bombeo alguno.

Se realizará una prueba escalonada, consistente en bombear durante seis horas a cada uno de los regímenes de descarga (30, 60, 90, y 120 litros por segundo a una carga de 185m). Estos datos se verificarán con la prueba **real en campo**.

Una vez que el pozo se ha recuperado totalmente de la prueba escalonada, se realizará una prueba a régimen constante bombeando el pozo al régimen de diseño o al rendimiento máximo por un período de no menos de 48 hrs. Se debe tener la siguiente información:

Para cada uno de los pozos probados, **el registro** incluirá datos físicos con una descripción de las características de construcción tales como, entre otras: profundidad y diámetro del pozo, descripción completa de la rejilla, su longitud y posición; una descripción del punto de medición y su altura medida sobre la superficie del suelo y/o el nivel medio del mar; los métodos usados para medir los niveles de agua y los regímenes de bombeo.

Los registros de las mediciones incluirán la fecha de la prueba, la hora y el tiempo transcurrido de bombeo entre una y otra medición, la profundidad del agua por debajo del punto de medición, **el régimen de**

bombeo o en el instante de la medición, y cualesquiera comentarios o condiciones pertinentes que pudieran afectar las mediciones.

De los pozos de observación: número, longitud y ubicación de las rejillas, diámetros, espaciamiento y localización, desarrollo.

Equipo para medir abatimientos:

- . Método de cinta y tiza humedecida
- . Método eléctrico.
- . Línea de aire en el pozo de bombeo.
- . Registradores automáticos de niveles.

Medición de caudal:

Medidor de orificio recomendado para cantidades grandes.

Método volumétrico (tanque y cronómetro), recomendado para cantidades pequeñas.

Medidor de turbina comercial.

Vertederos.

Las mediciones del régimen de bombeo y el nivel del agua se medirán cada minuto durante los primeros diez minutos de la prueba, cada dos minutos durante los siguientes diez minutos, cada cinco minutos durante los siguientes cuarenta minutos, cada quince minutos durante la siguiente hora, cada treinta minutos durante las tres siguientes horas, y cada hora durante las siguientes siete horas, y de cuatro en cuatro horas hasta el final de la prueba. Las mediciones del abatimiento residual o niveles de recuperación se harán con la misma frecuencia.

4.1.3 CAUDAL EXPLOTABLE DEL POZO

El caudal máximo recomendable o el máximo rendimiento para las bombas es aquel donde se dobla la curva caudal vs. nivel dinámico hacia abajo (deflecta la curva) y no el caudal que puede dar la bomba.

Para este efecto la prueba se realiza a varios regímenes de bombeo.

CASO 1: CAUDAL EXPLOTABLE DEL POZO 408

(PRUEBA DE BOMBEO A CAUDAL VARIABLE)

Descripción de la Prueba:

La prueba de rendimiento o prueba de pozo ha consistido en bombear el pozo durante 24 horas a cuatro regímenes diferentes, registrándose en cada uno de ellos el caudal y su correspondiente nivel dinámico. El cambio de cada régimen ha sido realizado una vez obtenida la estabilización de los niveles dinámicos simultáneamente a las medidas de los niveles de agua y caudal durante la prueba se llevó a cabo un estricto control del contenido de arena en el agua. En términos generales se pudo apreciar que el agua se aclaraba totalmente después de dos horas de iniciado cada régimen.

En el cuadro PRUEBA DE BOMBEO - Descenso Pozo 408 se presenta los resultados de la prueba de rendimiento del pozo, en el que se observa que el caudal varió de 18.10 a 66.0 l/s y los niveles dinámicos de 59.90 a 81.40 m.

PRUEBA DE BOMBEO

POZO 408

EQUIPO UTILIZADO:

MOTOR

Modelo	:	Mercedez Benz
Tipo	:	DIESEL
Potencia	:	180 HP
R.P.M.	:	1500

BOMBA

Marca	:	B. J.
Tipo	:	Turbina Vertical
R.P.M.	:	1780.
Capacidad		
Máxima	:	100 l/s
φ Descarga	:	10"

MEDIDOR DE CAUDAL

Tubería de 8" de φ con reducción de 6", manguera transparente de φ 1/2" conectada a un orificio en el tubo de 8" que está a una distancia de 24" de la salida; y una cinta graduada para medir la carga de agua en pulgadas.

MEDIDOR DE NIVELES

Sonda eléctrica, pasando a través de un tubo plástico de φ 1" a lo largo de la longitud de la columna de bombeo del pozo.

CUADRO DE PRUEBA DE BOMBEO - DESCENSO (REGIMEN CONSTANTE)

POZO 408

LUGAR : SAN MARTIN DE PORRES
 N.E. : 53.90 m REGIMEN : 1° HORA DE INICIO : 8.00 pm.
 HORA DE BOMBEO: 6 HRS. P.R. (ALTURA cm.) : 56
 * TUBO SALIDA : 8" REDUCCION : 6"

HORA	T EN HRS.	N.D. m.	ALTURA EN PULGADAS	Q (l/s)	R.P.M.	OBSERVACIONES
8.00 pm.	1'	57.90				
	2'	58.50				
	3'					
	4'					
	5'	58.15				
	6'	58.15				
	7'	58.15				
	8'	59.13	15"	18.4	1140	
	9'	59.45	15"	18.4	1140	
	10'	59.75	15"	18.4	1140	
	12'	59.74	15"	18.4	1140	
	14'	59.74	15"	18.4	1140	
	16'	59.74	15"	18.4	1140	
	18'	59.70	14 1/2	18.12	1140	
	20'	59.68	14 1/2	18.12	1140	
	25'	59.68	14 1/2	18.12	1140	
	30'	59.67	14 1/2	18.12	1140	
	35'	59.76	14 1/2	18.12	1140	
	40'	59.80	15"	18.4	1140	
	50'	59.88	15"	18.4	1140	
60'	59.88	15"	18.4	1140		
9.00 pm.	1 1/4	59.88	15"	18.4	1140	
	1 1/2	59.88	15"	18.4	1140	
	1 3/4	59.86	14 1/2	18.12	1140	
10:00 pm.	2 H	59.71	14 1/2	18.12	1140	
	2 1/2	59.80	14 1/2	18.12	1140	
11:00 pm.	3 H	59.73	14 1/2	18.12	1140	
12:00 pm.	4 H	59.88	14 1/2	18.12	1140	
2:00 am.	6 H	59.70	14"	17.84	1140	

CUADRO DE PRUEBA DE BOMBEO - DESCENSO (REGIMEN CONSTANTE)

POZO 408

LUGAR : SAN MARTIN DE PORRES

N.D. 1° REGIMEN : 59.70 m.

REGIMEN : 2° HORA DE INICIO : 2:15 am.

HORA DE BOMBEO: 6 HRS.

P.R. (ALTURA cm.) : 56

TUBO SALIDA : 8"

REDUCCION : 6"

HORA	T EN HRS.	N.D. m.	ALTURA EN PULGADAS	Q (l/s)	R.P.M.	OBSERVACIONES
	1'	70.51				
	2	69.19	16"	39.5	1380	
	3'	68.46	16"	39.5	1380	
	4'	68.33	16"	39.5	1380	
	5'	68.48	16"	39.5	1380	
	6'	68.17	16"	39.5	1380	
	7'	68.12	16"	39.5	1380	
	8'	68.10	16"	39.5	1380	
	9'	68.11	16"	39.5	1380	
	10'	68.11	16"	39.5	1380	
	12'	68.11	16"	39.5	1380	
	14	68.12	16"	39.5	1380	
	16	68.12	16"	39.5	1380	
	18'	68.12	16"	39.5	1380	
	20'	68.12	16"	39.5	1380	
	25'	68.15	16"	39.5	1380	
	30'	68.15	16"	39.5	1380	
	35'	68.17	16"	39.5	1380	
	40'	68.20	16"	39.5	1380	
	50'	68.23	16"	39.5	1380	
3:15 am.	60'	68.26	16"	39.5	1380	
	1 1/4	68.32	16"	39.5	1380	
	1 1/2	68.35	16"	39.5	1380	
	1 3/4	68.36	16"	39.5	1380	
4:15 am.	2 H	68.46	16"	39.5	1380	
	2 1/2	68.51	16"	39.5	1380	
5:15 am.	3 H	68.50	16"	39.5	1380	
6:15 am.	4 H	68.47	16"	39.5	1380	
7:15 am.	5 H	68.50	16"	39.5	1380	
8:15 am.	6 H	68.12	16"	39.5	1380	

CUADRO DE PRUEBA DE BOMBEO - DESCENSO (REGIMEN CONSTANTE)

POZO 408

LUGAR : SAN MARTIN DE PORRES

N.D. 2° REGIMEN : 68.50 m.

REGIMEN : 3° HORA DE INICIO : 8:15 am.

HORA DE BOMBEO:

P.R. (ALTURA cm.) : 56

∅ TUBO SALIDA : 8"

REDUCCION : 6"

HORA	T. EN HRS.	N.D. m.	ALTURA EN PULGADAS	Q (l/s)	R.P.M.	OBSERVACIONES
	1'	74.08				
	2	74.67				
	3'	75.15				
	4'	75.47				
	5'	75.70				
	6'	75.88				
	7'	76.00				
	8'	76.08				
	9'	76.09				
	10'	76.11	34	57.2	1700	
	12'	76.20	34	57.2	1700	
	14	76.20	34	57.2	1700	
	16	76.20	34	57.2	1700	
	18'	76.22	34	57.2	1700	
	20'	76.22	34	57.2	1700	
	25'	76.26	34	57.2	1700	
	30'	76.29	34	57.2	1700	
	35'	76.30	34	57.2	1700	
	40'	76.33	34	57.2	1700	
	50'	76.36	34	57.2	1700	
9:15 am.	60'	76.40	34	57.2	1700	
	1 1/4	76.44	34	57.2	1700	
	1 1/2	76.45	34	57.2	1700	
	1 3/4	76.50	34	57.2	1700	
10:15 am.	2 H	76.56	34	57.2	1700	
	2 1/2	76.50	34	57.2	1700	
11:15 am.	3 H	76.50	34	57.2	1700	
12:15 pm.	4 H	75.42	33 1/2	57.15	1700	
1:15 pm.	5 H	76.39	33 1/2	57.15	1700	
2:15 pm.	6 H	76.40	34	57.2	1700	

CUADRO DE PRUEBA DE BOMBEO - DESCENSO (REGIMEN CONSTANTE)

POZO 408

LUGAR : SAN MARTIN DE PORRES

N.D. REGIMEN : 76.40 m.

REGIMEN : 4° HORA DE INICIO : 2:15 pm.

HORA DE BOMBEO:

P.R. (ALTURA cm.) : 56

Ø TUBO SALIDA : 8"

REDUCCION : 6"

HORA	T. EN HRS.	N.D. m.	ALTURA EN PULGADAS	Q (l/s)	R.P.M.	OBSERVACIONES
	1'	77.28	40"	62.5	1350	
	2'	78.02	40"	62.5	1350	
	3'	78.55	40"	62.5	1350	
	4'	78.60	40"	62.5	1350	
	5'	79.49	45"	66.5	1350	
	6'	79.50	45"	66.5	1350	
	7'	80.00	45"	66.5	1350	
	8'	80.21	45"	66.5	1350	
	9'	80.34	45"	66.5	1350	
	10'	80.63	45"	66.5	1350	
	12'	80.71	45"	66.5	1350	
	14	80.77	45"	66.5	1350	
	16	80.79	45"	66.5	1350	
	18'	80.88	44 1/2	66.0	1350	
	20'	80.88	44 1/2	66	1350	
	25'	80.88	44 1/2	66	1350	
	30'	80.88	44 1/2	66	1350	
	35'	80.88	44 1/2	66	1350	
	40'	80.93	44 1/2	66	1350	
	50'	80.91	44 1/2	66	1350	
3:15 am.	60'	80.92	44 1/2	66	1350	
3:30	1 H 1/4	80.92	44 1/2	66.0	1350	
3.45	1 1/2	81.10	44 1/2	66.0	1350	
4:00	1 3/4	81.11	44 1/2	66.0	1350	
4:15 pm.	2 H	81.30	44 1/2	66.0	1350	
4:45	2 1/2	81.36	44 1/2	66	1350	
5:15 pm.	3 H	81.31	44 1/2	66	1350	
6:15 pm.	4 H	81.40	44 1/2	66.0	1350	
7:15 pm.	5 H	81.39	44 1/2	66	1350	
8:15 pm.	6 H	81.38	44 1/2	66	1350	

NOTA : Los caudales han sido obtenidos de la tabla "CALCULO DE CAUDALES EN "TUBO PITOT" de 3" con orificio de 5".

