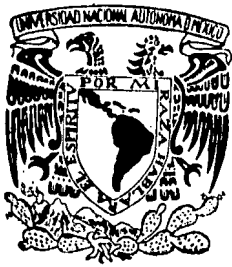


100
2/2/85



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA

**ESTACIONES DE BOMBEO PARA
AGUAS NEGRAS**

T E S I S

Que para obtener el Título de:

INGENIERO CIVIL

Presenta:

Gilberto Isaias López Vite



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.

C O N T E N I D O

CAPITULO		PAGINA
I	INTRODUCCION	1
II	CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO.	4
II.1	REQUISITOS QUE DEBEN CUMPLIR	4
II.2	TIPOS DE ESTACIONES	8
II.3	LOCALIZACION DE LAS ESTACIONES	9
II.4	FUNCIONAMIENTO	10
III	BOMBAS	12
III.1	CLASIFICACION	12
III.2	CARACTERISTICAS HIDRAULICAS DE LAS BOMBAS	20
III.3	CURVAS CARACTERISTICAS	24
III.4	CALCULO DE LA CAPACIDAD DE LAS BOMBAS	28
IV	CARCAMOS	35
IV. 1	CLASIFICACION DE LOS CARCAMOS	35
IV. 2	DIMENSIONES DE LOS CARCAMOS	39
V	DISEÑO DE UNA ESTACION DE BOMBEO	46
V .1	CALCULO DE BOMBAS.....	47
V .2	DIMENSIONAMIENTO DEL CARCAMO.....	57
V .3	OPERACION Y MANTENIMIENTO	67
VI	CONCLUSIONES	83

CAPITULO I

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

La vida en las comunidades organizadas no puede existir sin los servicios de abastecimiento de agua potable y eliminación de las aguas residuales.

Estos son servicios que los habitantes no pueden proporcionarse por sí mismos, y que son, por lo tanto, responsabilidades de la comunidad.

En donde exista un abastecimiento de agua potable se producirán aguas negras, si no se eliminan adecuadamente pueden crear molestias intolerables y producir enfermedades.

Para evitar lo anterior, es necesario el proyecto, construcción y operación de las obras necesarias para proporcionar un sistema de eliminación de las aguas negras.

Esto requiere un alto grado de habilidad y de criterio, debido a la naturaleza del trabajo y por que cada fase del problema involucra la salud de los ciudadanos.

Las obras de eliminación de las aguas negras son un renglón importante en el presupuesto de las comunidades, tanto en su construcción inicial como en su operación y mantenimiento.

Dentro de las obras de eliminación de las aguas negras cabe mencionar -- las de bombeo. Una característica importante del bombeo de aguas negras es la de operar sin obstrucciones y por lo general las aguas negras contienen trapos, varas y mucho otro material que tiende a dificultar el -- bombeo. Como una precaución más, el interior de la bomba debe ser accesible para su limpieza y remoción de obstrucciones.

Por otra parte, ya que la carga generalmente es pequeña, la eficiencia -- es de menor importancia para la mayoría de las instalaciones. En áreas planas, es probable que algunas partes de las líneas de alcantarillado -- estén muy profundas. Por ejemplo, una línea de 10" estará tendida, generalmente, con una pendiente de 2.5 a 3 milésimas. Si la profundidad de su extremo superior es de 2.5 m. la profundidad después de 915 m. será -- de 4.80 m. o 5.25 m.

La construcción a estas profundidades es costosa, y puede ser deseable -- una estación para subir el nivel. También se puede necesitar una instalación de bombeo en donde la línea de alcantarillado tenga que alcanzar al colector o la planta de tratamiento.

Una estación de bombeo, para aguas negras consiste generalmente de un -- cárcamo en donde se captan las aguas negras. Dos o más bombas de aguas negras, y un mecanismo de control apropiado para arrancar y parar las -- bombas de acuerdo al llenado del cárcamo y, después arrancarlas, de acuerdo con la extracción de las aguas negras.

Si no es posible proporcionar dos fuentes de energía o potencia de reserva en una estación, ésta deberá estar protegida contra daños debido a un sobreflujo mediante un desagüe apropiado de las aguas negras.

CAPITULO II

CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO

Las estaciones de bombeo pueden definirse como el conjunto de las instalaciones que se requieren para conducir el agua mediante bombas de un punto a otro, esto es, en estaciones de bombeo de aguas residuales en las cuales se eleva el flujo desde un nivel inferior a otro superior inmediatamente adyacente.

II.1 REQUISITOS QUE DEBEN DE CUMPLIR:

ASPECTOS GENERALES

Partes de una estación de bombeo:

Atendiendo a las diferentes partes que constituyen una estación de bombeo, se puede efectuar una relación de los elementos más importantes que deben considerarse para un diseño en general, agrupándolos dentro de la rama de la ingeniería de que se trata y así se tienen:

OBRAS DE INGENIERIA CIVIL.

- . Captación
- . Alimentación
- . Succión o cárcamo
- . Conducción al cárcamo de bombeo
- . Descarga

- . Casa-Habitación del personal
- . Patio de maniobras
- . Caseta de controles
- . Oficina y administración
- . Caminos de acceso
- . Protección de las instalaciones
- . Otros.

OBRAS DE INGENIERIA MECANICA

- . Equipo de bombeo
- . Equipo hidromecánico de protección y control
- . Accesorios y otros
- . Equipo de medición del agua bombeada
- . Equipo de operación y mantenimiento
- . Equipo de suministro de combustible

OBRAS DE INGENIERIA ELECTRICA

- . Línea de transmisión
- . Subestación
- . Equipo de medición
- . Equipo de control y protección
- . Alimentación de baja tensión
- . Alumbrado

DATOS FUNDAMENTALES PARA UN DISEÑO

Para efectuar el diseño de una estación de bombeo, es necesario conocer varios datos de los cuales, los fundamentales se pueden relacionar como sigue:

- . Localización geográfica
- . Acceso al sitio
- . Vías de comunicación
- . Objetivo de la estación
- . Capacidad
- . Características físico-químicas del agua
- . Geológicos
- . Hidrológicos
- . Topográficos
- . Climatológicos
- . Características hidrológicas del sistema
- . Limitaciones del proyecto
- . Energéticos disponibles y posibilidades futuras
- . Equipo de emergencia necesario
- . Materiales de construcción de la zona
- . Factibilidad de mano de obra

E S T U D I O S

Como en toda obra hidráulica antes de proceder a la elaboración de un proyecto de bombeo será necesario efectuar una serie de estudios, me --

diante los cuales se conocerán los datos para hacer el proyecto y planear la construcción, operación y mantenimiento del sistema.

Es recomendable que las personas que tratan con algún aspecto en el proyecto de una estación conozca los estudios realizados, la forma en que se efectuaron y las diferentes conclusiones de cada uno de ellos.

Los estudios necesarios y la rigurosidad de los mismos estarán supeditados a la magnitud de la obra y al uso del agua, debiéndose conocer la veracidad y confiabilidad de éstos, así como de la capacidad técnica de el personal encargado de su ejecución y la posible variación de los resultados con el transcurso del tiempo.

En forma general los estudios previos pueden agruparse de la siguiente manera:

ESTUDIOS PREVIOS:

- . Visita de inspección al sitio de proyecto
- . Estudios socioeconómicos
- . Estudios técnicos
- . Anteproyecto y conclusiones.

ESTUDIOS DEFINITIVOS:

Servirán para determinar las características físicas del sitio, y en general los datos concretos para el diseño del proyecto más viable que se

determinó con los estudios preliminares. Se agrupan en:

- . Topográficos
- . Hidrológicos
- . Geológicas
- . Mecánica de suelos
- . Agrológicos
- . Socio-económicos
- . Relativos al agua

II.2 TIPOS DE ESTACIONES.

Las estaciones de bombeo se han clasificado de diversas maneras ninguna satisfactoria en realidad, atendiendo a su capacidad (litros/minuto, millones de litros/día), a la fuente de energía (diesel, vapor o electricidad), o al método de construcción.

En la tabla siguiente se muestra una clasificación basada en la capacidad:

CLASE	INTERVALO DE CAPACIDAD LTS/MIN
GRANDE	57,000 m ³ /día y superiores*
MEDIA	2,700 - 38,000
PEQUEÑA	760 - 2,700
MONOBLOCK	380 - 6,000
EYECTOR NEUMATICO	Menos de 2,300

* Las grandes estaciones de bombeo se clasifican por su capacidad en m^3/dfa .

Como se indica en la tabla, existe un considerable solape en las capacidades de las estaciones de bombeo de plantas monoblock, de las pequeñas y de tipo medio. Este solape existe también entre las pequeñas estaciones de bombeo y las de eyector neumático.

FACTORES Y CONDICIONES PRINCIPALES QUE IMPLICAN EL USO DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO

1. La altitud del área o distrito que se ha de servir es demasiado baja para drenarlo por gravedad en las alcantarillas principales futuras o existentes.
2. Se requiere un servicio para zonas fuera del área de drenaje natural pero dentro del distrito de drenaje o saneamiento.
3. La omisión de bombeo, aunque posible, requeriría unos costos excesivos de construcción debida a la profunda excavación a realizar para la instalación de un colector que drene dicha zona.

II.3 LOCALIZACION DE LAS ESTACIONES

Un aspecto importante en el proyecto de las estaciones de bombeo, es el

que se refiere a la localización de ellas con respecto a las características generales de el lugar en el que se construirá y considerando la forma en que operará ya que, de la buena disposición de ellos dependerá en gran parte, el funcionamiento deseado e incluso la economía del sistema de bombeo.

En términos generales, en la localización se deben juzgar, tanto factores técnicos como económicos; de entre los primeros se tienen los relativos a excavaciones, protección natural de las obras y conservación, condiciones de succión, problemas en la línea de descarga, procedimiento de construcción, etc..., y entre los segundos, principalmente el costo inicial de operación y mantenimiento.

Fundamentalmente se debe poner especial atención a la ubicación de la alimentación, cárcamo y descarga de bombas, ya que la de los demás componentes quedarán en cierta forma definida por estos.

Y así se deben considerar las mejores condiciones físicas que ofrece el lugar donde ha de hacerse la instalación y su ubicación con respecto a las estructuras de toma y descarga. La combinación de estos factores permitirá elegir el sitio más conveniente y desde luego marcará la localización general de la estación de bombeo.

II.4 FUNCIONAMIENTO

El funcionamiento de una estación de bombeo para aguas negras consiste -

generalmente en un cárcamo en donde se captan las aguas negras, dos o más bombas de aguas negras y un mecanismo de control apropiado para arrancar y parar las bombas de acuerdo como se llena el cárcamo y, después de -- arrancarlas, de acuerdo con la extracción de las aguas negras.

Cuando el cárcamo está lleno a un nivel predeterminado, un flotador u -- otro control arrancan las bombas, que están localizadas en un cárcamo -- seco adyacente. El motor puede estar colocado en el cárcamo húmedo, o -- puede estar colocado en el piso superior y la bomba puede estar acciona -- da por una flecha, no debe haber conexión entre el cárcamo seco y el hú -- medo, debiéndose proporcionar accesos separados para cada uno.

