



300317
24
28

UNIVERSIDAD LA SALLE

ESCUELA DE INGENIERIA
INCORPORADA A LA U. N. A. M.

**PROYECTO DE UN SISTEMA
DE ALIMENTACION DE AGUA**

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A N
GUSTAVO ADOLFO DE LA LLAVE MARTINEZ
JUAN MANUEL MEZA SANCHEZ

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

MEXICO, D. F.

1986



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE

INTRODUCCION	4
--------------	---

CAPITULO I. TERMINOS USADOS EN BOMBEO

I.1 PRESION	6
I.2 COLUMNA O CARGA TOTAL DE BOMBEO	9
I.3 CARGA NETA DE SUCCION POSITIVA	17
I.4 OTROS TERMINOS	23

CAPITULO II. PARTES INTEGRANTES DE UNA PLANTA DE BOMBEO

II.1 CAPTACION	29
II.2 CARCAMO	37
II.3 EQUIPO DE BOMBEO	44
II.4 DESCARGA	45
II.5 OTROS ACCESORIOS	59

CAPITULO III. CONDICIONES DEL LUGAR

III.1	LOCALIZACION	64
III.2	HIDROLOGICAS	65
III.3	DEMOGRAFICAS	66
III.4	SERVICIOS	70
III.5	CONSIDERACIONES	71

CAPITULO IV. MEMORIA DE CALCULO

IV.1	DATOS GENERALES	73
IV.2	CAPTACION	74
IV.3	CARCAMO	75
IV.4	SUCCION	76
IV.5	DESCARGA	89
IV.6	NPSH	97
IV.7	CAVITACION	99
IV.8	GOLPE DE ARIETE Y PRESION DE TRABAJO DE LA TUBERIA	102
IV.9	DETERMINACION DEL EQUIPO DE BOMBEO . . .	105
IV.10	TANQUE DE ALMACENAMIENTO	109

CAPITULO V.	ELECCION DEL EQUIPO DE BOMBEO.	
V.1	CONDICIONES DE OPERACION Y EQUIPO REQUERIDO	111
V.2	SELECCION DEL EQUIPO	113
V.3	ANALISIS DE COSTOS Y GASTOS.	115
V.4	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	119
CAPITULO VI.	CONCLUSIONES	122
ANEXOS	125
BIBLIOGRAFIA	134

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

La finalidad perseguida durante el desarrollo de este proyecto, es el de solucionar el problema de 3,500 habitantes del poblado de Potrerillo, Ver. los cuales carecen del servicio adecuado de abastecimiento de agua y que por motivos presupuestales se ha tenido que hacer caso omiso de esta necesidad, no obstante de ser un poblado que ha crecido con tendencia acelerada como consecuencia de la instalación de grandes fábricas a sus alrededores y de contar con una fuente importante para captación de agua, como lo es el manantial "Ojo de Agua".

Potrerillo cuenta con el servicio de luz eléctrica, escuelas hasta nivel de secundaria, calles pavimentadas (únicamente la principal), presidencia o alcaldía, iglesia.

Como puede apreciarse, Potrerillo es una ciudad que está concentrando una masa de gente importante la cual tiene derecho a gozar de un servicio de agua acorde a las necesidades de sus habitantes, es por ello que el objeto de este estudio se enfoca en diseñar un sistema de abastecimiento de agua que satisfaga las necesidades de estas personas y que esperamos contribuya para su pronta instalación.

CAPITULO I

" TERMINOS USADOS EN BOMBEO "

CONTENIDO :

- I.1 PRESION
- I.2 COLUMNA O CARGA TOTAL DE BOMBEO
- I.3 CARGA NETA DE SUCCION POSITIVA
- I.4 OTROS TERMINOS

I. 1 PRESION

Se le llama presión a la necesidad de cuantificar las fuerzas de compresión que se aplican a través de una superficie de contacto y establecer una relación entre las dimensiones de la fuerza y las de la superficie. Existen varios tipos de presión y a continuación se mencionan aquellas que se ocuparán en el desarrollo del proyecto.

Presión Atmosférica

La presión atmosférica es llamada también presión barométrica debido a los aparatos (barómetros) que se utilizan para medirla. Es aquella que se presenta en un lugar debido al peso de la atmósfera, por lo cual varía dependiendo de la altura sobre el nivel del mar, teniendo en cuenta que a cero metros el valor de la presión es de 1.033 Kg./cm^2 (en condiciones normales) que corresponden a una columna de mercurio de 0.760 mts. ó a 10.33 mts. de columna de agua como lo muestra la Figura I.1.

Presión Manométrica

Se llama presión manométrica a la presión que se tiene en una superficie sin considerar la presión atmosférica y por ello, también suele llamarsele presión relativa.

Presión Absoluta

Se llama así a la presión resultante de considerar la atmosférica más a aquella que la producen otras causas o sea, la manométrica. Se mide arriba del cero absoluto y puede estar arriba o abajo de la presión atmosférica.

Presión Negativa

Cuando la presión absoluta es menor que la atmosférica, se dice que se tiene una presión negativa.

Presión de Vapor

Es la presión que ejerce el vapor de la superficie libre de un líquido cuando éste se encuentra a una temperatura arriba de su congelación. También se define como la presión a la cual se vaporiza un líquido si se le agrega calor o a la que el vapor de una cierta temperatura condensa a líquido si se le quita calor.

Unidades de Presión

Las presiones se expresan en unidades de fuerza entre unidades de superficie o bien en metros de columna correspondientes, de acuerdo con el peso específico del líquido considerado.

Para bombeo de agua, se acostumbra expresarlas en metros y es usual trabajar con presiones manométricas.

$$1 \vec{\text{Kg.}}/\text{cm}^2 = 10 \text{ mts. de columna de agua} = 1 \text{ atm. métrica}$$

$$0.10 \vec{\text{Kg.}}/\text{cm}^2 = 1 \text{ mt. de columna de agua} = 3.28 \text{ pies}$$

$$1 \vec{\text{Kg.}}/\text{cm}^2 \approx 14.223 \vec{\text{lbs.}}/\text{pulg.}^2 = 32.808 \text{ pies}$$

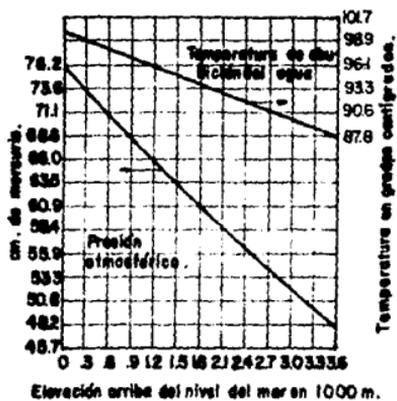


FIG. I.1 PRESIONES ATMOSFERICAS PARA ALTITUDES HASTA DE 3,660 MTS.

I.2 COLUMNA O CARGA TOTAL DE BOMBEO

En un sistema de bombeo se le da el nombre de columna o carga total a la suma de las energías contra las que debe operar una bomba para mover determinada cantidad de agua de un punto a otro. De acuerdo con lo anterior, la carga total (H) para una bomba centrífuga horizontal, es igual a la diferencia entre la carga de descarga (H_D) y la carga de succión (H_S) es decir:

$$H = H_D - H_S$$

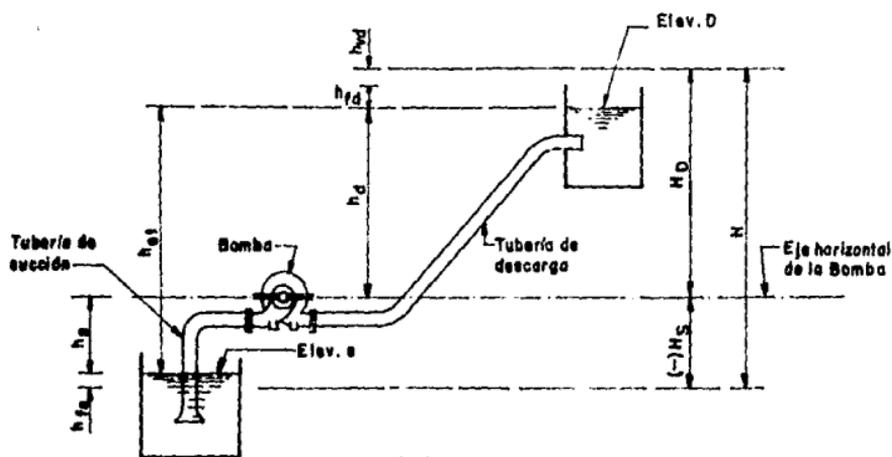
donde:

H = Carga Total

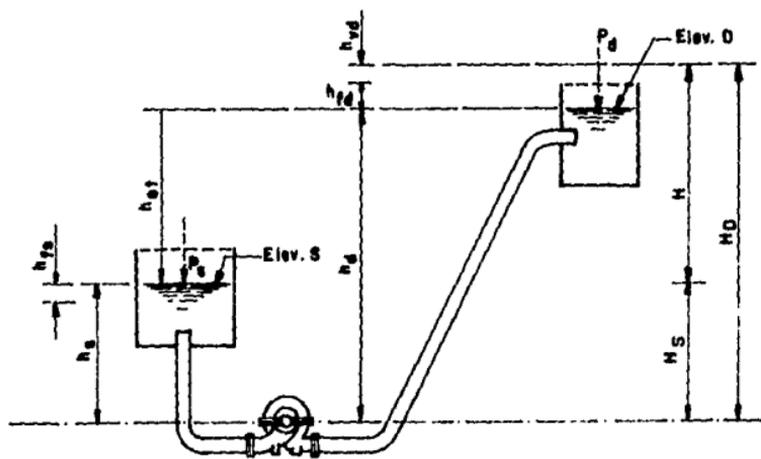
Suma de las energías que se tienen en el sistema cuando trabaja la bomba a determinada capacidad.

H_S = Elevación de Succión o Carga de Succión

Se le da el primer nombre cuando la bomba se localiza arriba del nivel del agua en la succión y el segundo si la elevación de ese nivel es superior al sitio de la bomba (Fig. I.2.).



(a)



(b)

FIG. 1.2

H_D = Carga de Descarga

Es la suma de las cargas estáticas, de fricción y de velocidad en la línea de descarga. Ocasionalmente se considera la presión P_D diferente a la atmosférica que se pudiera tener en el sitio de la descarga.

Para explicar más detalladamente todos los factores que intervienen, a continuación mostramos a ustedes en la Fig. 1.2. los elementos a considerar tanto en la succión como en la descarga.

Donde los términos representan:

Succión: h_s = Elevación estática de succión o carga estática de succión. Recibe uno u otro nombre según que la bomba se encuentre arriba o abajo del nivel de agua en la succión. Su valor es igual a la diferencia de elevaciones entre el eje horizontal de la bomba y la superficie del agua de suministro.

h_{fs} = Carga de fricción en la succión. Es la carga equivalente en metros que se necesita para vencer todas las pérdidas de energía debida al flujo en la tubería de succión.

Por lo que:

$$H_s = h_s - h_{fs} + P_s \text{ en caso de tener presión diferente a la atmosférica}$$

Descarga:

$h_d =$ Carga estática de descarga. Es la diferencia de elevación entre el nivel libre de agua en la descarga y el eje horizontal de la bomba.

Esta medida vertical se define así porque generalmente la terminal de la tubería de descarga se ahoga con objeto de disipar la energía de velocidad o evitar la entrada de aire en ella, por lo que la carga real es la distancia h_d o sea, se debe considerar la elevación de eje horizontal de la tubería antes del codo.

$h_{et} =$ Carga estática total. En general, la columna estática total de una bomba es la diferencia de la elevación de descarga y la elevación del nivel del agua en la succión. En caso de la Fig. I.2. (A) será igual a la suma aritmética de la elevación de succión (h_g) y la carga estática de descarga (h_d). Cuando el nivel de succión es superior al eje horizontal de la bomba, ver

Fig. I.2. (B), su valor estará dado por la diferencia entre la carga estática y la carga estática de succión.

Existe otro término utilizado en bombeo:

h_{vd} = Carga de velocidad en la descarga. Puede definirse como la altura de la cual una cantidad de agua debe caer para adquirir una cierta velocidad; su valor se calcula con la siguiente igualdad:

$$h_{vd} = \frac{v^2}{2g}$$

h_{vd} = Carga de velocidad en metros

v = Velocidad del agua

g = Aceleración de la gravedad = 9.81 mts./seg.

Esta carga equivale a la energía cinética que se tiene en un sistema de bombeo por lo tanto, para conocer el valor de la columna total (suma de energías cinéticas y potencial) a la lectura manométrica en un aparato instalado en cualquier punto de una tubería en funcionamiento; deberá sumársele la carga de velocidad ya que un manómetro sólo registra lo relativo a la energía potencial.

En general, su valor es relativamente pequeño y considerarlo en la determinación de la columna total no afecta substancialmente el valor final.

Se ha observado prácticamente, que en instalaciones con columnas grandes su valor es menos digno de tomarse en cuenta pero, cuando se tienen columnas relativamente pequeñas siempre debe considerársele.

Carga Total de una Bomba de Eje Vertical

Las definiciones y términos que se han dado antes son también aplicables para las bombas verticales y en general para cualquier tipo. En estas bombas, al conducto que une el cuerpo de impulsores con el cabezal de descarga se le llama también columna de succión o simplemente columna de la bomba.

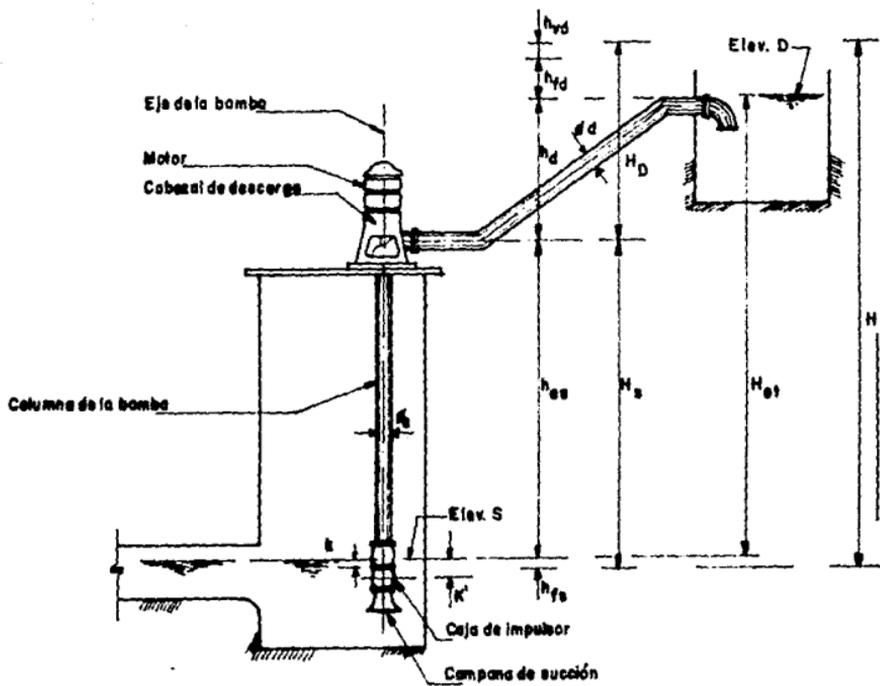
Debido al funcionamiento e instalación de las bombas verticales, la carga total valdrá siempre la suma de la carga de succión y la carga de descarga. (Ver Fig. I.3.)

Representando:

H = Carga dinámica total manométrica total.

H_s = Carga total en la succión.

h_s = Carga estática de succión.



$$H = h_{st} + h_{fs} + h_{fd} + h_{vd} = H_s + H_D \quad \text{Para } d_s = d_d$$

$$H = H_s + H_D - h_{vd} - h_{vs} \quad \text{Para } d_s \neq d_d$$

FIG. I.3

- h_{fs} = Pérdida por fricción en la columna de succión y cabezal de descarga.
- H_d = Carga de descarga.
- h_d = Carga estática de descarga.
- h_{df} = Carga de fricción en la descarga.
- h_{vd} = Carga de velocidad en la descarga.

Para calcular la pérdida en la columna de succión, lo más práctico y recomendable es consultar las tablas o nomogramas que registran este dato en función del gasto de bombeo y de las dimensiones transversales de los elementos de la columna de succión.

Otra forma de hacerlo es, aplicar una de las fórmulas que se conocen para valuar las pérdidas por fricción en tuberías, sin olvidar que en estos casos el área hidráulica es de forma anular.

1.3 Carga Neta de Succión Positiva (CNSP ó NPSH)

Se define como la presión disponible o requerida para establecer un flujo a través del elemento de succión al ojo del impulsor o carcasa de una bomba, cuyo valor nunca deberá reducirse al correspondiente a la presión de vapor del líquido manejado. Se expresa en metros de columna del líquido bombeado equivalente a una presión en $\frac{\text{Kg.}}{\text{cm}^2}$.

En la práctica se ha observado que una determinación incorrecta del NPSH puede ocasionar, fundamentalmente, problemas de cavitación en menor o mayor grado, disminución de la eficiencia de las unidades y por ende, problemas en la operación de un sistema de bombeo.

NPSH Requerida Es la diferencia mínima de presión entre la carga de succión y la presión de vapor del líquido manejado, que necesita una bomba para operar a determinada capacidad. En nuestro caso, la presión de vapor corresponderá al del agua.

Su valor depende del diseño de cada bomba, siendo diferente para cada tipo y modelo pero principalmente, es función de la capacidad de trabajo y de las velocidades del agua en la succión y en los impulsores, por lo tanto, los siguientes factores influyen para valuar su magnitud, forma y área de los conductos de succión,

diámetro del ojo del impulsor, forma y número de álabes, espacio entre ellos, velocidad específica de la bomba y otras características propias de fabricación, como la flecha y cubo del impulsor.

NPSH Disponible Es la diferencia entre la presión absoluta que se tiene en una instalación y la presión de vapor de agua.

De acuerdo con la definición anterior, el NPSH disponible dependerá fundamentalmente del lugar donde se lleve a cabo el bombeo y de la presión de vapor del agua a la temperatura dominante en ese lugar así como de las condiciones físicas de la instalación. Considerando lo último, será factible, si se desea alterar su valor dadas unas características, variando un elemento de esas condiciones por ejemplo: si se requiere aumentarlo para tener la exigida por una bomba horizontal, se puede variar el diámetro y longitud de la tubería de succión o cambiar la localización de la bomba a otro nivel o una combinación de estas posibilidades, en otras palabras, hacer que el término h_s (carga estática de succión) y h_{fs} (carga de fricción) cambien de valor convenientemente.

En bombas verticales muchas veces para lograr mayor NPSH disponible, se recurre al aumento de la sumergencia; en otras ocasiones, también se podrá disminuir el gasto de cada unidad aumentando el número de bombas.

En toda instalación y para cualquier condición de trabajo, el NPSH disponible deberá ser como mínimo igual al valor de la NPSH requerido por la

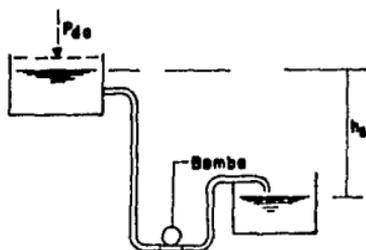
bomba de que se trate; pero se recomienda que ese valor mínimo sea un poco mayor por lo que:

$$\text{NPSH Disponible} \geq \text{NPSH Requerido}$$

Para la obtención del NPSH Disponible deberán considerarse ciertos factores como la posición de la(s) bomba(s) con respecto a la superficie de succión y las presiones involucradas.