TABLA

CALCULO DE CAUDALES EN TUBO

PITOT DE 8" - 6"

Altura (cm.)	Caudal (lit/s.)	Altura (cm.)	Caudal (lit/s.)	Altura (cm.)	Caudal (lit/s.)	Altura (cm.)	Caudal (lit/s.)	Altura (cm.)	Caudal (lit/s.)
16.0	24.2	44.5	41.0	71.5	51.8	98.5	60.8	125.5	68.8
17.0	25.2	45.0	41.2	72.0	52.0	99.0	61.0	126.0	69.0
18.0	26.0	45.5	41.4	72.5	52.2	99.5	61.1	126.5	69.1
19.0	26.8	46.0	41.6	73.0	52.4	100.0	61.2	127.0	69.8
19.5	27.0	46.5	41.8	73.5	52.6	100.5	61.4	127.5	69.3
20.0	27.4	47.0	42.0	74.0	52.8	101.0	61.6	128.0	69.4
20.5	28.0	47.5	42.2	74.5	52.9	101.5	61.7	128.5	69.6
21.0	28.2	48.0	42.4	75.0	53.0	102.0	61.8	129.0	69.7
21.5	28.5	48.5	42.6	75.5	53.3	102.5	62.0	129.5	69.8
22.0	29.0	49.0	42.8	76.0	53.4	103.0	62.2	130.0	70.0
22.5	29.2	49.5	43.0	76.5	53.6	103.5	62.4	130.5	70.1
23.0	29.6	50.0	43.2	77.0	53.8	104.0	62.6	131.0	70.2
23.5	30.0	50.5	43.6	77.5	54.0	104.5	62.7	131.5	70.4
24.0	30.2	51.0	43.8	78.0	54.2	105.0	62.8	132.0	70.5
24.5	30.6	51.5	44.0	78.5	54.4	105.5	63.0	132.5	70.6
25.0	31.0	52.0	44.2	79.0	54.6	106.0	63.2	133.0	70.8
25.5	31.2	52.5	44.4	79.5	54.7	106.5	63.3	133.5	70.9
26.0	31.6	53.0	44.6	80.0	54.8	107.0	63.4	134.0	71.0
26.5	32.0	53.5	44.8	80.5	55.0	107.5	63.5	134.5	71.1
27.0	32.2	54.0	45.0	81.0	55.2	108.0	63.7	135.0	71.2
27.5	32.5	54.5	45.2	81.5	55.3	108.5	63.8	135.5	71.4
28.0	32.8	55.0	45.4	82.0	55.4	109.0	64.0	136.0	71.5
28.5	33.2	55.5	45.5	82.5	55.6	109.5	64.8	136.5	71.6
29.0	33.4	56.0	45.7	83.0	55.8	110.0	64.3	137.0	71.8
29.5	33.6	56.5	45.9	83.5	56.0	110.5	64.4	137.5	71.9
30.0	33.8	57.0	46.0	84.0	56.2	111.0	64.6	138.0	72.0
30.5	34.0	57.5	46.2	84.5	56.3	111.5	64.8	138.5	72.1
31.0	34.4	58.0	46.4	85.0	56.4	112.0	65.0	139.0	72.2
31.5	34.8	58.5	46.7	85.5	56.6	112.5	65.1	139.5	72.4
32.0	35.0	59.0	47.0	86.0	56.8	113.0	65.2	140.0	72.5
32.5	35.2	59.5	47.1	86.5	56.9	113.5	65.4	140.5	72.7

Altura (cm.)	Caudal (lit/s.)	Altura (cm.)	Caudal (lit/s.)	Altura (cm.)	Caudal (lit/s.)	Altura (cm.)	Caudal (lit/s.)	Altura (cm.)	Caudal (lit/s.)
33.0	35.5	60.0	47.3	87.0	57.0	114.0	65.5	141.0	72.8
33.5	35.8	60.5	47.6	87.5	57.3	114.5	65.6	141.5	72.9
34.0	36.0	61.0	47.8	88.0	57.4	115.0	65.8	142.0	73.0
34.5	36.4	61.5	48.0	88.5	57.6	115.5	66.0	142.5	73.1
35.0	36.6	62.0	48.2	89.0	57.8	116.0	66.1	143.0	73.3
35.5	36.8	62.5	48.4	89.5	57.9	116.5	66.2	143.5	73.4
36.0	37.1	63.0	48.6	90.0	58.0	117.0	66.4	144.0	73.6
36.5	37.4	63.5	48.8	90.5	58.2	117.5	66.5	144.5	73.7
37.0	37.6	64.0	49.0	91.0	58.4	118.0	66.6	145.0	73.8
37.5	37.8	64.5	49.2	91.5	58.6	118.5	66.8	145.5	73.9
38.0	38.2	65.0	49.4	92.0	58.8	119.0	67.0	146.0	74.0
38.5	38.4	65.5	49.6	92.5	58.9	119.5	67.1	146.5	74.2
39.0	38.6	66.0	49.8	93.0	59.0	120.0	67.2	147.0	74.3
39.5	38.8	66.5	50.0	93.5	59.2	120.5	67.4	147.5	74.4
40.0	39.0	67.0	50.2	94.0	59.4	121.0	67.5	148.0	74.5
40.5	39.2	67.5	50.4	94.5	59.5	121.5	67.6	148.5	74.6
41.0	39.4	68.0	50.6	95.0	59.6	122.0	67.8	149.0	74.7
41.5	39.6	68.5	50.8	95.5	59.9	122.5	67.9	149.5	74.8
42.0	39.8	69.0	51.0	96.0	60.0	123.0	68.0	150.0	75.0
42.5	40.2	69.5	51.1	96.5	60.2	123.5	68.2	150.5	75.1
43.0	40.4	70.0	51.2	97.0	60.3	124.0	68.4	151.0	75.2
43.5	40.6	70.5	51.4	97.5	60.4	124.5	68.5	151.5	75.3
44.0	40.8	71.0	51.6	98.0	60.6	125.0	68.6	152.0	75.4

RESULTADO DE LA PRUEBA DE RENDIMIENTO DEL POZO 408

CAUDAL (l/s)	TIEMPO (hr)	NIVEL (m)
0	-	53.90
18.10	6	59.90
39.50	6	68.50
57.20	6	76.40
66.00	6	81.40

Caudal recomendable 60 l/s con un nivel dinámico de 78 m. según el grafico prueba de rendimiento pozo 408.

CASO 2 : PRUEBA DE BOMBEO A CAUDAL VARIABLE DEL POZO**SAN AMADEO DE GARAGAY - DISTRITO DE****SAN MARTIN DE PORRES**

<u>CAUDAL (l/s)</u>	<u>NIVEL DINAMICO (m)</u>
0.00	41.80
19.00	43.25
28.50	44.10
65.50	47.45
84.80	49.55
45.30	54.80

Del gráfico curva de rendimiento y aforo del pozo San Amadeo de Garagay (Potrero San Pedro) se concluye que el caudal máximo es de 80 l/s con un nivel dinámico de 50m, aunque este pozo según su curva de rendimiento tiene para rendir por lo menos 100 l/s pero debido a la demanda del agua que requiere según el proyecto de abastecimiento de agua con 80 l/s cubre ya esa demanda.

4.2.0. EVALUACION HIDRAULICA DEL POZO

La calidad constructiva de un pozo y su eficiencia hidráulica es evaluada mediante la realización e interpretación de una prueba de bombeo a caudal variable y niveles estabilizados (pruebas de pozo o de rendimiento). La evaluación se basa en la utilización de la ecuación de abatimiento, la cual relaciona el descenso

total del nivel dinámico que ocurre en un pozo durante el bombeo con las pérdidas de carga que se producen por la circulación del agua a través de la formación acuífera y con las producidas por el sistema de captación; para determinar los valores de la ecuación de abatimiento de un pozo.

La evaluación hidráulica lo realizamos en el pozo con una prueba de bombeo a caudal variable a través de cuya interpretación se establecerá la ecuación de abatimiento del pozo. Esta ecuación es la siguiente:

$$\Delta H = BQ + CQ^n$$

El valor de "n" debe ser calculado.

Cuando no hay mucha turbulencia o interferencia el valor de "n" se asume por lo general $n = 2$.

Cuando $n \neq 2$ planteamos un método de iteraciones:

$$\frac{\frac{S_2}{Q_2} - \frac{S_1}{Q_1}}{\frac{S_3}{Q_3} - \frac{S_2}{Q_2}} = \frac{Q_2^{-1} - Q_1^{n-1}}{Q_3^{n-1} - Q_2^{n-1}}$$

Donde :

s = Abatimientos de un determinado tiempo de bombeo y con un caudal determinado.

Q - Caudal variable de bombeo.

El valor de C o coeficiente de Walton nos permite evaluar la calidad constructiva del pozo, la eficiencia hidráulica del pozo.

Este coeficiente puede ser utilizado para la evaluación del estado de funcionamiento hidráulico de la captación en pozos que se encuentran en operación, a fin de conocer los factores que pueden estar influyendo en su baja producción (obstrucción de las rejillas por depósitos de incrustación, colmatación por los materiales de terreno, deterioro de las rejillas, disminución de la columna de captación por acumulación de materiales en el fondo del pozo, etc.).

Para lo cual es necesario efectuar en el pozo una prueba de bombeo a caudal variable.

ΔH : Abatimiento total.

BQ : Abatimiento producido por las pérdidas de cargas en la capa acuífera en proximidades de la captación. En función de las características hidrogeológicas del acuífero (permeabilidad, transmisibilidad, coeficiente de almacenamiento, espesor) caudal y tiempo de bombeo, situación y naturaleza de los límites del acuífero.

B ($\text{Segundo}/\text{m}^2$), es un coeficiente de las características hidrogeológicas de la formación.

CQ^2 : Abatimiento de la napa en el pozo debido a pérdidas de cargas creadas por el sistema de captación ($n=2$).

En una prueba de bombeo para evaluar la eficiencia hidráulica del pozo los filtros deben de estar sumergidos.

El nivel dinámico debe de estar por encima de los filtros para que se cumpla la evaluación hidráulica del pozo. El tiempo de bombeo no debe ser períodos largos sino cortos, de media hora a una hora y de tiempos constantes.

EVALUACION DE LA EFICIENCIA DE UN POZO

Estableciendo la ecuación de abatimiento $\Delta H = BQ + CQ^n$, es posible determinar los componentes del descenso de nivel en el pozo, el debido a las pérdidas de carga en el acuífero y debido a las pérdidas de carga en el pozo.

La calidad constructiva de los pozos es definida por el coeficiente C. Walton en 1962 estableció la siguiente **escala de** valores de C, para definir la calidad constructiva de los pozos:

BUENA ($C < 1900 \text{ S}^2/\text{m}^3$). Pozo bien desarrollado y con diseño técnico adecuado.

REGULAR ($1900 < C < 3800$). Pozo con desarrollo deficiente, y con pérdidas de cargas altas debido a una mala selección de rejilla (o rejilla deteriorada)

MEDIOCRE ($3800 < C < 15000$). Pérdidas de carga en el pozo muy grande. (Colmatación o deterioro de

rejilla).

MALA ($C > 15000 \text{ S}^2/\text{m}^3$). Excesivas pérdidas de carga debido al pozo; pozo inservible.

CASO DE EVALUACION HIDRAULICA DEL POZO

SAN AMADEO DE GARAGAY

Compañía perforadora : Pozos estabilizados.

Profundidad del pozo : 120 metros

Caudal de explotación : 80 l/s.

La prueba hidráulica se realizó durante tres horas a caudal variable a razón de 1 hora cada régimen empleando el método de Pitot.

En el cuadro adjunto se resume los datos siguientes:

REG.	TIEMPO(hr.)	Q(l/s)	N.D(m)	P1(PSI)	AMP(A)	VOL(V)
1	1	63	48.60	87	337	215
2	1	80	50.21	55	356	213
3	1	93	51.40	26	356	212

EVALUACION DE LA CALIDAD CONSTRUCTIVA DEL POZOSAN AMADEO DE GARAGAY

$$N.E = 42.92 \text{ m.}$$

$$\Delta H = N.D - N.E$$

REGIMEN	Q(1/s)	N.D (m.)	DH = S(m)
1	63	48.60	5.68
2	80	50.21	7.29
3	93	51.40	8.48

Determinamos el valor de "n"

$$\begin{array}{l} S_2 \\ Q_2 \end{array} \begin{array}{l} S_1 \\ Q_1 \end{array} \quad Q_2^{n-1} - Q_1^{n-1}$$

$$\begin{array}{l} S_3 \\ Q_3 \end{array} \begin{array}{l} S_2 \\ Q_2 \end{array} \quad Q_3^{n-1} - Q_2^{n-1}$$

Los filtros deben de estar sumergidos.