Antes de bombear las aguas negras, es deseable remover la mayor parte -- del material flotante grueso que sea posible. Esta remoción puede ser -- difícil en una estación para subir el nivel, debido a que involucra la -- retención de los sólidos grandes en mallas y su eliminación diaria. En -- una estación de bombeo grande, sin embargo, las mallas se utilizan co -- mumente antes de que lleguen las aguas negras a las bombas para redu -- cir la posibilidad de que se tape una bomba o se dañe debido a varas -- largas o a trapos. También se eliminan las arenillas antes del bombeo -- siempre que sea posible, para evitar el desgaste de las bombas.

CAPITULO III

B O M B A S

Una bomba es una turbomáquina generadora para líquidos. La bomba absorbe energía mecánica y restituye al líquido que la atraviesa, energía hidráulica.

Las bombas se emplean para bombear toda clase de líquidos (agua, aceites, combustibles, ácidos, líquidos alimenticios como: cerveza, leche, etc., éstas últimas constituyen el grupo importante de las bombas sanitarias). También se emplean las bombas para líquidos espesos con sólidos en suspensión, como pastas de papel, melazas, lodos, desperdicios, etc.

III.1 CLASIFICACION.

Las bombas se pueden clasificar en dos grandes grupos: El primero que toma en consideración las características de movimientos de líquidos y el segundo que se basa en el tipo o aplicación específica para los cuales se ha diseñado la bomba.

El uso de estos dos grupos da la siguiente clasificación a las bombas :

CLASE	TIPO	
CENTRIFUGA	VOLUTA	UN SOLO PASO
	DIFUSOR	
	TURBINA REGENERATIVA	
	TURBINA VERTICAL	
	FLUJO MIXTO	PASOS MULTIPLES
	FLUJO AXIAL (IMPULSOR)	
ROTATORIA	ENGRANE	
	ALABE	
	LEVA Y PISTON	
	TORNILLO	
	LOBULO	
	BLOQUE DE VAIVEN	
RECIPROCANTE	ACCION DIRECTA	SIMPLEX
	POTENCIA (INCLUYENDO	DUPLEX
	MANIVELA Y VOLANTE)	TRIPLEX, ETC.
	DIAFRAGMA	
	ROTATORIA-PISTON	

Hay tres clases de bombas en uso común al presente: Centrífuga, rotatoria, recíprocante. Nótese que estos términos se aplican solamente a la mecánica de movimiento de líquido y no al servicio para que se ha diseñado, una bomba.

Esto es importante por que muchas bombas se construyen y venden para un servicio específico y, en el complejo problema de elegir la que tenga mejores detalles de diseño pueden perderse de vista los problemas básicos de clase y tipo.

BOMBA CENTRIFUGA

Bombas centrífugas:

Se utilizan para manejar fluidos de baja viscosidad, de baja volatilidad, y en general, a temperaturas no muy altas salvo que reciban el flujo a presión.

Bombas de tipo voluta:

Aquí el impulsor descarga en una caja espiral que se expande progresivamente, proporcionada en tal forma que la velocidad del líquido se reduce en forma gradual. Por este medio parte de la energía de velocidad del líquido se convierte en presión estática.

Bombas de tipo difusor:

Los álabes direccionales estacionarios rodean al rotor o impulsor en una bomba del tipo de difusor. Esos pasajes con expansión gradual cambian la dirección del flujo del líquido y convierten la energía de velocidad a columna de presión.

Bombas de tipo turbina:

También se conocen como bombas de vortice, periféricas y regenerativas; en este tipo se producen remolinos en el líquido por medio de las álabes a velocidades muy altas dentro del canal anular en el que gira el impulsor. El líquido va recibiendo impulsos de energía. Las bombas -- del tipo difusor de pozo profundo, se llaman frecuentemente bombas turbina. Sin embargo, no se asemejan a la bomba turbina regenerativa en ninguna forma y no deben confundirse con ellas.

Tipos de flujo mixto y de flujo axial:

Las bombas de flujo mixto desarrollan su columna parcialmente por fuerza centrífuga y parcialmente por el impulsor de los álabes sobre el líquido. El diámetro de descarga de los impulsores es mayor que el de entrada.

Las bombas del flujo axial desarrollan su columna por la acción de impulso o elevación de las paletas sobre el líquido. El diámetro del impulsor es el mismo en el lado de succión y en el de descarga. Una bomba de impulsor es un tipo de bomba de flujo axial.

BOMBAS ROTATORIAS

Bombas rotatorias:

Con excepción de las bombas de engranes, las demás son auto-cebantes y se

utilizan para diversos fluidos ya sea viscosos, de alta volatilidad, de alta temperatura y aún para el manejo de sangre.

Bombas de leva y pistón.

También se llaman bombas de émbolo rotatorio, y constan de un excéntrico con un brazo ranurado en la parte superior. La rotación de la flecha hace que el excéntrico atrape el líquido contra la caja. Conforme continúa la rotación, el líquido se fuerza de la caja a través de la ranura a la salida de la bomba.

Bombas de engranes externos:

Estas constituyen el tipo rotatorio más simple. Conforme a los dientes de los engranes se separan en el lado de succión de la bomba, el líquido llena el espacio entre ellos. Este se conduce en trayectoria circular hacia afuera y es exprimido al engranar nuevamente los dientes, -- los engranes pueden tener dientes simples, dobles o de involuta. Algunos diseños tienen agujeros de flujos radiales en el engrane loco, que van de la corona y del fondo de los dientes a la perforación interna. Estos permiten que el líquido se comunique de un diente al siguiente, -- evitando la formación de presiones excesivas que pudiesen sobrecargar -- las chumaceras y causar una operación ruidosa.

Bombas de engrane interno:

Este tipo tiene un rotor con dientes cortados internamente y que encajan en un engrane loco, cortando externamente. Puede usarse una parti-

ción en forma de luna creciente para evitar que el líquido pase de nuevo al lado de succión de la bomba.

Bombas lobulares:

Estas se asemejan a las bombas del tipo de engranes en su forma de acción, tiene dos o más rotores cortados con tres, cuatro o más lobulos en cada rotor. Los rotores se sincronizan para obtener una rotación positiva por medio de engranes externos. Debido a que el líquido se descarga en un número más reducido de cantidades mayores que en el caso de las bombas de engranes, el flujo del tipo lobular no es tan constante como en la bomba del tipo de engranes. Existen también combinaciones de bombas de engranes y lóbulo.

Bombas de tornillo:

Estas bombas tienen de uno a tres tornillos roscados convenientemente que giran en una caja fija. Las bombas de un solo tornillo tienen un rotor en forma espiral que gira excéntricamente en un estator de hélice interna o cubierta. El rotor es de metal y la hélice es generalmente de hule duro o blando, dependiendo del líquido que se maneje.

Bombas bloque de vaivén.

Tienen un motor cilíndrico que gira en una carcasa concéntrica. En el interior del rotor se encuentra un bloque que cambia en posición de vaivén y un pistón recíprocado por un perno loco colocado excéntricamente,

produciendo succión y descarga.

BOMBAS RECIPROCANTES

Bombas reciprocantes:

También llamadas de pistón, consisten de uno o más cilindros y pistones equipados con válvulas de admisión y de descarga. Son auto-cebantes y pueden manejar fluidos de alta volatilidad o de alta temperatura. También se utilizan para suministrar presiones muy elevadas. Su flujo pulsatorio, por razón de la operación del pistón o pistones dentro del cilindro.

Bombas de acción directa:

En este tipo, una varilla común de pistón conecta un pistón de vapor y uno de líquido o émbolo. Las bombas de acción directa se construyen, - simplex (un pistón de vapor y un pistón líquido, respectivamente) y duplex (dos pistones de vapor y dos de líquido). Se caracterizan por la facilidad de ajuste de columna, velocidad y capacidad. Tienen buena eficiencia a lo largo de una extensa región de capacidades. Las bombas de émbolo se usan generalmente para presiones más altas que los tipos de pistón. Al igual que todas las bombas reciprocantes, las unidades de acción directa tienen un flujo de descarga pulsante.

Bombas de potencia:

Estas tienen un cigüeñal movido por una fuente externa, generalmente, - un motor eléctrico, banda o cadena. Frecuentemente se usan engranes entre el motor y el cigüeñal para reducir la velocidad de salida del ele-

mento motor.

Cuando se mueve a velocidad constante, las bombas de potencia proporcionan un gasto casi constante para una amplia variación de columna, y tienen buena eficiencia.

El extremo líquido, que puede ser del tipo de pistón o émbolo, desarrollará una presión elevada cuando se cierra la válvula de descarga. Por esta razón, es práctica común el proporcionar una válvula de alivio para descarga, con objeto de proteger la bomba y la tubería.

Bombas del tipo diafragama:

Las bombas de diafragma se usan para gastos elevados de líquido, ya sean claros o contenidos sólidos. También son apropiadas para pulpas gruesas, drenajes, lodos, soluciones ácidas y alcalinas, así como mezclas de agua con sólidos que pueden ocasionar erosión. Un diafragma de material flexible no metálico, puede soportar mejor la acción corrosiva o erosiva que las partes metálicas de algunas bombas reciprocantes.

CARACTERISTICAS DE LAS BOMBAS

CONCEPTO	CENTRIFUGA		RECTATORIA	RECIPROCANTE		
	VOLUTA Y DIFUSOR	FLUJO AXIAL	TORNILLO Y ENGRANE	VAPOR DE ACCION DIRECTA	DOBLE ACCION	TRIPLEX
TIPO DE CARGA	CONTINUA	CONTINUA	CONTINUO	PULSANTE	PULSANTE	PULSANTE
MAXIMA ELEVACION NORMAL DE SUCCION. (m) ...	4.5	4.5	6.60	6.60	6.60	6.60
LIQUIDOS DE MANEJA . . .	LIMPIO, CLARO, SUCIO ABRASIVO, LIQUIDOS - CON ALTO CONTENIDO DE SOLIDOS		VISCOZO NO ABRASIVO.	LIMPIO Y CLARO		
VARIACION DE LA PRESION DE DESCARGA...	BAJA A ALTA		MEDIA	PEQUEÑA A LA MAXIMA QUE SE PRODUCE.		
REGION DE CAPACIDAD HABITUAL	PEQUEÑA A LA MAYOR OBTENIBLE.		PEQUEÑA A MEDIA	RELATIVAMENTE PEQUEÑA.		
COMO UNA COLUMNA AUMENTADA AFECTA:						
CAPACIDAD	DISMINUYE		NADA	DISMINUYE	NADA	NADA
POTENCIA DE ENTRADA:	DEPENDE DE LA VELOCIDAD ESPECIFICA.		AUMENTA	AUMENTA	AUMENTA	AUMENTA
COMO AFECTA UNA COLUMNA DISMINUIDA:						
CAPACIDAD ...	AUMENTA		NADA	PEQUEÑO AUMENTO.	NADA	NADA
DEMANDA DE POTENCIA ...	DEPENDE DE LA VELOCIDAD ESPECIFICA		DISMINUYE	DISMINUYE	DISMINUYE	DISMINUYE

III.2 CARACTERISTICAS HIDRAULICAS DE LAS BOMBAS

Velocidad específica:

Este es un índice del tipo de bomba, que usa la capacidad de columna - que se obtienen en el punto de eficiencia máxima. Determina el perfil - o forma general del impulsor. En números, la velocidad específica es - la velocidad, en revoluciones por minuto a lo cual un impulsor deberá - girar si su tamaño se reduce para dar un gasto de un litro por segundo - contra una columna de un metro, y se expresa como:

$$N_s = N P^{1/2} H^{5/4}$$

Donde:

N: Velocidad angular en R.P.M.

