



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**

**REHABILITACIÓN DE UN POZO PROFUNDO E INSTALACIÓN DE
UN EQUIPO DE BOMBEO CON MOTOR DE TIPO SUMERGIBLE.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A:

JUAN AUDORO BECERRIL REYES

ASESOR: ING ANTONIO SÁNCHEZ GUTIERREZ

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX

2001.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

A MIS PADRES, HERMANOS Y EN ESPECIAL A MI TIA CARMEN

Además de todo el cariño y enseñanzas que me han dado toda la vida, también quiero agradecer que día a día me han brindado todo su incondicional apoyo, así como sus mejores consejos en los días mas difíciles de mi vida, a pesar de algunos momentos que tuve de apatía, siempre me alentaron para seguir adelante motivándome a que siempre me preparara para enfrentar la vida.

Por fin podemos ver todo nuestro trabajo y esfuerzos culminados.

Empezando, una nueva etapa en mi vida en la que siempre estarán en mi corazón. Por eso adiós y a ustedes

¡Gracias!

JUAN AUDORO BECERRIL REYES.

INDICE

	PAGS
Nomenclatura	
Objetivo principal	1
Introducción	2
Clasificación de las turbomáquinas hidráulicas	4
Principio de funcionamiento de las maquinas hidráulicas	12
Recurso Hidrológico	22
Sondeo del Pozo	26
Rehabilitación del Pozo	31
Selección del equipo de bombeo adecuado	36
Instalación	53
Pruebas y resultados	56
Mantenimiento Preventivo	59
Conclusiones	61
Bibliografía	64

NOMENCLATURA

G	Caudal masico, centro de gravedad
g	Aceleración de la gravedad
g _a	Aceleración de la gravedad normal estándar
H	Altura total
H _d	Altura dinámica
H _p	Altura de presión
H _{r-ext}	Perdidas exteriores a una máquina
H _{r-int}	Perdidas interiores de una máquina
H _{rp}	Perdidas primarias
H _{rs}	Perdidas secundarias
H _s	Altura de suspensión o succión
Q	Caudal volumétrico
SI	Sistema internacional de unidades
P	Densidad absoluta
b	Bomba

Además, subíndice E y S, entrada y salida de la maquina, respectivamente; subíndices 1 y 2, entrada y salida de rodete respectivamente

α	Aceleración angular
β	Coefficiente, constante
γ	Peso específico
H _e	Energía específica comunicada al fluido
H _p	Altura de presión de del rodete
η	Eficiencia de la bomba
gmp	Galones por minuto
h	Hora
N	Potencia
m	Metros

OBJETIVO PRINCIPAL

Rehabilitación de un pozo profundo. Así como la selección e instalación de un equipo de bombeo con motor de tipo sumergible, par la captación y suministro de agua potable, destinada para el consumo humano.

Aplicando de forma practica algunos de los conocimientos adquiridos en el transcurso de la carrera. Así como también se aplicaran algunas técnicas utilizadas en esta amplia área de trabajo que es la ingeniería hidrológica.

INTRODUCCIÓN

Debido al constante crecimiento de la población es necesario captar y suministrar cada vez mas y en mayores cantidades el agua potable, para así poder satisfacer esta necesidad de la población, debemos tomar en cuenta que el vital liquido debe de ser traído de lugares cada vez mas lejanos, o de lugares cada vez profundos, implicando esto mayores costos.

En nuestro caso esta captación del vital liquido se llevara a cabo mediante la rehabilitación de un pozo profundo e instalación de un nuevo equipo de bombeo, el cual nos permitirá optimizar este importante y valioso recurso natural. Para esto es necesario resolver algunos problemas, referentes a la selección e instalación del equipo de bombeo, ya que aunque las maniobra parecen ser siempre las mismas, en cada caso se deben resolver en forma distinta .

Para esto se debe tener un buen conocimiento del equipo y herramientas necesarias para así desarrollar de la mejor manera las maniobras correspondientes. Para así poder aplicar de forma correcta las diferentes técnicas las cuales nos permitirán cumplir con las expectativas, alcanzando, así los mejores resultados.

Se orientara a las personas que harán uso de este sistema de bombeo , acerca del manejo y buen uso de estas instalaciones, para así poder aprovechar la vida útil de nuestro equipo de bombeo de la mejor manera posible, también se

orientar al personal acerca de las medidas preventivas que se deben tomar para evitar fallas en el equipo conservándolo en las mejores condiciones de funcionamiento ya que esto nos permitirá aprovechar al máximo , tanto el recurso natural como el equipo con el mínimo de gastos.

Estudiaremos un poco acerca del ciclo hidrológico lo cual nos permitirá tener otra perspectiva, acerca de las medidas que debemos de tomar, relacionadas con el aprovechamiento del agua, ya que cada vez es mas fácil y caro poder captar este valioso recurso , tomando en cuenta que este vital liquido es extraído o traído de lugares cada vez mas lejanos implicando esto mayores gastos, además da lugar a una serie de problemas diversos los cuales deben resolverse mediante la aplicación de nuestras técnicas, las cuales requieren equipo cada vez mas sofisticado.

CAPITULO I

CLASIFICACION DE LAS TURBOMÁQUINAS HIDRAULICAS

CAPITULO I

CLASIFICACION DE LAS TURBOMAQUINAS HIDRÁULICAS

Para poder clasificar las turbomaquinas hidráulicas comenzaremos por dar la definición básica de una turbomáquina hidráulica es un transformador de energía ya que absorbe energía de una clase y restituye energía de otra clase.

Existen otros tipos de maquinas las cuales se clasifican en grupos:

- Máquinas de fluidos
- Máquinas-herramientas
- Máquinas- eléctricas etc.

Para el desarrollo de nuestro tema , estudiaremos a las máquinas hidráulicas, las cuales pertenecen aun grupo muy importante de máquinas las cuales llamamos máquinas de fluido. Las máquinas de fluido son aquellas máquinas en las que el fluido o bien en aquellas que el fluido es el receptor de la energía, al que la máquina restituye la energía mecánica absorbida.

A todo esto podemos concluir que en toda máquina de fluido y energía mecánica.

Las máquinas de fluido se clasifican en: máquinas hidráulicas y máquinas térmicas.

Máquina Hidráulica: Es aquella máquina en la que el fluido que intercambia su energía no varía sensiblemente de densidad y volumen específico, el cual en el diseño y el estudio de las máquinas nos permite hacer la hipótesis de que la densidad absoluta es constante ($P = \text{cte.}$) en su paso a través de la máquina.

Máquina térmica: es aquella en la que el fluido en su paso a través de la máquina varía sensiblemente de densidad y volumen específico, el cual en el diseño y el estudio de la máquina ya no puede suponerse constante.

Una vez dadas estas dos definiciones sabemos que una bomba es una máquina hidráulica, ya que sabemos que el diseño de una bomba se realiza suponiendo que el líquido bombeado es incompresible, o de densidad constante. En nuestro caso consideraremos a el estudio de las máquinas hidráulicas como primordial, ya que las máquinas hidráulicas como primordial, ya que las máquinas térmicas son el objeto de estudio en la termodinámica.

Las máquinas hidráulicas se clasifican en turbo máquinas y máquinas de desplazamiento positivo.

En las máquinas de desplazamiento positivo, también llamadas máquinas volumétricas, el órgano intercambiador de energía cede energía al fluido o el fluido a e, en forma de energía de presión creada por la variación de volumen.

En las turbomáquinas, llamadas también máquinas de corriente, los cambios de dirección y valor absoluto de la velocidad del fluido juegan un papel esencial.

Para clasificar las máquinas hidráulicas se atiende al órgano principal de la máquina, ósea el órgano en el cual se da el intercambio de energía mecánica en energía de fluido o viceversa; Este órgano, según los casos, recibe el nombre de rodete, embolo, etc. Para las turbomáquinas el órgano transmisor de la energía es el rodete, el cual se mueve siempre con un movimiento rotativo. Y en las máquinas de desplazamiento positivo el órgano de transmisión de la energía puede moverse tanto con movimiento alternativo como con movimiento rotativo.

Las turbomáquinas y las máquinas de desplazamiento positivo se subdividen en motoras y generadoras.

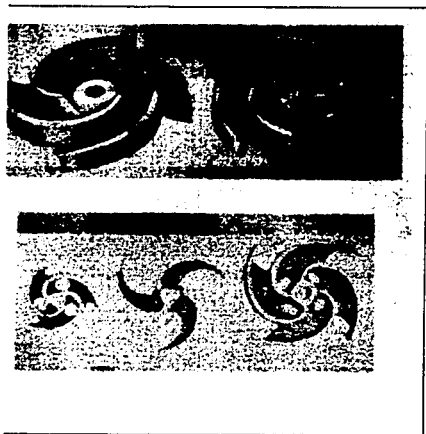


Fig. 1-1 Impulsores abiertos

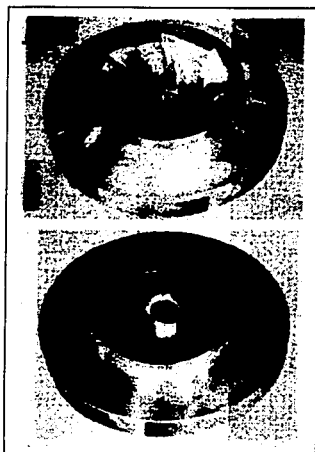


Fig. 1-2 Parte anterior y posterior de un impulsor cerrado.