Reemplazando datos en la ecuación :

$$\frac{\frac{7.29}{80 \times 10^{-3}}}{\frac{8.48}{93 \times 10^{-3}}} = \frac{\frac{5.68}{63 \times 10^{-3}}}{\frac{7.29}{80 \times 10^{-3}}} = \frac{(80 \times 10^{-3})^{n-1} - (63 \times 10^{-3})^{n-1}}{(93 \times 10^{-3})^{n-1} - (80 \times 10^{-3})^{n-1}}$$

$$1.3529 = \frac{80^{n-1} - 63^{n-1}}{93^{n-1} - 80^{n-1}}$$

$$n = 1.823$$

$$\Delta H = BQ + CQ^n$$

$$\Delta H = \text{abatimiento total}$$

$$\Delta H_{(1)} = BQ_{(1)} + CQ_{(1)}^n$$

Planteamos dos ecuaciones con dos incógnitas

$$5.68 = B \times (0.063) + C (0.063)^{1.823}$$

$$7.29 = B \times (0.080) + C (0.080)^{1.823}$$

$$B = \frac{5.68 - 0.00647C}{0.063}$$

$$C = 43.33$$

$$B = 85.71$$

Ecuacion del pozo

$$DH = BQ + CQ^{1.823}$$

$$DH = 85.71Q + 43.33 Q^{1.823}$$

$C < 1900$ calidad constructiva del pozo es buena

4.2.1. INSPECCION MEDIANTE LA CAMARA DE TELEVISION

Cuando un pozo presenta pérdidas hidráulicas podemos realizar una inspección mediante la cámara de televisión el cual nos permite tener una evidencia visual confirmatoria de dichas pérdidas que se asumieron eran debidos a la incrustación o corrosión del pozo.

Para realizar esta inspección es necesario desmontar el equipo de bombeo y el agua debe estar en reposo por lo menos una semana.

Estas inspecciones muestran si las ranuras de los filtros están bloqueados, y/o corroídos para lo cual se prevee la posibilidad de remover la incrustación del pozo; o también se podrá establecer la reparación de

filtros y/o fundas.

En el pozo N° 186 Mangamarca al realizar la inspección mediante la cámara de TV la tubería ciega presentaba corrosión tal como se adjunta el resultado de SEDAPAL.

MEMORANDO N° 061-90/VC-8300-35430

A GERENCIA PRODUCCION AGUAS SUBTERRANEAS
 ASUNTO INSPECCION CON CAMARA TV para pozo profundo
 POZO N° 186 "MANGOMARCA". Distrito San Juan de
 Lurigancho
 FECHA Lima, 15 de noviembre de 1990.

Por el presente me dirijo a usted para hacerle llegar un resumen de lo observado en la inspección del pozo N° 186 "MANGOMARCA", distrito San Juan de Lurigancho, con la Cámara de Televisión para Pozo Profundo.

La inspección se llevó a cabo el día 14 del presente mes, previa coordinación con la División de Mantenimiento de Aguas Subterráneas.

Pozo N° 186

NE : 77.0 m

0 a 70m	Tubería ciega, diámetro 18"
70 a 73m	Tubería ciega, diámetro 15"
73 a 75m	Filtros Lima de acero inoxidable diámetro 15"
75 a 78m	Tubería ciega, diámetro 15", fuertemente corroida.
78 a 83m	Filtros Lima de acero inoxidable, diámetro 15", en buen estado.
83 a 86m	Tubería ciega, diámetro 15", fuertemente corroida.
86 a 88m	Filtros Lima de acero inoxidable, diámetro 15", en buen estado.
88 a 90m	Tubería ciega, diámetro 15", fuertemente corrodia.
90 a 96m	Filtros Lima acero inoxidable, diámetro 15" en buen estado.
96 a 98m	Tubería ciega, diámetro 15"

No se pudo continuar por falta de visibilidad debido a la fuerte variación del voltaje en la zona.

Atentamente,

Ing. Víctor Rodríguez
 DIVISION PROYECTOS
 G.F.A.S

4.2.2 CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA DEL POZO

CARABAYLLO 340

Durante la construcción del pozo es importante conocer los parámetros físico químico el cual determinara que tipo de material se pondrá en el diseño del pozo.

El control de la calidad físico-químico del agua nos sirve para evaluar que parámetros pueden afectar los rendimientos de la producción del acuífero que pueden ser debido a la incrustación o corrosión del pozo.

Los resultados de los análisis físico-químico del agua del pozo Carabayllo 340 nos indica que el agua del pozo es dura y tiende ha ser incrustante.

Conociendo estos resultados se procede a desmontar el equipo de bombeo y nos encontramos que los impulsores estuvieron fuertemente corroidos.

La oficina de mantenimiento de SEDAPAL procede a su reparación inmediata, algunos impulsores fueron cambiados totalmente.

Se adjunta los resultados de los análisis físico-químico.

ING. JOSE CORDOVA
Jefe de la División Técnica

Solicita el apoyo para el análisis Físico-Químico del Pozo "CARABAYLLO" N° 340 muestreado el día 18/10/90 a las 02:30 p.m. por el Ing. MABEL ESPINOZA CARRUBA y por nuestro personal. En dicho Pozo cuando se desmontó el equipo de bombeo se presentó corrosión en la columna de la bomba.

Los elementos que se deberán analizar como mínimo son los siguientes:

- Temperatura
- pH
- Alcalinidad total CaCO_3 , mg / l)
- Dureza total (CaCO_3 , mg/l)
- Sólidos totales disueltos (mg/l)
- Oxígeno disuelto (OD mg/l)
- Sulfuro de Hidrógeno, H_2S (mg/l)
- Cloruros CL (mg/l)
- Carbonatos CO_3 (mg / l)
- Bicarbonatos M CO_3 (mg/l)
- Anhidrido Carbónico CO_2 (mg/l)
- Hierro Fe (mg/l)
- Calcio Ca^{++} (mg/l)
- Sodio Na^+ (mg/l)
- Potasio K^+ (mg/l)
- Hierro más Manganeso, Fe + Mn. (mg/l)
- PH de Saturación
- Índice de Languelier
- Índice de Estabilidad
- Índice de Riznar

ING^º JOSE CORDOVA
Jefe de la División técnica

Solicita el apoyo para el análisis Físico-Químico del Pozo "CARABAYLLO" N^º 340 muestreado el día 18/10/90 a las 02:30 p.m. por el Ing^º MABEL ESPINOZA CARRUBA y por nuestro personal. En dicho Pozo cuando se desmontó el equipo de bombeo se presentó corrosión en la columna de la bomba.

Los elementos que se deberán analizar como mínimo son los siguientes

- Temperatura
- PH
- Alcalinidad total C_aCO_3 , mg / l)
- Dureza total (C_aCO_3 , mg / l)
- Sólidos totales disueltos (mg / l)
- Oxígeno disuelto (OD mg / l)
- Sulfuro de Hidrógeno, H_2S (mg / l)
- Cloruros CL (mg / l)
- Carbonatos CO_3 (mg / l)
- Bicarbonatos M CO_3 (mg / l)
- Anhídrido Carbónico CO_2 (mg / l)
- Hierro Fe (mg / l)
- Calcio Ca^{++} (mg l)
- Sodio Na^{++} (mg l)
- Potasio K (mg l)
- Hierro más Manganeseo, Fe + Mn. (mg l)
- PH de Saturación
- Índice de Languelieir
- Índice de Estabilidad
- Índice de Riznar

MEMORADUM N° 111-90/VC-8300-35311-LAB. FISICO-QUIMICO E INVEST.

RESULTADOS DE LOS ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS EFECTUADOS EN UNA MUESTRA DE AGUA.

REMITE DIVISION DE AGUAS SUBTERRANEAS
 ATENCION ING° CARLOS PAREDES
 REFERENCIA: POZO CARABAYLLO N° 340
 FECHA DE
 EXTRACCION: 19 DE OCTUBRE A LAS 14.30 HRS.

DETERMINACIONES

pH Unidades		7,88
Turbiedad NTU		1,60
Conductividad Especifica Micromhos/cm.		
Alcalinidad Total Ca CO ₃	mg/lt.	182,00
Carbonatos CaCO ₃	"	0,00
Bicarbonatos Ca CO ₃	"	182,00
Dureza Total Ca CO ₃	"	479,00
Calcio Ca ⁺²	"	152,00
Magnesio Mg ⁺²	"	24,00
Cloruros Cl ⁻¹	"	27,00
Nitratos NO ⁻¹	"	11,61
Nitritos NO ³⁻¹	"	0,004
Sulfatos SO ²⁻²	"	362,00
Sólidos Totales	"	976,00
Sodio Na ⁺¹	"	30,94
Potasio K ⁺¹	"	2,01
* Indice de Langelier		0,51

COMENTARIOS:

El resultado del análisis nos indica que es agua dura, con ligera tendencia a ser incrustante.

Lima, 17 de Noviembre de 1990.

Atentamente,

ING. MARTHA ARANGUREN CARBAJAL
 Jefe Laboratorio Físico-Químico
 e Investigación

MAC/caq.
 INGENIEROS RESPONSABLES:
 - Martha Aranguren C.
 - Jorge García C.

4.3.0 EVALUACION DEL CONTENIDO DE ARENA FINA

LIMITES DEL CONTENIDO DE ARENA FINA

El contenido de arena según las normas de SEDAFAL serán menor o igual a 10 mg/l a los 20 minutos de iniciado el bombeo y alcanzará un promedio menor o igual a 10 mg/l durante el ciclo de bombeo.

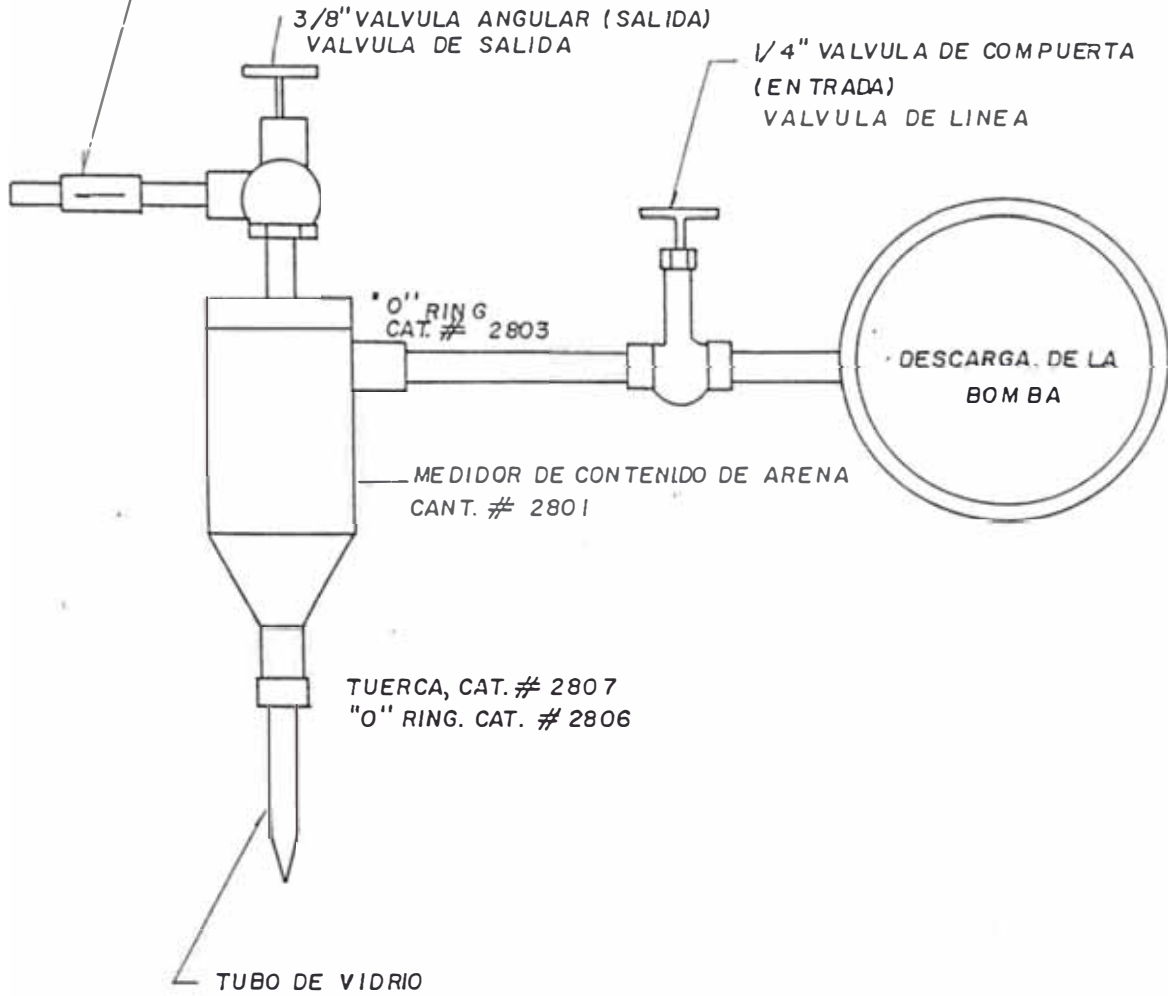
Después de un período mínimo de 2 horas de efectuadas las pruebas de bombeo y otros, se efectuará una prueba de arena Rossum.