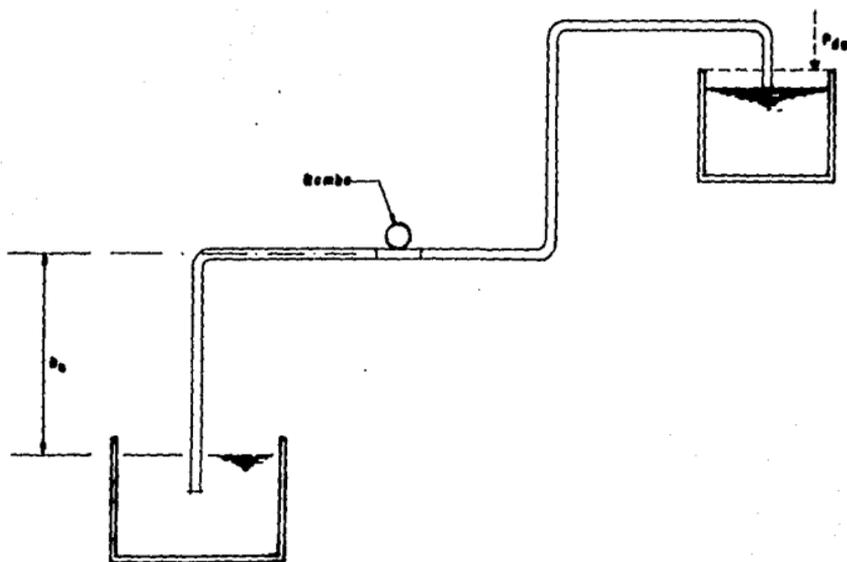
Existen principalmente cuatro casos típicos de posiciones los cuales se mencionan a continuación:

1. El nivel de agua en la succión, expuesta a la presión atmosférica y arriba del eje horizontal de la bomba.



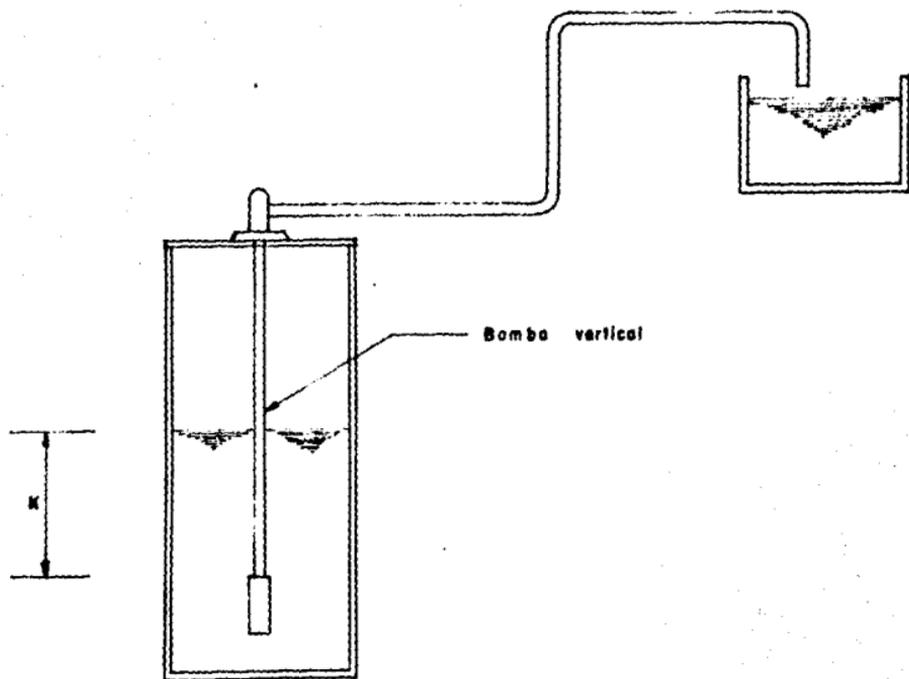
$$\text{NPSH} = h_b + h_s - (h_{fs} + P_v)$$

2. El nivel de agua en la succión, expuesta a la presión atmosférica pero abajo del eje horizontal de la bomba.



$$NPSH = h_b - (h_s + h_{fs} + P_v)$$

3. Los casos 1. y 2. pero existiendo en el suministro o succión una presión diferente a la atmosférica.
4. Cuando en la instalación se tiene una bomba vertical.



$$NPSH = h_b + K - P_v$$

Para todas las ecuaciones anteriormente obtenidas, los términos se expresan en metros y significan: '

$(NPSH)_d$ = Carga neta de succión positiva disponible.

P_{ab} = Presión absoluta.

P_v = Presión de vapor de agua a la temperatura de bombeo.

H_{ab} = Carga equivalente a la presión absoluta.

h_b = Carga correspondiente a la presión barométrica o atmosférica.

H_s = Carga succión.

h_s = Carga estática de succión

h_{fs} = Carga de fricción en la succión.

Sumergencia de una Bomba Vertical

Puede definirse como la carga estática que actúa en la bomba debido al ahogamiento del primer impulsor. Numéricamente es la distancia vertical, en metros, entre el nivel del agua en el cárcamo y el eje horizontal del primer impulsor, que es el adyacente a la campana de succión.

En la Fig. 1.3. (Instalación Típica de una Bomba Vertical) se ha acotado con la letra "K". Esta carga es siempre necesaria para el funcionamiento en sí, de la bomba, también evita la posibilidad de que el aire que se encuentre arriba de la superficie del agua entre el impulsor (disminuyendo su eficiencia) durante el funcionamiento y además favorece a una instalación al aumentar el NPSH en forma semejante a lo que sucede con la carga estática de succión en una bomba de eje horizontal que se localiza abajo del nivel del agua en el suministro.

La sumergencia mínima requerida por una bomba, operando en determinadas condiciones, es dato del fabricante y generalmente puede verse en la carta que contiene la curva de eficiencia del modelo. En algunas bombas el valor de la sumergencia es relativamente pequeño y en otras puede ser grande, por ello, este factor debe tomarse en cuenta al seleccionar el equipo ya que puede influir en forma notable, para fijar la profundidad del cárcamo y longitud de la columna de succión.

Como al seleccionar un modelo de bomba no se tiene bien definido el eje del impulsor, se acostumbra en la práctica, por comodidad medir la sumergencia considerando la elevación de la brida que une el tazón correspondiente con la columna o con otro tazón, en lugar de dicho eje. La diferencia es relativamente pequeña y además es favorable para la bomba.

Cavitación

Cuando en el seno de un líquido en movimiento, la presión local se reduce a la correspondiente al vapor de ese líquido a la temperatura dominante, se presenta una formación de bolsas de vapor que desaparecen súbitamente al entrar en otra zona donde la presión tiene un valor tal que se condensan, es decir, se tornan a líquido suavemente. A este fenómeno de formación y desaparición rápida de cavidades llenas de vapor del líquido que fluye porque pasa en una baja a alta presión, se le llama cavitación.

Este fenómeno se puede presentar en las turbinas, bombas, válvulas en los cambios bruscos de la sección de tubería, etc., así como en las partes estacionarias de las estructuras hidráulicas que están propensas a baja presión y alta velocidad del agua, por ejemplo: en la zona inmediata de la descarga de compuertas deslizantes, en tomas para presar, en la parte inferior del manto de agua en un deflector, etc.

La cavitación en las máquinas hidráulicas ocasiona una disminución en su rendimiento, ruido, vibración y generalmente los corroe.

De acuerdo a las últimas investigaciones se ha comprobado y aceptado que más bien su naturaleza es mecánica, ya que también se llega a presentar en materiales como la madera, el concreto y hasta en el vidrio. Cuando las bolsas de vapor se originan en la succión o entrada del impulsor de una bomba, las burbujas son arrastradas al interior de los álabes, sufriendo así un cambio de baja a alta presión y por lo tanto se condensan súbitamente y originan al mismo tiempo una explosión.

El proceso en sí y su repetición constante causa un choque de fuerte presión en las superficies metálicas de tal suerte que puede llegar a provocar fatigas de ruptura del material y consecuentemente la picadura y erosión del mismo, esto aparte del menor rendimiento, ruido y vibraciones perjudiciales.

Para evitar la cavitación no debe darse lugar a la vaporización de agua, en otras palabras, mantener siempre en la succión una presión arriba de la del vapor de agua y concretamente contar con un NPSH suficiente. Las recomendaciones de los fabricantes son las siguientes:

En bombas horizontales:

- a) Cargas mucho menores que la correspondiente a la máxima eficiencia.
- b)) Capacidad mucho mayor que la que se tiene con la máxima eficiencia.

- c) Elevación de succión mayor o NSPH menor que la recomendada por el fabricante.
- d) Temperaturas del líquido mayores que las consideradas en el diseño del sistema.
- e) Velocidades superiores que las recomendadas por el fabricante.

En bombas verticales:

- a) Cargas mayores que la correspondiente a la máxima eficiencia.
- b) Capacidad mucho menor que la correspondiente a la máxima eficiencia.

Altura Máxima de Succión:

Teóricamente, es la diferencia entre la carga barométrica del lugar (h_b) y la carga correspondiente a la presión de vapor de agua (h_{vp}) a la temperatura ambiente, es decir:

$$h_{st} = h_b - h_{vp} \text{ (succión teórica máxima)}$$

Pero en la instalación de una bomba centrífuga horizontal se deberá considerar además de los conceptos anteriores, las cargas de velocidad (h) y de fricción en la succión (h). Por lo tanto se tiene que:

$$h_{s \text{ max}} = h_b - h_{pv} - h_{vs} - h_{fs}$$

Bombas Empleadas

Dentro del campo de las bombas centrífugas se tiene una gran variedad de tipos y tamaños que se han clasificado atendiendo a la forma del impulsor, a la del flujo dentro de él o alguna otra particularidad de un determinado modelo, y así, cuando se mencionan esas características se tiene una idea clara o más clara de que bomba se trata, por ejemplo, si se dice que una bomba centrífuga es horizontal de flujo mixto con impulsor cerrado y de admisión simple, ello se refiere a una bomba de eje horizontal con un diseño de impulsor tal, que el flujo tiene tanto componente radial, como axial a su eje (lo que hace que aumente su capacidad de carga) tendrá paredes laterales unidas a los álabes, por eso es cerrado y la entrada de agua será por un sólo lado (admisión simple) requiriendo, consecuentemente un sólo tubo de succión.

Tanto la centrífuga horizontal como la vertical tienen ventajas y desventajas, dependiendo de las características del problemas y para elegir un tipo será cuestión de averiguar las capacidades de las que existan en el mercado y relacionarlas con el dato, carga capacidad del proyecto, así como considerar las condiciones físicas de la instalación.

CAPITULO II

" PARTES INTEGRANTES DE UNA PLANTA DE BOMBEO "

CONTENIDO :

- II.1 CAPTACION
- II.2 CARCAMO
- II.3 EQUIPO DE BOMBEO
- II.4 DESCARGA
- II.5 OTRAS PARTES

II.1 CAPTACION Y OBRA DE TOMA

Por medio de la obra de captación se toma el agua requerida de la fuente de abastecimiento para después conducirla hasta el cárcamo en donde opera el equipo de bombeo.

En la figura II.1 se muestran ejemplos típicos de succión, como puede observarse en los casos A y B, no fue necesario una obra de captación aparte, ya que los tubos de succión de las bombas están introducidos directamente en el agua de la laguna, por lo que el problema se redujo a instalar el equipo de bombeo de una plataforma localizada adecuadamente; estos sólo son aplicables para gastos pequeños y en aguas casi limpias y tranquilas.

En el caso D la obra de captación puede ser una presa de almacenamiento o de derivación. En los esquemas B y C se indica que el agua se capta mediante una galería filtrante y una toma directa.

Recomendaciones para Ubicar la Toma

- a) La distancia a la descarga deberá ser la mínima posible

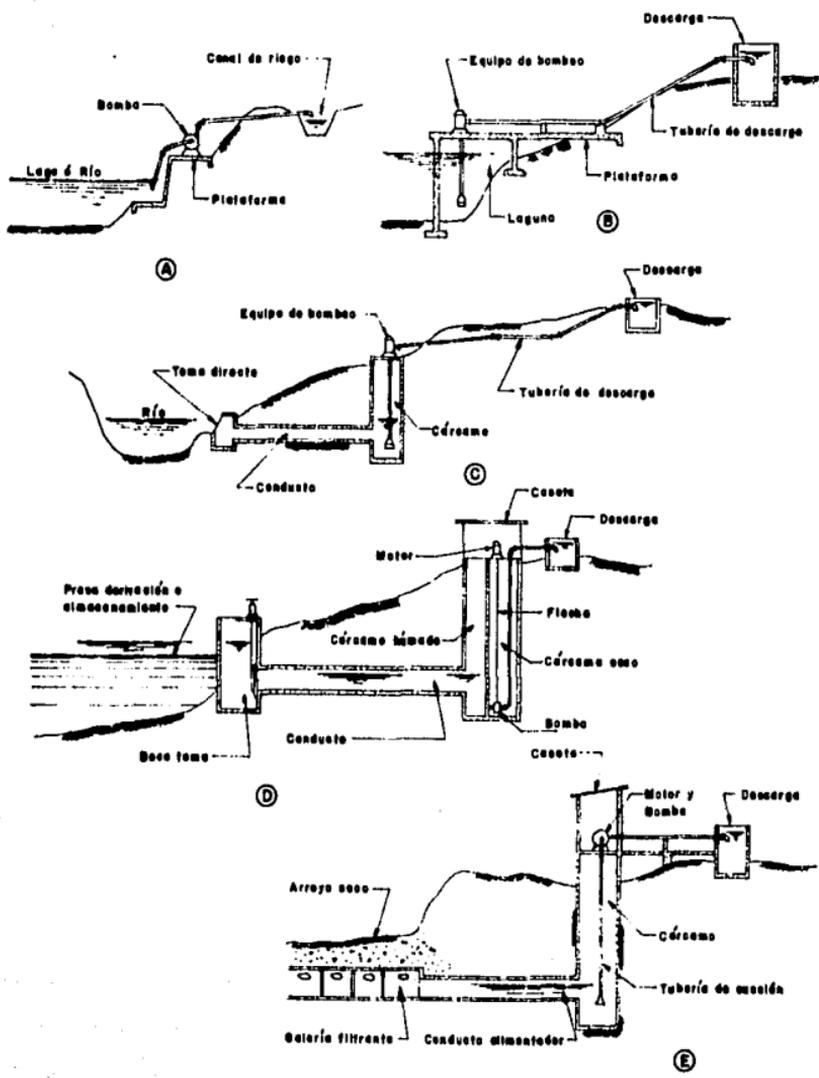


FIG. II.1

- b) El tramo de la corriente que se escoja para la obra no deberá estar expuesto a depósitos excesivos de asolves, por los perjuicios que estos ocasionan y por ello se recomienda elegir un tramo lo más recto posible de la corriente y evitar localizaciones en curvas.
- c) Se evitarán lugares cercanos a caídas y rápidos de la corriente para no tener velocidades fuertes del agua al frente de la estructura.
- d) Geológicamente el terreno deberá ser lo suficientemente resistente para la estructura, evitando las zonas de derrumbes.

Estructura de Entrada

Constituye la entrada del agua sirviendo de apoyo a las rejillas. Aloja los mecanismos o sistemas de control para el paso del agua, así como lo necesario para facilitar su inspección y limpieza cada vez que lo requiera.

Rejillas

Adquiere formas y tamaños diversos que dependen de la naturaleza de los cuerpos que va a retener, gastos y características del equipo de bombeo, de la manera para apoyarlas, así como de su accesibilidad para lograr su limpieza y restitución.

- b) El tramo de la corriente que se escoja para la obra no deberá estar expuesto a depósitos excesivos de asolves, por los perjuicios que estos ocasionan y por ello se recomienda elegir un tramo lo más recto posible de la corriente y evitar localizaciones en curvas.
- c) Se evitarán lugares cercanos a caídas y rápidos de la corriente para no tener velocidades fuertes del agua al frente de la estructura.
- d) Geológicamente el terreno deberá ser lo suficientemente resistente para la estructura, evitando las zonas de derrumbes.

Estructura de Entrada

Constituye la entrada del agua sirviendo de apoyo a las rejillas. Aloja los mecanismos o sistemas de control para el paso del agua, así como lo necesario para facilitar su inspección y limpieza cada vez que lo requiera.

Rejillas

Adquiere formas y tamaños diversos que dependen de la naturaleza de los cuerpos que va a retener, gastos y características del equipo de bombeo, de la manera para apoyarlas, así como de su accesibilidad para lograr su limpieza y restitución.

La rejilla debe ser paralela a la corriente del río, para evitar que quede expuesta a los choques directos con los cuerpos de arrastre, lo que trae como consecuencia su deterioro, sobre todo cuando se localiza muy cerca o en el cauce de la fuente. Esto evita también la entrada de asolvas.

Adoptar una posición vertical o inclinada para apoyarla en la estructura es cuestión de considerar, dadas las circunstancias del caso, la facilidad para su limpieza, extracción, etc. y alguna conveniencia de limitación de espacio.

Se construyen con perfiles laminados de fierro estructural, empleado generalmente soleras para los barrotes que se sueldan a un marco formado con ángulos o también con soleras.

La separación de los barrotes laminados de fierro es muy importante en problemas de bombeo, pues para fijarlas, de antemano se debe conocer, aunque sea aproximadamente, el tamaño máximo de los cuerpos arrastrados por el agua que pueden pasar por el equipo sin ningún perjuicio.

Los fabricantes de bombas proporcionan este dato característico al que llama "paso de esfera" que se refiere a la medida mayor de un cuerpo que puede pasar por los impulsores sin inconvenientes. Por lo que la separación entre barras tendrá como valor máximo esa medida, si es que no queda limitada por otro concepto.

Conocidos el gasto de bombeo y el "paso de esfera", se estará en posibilidad de proporcionar la rejilla.

El área neta necesaria se determina con la fórmula hidráulica de la continuidad que es:

$$Q = A_n V \text{ de donde } : A_n = \frac{Q}{V} ; \text{ en m}^2$$

Representando:

A_n = área neta en m^2

Q = gasto de bombeo en $\text{m}^3/\text{seg.}$

V = velocidad al entrar el agua, cuyo valor se fija entre 0.40 y 0.80 m/seg.

Al calcular la sección transversal de las soleras estructuralmente y adoptar su separación correspondiente podrá conocerse el área de la rejilla (área bruta), procediendo a diseñarla de manera que, en lo posible quede constituida por tableros de peso tal que sea fácil de transportar y mover con la fuerza humana.

Controles

El principal problema de control que se tiene en estas estructuras es de clausurar el paso del agua cuando se requiera. Esto se necesita al efectuar la limpieza periódica del conducto y cárcamo o al hacerles alguna reparación. También es conveniente impedir el flujo cuando las bombas no estén trabajando ya que se evita la acumulación de arenas y lodos en el interior de las estructuras.

Conducto

Para llevar el agua de la toma al cárcamo, se emplean las estructuras que se agrupan en:

- a) Canales abiertos
- b) Túneles
- c) Conductos enterrados

Desde el punto de vista hidráulico, es conveniente que cualquier tipo de conducto adoptado funcione como canal y con régimen lento, principalmente para la condición de tener el nivel mínimo del agua en el río y requerir el gasto máximo de bombeo.