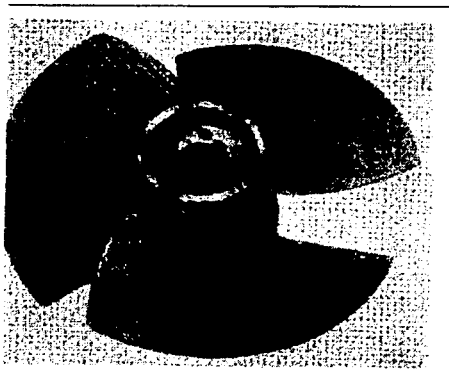


Fig. 1-3 Impulsor axial

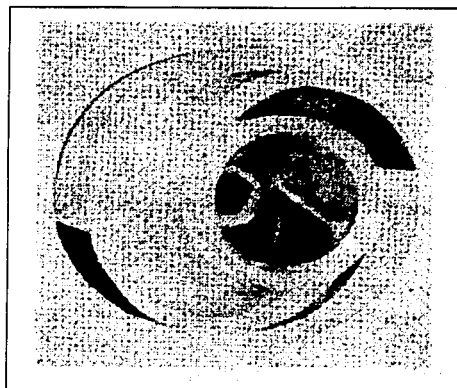


Fig. 1-4 Impulsor tipo inatascable

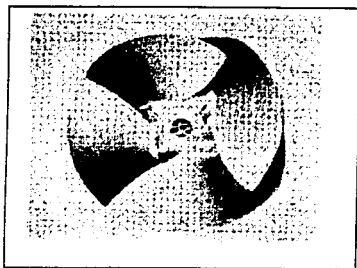


Fig. 1-5 Impulsor mixto

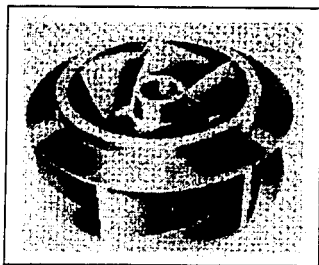


Fig. 1.6 Impulsor tipo francis

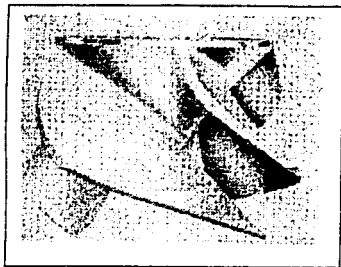


Fig. 1-7 Impulsor de doble flujo

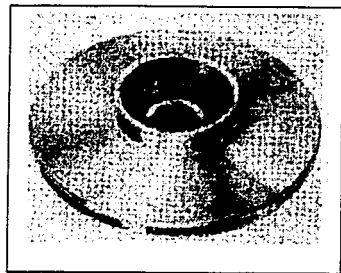


Fig. 1-8 Impulsor de aspas curvas radiales

Estos Son algunos de los impulsores que son utilizados con mayor frecuencia en bombas. El tipo de impulsor requerido se relaciona directamente con el tipo de fluido que se desea bombear.

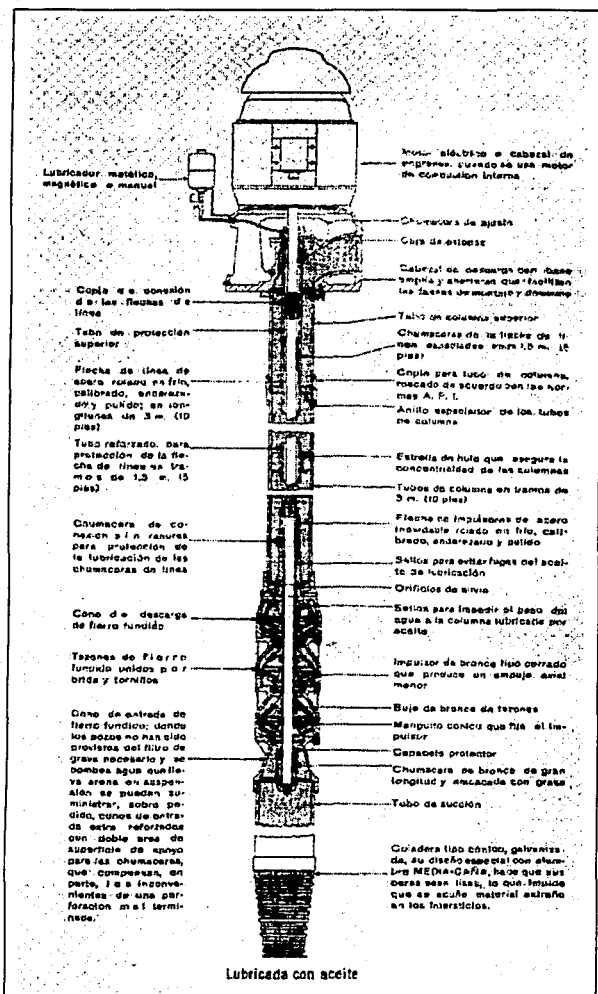


Fig 1-9 Bomba de pozo profundo lubricada con aceite mostrando todas sus partes constructivas (Cortesía Worthington.)

que la gran diferencia consiste principalmente en que en la fig. 3 tanto el motor como la bomba están sumergidos y forman una sola unidad, mientras que en la figura 1 y 2 el motor esta fuera y es conectado por flechas, considerando que los pozos son cada vez mas profundos, considere el ahorro que esto implica. Por lo demás son iguales.

CAPITULO II

PRINCIPIO DEL FUNCIONAMIENTO DE LAS MAQUINAS HIDRAULICAS

CAPITULO 2

PRINCIPIO DEL FUNCIONAMIENTO DE LAS MAQUINAS HIDRÁULICA

El principio fundamental del funcionamiento de las turbomáquinas hidráulicas esto basado en la ecuación de Euler. La ecuación de Euler es por tanto la ecuación fundamental utilizada para el estudio y comprensión de las turbomáquinas hidráulicas, también es utilizada para el estudio de para el estudio de los turbocompresores, turbinas de vapor y turbinas de gas, también llamadas turbomáquinas.

La ecuación de Euler, es la ecuación que expresa la energía intercambiada en el rodete de todas las maquinas.

Ecuación de Euler en su primera forma:

$$Y_u = \pm (U_1 C_{1u} - U_2 C_{2u}) \quad \dots \text{Ec. (2-1)}$$

El signo (+) es utilizado para máquinas motoras.

El signo (-) es utilizado para máquinas generadoras.

Para nuestro caso utilizaremos el signo (+) ya que estas máquinas motoras comprenden : bombas , ventiladores, turbocompresores, turbinas hidráulicas, turbinas de vapor y turbinas de gas.

También utilizaremos las unidades de SI ()

En las turbomaquinas hidráulicas se prefiere utilizar la ecuación de Euler expresada en forma de altura, ya que en las máquinas hidráulicas la altura es una variable de gran significado físico.

Altura bruta de un salto de agua , Altura neta de una turbina hidráulica altura de elevación de una bomba etc.... así pues de la variable "Y" se pasa a la variable "H" por la siguiente ecuación.

$$Y (m^2/s^2) = g (m/s^2) H (m) \quad \dots Ec. (2-2)$$

Para poder obtener la ecuación de Euler en su primera forma expresada en altura dividiremos los dos términos de la primera ecuación entre "g" obteniendo la siguiente ecuación:

$$H_u = \frac{\pm U_1 C_{1u} - U_2 C_{2u}}{g} \quad \dots Ec. (2-3)$$

Notas: sobre la ecuación de Euler

1. la ecuación de Euler es la ecuación fundamental de las turbomaquinas.
2. La altura H_u se denomina también como altura hidráulica.

3. En una turbomáquina la velocidad en cada punto puede tener tres componentes, según los ejes "r" "u" y "a" que tienen la dirección del radio en dicho punto, la tangente y el eje de la máquina.
4. "Yu" ó "Hu" representan:
- En bombas ventiladores y compresores la energía (altura) teórica comunicada al fluido.
 - En las turbomáquinas hidráulicas de vapor el rodete.
 - En todas las turbomáquinas "YU" ó "HU" representan la energía ó altura intercambiada en el rodete.

PLANOS DE REPRESENTACIÓN DE UNA TURBOMAQUINA

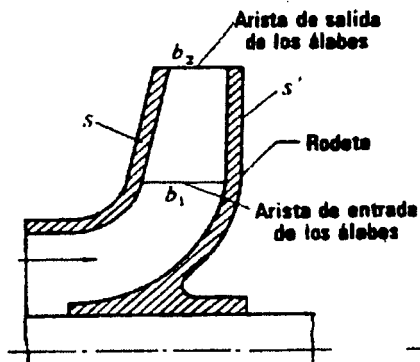


Fig. 2-1a Corte meridional

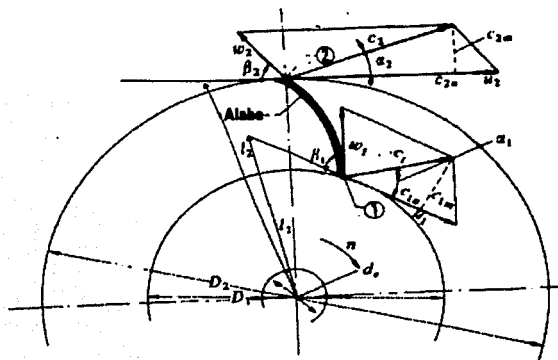


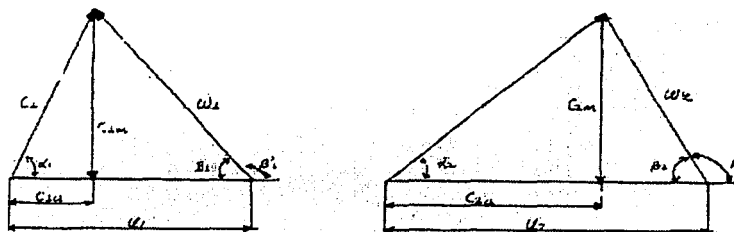
Fig. 2-1b Corte Transversal

En la figura 1 se representan los dos planos de representación de una turbomáquina que son: Fig. 2-1a corte meridional y Fig. 2-1b corte transversal. En este último se han dibujado los triángulos de velocidad a la entrada y a la salida.

En la figura 2-1a se representa el corte por un plano que contiene el eje de la máquina, que se llama corte meridional, por que en él se representan en su verdadera forma las meridianas de las superficies de revolución de la máquina como son las superficies anterior y posterior del rodete (S y S^1). En este corte se ven también las aristas de entrada y salida de los alabes, estas aristas de entrada y de salida, en nuestro caso son paralelas al eje de la máquina. Los anchos del rodete a la entrada b_1 y a la salida b_2 de los alabes se acotan también en este plano.

En la figura 2-1b se representa el corte transversal de una bomba radial se ve el alabe del rodete en su verdadera forma: el alabe es una superficie cilíndrica con generatrices paralelas al eje de la máquina. Los diámetros de entrada y salida de los alabes D_1 y D_2 se acotan también en este plano, así como el diámetro del eje D_e .