INSTRUCCIONES PARA UTILIZAR EL MEDIDOR DE ARENA

1. Colocar el medidor de Arena como se muestra en el gráfico de medidor de arena. La entrada estaría lo más cerca posible al cabezal de descarga de la bomba y debería de ser localizada en la línea central horizontal de la tubería de descarga.
2. Abrir la válvula de línea completamente. Ajustar la válvula de salida hasta que la descarga sea aproximadamente de 1/2 GPM (medir el tiempo requerido para llenar una lata de 1/4 de galón. Esta debería tomar de 27 a 37 seg.)
Usar la válvula de salida para la regulación del flujo solamente.
3. Cerrar la válvula de línea, remover, limpiar y reemplazar el tubo de vidrio.

1/2GPM DE FLUJO. USAR LA VALVULA DE CONTROL
SOLAMENTE CUANDO LA PRESION DE ENTRADA EXCEDE
25 PSI.

CAT. # 2805



- CAT. # 2804 - 12 MI, PYREX
- CAT. # 2809 - 10 MI, PYREX
- CAT. # 2811 - 15 MI, POLYCARBONETE

4. Cuando estemos listos para comenzar una prueba de contenido de arena, abrir la válvula de línea completamente y anotar el tiempo. Generalmente esto es ejecutado después que el pozo ha sido agitado.

Abrir la válvula justo antes de arrancar la bomba después del agitado.

5. Registrar el nivel de arena en el tubo por lo menos 5 minutos, o hasta que el valor de arena sea de 0.01 cc por minuto o menos.

Cuando el valor de arena esté en 0.01 cc por minuto las lecturas pueden ser tomadas cada 5 minutos hasta que la prueba esté corrida para el tiempo especificado.

6. Durante cada corrida verificar el valor de descargue del medidor.

Si la descarga no está en 1/2 GPM aproximadamente, es necesario hacer otra prueba en el medidor.

7. Para cada prueba registrar los GPM que han sido bombeados durante la corrida y registrar un número de agitaciones hechas justo antes de arrancar la corrida.

NOTA :

Agitar el pozo Prender y apagar el pozo varias veces.

4.3.1 PRUEBA DE CONTENIDO DE ARENA

NOMBRE DEL POZO SAN MARTIN AMADEO DE GARAGAY
 UBICACION URB. SAN AMADEO DE GARAGAY
 DISTRITO SAN MARTIN DE PORRES

POZO No.
 FECHA DE PRUEBA : 26/09/88
 PROF. N.E. 43.20 PR/S cm.

PASO No.	CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO DEL POZO						CONTENIDO AREA MED. ROSSUM ml/min				OBSERVACION
	HORA	TIEMPO BOMBEO	N.D (m)	Q (l/s)	P1 (psi)	P2 (psi)	VOL (ml)	t (min)	ml/min	ppm	
	CTROL	1er.	REGI	MEN	Q1=	63LPS					
	10h55m										
	11h35		48.59	63	87	-	0.70	40m	0.0175	9PPM	1° Control
	11h35m						0.70				
	11h55m		48.60	63	87	-	0.85	20m			
						ΔV	0.15	20m	0.0075	4PPM	2° Control
	CTROL	ARENAM	IENTO	2° RE	GIMEN	Q2=80	LPS				
	12h02m		50.22	80	55	-					
	12h22m		50.27	80	55		0.90	20m	0.045	25PPM	1° Control
	12h25m			80			0.90				
	12h50m		50.22	80	55	-	1.40				
						ΔV	0.50	25m	0.020	10PPM	2° Control
	CTROL	ARENAM	IENTO	3° RE	GIMEN	Q3=93	LPS				
	1h14m										
	1h34m		51.48	93	26	-	2.80	20m	0.14	70PPM	1° Control
	1h40m										
	1h55m		51.38	93	26		1.00	15m	0.066	35PPM	2° Control

No cumple con las normas permitidas por SEDAPAL
 (35 ppm > 10 ppm)

NUEVO CONTROL DE LA PRUEBA DEL CONTENIDODE ARENA FINA DEL POZO:SAN AMADEO DE GARAGAYDISTRITO SAN MARTIN DE PORRES

FECHA = OCTUBRE 1988

Caudal de explotación = Q_{exp} = 80 l/s.

Nivel Estático = 43.25 m.

Se realiza este nuevo control para verificar si con la prueba de desarrollo efectuado cumple las normas de SEDAFAL sobre contenido de arena fina.

1ra. Agitación del pozo (a la purga)

Pi = Presión

t - Tiempo

ND i - Nivel Dinámico

t inicio = 10:30 horas

t final = 10:40 horas

regulación del equipo ROSSUM

2do. Inicio de la prueba

t inicio = 11:00

t final = 11:20

ND1 = 50.05 mts.

P1 = 60 PSI

P2 = 0

$$\begin{aligned} \Delta V &= \text{Variación de volumen.} \\ \Delta t &= \text{Variación del tiempo.} \\ \Delta V &= 0.40 \text{ ml.} \\ \Delta t &= 20 \text{ minutos} \\ \frac{\Delta V}{\Delta t} &= \frac{0.40 \text{ ml}}{20 \text{ minutos}} = 0.02 \text{ ml/minuto} \end{aligned}$$

Según gráfico, de ARENAMIENTO, MILILITROS POR SEGUNDO VS VOLUMEN EN PPM. para 0.02 ml/minuto le corresponde a 10 ppm.

3ero. Continuación de la prueba.

$$\begin{aligned} t_1 &= 11:25 \text{ Horas} & t_2 &= 11:45 \text{ Horas} \\ ND &= 50.10 \text{ m.} \\ P_1 &= 60 \text{ PSI} \\ P_2 &= 0 \\ \Delta V &= 0.15 \text{ ml.} \\ \Delta t &= 20 \text{ minutos.} \\ \frac{\Delta V}{\Delta t} &= \frac{0.15 \text{ ml.}}{20 \text{ minutos}} = 0.0075 \text{ ml/minuto} \end{aligned}$$

Según gráfico de arenamiento, 0.0075 ml/min corresponde a 4 PPM.

El pozo San Amadeo de Garagay se ha desarrollado, obteniéndose un contenido de arena para $Q_{exp} = 80 \text{ lps.}$ menor a 10 PPM, dentro del margen permitido por normas de SEDAFAL.

5.0.0 EVALUACION DE LA EFICIENCIA DE LOS EQUIPOS DE BOMBEO DEL POZO

Se denomina Estación de Bombeo, a la caseta donde se alojan los equipos electro mecánicos que permiten la extracción del agua del subsuelo y la entregan a las tuberías matrices con la presión necesaria para abastecer un sector determinado. Los equipos instalados son seleccionados de acuerdo al rendimiento útil obtenido en la prueba de aforo, y a la altura máxima que debe alcanzar el flujo dentro del sistema de distribución, lo cual generalmente está determinado por la altura del reservorio al cual debe surtir. En los pozos tubulares profundos se emplean las bombas turbinas que son accionadas por motores eléctricos de eje vertical. La energía eléctrica que acciona el motor es recibida del servicio público en un Tablero de Arranque-Protección cuyo funcionamiento esta íntimamente ligado al motor, de acuerdo al sistema de arranque. El flujo que emergen de la bomba circula a través de una serie de elementos de la caseta que otorga seguridad y eficiencia al funcionamiento del sistema.

Los elementos de acuerdo a la dirección del flujo son los siguientes:

1.- Unión Dresser, que permite el fácil desmontaje de la bomba en casos de reparación.

2.- Válvula de alivio de aire, cuya función es evacuar el aire contenido en la columna de bomba en el arranque, y de admisión en los casos de parada. Esta instalada sobre la tubería de descarga.

Válvula de cierre lento, que impide el retroceso del flujo al pozo cuando se paraliza el funcionamiento del motor.

4.- Válvula de purga, es una válvula compuerta instalada en una derivación lateral de la tubería de descarga.

5.- Válvula de alivio contra ondeos, que tiene por misión absorber golpes de ariete o sobrepresión que se registra en el sistema, en las paradas y arranques.

Las descargas provenientes del alivio de aire, purga y válvula contra ondeos, se reúnen en un solo tubo para descargar libremente fuera de la caseta en una estructura especialmente diseñada que lleva las aguas al colector más próximo.

6.- Un medidor de flujo que registra el caudal que se entrega a la red.

7.- Válvula compuerta principal. Que tiene por misión aislar la caseta de bombeo del sistema de Distribución.

El árbol de descarga de un pozo tubular, está formado por un conjunto de tuberías que recibe el nombre de líneas, así como accesorios automáticos y manuales de cierre de flujo. Estas líneas son las siguientes:

Líneas de Descarga: La línea de descarga es propiamente la línea de impulsión y está formada por la unión flexible, la válvula de check, la válvula de compuerta, el manómetro de descarga y el medidor de caudal.

Las operaciones de diagnóstico establece que todos los accesorios deben funcionar en perfecto estado, evitando fallas de hermeticidad en el cierre de las válvulas. La línea de inspección como son contención de flujo en sentido contrario, hermeticidad de cierre en la válvula de compuerta y estado general de la tubería de impulsión.

- b) Línea de Alivio.- La línea de alivio evita que el equipo de bombeo sea sometido a sobrepresiones producidos por golpes de ariete; esta línea libera la excesiva presión en forma automática. Está formada por una tubería de \varnothing 2" de diámetro, una válvula automática y una de compuerta que debe estar siempre abierta. La tubería está empalmada a la línea de purga.

Esta línea debe ser sometida a prueba de sobrepresión y certificar su funcionamiento, en especial

la válvula automática, que por falta de uso se puede descalibrar para las condiciones establecidas en el diseño.

- c) Línea de Furga.- La finalidad de esta línea es evitar que cualquier tipo de pruebas que se realice en el equipo de bombeo, frecuentemente las de limpieza después de cualquier reparación, las descargas no alimenten la red de distribución, más bien lleguen a las alcantarillas.

La línea está formada por una tubería de ϕ 1" de diámetro y una válvula de compuerta, la que siempre debe estar cerrada, abriéndola solo para vertir las aguas a los colectores.

- d) Línea de Aire.- La línea de aire evita que las burbujas de aire que libera el agua en su ascenso desde el cuerpo de bomba hasta su superficie, ingrese a la red de servicio. Está compuesta por una tubería de ϕ 2" de diámetro, una válvula de aire y una válvula de compuerta.

El diagnóstico debe establecer el real funcionamiento de estos accesorios comprobándose mediante procedimientos conocidos por los operadores de los equipos.

El clorinador tiene por función aplicar cloro al agua que se entrega al sistema de distribución con el fin de preservarla de cualquier posible contaminación,

normalmente la inyección de cloro se hace al final de la línea principal dentro de la caseta para proteger las piezas de bronce y cobre de las válvulas y accesorios. La inyección de cloro se hace por medio de una bomba Booster (bomba centrífuga de aumento de presión) que se acciona por medio de un motor de 2.8 a 3.6 HP cuyo funcionamiento es simultáneo con el equipo de bombeo. Como medida de seguridad dispone de un interruptor que permite aislarlo para casos de reparaciones, el gas cloro se mantiene en balones especiales y se inyecta en solución a la tubería efluente de la bomba por medio de un eyector.

CONDICIONES PARA LA EVALUACION DE LA EFICIENCIA DE LOS EQUIPOS DE BOMBEO

Para un caudal aprobado existe una altura dinámica total aprobada (HDT).