ACUSE DE RECIBIDO DE EJEMPLARES DE TESIS EN LA BIBLIOTECA CENTRAL

NOMBRE DEL ALUMNO:

Juan Manuel Ueay Sanchez

NOMBRE DE LA TESIS O SEMINARIO

Proyecto de un Sistema de Alimentación de Agua

ACUSE DE RECIBO
SELLO Y FIRMA DE
LA BIBLIOTECA

ESCUELA O UNIVERSIDAD

Universidad La Salle

CARRERA

Ingeniería Mecánica Eléctrica

FECHA

DIA

2

MES

DIC

AÑO

1986.

ENTREGO
DOS EJEMPLARES
DE TESIS EN
BIBLIOTECA
CENTRAL

- * Favor de llenar por triplicado con letra de molde
- * Entregar dos ejemplares de la tesis en la biblioteca central-UNAM
- * Exigir que le sellen y le firmen las dos copias

- a) Canales Abiertos - Se emplean generalmente para gastos pequeños y en longitudes cortas; además, si las condiciones topográficas y geológicas permiten hacerlo, como cuando se localizan a poca profundidad, donde no sean probables los problemas de derrumbes y consecuentemente de su limpieza. Es factible hacer canal abierto cuando el río transporta pocos asolves en épocas crecientes o cuando estas aguas no pueden entrar libremente por arriba del canal. Por otra parte, puede limitarse su uso debido a problemas de carácter legal por las molestias que ocasiona al estar descubierta.
- b) Túneles - Fundamentalmente, si las características geológicas y topográficas del lugar, son favorables para su construcción y la longitud del conducto y gasto de bombeo lo ameriten es casi seguro que convenga un túnel.

Revestir un túnel o no, depende de la bondad del material en donde se practica y de su función. En este caso conviene siempre revestirlo para evitar filtraciones y saturación del terreno adyacente. Sin embargo, cuando se tenga la seguridad de que el nivel del agua en cualquier época no va a llenar el túnel, probablemente convenga revestirlo hasta una altura determinada.

- c) Conductos Enterrados - Se recurre a ellos cuando las condiciones del terreno no son las indicadas para perforar un túnel o que el área hidráulica necesaria sea tal, que no se justifique hacer esa construcción.

Es frecuente determinar el uso de un conducto cerrado, cuando las excavaciones para su construcción son de poca profundidad y que exista el peligro de asolves abundantes.

Las secciones usuales son trapezoidales, rectangulares o circulares o una combinación de estas dos últimas, fabricándose de concreto o mampostería. También suele emplearse tubería prefabricada de asbesto-cemento, de concreto o de acero.

II.2 CÁRCAMO

El pozo de succión o cárcamo es la estructura vertical en donde descarga el conducto de la toma y se instalan las bombas para elevar el agua al nivel deseado.

Consiste generalmente en un depósito enterrado construido de concreto o mampostería cuyas dimensiones están en función de la magnitud del equipo que se vaya a instalar y del procedimiento empleado en su construcción. Además, en su diseño se toma en cuenta la facilidad que se debe tener para su inspección y limpieza periódicas.

Localización

Para definir su localización se deben considerar las condiciones físicas que ofrece el lugar donde ha de hacerse la instalación, y su situación con respecto a las estructuras de toma y descarga.

La combinación de estas circunstancias permitirá elegir el sitio más conveniente.

El cárcamo deberá ubicarse en un lugar estable, sin peligro de derrumbes, lejos de cruces con arroyos y en general en un terreno consistente. Es recomendable situarlo en un lugar más alto de la traza que forma el nivel de aguas máximas del río con la ladera del cause, a una distancia mínima

que se obtiene conociendo o estimando el ángulo de reposo del material.
(Fig. II.2)

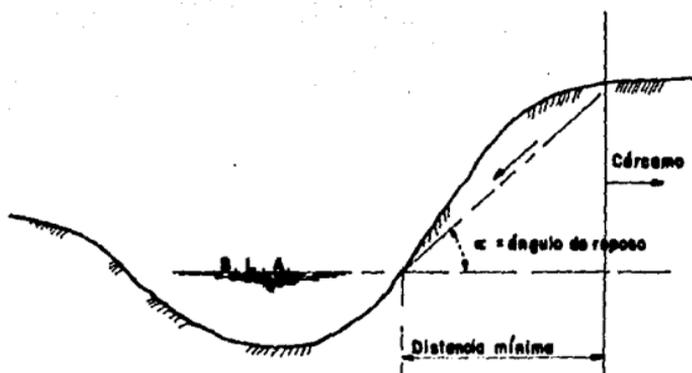


FIG. II.2 LOCALIZACION DEL CARCAMO

Un equipo de bombeo lejos de la captación, origina principalmente, la necesidad de instalar una tubería a presión para llevar el agua hasta el sitio requerido; consecuentemente, se tendrán durante la operación pérdidas de energía por fricción y las debidas a válvulas que será necesario instalar para el control y protección de la tubería de descarga, lo que redundará en la adquisición de un equipo más potente y seguramente con gas-

tos de operación y conservación mayores, que en el caso de tener las bombas junto al tanque de descarga. En cambio, en caso de encontrarse cerca, la longitud del conducto alimentador sería menor, el cárcamo tendría menos profundidad y naturalmente, los volúmenes de excavación en estas estructuras se reducirían. Por otra parte, la longitud de la tubería de sección se acortaría y esto es importante para el caso de bombas horizontales.

En el caso de tener el equipo junto a la descarga es obvio lo que el cárcamo y conducto crecen comparativamente con el caso comentado arriba, las tuberías de descarga prácticamente se eliminan y probablemente ya no sean necesarias las válvulas de retención.

Desde el punto de vista de funcionamiento, cualquier alternativa puede ser buena y sólo depende que lo sea, de un buen diseño para lo cual, deberán considerarse los factores citados. Sin embargo, es recomendable que en lo posible las bombas tengan una descarga inmediata para tener concentrada en un sólo lugar su operación y el principio de la distribución del agua, pero esto dependerá de las condiciones generales del proyecto.

Diseño

Siendo el cárcamo el depósito de donde "toman" el agua las bombas, se ha comprobado que de un buen diseño, desde el punto de vista hidráulico, de-

penden en gran parte las características de funcionamiento deseado y la durabilidad de esas unidades.

El diseño de esa estructura merece especial atención, sobre todo cuando se vayan a instalar centrífugas verticales cuyo cuerpo de impulsores estará sumergido en el agua del cárcamo.

En general, la forma y dimensiones que se le asignan se determinan, principalmente, con el tamaño y número de bombas, por lo que para su proporcionamiento definitivo se deberá elegir previamente el equipo de bombeo. Inicialmente las dimensiones pueden suponerse basándose en el diseño de otros proyectos similares.

La forma adoptada para la planta del cárcamo suele ser rectangular, circular o una combinación de éstas; en ocasiones, se prefiere la circular por las ventajas que ofrece esta geometría para su construcción; por ejemplo, en terrenos blandos donde es factible hincar anillos de concreto (tipo pozo indio) que a la vez sirven de sostén durante su excavación.

A continuación se transcribe una traducción del inglés, de un artículo obtenido del catálogo "Standards of the Hydraulic Institute of the United States", relativo al proyecto de cárcamos.

Dice así:

Planeación de una toma de agua que se va a bombear:

La función de un depósito del cual se va a tomar agua en cualquier parte que esté localizado, ya sea en un canal abierto o en un túnel que tenga un perímetro húmedo al cien por ciento, es para proporcionar en todos los casos la distribución del flujo del agua hacia la campana de succión. Una distribución desigual del flujo caracterizada por fuertes corrientes locales favorece la formación de torbellinos y con bajos valores de sumergencia puede introducir aire en la bomba reduciendo su capacidad además de producir mucho ruido. Una distribución desigual también puede aumentar o disminuir el consumo de energía; con un cambio total en la uniformidad de la carga se podrían producir remolinos que no aparecen en la superficie lo cual puede tener resultados adversos.

Una velocidad desigual en la distribución, conduce a la rotación de porciones de la masa de agua a lo largo de la línea de succión en forma turbulenta que podrá poner en movimiento la línea central. La distribución desigual del flujo puede ser causada por la geometría del depósito de succión y la manera en que el agua se introduce en el cárcamo.

Se pueden hacer algunas recomendaciones preliminares para casos en particular y para la operación de una bomba como las que se mencionan a continuación:

1. El acondicionamiento ideal del acceso, es un canal recto que llegue directamente hacia la bomba; las curvas y las obstrucciones son perjudiciales desde el momento que causen corrientes y remolinos con tendencia a formar torbellinos.

La campana de succión debe estar localizada cerca de la pared trasera o posterior y no a muy grande distancia de la base o piso del pozo de succión.

2. El flujo del agua no debe pasar de una bomba para llegar a la siguiente siempre que esto se pueda evitar; si las bombas tienen que estar localizadas en la línea del flujo, se deberá construir una celdilla alrededor de cada bomba o poner paletas móviles bajo la bomba para deflectar el agua hacia arriba. El modelo de un pozo de succión deberá ser probado para verificar estos requisitos.
3. En lo que sea posible, la trayectoria del flujo deberá ser en forma que reduzca el arrastre alterno de remolinos tras la bomba y construir la corriente del flujo.
4. La siguiente Figura (2.3) ha sido proyectada para mostrar las sugerencias para construir un pozo de succión con las medidas correctas, en vista de que estos valores provienen de promedios obtenidos de diferentes clases y tipos de bombas y se refieren a una línea entera de velocidades específicas, no deberán ser tomados como valores absolutos sino como guías.

ESTANDAR DEL INSTITUTO DE HIDRAULICA
DIMENSIONES DEL CARCANO CON RELACION AL FLUJO

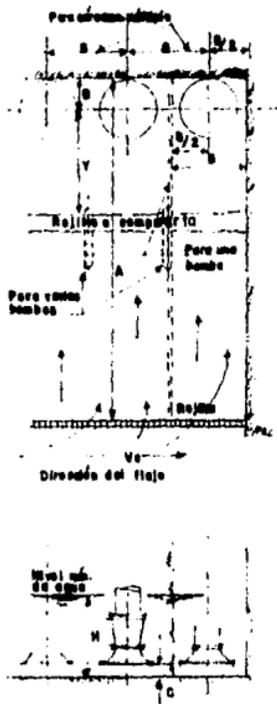
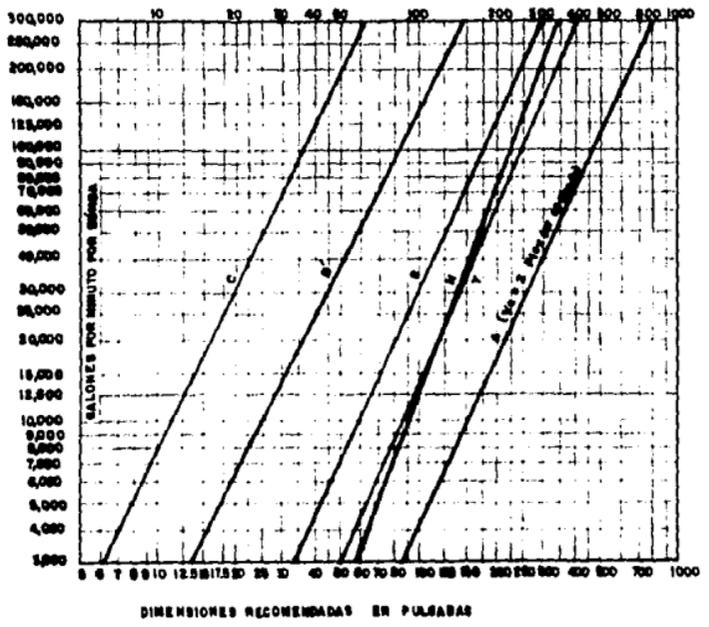


FIG. 11.3

II.3 EQUIPO DE BOMBEO

Lo constituyen todas las unidades (bombas y motores) de bombeo instaladas para proporcionar el gasto requerido, así como los accesorios de control y protección (válvulas) antes de iniciarse la descarga común y los dispositivos de arranque y parada.

En el Capítulo IV. se detallará el equipo a utilizar en este proyecto, una vez que hayan sido determinados los requerimientos a cumplir.

II.4 DESCARGA

Puede decirse que la descarga de una planta de bombeo comprende todos los elementos e instalaciones que se requieren para conducir el agua, desde la salida de la bomba hasta donde se inicia su distribución (lugar de almacenamiento).

De acuerdo con lo anterior, en la descarga de la planta se distinguen básicamente los siguientes elementos:

Tubería de Descarga

Las características de la tubería de descarga como son: diámetro, material, espesor, etc. se determinan mediante un estudio técnico económico que permita elegir aquella que ofrezca mayor seguridad contra los esfuerzos a que estará sometida, previendo todas las contingencias, pero que además se tengan los mínimos costos, tanto iniciales como de conservación, así como los que se originan por las pérdidas de fricción que se tengan en el sistema.

Respecto al diámetro debe considerarse que para un gasto (Q) y clase de tuberías dadas, en una de menor diámetro se tienen mayores pérdidas de energía por fricción y consecuentemente, esto origina un aumento de la carga de descarga del sistema y por lo tanto en la potencia requerida por la bomba, lo cual se traduce en el aumento en los costos de operación.

Es recomendable en la elección del diámetro de la tubería de descarga, un análisis más o menos detallado, especialmente cuando se trata de una longitud grande, pues en ocasiones las pérdidas por fricción que se puedan tener en ella ocasionan una variación en el valor de la carga manométrica en tal forma que, puede influir notablemente en la elección el tamaño del motor y en los costos operativos de la planta; esto, independientemente de otros factores intangibles del producto en cuestión.

En cuanto al material y espesor de las tuberías, éstos dependerán principalmente de los esfuerzos a que estará sometida debido a las presiones normales de trabajo y las que se tienen por producirse el fenómeno llamado "golpe de ariete" que se presenta en el arranque y paro de las bombas. Las tuberías empleadas con más frecuencia son las de asbesto-cemento, acero, fierro y concreto.

Sobrepresión por Golpe de Ariete

El fenómeno de golpe de ariete que se presenta al abrir o cerrar una válvula, es semejante al que se tiene por el paro o arranque de las bombas, ya sea en condiciones de operación normales o por una interrupción de la energía eléctrica, cuando ésta se utiliza en los motores que impulsan a las bombas.

Este fenómeno se produce en los conductos al cerrar o abrir una válvula y al poner en marcha o parar una máquina hidráulica, o también al disminuir bruscamente el caudal. Un caso importante ocurre en las centrales hidroeléctricas donde se ha de reducir bruscamente el caudal suministrado a las turbinas eléctricas, acopladas a alternadores, cuando se anula la carga del alternador.

Aunque es físicamente imposible cerrar una válvula instantáneamente, el estudio inicial del caso de cierre instantáneo ayuda al estudio de los casos reales.

Al cerrarse por completo, instantáneamente una válvula, si dividimos imaginariamente todo el fluido que llena la tubería en rodaja como lo muestra la Fig. II.4, se quedará primero en reposo la rodaja 1 y a continuación la 2, 3, 4, etc. necesitando un cierto tiempo.

Es decir, en la válvula se ha originado una onda de presión que se propaga con una velocidad, la cual en el instante considerado tiene dirección contraria a la velocidad del fluido, se ha creado una onda elástica o sea, una onda de presión que se propaga por la tubería, se refleja en el embalse, vuelve a la válvula, de nuevo al embalse y así sucesivamente, originando sobrepresiones y depresiones en la tubería, la cual se dilata o contrae al paso de la onda. El cálculo del golpe de ariete se detallará en el Capítulo IV.

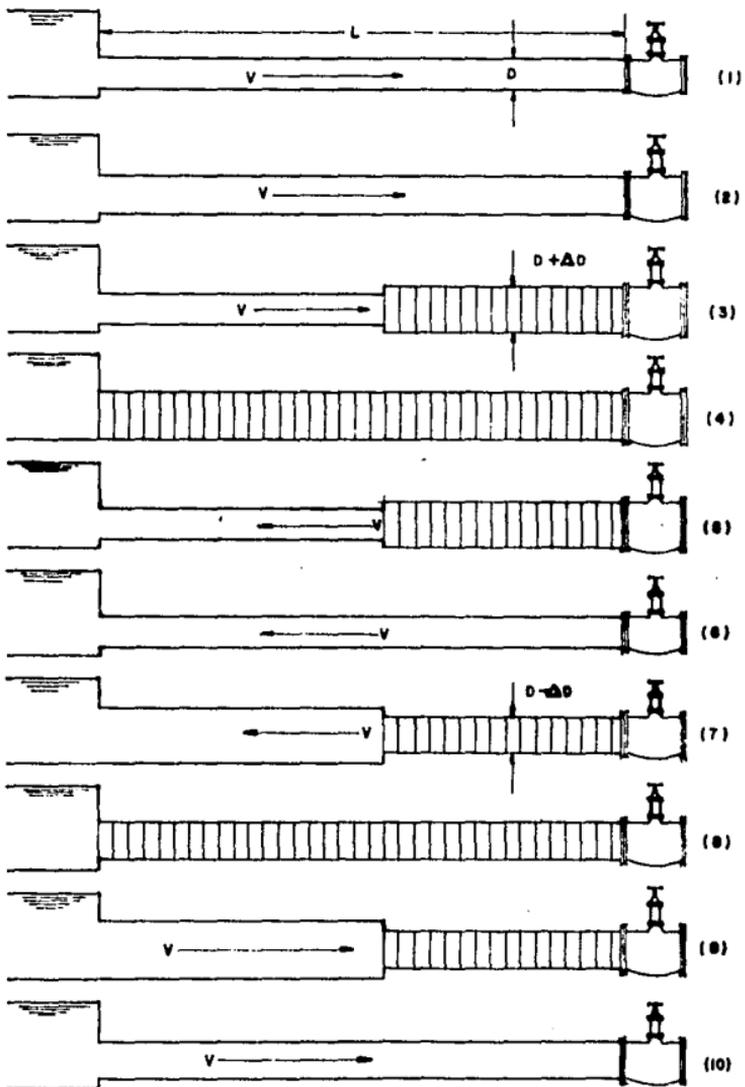


FIG. II.4

Instalación de Tuberías

Las tuberías se instalan sobre la superficie, enterradas o combinando estas dos maneras. Esto dependerá de la topografía, clase de la tubería y geología del terreno por ejemplo: en un terreno rocoso es probable que convenga llevarla superficialmente. En el tipo de instalación que se adopte también se deben considerar otros factores relacionados con la protección de la línea y así, una tubería que está propensa al deterioro o al mal trato de personas y animales, es preferible enterrarla, especialmente cuando es de asbesto o concreto.

Cualquiera que sea la forma de tubería o instalación se deberá procurar evitar en lo posible los quiebres, tanto horizontales como verticales, con el objeto de eliminar codos y otras piezas especiales necesarias para dar los cambios de dirección. Estos quiebres aumentan las pérdidas de la carga, el costo de la instalación y en ocasiones pueden propiciar el confinamiento del aire mezclado con el agua.

Se acostumbra clasificar a las tuberías, por la forma de instalarlas en: visibles y enterradas, y dependiendo de llevar juntas de dilatación o no, en: abiertas y cerradas. En general cuando se utilizan tuberías de acero se prefieren las visibles y abiertas.