TRIANGULOS DE VELOCIDADES: notación internacional Fig. 2-2



La figura 2-2 muestra los triángulos de velocidad de entrada y salida de los álabes de un rodete de una bomba o ventilador con una notación internacional llamada así por ser la mas utilizada en casi todos los países (Alemania, Estados Unidos, Francia, Rusia, España, México etc.) y que e utilizada para ángulos , velocidades y componentes de velocidades y empleada en el estudió de todas las turbomaquinas hidráulicas y térmicas. En dichos triángulos.

U_1	Velocidad absoluta del alabe a la entrada o velocidad periférica a la entrada;
C_1	Velocidad absoluta del fluido a la entrada;
W_1	Velocidad relativa a la entrada (del fluido con respecto al albe);
C_{1m}	Componente meridional de la velocidad absoluta fluido a la entrada;
C_{1u}	Componente periférico de la velocidad absoluta del fluido a la entrada;

α_1	Angulo que forman las dos velocidades C_1 y U_1 ;
β_1	Angulo que forma W_1 con $(-U_1)$ nótese que el ángulo que forma W_1 con $(+U)$ es el β_1 suplementario de β_1

Y lo mismo en el triangulo de salida , sustituyendo el subíndice 1 por el 2.

$$HE = \pm (H_p + H_d) \quad \text{Energía específica comunicada al fluido} \quad \dots \text{Ec. (2-4)}$$

$$H_p = \pm \frac{(U_1^2 - U_2^2 + W_2^2 - W_1^2)}{2g} \quad \text{Altura de presión del rodete} \quad \dots \text{Ec. (2-5)}$$

$$H_d = \pm \frac{(C_1^2 + C_2^2)}{2g} \quad \text{Altura dinámica del rodete} \quad \dots \text{Ec. (2-6)}$$

Por lo tanto sustituyendo las ecuaciones 2-5 y 2-6 en la

Ecuación 2-4 tenemos:

$$HE = \pm \frac{(U_1^2 - U_2^2 + W_2^2 - W_1^2 + C_1^2 + C_2^2)}{2g} \quad \dots \text{Ec. (2-7)}$$

Del triangulo de entrada se deduce trigonometricamente que:

$$W_1^2 = U_1^2 + C_1^2 - 2U_1C_1 \cos \alpha_1 = U_1^2 + C_1^2 - 2U_1C_1U$$

...Ec. (2-8)

$$U_1 C_1 U = \frac{1}{2} [U_1^2 + C_1^2 - W_1^2]$$

Así mismo del triángulo de salida se deduce que:

$$W_2^2 = U_2^2 + C_2^2 - 2U_2C_2 \cos \alpha_2 = U_2^2 + C_2^2 - 2U_2C_2U$$

...Ec. (2-9)

$$U_2 C_{2U} = \frac{1}{-2} \left[U_2^2 + C_2^2 - W_2^2 \right]$$

Ordenando los términos de las ecuaciones 2-8 y 2-9 tenemos:

$$2U_1 C_1 \cos \alpha_1 = U_1^2 + C_1^2 - W_1^2 \quad \dots \text{Ec. (2-10)}$$

$$2U_2 C_2 \cos \alpha_2 = U_2^2 + C_2^2 - W_2^2 \quad \dots \text{Ec. (2-11)}$$

Sustituyendo los valores de las ecuaciones 2-10 y 2-11 a la ecuación de Euler expresada en altura tenemos:

$$H_E = \frac{2 U_1 C_1 \cos \alpha_1 - 2 U_2 C_2 \cos \alpha_2}{2g} \quad \dots \text{Ec. (2-12)}$$

$$H_E = \frac{U_1 C_1 \cos \alpha_1 - U_2 C_2 \cos \alpha_2}{g} \quad \dots \text{Ec. (2-13)}$$

De los triángulos de velocidad sabemos que:

$$C_1 \cos \alpha_1 = C_{1U} \quad \dots \text{Ec. (2-14)}$$

$$C_2 \cos \alpha_2 = C_{2U} \quad \dots \text{Ec. (2-15)}$$

Sustituyendo los valores de las ecuaciones 2-14 y 2-15 en la ecuación 2-13

y simplificando, se obtiene la ecuación de Euler expresada en altura:

$$H_E = \pm \frac{(U_1 C_{1U} - U_2 C_{2U})}{g} \quad \dots \text{Ec. (2-16)}$$

La ecuación 2-16 expresa la primera forma de la ecuación de Euler expresada en altura

Nota: La cavitación en las bombas y en las turbinas produce dos efectos perjudiciales que son disminución del rendimiento y erosión. En bombas la cavitación esta íntimamente relacionada a tres factores principalmente:

1. Con el tipo de bomba (el peligro de cavitación es tanto mayor cuanto mayor es el número específico de revoluciones : R_s)
2. Con la instalación de la bomba (la altura de suspensión de la bomba H_s o cota del eje de la bomba sobre el nivel del liquido en el deposito de aspiración debe ser escogida cuidadosamente para estar en cavitación.
3. Con las condiciones de servicio de la bomba (El caudal de la bomba nunca debe exceder el máximo permisible para que no se produzca la cavitación.

Para reducir estos tres factores al mínimo e necesario determinar la altura de aspiración de la bomba ó el NPSH.

NPSH= Altura de aspiración disponible.

La altura de aspiración disponible H_{ed} . Se denomina en los países de habla inglesa como (MPS-Net positive section Head). El cual esta determinado por AH y

es un parámetro de excepcional importancia en el estudio de la cavitación de las turbinas hidráulicas que se denomina "caída de altura de presión en el interior de la bomba" cuyas causas dependen del tipo de bomba y su construcción.

$$N_{psh_{necesaria}} = Ah = H_{ed \min} = \frac{(P_A - P_S - H_s - H_{rA-E})_{\min}}{\rho g} \quad \dots \text{Ec. (2-17)}$$

CAPITULO III

RECURSO HIDROLOGICO

CAPITULO 3

RECURSO HIDROLÓGICO

Para poder comprender la importancia que tiene el recurso hidrológico es necesario saber y comprender como se lleva a cabo la circulación del agua sobre la tierra , desde los océanos a la atmósfera y a los continentes y de esto nuevamente a los océanos. Para esto nos ayudaremos de la hidrológica la cual nos proporciona tanto métodos como las técnicas para poder determinar la cantidad de agua almacenada; el agua se almacena principalmente de la siguiente forma: agua almacenada en los glaciares o en forma de nieve, variaciones de humedad del suelo, lagos y ríos existen ríos y lagos tanto superficiales como subterráneos, la hidrológica también nos ayuda a medir la cantidad de sustancias minerales contenidas y transportadas por las aguas tanto superficiales como subterráneas, etc.

Ya que la hidrológica versa sobre el agua de la tierra, su existencia y distribución, sus propiedades tanto físicas como químicas así como su influencia sobre el medio ambiente, incluyendo su relación con los seres vivos se convierte en una herramienta de gran utilidad en la ingeniería hidrológica.

El hombre por medio de la ingeniería hidrológica a tratado de ejercer un dominio sobre el ciclo hidrológico, por medio del diseño y operación de

proyectos de ingeniería (Diseño y construcción de diques, presas , hidroeléctricas, pozos de agua profundos etc.) que le han permitido al hombre hasta cierto punto tener un manejo y control para darle un uso apropiado al agua.

El movimiento del agua durante las diferentes fases del ciclo hidrológico es errático tanto temporal como espacialmente. Algunas veces la naturaleza parece trabajar demasiado para producir lluvias las cuales pueden llegar a ser torrenciales haciendo crecer los ríos y lagos en exceso, y en otras ocasiones la maquinaria del ciclo parece detenerse completamente y con ello la precipitación y escorrentía, provocando periodos de sequía.

En zonas adyacentes las variaciones en el ciclo pueden llegar a ser bastante diferentes. Estos extremos de creciente y sequías son precisamente los factores que a menudo tienen mayor interés para el ingeniero puesto que muchos proyectos de ingeniería hidráulica son diseñados con una protección contra los efectos perjudiciales de estos extremos; por tal motivo algunas de las preguntas típicas que se esperan pueden ser resueltas por el ingeniero son:

¿Qué caudales máximos pueden esperarse en un vertedero, en una alcantarilla de carretera, en un sistema de drenaje urbano, en la explotación de un pozo profundo destinado a la extracción de agua potable para el consumo humano a la ganadería o agricultura etc.

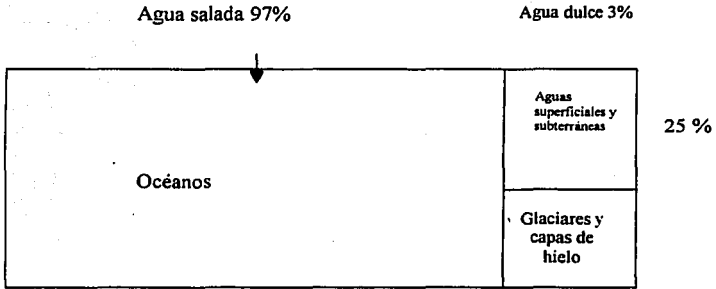
¿Qué capacidad de embalse se requiere para asegurar el suministro adecuado de agua para irrigación o consumo municipal donde existen problemas de sequía?

¿Qué efectos producen los embalses, diques y otras obras de control sobre las avenidas de las corrientes?

Existen muchas otras preguntas acerca de este tema pero solo mencionamos las que pudieran ser las mas importantes

El ciclo hidrológico consta de tres fases que son ; evaporación, condensación y precipitación. Los intercambio del ciclo están referidos a 100 cm^3 unidades equivalentes a la precipitación media anual en el globo cuyo valor es de 85.7 cm^3 . la humedad de la atmósfera aumenta por la evaporación del agua de los océanos, lagos ríos, de los suelos mejorados y hasta por la transpiración de las plantas.

El agua salada de los océanos constituye el 97% de toda el agua que existe en la tierra y solo el 3% restante se refiere al agua dulce existente, la cual se reparte de la siguiente forma.