P: Potencia suministrada por la bomba en C.V.

H: Carga suministrada por la bomba en m.

Los impulsores para columnas altas tienen generalmente una velocidad específica baja. Los impulsores para columna reducidas tienen generalmente velocidades específicas alta.

Pérdidas:

Las pérdidas que existen en una bomba entre las secciones de entrada y salida (succión y descarga) se pueden clasificar en tres grupos:

- a) Pérdidas hidráulicas
- b) Pérdidas volumétricas
- c) Pérdidas mecánicas.

Todas estas pérdidas representan una pérdida de potencia de la bomba, - que llamaremos respectivamente:

$$P_h, P_v \text{ y } P_m$$

- a) Pérdidas hidráulicas:

Son aquellas que disminuyen la carga útil y se consideran como tales a las pérdidas por fricción debidas al contacto del agua, con las pa redes de los elementos de la bomba y a las pérdidas por el cambio de dirección del flujo dentro de la misma.

- b) Pérdidas volumétricas:

Se dividen en pérdidas exteriores (Pve) y Pérdidas interiores (Pvi). Las exteriores se producen a través del juego que existe entre la - carcasa y el eje de la bomba, que la atraviesa, las cuales se redu - cen a medida que mejora el cierre en la carcasa mediante el prensaes topas o un material de cierre.

Por lo que se refiere a las pérdidas interiores, estas son las más -

importantes y se producen a la salida del rodete, debido a que en esta zona existe una mayor presión que a la entrada del mismo, ocasionando un retroceso del flujo hacia esta última sección para ser nuevamente impulsado reduciendo con ésto la energía del rodete.

c) Pérdidas mecánicas.

Estas pérdidas se deben principalmente a los rozamientos de las partes mecánicas que constituyen la bomba, tal como el que existe entre el eje de la máquina y el prensaestopas, y así como el rozamiento del eje con los cojinetes.

Eficiencia:

Al igual que las pérdidas se pueden clasificar en tres grupos:

- 1) Eficiencia hidráulica
- 2) Eficiencia volumétrica
- 3) Eficiencia mecánica

1) Eficiencia hidráulica:

La eficiencia hidráulica se define como:

$$\eta_h = \frac{H}{H_t}$$

Donde:

η_h = Eficiencia hidráulica

H = Altura efectiva proporcionada por la bomba al agua en m.

H_t = Altura teórica proporcionada por el motor al eje de la bomba en m.

Siendo:

$H = -h_{cb} + H_T$; h_{cb} : pérdida de carga hidráulica en la bomba.

2) Eficiencia volumétrica:

Tomando en cuenta las pérdidas volumétricas, la eficiencia volumétrica queda definida como:

$$\eta_v = \frac{Q}{Q_t}$$

Donde:

Q = Gasto efectivo proporcionado por la bomba en m^3/seg .

$Q_t = Q - q_e - q_i$ gasto teórico proporcionado por la bomba.

3) Eficiencia mecánica:

Tomando en cuenta todas las pérdidas mecánicas de la bomba se define como:

$$\eta_m = \frac{P_i}{P_a}$$

Donde:

P_i = Potencia interna suministrada al rodete igual a la potencia de accionamiento o potencia al freno.

$$P_i = P_a - h_{pm}$$

h_{pm} = Pérdidas mecánicas

P_a = Potencia de accionamiento

Finalmente la eficiencia total de una bomba es el producto de sus tres eficiencias: Hidráulica, volumétrica y mecánica.

$$\eta_t = \eta_n \eta_v \eta_m$$

Potencia:

La potencia de accionamiento de la bomba se expresa como:

$$P = \frac{Q \gamma H}{76 \eta_t} \quad [\text{H.P.}]$$

III.3 CURVAS CARACTERISTICAS.

Los diferentes parámetros del funcionamiento de una bomba son interdependientes. Sus variaciones se representan por curvas que son característica

cas de cada bomba.

Consideremos una bomba en acción, la salida es tanto cerrada, el gasto será nulo pero la altura manométrica será máxima. Una fórmula empírica que nos permite determinar ese valor es la siguiente:

$$H_m = \left(\frac{D_2 n}{8500} \right)^2$$

En donde:

H_m = Altura manométrica máxima en m.

D_2 = Diámetro exterior del impulsor en cm.

n = Velocidad del impulsor en r.p.m.

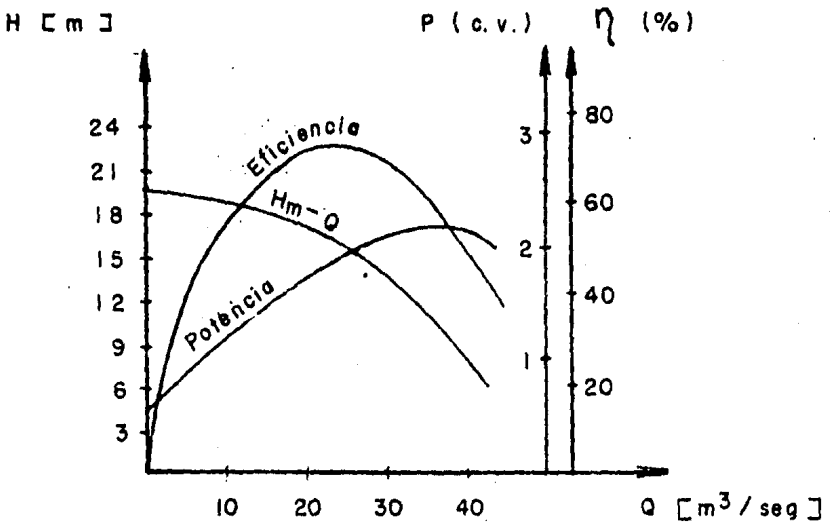
Si se mantiene constante la velocidad de la bomba y se abre progresivamente la salida, el gasto comenzará a aumentar partiendo de cero y por el contrario la altura manométrica comienza a disminuir de un modo continuo. La variación de la presión en función del gasto se representa por una curva. La caída, la disminución de la altura manométrica, depende de la forma y del número de palas del impulsor y también de las pérdidas por fricción internas. Estas pérdidas aumentan al mismo tiempo que el gasto y esa es la razón de la disminución de la H_m .

Al diseñarse una bomba se puede modificar la curva presión-gasto, operando en el número o la forma de las palas, pero se tiene muy poco con-

trol sobre las pérdidas debidas a la fricción interna.

Del mismo modo se representa por una curva la variación de la eficiencia en función del gasto. Esta curva representa una función al principio - creciente que pasa por un máximo disminuyendo en seguida.

Una tercera curva representa las variaciones de potencia en función del gasto, esta curva es generalmente creciente.



Una bomba debe ser utilizada al máximo de su eficiencia, y la bomba será diseñada para una presión y un gasto que será la base de los cálculos.

Es inexacto creer que una bomba trabaja bajo una caída constante. La presión de utilización está en función del gasto extraído, esta presión se determina en la curva característica, por lo tanto es absolutamente necesario al adquirir una bomba conocer estas curvas. Esta documentación se debe exigir en la compra de una bomba.

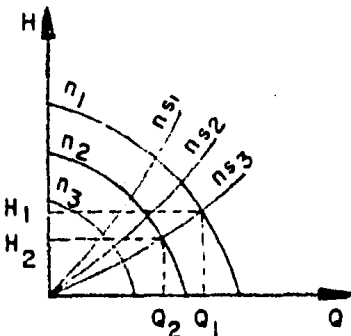
Según las leyes de similitud, podemos decir:

1) Para un mismo impulsor:

- a) El gasto varía según la velocidad
- b) La presión según el cuadrado de la velocidad
- c) La potencia según el cubo de la velocidad

2) A velocidad constante, para impulsores diferentes:

- a) El gasto varía como el cubo del diámetro de los impulsores
- b) La presión como el cuadrado del diámetro de los impulsores
- c) La potencia varía según la quinta potencia de la relación de los diámetros de los impulsores.



$$\frac{Q_1}{Q_2} = \left(\frac{D_1}{D_2} \right)^3$$

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{D_1}{D_2} \right)^2$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{D_1}{D_2} \right)^5$$

La figura anterior nos representa tres curvas, presión-gasto correspondientes a las velocidades n_1 , n_2 , n_3 . Los puntos que se deducen uno de otro según la teoría de la similitud se llaman puntos correspondientes y están situados en la misma parábola y corresponden a una misma velocidad específica.

Por otra parte es necesario hacer notar que no todas las bombas aunque estas fuesen geoméricamente semejantes tienen las mismas características por lo que para poder seleccionar y posteriormente adquirir una bomba es absolutamente necesario disponer previamente de dichas curvas.

III.4 CALCULO DE LA CAPACIDAD DE LAS BOMBAS.

Para el estudio de la bomba y de la instalación es importante considerar las secciones siguientes:

- Sección 1 : Nivel superior del agua en el pozo de aspiración.
- Sección 2 : Nivel superior del agua en el depósito de impulsión.
- Sección e : Entrada a la bomba.
- Sección s : Salida de la bomba.

Una instalación consta de una serie de metros de tubería y de accesorios (codos, contracciones, etc.), en los tramos rectos hay pérdidas primarias, y en los accesorios pérdidas secundarias. El conjunto de éstas -

pérdidas constituyen las pérdidas exteriores a la bomba, $H_r \text{ ext.}$ Además se originan pérdidas de superficies y de forma en el interior de la bomba, $H_r \text{ int.}$

La altura teórica que da la bomba es expresada por la ecuación de EULER de las bombas.

$$H_t = \frac{U_2 C_{2u} - U_1 C_{1u}}{g} \dots (1)$$

Donde:

$U_1; U_2$: Velocidad periférica del rodete; donde los puntos 1 y 2 se refieren a la entrada y salida.

$C_1; C_2$: Velocidad absoluta del agua.

g : Gravedad = 9.81 m/seg^2

Si no hubiera pérdidas en el interior de la bomba, H_t sería también el aumento de altura que experimentaría el fluido entre la entrada y salida de la bomba. Sin embargo, en el interior de la bomba entre las secciones de entrada y salida se producen, pérdidas hidráulicas $H_r \text{ int.}$

Definición de altura manométrica:

Altura manométrica, H_m . es la altura útil que da la bomba o sea la altu

ra teórica, H_t menos las pérdidas en el interior de la bomba, H_r int.

$$H_m = H_t - H_r \text{ int.} \quad \dots (2)$$

PRIMERA EXPRESION DE LA ALTURA MANOMETRICA

Escribamos la ecuación de Bernoulli entre las secciones e y s .

$$\frac{P_e}{\gamma} + Z_e + \frac{V_e^2}{2g} + H_m = \frac{P_s}{\gamma} + Z_s + \frac{V_s^2}{2g}$$

Despejando H_m . tendremos:

$$H_m = \left(\frac{P_s}{\gamma} + Z_s + \frac{V_s^2}{2g} \right) - \left(\frac{P_e}{\gamma} + Z_e + \frac{V_e^2}{2g} \right) \dots (3)$$

El primer paréntesis es la energía del fluido a la salida y el segundo la energía a la entrada. Luego:

Altura manométrica es la diferencia de energías entre la salida y la entrada de la bomba. Esta diferencia es la energía específica útil co municada por la bomba al fluido.