No es por demás recordar que para la instalación de las tuberías de descarga se consulten los catálogos e instructivos de las casas vendedoras

con el fin de eliminar la posibilidad de alguna falla durante la operación del sistema, causada por una instalación inadecuada. Es conveniente hacer un plano de la instalación de esta tubería en el cual se indique claramente las válvulas de protección (válvula de paso "check", alivio, eliminadoras de aire, etc.) y control; codos, atraques o machones y silletas, así como juntas de dilatación, si el caso lo amerita.

Elementos de Control y Protección en la Conexión de Bombas

A continuación se comentará en forma somera la función de los elementos de control y protección que se usan con más frecuencia en las plantas de bombeo.

Válvulas Eliminadoras de Aire

Algunas se instalan con el objeto de expulsar el aire retenido en la succión cuando la bomba no trabaja. Esta expulsión se efectúa luego de iniciarse la operación de la bomba. Se ubican inmediatamente a la descarga de la bomba, generalmente después de la junta flexible.

Uno de los tipos más usados es al cual puede acoplársele una válvula "Check" con el objeto de amortiguar el golpe del agua para prolongar su vida útil y evitar ruidos desagradables. La instalación de esta "check" es optativa pero recomendable.

El diámetro y características de esta válvula se elige principalmente en función del gasto de la bomba y de la presión en la tubería. Se puede seleccionar consultando los catálogos de las casas vendedoras de estos dispositivos.

También se instalan válvulas de aire a lo largo de las tuberías de descarga muy largas y cuando son relativamente cortas, con quiebres bruscos, tanto horizontales como verticales. Esto último, no obstante que siempre se trate de evitar, en ocasiones son necesarios debido a las condiciones topográficas del terreno por donde pasará la tubería.

La ubicación de estas válvulas y sus características también se pueden determinar consultando los catálogos de sus fabricantes y efectuando además, un estudio cuidadoso del perfil del eje de la tubería.

Juntas Flexibles

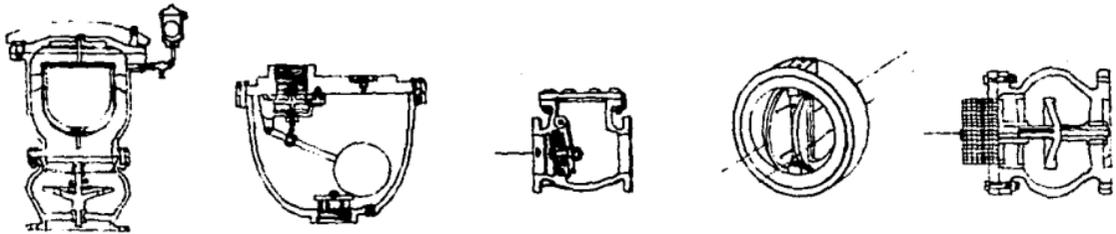
Son recomendables para absorber algunos movimientos ocasionados por el trabajo de la bomba, así como pequeños desalineamientos durante el montaje del conjunto; también se aprovechan para desconectar con facilidad la unidad de bombeo cuando se requiera. Generalmente son empleadas las juntas Dresser y Gibault o algún otro elemento similar.

Válvulas de Retención

Se utilizan con el objeto de retener la masa de agua que se encuentra en la tubería, cuando la bomba suspende su operación y con el fin de evitar esfuerzos excesivos en las bombas debido al fenómeno de golpe de ariete. Esto no quiere decir que estas válvulas eliminen el efecto de ese fenómeno, sino que únicamente lo atenuan.

Existen varios tipos en el mercado, pudiéndose observar algunos de ellos en la Fig. II.5 (3), (4) y (5). La primera, representa la válvula "Check" tradicional y comúnmente empleada llamada de columpio; la segunda, se denomina Duo-"Check" y consta esencialmente de dos medias lunas conectadas a un eje vertical, que se abren y se cierran según el sentido del escurrimiento.

Esta válvula frente a la tradicional, es más liviana, de menor tamaño y consecuentemente, tiene menor costo pero, las pérdidas de carga son relativamente mayores que en la anterior. La tercera, se trata de una válvula "Check" cuya peculiar característica es efectuar un cierre más o menos lento con lo cual se consigue prolongar la vida de la válvula y casi eliminar el ruido que producen los otros tipos. Esto último es ventajoso para ciertos casos dada la ubicación de la obra; suele llamársele "Check" silenciosa.



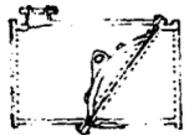
①

②

③

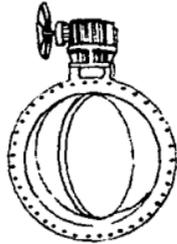
④

⑤



⑥

⑦



⑧

⑨

FIG. 11.5

La selección del tipo de "Check" para una determinada instalación dependerá del diámetro de la válvula a emplear, de las presiones a que operará y de su costo en el mercado.

Válvula "Roto-Check"

La Fig. 11.5 (6) muestra la sección según el eje longitudinal de la tubería de la válvula llamada "Roto-Check" cuya operación es semejante a la de columpio, como puede observarse.

Por su diseño y procedimiento de construcción (se fabrica por mitades y se une con pernos) compite en costo con la válvula "Check" tradicional y es especial para cuando se requieren diámetros grandes. Tiene la ventaja, además, de efectuar un cierre lento y más hermético.

Válvulas de Compuerta

La válvula de compuerta se emplea con el objeto de aislar, en un momento dado, algún elemento o sección de la instalación para poder efectuar una reparación, inspección o dar mantenimiento, sin que se interrumpa totalmente el servicio de bombeo. También se evita con esta válvula, el regreso del agua por alguna bomba que no esté operando debido a la operación parcial del equipo, de acuerdo con las necesidades de suministro. Esta válvula se instala en la descarga de cada bomba después de la válvula "Check" y antes de la válvula de alivio; sin embargo, pudieran ser nece-

sarias otras en otro sitio o disminuir el número de ellas, según el proyecto de la conexión que se haga de acuerdo con la flexibilidad de operación que se prevea en el sistema de bombeo.

El tipo de válvula de compuerta más empleado es el que muestra la Fig. II.5 (7) y se caracteriza por ser bridada y con vástago saliente, es decir que éste se desplaza según su eje vertical. Esto tiene la ventaja de que el operador se cerciore con facilidad, si la válvula está abierta o cerrada.

Conviene recordar que la válvula de compuerta está diseñada propiamente para ser operada cuando se requiera un cierre o abertura total, y no se recomienda para usarse como reguladora de gasto, salvo para casos eventuales y tiempos cortos.

Válvulas de Mariposa

Las válvulas de Mariposa, como la mostrada en la Fig. II.5 (8), puede sustituir a la de compuerta cuando se requieren diámetros grandes y para presiones bajas en la línea; tienen la ventaja de ser más ligeras, son de menor tamaño y más baratas. Estas válvulas se operan por medio de una flecha que acciona un disco haciéndolo girar centrado en el cuerpo de la válvula; la operación puede ser manual, semiautomática o automática, mediante dispositivos neumáticos, hidráulicos o eléctricos. El diseño hidrodinámico de esta válvula permite emplearla como reguladora de gasto y

en ciertos casos para estrangular la descarga de una bomba.

Válvula de Alivio Contra Golpe de Ariete

Las válvulas aliviadoras de presión son empleadas para proteger al equipo de bombeo, tuberías y demás elementos en la conexión contra los cambios bruscos de presión que se producen por el arranque o paro del equipo de bombeo.

La válvula está diseñada de tal manera que, puede abrirse automáticamente y descargar al exterior, cuando la presión en el sistema, es mayor que aquella con la que fue calibrada lográndose con ello el abatimiento de la línea piezométrica. El cierre de esta válvula también es automático y se logra cuando la presión en la línea llega a ser menor que la de su ajuste o calibración.

De acuerdo con lo anterior, el empleo de esta válvula dependerá de la magnitud de las presiones que se tengan debidas al golpe de ariete y de la conveniencia que surja al haber hecho un estudio económico, considerando la posibilidad de emplear elementos (tuberías, válvulas, etc.) resistentes a las presiones que se van a presentar.

En general, las válvulas de alivio que existen en el mercado, básicamente tienen el mismo diseño, véase Fig. 11.5 (9), y están constituidas en esencia, por dos partes: una que corresponde al cuerpo de la válvula pro-

piamente dicho, y otra formada por los mecanismos de control. En el cuerpo de la válvula se encuentran el elemento actuador, constituido por un pistón cuya posición regula el funcionamiento de la válvula. El control de este pistón se efectúa por medio de una válvula piloto, calibrada, que actúa con una presión determinada y no es más que una válvula de aguja de precisión para pequeños flujos. El piloto de control de esta válvula puede ser hidráulico, eléctrico o de ambos tipos.

Las válvulas que se usan con más frecuencia son las llamadas de pistón y las de diafragma, preferentemente con ambas clases de control. Las dos funcionan satisfactoriamente pero, en varias ocasiones, se prefiere la válvula con pistón porque la otra requiere de un servicio de mantenimiento más frecuente, debido a que el material de que está hecho el diafragma (hule, neopreno, etc.) se deteriora con facilidad por el tipo de agua que se maneja. Cuando se ha definido el empleo de válvulas de alivio, su diámetro se determina, en función del gasto de escurrimiento en la tubería a la que se conectará, de las presiones originales por el golpe de ariete y de las pérdidas de carga, normalmente tolerables, ocasionadas por esta válvula. Se recomienda determinar su diámetro consultando el catálogo de los fabricantes.

Su ubicación se elige después de los elementos de control o al principio de la tubería de descarga común. En una instalación como en la Fig. II.6 en la cual se ha instalado una válvula de alivio a cada bomba, se sitúa entre la "Check" y la de compuerta, mediante una "T" de acero o fierro fundido.

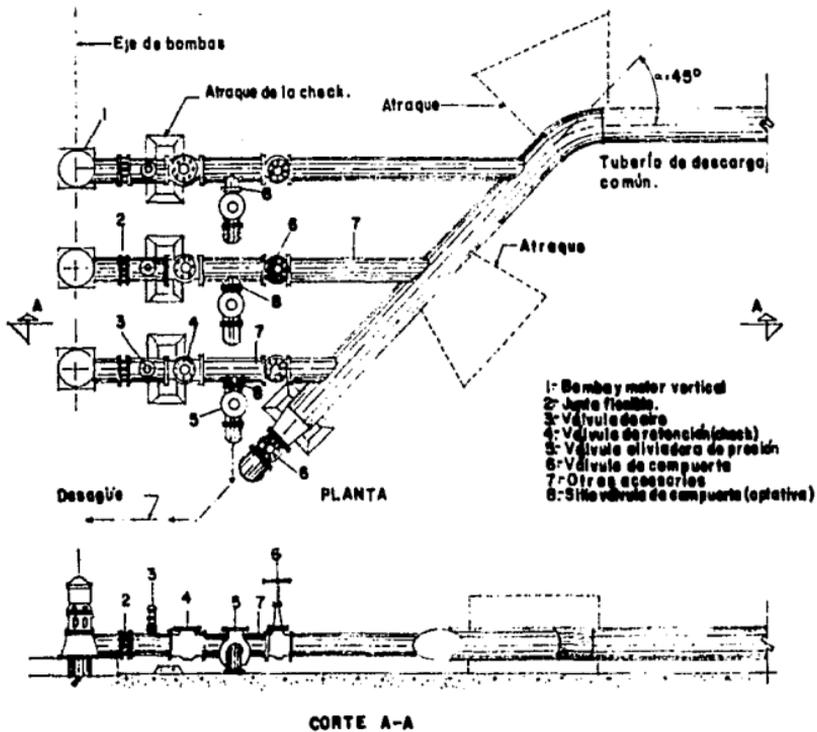


FIG. II.6

II.5 OTROS ACCESORIOS

Sub-estación Eléctrica

En los casos en que es empleada la energía eléctrica para mover las bombas, es necesario instalar una subestación eléctrica, la cual tiene por objeto cambiar las características de la energía aprovechada (generalmente de alto a bajo voltaje) y suministrar la requerida por el equipo de bombeo.

Esencialmente, una instalación de este tipo consta de las siguientes partes:

Transformador - Mediante estos aparatos se cambia el voltaje de la corriente, obteniéndose el deseado.

Seleccionador - Mediante estos aparatos se protege la instalación contra fallas debidas a sobrecorriente causada por un corto circuito.

Cuchillos Fusibles - Sirven para proteger la instalación contra sobrecorrientes por fallas en la línea de alimentación y además desconectar la carga al transformador, a fin de darle a éste servicio de mantenimiento.

Equipo de Medición - Registra la cantidad de energía consumida.

La magnitud de la sub-estación dependerá principalmente de la potencia de cada motor y de la total en la instalación. En proyectos pequeños (con menos de 100 H.P.) bastará instalar transformadores comerciales, equipados con los elementos citados anteriormente en postes situados cerca de la caseta de controles.

Cuando la potencia que demanda el sistema de bombeo es mayor de 100 K.V.A., por razones técnicas y económicas, se utilizan los transformadores de piso puestos en una plataforma de concreto y generalmente se hace necesario elaborar un proyecto detallada del sistema eléctrico de la planta.

Caseta de Controles

Se construye para alojar los controles eléctricos que operan a las bombas, como son arrancadores, estación de botones, etc. Se localiza de tal manera que el acceso a ella sea rápido y fácil. Generalmente se procura que esté cerca de la sub-estación que acorta la longitud de los cables que conducen la energía de bajo voltaje. Sus dimensiones dependerán de los artefactos que aloja, dotándosele de una buena ventilación.

Almacenamiento de Combustible

En el caso de tener motores de combustión ya sea de gasolina, diesel, etc., será necesario disponer de un depósito para almacenar el combustible empleado y asegurarse de él para evitar interrupciones del servicio por ese elemento.

La capacidad deberá estar de acuerdo con el consumo de los motores, considerando el tiempo que se necesita para proveerse de él nuevamente.

Se ubicará en este lugar, un poco alejado de los motores y no expuesto a chispas o flamas, procurando que un vehículo tenga acceso fácil a él para su llenado. El combustible llegará a los motores mediante tuberías subterráneas.

Casa-Habitación del Operador

Es la vivienda del personal encargado de vigilar, cuidar y operar el sistema de bombeo. Deberá proyectarse con las partes necesarias de una casa para ese objeto. Se localizará un poco alejada de los demás elementos que forman en sí la planta.

Protección de las Instalaciones

Se deben proteger los elementos de una planta de bombeo expuestos a animales, personas ociosas y de la precipitación pluvial. Para lo primero, se construyen, en los lugares que se crean necesarios, cercas de alambre, bardas de tabique, mampostería o muros de celosía; procurando que con esto queden integradas todas las partes de la planta.

Cuando los motores no sean del tipo intemperie, se protegerán de la lluvia mediante una caseta. Esta se proyecta pensando en el espacio que debe haber para hacer maniobras al mover las máquinas, ya sea para alguna reparación, darles servicio de mantenimiento o por cualquier otra eventualidad por ejemplo: tratándose de bombas verticales la caseta es diseñada con accesos en el techo con el objeto de poder, en un momento dado, extraer la bomba verticalmente mediante una grúa instalada en ese sitio.

La altura de esta caseta estará de acuerdo con el tamaño del motor y de la longitud de los tramos de columna de succión. También se le proveerá de una buena ventilación. Por otra parte, será necesario construir drenes, cunetas y desagües para impedir el escurrimiento del agua pluvial dentro de la planta.

CAPITULO III

"CONDICIONES DEL LUGAR"

CONTENIDO :

- III.1 LOCALIZACION
- III.2 HIDROLOGICAS
- III.3 CONDICIONES DEMOGRAFICAS
- III.4 SERVICIOS

III.1 LOCALIZACION

Potreriillo, Ver., es un pequeño poblado perteneciente al municipio de Ixtacxoquitlán, el cual se encuentra enclavado en el estado de Veracruz, aproximadamente a los 18° 48' Latitud Norte y 97° 16' Longitud Oeste. Al sur de la ciudad de Jalapa, capital del estado, con la que se comunica a través de 197 Kms. de carretera pavimentada y con la ciudad de Orizaba a través de 2 Kms. de carretera también pavimentada. Este servicio de comunicación, ha sido proporcionado principalmente debido a la instalación de importantes empresas en sus cercanías las cuales necesitan de este servicio y entre las cuales se encuentran Kimberly Clark, Proquina, FERMEX, etc.

Potreriillo se encuentra localizado en una zona considerada como de lomeríos suaves y a una altura media sobre el nivel del mar de 1,200 mts. a tan sólo 1.5 Kms. de distancia y 28.5 mts. más alto de una importante fuente de abastecimiento de agua, llamada "Ojo de Agua", de donde actualmente se suministra agua al municipio de Ixtacxoquitlán y a las empresas arriba mencionadas.

III.2 CONDICIONES HIDROLOGICAS

Potreriillo, Ver., se encuentra en la cuenca del río Blanco pero sin encontrarse un escurrimiento importante cercano. Por esta razón y debido a su cercanía, "Ojo de Agua", ha sido seleccionada como la fuente de abastecimiento de agua para este poblado, teniendo en cuenta que tiene capacidad sobrada actualmente y que para alimentar al poblado de Potrerillo, no se aproxima siquiera a sus límites de capacidad.

El clima es cálido húmedo, con una temperatura media aproximadamente de 27° C. La precipitación pluvial es abundante entre los meses de Junio y Octubre, y casi nula el resto del año.

III.3 CONDICIONES DEMOGRAFICAS

Actualmente, Potrerillo cuenta con una población de 3,600 habitantes según el censo realizado en 1984 (especial), los cuales tienen que satisfacer sus necesidades básicas de agua, obteniendo ésta directamente de un depósito general localizado a un lado de la iglesia el cual es alimentado por un sistema de abastecimiento rudimentario, integrado por una pequeña bomba y una tubería sencilla que corre expuesta sobre un lado del camino que une el manantial con el poblado dejando este sistema mucho que desear ya que la mayor parte del día los habitantes tienen que esperar que el depósito alcance otra vez un nivel adecuado para poder acarrear el agua a sus hogares.

Realizando un análisis histórico del crecimiento de Potrerillo tenemos que:

<u>AÑO</u>	<u>POBLACION TOTAL</u>	<u>TASA DE CRECIMIENTO ANUAL</u> (%)
1960	700	1.89
1980	857	11.67

Como puede observarse, en el primer decenio se registró un crecimiento moderado sin embargo, en la siguiente etapa se presenta un rápido crecimiento de la población provocado, fundamentalmente, por la generación de empleos en importantes industrias que llegaron a instalarse en las cercanías y en el municipio de Ixtacxoquitlán.

La generalidad de las personas que habitan este poblado son de clase obrera y campesina, y el tipo de casa-habitación que prevalece es de un solo piso y utilizando ladrillos en los muros y concreto para el techo.

Para la determinación de la población de proyecto se tomaron algunas consideraciones:

- a) Debido al rápido crecimiento experimentado en los últimos años, cualquier método de cálculo tradicional para la predicción de la población, nos arroja resultados desproporcionados.

- b) Existen pocas posibilidades de ampliación de la zona actualmente habitada, dada la forma de tenencia de la tierra y baja densidad.

- c) De una forma general, las expectativas demográficas plantean un abatimiento en las tasas anuales hacia el año 2000, según los datos generales del censo de población y vivienda de 1980.