El tres por ciento total del agua dulce existente en la tierra se reparte de la manera siguiente: el 75% de esta agua se encuentra concentrada en las capas de hielo y en los glaciares y solo el 25% restante es decir el 0.75% del total del agua existente en la tierra que es la cual aprovecha el ser humano se encuentra repartida entre las aguas tanto superficiales como subterráneas, las cuales comprenden ríos, lagos y la humedad existente en el suelo. Tomando estas cantidades es de suma importancia concienciar a toda la población acerca del buen manejo y aprovechamiento que debemos dar para llevar a cabo una optimización de este valioso recurso hidrológico que es el agua, ya que nos solo es escaso sino cada vez resulta mas costoso el poder conseguirlo, además de que cada vez requiere de una mayor tecnología y por lo tanto de gente cada vez mas capacitada para el uso de esta nueva tecnología.

CAPITULO IV

SONDEO DEL POZO

CAPITULO 4

SONDEO DEL POZO

Para realizar el sondeo de un pozo en general, es utilizado generalmente y en casi todos los casos una sonda eléctrica, la cual consiste en una cuerda o cable eléctrico, en las que se hallan marcadas la medidas de longitud, este cable o cuerda tiene una punta de cobre descubierta en la cual esta conectada una batería, la cual al hacer contacto con el liquido nos permite v determinar la profundidad a la cual se encuentra el nivel estático del liquido.

El sondeo es una maniobra que sirve para averiguar la naturaleza y profundidad del pozo, también nos ayuda a determinar el nivel estático del agua en un pozo profundo.

Actualmente contamos con nuevas técnicas y equipos como lo son las cámaras de video de tipo submarino , las cuales son de gran ayuda, ya que no solo nos permiten determinar el nivel estático sino además nos muestran de forma detallada las condiciones del ademe y nos permiten explorar la totalidad del pozo.

Para nuestro caso, considerando que se trataba de un pozo , el cual ya había sido explorado con anterioridad, esta maniobra llamada sondeo se realiza , para poder

determinar si el pozo esta seco o se encuentra en posibilidades de ser rehabilitado.

Una vez encontrado el nivel estático del agua y considerando en base a esta profundidad buenas nuestras expectativas, (considerando que se contaba con datos del pozo) nos auxiliamos con ayuda de una cámara de video de tipo submarino, las cual nos permite observar las condiciones en las que se encuentra la tubería del ademe, lo cual nos permite tomar decisiones y en este caso aplicar las técnicas que nos permitirán rehabilitar este pozo. Otro de los datos que nos permite tomar la cámara de video de forma directa del pozo es su altura dinámica total existente.

Todos los datos obtenidos tanto por el sondeo como por la cámara de video que son.

- Nivel estático
- Condiciones del ademe
- Altura dinámica
- Profundidad total.

No permiten tomar una buena decisión , si las condiciones encontradas no fueran las adecuadas se tomaran otras medidas , pero en base a los estudios realizados tendremos siempre la seguridad de tomar la mejor decisión.

Una vez realizado el sondeo tanto por una sonda eléctrica y con ayuda de una cámara de video, se obtuvo el siguiente informe de resultados del pozo.

1. Datos generales:

- Ademe 13 ½" O interior
- Ademe liso del nivel del suelo O a 54.00 m. de profundidad
- Ademe ranurado tipo antiguo a soplete de 54.00 m. a 128.62 m de profundidad.
- Nivel estático 72.85 m. de profundidad
- Altura dinámica 57.15 m.
- Profundidad inspeccionada 130 m.

Observaciones:

- No se aprecian desgarres o colapsos del ademe en todo el recorrido.
- Existe ademe hasta los 128.62 m. de profundidad .
- Se aprecia una capa uniforme de incrustación en el ademe (sarro)
- Las ranuras del ademe presentan una corrosión en todos los puntos del recorrido.
- Se aprecia una legra desviación a los 110.70 m. hasta el final.

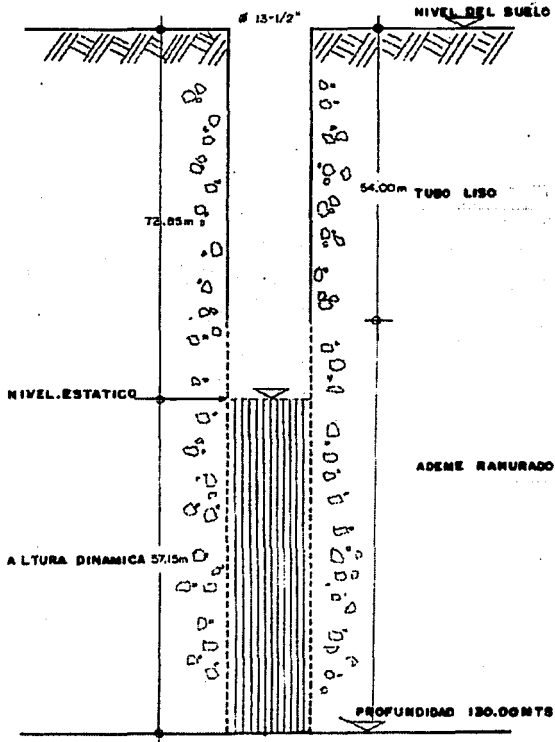
2. Conclusiones y recomendaciones:

El pozo se encuentra en condiciones de ser rehabilitado.

El ademe requiere de una limpieza en general desde los 128.62 m. y hasta el nivel del suelo.

Para limpieza se recomienda utilizar un medio mecánico (mediante una perforadora de tipo pulzeta realizando un cepillado.

ESPECIFICACIONES DEL POZO



La fig. 4.1 muestra los datos obtenidos después de la introducción de la cámara de video (o después del sondeo del pozo)

CAPITULO V

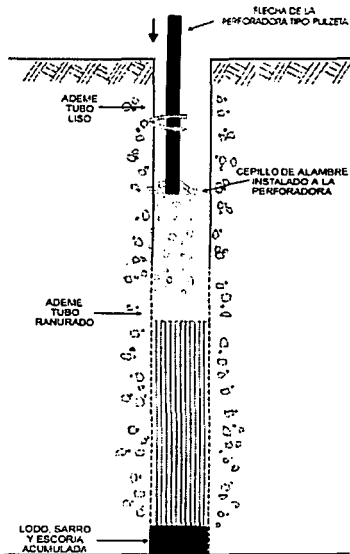
REHABILITACIÓN DEL POZO

CAPITULO 5

REHABILITACIÓN DEL POZO

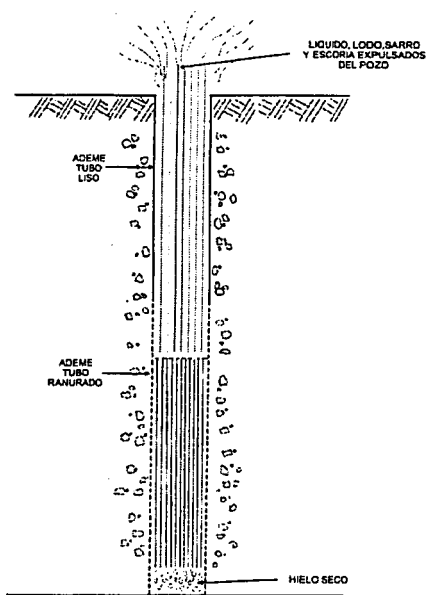
Una vez realizado el sondeo al pozo y encontrado condiciones favorables para poder realizar la rehabilitación a este, en base a las observaciones y resultados obtenido en el sondeo, es necesario realizar las siguientes maniobras:

1. Llevar a cabo un cepillado en el ademe o tuberío, para eliminar el sarro y escorias que se encuentran en la tubería los cuales son producidos por los minerales y el paso del tiempo, este cepillado se realiza mediante una perforadora de tipo pulzeta



La Fig. 5-1 muestra como es removido tanto el sarro como la escoria mediante un cepillado: el cuales se lleva a cabo mediante una perforadora tipo pulzeta.

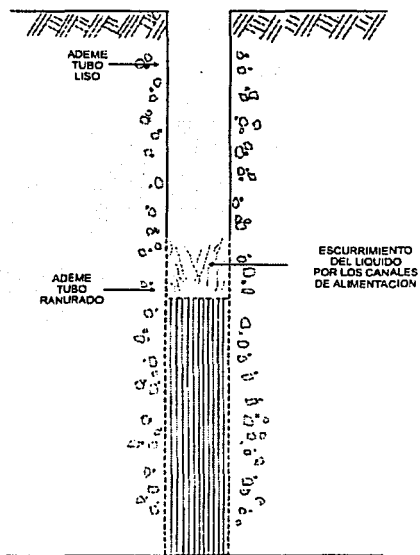
2. Una vez realizado el cepillado es necesario aplicar una cantidad de hielo seco dentro del pozo el cual nos ayuda a terminar a remover la escoria y sarro de la tubería además contribuye a reabrir los canales de escurrimiento que alimentan al pozo.



En la Fig.5-2 se muestra como aplicar hielo seco dentro del pozo este provoca un desprendimiento de burbujas gaseosas a través del liquido ó una agitación muy viva (efervescencia), la cual provoca que el pozo expulse una gran cantidad de agua, a través de la

cual el pozo puede desalojar grandes cantidades de partículas sólidas (lodo, sarro y escoria); además contribuye a rehabilitar los canales de escurrimiento que alimentan al pozo.

3. La siguiente maniobra consiste en realizar un desalsolve del pozo, esto se consigue mediante la realización de un aforo el cual se realiza por medio de una bomba de rodete semiabierto, las cuales son empleadas generalmente para el bombeo de líquidos con elevado contenido de aire ó gas; Así como de materias fibrosas o de partículas sólidas en suspensión lo cual nos permitirá retirar todas las partículas sólidas producidas por el sarro después del cepillado. Así como el lodo acumulado que se haya generado.



En la Fig. 5-3 podemos observar un pozo rehabilitado, lo cual se logra mediante los trabajos de cepillado, aplicación de hielo seco y desalsolve, muestra además a los canales de alimentación cumpliendo correctamente con su función, con lo cual tenemos al pozo en excelentes condiciones para recibir el equipo de bombeo que pondrá a este en operación.

Nota: El aforo se dará por terminado cuando el agua extraída del pozo comience a extraerse sin partículas sólidas (Sarro y lodo) , esto es que el liquido extraído salga limpio y claro.