La expresión (3) es equivalente a la siguiente, que llamaremos:

Primera expresión de la altura manométrica.

$$H_m = \frac{P_s - P_e}{\gamma} + Z_s - Z_e + \frac{V_s^2 - V_e^2}{2g} \quad \dots (4)$$

Por tanto:

La altura manométrica es igual al incremento de presión que experimenta el fluido en la bomba + el incremento de altura geodésica + el incremento de altura dinámica.

El término $Z_s - Z_e$ suele ser o muy pequeño, o igual a cero. El término $\frac{V_s^2 - V_e^2}{2g}$ suele ser también muy pequeño o igual a cero: muy pequeño si el diámetro de la tubería de aspiración se hace mayor que el de la tubería de impulsión, para evitar la cavitación; igual a cero si $D_s = D_e$.

Luego exactamente en algunos casos y muy aproximadamente en la mayoría de los mismos

$$H_m = \frac{P_s - P_e}{\gamma} = M_s + M_e \quad . . . (5)$$

M_s - lectura del manómetro a la salida. El signo + indica suma de los valores absolutos de las lecturas.

M_e - Lectura del manómetro a la entrada (suele ser negativa vacuómetro).

Como en las instalaciones normales no suele existir vacuómetro a la entrada, conviene advertir que la altura manométrica H_m no es igual a la altura del manómetro.

La altura manométrica para las condiciones normales de servicio de la bomba suele figurar en la placa de características de la bomba. La primera expresión de H_m deducida mira a la bomba misma y es útil para calcular H_m en una bomba en funcionamiento, leyendo M_e y M_s , y midiendo el caudal para calcular las velocidades.

SEGUNDA EXPRESION DE LA ALTURA MANOMETRICA

Escribamos la ecuación de Bernoulli entre las secciones 1 y 2 (nótese que al deducir la primera expresión de la altura manométrica escribimos la misma ecuación; pero entre las secciones e y s).

$$\frac{P_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} - H_r \text{ ext} + H_m = \frac{P_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g} \quad \dots (6)$$

$H_r \text{ ext}$: Pérdidas exteriores a la bomba.

Si las áreas del pozo de aspiración y del depósito de impulsión son suficientemente grandes para que $\frac{v_1^2}{2g}$ y $\frac{v_2^2}{2g}$ quedan despreciarse, tendremos:

$$\frac{P_1}{\gamma} + 0 + z_1 - H_r \text{ ext} + H_m = \frac{P_2}{\gamma} + z_2 + 0$$

$$H_m = \frac{P_2 - P_1}{\gamma} + z_2 - z_1 + H_r \text{ ext.} \quad \dots (7)$$

Por otra parte:

$$H_r \text{ ext} = H_{ra} + H_{ri} + \frac{v_d^2}{2g} \quad \dots (8)$$

Donde:

$H_r \text{ ext}$ = Pérdida total exterior a la bomba

H_{ra} = Pérdida en la aspiración (o sea entre los puntos 1 y e)

H_{ri} = Pérdida en la tubería de impulsión.

$\frac{v_d^2}{2g}$ = Pérdida secundaria en el desagüe en el depósito (coeficiente $\xi = 1$) Esta pérdida podría considerarse incluida en el término H_{ri} ; pero como suele olvidarse es con tumbre explicitarla en una fórmula de uso frecuente en instaladores, que no siempre poseen suficiente formación técnica.

Llevando el valor de $H_r \text{ ext}$ de la ecuación (8) a la ecuación (7) se obtiene finalmente la:

Segunda expresión de la altura manométrica:

$$H_m = \frac{P_2 - P_1}{\gamma} = Z_2 - Z_1 = H_{ra} + H_{ri} + \frac{v_d^2}{2g} \quad \dots (9)$$

Para aplicar la ecuación (9):

a) Es necesario conocer el caudal (por que las pérdidas son función de

él) así como las características de la instalación (metros de tubería, material de la misma y accesorios)

b) No es necesario conocer las lecturas del manómetro y del vacuómetro.

Es decir, hay que mirar la instalación, no a la bomba.

Con mucha frecuencia el pozo de aspiración y el depósito de impulsión están abiertos a la atmósfera, entonces:

$$\frac{P_2 - P_1}{\gamma} = 0$$

Al hacer el pedido de una bomba se ha de especificar a la casa suministradora el caudal y la altura manométrica.

En muchas instalaciones de bombeo realizadas se ha comprobado que el rendimiento de la instalación es solo la mitad del que se hubiera obtenido si la bomba se hubiera elegido adecuadamente y la instalación se hubiera realizado mejor.

CAPITULO IV

C A R C A M O S

El cárcamo es un recipiente, construido de concreto o mampostería cuyas dimensiones y características estructurales están en función de la magnitud del equipo que se vaya a instalar y a veces también del procedimiento empleado en su construcción. En su diseño también se toma en cuenta la facilidad que se debe tener para su inspección y limpieza periódicas.

En el cárcamo se instalan las bombas, y en esta estructura se efectúa la succión de las mismas, iniciándose con ello el bombeo del agua.

IV . 1 CLASIFICACION DE LOS CARCAMOS.

Los cárcamos se clasifican en:

- Cárcamo húmedo
- Cárcamo seco

Cárcamo húmedo: Es aquel dentro del cual al mismo tiempo se encuentran tanto las aguas residuales como las bombas para su funcionamiento.

Cárcamo seco: Las bombas y el agua residual se encuentran aislados una de la otra ligadas por tubería de succión para su funcionamiento.

Cuando se trata de instalar bombas horizontales, generalmente el cárcamo y la obra de succión queda formado por dos cámaras o compartimientos una llamada cárcamo húmedo y la otra cárcamo seco. En la primera cámara, se descarga el agua de alimentación y se conectan las tuberías de succión de las bombas, y en la segunda, se instalan; el cuerpo de la bomba, el motor y en ocasiones, se aprovecha para la colocación de elementos de control y operación, constituyendo así la llamada casa de máquinas.

Tratándose de bombas verticales, estas únicamente necesitan de cárcamo húmedo y se introducen directamente en el agua para su funcionamiento.

Cuando se emplean bombas verticales del tipo llamado de foso seco se necesita de un cárcamo húmedo.

Con frecuencia, la localización del cárcamo de bombeo está obligada por las condiciones del sitio que se elija para la construcción de la estación y también por las características de alimentación de la misma.

El cárcamo deberá ubicarse en un lugar estable, sin peligro de derrumbes y en general en un terreno, consistente. La falta de ésta última característica se traduce en el aumento del costo de la estructura ya que no es igual excavar en un terreno rocoso que en una arcilla deleznable; se puede aseverar que para una misma profundidad los problemas-

de ademe serían mayores en el segundo caso.

Un equipo de bombeo cerca del cárcamo, 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 gastos de operación y conservación mayores, que en el caso de tener las bombas junto al sitio de descarga. En el primer caso, en cambio, la longitud del conducto alimentado sería menor, el cárcamo tendría menor profundidad y naturalmente, los volúmenes de excavación en estas estructuras se reducirían. -- Por otra parte, la longitud de la tubería de succión se acortaría y esto para el caso de bombas horizontales es importante.

En el caso de tener el equipo junto a la descarga es obvio que el cárcamo y conductos crecen, comparativo 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 solo 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 solo lugar su operación y - el principio de la distribución del agua; pero esto dependerá de las condiciones generales de proyecto.

Como se dijo anteriormente, 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 previamente se deberá elegir el equipo de bombeo. Inicialmente las dimensiones pueden suponerse basándose - en el diseño de otros proyectos similares o fijando las características del equipo de acuerdo con lo existente en el mercado.

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 ademe durante su excavación.

Una de las condiciones que es recomendable cumplir en la alimentación - de la estación es que, la velocidad debe ser baja a la entrada del cárcamo donde succionan las bombas. Esta velocidad puede estimarse alrrededor de 60 cm/seg.

En general la entrada del agua al cárcamo puede adquirir cualquier forma con tal de tener una baja velocidad. Cuando el cárcamo es alimentado -- por una tubería a presión, deberá disiparse la energía antes de entrar al cárcamo de succión ya sea, mediante algún dispositivo amortiguador o -- bien multiplicando la descarga de la tubería con diámetros convenientes.

Desde el punto de vista hidráulico la geometría del cárcamo depende fundamentalmente del tamaño y gasto de las bombas.

IV.2 DIMENSIONAMIENTO HIDRAULICO DE UN CARCAMO DE BOMBEO.

Los datos que se requieren para el dimensionamiento hidráulico de un -- cárcamo de bombeo, son los siguientes:

- a) Ley de aportaciones al cárcamo (gastos mínimos, medio y máximo.
- b) Carga estática de los equipos de bombeo.

Una vez conocidos los datos anteriores, el procedimiento que se sugiere -- para el dimensionamiento, bajo la hipótesis de considerar equipos de las mismas características en cuanto al gasto proporcionado, es el siguiente:

- 1) Determinar el diámetro de la tubería de descarga aceptando, una velocidad económica, del orden de 2.00 m/seg para un gasto $Q_b = Q_{med} + Q_{min}$.

$$D = \sqrt{\frac{Q_b}{0.785 V_e}}$$

- 2) Revisar el funcionamiento de la línea para un gasto $Q=Q_{\max}$, verificando que la velocidad para esta condición sea $V \leq 3.00$ m/seg y, en su caso, que la velocidad asociada a Q_b no sea menor de 0.60 m/seg.
- 3) Determinar la carga dinámica total para los gastos $Q_b = Q_{\min}+Q_{\text{med}}$ y $Q = Q_{\max}$ de acuerdo con las expresiones:

$$Hd_1 = H_0 + K L Q_b^2 \quad \dots \quad (4.2.1)$$

$$Hd_2 = H_0 + K L Q^2_{\max} \quad \dots \quad (4.2.2)$$

En las ecuaciones (4.2.1) y (4.2.2), la longitud que se considera debe tomar en cuenta las longitudes equivalentes debidas a la presencia de codos y válvulas.