Para condiciones normales de funcionamiento (suministro através de la red pública directamente al reservorio), debe cumplirse la HDT.

P2 es la presión de la red de distribución.

La válvula de alivio debe ser regulada por lo menos a 1.5 de P1.

P1 es la presión de salida del pozo.

Para probar la válvula de alivio se abre la válvula de compuerta respectiva, se cierra la válvula de purga completamente, y se procede a cerrar

paulatinamente la válvula de salida de la línea principal (P2), al llegar a la presión aproximadamente a $1.5 P_1$, debe empezar a funcionar el automático de la válvula de alivio.

P3 es la presión de la bomba Booster para inyectar la solución de cloro.

Cuando la Booster no funciona pero están aperturadas las válvulas de entrada A y la de salida B, $P_3 = P_1$ al prender la Booster debe cumplirse : $P_3 > P_1$.

Si la altura dinámica total es mayor que el aprobado, no hay problema.

Si es menor que el aprobado, hay que exigir una modificación.

En algunos casos esto se logra, en la bomba de turbina de eje vertical, subiendo (abriendo) ó bajando (cerrando) los impulsores de la bomba.

Tener en cuenta que el motor calculado y aceptado debe ser igual al instalado.

Si es menor, entonces no rinde.

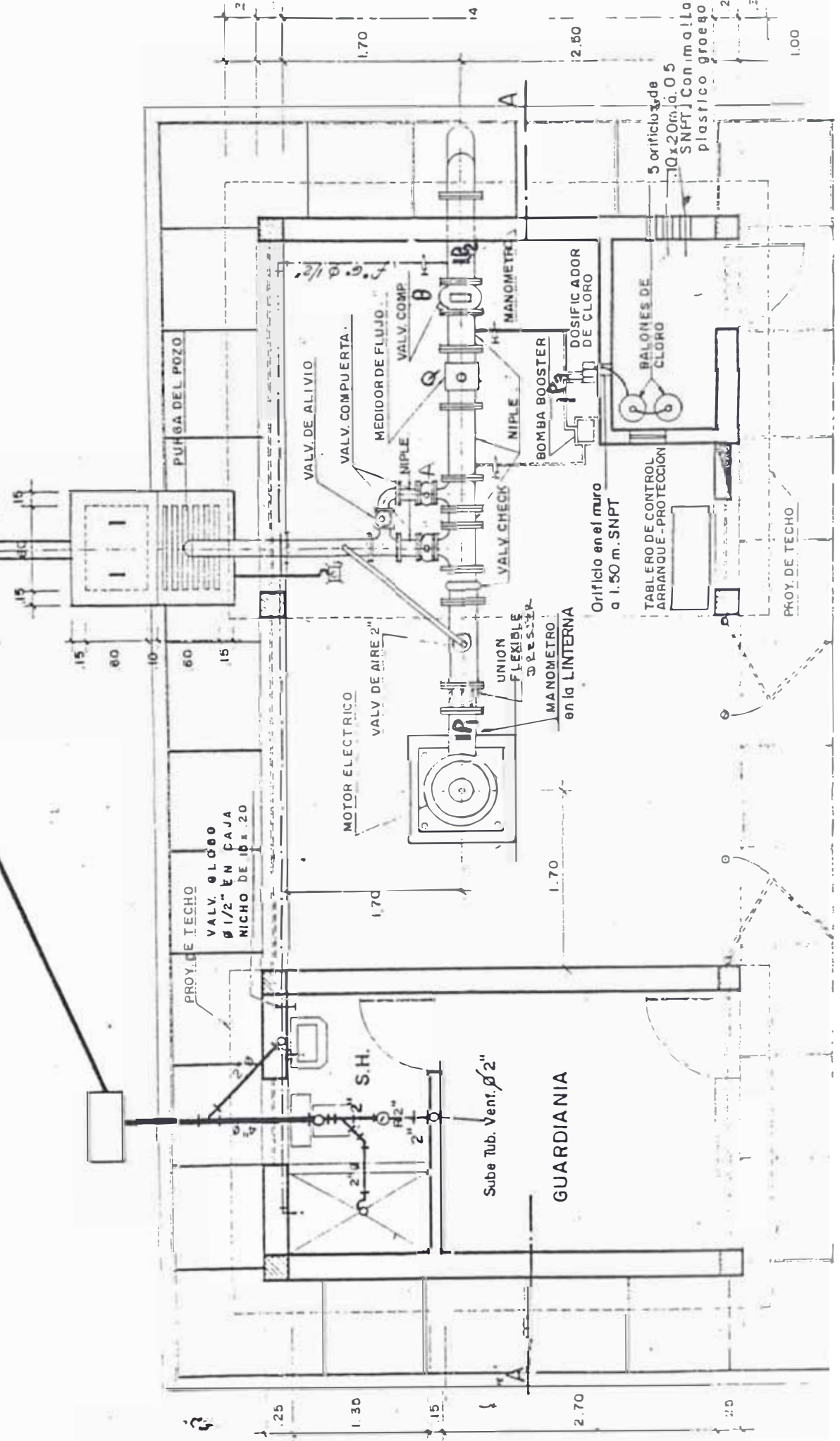
Si es mayor, entonces existe un mayor consumo de energía.

NOTA: LAS VALVULAS DE ENTRADA Y SALIDA SE OBSERVAN EN EL ESQUEMA DE ELEVACION PRINCIPAL DE LA CASETA DE BOMBEO (VALVULAS)

ELEVACION PRINCIPAL_CASETA DE BOMBEO (VALVULAS)

ESC. 1/50

4'0"



VENTAJAS DE LAS BOMBAS SUMERGIBLES Y DE LAS
BOMBAS DE EJE VERTICAL

Las bombas sumergibles tienen las siguientes ventajas:

- a). Se pueden utilizar cuando se profundizan los pozos existentes y se reducen diámetros como de unas 8 pulgadas en cuyo caso no sería posible emplear una bomba de turbina vertical.
- b). El motor de una bomba sumergible se enfría con el agua durante su operación.
- c). Una bomba sumergible se puede desmontar en más o menos la cuarta parte del tiempo requerido para desmontar una bomba de turbina vertical.
- d). Su motor no está sujeto a la infiltración de polvo atmosférico.
- e). No necesita una instalación tan grande como una bomba de turbina vertical e incluso se puede prescindir de ella.
- f). Son seguras y más baratas que las bombas de turbina vertical. Se utiliza en el suministro de agua de las ciudades, como por ejemplo en Malasia, Indonesia, Africa Oriental y Occidental y El Reino Unido. En Lima también se están utilizando este tipo de bomba donde los pozos están torcidos no cumpliendo la verticalidad.
- g). Prácticamente no producen ruido.

- h). Se pueden emplear en pozos desviados.
- i). Las bombas de turbina vertical lubricadas con aceite, donde el nivel freático es profundo pueden contaminar el agua bombeada y así mismo están prohibidas en muchos países.

Las bombas de turbina vertical poseen las siguientes ventajas:

- a). SEDAPAL tiene experiencia en su operación, mantenimiento y así mismo ésta le ha dado muy buenos resultados.
- b). Algunos usuarios manifiestan que las bombas sumergibles requieren un mantenimiento más frecuente que las bombas de turbina vertical (pero los funcionarios de las empresas "Thames Water Authority" expresan que cada veinte mil a cuarenta mil horas de trabajo realizan el mantenimiento de las bombas sumergibles).
- c). Les afecta menos que a las bombas sumergibles cuando funcionan en forma intermitente.
- d). Son ligeramente más eficientes que las sumergibles (Las cifras de eficiencia total normal son del 72% para las bombas de turbina vertical y del 67% para las sumergibles).
- e). A sus motores se les puede arrancar lentamente con mayor facilidad que a los de las bombas sumergibles.
- f). El contenido de arena de 25 mg/l o más tendrá un mayor efecto en las bombas sumergibles que en las de

FORMULAS PARA CALCULAR LA CORRIENTE DE UN SISTEMA

CORRIENTE EN AMPE I	CORRIENTE CONTINUA I	CORRIENTE ALTERNA I	
		MONOFASICA	TRIFASICA
CONOCIENDO HP	$\frac{HP \times 7.46}{E \times N}$	$\frac{HP \times 7.46}{V \times N \times f.p.}$	$\frac{HP \times 7.46}{1.73 \times V \times N \times \cos \phi}$
	$\frac{KW \times 1000}{E}$	$\frac{KW \times 1000}{E \times f.p.}$	$\frac{KW \times 1000}{1.73 \times E \times f.p.}$
CONOCIENDO KW	$\frac{KW \times 1000}{E \times N}$	$\frac{KW \times 1000}{E \times N \times f.p.}$	$\frac{KW \times 1000}{1.73 \times E \times N \times f.p.}$
CONOCIENDO KVA	-----	$\frac{kVA \times 1000}{E}$	$\frac{kVA \times 1000}{1.73 \times E}$
CONOCIENDO CV	$\frac{CV \times 7.36}{E}$	$\frac{CV \times 7.36}{E \times f.p.}$	$\frac{CV \times 7.36}{1.73 \times E \times f.p.}$

Donde:

E = Tensión en volt (V)
 N = Eficiencia expresada en decimales
 kVA = Potencia en kilovoltampere
 HP = Potencia en caballos de fuerza

f.p. = Factor de potencia ($\cos \phi$)
 kW = Potencia en kilowat
 CV = Potencia en caballo - vapor

turbina vertical, sobre todo, si funciona a altas velocidades, por lo tanto, si se utiliza bajo estas condiciones, si se requerirá una bomba sumergible de un modelo más costoso.

FORMULA PARA DETERMINAR LA
EFICIENCIA DE LA BOMBA

Sabemos que para la corriente alterna, trifásica la intensidad de corriente es:

$$I = \frac{Hp \times 746}{1.73 \times E \times N \times F.p.} \quad (\alpha)$$

Hp - Potencia de caballos de fuerza (house power).

E = Tensión en voltios (V).

N - Eficiencia del motor (EFIC (m)).

F.P. = Factor de potencia (Cos ϕ).

La potencia de la bomba es:

$$Hp = \frac{Q \times HDT}{75 \times nB} \quad (\beta)$$

Q - Caudal l/s

HDT = Altura dinámica total en m

nB = Eficiencia de la bomba (EFIC (B)).

Reemplazando (β) en (α)

$$I = \frac{Q \times HDT \times 746}{75 \times nB \times 1.73 \times E \times N \times F.p.}$$

$$n_B = \frac{Q \times HDT \times 746}{75 \times 1.73 \times E \times N \times F.p.}$$

$$n_B = \frac{5.74 \times HDT \times Q}{E \times I \times N \times F.p.}$$

$$EFIC(B) = \frac{5.74 \times HDT \times Q}{V \times I \times EFIC(M) \times \cos \phi}$$

$N \times M B$ = Eficiencia del sistema.

Eficiencia del motor \times Eficiencia de la bomba = EFIC (sistema)

EFICIENCIA DE LA BOMBA

$$EFIC \text{ BOMBA} = \frac{5.74 \times HDT_m (\text{prueba}) \times Q \text{ l/s}}{V \times I \times \cos \phi \times EFIC (\text{motor})}$$

5.1.0 PRUEBA DEL EQUIPO DEL POZO

URB. COVIMA - LA MOLINA

1. El Equipo BJ Hidrostral 126H + 4 etapas no desarrollada un mayor caudal de funcionamiento.

$Q(f) = 28.50 \text{ l/s}$ debido a que la bomba está instalada a 76.20 m. de profundidad para un nivel dinámico de funcionamiento $N.D (f) = 70.55 \text{ m.}$

2. Altura dinámica total (HDT/Equivalente)
(Curva característica Prototipo)

Para un caudal $Q = 62 \text{ l/s}$ vamos al gráfico:

Curva característica Hidrostral 8213, bomba Byron Jackson Hidrostral 126H + 4 Etapas.

Tenemos una altura dinámica equivalente (HDT equivalente):

24.5 m. por cada impulsor, entonces tendremos una altura dinámica total equivalente:

HDT equipamiento - equivalente = $24.5 \text{ m.} \times 4 = 98 \text{ m.}$

3. Altura dinámica de prueba HDT (prueba) del gráfico: pérdidas de presión en columnas standard.

galones/minuto (GPM) versus diámetro de columna por diámetro de funda obtenemos:

si un galón = 3.785 litros

$28.5 \text{ l/s} = 452 \text{ GPM}$

para 452 GPM vs. $8" \times 2 \frac{1}{2}"$

le corresponde $K = 0.9$ como factor de pérdida por fricción en longitud de columna de 8".