Una vez realizado el cepillado y desalsolve del pozo , se considera que el pozo ha quedado rehabilitado y en condiciones de ponerse nuevamente a trabajar, lo cual se consigue mediante la instalación del equipo de bombeo adecuado, el cual se podrá seleccionar en base a los datos y resultados hasta ahora obtenidos.

Así como de los cálculos correspondientes y en base a un nuevo sondeo realizado mientras se realiza el aforo (esta vez solo se utiliza la sonda eléctrica) , ya que el nivel estático como la altura dinámica total sufren cambios a l realizar maniobras anteriores (Cepillado y desalsolve).

Estas maniobras se dan como resultado de una nueva altura dinámica total la cual se considera real bajo condiciones de trabajo , también nos da como resultado un cambio en el nivel estático el cual puede encontrarse a mayor o menor profundidad del que se obtuvo en el primer sondeo, el cual se considerara como real y será utilizado en nuestros cálculos, el cambio del nivel estático es debido al escurrimiento del liquido generado por las maniobras antes realizadas (apertura de los veneros)

El aforo realizado mientras se realiza el desalsolve es de mucha importancia y resulta muy útil por que nos permite conocer el caudal o gasto no muy lejano del

que se obtendrá en condiciones de trabajo. Lo cual no ayuda en el calculo y selección de la bomba que requerirá el sistema de bombeo, lo cual nos permitirá explotar de mejor manera posible el pozo de agua potable optimizando así este valiosísimo recurso natural que es el agua.

Datos obtenido mediante el aforo:

Nivel estático 80.13 m.

Altura dinámica total 49.87 m.

CAPITULO VI

SELECCIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO ADECUADO

CAPITULO 6

SELECCIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO ADECUADO

En las instalaciones destinadas a mover fluidos , la selección del mejor equipo para los fines de bombeo pueden ser hechos a partir de una gran variedad de bombas. Has tipos que se adoptan mejor a determinadas condiciones, como por ejemplo, presiones deseadas, temperaturas y viscosidad del fluido a ser bombeado.

Las normas y especificaciones del instituto de hidráulica establecen las siguientes clases de bombas:

- I. Centrifugas
- II. Rotativas
- III. De embolo o de pistón
- IV. De pozo profundo (Tipo turbina)

Aunque básicamente , solo hay dos categorías de bombas:

- Bombas volumétricas o estáticas (de desplazamiento positivo)
- Bombas de flujo o dinámicas (centrifugas)

Bombas volumétricas o estáticas

Este tipo de bombas se clasifican en reciprocantes y rotativas, y sus elementos principales de funcionamiento son: embolo, engranes o paletas además de válvulas de entrada y salida y aun mas el mecanismo de accionamiento. Su principio de funcionamiento esta basado en la altura de aspiración, este tipo de bombas aspira agua por el vació parcial; la presión ambiente en el pozo (atmosférica) empuja el agua por el tubo de succión a través de la válvula de entrada, llenando el cilindro invirtiéndose la dirección del embolo , la válvula de entrada se cierra y la de salida se abre, debido a la presión aplicada por el embolo y el agua es forzada en el tubo de descarga. Evidentemente cuando la altura de succión o la aceleración del embolo es aumentada, la presión ambiente en el pozo será insuficiente para acelerar la columna del liquido el tubo de succión.

La bomba entonces comienza a absorber vapor y gases, debido a la desaceleración del embolo, la presión aumentara y el vapor se condensara, produciendo choques con impactos en las paredes. Este fenómeno es llamado cavitación; la cavitación origina vibración , rudo y erosión del material hasta la perforación de las paredes.

La cavitación puede ser evitada , limitando la altura de succión y reduciendo la velocidad ya sea del embolo, engranes o paletas.

No obstante este tipo de bombas producen caudales continuos, pero pulsantes, debido a su funcionamiento este tipo de bombas son utilizados para presiones extremas y caudales mínimos o para presiones extremas y caudales mínimos ó para presiones media y caudales mínimos, además las perdidas que sufren este tipo de bombas son principalmente mecánicas y volumétricas , debido a los escapes en las holguras entre elementos móviles y estacionarios.

Nota: Considere que la presión atmosférica no es capaz de elevar el agua mas allá de una altura de 10.33 metros.

Bombas de flujo ó dinámicas

Son incluidas en esta categoría bombas centrífugas con velocidad de descarga axial y bombas de tipo intermedio , con velocidad de descarga de tipo diagonal y sus elementos principales de funcionamiento son el rotor y la válvula de entrada.

Este tipo de bombas funcionan de siguiente forma:

El trabajo de es consumido en aumentar la energía cinética del liquido y en acelerarlo, principalmente en la dirección tangencial, cuando el fluido pasa por el rotor, la energía cinética es parcialmente transformada en energía potencial - presión -, lo que origina que la presión en la entrada del impulsor sea menor que en la superficie del líquido. Debido a esta diferencia de presión , la bomba

es capaz de levantar este líquido. Algunas bombas cuenta con varios impulsores o etapa y giran a gran velocidad , esta presión puede alcanzar la presión del vapor del líquido, lo que produce el fenómeno de la cavitación. En estos casos la cavitación puede ser evitada regulando el número de rpm o disminuyendo o aumentando el diámetro del rotor. Las bombas de flujo o dinámicas se adaptan a pequeñas presiones y grandes caudales.

Para atender a su gran campo de aplicaciones las bombas pueden ser fabricadas en los más variados modelos, pudiendo ser seleccionada tomando diversos criterios.

Los siguientes criterios son fundamentales para la selección adecuada de los equipo de bombeo.

PRINCIPALES CRITERIOS PARA LA SELECCION DE EQUIPO DE BOMBEO

SON:

1. Movimiento de líquido.
 - a) Aspiración o succión simple (rotor simple)
 - b) Doble aspiración.

2. Admisión del líquido

- a) radial (tipos voluta y turbina)
- b) Diagonal (tipo francis)
- c) Helicoidal

3. Número de impulsores o etapas

- a) Un impulsor o etapa
- b) Varios impulsores o etapas

4. Tipo de rotor

- a) Impulsor cerrado
- b) Impulsor semiabierto
- c) Impulsor abierto
- d) Impulsor a prueba de obstrucciones (NON CLOG)

5. Posición del eje

- a) Eje vertical
- b) Eje horizontal
- c) Eje inclinado

6. Presión

- a) Baja presión ($H_{man} < 15 \text{ m.}$)
- b) Presión media (H_{man} de 15 a 50 m.)

c) Alta presión ($H_{man} > 50 \text{ m.}$)

Nota: La elección de bombas es determinada principalmente por las condiciones de operación y de mantenimiento y mas aun por condiciones económicas . Naturalmente el comprador esta interesado en instalar una unidad que provea el caudal deseado del fluido, para la carga total necesaria.

Las bombas de pozo profundo con motor de tipo sumergible se diferencian de la de tipo convencional principalmente por que la primeras son consideradas como una sola unidad (motobombas). Es decir que el motor que genera el trabajo que es consumido esta acoplado con la bomba y toda la unidad queda sumergida de aquí el nombre de motor tipo sumergible.

Este tipo de se en cuenta dentro del tipo de bombas de flujo o dinámicas y su principio de funcionamiento es el mismo que el de una bomba centrífuga vertical, con impulsores radiales o bien semiaxiales.

Una vez diferenciados los sistemas de bombeo tanto de tipo convencional como de motor de tipo sumergible, mencionaremos las ventajas y desventajas de estos equipos de bombeo:

VENTAJAS DE UN EQUIPO DE BOMBEO CON MOTOR TIPO SUMERGIBLE.

1. Debido a su construcción compacta minimiza los gastos de instalación.
2. Gran maniobrabilidad para la instalación en pozos muy profundos o desviados (esto representa quizás su mayor ventaja ya que actualmente , la captación de agua potable es a través de pozos muy profundos)
3. Estos equipos pueden ser instalados en espacios muy reducidos, además de que no requieren de una base , reduciendo así el costo por mano de obra civil.
4. El mantenimiento requerido es mínimo debido a que sus componentes son lubricados con el mismo fluido.
5. Economía por su gran eficiencia , ya que reducen las perdidas hidráulicas volumétrica y mecánicas al mínimo.
6. Sin dificultad de succión por su montaje por debajo del nivel del agua.
7. Estos equipo s al estar conectados por un cable eléctrico y a través de una flecha u otro sistema mecánico seguirán trabajando en caso de que después de un sismo se provocara una pequeña desviación en la columna de tubería.

DESVENTAJAS DE LAS BOMBAS CON MOTOR DE TIPO SUMERGIBLE.

1. La vida útil de estos equipos es mas corta en comparación con los de tipo convencional.
2. Debido a su construcción compacta no se pueden obtener caudales muy grandes.
3. No están diseñadas para todo tipo de fluido.

VENTAJAS DE LAS BOMBAS DE TIPO CONVENCIONAL

1. Una de las ventaja de estos equipos es que pueden alcanzar grandes caudales.
2. Tienen una vida útil mayor
3. Se pueden utilizar para bombear too tipo de fluido

DESVENTAJAS DE LAS BOMBAS DE TIPO CONVENCIONAL

1. Requieren de mantenimiento constante lo que hacen ser mas costosos.
2. Requieren de base tanto para la bomba como para el motor elevando los costo de obra civil.
3. No son de fácil instalación ni maniobrabilidad.

Una vez analizados los diferentes tipos de bomba su funcionamiento y las ventajas y desventajas que estos nos ofrecen debemos analizar el problema al que nos enfrentamos para poder así resolverlo de la mejor manera posible.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Se desea instalar una bomba con motor de tipo sumergible la cual debe generar un caudal de 20 L/s y elevarlo a un depósito de agua el cual se encuentra a 85 mts. de altura, contamos con una tubería de 8" de diámetro y los siguientes accesorios:

Una válvula de pie, una válvula de compuerta, una válvula de retención tipo liviana, tres codos de 90° de radio mediano y un codo de 45° como se muestra en la figura además tenemos los siguientes datos del pozo: diámetro del ademe 13.5" nivel estático del líquido a una profundidad de 72.85 mts, una altura dinámica de 57.15 m. Y una profundidad total del pozo de 130 mts.