- 4) Determinar el número "n" de equipos requeridos para el manejo del gas to máximo, de acuerdo con la expresión:

$$n = \frac{Q_{\max}}{Q_{\text{med}}+Q_{\min}} \quad \dots \quad (4.2.3)$$

Donde:

$$n = 1, 2, 3 \dots$$

5) Determinar la potencia requerida por los equipos de bombeo, de acuerdo con lo siguiente:

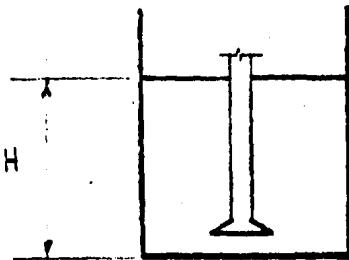
$$P_1 = \frac{\gamma H d_1 Q_b}{76 \eta} \dots (4.2.4)$$

$$P_2 = \frac{\gamma H d_2 Q_b}{76 \eta} \dots (4.2.5)$$

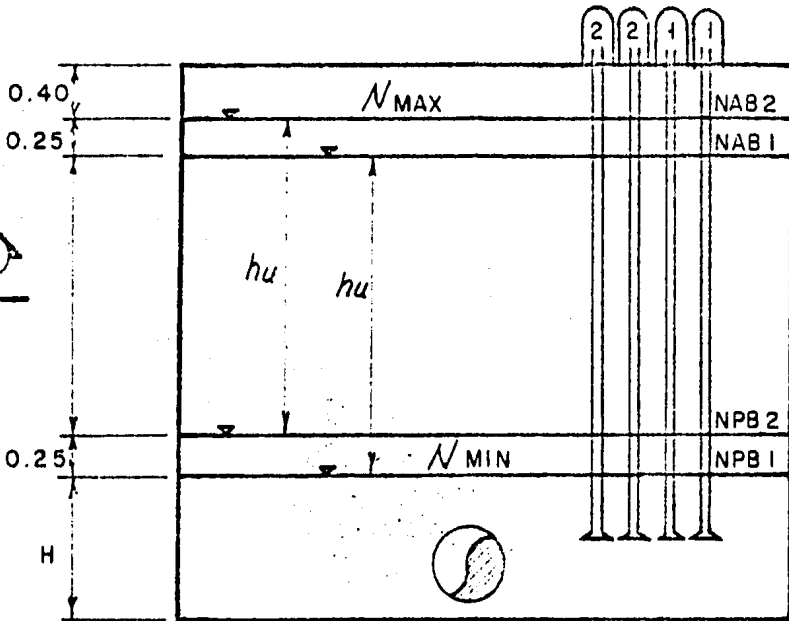
Donde:

$$\eta = 0.70$$

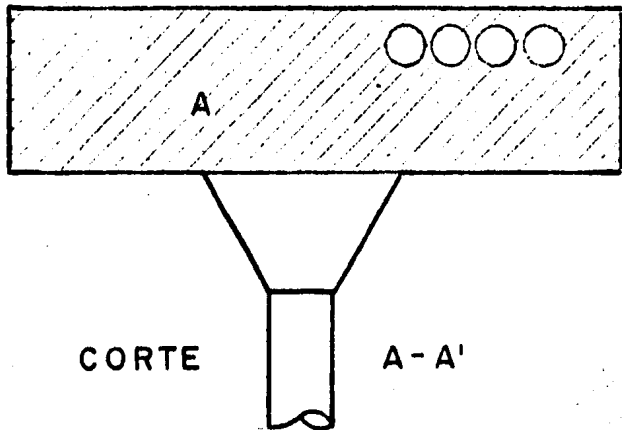
6) Determinar el valor de H para el gasto Q_b , y la carga $H d_2$ de la figura.



7) Ubicar los niveles de arranque y paro de los equipos de bombeo, la cota de plantilla del cárcamo de acuerdo con lo siguiente:



ELEVACION



CORTE

A - A'

Donde:

NAB = Nivel de arranque de la bomba.

NPB = Nivel de paro de la bomba

hu = Tirante Útil (m)

8) Determinar el volumen Útil del cárcamo de acuerdo con las siguientes expresiones:

$$Vu = \frac{T Q_{min} Q_{med}}{Q_b} \dots (4.2.6)$$

$$Vu = \frac{T (Q_{max} - Q_{b1}) (Q_{b1} + Q_{b2} - Q_{max})}{Q_{b2}} \dots (4.2.7)$$

Donde:

$Q_b = Q_{min} + Q_{med}$

$Q_{b2} = N Q_{b1}$: Si se utilizan los mismos equipos de bombeo.

T = Tiempo mínimo entre dos arranques sucesivos de un equipo de bombeo, que debe ser proporcionado por el fabricante, pero usualmente no menor de 1,800 seg. (0.50 hrs).

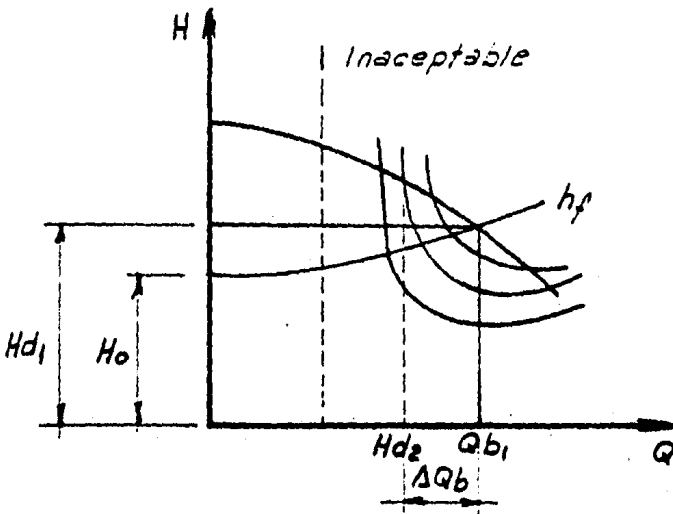
Se selecciona el valor más grande.

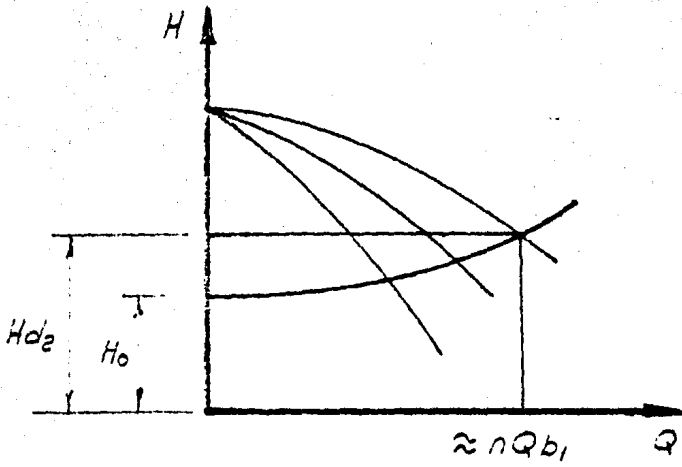
9) Determinar el valor del área en planta del cárcamo de acuerdo con la siguiente expresión:

$$A = \frac{Vu}{hu} \quad , \dots (4.2.8)$$

10) Determinar el área promedio requerida según el número de equipos necesarios para los gastos Q_{min} y Q_{med} ; dos equipos (uno en operación y otro de reserva), para el manejo del gasto máximo "n" equipos (n-1 en operación y uno de reserva), considerando la potencia requerida en cada caso.

En este último punto, es necesario destacar que si la carga dinámica correspondiente a la operación de los equipos de bombeo para el manejo del gasto máximo, difiere considerablemente, de tal manera que no sea posible utilizar como reserva para este caso, un equipo para los destinados al manejo de los gastos Q_{min} y Q_{med} , será necesario considerar un equipo adicional de reserva para el manejo de Q_{max} .





CAPITULO V

DISEÑO DE UNA ESTACION DE BOMBEO

DESCRIPCION DEL PROYECTO.

En la etapa de estudio, se contemplaron diferentes alternativas en cuanto a la localización de la Estación de Bombeo como puede verse en las alternativas no. 1, 2 y 3 quedando como definitiva la alternativa no. 2, - ya que esta no presenta problemas en cuanto a la tenencia de la tierra,

Los datos de proyecto que se recavaron de acuerdo al estudio del sistema de alcantarillado y la topografía fueron los siguientes:

DATOS DE PROYECTO

- Cota de terreno en la Planta de Bombeo	99.57 m.
- Cota de plantilla de la tubería de descarga al cárcamo de bombeo.	96.11 m.
- Diámetro de la tubería de llegada a la Planta de bombeo.	0.76 m.
- Cota de terreno en el punto de descarga	99.57 m.
- Nivel de aguas máximas en el canal de descarga	99.40 m.
- Gasto máximo de aguas pluviales	640 l.p.s.
- Gasto mínimo de aguas negras	10.00 l.p.s.
- Gasto medio de aguas negras	21.00 l.p.s.

- Gasto máximo de aguas negras 60.00 l.p.s.
- Longitud entre la planta de bombeo y el punto de descarga. 578,0 m.

V.I. CALCULO DE BOMBAS .

1. BOMBEO DE AGUAS DE LLUVIA.

1.A Número de equipos:

Para el manejo de las aguas de lluvia, y con el fin de tener flexibilidad en el sistema, se propone un arreglo de cuatro Bombas verticales de 220 l.p.s. de capacidad c/u de las cuales tres serán de operación normal en paralelo y una de reserva.

1.B Curva de fricción y diámetro de la conducción.

Utilizando la fórmula de Manning.

$$hf = KLQ^2$$

Donde:

hf = Pérdida de carga (en m.)

K = Constante de fricción

L = Longitud de la conducción (en m)

Q = Gasto de conducción en m³/seg.

Calculando la pérdida de carga y velocidad para 3 diámetros, a distintos gastos con Tubería de Asbesto-cemento (n = 0.010)