Altura dinámica total : = nivel dinámico +

$\frac{\text{long. columna}}{100} \times \text{Valor Nominal gráfico} + \text{presión de pérdidas presión en columna standar}$ de salida

$$\text{HDT} = \text{N.D.} + \frac{L (\text{columna})}{100} \times K + P_1$$

$$58 P_51 \times 0.7 = 40.6 \text{ m.}$$

$$L (\text{Columna}) = 76.20 \text{ m.}$$

$$\text{HDT} = 70.55 \text{ m.} + \frac{76.20}{100} \times 0.9 + 40.6 \text{ m.}$$

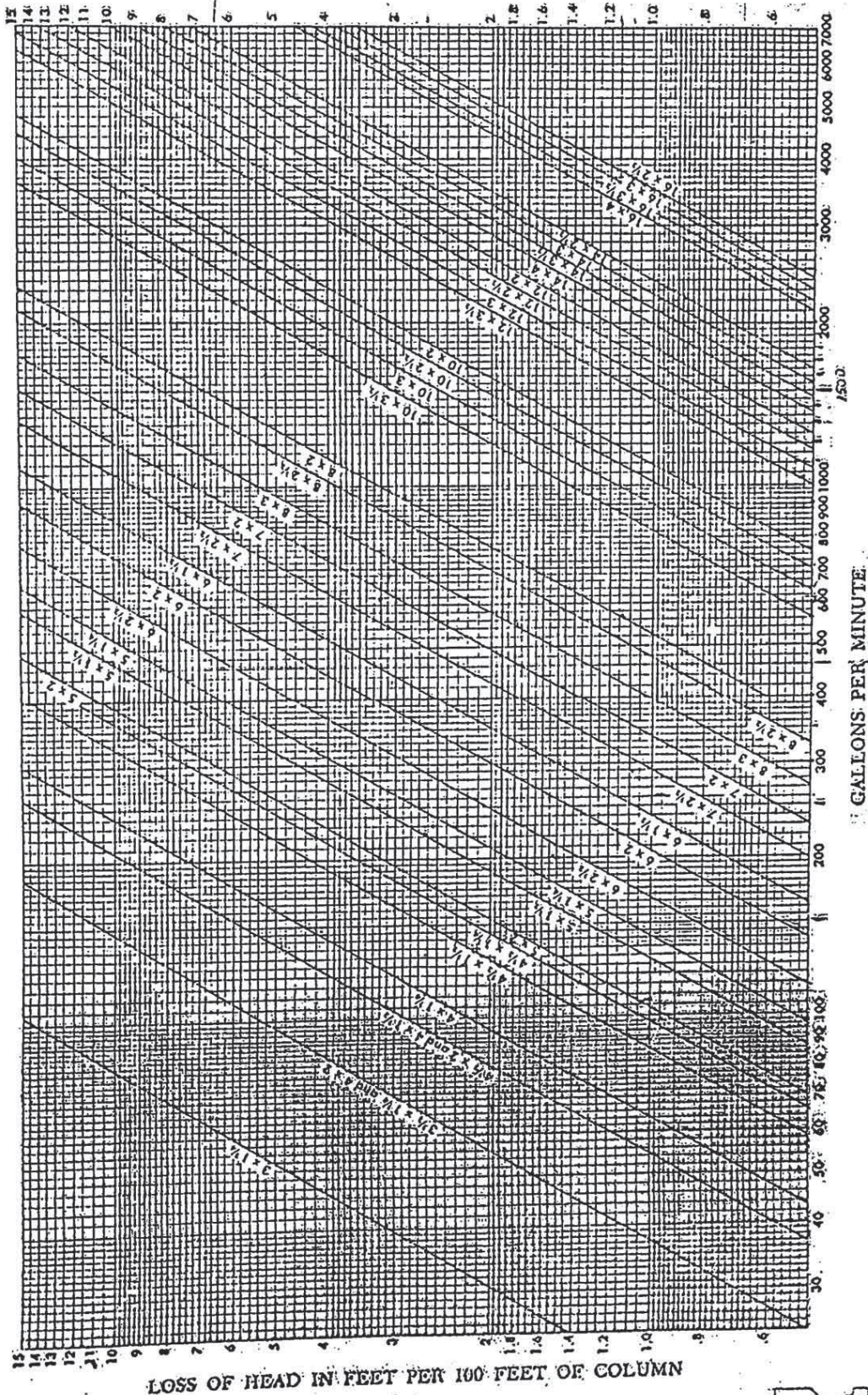
$$\text{HD} = 111.83 \text{ m.}$$

$$\text{HDT}_{\text{prueba}} = 111.83 \text{ m.} > \text{HDT}_{\text{equiv.}} = 98 \text{ m.}$$

DEEPWELL ENGINEERING DATA

Friction Loss Chart for Standard Pipe Column

Inside diameters of outer column—close to nominal size up to and including 12 inches. E.C., 10" = 10.2" . 14" and larger are O.D. pipe. $\frac{3}{8}$ " thick. E.C., 16" = 15 $\frac{1}{2}$ " I.D. All inner columns correspond to standard or extra heavy pipe, O.D., E.C., 8 x 2-ring section of 8.071 x 2 $\frac{1}{2}$ ", 16 x 3-ring, section of 15 $\frac{1}{2}$ " x 3 $\frac{1}{2}$ ".
 REPRINTED BY SPECIAL PERMISSION OF THE HYDRAULIC INSTITUTE, INC.



LOSS OF HEAD IN FEET PER 100 FEET OF COLUMN

GALLONS PER MINUTE



Por lo tanto el equipo de bombeo instalado cumple con la altura dinámica total requerido.

Para un caudal de $Q = 28.5 \text{ l/s}$ Vs. Curva característica de:

$\eta = 8.5\%$ para una tación nos da 27 m; Como son 4 tenemos:

$$27 \times 4 = 108 \text{ m.}$$

$$\text{HDT (prueba)} = 111.83 \text{ m.}$$

$$\text{HDT (prototipo)} = 108 \text{ m.}$$

$$\text{HDT (prueba)} > \text{HD (prototipo)}$$

Cumple la HDT según las normas de SEDAPAL.

4. EFICIENCIA DE IMPULSORES.

$$Q = 28.5 \text{ l/s.}$$

$$\text{HDT (prueba)} = 111.83 \text{ m.}$$

$$\text{HDT (prototipo)} = 108 \text{ m.}$$

EFICIENCIA (Impulsores - equivalente original) =

$$\frac{\text{altura dinámica total prueba}}{\text{altura dinámica prototipo}} = \frac{111.83}{108} = 1.03 \approx 1$$

RENDIMIENTO (Impulsores - Equiva.Original) prueba - eficiencia x el # de etapas.

$$\text{RENDIMIENTO (Impulsores - Equiva.Original) prueba} = 1 \times 4 = 4 \text{ Impulsor}$$

RENDIMIENTO (Impulsores - Limite SEDAPAL) =

$$0.90 \times \text{No. de Etapas} = 0.90 \times 4 = 3.6 \text{ Impulsor}$$

Rendimiento impulsores prueba > Rendimiento limite
SEDAPAL

Está aceptable la eficiencia de impulsores.

5. CALCULO DE LA EFICIENCIA DEL MOTOR

Cuando el arranque del motor es estrella triángulo ó por transformador tenemos un factor que afecta a la potencia, cuando es de eje vertical ésta es la relación:

$H_p \wedge 2.5 = \text{Amperaje del motor.}$

$$H_p = \frac{I}{2.5}$$

$I = 182 \text{ A}$ (dato obtenido del tablero de arranque, control y protección)

Potencia del motor = 100 Hp

$$\frac{I}{2.5} = \frac{182}{2.5} = 72.8 \text{ HP}$$

Potencia consumida del motor

$$\frac{H_p \text{ trabajo}}{H_p \text{ Motor}} = \frac{72.8}{100} = 0.728$$

% Consumido : 0.728

De la tabla VERTICAL MOTORS : HOLLOWSHAFT & SOLIDSHAFT
MOTORS OPERATING CHARACTERISTICS.

HP	RPM	%	EFFICENCY	
			3/4 LOAD	1/2 LOAD
100	1775	91.0	92.5	92.5

De la tabla:

C 3/4	C 1/2
92.5	92.5

75 %	_____	0.925
		<u>0.925</u>
25 %		0
22.8 %	-----	X

(Por interpolación obtendremos el valor de la eficiencia del motor).

Luego para 0.728:

Eficiencia del Motor = 0.925

FACTOR DE POTENCIA

COS ϕ

De la tabla MOTORS OPERATING CHARACTERISTICS.

HP	RPM	%	POWER FACTOR	
			3/4 LOAD	1/2 LOAD
100	1775	84.0	81.5	74.0



MOTO

Section 504

Page 2

ENGINEERING DATA

HOLLOSHAFT & SOLIDSHAFT MOTORS

OPERATING CHARACTERISTICS 3 PHASE 60 CYCLES
230, 460, 575 VOLTS
40°C AMBIENT-60°C RISE

HP	P	CURRENT IN AMPS.									TORQUE		A F		VO TAG
		NO LOAD	FULL LOAD	FULL LOAD	3/4 LOAD	1/2 LOAD	FULL LOAD	3/4 LOAD	1/2 LOAD	FULL LOAD	LOCKED (STARTING)	FULL LOAD AT FULL LOAD SPEED (LB.FT.)	LOCKED STARTING PERCENT OF FULL LOAD	PULLOUT (BREAKDOWN) PERCENT OF FULL LOAD	
75		3600	3635	90.5	92.0	92.0	89.0	89.0	80.0	90.0	525.0	111.5	105	200	
		1800	1770	91.5	92.5	92.5	87.0	84.5	70.0	91.0	594.0	223.0	140	200	
		1200	1175	89.5	91.0	91.0	87.5	85.0	78.5	92.0	576.0	335.0	135	200	
100		3600	3540	92.5	93.5	94.0	88.5	87.5	83.8	117	745.0	148.5	105	200	
		1800	1775	91.0	92.5	92.5	84.0	81.5	74.0	124	885.0	296.0	125	200	
		1200	1170	91.5	92.5	93.0	85.5	84.0	79.0	123.5	890.0	449.0	125	200	
125		3600	3545	92.5	93.5	93.5	90.5	89.5	80.0	143	1045	185.0	100	200	
		1800	1775	92.0	93.0	93.5	88.5	85.0	80.0	150	934.0	370.0	110	200	
		1200	1175	91.5	93.0	93.0	88.0	85.0	81.0	153.5	885.0	559.0	125	200	
150		3600	3545	94.0	94.5	94.5	91.0	90.0	80.0	170	1325	222.0	100	200	
		1800	1770	92.0	93.0	93.0	87.5	80.0	80.0	180	1051	445.0	110	200	
		1200	1175	92.5	93.5	93.5	84.5	82.0	74.0	178	1077	865	120	200	
200		3600	3550	92.0	92.5	92.0	91.0	90.5	87.0	230	1490	296.0	100	200	
		1800	1770	92.5	93.5	93.5	87.0	84.5	77.5	238	1645	593.0	100	200	
		1200	1180	91.5	92.2	91.8	87.0	85.5	80.0	235	1575	800.0	120	200	
250		3600	3545	93.0	93.3	92.7	89.1	87.9	83.7	278	1815	370	70	175	
		1800	1770	93.0	93.5	93.0	87.3	84.9	78.1	284	1825	740	70	175	
		1200	1180	91.2	91.9	91.5	87.5	86.0	81.0	293	1904	1113	100	175	
300		3600	3545	92.1	92.8	92.0	84.0	81.0	72.5	303	1894	1484	100	175	
		1800	1770	91.8	92.3	91.8	89.5	80.0	84.0						
		1200	1175	92.3	93.2	93.2	87.5	80.5	81.5	348	2332	1341	100	175	
350		3600	3545	92.0	92.7	91.8	89.5	88.0	82.0	398	2587	1036	80	175	
		1800	1770	91.7	92.0	91.1	88.0	80.0	80.0	400	2720	1558	100	175	
		1200	1180	91.7	92.0	91.1	88.0	80.0	80.0	400	2560	2000	80	175	
400		3600	3545	92.1	92.8	92.8	89.0	88.0	84.0	457	2788	1187	80	175	
		1800	1770	91.7	92.0	91.2	88.0	80.0	80.0	404	2900	1780	80	175	
		1200	1180	91.2	92.3	92.2	86.5	84.0	77.0	470	2773	2387	80	175	
450		3600	3545	92.5	93.2	92.9	89.5	88.0	84.0	509	3181	1335	80	175	
		1800	1770	91.9	92.2	92.7	88.0	88.0	80.0	521	3258	2003	80	175	
		1200	1180	91.9	92.2	92.7	88.0	88.0	80.0	521	3258	2003	80	175	
500		3600	3545	93.1	93.8	93.7	89.5	88.0	82.5	582	3793	1480	80	175	
		1800	1770	92.0	92.3	91.9	88.0	88.0	80.5	578	3767	2225	80	175	
		1200	1180	91.5	92.3	92.1	85.0	81.5	73.5	602	3481	2984	80	175	

12

Efficiency & Power Factor values listed above and on reverse are representative values. For guaranteed and certified values, refer to Company.