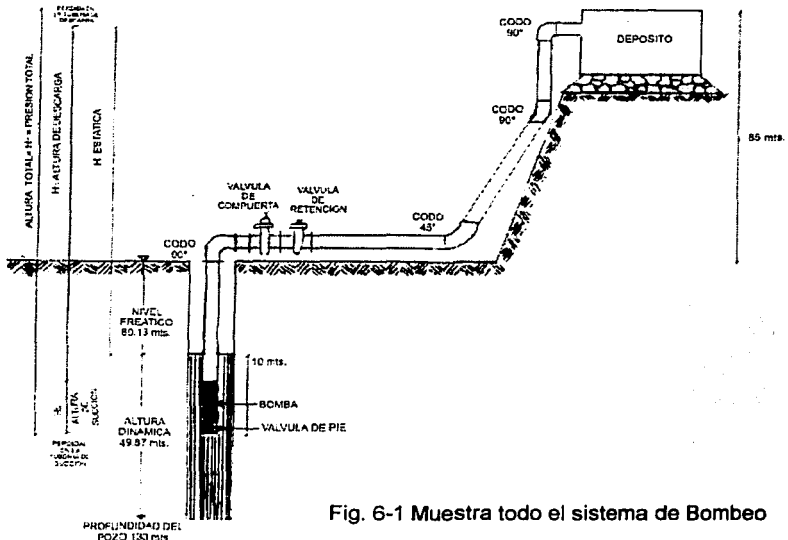


Fig. 6-1 Muestra todo el sistema de Bombeo

SOLUCION DEL PROBLEMA

Para resolver el problema debemos calcular la potencia requerida por la bomba que satisfaga la presión total para lo cual nos ayudaremos de la siguiente formula:

$$N = \frac{\gamma Q H}{\eta}$$

$$N = \frac{QH}{76 \eta} \text{ (Hp)}$$

Unidades:

N=	HP
Q=	L /s ó Kgf s
H=	m.
η =	Unidimensional
γ =	Unidimensional
	<u>Kgf m</u> = Hp 76 s

Donde:

$N=$	Potencia requerida por la bomba en Hp.
$Q=$	Caudal L /s
$\gamma =$	Densidad relativa para agua = 1
$\eta =$	Eficiencia de la bomba %
76=	Factor de conversión S.I. Caudal L /s
273.6 =	Factor de conversión S.I. Caudal m ³ /h
3960 =	Factor de conversión S.I. Sistema técnico caudal gpm

Datos sabemos que:

$Q=$	20 L /S
$H=$?
$\gamma =$	1 para agua es una magnitud adimensional
$\eta =$?

BPH 384 - 60 Hz / 3500 rpm
Para pozos desde 8"

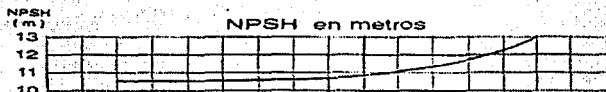
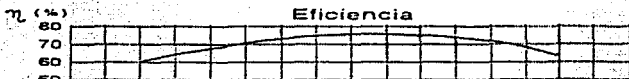
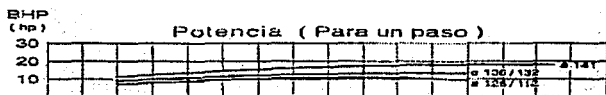
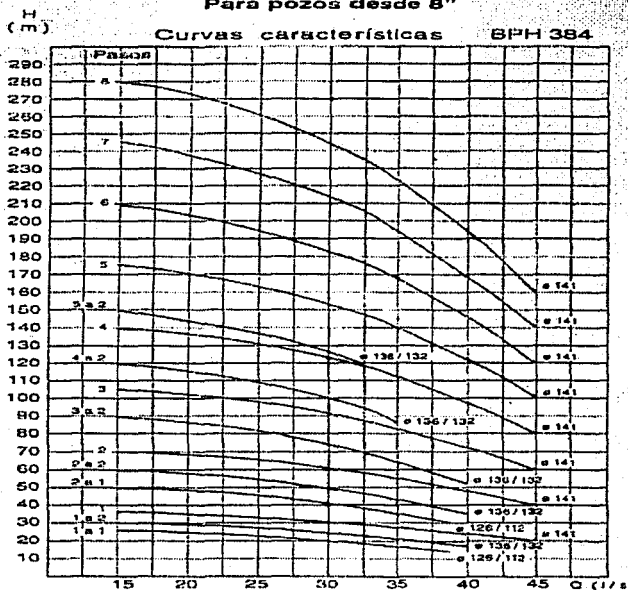


Fig 6-2 Curva Característica de la Bomba

Tabla 1 Longitudes equivalentes a pérdidas locales. (expresadas en metros de tubería rectilínea)*