CARRETERA CUAUTITLAN MELCHOR OCAMPO

FABRICA DE RELOJES INRESA

CALLE

TLALTEMPAN

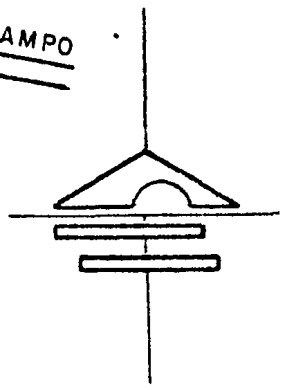
CALLE

EN PROYECTO

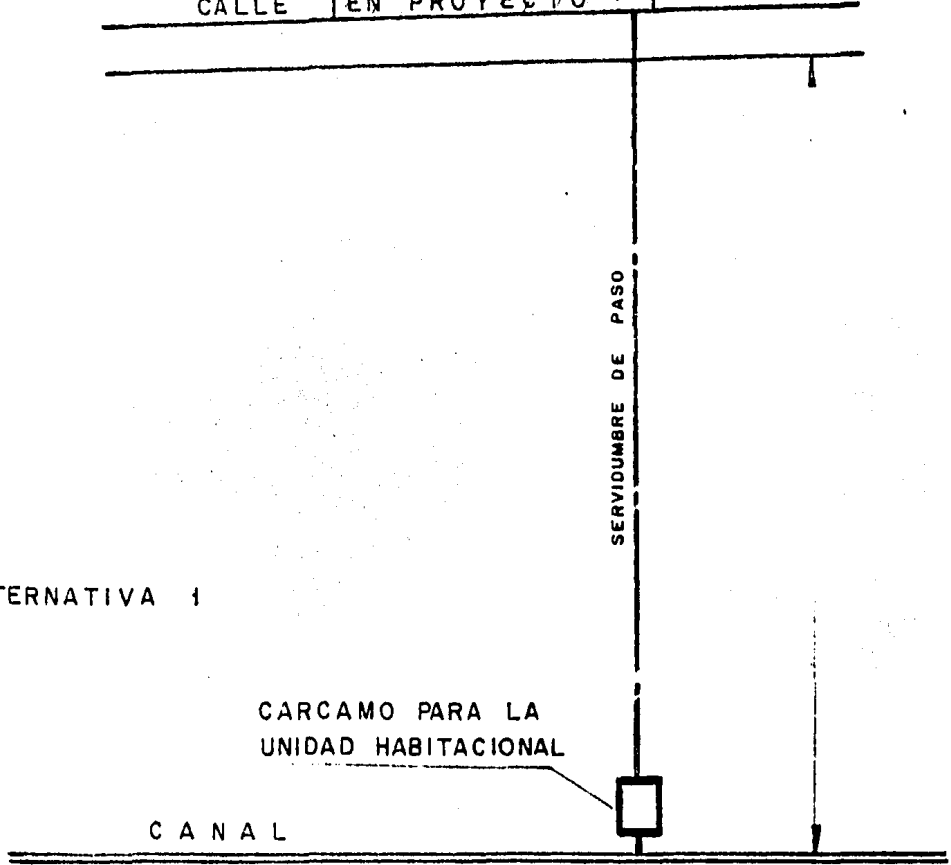
SERVIDUMBRE DE PASO

CARCAMO PARA LA UNIDAD HABITACIONAL

CANAL



ALTERNATIVA 1



MELCHOR OCAMPO

CARRETERA CUAUTITLAN

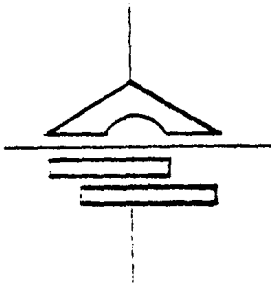
FABRICA DE RELO-
JES INERSIA

CALLE TLALTEPAN

CARCAMO PARA
LA UNIDAD HABITACIONAL

CALLE EN PROYECTO

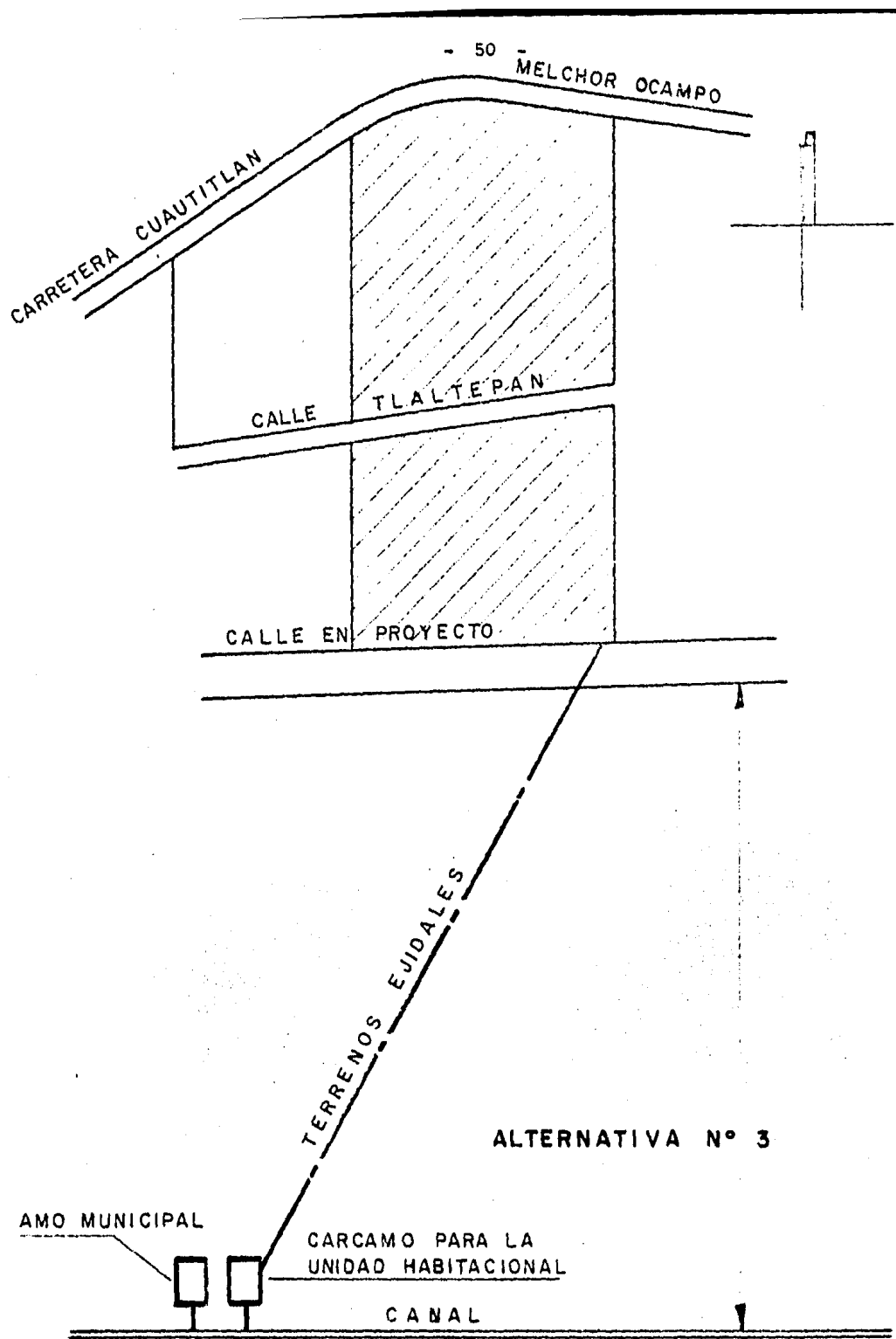
SERVIDUMBRE DE PASO



ALTERNATIVA Nº 2

CANAL





ALTERNATIVA N° 3

AMO MUNICIPAL

CANAL PARA LA UNIDAD HABITACIONAL

CANAL

CURVA DE FRICCION

TABLA NO. 1

GASTO "Q" M ³ /SEG.	Ø1 = 20" hf1 (m)	Ø2 = 24" hf2 (m)	Ø3 = 18" hf3 (m)
0.05	0.06	0.02	0.10
0.10	0.22	0.08	0.38
0.15	0.50	0.19	0.87
0.20	0.88	0.33	1.54
0.25	1.38	0.52	2.42
0.30	1.98	0.75	3.49
0.35	2.70	1.01	4.74
0.40	3.52	1.33	6.20
0.45	4.46	1.68	7.84
0.50	5.50	2.07	9.68
0.55	6.66	2.51	11.72
0.60	7.93	2.99	13.95
0.65	9.31	3.51	16.37
0.70	10.80	4.07	18.98
0.80	14.10	5.31	24.80
0.90	17.85	6.73	31.38
1.00	22.04	8.30	38.74

FUNCIONAMIENTO HIDRAULICO DE LOS 3 DIAMETROS

TABLA NO. 2

DIAMETRO ϕ	GASTO m^3 / seg	VELOCIDAD m / seg	H f (m)	H D T (m)
457 mm (18")	220	1.34	1.87	6.10
	440	2.68	7.50	11.33
	660	4.02	16.87	20.30
508 mm (20")	220	1.08	1.07	5.30
	440	2.17	4.26	8.09
	660	3.25	9.60	13.03
610 mm (24")	220	0.75	0.40	4.63
	440	1.50	1.60	5.43
	660	2.25	3.61	7.04

Cálculo de pérdidas de carga menores.

1. Para 305 mm. (12") ϕ en bomba

a) Por entrada $K = 0.5$

$$hf = K \frac{v^2}{2g} = 0.5 \frac{(3.01^2)}{2 \times 9.81} = 0.23 \text{ m.}$$

b) Por válvula de retención $K = 3.2 = 60^\circ$

$$hf = 3.2 \frac{(3.01^2)}{2 \times 9.81} = 1.46 \text{ m.}$$

c) Por bifurcación en múltiple $K = 0.22$

$$hf = 0.22 \frac{(3.01^2)}{2 \times 9.81} = 0.10 \text{ m.}$$

Pérdidas menores $hf_T = 1.80 \text{ m.}$

SELECCION DEFINITIVA DEL DIAMETRO DE LA CONDUCCION.

De acuerdo a la tabla no. 2, en la cual se aprecia el valor de la velocidad para diferentes gastos, se selecciona el diámetro de 610 mm. (24") - ϕ , ya que la erosión será mínima a velocidad máxima (2.25 m/seg) y no se presentarán problemas de azolvamiento por la velocidad mínima (0.75 - m/seg).

SELECCION DEL EQUIPO DE BOMBEO.

Analizando el catálogo de Bombas verticales tipo propela inatascables, -

para manejo de aguas negras y/o pluviales de la compañía Fairbanks-Morse, la bomba que se apega a nuestras necesidades es la siguiente:

BOMBA	VERTICAL
TIPO	PROPELA (INATASCABLE)
MARCA	FAIRBANKS-MORSE
FIGURA	6360 - NO. 10 - 1170 R.P.M.
COLUMNA	12" Ø
IMPULSOR	B - 1451-T
NUMERO DE PASOS	2

II. BOMBAS DE AGUAS NEGRAS.

II.A Aguas domésticas.

El bombeo de aguas negras deberá hacerse continuamente por los problemas que se derivan del almacenamiento prolongado de ellas.

Un máximo de dos horas es aconsejable para evitar que entren en estado séptico (carencia de oxígeno disuelto). Aún cuando existen recomendaciones para tiempos de retención mayores.

La forma de la cámara húmeda y el período de retención deben ser tales que la sedimentación de sólidos sea mínima y las aguas negras no entren en estado de descomposición.

En nuestro caso el equipo de bombeo para aguas negras domésticas, quedará alojado en el mismo cárcamo que el de las aguas de lluvia. Además -- se seleccionaron bombas sumergibles, las cuales requieren un mínimo de - sumergencia, resultan más económicas y convenientes para estos casos.

Para el manejo de estas aguas, se proponen tres bombas de 30 l.p.s. de - capacidad cada una, de las cuales, dos funcionarán y la otra quedará de - reserva.

También se contempló la alternativa de conducir estas aguas en la misma - tubería que conducirá aguas de lluvia $\varnothing = 610$ mm. (24"), pero debido a - la baja velocidad de escurrimiento y a los problemas que se derivarán de - ello, se optó por conducir las separadamente.

Desnivel Estático	= 3.73
Pérdida de carga menores para 2.54 mm. (10") \varnothing	
Por entrada	= 0.03
Por válvula check	= 0.15
Por bifurcación	= 0.01
Por codos	= 0.10
	<hr/>
	$Hf_t = 0.29$ m. = 0.30 m.
carga estática	= 4.00 m.

II.B Determinación del diámetro económico de la línea de conducción.

Analizando las pérdidas de carga por fricción en tubería de asbesto-cemento, para 3 diámetros distintos, utilizando la fórmula de Manning

$$H_f = K L Q^2 .$$

TABLA NO. 3

DIAMETRO	GASTO l.p.s.	VELOCIDAD m/seg	H _f m	H.D.T. * m
152 mm (6")	32	1.76	14	18
	64	3.52	56.27	60.27
203 mm (8")	32	0.98	3.00	7
	64	1.97	12.03	16.03
254 mm (10")	32	0.63	0.91	4.91
	64	1.26	3.64	7.64
305 mm (12")	32	0.44	0.34	4.34
	64	0.88	1.37	5.37

* HDT - Carga dinámica total considerando una carga estática igual a 4.0 m.

CONCLUSION.

Como puede verse en la Tabla no. 3, el diámetro de 254 mm. (10"), resulta el más conveniente por la baja carga de bombeo, además de presentar velocidades dentro de los límites permisibles.

V.2 DIMENSIONAMIENTO HIDRAULICO DEL CARCAMO DE BOMBEO.

Para la determinación de las dimensiones en planta del cárcamo de bombeo se consideró el espacio requerido por los equipos de bombeo y la fontanería para los múltiples de descarga de dichos equipos.