GENERAL INFORMATION The code letter is an indication of the locked rotor K.V.A. in accordance with the National Electrical Code.

When performance values have been quoted they should be shown on the order.

For data not listed Refer to Company. Data subject to change without notice.

For motor requiring other than normal thrust, additional thrust bearings are required that may decrease guaranteed efficiency below values listed above.

THRUST LOAD LOSSES NOTE: Efficiency values are for motor with no thrust load applied. The additional thrust load of the pump will cause additional loss in the thrust bearing. This loss is approximately 0.0075 HP per 100 RPM per 1000 Lbs. thrust load. This additional loss should be taken into consideration by the pump manufacturer in calculating the pump unit efficiency.



U. S. ELECTRICAL MOTORS DIVISION
EMERSON ELECTRIC CO.

Effective:
Supersedes:

NOVEMBER 15, 1979

NOVEMBER 13, 1970

REFER TO COMPANY FOR

CERTIFIED VALUES

PRINTED IN U.S.A.

75 % ----- 0.815

50 % ----- 0.74

25 % ----- 0.075

22.8 ----- X

X = 0.0684

$\text{COS } \phi = 0.74 + 0.0684 = 0.8084$

$$\text{EFIC}_{\text{BOMBA}} = \frac{5.74 \times 111.83 \times 28.5}{220 \times 182 \times 0.8084 \times 0.925}$$

EFICIENCIA DE LA BOMBA = 61.10 %

EFICIENCIA DEL SISTEMA:

Eficiencia del motor x Eficiencia de la bomba

$0.925 \times 61.10\% = 56.52 \%$

PRUEBA DEL EQUIPO DEL POZOURB. COVIMA - LA MOLINA**CONDICIONES DE EQUIPAMIENTO :**

Bomba marca BJ Hidrostral	_____	12 GH + 4 Etapas
Motor marca U.S. Motor	_____	100 HP (1775 RPM)
Caudal de equipamiento Q (E)	_____	62 Lps.
Nivel estático (N.E.)	_____	65.50 m.
Nivel Dinámico (N.D.)	_____	50 m.
Presión de Salida (P1)	_____	40.6 m.
Longitud de Columna	_____	76.20 m. (ϕ 8")
Funda ϕ	_____	2 1/2"
Eje ϕ	_____	17/16"
Impulsores	_____	8 5/8"
HDT (Equipamiento)	_____	92 m.
Profundidad del pozo	_____	90 m.

PRUEBA DE EQUIPO :

Fecha	_____	25/05/90
Tiempo de Prueba	_____	5 Horas
Nivel Estático (N.E.)	_____	65.30 m.
Caudal (prueba)	_____	28.5 lts.
Nivel Dinámico	_____	70.55 m.
Presión de Salida (P1)	_____	58 PSI = 40.6 m.
P2	_____	55 PSI = 33.5 m.
Corriente I	_____	182 AMP.
Voltaje V	_____	220 Volt.
HDT (prueba)	_____	111.83 m.

Q = 28.5 l/s.

CURVA CARACTERISTICA PROTOTIPO

HDT (Equipamiento) _____ 98 m.

Q = 62 l/s Equivalente Prototipo

Q = 28.5 l/s, HDT = 108 m.

Eficiencia (Impuls - Equiv - Original) ___ 100 %

Eficiencia (B) _____ 61.10 %

No. Vueltas de Prueba _____ 5/26 Vueltas

CUADRO PRUEBA POZO "COOP. VIVIENDA COVIMA "

PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO				DATOS BASICOS-PERFORACION						DATOS BASICOS DE EQUIPAMIENTO							
POZO COOPERATIVA - COVIMA				PROFUNDIDAD DEL POZO						(EQUIPAMIENTO) = 62 l/s							
UBICACION : URB. COVIMA				FINAL - PROFUNDIDAD						HDT (EQUIPAMIENTO) = 92 m.							
NIVEL ESTATICO (N,E) 65.30 m				FILTROS						HDT (PROTOTIPO) = 98 m.							
NIVEL REFERENCIA 0.30 m.				TIPO						LARGO-COLUMNA 76.20 φ COLUMNA 8" FUNDA 2 1/2"							
FECHA PRUEBA :				POSICION DE FILTROS						φ IMPULSORES 8 5/8"							
No. VUELTAS - VALVULAS-COMP 25				TUBERIA						TIPO-MOTOR: U.S. MOTOR - 100 HP-1775 RPM							
CAUDALOMETRO										TIPO-BOMBA: B-J HIDROSTAL							
										120H + 4 ETAPAS							
T(HORA)	No. VUELTAS VALVULAS	CAUDAL (Q)		NIVEL DINAMICO	P ₁		P ₂		P ₃	ND+Kg+P ₁				HDT _(P)	I	V	
		l/s	N° ACU		PSI	m.	PSI	m.		PSI/m	COL/100	VAGRAF	Kg				(m.)
6 Hrs.	5/25	28.5		70.55	58	40.6	55	33.5		70.55	76.02/100	0.90	0.685	40.6	111.83	182	220
EFICIENCIA DEL MOTOR EFIC (M)			FACTOR DE POTENCIA Cos φ						EFICIENCIA DE IMPULSORES EFIC (IMP)								
<u>C 1/1</u>	<u>C 3/4</u>	<u>C 1/2</u>	<u>C 1/1</u>	<u>C 3/4</u>	<u>C 1/2</u>	$EFIC_{(BOMBA)} = 5.74 \frac{HDT_{(PRUEBA)} \times Q}{V \times I \times \text{Cos } \phi \times EFIC_{(M)}}$ $\frac{5.74 \times 111.83 \times 28.5}{220 \times 182 \times 0.8084 \times 0.925} = 0.6110$						CAUDAL	HDT _(PRUEBA)	HDT _(PROTOT)			
<u>0.91</u>	<u>0.925</u>	<u>0.925</u>	<u>0.84</u>	<u>0.815</u>	<u>0.74</u>							l/s	m.	m.			
75 - 0.925 50 - 0.925													28.5	111.83	108		
25 - 0 25.08 - X EFIC _(M) = 0.925													Rend(Impuls-Equiv. Original): $\frac{NDT_{(PRUEBA)}}{NDT_{(PROTOT)}} = \frac{111.83}{1083} = 1.035$ $= 1.035$ $\approx 103\%$ ≈ 100 $EFIC (IMP - EQUIV.PRIGINAL) = 1 \times 4 = 4$ $EFIC(IMPUL. - LIMITE SEDAPAL) = 0.9 \times 4 = 3.6$				
CAUDAL Q(l/s)	N.D. (m.)	P ₁ m.	HDT _(PRUEBA)	HDT _(PROTOT) m.	EFIC _(PRUEBA)	REND _(PRUEBA) IMPUL	EFIC _(M)	Cos φ	EFIC _(B)	EFIC _(SIST) EFIC _(M) × EFIC _(B)							
28.50	70.55	40.6	111.83	108	100%	4	0.925	0.8084	61.10%	56.52%							

5.1.1 PRUEBA DEL EQUIPO DEL POZO

URB. SAN AMADEO DE GARAGAY

1. Altura dinámica total de prueba (HDT Prueba). Del gráfico pérdidas por fricción en columna standard del pozo San Amadeo de Garagay tenemos:

GPM (Galones/minuto) Versus diámetro de columna x diámetro de funda (8" x 2 1/2") obtenemos para $Q = 80$ l/s ($Q = 1268$ GPM).

Le corresponde $K = 5.80$ como factor de pérdidas por fricción.

$$HDT_{prueba} = N.D. + \frac{L_{Columna}}{100} \times \text{Valor Nominal gráfico pérdidas presión en columna standar} + P_1$$

$$N.D = 50.72 \text{ m.}$$

$$HDT_{prueba} = 50.72 \text{ m.} + \frac{66}{100} \times 5.80 \text{ m.} + 35 \text{ m.}$$

$$HDT_{prueba} = 89.54 \text{ m.}$$

2. Altura dinámica Total Equivalente.

(HDT Equipo - equivalente).

un $Q = 80$ l/s Vamos al gráfico.

Curva característica Vs. Impulsores (8 13/16")

Tenemos una altura equivalente

$$61 \text{ pies/impulsores} \times 5 \text{ etapas} = 18.59 \times 5 = 92.95 = 93$$

m.

$$HDT_{(prototipo)} = 93 \text{ m.}$$

3. EFICIENCIA DE IMPULSORES

$$Q = 80 \quad 1/s.$$

$$HDT_{(prueba)} = 89.54 \text{ m.}$$

$$HDT_{prototipo} = 93 \text{ m.}$$

$$\text{Efic. (Impulsores - Equival. Original)} =$$

$$\frac{89.54 \text{ m.}}{93 \text{ m.}} = 0.962 \text{ m.}$$

$$\text{Rendim. (Impulsores - Equivalente original)}$$

Rendimiento (Impulsores - Limite de SEDAPAL) => Es
Aceptable.

$$\begin{aligned} \text{Rendim. (Impulsor - Equiv. Origl (prueba))} &= 0.962 \times 5 = \\ &= 0.962 \times 5 = 4.81 \text{ Impulsor.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rendimiento (Impulsores - Limite de SEDAPAL)} &= \\ &= 0.90 \times \text{No.Etapas} = 0.90 \times 5 = 4.81 \text{ Impulsor.} \end{aligned}$$

Rendimiento Impulsor _(prueba) = 4.81 > Rendimiento
Limite SEDAPAL = 4.5 ==> Es aceptable.

4. CALCULO DE LA EFICIENCIA DEL MOTOR

I = 362 A (Dato del tablero de arranque, de control y
protección).

$$\text{Potencia del motor} = 150 \text{ Hp.}$$

$$\frac{362}{2.5} = 144.8 \text{ HP}$$

Rendimiento o Potencia Consumida

$$\frac{144.80}{150} = 0.965$$

Vamos a la tabla construcciones electrónicas
Delcrosa.

Motores Verticales serie "R" - 60 HZ

factor de servicio 1.15

Tipo - NEWMAN (Hidrostat)

Modelo - R315M - 150 HP

Carga Axial = 4500 Kg.