DIAMETRO D mm pulg.	Codo 90° Radio largo		Codo 90° Radio medio		Codo 90° Radio corto		Codo 45°		Curva 90° R/D=1		Curva 90° R/D=1		Curva 45°		Entrada normal		Entrada de Borda		Válvula de compuerta abierta		Válvula tipo globo abierta		Válvula de ángulo abierta		Té paso directo		Té salida lateral		Té salida bilateral		Válvula de pie		Salida de Tubería		Válvula de retención tipo liviana		Válvula de retención tipo pesado	
	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4	4 1/2	5	5 1/2	6	6 1/2	7	7 1/2	8	8 1/2	9	9 1/2	10	10 1/2	11	11 1/2	12	12 1/2	13	13 1/2	14	14 1/2	15	15 1/2	16	16 1/2	17	17 1/2	18
10	0.4	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2
12	0.5	0.7	0.9	1.1	1.3	1.5	1.7	1.9	2.1	2.3	2.5	2.7	2.9	3.1	3.3	3.5	3.7	3.9	4.1	4.3	4.5	4.7	4.9	5.1	5.3	5.5	5.7	5.9	6.1	6.3	6.5	6.7	6.9	7.1	7.3	7.5	7.7	7.9
14	0.6	0.9	1.2	1.5	1.9	2.3	2.7	3.1	3.5	3.9	4.3	4.7	5.1	5.5	5.9	6.3	6.7	7.1	7.5	7.9	8.3	8.7	9.1	9.5	9.9	10.3	10.7	11.1	11.5	11.9	12.3	12.7	13.1	13.5	13.9	14.3	14.7	15.1
16	0.7	1.1	1.4	1.8	2.3	2.8	3.3	3.8	4.3	4.8	5.3	5.8	6.3	6.8	7.3	7.8	8.3	8.8	9.3	9.8	10.3	10.8	11.3	11.8	12.3	12.8	13.3	13.8	14.3	14.8	15.3	15.8	16.3	16.8	17.3	17.8	18.3	18.8
18	0.8	1.2	1.6	2.1	2.6	3.1	3.6	4.1	4.6	5.1	5.6	6.1	6.6	7.1	7.6	8.1	8.6	9.1	9.6	10.1	10.6	11.1	11.6	12.1	12.6	13.1	13.6	14.1	14.6	15.1	15.6	16.1	16.6	17.1	17.6	18.1	18.6	19.1
20	0.9	1.3	1.8	2.3	2.9	3.4	3.9	4.4	4.9	5.4	5.9	6.4	6.9	7.4	7.9	8.4	8.9	9.4	9.9	10.4	10.9	11.4	11.9	12.4	12.9	13.4	13.9	14.4	14.9	15.4	15.9	16.4	16.9	17.4	17.9	18.4	18.9	19.4
22	1.0	1.4	1.9	2.4	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5	17.0	17.5	18.0	18.5	19.0	19.5
24	1.1	1.5	2.0	2.5	3.1	3.6	4.1	4.6	5.1	5.6	6.1	6.6	7.1	7.6	8.1	8.6	9.1	9.6	10.1	10.6	11.1	11.6	12.1	12.6	13.1	13.6	14.1	14.6	15.1	15.6	16.1	16.6	17.1	17.6	18.1	18.6	19.1	19.6
26	1.2	1.6	2.1	2.6	3.2	3.7	4.2	4.7	5.2	5.7	6.2	6.7	7.2	7.7	8.2	8.7	9.2	9.7	10.2	10.7	11.2	11.7	12.2	12.7	13.2	13.7	14.2	14.7	15.2	15.7	16.2	16.7	17.2	17.7	18.2	18.7	19.2	19.7
28	1.3	1.7	2.2	2.7	3.3	3.8	4.3	4.8	5.3	5.8	6.3	6.8	7.3	7.8	8.3	8.8	9.3	9.8	10.3	10.8	11.3	11.8	12.3	12.8	13.3	13.8	14.3	14.8	15.3	15.8	16.3	16.8	17.3	17.8	18.3	18.8	19.3	19.8
30	1.4	1.8	2.3	2.8	3.4	3.9	4.4	4.9	5.4	5.9	6.4	6.9	7.4	7.9	8.4	8.9	9.4	9.9	10.4	10.9	11.4	11.9	12.4	12.9	13.4	13.9	14.4	14.9	15.4	15.9	16.4	16.9	17.4	17.9	18.4	18.9	19.4	19.9
32	1.5	1.9	2.4	2.9	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5	17.0	17.5	18.0	18.5	19.0	19.5	20.0
34	1.6	2.0	2.5	3.0	3.6	4.1	4.6	5.1	5.6	6.1	6.6	7.1	7.6	8.1	8.6	9.1	9.6	10.1	10.6	11.1	11.6	12.1	12.6	13.1	13.6	14.1	14.6	15.1	15.6	16.1	16.6	17.1	17.6	18.1	18.6	19.1	19.6	20.1
36	1.7	2.1	2.6	3.1	3.7	4.2	4.7	5.2	5.7	6.2	6.7	7.2	7.7	8.2	8.7	9.2	9.7	10.2	10.7	11.2	11.7	12.2	12.7	13.2	13.7	14.2	14.7	15.2	15.7	16.2	16.7	17.2	17.7	18.2	18.7	19.2	19.7	20.2
38	1.8	2.2	2.7	3.2	3.8	4.3	4.8	5.3	5.8	6.3	6.8	7.3	7.8	8.3	8.8	9.3	9.8	10.3	10.8	11.3	11.8	12.3	12.8	13.3	13.8	14.3	14.8	15.3	15.8	16.3	16.8	17.3	17.8	18.3	18.8	19.3	19.8	20.3
40	1.9	2.3	2.8	3.3	3.9	4.4	4.9	5.4	5.9	6.4	6.9	7.4	7.9	8.4	8.9	9.4	9.9	10.4	10.9	11.4	11.9	12.4	12.9	13.4	13.9	14.4	14.9	15.4	15.9	16.4	16.9	17.4	17.9	18.4	18.9	19.4	19.9	20.4
42	2.0	2.4	2.9	3.4	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5	17.0	17.5	18.0	18.5	19.0	19.5	20.0	20.5
44	2.1	2.5	3.0	3.5	4.1	4.6	5.1	5.6	6.1	6.6	7.1	7.6	8.1	8.6	9.1	9.6	10.1	10.6	11.1	11.6	12.1	12.6	13.1	13.6	14.1	14.6	15.1	15.6	16.1	16.6	17.1	17.6	18.1	18.6	19.1	19.6	20.1	20.6
46	2.2	2.6	3.1	3.6	4.2	4.7	5.2	5.7	6.2	6.7	7.2	7.7	8.2	8.7	9.2	9.7	10.2	10.7	11.2	11.7	12.2	12.7	13.2	13.7	14.2	14.7	15.2	15.7	16.2	16.7	17.2	17.7	18.2	18.7	19.2	19.7	20.2	20.7
48	2.3	2.7	3.2	3.7	4.3	4.8	5.3	5.8	6.3	6.8	7.3	7.8	8.3	8.8	9.3	9.8	10.3	10.8	11.3	11.8	12.3	12.8	13.3	13.8	14.3	14.8	15.3	15.8	16.3	16.8	17.3	17.8	18.3	18.8	19.3	19.8	20.3	20.8
50	2.4	2.8	3.3	3.8	4.4	4.9	5.4	5.9	6.4	6.9	7.4	7.9	8.4	8.9	9.4	9.9	10.4	10.9	11.4	11.9	12.4	12.9	13.4	13.9	14.4	14.9	15.4	15.9	16.4	16.9	17.4	17.9	18.4	18.9	19.4	19.9	20.4	20.9
52	2.5	2.9	3.4	3.9	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5	17.0	17.5	18.0	18.5	19.0	19.5	20.0	20.5	21.0
54	2.6	3.0	3.5	4.0	4.6	5.1	5.6	6.1	6.6	7.1	7.6	8.1	8.6	9.1	9.6	10.1	10.6	11.1	11.6	12.1	12.6	13.1	13.6	14.1	14.6	15.1	15.6	16.1	16.6	17.1	17.6	18.1	18.6	19.1	19.6	20.1	20.6	21.1
56	2.7	3.1	3.6	4.1	4.7	5.2	5.7	6.2	6.7	7.2	7.7	8.2	8.7	9.2	9.7	10.2	10.7	11.2	11.7	12.2	12.7	13.2	13.7	14.2	14.7	15.2	15.7	16.2	16.7	17.2	17.7	18.2	18.7	19.2	19.7	20.2	20.7	21.2
58	2.8	3.2	3.7	4.2	4.8	5.3	5.8	6.3	6.8	7.3	7.8	8.3	8.8	9.3	9.8	10.3	10.8	11.3	11.8	12.3	12.8	13.3	13.8	14.3	14.8	15.3	15.8	16.3	16.8	17.3	17.8	18.3	18.8	19.3	19.8	20.3	20.8	21.3
60	2.9	3.3	3.8	4.3	4.9	5.4	5.9	6.4	6.9	7.4	7.9	8.4	8.9	9.4	9.9	10.4	10.9	11.4	11.9	12.4	12.9	13.4	13.9	14.4	14.9	15.4	15.9	16.4	16.9	17.4	17.9	18.4	18.9	19.4	19.9	20.4	20.9	21.4
62	3.0	3.4	3.9	4.4	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5	17.0	17.5	18.0	18.5	19.0	19.5	20.0	20.5	21.0	21.5
64	3.1	3.5	4.0	4.5	5.1	5.6	6.1	6.6	7.1	7.6	8.1	8.6	9.1	9.6	10.1	10.6	11.1	11.6	12.1	12.6	13.1	13.6	14.1	14.6	15.1	15.6	16.1	16.6	17.1	17.6	18.1	18.6	19.1	19.6	20.1	20.6	21.1	21.6
66	3.2	3.6	4.1	4.6	5.2	5.7	6.2	6.7	7.2	7.7	8.2	8.7	9.2	9.7	10.2	10.7	11.2	11.7	12.2	12.7	13.2	13.7	14.2	14.7	15.2	15.7	16.2	16.7	17.2	17.7	18.2	18.7	19.2	19.7	20.2	20.7	21.2	21.7
68	3.3	3.7	4.2	4.7	5.3	5.8	6.3	6.8	7.3	7.8	8.3	8.8	9.3	9.8	10.3	10.8	11.3	11.8	12.3	12.8	13.3	13.8	14.3	14.8	15.3	15.8	16.3	16.8	17.3	17.8	18.3	18.8	19.3	19.8	20.3	20.8	21.3	21.8
70	3.4	3.8	4.3	4.8	5.4	5.9	6.4	6.9	7.4	7.9	8.4	8.9	9.4	9.9	10.4	10.9	11.4	11.9	12.4	12.9	13.4	13.9	14.4	14.9	15.4	15.9	16.4	16.9	17.4	17.9	18.4	18.9	19.4	19.9	20.4	20.9	21.4	21.9
72	3.5	3.9	4.4	4.9	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5	17.0	17.5	18.0	18.5	19.0	19.5	20.0	20.5	21.0	21.5	22.0
74	3.6	4.0	4.5	5.0	5.6	6.1	6.6	7.1	7.6	8.1	8.6	9.1	9.6	10.1	10.6	11.1	11.6	12.1	12.6	13.1	13.6	14.1	14.6	15.1	15.6	16.1	16.6	17.1	17.6	18.1	18.6	19.1	19.6	20.1	20.6	21.1	21.6	22.1
76	3.7	4.1	4.6	5.1	5.7	6.2	6.7	7.2	7.7	8.2	8.7	9.2	9.7	10.2	10.7	11.2	11.7	12.2	12.7	13.2	13.7	14.2	14.7	15.2	15.7	16.2	16.7	17.2	17.7	18.2	18.7	19.2	19.7	20.2	20.7	21.2	21.7	22.2
78	3.8	4.2	4.7	5.2	5.8	6.3	6.8	7.3	7.8	8.3	8.8	9.3	9.8																									

Con ayuda de las curvas características de las bombas del manual de motobombas sumergibles KSB y con la ayuda de la tabla de pérdidas de carga locales en tuberías del manual de hidráulica vamos a calcular las longitudes equivalentes a pérdidas locales y la eficiencia de bomba. Fig. 6-2 y tabla 6-1.

Primero. Debemos de calcular la H_r (Presión total) del sistema

$$H_r = H_{est} + H_s + H_d + MPS + Prim.$$

Donde:

Hest	Presión estática	
Hs	Altura de Succión	Perdidas en la tubería de succión
Hd	Presión de descarga	Perdidas en la tubería de descarga
MPS	SUMERGENCIA DE LA BOMBA	ALTURA DE ASPIRACIÓN DISPONIBLE
Hprim	Perdidas primarias generadas por la bomba	

De la fig. 6-1 sabemos que $H_{est} = 165.13$ mts de la tabla 6-1 de longitudes equivalentes a pérdidas locales (expresadas en metros de tubería rectilínea)

Obtenemos los siguientes datos con tubería de 8" Ø

HS=	1 VÁLVULA DE PIE 52 M	1 X 52 M 0 Hs= 52 M
Hd=	1 Válvula de compuerta	1.4 m 1x1.4 = 1.4 m
	1 Válvula de retención tipo mediana	16 m 1 x 16 = 16.0 m.
	3 codos de 90° de radio mediano	5.5 m 3x5.5= 16.5 m
	1 codo de 45°	3m 1x3 3.0 m

NPSH ALTURA DE APIRACION DISPONIBLE = 10 m

NPSH DE CURVAS CARACTERÍSTICAS

Hprim = despreciables = 0

Nota: Son despreciables ya que estas bombas funcionan con agua y se lubrican con el mismo fluido por lo tanto las pérdidas mecánicas son nulas, además al quedar bajo el agua la captación de aire o gases es mínima reduciendo sus pérdidas volumétricas al mínimo.

$$H_T = H_{est} + H_s + H_d + NPSH + H_{prim}$$

$$H_T = 165.13 + 52 + 36.9 + 10 + 0) \text{ m} \quad H_T = 264.03 \text{ mts}$$

De las curva características de la bomba caudal en función de la presión Fig.

6.2 obtenemos la η de la bomba = 68%

$$N = \frac{Q H}{76 \times \eta} \text{ (Hp)}$$

Sustituyendo los valores

$$N = \frac{20 \times 264.03 \times 1}{76 \times 0.68} \text{ (Hp)}$$

$$N = 102.17 \text{ Hp}$$

$$1 \text{ Hp} = \text{Kgf m/s}$$

La bomba comercial que se aproxima a los cálculos realizados es una bomba de 105 HP. Por lo tanto la bomba seleccionada debe tener las siguientes características:

1. Debe ser una bomba con motor tipo sumergible , tipo centrífuga con impulsores radiales o bien semiaxiales.
2. Con aspiración o succión simple
3. De 8 etapas
4. Con impulsor cerrado
5. De eje vertical
6. Para alta presión
7. De 105 Hp.
8. 3500 rpm

CAPITULO VII

INSTALACIÓN

CAPITULO 7

INSTALACIÓN

Con la excepción de caos especiales los equipos de bombeo deben ser cubiertos por edificaciones propias (casas o salas de bombeo). Estas edificaciones deben tener una buena iluminación, así como ventilación adecuada y ser suficientemente espaciosas; ya que de lo contrario se tendrán problemas a la hora de hacer la instalación o algún trabajo de mantenimiento.