Por lo que se refiere a la profundidad del mismo, ésta se determinó en base a la cota de llegada al colector, considerando que el nivel máximo del agua deberá de ser de 1.50 m. sobre la plantilla del mismo. Así mismo, el fondo del cárcamo, se diseñó con una pendiente adecuada para evitar la acumulación de material sólido de desecho.

Después de analizar varias alternativas para geometría del cárcamo, se concluyó que la óptima es la que se indica en la fig. 1 y el funcionamiento hidráulico se llevó a cabo tomando en cuenta los valores que sirvieron de base para el diseño de la red de alcantarillado.

Funcionamiento hidráulico del cárcamo sujeto a las aportaciones de aguas negras.

De acuerdo con los datos de proyecto para el drenaje sanitario , se tiene que los valores de los gastos mínimo, medio y máximo, son de 10, 21 y 60 l.p.s. respectivamente.

Ahora bien, de acuerdo con el principio de continuidad, el tiempo de concentración en el cárcamo, se puede escribir como:

$$T = \frac{V Q_s}{Q_e (Q_s - Q_e)} \dots (1)$$

Donde:

T = Tiempo de concentración en seg.

V = Volumen útil en m³

Q_e, Q_s = Gastos de entrada y de bombeo respectivamente en m³/seg.

De acuerdo con la ecuación (1), el tiempo de concentración para el caso de los gastos mínimo y medio se puede calcular como:

$$T_{min} = \frac{V Q_s}{Q_{min} (Q_s - Q_{min})} \dots (2)$$

$$T_{med} = \frac{V Q_s}{Q_{med} (Q_s - Q_{med})} \dots (3)$$

Siendo:

Q_{min}, Q_{med}, - Gastos mínimo y medio respectivamente en m³/seg.

Aceptando que $T_{min} = T_{med}$ de las ecuaciones (2) y (3) resulta que:

$$Q_s = Q_{min} + Q_{med} \quad . . . (4)$$

Sustituyendo los valores correspondientes en la ecuación (4) se obtiene que $Q_s = 0.010 + 0.021 = 0.031 \text{ m}^3/\text{seg.}$, valor que se aceptó para la selección de el equipo de bombeo requerido para el manejo de los gastos mínimo y medio.

Por otra parte, se consideró conveniente aceptar un valor de 1,800 seg.- (0.50 hrs.), para el tiempo de retención en el cárcamo, tomando en cuenta que este tiempo es también el intervalo transcurrido entre dos arranques sucesivos del equipo de bombeo, que resulta acorde con lo recomendado por el fabricante. De acuerdo con ésto, de las ecuaciones (2) y (3) se obtiene que el volumen útil requerido para este caso es:

$$V = \frac{(1800) (0.010) (0.021)}{0.031} = 12.19 \text{ m}^3$$

y, de acuerdo con la geometría del cárcamo se puede escribir (Ver fig. 1):

$$17.33 y^2 + 13y - 22.98 = 0 \quad . . . (5)$$

Despejando el valor del tirante y de la ecuación (5), se obtiene que :

$$y = 0.84 \text{ m.}$$

Por lo que se refiere al equipo de bombeo para el manejo del gasto máximo se aceptó que éste fuese de la misma capacidad que el correspondiente a los gastos mínimo y medio, de tal manera de tener operando dos equipos - con capacidad de $0.031 \text{ m}^3/\text{seg.}$ para este caso.

Tomando en cuenta lo indicado en el párrafo anterior y, considerando un volumen útil para el gasto máximo igual al obtenido para el mínimo y el medio, el tiempo de retención en este caso, se puede calcular como:

$$T = V \left[\frac{3 Q_{\text{max}} - Q_s}{Q_{\text{max}} (Q_{\text{max}} - Q_s)} + \frac{1}{2 Q_s - Q_{\text{max}}} \right] \dots (6)$$

Donde :

Q_{max} .- Gasto máximo, en $\text{m}^3 \text{ seg.}$

Sustituyendo valores en la ecuación (6), se obtiene:

$$T = 12.19 \left[\frac{(3) (0.060) - 0.031}{0.060 (0.060 - 0.031)} + \frac{1}{0.062 - 0.060} \right]$$

$$T = 7139 \text{ seg} \doteq 2 \text{ hrs.}$$

De acuerdo con lo anterior, el tiempo de retención obtenido es aceptable y el valor del tirante "y" en el cárcamo para este caso, se cálculo con la ecuación :

$$17.33 y_1^2 + 13 y_1 - 35.17 = 0 \dots (7)$$

Despejando el valor del tirante de la ecuación (7), se obtiene que $y_1 = 1.10$ m.

Finalmente, es necesario hacer notar que cuando operan dos equipos de bombeo simultáneamente, el valor del gasto es ligeramente menor a $0.062 \text{ m}^3/\text{seg.}$, pero dado que el valor del gasto máximo no es un valor exacto en la práctica y por otra parte, como se verá más adelante, se dispone de un volumen adicional en el cárcamo, condicionado por el nivel mínimo de arranque de las bombas seleccionadas para el manejo del escurrimiento pluvial.

Funcionamiento hidráulico del cárcamo sujeto al hidrograma de escurrimiento pluvial.

Tomando en cuenta que el gasto máximo de proyecto para el escurrimiento pluvial es de $0.640 \text{ m}^3/\text{seg.}$, y considerando una ley de variación lineal para el hidrograma de entrada al cárcamo, se puede escribir que:

$$Q = \left(\frac{Q_p}{t_c} \right) t \dots (8)$$

Donde:

Q = Gasto de entrada al cárcamo en $\text{m}^3/\text{seg.}$

Q_p = Gasto de pico igual a $0.640 \text{ m}^3/\text{seg}$.

t_c = Tiempo de concentración o de pico, igual a 15 min. (900 seg)

t = Tiempo en segundos.

De acuerdo con el principio de continuidad se puede escribir:

$$Q = Q_b + \frac{dv}{dt} \quad \dots (9)$$

Siendo:

Q_b = Gasto de bombeo, en m^3/seg .

v = Volumen almacenado en m^3

Sustituyendo la ecuación (8) en la (9), e integrando se obtiene que:

$$Y_{i+1} = Y_i + \frac{\Delta t}{A} \left[\frac{Q_p}{2t_c} (2t_{i+1} - \Delta t) - Q_{b_{i,i+1}} \right] \quad \dots (10)$$

Donde:

Δt = Intervalo de tiempo considerado para el arranque sucesivo de equipos de bombeo e igual a 300 segundos (5 min.)

A = Area en planta del cárcamo igual a 65 m^2

$Q_{b_{i,i+1}}$ = Gasto de bombeo para el intervalo de tiempo Δt .

Y_i, Y_{i+1} = Tirante en el cárcamo en los instantes i e $i+1$ respectivamente.

Sustituyendo los valores conocidos en la ecuación (10), y ordenando términos, se obtiene:

$$Y_{i+1} = Y_i + 0,00328 t_{i+1} - 0,51 - 4,62 Q_{bi, i+1} \dots (11)$$

De acuerdo con los equipos de bombeo seleccionados para el manejo del escurrimiento pluvial y aplicando la ecuación (11), se obtuvieron los resultados que se muestran en la tabla (1).

Niveles de arranque y paro de equipos de bombeo.

Tomando en cuenta los resultados obtenidos anteriormente, los valores propuestos para los niveles de arranque y paro de los equipos de bombeo son los que se indican en la tabla (2), partiendo de un tirante mínimo de 1.50 m. que es el recomendado por el fabricante para los equipos seleccionados.

TABLA NO. 1

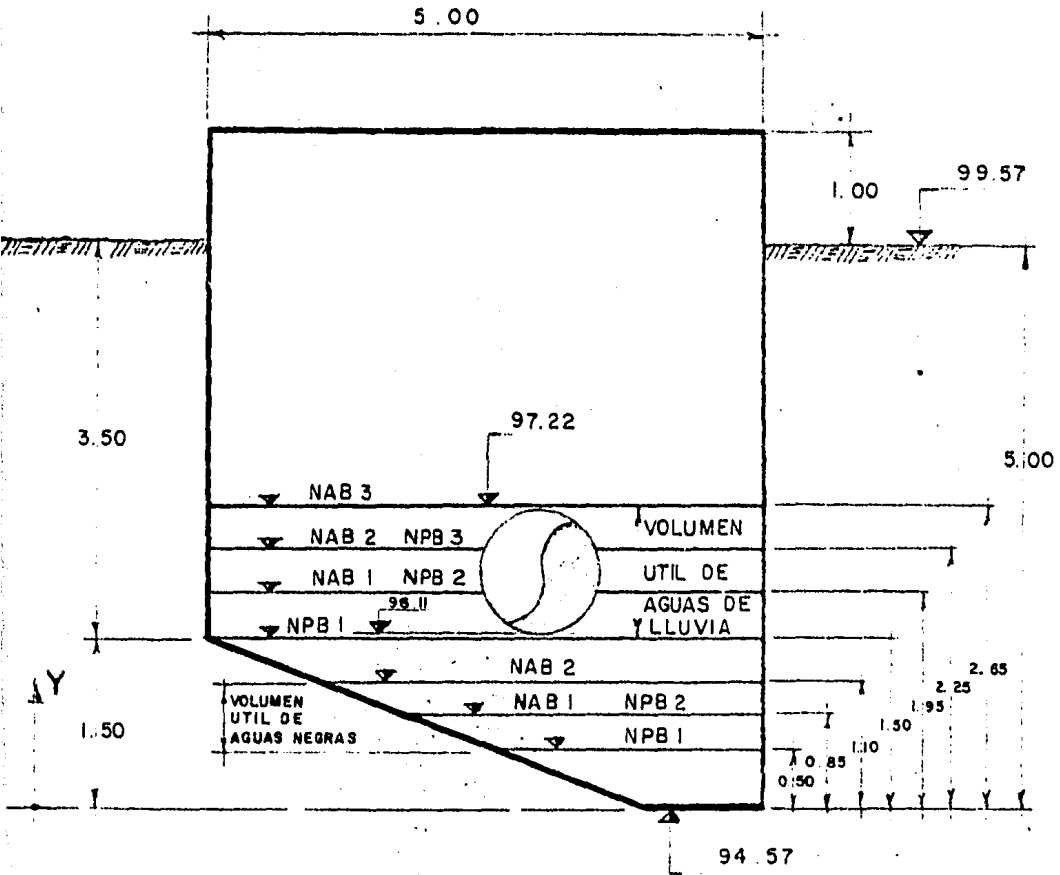
FUNCIONAMIENTO HIDRAULICO DEL CARCAMO SUJETO AL
HIDROGRAMA DE ESCURRIMIENTO PLUVIAL.

i	Y_i (m)	t_i (seg)	$Q_{bi, i+1}$ (m^3 /seg)
0	1.50	0 ^r	
			0
1	1.97	300	
			0.260
2	2.23	600	
			0.440
3	2.64	900	

TABLA NO. 2

NIVELES DE ARRANQUE Y PARO DE EQUIPOS DE BOMBEO.

	EQUIPO	NIVEL DE ARRANQUE	NIVEL DE PARO
AGUAS NEGRAS	1	0.85	0.50
	2	1.10	0.85
ESCALA PLUVIAL	1	1.95	1.50
	2	2.25	1.95
	3	2.65	2.25



ELEVACION DEL CARCAMO DE BOMBEO

Figura 1

NAB1 : NIVEL DE ARRANQUE DE LA BOMBA No. 1

NPB1 : NIVEL DE PARO DE LA BOMBA No. 1

V.3 OPERACION Y MANTENIMIENTO.