TIPO Motor	HP	RPM	CARGA A AXIAL 1/1carga MAX. KG.	EFICIENCIA %		
				A 1/1 Carga	A 3/4 Carga	A 1/2 Carga
R 315	150	1765	5100	93.0	92.5	91.0

De la tabla:

C	C
1/1	
	92.5

100 %	_____	0.93
75 %	_____	0.925
25 %	_____	0.005
21.53 %	_____	X

$$X = 0.004306$$

$$EFIC (\text{motor}) = 0.925 + 0.004092 = 0.9293$$

$$\text{Eficiencia del motor (80 l/s)} = 0.9293$$

CONSTRUCCIONES ELECTROMECAICAS DELCROSA S. A.
MOTORES VERTICALES SERIE "R" — 60 Hz. — FACTOR DE SERVICIO 1:15

TIPO MOTOR	HP	RPM A 1/1 CARGA	CARGA AXIAL MAX. KG.	AMPERAJE A'220V.		EFICIENCIA %.			FACTOR DE POTENCIA			PAR		
				A 1/1 CARGA	DE ARRANQUE	A 1/1 CARGA	A 3/4 CARGA	A 1/2 CARGA	A 1/1 CARGA	A 3/4 CARGA	A 1/2 CARGA	A 1/1 CARGA KG.m	DE ARRANQUE %	MAXIMO %
R 132S4	7.5	1740	770	20.8	137	84.0	84	82.4	0.84	0.80	0.71	3.129	230	290
R 132M4	10	1745	770	27.6	179	85.0	84.7	82.0	0.84	0.81	0.72	4.160	240	300
R 160M4	15	1745	1090	40	260	87.0	87.0	85.0	0.84	0.81	0.73	6.240	220	300
R 160L4	20	1745	1090	52	338	88.5	88.5	86.5	0.85	0.82	0.73	8.320	230	300
R 180M4	25	1750	1320	63	504	89.0	89.0	87.0	0.86	0.83	0.73	10.370	200	280
R 180L4	30	1750	1320	76	608	89.0	89.0	88.0	0.86	0.84	0.80	12.450	270	280
R 225dS4	40	1760	1800	102	816	90.0	89.5	87.0	0.86	0.84	0.80	16.500	270	250
R 225cS4	50	1760	3100	124	992	90.5	90.0	88.0	0.87	0.85	0.79	20.625	270	250
R 225cM4	60	1760	3100	150	1200	91.0	90.5	88.5	0.86	0.83	0.73	24.750	270	250
R 225L4	75	1760	3100	184	1288	92.0	91.0	89.0	0.87	0.83	0.74	30.937	270	250
R 280S4	100	1765	4800	246	1968	92.0	91.0	89.0	0.87	0.85	0.76	41.133	260	250
R 280M4	125	1765	4800	300	2400	93.0	92.5	91.0	0.87	0.85	0.77	51.416	260	250
R 315M4	150	1765	5100	367	2936	93.0	92.5	91.0	0.86	0.84	0.77	61.699	260	250
R 315M4	180	1765	5100	442	3536	93.0	92.5	91.0	0.86	0.83	0.76	74.039	260	250
R 315L4	220	1775	5100	525	4200	93.5	93.0	91.5	0.88	0.85	0.78	89.983	260	250
R 315L4	270	1775	5100	636	5088	94.0	93.5	92.0	0.86	0.85	0.78	110.434	260	250

PERDIDAS DEBIDAS A LA CARGA AXIAL

LAS EFICIENCIAS QUE FIGURAN EN LA TABLA, CORRESPONDEN AL MOTOR SIN NINGUNA CARGA AXIAL EXTERIOR. LA ADICION DE CARGA AXIAL ORIGINADA POR LA BOMBA, CAUSA PERDIDAS ADICIONALES EN EL RODAMIENTO DE EMPUJE, LO CUAL DEBE TOMARSE EN CONSIDERACION CUANDO SE CALCULA LA EFICIENCIA TOTAL DE LA UNIDAD DE BOMBEO.

LAS PERDIDAS EN HP EN EL RODAMIENTO DE EMPUJE POR CADA 100 RPM Y POR CADA 1000 KG. DE CARGA AXIAL, SE CALCULAN DE ACUERDO A NEMA STANDARD MG1-12.08 SEGUN

MOTOR	PERDIDAS HP/ 100 RPM / 1000 KG.
R 132	0.0193
R 160	0.0231
R 180	0.0262
R 225	0.0293
R 280	0.0365
R 315	0.0429

EJEMPLO. Motor R 180 M4, 25 HP, 1750 RPM, con una carga axial de 1200 Kg.

Eficiencia obtenida de tabla = 89 %
 Potencia absorbida = $\frac{25}{0.89} = 28.09$ HP
 Perdidas en HP = $\frac{1750}{1200} \times 0.0262 = 0.38$ HP

5. EFICIENCIA DE LA BOMBA :

$$\text{EFICIENCIA BOMBA} = \frac{5.74 \times \text{HD1 m} \times Q \text{ l/s}}{V \times I \times \cos \phi \times \text{Eficiencia (motor)}}$$

FACTOR DE POTENCIA COS ϕ

De la tabla construcciones electromecanicas Delcrosa Motores Verticales serie "R" - 60 HZ factor de servicio 1.15.

TIPO MOTOR	HP	FACTOR DE POTENCIA		
		A 1/1	A 3/4	A 1/2
		CARGA	CARGA	CARGA
		0.86	0.84	0.77

100 %	0.86
75 %	0.84
25 %	0.02
21.53 %	
	X = 0.017224

$$\text{COS } \phi = 0.84 + 0.017224 = 0.8572$$

$$\text{EFICIENCIA DE LA BOMBA} = \frac{5.74 \times 89.54 \times 80}{210 \times 362 \times 0.8572 \times 0.9293}$$

$$\text{Eficiencia de la bomba} = 0.6789$$

$$\text{Eficiencia de la bomba} = 67.89 \%$$

6. EFICIENCIA DEL SISTEMA.

$$\begin{aligned} \text{Efic. motor} \times \text{Efic.de la bomba} &= 0.9293 \times 67.89 \\ &= 63.09 \% \end{aligned}$$

CARACTERISTICAS DEL EQUIPAMIENTO

Caudal (equipamiento) Q (e)	80 lps.
Nivel Estático (N.E.)	41 m.
Nivel Dinámico (N.D.)	50 m.
Presión de Salida (P1)	43m.(mínimo)
	53m.(máximo)
Longitud de la Columna	66 m.
Funda	2 ½"
φ Impulsores	8 13/16"
HDT (Equipamiento - 6 etapas)	106 m.
HDT (Equipamiento - 5 etapas)	88.30 m.
Bomba (turbina vertical) Peerless	12 MB + 6
	Etapas
	(Instalado 5
	Impulsores)
Motor NEWMAN	150 HP, 220V

DATOS DE PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO

Fecha	12-04-89
Qt (tiempo de prueba)	1/2 Hora.
Nivel Estático (N.E.)	42.92 m.
Caudal (prueba)	80 lps.
Nivel Dinámico (N.D.)	50.72 m.
P ₁	50 PSI =35 m.
P ₂	36 PSI =25.2 m.

I	362 Amperios
V	210 Voltios
HDT (prueba)	89.54 m.
HDT (equipamiento - 5 etapas)	88.30 m.
Rend. (impuls.equiv.al original)	0.962x5=4.81 IMP
Rend. (impuls.limite SEDAPAL)	0.90x5=4.5 IMP
Efic. (M)	0.9293
Cos ϕ	0.8572
Efic. (B)	67.89 %
Efic. (sistema)	63.09 %
N vueltas Válvula compuerta	10/27
Prueba contenido de arena	4 PPM(03-10-88)

CONCLUSION El equipo del pozo de San Amadeo de Garagay, 12 MB + 6 etapas instalado con 5 impulsores, para un caudal de 80 l/s, cumple con las condiciones de equipamiento al alcanzar una HDT (prueba) = 89.54 m., siendo la HDT (equipamiento - 5 impulsores) = 88.30 m.

$$\text{HDT}_{\text{prueba}} > \text{HDT}_{\text{equipamiento}}$$

EQUIPO PEERLESS 12MB + 6 ETAPAS

PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO	DATOS BASICOS-PERFORACION	DATOS BASICOS DE EQUIPAMIENTO
POZO URB. "SAN AMADEO DE GARAGAY"	PROFUNDIDAD DEL POZO	(EQUIPAMIENTO) = 80 l/s
UBICACION : SAN MARTIN DE PORRES	FINAL - PROFUNDIDAD	HDT (EQUIPAMIENTO)5 =ETAPAS ≈ 30 m.
NIVEL ESTATICO (N,E) 42.92 m.	FLTROS 15 m.	HDT (PROTOTIPO) = 93 m.
NIVEL REFERENCIA 0.25 m.	TIPO-PUENTE TRAPEZOIDAL	LARGO-COLUMNA (5 IMP) 66 φ COLUMNA 8"
FECHA PRUEBA : 12/04/89	POSICION DE FILTROS	FUNDA 2 1/2" φ IMPULSORES 8 13/16"
No. VUELTAS - VALVULAS-COMP 10V	TUBERIA φ 21" - 0-60 m.	TIPO-MOTOR: NEWMAN 150 HP
CAUDALOMETRO No. 6700002	φ 15" - 60-120 m.	
(MC-CROMETER) OK!		TIPO-BOMBA-12MB + 6 ETAPAS (PEERLESS)
MANOMETROS		INSTALADO: CON 5 IMPULSORES
		EL IMPULSOR SOBRANTE SE ENTREGA A SEDAPAL

T(HORA)	No. VUELTAS VALVULAS	CAUDAL (Q)		NIVEL DINAMICO	P ₁	P ₂	P ₃	ND+Kg+P ₁				HDT _(P)	I	V	
		l/s	N° ACU					COL/100	VAGRAF	Kg	(m.)				(m.)
1/2H	10V	80		50.72	50/35	36/25.2	116/81.5	50.72	66/100	5.80	3.82	35.00	89.54	362	210

EFICIENCIA DEL MOTOR ERC (M)			FACTOR DE POTENCIA Cos φ			$EFIC_{(B)} = \frac{5.74 \times HDT \times Q}{V \times I \times Cos \phi \times EFIC_{(M)}}$	EFICIENCIA DE IMPULSORES EFIC (IMP)				
C 1/1	C 3/4	C 1/2	C 1/1	C 3/4	C 1/2		CAUDAL	HDT _(PRUEBA)	HDT _(PROTOT)		
0.93	0.925	0.91	0.86	0.84	0.77	l/s	m.	m.			
$EFIC_{(M)} \approx 0.9293$ 80 l/s			(Cos φ ≈ 0.8572 30 l/s			$EFIC_{(B)} \approx \frac{5.74 \times 89.54 \times 80}{210 \times 362 \times 0.9293 \times 0.8572} =$			80	89.54	93.0
						$EFIC_{(B)} \approx 0.6789$			$EFIC_{(IMP)} = \frac{HDT_{(PRUEBA)}}{HDT_{(PROTOT)}} = \frac{89.54}{93} = 0.962$		

CAUDAL Q (l/s)	N.D. (m.)	P1 m.	HDT _(PRUEBA) m.	HDT _(PROTOT) m.	EFIC _(IMP) PRUEBA	REND _(IMP) (PRUEBA)	EFIC _(M)	Cos φ	EFIC _(B)	EFIC _(B&T)
80	50.72	35	89.54	93.01	0.962	4.81 IMP	0.9293	0.8572	67.89%	63.09%

6.0.0 CONCLUSIONES

Se debe seguir un control y evaluación de todos los procesos involucrados en la perforación y equipamiento de pozos tubulares para abastecimiento de agua potable a nivel nacional. Actualmente SEDAPAL AGUAS SUBTERRANEAS, realiza el control estricto de dichos procesos, detectándose que existen pozos torcidos que fueron perforados mucho antes de llevarse a cabo este programa.

En los pozos que son torcidos no nos permite la instalación de bombas turbina con eje vertical por problemas de verticalidad y/o alinealidad la cual impide colocar algunos impulsores para mejorar el rendimiento debido a la disminución del nivel dinámico. Lo cual se solucionará con una bomba sumergible con diámetros estrechos.

Se debe exigir a los perforadores, la prueba de desarrollo de pozos, hasta que la producción de

arena disminuya en los límites exigidos de SEDAPAL de 10 ppm o menos; debiéndose observar que el agua se aclare rápidamente ya que alto contenido de arena fina deteriora el funcionamiento de los equipos de bombeo.

Se debe verificar los perfiles litológicos con los registros geofísicos ya que en función de estos resultados se realizará el diseño definitivo del pozo y se designará la ubicación y longitud de filtros.

La evaluación de la eficiencia de los equipos de bombeo permite determinar si el equipamiento del bombeo está sobredimensionado y así disminuir los costos de operación y mantenimiento. Ya que si se detecta pérdidas de carga se incrementa el abatimiento, el caudal del pozo disminuye, se detecta disminución de la capacidad específica, el agua mantendrá los niveles de bombeo más bajo y la bomba deberá bombear desde mayor profundidad generándose mayores gastos de energía.

Con la evaluación de la perforación y equipamiento de pozos se investigará la causa de la disminución del rendimiento de pozos, el cual permitirá realizar un programa de vigilancia para la rehabilitación de pozos de abastecimiento de agua.

BIBLIOGRAFIA

"Pozos" manual de los Departamentos de Ejército y de la Fuerza Aérea del Gobierno de los Estados Unidos de Norteamérica (Agencia para el desarrollo Internacional de los E.E.U.U)

Hidrogeología Científica en el desarrollo de aguas subterráneas". Dr. Ing. Stepham Foster.

Seminario andino sobre: "Evaluación y Administración de las aguas subterráneas" (CEPIS Lima, 10-14 de Marzo de 1986). BGS British Geological Survey (Hidrogeology Group)..

"2º Seminario taller sobre rehabilitación de pozos". SENDPA, Sociedad Alemana de Cooperación Técnica (GTZ) Ltda, SANIFLAN.

"El agua subterránea y los pozos". Primera Edición 1975 - Edward E. Johnson, INC.

"Manual de los pozos pequeños". ULRIC P. Gibson, Rex Ford D. Singer, 1984.