Para poder realizar eficientemente la instalación de un equipo de bombeo con motor de tipo sumergible es necesario utilizar el siguiente equipo:

1. Grúa
2. Caimanes
3. Trampas
4. Elevadores
5. Accesorios para la tubería
6. Tubería seleccionada con sus coples
7. Herramienta eléctrica

La instalación se realiza de la siguiente forma:

- Paso 1. Conexión de la campana de succión ó válvula de pie con la motobomba por medio de un cople y con ayuda de los caimanes (parte inferior de la motobomba).
- Paso 2. Conexión de la motobomba con un tubo por medio de un cople a la parte superior de la motobomba con ayuda de los caimanes.
- Paso 3 Chocar una trampa a la entrada del pozo , la trampa nos permite descansar los elevadores sobre ella lo cual nos permite asegurar el equipo caiga dentro del pozo
- Paso 4 Con ayuda de la grúa y de un elevador la motobomba es colocada en forma vertical a la entrada del pozo (la motobomba ya esta acoplada en la parte inferior a la campana de succión y por la parte superior al primer tubo de lo que será la tubería de descarga). Esta maniobra nos permite introducir cuidadosamente nuestro equipo de bombeo dentro del pozo. El elevador que sujeta al extremo superior del tubo por medio del cople es montado sobre la trampa soportando el peso de la campana de succión la motobomba y el primer tubo.
- Paso 5 El resto de la tubería es acoplado de forma vertical , esto con ayuda de la grúa, otro elevador y los caimanes
- Paso 6 Una vez acoplado el siguiente tubo es retirado el primer elevador el cual esta montado en la trampa, quedando el equipo soportado por la grúa.

Esta maniobra nos permite introducir un tubo mas; montado el segundo elevador sobre la atrapa tendremos la grúa libre para realizar la siguiente maniobra. Esta maniobra es realizada hasta alcanzar la profundidad deseada.

Paso 7 Es recomendable realizar un amarre entre el cable del motor y la tubería cada dos o tres tramos de tubo, con la finalidad del que el cable no se enrede y nos dificulte las maniobras

Paso 8 Instalación de la válvula de retención y válvula de compuerta a la tubería que viene del deposito parte externa al pozo

Paso 9 Por ultimo se conecta la tubería del pozo con la tubería que vienen del deposito (externa) por medio de un codo de 90°.

CAPITULO VIII

PRUEBAS Y RESULTADOS

CAPITULO 8

PRUEBAS Y RESULTADOS

Antes de entregar cualquier instalación de bombeo es necesario realizar ciertas pruebas las cuales garantizaran que la instalación esta bien hecha. De los resultados obtenidos de estas pruebas sabremos si cumplimos con los requerimientos que exige el usuario.

1. Se realiza una medición del aforo o caudal extraído del pozo, esto se realiza con la finalidad de comprobar que el caudal que se esta obteniendo cumple con los requerimientos del usuario, además nos permite saber si la selección del equipo de bombeo fue el correcto.

2. Al mismo tiempo se realiza la medición de los instrumentos de control, así como también de las conexiones realizadas a nuestro tablero de control, esto con la finalidad de evitar un corto circuito o un sobrecalentamiento en nuestros equipos de control.

3. Checar que el sentido de trabajo del motor es el adecuado. Muchas veces Al realizar las conexiones entre el cable del motor y el tablero de control, un cable queda invertido. Y se realiza la prueba bajo estas condiciones, esto trae como consecuencia que el sentido de trabajo del motor se invierta trayendo consigo una disminución considerable en el caudal y presión del

liquido obtenidos; así mismo esta disminución considerable de caudal es la que nos permite identificar rápidamente este tipo de problemas.

4. Checar que no existan fugas tanto en la tubería como en los accesorios instalados.

Al final de estas pruebas se espera que los resultados que se obtengan nos permitirán entregar un equipo de bombeo en las mejores condiciones de operación además de que cumpla satisfactoriamente con los requerimientos del usuario.

Los resultados obtenidos al final de estas pruebas fueron los siguientes:

1. Al realizar la medición del aforo o caudal extraído del pozo se obtuvo la siguiente lectura 22 l/s, lo cual cubre las necesidades del usuario , además el fluido fluye con una buena presión.
2. Tanto el tablero de control como las conexiones realizadas no presentaron ningún contratiempo .
3. El sentido del motor es el adecuado.

4. No se presentaron fugas a lo largo de la tubería , ni en los accesorios instalados en ella.

Todo esto nos permite entregar el equipo de bombeo en condiciones favorables de trabajo, además nos permite dar por finalizada la instalación.

CAPITULO IX

MANTENIMIENTO PREVENTIVO

.CAPITULO 9

MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Como ya se menciona dentro de las ventajas que ofrecen este tipo de equipos de bombeo las maniobras de mantenimiento son mínimas, sin embargo dentro de las recomendaciones necesarias para prolongar la vida útil de este tipo de equipos de bombeo se encuentran las siguientes:

1. Checar por lo menos una vez al mes, el buen estado de nuestro tablero de control , así como sus instrumentos; esto es realizar una limpieza general tanto al tablero tanto a los instrumentos para eliminar el polvo , basura y quitar otros objetos extraños que pudieran causar fallas o provocar un corto dentro de nuestro equipo de control ; así como checar el amperaje bajo condiciones de trabajo.

2. mantener cubierta y limpia la entrada al pozo para evitar la caída de objetos extraños dentro del mismo, los cuales pueden dañar o causar algún desperfecto al equipo de bombeo.

3. Realizar un sondeo por lo menos cada seis meses para revisar como esta variando nuestra altura dinámica total y nuestro nivel estático.

**ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA**

La realización de un sondeo es muy importante ya que en algunas zonas del país las condiciones son demasiado contrastantes en las diferentes estaciones del año, pudiendo perder épocas de sequía, una parte importante de la altura dinámica total, ya que las sequías pueden ser muy prolongadas, esto afecta directamente al equipo de bombeo, ya que al perderse la altura dinámica el equipo trabajara en condiciones desfavorables, pudiendo provocar en algunos caos fallas y en casos mas severos la perdida del equipo.

CONCLUSIONES

La ingeniería hidrológica enfrenta día con día una enorme y gran variedad de problemas referentes al buen manejo, uso y aprovechamiento del agua, para poder suministrar y abastecer de agua ya sea a una pequeña población, comunidad, pueblo, ciudad o país de este vital líquido, ya que este suministro debe ser hecho en cantidad necesaria y con la calidad suficiente y repartirse en todos los sectores (industria, ganadería, agricultura, comercios y servicios y aquella que es destinada al consumo humano), para que puedan desarrollarse en una manera acorde.

Para poder cubrir con estas necesidades de suministro de agua, la ingeniería hidrológica, tiene que valerse de nuevos métodos y técnicas auxiliadas de nueva tecnología, para poder resolver de forma satisfactoria toda esta problemática que se crea al suministrar el agua, ya que la demanda de este vital líquido crece de forma alarmante, debido principalmente al crecimiento desmedido de la población, lo cual genera un aumento de las escases del líquido trayendo que el líquido se extraiga de pozos más profundos o se traiga de lugares más lejanos llegando en algunos casos al reciclaje.

Esto a su vez genera más problemas los cuales llevan de forma considerable tanto el uso de recursos como de equipo y mano de obra, los cuales a su vez generan un gasto excesivo. Por tal motivo deben realizarse constantes campañas

encaminadas al buen uso , manejo y optimización del agua, hasta crear una conciencia del agua en la población, ya que esto le permitirá a cualquier país tener un mejor desarrollo tanto económico político y social.

El ingeniero es el encargado de aplicar los nuevos métodos y técnicas , auxiliado con tecnología cada vez mas sofisticada, esto le permite cubrir con las crecientes necesidades de agua en todos los sectores del país, por tal motivo es importante que los ingenieros estén en constante capacitación y desarrollo profesional, para poder seguir cumpliendo con esta importante labor y así participar en el desarrollo de un país.

Este trabajo solo abarca una mínima parte de los problemas que son comprendidos dentro de la ingeniería hidráulica la cual nos permite solucionar problemas de desabasto como este, mediante la aplicación de algunas técnicas sencillas y bajo condiciones reales de operación o trabajo. Ya que las condiciones de diseño y de campo son en muchos de los casos extremadamente diferentes, muchas veces la solución de problemas reales presenta una mayor diversidad de problemas a los cuales el ingeniero tiene que dar una solución de la manera mas favorable o conveniente y no siempre se trabaja en condiciones favorables.

Este problema en particular nos permitió tener otra perspectiva con respecto a lo es el diseño y lo que representa enfrentar condiciones reales de trabajo ó de operación, así como solucionar un problema de los mas comunes que se están presentando actualmente en lo que se refiere a captación y suministro de agua

potable destinada al consumo humano. Este trabajo abarca una variedad diversa de problemas a los que hubo que dar una solución dentro de los que se encuentran: sondeo de pozo, rehabilitación, selección e instalación de un equipo de bombeo con motor tipo sumergible, todo esto requiere de aplicación de técnicas actuales con las cuales el problema pudo ser resuelto de forma satisfactoria. A pesar de que todo los trabajos de este tipo parecen semejantes en la mayoría de los casos las condiciones que se presentan son totalmente distintas y deben aplicarse técnicas o procedimientos muy distintos, es por estos que los ingenieros deben actualizarse constantemente, acerca de los métodos, técnicas y equipos que se desarrollan en torno a este tipo de problemas, para así poder seguir cumpliendo con esta importante labor.

BIBLIOGRAFÍA

ENERGIA HIDROELECTRICA

Ing. Manuel Viejo Zubicaray

Editorial Limusa México 1977

BOMBAS SU SELECCION y APLICACIÓN

Tyler G. Hicks

Editorial continental S.A. de C.V. México 19° Edición Enero 1988

TURBOMAQUINAS HIDRAULICAS Ing. Manuel Polo Encinas

Editorial Limusa México 1983

MECANICA DE FLUIDOS

Bernard Stanford Massey

Editorial Continental S.A. de C.V. Quinta impresión 1984

BOMBAS

Ing. Manuel Viejo Zubicaray

Editorial Limusa. México 1977

MANUAL DE HIDRÁULICA

J.M. de azevedo. Guillermo Acosta A.

Industria Editorial Mexicana, México 1976

MANUAL TÉCNICO MOTOBOMBAS SUMERGIBLES

Motobombas sumergibles KSB

Motobombas sumergibles KSB México 1990

MECANICA DE FLUIDOS Y MAQUINAS HIDRÁULICAS

Claudio Mataix

Industria Editorial Mexicana 2ª. Edición México 1982.