A continuación, se presentan dos alternativas de crecimiento con tasas baja y alta promedio para los próximos 16 años.

ALTERNATIVA IALTERNATIVA II

<u>AÑO</u>	<u>POBLACION</u> <u>TOTAL</u> (Habit.)	<u>TASA ANUAL</u>	<u>POBLACION</u> <u>TOTAL</u> (Habit.)	<u>TASA ANUAL</u>
1984	3,600	6.0	3,600	8.0
1990	5,400	3.5	6,200	5.0
1995	6,400	1.8	7,900	2.5
2000	7,000		8,900	

Potrerillo cuenta con el servicio de luz eléctrica, escuelas hasta nivel de secundaria, calles pavimentadas (únicamente la principal), presidencia o alcaldía, iglesia y, se tienen planes que están actualmente en desarrollo para la construcción de otra escuela más a nivel secundaria y un nuevo kinder.

Como puede apreciarse, Potrerillo es una ciudad que está concentrando una masa de gente importante la cual tiene derecho a gozar de un servicio de agua acorde a las necesidades de sus habitantes, es por ello que el objeto de este estudio se enfoca en diseñar un sistema de abastecimiento de agua que satisfaga las necesidades de estas personas y que esperamos contribuya para su pronta instalación.

III.5 CONSIDERACIONES

Para la determinación de la población y gastos, se analizó la proyección del consumo de agua con los siguientes parámetros y estándares especificados por la SEDUE:

- a) El consumo se establece de 24 mts.³/toma/mes, equivalente a 150 lts./día por cada habitante.
- b) Se considera un 15% del volumen de producción como pérdidas, desperdicios, servicio gratuito a escuelas, etc.
- c) Se pueden obtener coberturas altas (90 a 95%) de servicio, dado el alto grado de concentración o densidad en la zona destinada para habitación.
- d) Estándares de consumo según la SEDUE.

De 2500 a 15000 hab. - 150 lts./hab./día.

CAPITULO IV

" MEMORIA DE CALCULO "

CONTENIDO :

- IV.1 DATOS GENERALES
- IV.2 CAPTACION
- IV.3 CARCAMO
- IV.4 SUCCION
- IV.5 DESCARGA
- IV.6 NPSH
- IV.7 CAVITACION
- IV.8 PRESION DE TRABAJO EN TUBERIA
- IV.9 GOLPE DE ARIETE
- IV.10 DETERMINACION DEL EQUIPO DE BOMBEO
- IV.11 TANQUE DE ALMACENAMIENTO

IV.1 DATOS GENERALES

Número de habitantes	7,000 (Proyectado al año 2000)
Consumo de agua por habitante	150 Lts. / Día.
Altura sobre el nivel del mar	1,200 mts.
Distancia entre la fuente y el poblado	1,491 mts.
Diferencia de altura entre la fuente y el tanque	28.5 mts.
Velocidad del agua	2 mts. / seg. (SEDUE)

IV.2 CAPTACION

La captación se realizará directamente del manantial embalsado "Ojo de Agua". Debido a las características del lugar y para asegurar un ahogamiento permanente de la bomba, el suministro de agua del manantial al cárcamo se realizará a través de una tubería de 6 mts. de longitud y 12 pulgadas de diámetro (Fig. IV.1), el cual nos proporcionará un gasto superior al requerido.

Este tubo será colocado 40 cms. abajo del nivel mínimo de las aguas embalsadas y su función será la de permitir al cárcamo, tener la menor variación posible del nivel dinámico.

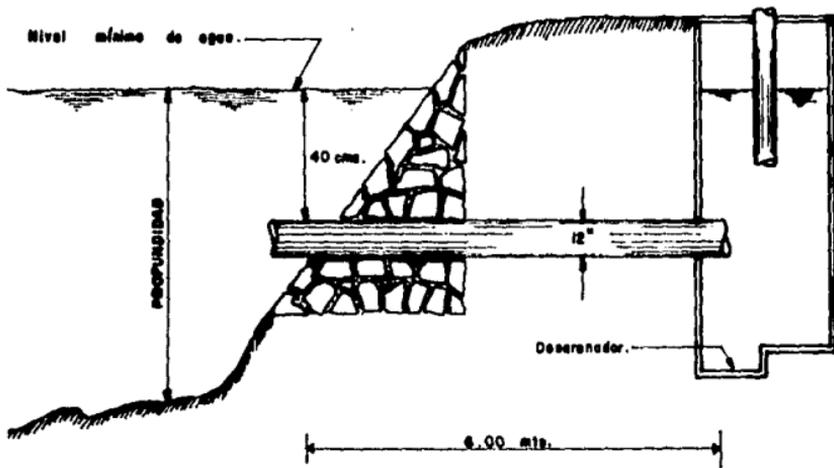


FIG. IV.1

IV.3 CARCAMO

Dado la suficiencia de la fuente, el cárcamo no requiere de almacenamiento de agua, sólo se dimensionó para permitir la colocación del equipo de bombeo y asegurar su lleno total.

El cárcamo tendrá una forma cilíndrica de 3.6 mts. de altura y 2.5 mts. de diámetro como se muestra en la Fig. IV.2.

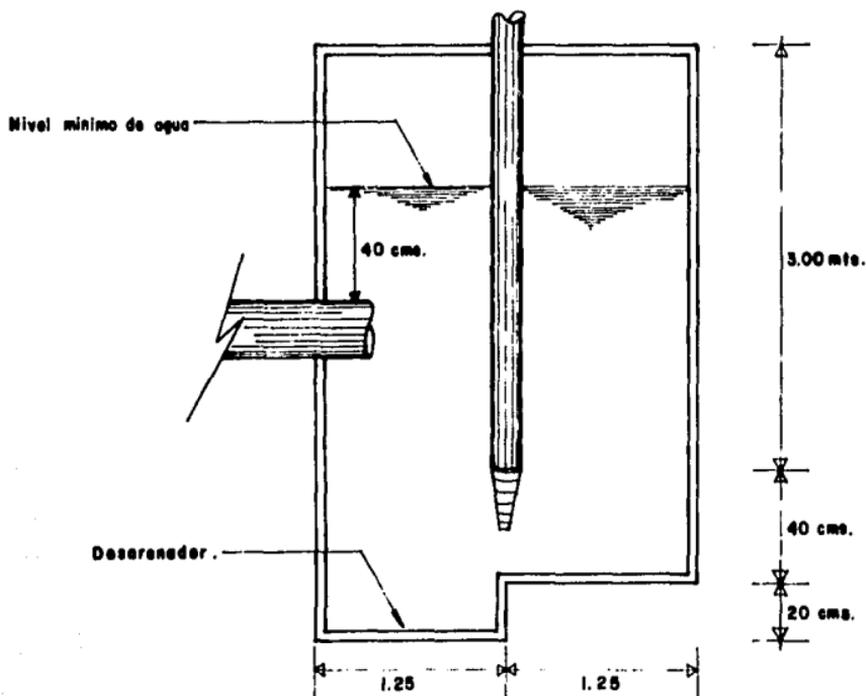


FIG. IV.2 DIMENSIONES DEL CARCAMO

IV. 4 SUCCION

En el diseño de la tubería de succión tienen que observarse las siguientes recomendaciones:

- . La tubería tiene que ser tan corta como sea posible y libre.
- . No deben usarse reducciones concéntricas sino excéntricas.
- . Resulta conveniente tener una pendiente uniforme y ascendente a la bomba.
- . Cuando la succión y la descarga de la bomba tengan el mismo diámetro, conviene aumentar el diámetro de la tubería de succión de 1.5 a 2 veces.

Es necesario aclarar que en caso de usar más de una bomba, cada una de ellas tendrá su propia tubería de succión.

Tubería de Succión

Calculando el diámetro de la tubería requerido en la succión tendremos:

$$Q = VA$$

donde $A = \frac{\pi D^2}{4}$

$$Q = V \times \frac{\pi D^2}{4}$$

donde $Q = 7,000 \text{ hab.} \times 150 \text{ lts./dia.}$

$$Q = 1'050,000 \text{ lts./dia.}$$

$$Q = 12.15 \text{ lts./dia.} = 0.01215 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

Para conocer el diámetro:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{V}}$$

$$D = 0.08 \text{ mts.} \quad 3.14 \text{ pulg.}$$

Este diámetro representa el mínimo requerido en la succión, sin embargo, su uso implicaría la operación del equipo de bombeo las 24 horas del día, lo cual no es recomendable por las casas fabricantes de este equipo debido a la reducción en la vida útil del mismo.

Por lo tanto, con el objeto de mantener un período de 6 horas de operación del equipo se procederá a incrementar el gasto a través de un ensanchamiento en la tubería de succión.

$$Q = \frac{1'050,000 \text{ lts.}}{6 \text{ hrs. operación}} = 175,000 \text{ lts./hr.} = 48.6 \text{ lts./seg.}$$

Aplicando nuevamente la fórmula para el cálculo del diámetro considerando ahora el nuevo gasto tenemos:

$$D = \sqrt{\frac{4 (0.0486 \text{ m}^3 / \text{seg.})}{2 (3.1416) \text{ mts./seg.}}}$$

$$D = 0.1758 \text{ mts.} = 6.9 \text{ pulg.}$$

Atendiendo a una de las recomendaciones mencionadas anteriormente, se incrementará el diámetro a 8" para asegurar un buen abastecimiento de la bomba.

$$D_{\text{succión}} = 8 \text{ pulgadas}$$

La tubería de succión tiene una longitud total de 6 mts. incluyendo los accesorios que a continuación mencionamos:

Accesorios en la succión:

- a) Válvula de Pie con Alcachofa - Esta evita la entrada de suciedades que puedan obstruir el buen funcionamiento de la bomba y la válvula de pie hace posible el cebado de ésta, reteniendo el líquido.
- b) Reducción Excéntrica - Mejora la aspiración de la bomba y evita la cavitación eliminando posibles bolsas de aire en la parte superior.
- c) Codo de 90° - Necesario debido al diseño de la succión.

A continuación se muestra un diagrama esquemático de la succión Fig. IV.3.

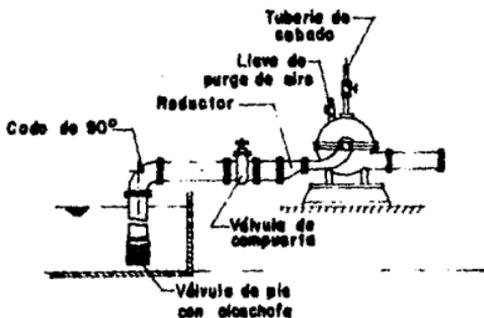


FIG. IV.3

Pérdidas en la Succión : por el método de Darcy - Weisbach

a) Pérdidas Primarias

$$h_{fs} = \lambda \left(\frac{L}{D} \right) \left(\frac{v^2}{2g} \right)$$

Donde:

- h_{fs} = Pérdidas de cargas primarias
 λ = Coeficiente de pérdida de carga
 L = Longitud en tubería de succión - (6 mts.)
 D = Diámetro de tubería de succión - (9 pulg.)
 v^2 = Velocidad del agua - (2 mts./seg.)
 g = Gravedad

Todos los términos son conocidos excepto λ :

Calculando λ :

$$\lambda = F \left(R, \frac{K}{D} \right)$$

Donde:

R = Número de Reynols

$\frac{K}{D}$ = Rugosidad relativa

Calculando $\frac{K}{D}$:

Considerando que la tubería de succión es de acero y de 9 pulgadas de diámetro:

K = 0.05 mm.

$\frac{K}{D} = \frac{0.05 \text{ mm}}{228 \text{ mm}} = 0.0002192$

$\frac{K}{D} = 0.0002192$

VALORES DE λ_D PARA AGUA A 10°C (VELOCIDAD EN M/SEG.; DIAMETRO EN CM.)

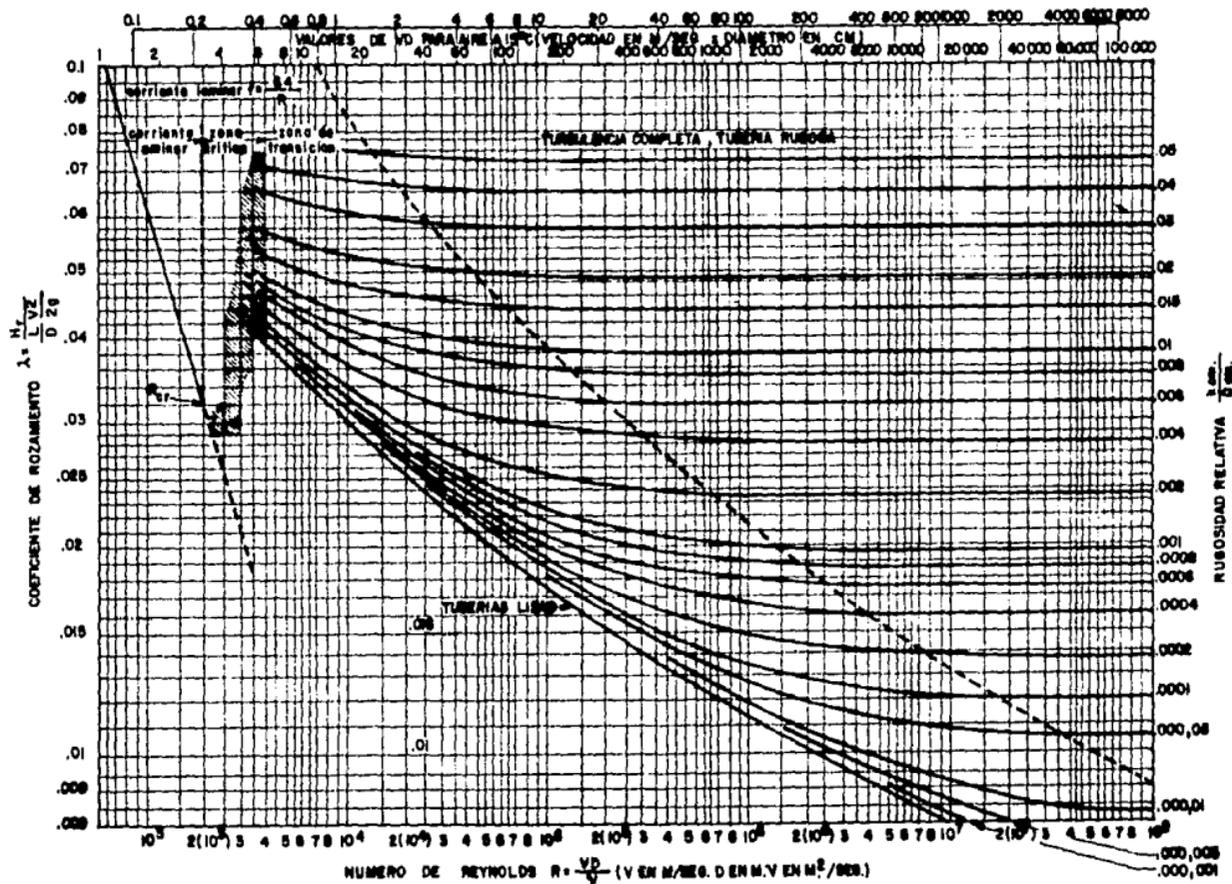


FIG. IV. 4

Calculando el número de Reynolds

$$R = \frac{VD}{\nu}$$

Donde:

R = Número de Reynolds

V = Velocidad del agua (2 mts./seg.)

D = Diámetro de la tubería - (0.02286 mts.)

ν = Viscosidad cinemática - (0.00000101 mts.²/seg.)

$$R = \frac{(2 \text{ mts./seg.}) (0.02286 \text{ mts.})}{0.00000101 \text{ mts.}^2/\text{seg.}} = 4.5268 \times 10^5$$

$$R = 4.5268 \times 10^5$$

Con estos datos leemos λ en el diagrama de Moody (Fig. IV.4).

De allí obtenemos que $\lambda = 0.016$

Sustituyendo λ en la siguiente ecuación tenemos:

$$h_{fs} \substack{1 \\ 1} = \lambda \left(\frac{L}{D} \right) \left(\frac{v^2}{2g} \right)$$

$$h_{fs} \substack{1 \\ 1} = 0.016 \left(\frac{6 \text{ mts.}}{0.2286 \text{ mts.}} \right) \left(\frac{2 \text{ mts./seg}^2}{2(9.81 \text{ mts./seg}^2)} \right)$$

$$h_{fs} \substack{1 \\ 1} = 0.856 \text{ mts.}$$

Pérdidas Secundarias en la Succión

Seguiremos el método de longitud equivalente el cual consiste en:

Catalogar las pérdidas como la longitud en metros de un trozo de tubería del mismo diámetro que produciría la misma pérdida de carga que el accesorio en cuestión. A continuación se aplicará la ecuación fundamental de pérdidas primarias considerando la sumatoria de todas las longitudes equivalentes de esa sección.

El siguiente nomograma (Fig. IV.5) es utilizado para la obtención de las longitudes equivalentes.

Considerando la necesidad de contar con los tres accesorios mencionados a continuación, procederemos a la obtención de su longitud equivalente (L_e) con el mencionado nomograma.

- a) Válvula de pie con alcachofa
- b) Codo de 90°
- c) Reducción excéntrica

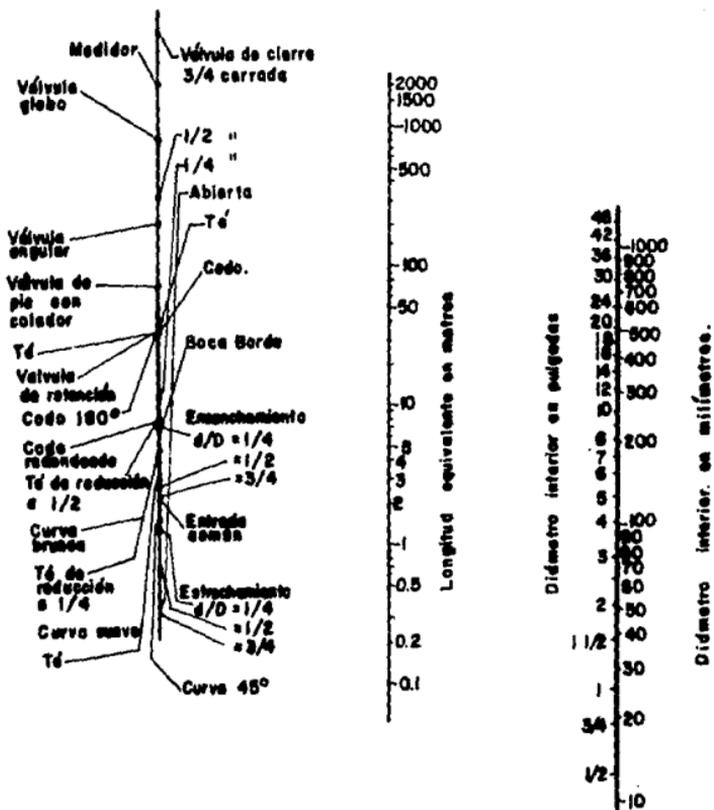


FIG. IV. 5

a) Longitud equivalente de la válvula de pie con alcachofa

$$Le = 23 \text{ mts.}$$

b) Longitud equivalente del codo de 90°

$$Le = 16 \text{ mts.}$$

c) Longitud equivalente de reducción excéntrica

$$Le = 3.5 \text{ mts.}$$

$$\Sigma Le = 42.5 \text{ mts.}$$

Aplicando ahora la ecuación de pérdidas primarias:

$$h_{fs} = \lambda \left(\frac{\Sigma Le}{D} \right) \left(\frac{v^2}{2g} \right)$$

$$h_{fs} = 0.016 \left(\frac{42.5 \text{ mts.}}{0.2286 \text{ mts.}} \right) \left(\frac{(2 \text{ mts./seg.})^2}{2(9.81 \text{ mts./seg}^2)} \right)$$

$$h_{fs} = 0.6062 \text{ mts.}$$

2

Sumando pérdidas primarias y secundarias obtendremos las pérdidas totales en la succión:

$$h_{fs} = h_{fs_1} + h_{fs_2}$$

$$h_{fs} = 1.46 \text{ mts.}$$

IV.5 DESCARGA

Calculando el diámetro requerido en la descarga aplicamos la fórmula:

$$Q = VA$$

Pero
$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$Q = V \times \frac{\pi D^2}{4}$$

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{V}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 (48.6 \text{ lts./seg.})}{(2 \text{ mts./seg.})(3.1416)}}$$

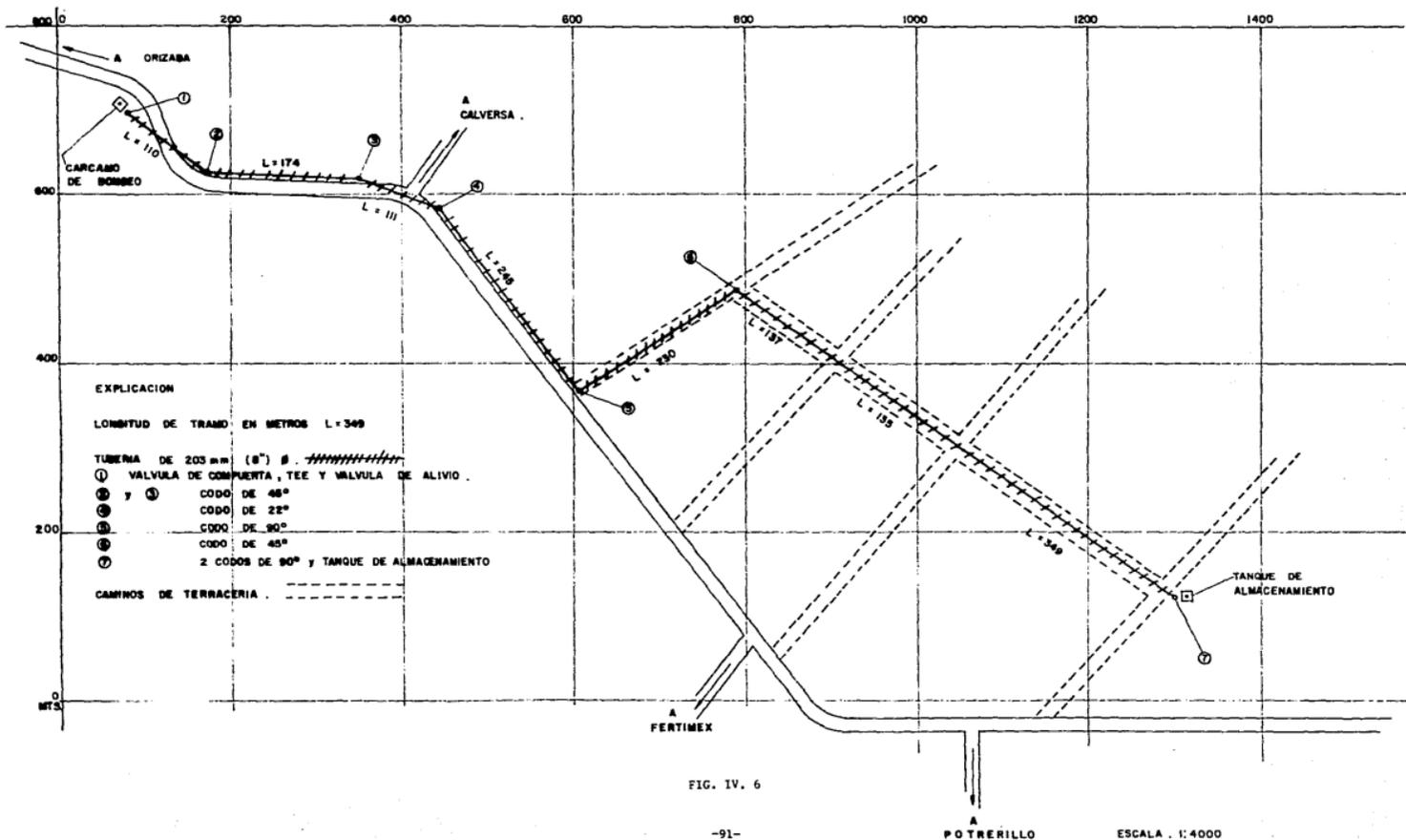
$$D = 0.1758 \text{ mts.} = 6.9 \text{ pulg.}$$

Con objeto de cumplir con la ley de la hidráulica que recomienda una mayor succión que descarga, usaremos el diámetro comercial de 8 pulg. a la descarga.

La tubería de descarga tiene una longitud de 1491 mts. la cual está complementada con los siguientes accesorios:

- a) una válvula de compuerta
- b) una tee
- c) una válvula de alivio
- d) tres codos de 90°
- e) dos codos de 45°
- f) dos codos de 22°

Un diagrama esquemático de la conducción (Fig. IV.6 explicará la distribución de estos accesorios.



Pérdidas en la Descarga

El cálculo de las pérdidas primarias está dado por:

$$h_{fd} = \lambda \left(\frac{L}{D} \right) \left(\frac{v^2}{2g} \right)$$

Todos los términos son conocidos excepto λ , por lo cual procederemos a calcularla:

$$\lambda = f \left(\frac{K}{D}, R \right)$$

Calculando $\frac{K}{D}$

Considerando que la tubería es de asbesto cemento y de 8 pulg. de diámetro.

$$K = 0.8 \text{ mm.}$$

$$\frac{K}{D} = \frac{0.8 \text{ mm.}}{203.2 \text{ mm.}} = 0.004$$

$$\frac{K}{D} = 0.0040$$

Calculando el número de Reynolds

$$R = \frac{VD}{\nu}$$

Donde R = número de Reynolds

V = velocidad del agua

D = diámetro de la tubería

ν = viscosidad cinemática del agua

$$R = \frac{(2 \text{ mts./seg.}) (0.2032 \text{ mts.})}{1.01 \times 10^{-6} \text{ mts.}^2/\text{seg.}}$$

$$R = 4.000 \times 10^5$$

Leyendo λ en el diagrama de Moody (Fig. IV.4)

$$\lambda = 0.031$$

$$\text{Sustituyendo } h_{fs} = (0.031) \left(\frac{1491 \text{ mts.}}{0.2032 \text{ mts.}} \right) \left(\frac{(2 \text{ mts./seg.})^2}{2(9.81 \text{ mts./seg.}^2)} \right)$$

$$h_{fd} = 44.7 \text{ mts.}$$

1

Pérdidas Secundarias en la Descarga

Seguiremos el método de longitud equivalente el cual consiste en:

Catalogar las pérdidas como la longitud en metros de un trozo de tubería del mismo diámetro que produciría la misma pérdida de carga que el accesorio en cuestión. A continuación se aplicará la ecuación fundamental de pérdidas primarias considerando la sumatoria de todas las longitudes equivalentes de esa sección.

El nomograma de longitudes equivalentes (ver Fig. IV.5) es utilizado para conocer en metros la pérdida de carga originada por ese accesorio.

Los accesorios de los cuales necesitamos conocer su longitud equivalente son:

- a) una válvula de compuerta
- b) una tee
- c) una válvula de alivio

d) tres codos de 90°

e) dos codos de 45°

f) dos codos de 22°

a) Longitud equivalente de la válvula de compuerta

$$Le = 1.0 \text{ mts.}$$

b) Longitud equivalente de la tee

$$Le = 3.1 \text{ mts.}$$

c) Longitud equivalente de la válvula de alivio. Debido a que esta válvula está conectada a la tee no causa pérdidas.

d) Longitud equivalente del codo de 90°

$$Le = 3.2 \text{ mts.} \times 3 = 9.6 \text{ mts.}$$

e) Longitud equivalente del codo de 45°

$$Le = 2.3 \text{ mts.} \times 2 = 4.6 \text{ mts.}$$

f) Longitud equivalente del codo de 22°

$$Le = 1.7 \text{ mts.} \times 2 = 3.4 \text{ mts.}$$

$$\sum Le = 21.7 \text{ mts.}$$

Aplicando ahora la ecuación de pérdidas primarias:

$$h_{fd} = \lambda \frac{\sum Le}{D} \frac{v^2}{2g}$$

$$h_{fd} = 0.031 \left(\frac{21.7 \text{ mts.}}{0.2032 \text{ mts.}} \right) \left(\frac{(2 \text{ mts./seg.})^2}{2(9.81 \text{ mts./seg}^2)} \right)$$

$$h_{fd} = 0.67 \text{ mts.}$$

Sumando pérdidas primarias y secundarias obtendremos las pérdidas totales en la descarga:

$$h_{fd} = h_{fd1} + h_{fd2}$$

$$h_{fd} = 45.37 \text{ mts.}$$

IV.6 CALCULO DE NPSH

Este término es mejor conocido como carga positiva neta de succión y es un parámetro fundamental para la selección de una bomba, se define como la altura manométrica en unidades lineales en la brida de succión de la bomba, referida a su eje, menos la presión de vapor del líquido en unidades lineales, menos las pérdidas por fricción en la tubería de succión.

Esta dada por la ecuación:

$$NPSH = hb - (hs + h_{fs} + P_v)$$

Donde $hb =$ presión atmosférica (1,200 snm) = $0.89 \frac{kg.}{cm.^2}$

$hs =$ altura del espejo de agua a la brida de succión
 $= 180$ cms.

$h_{fs} =$ pérdidas en la succión = 146 cms.

$P_v =$ presión de vapor de agua a $15^\circ C = 0.0176 \frac{kg.}{cm.^2}$

Convirtiendo hb y P_v en unidades congruentes tenemos:

$$P_a = hb \gamma$$

$$h_b = \frac{P_a}{\gamma}$$

$$h_b = \frac{0.89 \text{ kg./cm}^2}{1000 \text{ kg./m}^3}$$

$$h_b = 890 \text{ cms.}$$

transformando Pv

$$P_v = \frac{0.0176 \text{ kg./cm}^2}{1000 \text{ kg./m}^3}$$

$$P_v = 17.6 \text{ cms.}$$

sustituyendo

$$\text{NPSH} = 890 \text{ cms.} - (180 \text{ cms.} + 146 \text{ cms.} + 17.6 \text{ cms.})$$

$$\text{NPSH} = 546.4 \text{ cms.}$$

$$\text{NPSH} = 5.46 \text{ mts.}$$

IV.7 CAVITACION

Con objeto de asegurar que el fenómeno de cavitación no se presente en este sistema, se procederá a comprobar que la presión en la brida de succión de la bomba, es mayor que la presión de saturación de vapor del agua a esa misma temperatura.

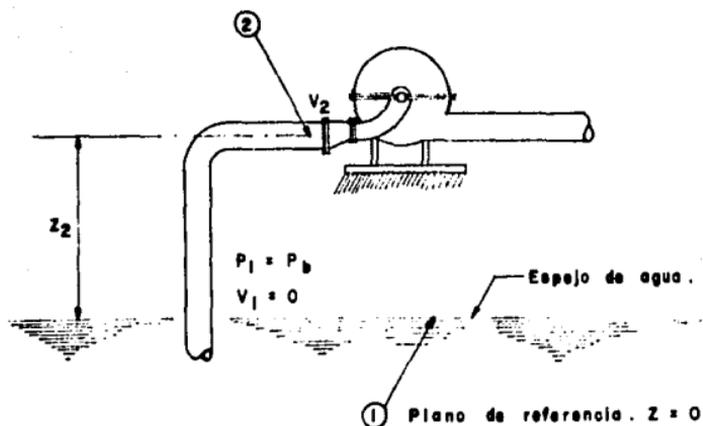


FIG. IV. 7

Con Bernoulli

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + z_1 - h_{fs} = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + z_2$$

Donde $z_1 = 0$

$v_1 = 0$

$$P_2 = \left(\frac{P_1}{\gamma} - \frac{v_2^2}{2g} - z_2 - h_{fs} \right) \gamma$$

Donde

$P_1 = 8470 \frac{\text{kg.}}{\text{m}^2}$ a 1200 mts.

$v_2 = 2 \text{ mts./seg}$

$z_2 = 1.80 \text{ mts.}$

$h_{fs} = 1.46 \text{ mts.}$

$\gamma = 1000 \frac{\text{kg.}}{\text{m}^3}$

$$P_2 = \left(\frac{P_1}{\gamma} - \frac{v_2^2}{2g} - z_2 - h_{fs} \right) \gamma$$

$$P_2 = 5.006 \vec{\text{kg./m}}^2$$

Observamos que $P_2 > P_s$

$$0.5006 \vec{\text{kg./cm}}^2 > 0.0513 \vec{\text{kg./cm}}^2$$

Con esto aseguramos que en este sistema no se presentará el fenómeno de la cavitación.

IV.8 CALCULO DEL GOLPE DE ARIETE Y PRESION DE TRABAJO DE LA TUBERIA

Con objeto de seleccionar la tubería adecuada para este sistema, procederemos a realizar un balance de energía, que nos indique la presión máxima en la tubería de descarga.

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + Z_2 + H_{fd}$$

$$Z_1 = 0 \text{ Eje de referencia}$$

$$Z_2 = 28.5 \text{ mts.}$$

$$P_2 = 0.89 \frac{\vec{\text{kg}}}{\text{cm}^2} - 1200 \text{ mts. ssm}$$

$$v_1 = v_2 \text{ no hay variación de velocidad}$$

$$H_{fd} = 66.73 \text{ mts.}$$

$$P_1 = \left(\frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + H_{fd} \right) \gamma$$

$$P_1 = \left(\frac{0.89 \frac{\vec{\text{kg}}}{\text{cm}^2}}{1000 \frac{\vec{\text{kg}}}{\text{m}^3}} + 28.5 \text{ mts.} + 45.37 \text{ mts.} \right) \left(1000 \frac{\vec{\text{kg}}}{\text{m}^3} \right)$$

$$P_1 = \left(\frac{8900 \frac{\vec{\text{kg}}}{\text{m}^2}}{1000 \frac{\vec{\text{kg}}}{\text{m}^3}} + 28.5 \text{ mts.} + 45.37 \text{ mts.} \right) \left(1000 \frac{\vec{\text{kg}}}{\text{m}^3} \right)$$

$$P_1 = 82700 \frac{\vec{\text{kg}}}{\text{m}^2}$$

$$P_1 = 8.27 \text{ kg./cm}^2$$

Basados en una presión de 8.27 kg./cm^2 y considerando que la tubería tendrá que absorber el 20% de la sobrepresión originada por el golpe de ariete, se seleccionó una tubería tipo A-14.

Para conocer la sobrepresión del golpe de ariete procederemos a calcularlo:

$$\Delta P = \rho c v$$

Donde:

ΔP = Sobrepresión por golpe de ariete

ρ = Densidad del fluido (agua)

c = Velocidad de propagación de la onda

v = Velocidad del fluido

$$\Delta P = (102.8 \text{ kg. seg.}^2/\text{m}^4) (1415.0 \text{ mts./seg.}) (2 \text{ mts./seg.})$$

$$\Delta P = 290,924 \text{ kg./m}^2$$

$$\Delta P = 29.09 \vec{\text{kg./cm}}^2$$

De esta sobrepresión el 20% (5.81 kg./cm²) lo tendrá que absorber la tubería y el 80% (23.28 kg./cm²) restante lo disipará la válvula de alivio.

Por lo tanto, la presión de trabajo de la tubería será:

$$\Delta P_T = P_1 + 20\% \text{ golpe de ariete}$$

$$\Delta P_T = 8.20 \vec{\text{kg./cm}}^2 + 5.8 \vec{\text{kg./cm}}^2$$

$$\Delta P_T = 14.0 \vec{\text{kg./cm}}^2$$

IV. 9 DETERMINACION DEL EQUIPO DE BOMBEO

Para conocer las características del equipo de bombeo requerido por el sistema, se deberá conocer primeramente la potencia de salida de la bomba, la cual está dada por la ecuación.

$$Pot_B = \gamma QH_B$$

Donde:

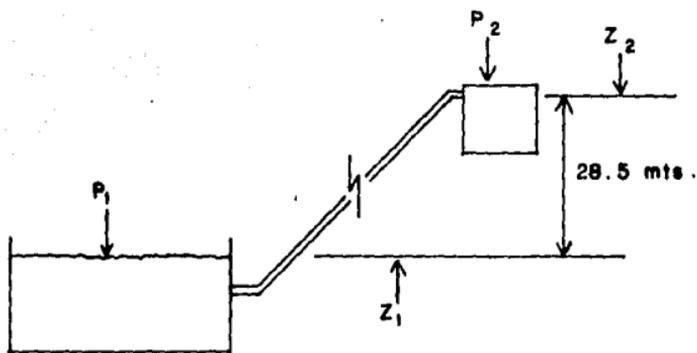
$$Pot_B = \text{Potencia de la bomba}$$

$$\gamma = \text{Peso específico del agua (1000 kg./m}^3\text{)}$$

$$Q = \text{Gasto}$$

$$H_B = \text{Carga de la bomba}$$

Para conocer la carga de la bomba, se realiza un balance de energía del espejo de agua al tanque de almacenamiento. (Fig. IV.8)



Z_1 = ESPEJO DE AGUA

Z_2 = DESCARGA AL TANQUE DE ALMACENAMIENTO.

$P_1 = P_2 =$ PRESION ATMOSFERICA .

FIG. IV. 8

Escribiendo la ecuación de Bernoulli para este sistema

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + Z_1 + H_B = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + Z_2 + H_f$$

Donde:

$$P_1 = P_2 = \text{Presión atmosférica}$$

$$\frac{v_1^2}{2g} = \frac{v_2^2}{2g} = 2 \text{ mts./5g}$$

$$Z_1 = 0$$

$$Z_2 = 28.5 \text{ mts.}$$

$$H_f = H_{fs} + H_{fd} = 46.83 \text{ mts.}$$

Despejando H_B :

$$H_B = (Z_2 - Z_1) + H_f$$

$$H_B = 28.5 \text{ mts.} + 46.83 \text{ mts.}$$

$$H_B = 75.33 \text{ mts.}$$

Sustituyendo H_B en la fórmula de potencia:

$$\text{Pot}_B = (1000 \frac{\text{kg.}}{\text{m}^3}) (48.6 \text{ lts./seg.}) (75.33 \text{ mts.})$$

$$\text{Pot}_B = (1000 \vec{\text{kg.}}/\text{m}^3) (0.048 \text{ m}^3/\text{seg.}) (75.33 \text{ mts.})$$

$$\text{Pot}_B = 3,615.84 \vec{\text{kg.}} \text{ m./seg.}$$

$$\text{Pot}_B = (3,615.84 \vec{\text{kg.}} \text{ m./seg.}) \left(\frac{1 \text{ HP}}{(76 \text{ kg. m./seg.})} \right)$$

$$\text{Pot}_B = 47.57 \text{ H.P.}$$

Sumarizando el equipo deberá tener las siguientes características:

- . Tubería de Succión Acero 8" de diámetro
- . Tubería de Descarga Asbesto - cemento 8" de diámetro
- . Bomba 56 H. P. Potencia nominal
- . Carga Total 76 mts.
- . NPSH 5.46 mts.

IV. 10 TANQUE DE ALMACENAMIENTO

Con el propósito de tener un sistema de bombeo integrado únicamente por una bomba y un motor eléctrico, se ha identificado un tanque de almacenamiento con una capacidad de 1,050,000 lts. lo cual nos proporciona una cantidad de agua de reserva para cubrir las necesidades del poblado, durante un día, tiempo que se ha estimado necesario para mantenimiento y reparaciones del equipo de bombeo.

En este estudio se menciona únicamente la capacidad requerida ya que su diseño y cálculo compete al área civil.

CAPITULO V

" ELECCION DEL EQUIPO DE BOMBEO "

CONTENIDO :

- V.1 CONDICIONES DE OPERACION Y EQUIPO REQUERIDO
- V.2 EQUIPO SELECCIONADO
- V.3 ANEXOS

V.1 CONDICIONES DE OPERACION Y EQUIPO REQUERIDO

a) Condiciones de Operación

Sumarizando las condicines de operación del equipo, tenemos que el agua se captará del manantial "Ojo de Agua" y se descargará a razón de 48.6 lts./seg., a un tanque de almacenamiento localizado a 1500 mts. de la fuente con una diferencia de niveles de 28.5 mts.

Con esta capacidad instalada, se asegura cubrir los requerimientos de Potrerillo, Ver. considerando una población proyectada de 7,000 hab. para el año 2000.

El equipo funcionará automáticamente con un control de niveles en el tanque de almacenamiento activando éste cuando el agua esté en su nivel mínimo permisible y desactivando cuando llegue a su nivel máximo, permitiendo sin embargo, su operación manual cuando el caso así lo requiera.

La bomba se instalará dentro de una casa de bombas con el fin de proteger ésta de las condiciones ambientales así como de el acceso de personas y animales.

Se ha considerado únicamente la instalación de una bomba debido a que el tanque de almacenamiento cuenta con capacidad suficiente para cubrir los requerimientos del poblado durante un día, tiempo que se considera suficiente para la reparación de cualquier avería en el sistema.

b) Equipo Requerido

De acuerdo a los cálculos realizados en el capítulo IV., sabemos que la bomba requerida para este sistema deberá tener una potencia de 64 H. P. y deberá ser de una marca prestigiada con representación en la República Mexicana con el fin de asegurar la disponibilidad de refacciones y un buen servicio de mantenimiento.

V.2 SELECCION DE EQUIPO

Después de realizar una investigación de las bombas existentes en el mercado que satisfacen los requerimientos del sistema, se ha seleccionado una bomba tipo vertical por proporcionar ésta las siguientes ventajas sobre las de tipo horizontal.

- a) Eliminación de pérdida en la succión debido a que se encuentra ahogada
- b) Aseguramiento de que el sistema no se descargará debido a una posible obstrucción en la válvula check.
- c) Los costos de operación de la bomba vertical son menores que los de la horizontal por ser más eficiente.
- d) Vida útil más larga.

Por lo tanto, seleccionamos el equipo que a continuación se describe:

Descripción de la Bomba Vertical

Una bomba vertical tipo turbina marca Fairbanks Morse lubricada por agua y constituida por:

- * Motor eléctrico vertical flecha hueca marca Fairbanks Morse de 75 H. P. - 4 Polos 1770 R.P.M. 3 Ø / 60 CP.S./220-440 V. construcción a prueba de goteo con protecciones contra roedores.

- * Cabezal de descarga modelo 16 1/2 x 8, con brida de descarga de 8" Ø.

- * 10 pies de columna completa de 8 x 1 3/16.

- * Un cuerpo de tazones modelo 12M-7000 de 3 impulsores de 8.6" Ø.

- * Un colador cónico de 8" Ø.

V.3 ANÁLISIS DE COSTOS Y GASTOS.

La factibilidad de instalar un sistema de bombeo en Potrerillo Ver. esta condicionada a la necesidad existente en la región de este servicio, sin embargo, se hace necesario conocer los costos de instalación, con el objeto, de determinar la viabilidad y dar elementos económicos, para la toma de una decisión de inversión.

Ante esta situación y con el objeto de demostrar que el impacto social que generaría es mucho mayor que su costo, pasaremos a analizar los elementos que lo conforman integrando el análisis en las cuatro fases descritas a continuación:

- A) Costos de materiales: Aquí están incluidos los equipos que son necesarios para la instalación del sistema como la bomba, el motor eléctrico, las tuberías, accesorios, etcétera.
- B) Costos por mano de obra: Contempla los gastos por mano de obra especializada que se requiere para la instalación de los equipos.
- C) Costos por obra civil: En estos costos se incluirán las construcciones que pudiera haber tales como, el carcamo la casa de bombas, la instalación de la tubería, ya que esta se instalaría subterránea.
- D) Gastos por permisos: Están considerados todos los gastos preoperativos tales como los permisos de la Comi---

sion Federal de Electricidad para alimentar el sistema, los permisos inherentes del Gobierno del Estado de Veracruz y del Gobierno Federal, para conseguir la autorización de la toma de agua del manantial, la instalación de la bomba, así como la autorización para tender la red de tubería.

El desglose por conceptos se enmarca a continuación:

A) Materiales:

- Tubería de acero de 12" X 6 mts.	\$ 18,072.00
- Un motor eléctrico vertical de 75 HP.	\$1,371,662.00
- Un cabezal de descarga.	\$ 388,700.00
- Una columna de succión de 10 pies.	\$ 171,925.00
- Un cuerpo de tazones con 3 impulsores.	\$ 469,430.00
- Un colador conico.	\$ 15,697.00
- 1500 mts. de tubería de Asbesto-Cemento de 8" de diametro.	\$1,779,750.00
- Siete codos de Asbesto-Cemento de 8" de diametro.	\$ 48,605.00
- Una valvula de alivio y una de compuerta.	\$1,822,029.00
- Material eléctrico.	\$ 100,000.00
	<hr/>
	\$6,185,870.00

E) Mano de obra:

- Instalacion de bomba y accesorios.	\$ 40,000.00
- Instalaciones eléctricas.	\$ 24,500.00
	<hr/>
	\$ 64,500.00

C) Obra civil:

- Instalación de la tubería entre el - manantial y el carcamc.	\$ 30,000.00
- Carcamc.	\$ 250,000.00
- Casa de bombas.	\$ 135,000.00
- Instalación de tubería.	\$ 400,000.00
	<hr/>
	\$ 815,000.00

D) Permisos:

- Debido a que sería una obra para uso del pueblo y realizable por el Go -- bierno se estima un costo de:	\$ 100,000.00
	<hr/>
	\$ 100,000.00

GRAN TOTAL \$7,165,370.00

Nota: Debido a la tasa inflacionaria que vive el país desde --
1982 nos impide garantizar los costos de construcción a largo-

plazo.

Es por ello que se consideran solo para el mes de Julio de ---
1986, siendo necesario incrementarlos de acuerdo al porcentaje
de crecimiento inflacionario en caso de requerir de su actualiz
zación.

V.4 Mantenimiento Preventivo.

Debido a la importancia que tiene el prolongar la vida útil de los equipos instalados en el sistema, es fundamental darles un mantenimiento preventivo, aparte del mantenimiento que recomiendan los fabricantes, esto nos dara la garantia de tener un mejor funcionamiento y una mayor eficiencia en nuestro sistema. En las partes que debemos tener mas cuidado es en las que tienen movimiento o en las que sufren algun tipo de fricción, así como en las que estan expuestas a incrustaciones de sustancias debido al flujo por ellas de algun liquido, como en este caso el agua.

Por esto en las partes que debemos tener mas cuidado, seran la bomba, el motor eléctrico, y las valvulas.

Para esto a continuación se enumeran algunas recomendaciones para el mantenimiento preventivo del equipo:

A) Bomba y motor eléctrico.

- Limpiar el colador conico una vez al mes, para evitar que se acumule basura y lodo en el.
- Limpiar los impulsores y tazones de incrustaciones cada seis meses, y cambiarlos cuando estén desgastados.
- Engrasar, si lo requiere, el balero axial que sostiene la flecha del cuerpo de tazones.
- Checar los carbones y el embobinado del motor eléctrico una vez al mes.

- Revisar que las rejillas de protección del motor eléctrico estén bien, para evitar la entrada de animales al interior de este y puedan dañarlo.
- Cambiar las juntas y empaques del cabezal de descarga una vez al año.

B) Valvula de compuerta.

- Engrasar la cuerda del vastago, así como operar la valvula periodicamente, para evitar el acumulamiento de óxido en sus partes móviles y evitar el atascamiento de estas.
- Rectificar o cambiar los anillos de la compuerta cada año y medio, con el objeto de tener siempre un cierre adecuado.
- Cambiar la junta metálica, situada entre el cuerpo y el bonete, así como los empaques de la valvula para evitar fugas.
- Limpiar las incrustaciones en la valvula una vez al año.

C) Valvula de alivio.

- Disparar la valvula una vez cada seis meses para asegurar su buen funcionamiento.
- Checar la tensión del resorte cada seis meses.
- Engrasar la palanca de Abertura-Cierre cada mes.
- Revisar el funcionamiento de la palanca una vez a la semana.

- Cambiar las juntas y los empaques de la valvula una vez al año para evitar fugas.

- Limpiar de incrustaciones la valvula una vez al año.

El mantenimiento preventivo en la tuberia normalmente no se hace, sino un mantenimiento correctivo en caso de roturas, o algun otro desperfecto en esta.

Cumpliendo con estas recomendaciones, como lo dijimos al principio, podemos alargar la vida de nuestro equipo y evitar así en lo mas posible, el dejar de suministrar el agua al poblado de Potrerillo Veracruz.

CAPITULO VI

"CONCLUSIONES"

VI. CONCLUSIONES

Basados en el estudio desarrollado anteriormente y considerando la necesidad inmediata de satisfacer los requerimientos de la población que integra actualmente y que integrará en el futuro el poblado de Potrerillo, Ver., se recomienda la instalación del sistema de bombeo de agua aquí descrito soportando dicha recomendación por los siguientes parámetros.

La localización de este poblado está a tan sólo 1,500 mts. de una fuente importante de abastecimiento llamada "Manantial Ojo de Agua", el cual cuenta con una capacidad que sobrepasa actualmente las necesidades de suministro de agua a las empresas instaladas en el área así como también al municipio de Ixtacoxquiltlán a donde pertenece.

El asentamiento humano en este poblado ha alcanzado una cifra importante de personas para las cuales, por razones obvias, es indispensable contar con este servicio.

Las condiciones del lugar, se prestan para la instalación del sistema de bombeo sin requerir mayores modificaciones de terreno para el tendido de la línea conductora y la instalación de la caja de bombas.

Existe en México la tecnología y la disponibilidad de equipo con las características que este proyecto requiere, así como también existe la disponibilidad de servicio y refacciones lo suficientemente confiables para

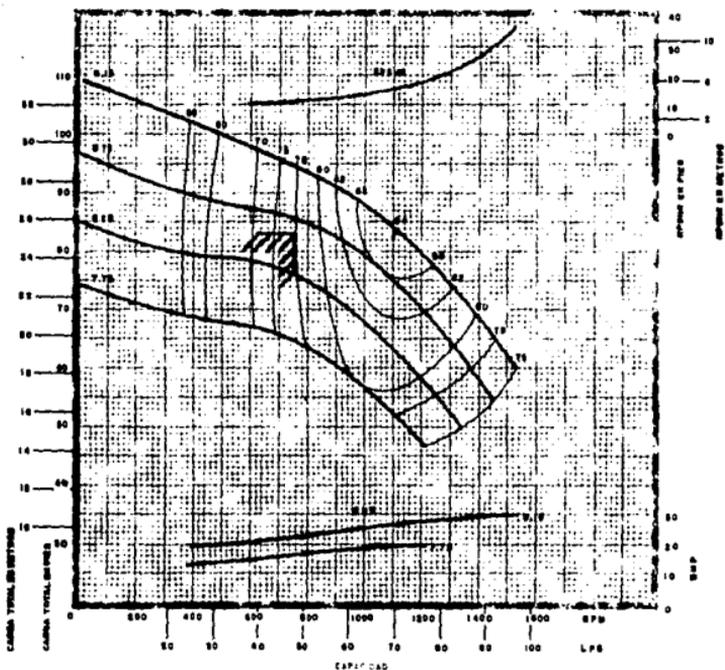
asegurar el buen funcionamiento del equipo en forma permanente.

Finalmente, porque se tiene conocimiento que el gobierno mexicano siempre ha tenido la obligación y el propósito de mejorar el nivel de vida de la clase obrera, y el proyecto aquí propuesto pretende llamar la atención de las autoridades del gobierno del Estado para canalizar por su conducto la realización de uno de los objetivos perseguidos por la actual administración.

" A N E X O S "



MANUFACTURERA FAIRBANKS MORSE S.A. de C.V.



12M
7000
1770
RPM
IMPULSOR
T7EA92

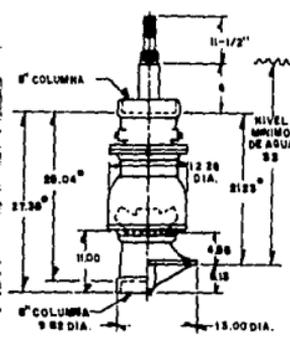
COMPRENSION DE EFICIENCIA

NUMERO DE PASOS	CAMBIO DE EFICIENCIA
1	+25 PUNTOS
2	+15 PUNTOS
3	+05 PUNTOS
4	NO CAMBIA
5	NO CAMBIA
6	MÁS

MATERIAL DEL AZULE	CAMBIO DE EFICIENCIA
FoFa Esmaltado	NO CAMBIA
FoFa Esmaltado	NO CAMBIA

MATERIAL DE IMPULSOR	AMBITO DE EFICIENCIA
FoFa Esmaltado	NO CAMBIA
FoFa Esmaltado	NO CAMBIA

DIMENSIONES (pulgadas)



•AUMENTAR 10.75 POR CADA PASO ADICIONAL

DATOS TÉCNICOS

VALOR	VALOR
2300 RPM	
1-11/16"	
19.14"	
.94"	
11.18 LBS./FT.	
230 LBS.	
108 LBS.	
74"	
1.88 LBS.-FT.	
1.87 LBS.-FT.	
0.147 DIA.	

FAIRBANKS MORSE

Fairbanks Morse

6927

TURBINE

PUMPS

ENCLOSED
IMPELLER
WATER
LUBRICATED

Scientifically designed and precision built turbine pumps

Pumps of the 6927 line are built of the finest materials available and feature highly efficient enclosed impellers and water lubricated line shaft bearings.

Specifications

1. PACKING BOX — The discharge head is designed with extra height so that the packing box is readily accessible at the surface for periodic inspection and adjustment.

2. DRIVE SHAFT — Each drive shaft is made to an exact standard length of high-strength steel for corrosion resistance. A non-corrosive field replaceable sleeve of polished stainless metal is provided on every length at the bearings, and high-strength shaft couplings are accurately machined from bar stock.

3. BEARING RETAINERS — These are of cast bronze and streamlined for minimum friction loss. Correct porting provides essential flushing of grit.

4. PUMP BOWLS — The bowls are made of close-grained, high-tensile cast iron providing greater resistance to corrosion than ordinary cast iron.

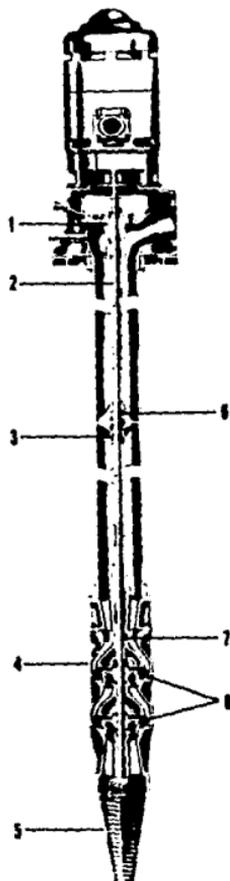
5. SUCTION PIPE AND STRAINER — Suction pipe is machined from dis-

charge column stock and may be coupled to a galvanized cornucopia-type strainer, assuring adequate suction opening and protection from large particles.

6. COLUMN BEARINGS — Water-lubricated revolvable grooved rubber bearings are specifically designed to assure smooth operation, long life, and enduring economy under the most adverse pumping conditions.

7. BOWL BEARINGS — Bronze bearings of adequate length assure correct alignment, and smooth rotation of the pump shaft. Suction bearing grease packed at the factory for permanent lubrication.

8. IMPELLERS — Enclosed impellers are locked securely on the stainless steel impeller shaft. Accurate adjustment of each impeller is assured, and keys are eliminated. A close running clearance is maintained between the impeller and pump bowl. Generous skirt length permits wide axial adjustment.



16922 TURBINE PUMPS

Enclosed Impeller Oil Lubricated



ELECTRIC
DRIVE



COMBINATION
GEARED DRIVE



GEARED
DRIVE

Selecting The TURBINE PUMP

To properly recommend a pump for a specific service, certain information is required. This includes:

- (1) Inside diameter of well or sump dimensions.
- (2) Depth of well or sump.
- (3) Depth to water when pumping.
- (4) Capacity required in G.P.M.
- (5) Draw-down when pumping desired capacity.
- (6) Length and diameter of pipe beyond discharge head.
- (7) Vertical distance from pump base to highest level water is to be raised.
- (8) Type of drive—if the pump is motor driven, give phase, frequency and voltage; if the pump is belt driven, give horsepower and speed in R.P.M. and diameter of pulley.

In case the well is not straight, and of true diameter for its length, a complete description should accompany the inquiry.

DISCHARGE HEADS

Turbine pump discharge heads are designed for mounting electric motors, gear drives, or other drivers to suit local power supply. Illustrated on this page are various types of discharge heads and drives offered with Fairbanks Morse turbine pumps.

Colt Industries



Fairbanks Morse Pump Division

Kansas City, Kansas 64110

PRINTED IN U.S.A.

VERTICAL TURBINE PUMPS APPLICATION AND REFERENCE DATA

DISCHARGE ELBOW FRICTION LOSS CHART

CAPACITY GPM	SIZE DISCHARGE ELBOW				CAPACITY GPM	SIZE DISCHARGE ELBOW				
	2-1/2"	3"	4"	6"		8"	1"	12"	14"	16"
	Friction Loss in Feet									
175	.50				1800	.55				
200	1.00				2000	.90				
250	2.00	.50			2200	1.25				
300	3.30	1.30			2400	1.75	.10			
350	5.90	2.00			2600	2.20	.30			
400		2.80	.25		3000	3.25	.75			
450		3.90	.55		3400	4.40	1.20			
500		5.00	.90		3800	5.70	1.75	.35		
600			1.75		4200		2.35	.65		
700			2.75		4600		3.10	.95		
800			3.90		5000		3.75	1.30	.25	
1000				.45	6000		5.60	2.30	.80	
1200					7000			3.45	1.45	.45
1400					8000			4.60	2.15	.90
1600					9000				3.00	1.40
1800					10000				3.90	1.90
2000					11000				4.90	2.50
2200					12000				6.00	3.10

The above tabulation shows the additional elbow friction losses encountered when handling capacities greater than maximum recommended capacity for a given head.

LINE SHAFT RATING CHART

Shaft Size	hp BHP At Speed Or							Maximum Total Thrust (lb.)	K _s
	3550	1770	1170	880	705	585	100		
1"	117	58	38	29	23	19	3.30	3,780	2.3
1-3/16"	210	105	69	52	41	34	5.92	5,400	4.0
1-1/4"	224	111	73	55	44	36	6.31	5,400	4.2
1-7/16"	381	190	119	89	71	59	10.17	7,900	5.8
1-1/2"	393	196	129	97	78	64	11.07	9,000	6.0
1-11/16"	617	308	203	153	122	100	17.38	11,700	8.1
1-18/16"	905	451	298	224	178	147	25.43	14,700	10.6
2-3/16"		630	418	313	251	208	35.59	19,200	13.6
2-7/16"		836	553	416	333	274	47.23	24,400	17.0
2-11/16"		1120	740	557	446	370	63.28	30,000	21.0

1. Above chart is based on AISI-1045 material.

2. For ratings other than those shown above use the following formula:

$$\text{BHP (Allowed)} = \frac{\text{RPM}}{100} \times \text{BHP @ 100 RPM}$$

Example: 1-11/16" shaft @ 2300 RPM

$$\text{BHP (Allowed)} = \frac{2300}{100} \times 17.38 = 399.7 \text{ HB}$$

3. Multipliers for various line shaft materials.

Type	Multipliers
A18	1.1
304/316	0.6
17-4PH	1.6
Monel	1.0
K-Alloy	1.4

BOWL SHAFT RATING CHART

PUMP	SHAFT DIA.	3550	1770	1170	880	MAX. THRUST LOAD LBS.
800/3H	1"	120	64			3,780
800	1 5/16"	230	116			6,480
1000, 1000C, 1000 11H	1 3/8"	330	199	131		7,320
120, 120C, 120C, 120H	1 1/2"	400	243	158		11,700
1270C, 1260, 1260C, 1260C, 1260H	1 5/8"		320	201	264	15,280
1600C	2 1/16"		390	246	304	19,200
16100C, 1600C, 1600C, 1600C	2 1/16"	1,053	606	374	458	21,420
2000C			720	451	551	29,620
2000C			1,000	616	766	44,880
2600C, 2600C, 2600C	2 7/16"		1,300	821	1,021	67,420

13 Pump shaft ratings based on A18 stainless steel
23 For ratings on shafts other than those shown, use the following formula:

$$\text{BHP @ required RPM} = \frac{\text{BHP @ rated RPM}}{\text{RPM @ rated}} \times \text{BHP @ RPM shown}$$

EXAMPLE: 1 1/16" shaft @ 1650 RPM

$$\text{BHP} = \frac{1170 \text{ RPM}}{1770 \text{ RPM}} \times 330 = 211 \text{ BHP}$$

21 Multipliers for various materials

TYPE	MULTIPLIER
17-4PH	1.1
MONEL	1.0
304/316	0.6

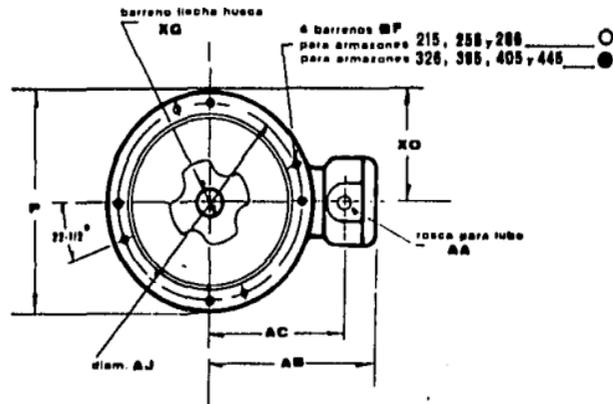
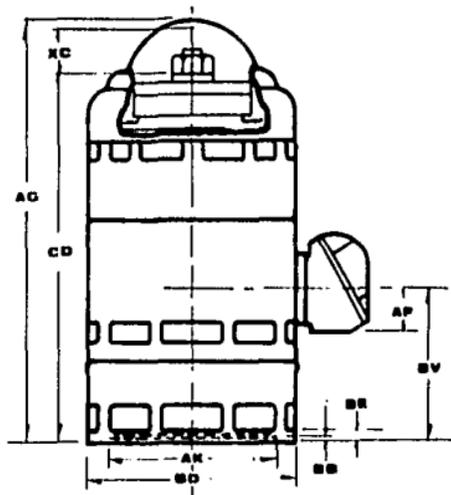
VERTICAL TURBINE PUMPS APPLICATION AND REFERENCE DATA

COLUMN FRICTION LOSS CHART STANDARD COLUMN PIPE - OPEN OR ENCLOSED LINESHAFT LOSS IN FEET OF HEAD PER 100 FEET OF SETTING

Headline Number	Open Line	CAPACITY IN GALLONS PER MINUTE																			
		25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120
2 1/2"	2 1/2"	0.31	0.38	0.45	0.50	0.54	0.58	0.62	0.65	0.69	0.72	0.75	0.78	0.81	0.84	0.87	0.90	0.93	0.96	0.99	1.02
3 1/4"	3 1/4"	0.22	0.28	0.33	0.37	0.41	0.44	0.47	0.50	0.53	0.56	0.59	0.62	0.65	0.68	0.71	0.74	0.77	0.80	0.83	0.86
4 1/4"	4 1/4"																				
4 1/2"	4 1/2"																				
5 1/4"	5 1/4"																				
5 1/2"	5 1/2"																				
6 1/4"	6 1/4"																				
6 1/2"	6 1/2"																				
7 1/4"	7 1/4"																				
7 1/2"	7 1/2"																				
8 1/4"	8 1/4"																				
8 1/2"	8 1/2"																				
9 1/4"	9 1/4"																				
9 1/2"	9 1/2"																				
10 1/4"	10 1/4"																				
10 1/2"	10 1/2"																				

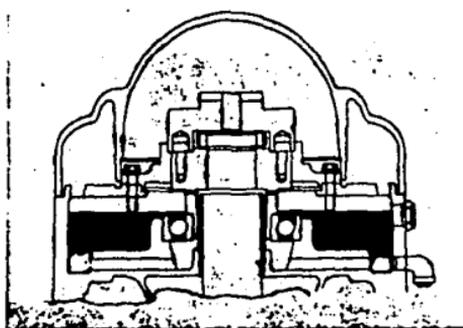
Headline Number	Open Line	CAPACITY IN GALLONS PER MINUTE																			
		125	150	175	200	225	250	275	300	325	350	375	400	425	450	475	500	525	550	575	600
10 1/4"	10 1/4"	1.87	2.05	2.20	2.35	2.50	2.65	2.80	2.95	3.10	3.25	3.40	3.55	3.70	3.85	4.00	4.15	4.30	4.45	4.60	4.75
10 1/2"	10 1/2"	1.81	1.95	2.10	2.25	2.40	2.55	2.70	2.85	3.00	3.15	3.30	3.45	3.60	3.75	3.90	4.05	4.20	4.35	4.50	4.65
11 1/4"	11 1/4"																				
11 1/2"	11 1/2"																				
12 1/4"	12 1/4"																				
12 1/2"	12 1/2"																				
13 1/4"	13 1/4"																				
13 1/2"	13 1/2"																				
14 1/4"	14 1/4"																				
14 1/2"	14 1/2"																				
15 1/4"	15 1/4"																				
15 1/2"	15 1/2"																				
16 1/4"	16 1/4"																				
16 1/2"	16 1/2"																				
17 1/4"	17 1/4"																				
17 1/2"	17 1/2"																				
18 1/4"	18 1/4"																				
18 1/2"	18 1/2"																				
19 1/4"	19 1/4"																				
19 1/2"	19 1/2"																				
20 1/4"	20 1/4"																				
20 1/2"	20 1/2"																				

Headline Number	Open Line	CAPACITY IN GALLONS PER MINUTE																			
		750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300	1350	1400	1450	1500	1550	1600	1650	1700
20 1/4"	20 1/4"	3.80	4.05	4.30	4.55	4.80	5.05	5.30	5.55	5.80	6.05	6.30	6.55	6.80	7.05	7.30	7.55	7.80	8.05	8.30	8.55
20 1/2"	20 1/2"	3.70	3.95	4.20	4.45	4.70	4.95	5.20	5.45	5.70	5.95	6.20	6.45	6.70	6.95	7.20	7.45	7.70	7.95	8.20	8.45
21 1/4"	21 1/4"																				
21 1/2"	21 1/2"																				
22 1/4"	22 1/4"																				
22 1/2"	22 1/2"																				
23 1/4"	23 1/4"																				
23 1/2"	23 1/2"																				
24 1/4"	24 1/4"																				
24 1/2"	24 1/2"																				
25 1/4"	25 1/4"																				
25 1/2"	25 1/2"																				
26 1/4"	26 1/4"																				
26 1/2"	26 1/2"																				
27 1/4"	27 1/4"																				
27 1/2"	27 1/2"																				
28 1/4"	28 1/4"																				
28 1/2"	28 1/2"																				
29 1/4"	29 1/4"																				
29 1/2"	29 1/2"																				
30 1/4"	30 1/4"																				
30 1/2"	30 1/2"																				



ARMAZON	Diam. C. Conex.		AB	AC	AP	AO	Diam. AJ	AK	BB	ØØØ ØD	ØØØ ØE	Diam. Ø.					
	P	AA										ØP	ØV	CD	KC	KO	KO
215	222.0 (18-210)	18 (Ø14)	215.7 (18-210)	172 (18-170)	62.6 (18-110)	425.3 (18-112)	231.0 (18-112)	206.0 (18-114)	4.0 (Ø7/8)	224 (18)	12.7 (11/2)	11.1 (7/16)	172.5 (17)	432.0 (17-114)	25.7 (1-Ø10)	22.0 (1-110)	131.0 (18-310)
255	320.7 (18-310)	Ø1	227.0 (18-210)	210.7 (18-210)	60.1 (18-Ø1/8)	623 (18-101/8)	231.0 (18-110)	206.0 (18-114)	6.3 (1/4)	204.0 (12)	15.5 (12)	11.1 (7/16)	220 (18-114)	320.0 (18-110)	64 (1-114)	31.6 (1-114)	180.3 (18-Ø1/8)
285	330.0 (14)	Ø1.75 (1-114)	222.1 (18-214)	228.0 (Ø)	60.1 (18-Ø1/8)	714.4 (18-110)	231.0 (18-110)	206.0 (18-114)	6.3 (1/4)	204.0 (12)	15.5 (12)	11.1 (7/16)	200.4 (18-114)	320.0 (18-Ø1/8)	64 (1-110)	31.0 (1-114)	172.0 (17)
320	329.7 (18-112)	Ø6.1 (1-112)	214.3 (18-110)	222.0 (18-110)	77.0 (18-114)	722.0 (18-101/2)	274.0 (14-214)	242.0 (12-112)	6.3 (1/4)	210.1 (16-112)	10 (Ø14)	17.0 (11/16)	200.0 (18-114)	320.0 (17-110)	Ø7.7 (1-Ø10)	22.7 (1-Ø10)	190.0 (17-314)
385	444.0 (17-112)	Ø6.0 (1)	316.0 (18-110)	290.3 (18-110)	150 (1-114)	811.0 (18-7/8)	274.0 (14-214)	242.0 (12-112)	6.3 (1/4)	210.1 (16-112)	22.0 (11/8)	17.0 (11/16)	220.0 (12)	320.0 (18-Ø1/8)	Ø6.0 (1-Ø10)	22.7 (1-Ø10)	227.2 (18-214)
405	429.0 (18-112)	Ø6.0 (1)	320.0 (17-210)	228.0 (18-110)	140.1 (18-Ø1/8)	1190.0 (14-Ø1/8)	274.0 (14-214)	242.0 (12-112)	6.3 (1/4)	210.1 (16-112)	22.4 (11/8)	17.0 (11/16)	227 (18-121/2)	320 (18-Ø1/8)	Ø6.0 (1)	27.6 (1-110)	247.7 (18-214)
440	526.0 (12)	Ø5.0 (1-112)	400.0 (18-210)	300.4 (18-Ø1/8)	140.1 (18-Ø1/8)	1261.4 (14-7/8)	274.0 (14-214)	242.0 (12-112)	6.3 (1/4)	200 (16)	22.0 (1-110)	17.0 (11/16)	400.1 (18-Ø1/8)	1112.0 (14-131/8)	Ø6.0 (1-Ø10)	27.6 (1-110)	270.4 (11)
2400	722.0 (18-112)	10.0 (1)	520.0 (18-Ø1/8)	477.0 (18-121/2)	164.1 (17-114)	1000.0 (18-110)	274.0 (14-214)	242.0 (12-112)	6.3 (1/4)	222.0 (18-Ø1/8)	22.0 (1-110)	17.0 (11/16)	220-Ø1/8 (18-Ø1/8)	1400.4 (18-Ø1/8)	Ø5.0 (1-Ø10)	27.6 (1-Ø10)	261.0 (14-114)

MOTORES VERTICALES KZKV3



COJINETES

Los motores VERTICALES FM TIPO KZKV3 cuentan con un cojinete de bolas en la parte superior para resistir cargas axiales y uno en la parte inferior para cargas radiales, proporcionando ambos una operación suave y silenciosa. El mantenimiento exigido es mínimo, reduciéndose a una lubricación anual que garantiza ocho horas diarias de operación. Se recomienda grasa hasta 15 C.P., 4 polos y aceite en capacidades superiores.

TAPAS, BASES, SOPORTE SUPERIOR, BRIDAS Y FLECHAS

Los soportes, bases y tapas están construidas en una sola pieza de hierro gris, facilitando el montaje y garantizando resistencia al transporte y manejo del motor. Las bases cuentan con dimensiones de barrenado de acuerdo con normas NEMA y el motor está adaptado para poderse acoplar distintas bases en un rango determinado.

La tapa superior de hierro gris está complementada con sellos de hule en los barrenos para evitar entrada de humedad.

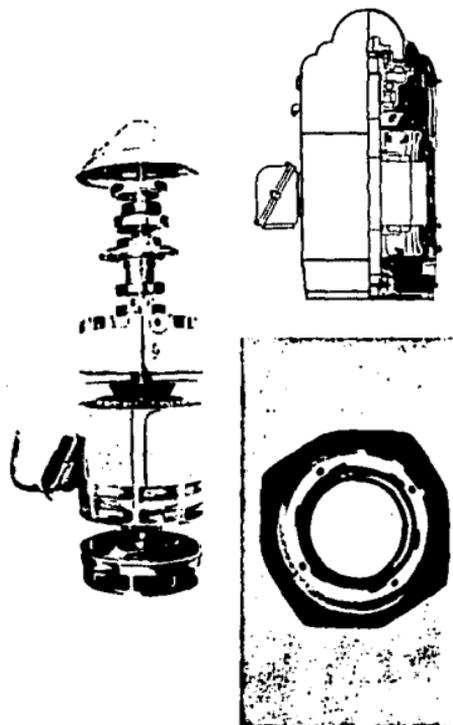
VENTILACION

Ventilación forzada, tanto en el cabezal superior como en el inferior que garantiza enfriamiento completo y eficiente en el motor.

OTRAS VENTAJAS EXCLUSIVAS

Flechas huecas en todas las capacidades, pudiendo proporcionarse también flechas sólidas.

Sistema exclusivo de freno de no retroceso, que proporciona un seguro instantáneo y completo para impedir el cambio en el sentido de rotación. Tiene además la versatilidad de poderse instalar indistintamente para cualquier sentido de rotación.



TARLA DESCRIPTIVA DE MOTORES VERTICALES TIPO KZKV3 EN 3 FASES, 50/60 CICLOS, 220/410 V.

C.P.	R.P.M.	ALMAZON	ESTILO	PESO KG.
3	1500 1800	215	D1983 3Y	74 700
	1000 1200	215	D1060 1	74 700
	750 900	256	D1098 2Y	131 400
5	3000 3600	215	D2078 3Y	74 000
	1500 1800	215	D1821 4Y	84 000
	1000 1200	256	D1022 2Y	136 000
	750 900	256	D1136 1Y	150 000
7.5	3000 3600	215	D2079 3Y	84 000
	1500 1800	256	D2313 4Y	131 000
	1000 1200	256	D1075 1Y	150 000
	750 900	286	D1059 1Y	204 000
10	3000 3600	256	D1200 2Y	131 000
	1500 1800	256	D2020 2Y	136 000
	1000 1200	286	D1718 1Y	204 000
	750 900	286	D1143 2	221 000
15	3000 3600	256	D1039 1Y	152 000
	1500 1800	286	D1400 5Y	197 000
	1000 1200	296	D1505 1Y	197 000
	750 900	326	D1534 1Y	272 000
20	3000 3600	286	D1207 3Y	199 000
	1500 1800	286	D1225 2Y	215 000
	1000 1200	326	D1020 2	249 000
	750 900	365	D2822-Y	358 000
25	3000 3600	286	D1293 2Y	211 000
	1500 1800	326	D2143 7Y	254 000
	1000 1200	365	D2211 2Y	362 000
	750 900	365	D2179 2Y	385 000
30	3000 3600	326	D3589 2Y	258 000
	1500 1800	326	D2147 3Y	265 000
	1000 1200	365	D2176 2Y	376 000
	750 900	405	D2513 4Y	498 000
40	3000 3600	326	D1196 1Y	272 000
	1500 1800	365	D2145 6Y	376 000
	1000 1200	405	D2514 1Y	516 000
	750 900	405	D2367 2Y	535 000
50	3000 3600	365	D2318 2D	372 000
	1500 1800	365	D2122 6Y	399 000
	1000 1200	405	D2366 2Y	539 000
	750 900	445	D3786B-1Y	702 000
60	1500 1800	405	D4265B 1Y	553 000
	1000 1200	445	D4621B 1Y	707 000
	750 900	445	D2603 4Y	725 000
75	1500 1800	405	D3193H 1Y	589 000
	1000 1200	445	D3392B 1Y	752 000
	750 900	415	629259	780 000
100	1500 1800	445	D2449 4Y	759 000
	1000 1200	445	00625130	825 000
	750 900	445	622165	865 000
125	1500 1800	445	D2452 4Y	770 000
	1000 1200	445	00625007	890 000
	750 900	2485	00625353	1050 000
150	1500 1800	445 2485	ALEX 041	935 000 1100 000
	1000 1200	2485	627102	1200 000
	750 900	2485	627105	1200 000
200	1500 1800	445	622159 X	1270 000
	1000 1200	445	622159 X	1270 000
	750 900	2485	622159 X	1270 000
250	1500 1800	445	622159 X	1270 000
	1000 1200	445	622159 X	1270 000
	750 900	2485	622159 X	1270 000
300	1500 1800	445	622159 X	1270 000
	1000 1200	445	622159 X	1270 000
	750 900	2485	622159 X	1270 000

BIBLIOGRAFIA

1. BOMBAS CENTRIFUGAS
WORTHINGTON

2. FLOW OF FLUIDS
CRANE

3. MECANICA DE LOS FLUIDOS E HIDRAULICA
RAMALD V. GILES

4. MECANICA DE FLUIDOS Y MAQUINARIAS HIDRAULICAS
CLAUDIO MATAIX