El Ingeniero encargado de la operación y el mantenimiento de cualquier sistema debe dominar aspectos esenciales entre los que se puede citar :

- a) El conocimiento a fondo de los estudios y proyectos de las instalaciones a operar y mantener sus objetivos y fines, (planos, estudios, memorias de cálculo, etc...)
- b) La localización geográfica de todas las instalaciones que conforman el proyecto, hasta el más mínimo detalle.
- c) Características constructivas y de funcionamiento de los equipos y sus auxiliares.
- d) Materiales de construcción de los que están fabricados los equipos y estar compenetrados analíticamente de ellos.
- e) Recomendaciones de los fabricantes en cuanto a operación y mantenimiento de sus equipos.
- f) Conocimiento del movimiento tecnológico en el mercado sobre equipos y materiales de su uso común para la actualización y modernización de los sistemas existentes.

- g) Amplia relación con fabricantes y talleres de servicio especializado que pueden brindar ayuda al Ingeniero en sus acciones de operación y mantenimiento.
- h) Capacidad para seleccionar al personal idóneo que ha de apoyarlo en sus actividades.
- i) Capacidad de motivación y capacitación del personal a su cargo, para lograr implantar disciplinas en las labores propias de la operación y el mantenimiento.

V.3.1 B O M B A S .

V.3.1.1 Instalación.

La instalación de estaciones de bombeo se puede realizar a la intemperie o en interiores, ésto depende de las características del área de localización y de los aspectos económicos y operacionales que puedan estar involucrados en cada caso específico.

En las instalaciones a la intemperie, todo el equipo debe ser a prueba de lluvia. Además, debe procurarse que las zonas donde se instala el -- equipo tenga un buen drenaje para evitar encharcamientos o inundaciones en los pisos de operación.

Debe tener especial cuidado en las protecciones al personal de operación mediante barandales, cercas, avisos, registros con tapas, andadores con pisos corrugados y todas las demás protecciones necesarias que les evite accidentes.

Las instalaciones en el interior de las estaciones de bombeo no presenten dificultad alguna y ofrecen posibilidades de mejor y más fácil mantenimiento con relación a las de servicio exterior. En este tipo de instalaciones debe darse importancia a los siguientes aspectos:

El equipo de bombeo (motor y bomba), su válvula, tableros y auxiliares propios se procurará que queden confinados dentro de la misma casa de bombas; si parte del equipo o alguna zona de servicio queda abajo de los niveles de desagüe de la planta, deberán proveerse sistemas de drenado por bombeo en forma que evite inundaciones lo cual deberá garantizarse al 100%, otro aspecto muy importante, es tomar las precauciones necesarias para disipar el calor generado por los motores de las bombas, mediante sistemas de ventilación y/o enfriamiento del interior.

Ya se trate de instalaciones a la intemperie o en interiores, para todos los casos se debe, procurar que las estaciones de bombeo cuenten como mínimo con:

1. Lugares bien alumbrados y ventilados.

2. Amplitud suficiente para las maniobras de operación y mantenimiento (alturas y espacios laterales a las bombas para permitir el manejo del desarmado).
3. Gruas para permitir el manejo del equipo que van desde tripies en bombas chicas hasta grúas de gran capacidad con gancho auxiliar para maniobras de ajuste fino.
4. Localización tan cerca de la fuente de suministro como lo permita cada caso.

V.3.1.2 Cimentación.

No debe cimentarse un equipo de bombeo sin la previa consulta y planos del fabricante. Sabemos que el cimiento de las bombas debe ser una estructura capaz de proporcionar un soporte rígido y permanente que absorba los esfuerzos normales debidos al propio peso de las unidades y a los arranques y paros repentinos que se presenten.

1. Los propios cimientos de las bombas y el área de contacto del cimiento con el piso deben ser suficientemente grandes para los requerimientos de la bomba.

2. El peso del cemento debe estar entre 3 a 5 veces el peso total de la bomba-motor eléctrico. En caso de bombas manejadas por motor de combustión, el espesor del cemento debe ser de 5 a 7 veces el diámetro interior del cilindro, hacer el ancho del cemento 2 a 3 veces el ancho de la base del motor, hacer el largo de la base 1.5 veces o 2 veces del largo de la cama de la máquina y con un peso de 3.5 a 6 veces del peso total de la máquina.
3. Cuando la bomba está directamente conectada a su máquina motriz haga el cemento de un solo bloque, común a la bomba y al motor. Si las cimentaciones de la bomba y el motor se hacen separadas, se podrá tener un error en el futuro en el alineamiento y será necesario realinear los equipos cada vez que este error se presente.
4. Entre la base de la bomba y el cemento es necesario dejar un espacio de 10 a 30 mm. para nivelar al tiempo de instalar la unidad.
5. Los cementos deben dejarse con perforaciones de sección cuadrada de dimensiones generosas para el colado de las anclas.

Los pernos de anclaje deben instalarse con una camisa de tubo de mayor diámetro (2 $\frac{1}{2}$ veces el diámetro del perno) de modo que el perno pueda moverse para ajustarse al taladro de la base de las bombas.

V.3.1.3 Alineamiento.

Aunque en la fábrica la bomba es alineada y ajustada, las maniobras de embarque, transporte, descarga y en conexiones a las tuberías, las desalinean severamente.

Por eso es necesario el alineamiento de los equipos de bombeo antes de ponerlas o trabajar por primera vez. Las herramientas para el alineamiento son niveles de burbuja, calibradores de espesores (a base de laminas) indicadores de carátula y plomos.

Para checar nivelación deben buscarse zonas de flecha al descubierto para comprobar, con el nivel de burbuja, que las flechas están perfectamente verticales u horizontales, según el caso, y esto debe verificarse tanto en la flecha de la bomba como en la de su máquina propulsora. Si los coples de la bomba y de la máquina propulsora son del mismo diámetro, se tendrá un alineamiento correcto si al poner una regla recta, asienta perfectamente en cualquier punto de los cantos.

El mejor sistema de ajuste lo da el uso del indicador de carátula. Este se atornilla a la mitad del acoplamiento de la bomba para verificar tanto el alineamiento radial como el axial.

Deben también verificarse las caras planas de las bridas de succión y descarga de las bombas, ya sea que queden en posición vertical u horizontal. Como en la fabricación de los equipos existen tolerancias en sus diferentes componentes, deberá pedirse al fabricante sus tolerancias por lo que se refiere al alineamiento.

V.3.1.4 Trabajos con las tuberías.

En la instalación de las bombas, los trabajos con las tuberías tienen una seria influencia. Si la instalación de las tuberías no son adecuadas, la bomba no funcionará en forma satisfactoria, aún cuando la bomba haya sido fabricada e instalada para un funcionamiento correcto.

Además la vida de la bomba se verá acortada si sus tuberías no han sido bien instaladas.

En la instalación de las tuberías debe tomarse especial atención a lo siguiente:

1. Fije las tuberías de succión y descarga a los muros o piso del edificio de bombas en forma tal que su peso no descansa en el cuerpo de la bomba,

2. Es necesario usar juntas de expansión para observar cambios de temperatura o asentamientos diferenciales del piso, muros o atraques de las tuberías con respecto a la bomba.
3. La tubería de succión debe procurarse instalar, lo más corto posible y procurar disminuir al mínimo sus pérdidas. En las porciones horizontales, debe procurarse instalar la tubería de succión con declive ascendente hacia la bomba (con pendientes mínima de 2/100) para que no se formen bolsas de aire en el tubo.
4. En el cárcamo deben preverse rejillas de limpieza y desarenadores para proteger a las bombas y así evitar serios daños a los equipos de bombeo y tuberías.
5. Procurar una sumergencia lo más profunda posible para evitar que la bomba chupe aire.
6. Cuando los tramos de tubería horizontal son muy largos, es necesario instalar válvulas de expulsión de aire,

V.3.2 ARRANQUE Y PARO DE LAS BOMBAS.

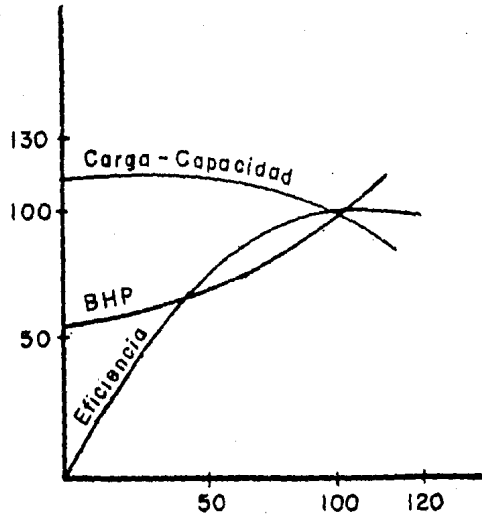
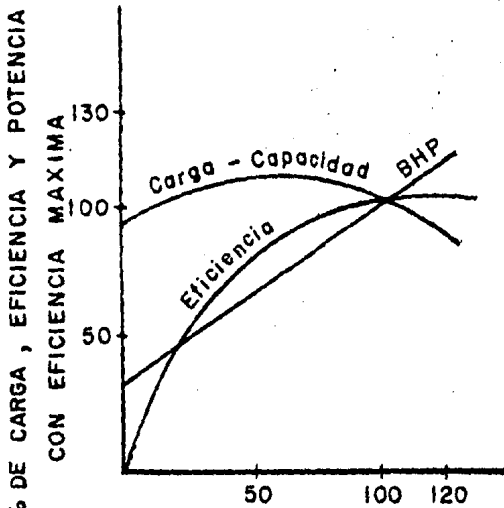
V.3.2.1 Arranque de las bombas.

La forma como se debe arrancar una bomba está influenciada por las caracte

terísticas de su curva fuerza-capacidad.

Las curvas de cargas altas y medianas (velocidades específicas bajas y medianas) de la bomba suben de la condición de cierre a la capacidad normal de operación, por lo tanto, estas bombas deben arrancarse con la válvula de descarga cerrada a fin de disminuir la carga inicial en el impulsor.

La curva de consumo de fuerza de bombas de baja carga (velocidad específica alta) del tipo de flujo mixto y de hélice tienen las características opuestas, subiendo rápidamente con una reducción de capacidad; estas bombas por lo tanto, se deberán arrancar con la válvula de descarga totalmente abierta.



% DE CARGA, EFICIENCIA Y POTENCIA CON EFICIENCIA MAXIMA

% DE CAPACIDAD CON EFICIENCIA MAXIMA

V.3.2.2 Cebado.

Una bomba no debe ser arrancada sino hasta que se ha expulsado todo el - aire que pueda estar contenido en su carcasa, substituyendolo por el lí- quido a bombear, es decir, hasta que la bomba ha sido cebada.

Se presentandos casos generales en el problema de cebado de una bomba: - cuando se tiene una carga de succión positiva, es decir, el nivel del lí- quido a bombear se encuentra arriba del eje central de la bomba y cuando el nivel se encuentra abajo de dicho eje.

En el primer caso, cuando la bomba es puesta en servicio por primera vez, o después del servicio, la tubería y la bomba misma pueden estar llenas- de aire. A menos que la presión de succión sea lo suficientemente alta- para forzar el aire dentro de la bomba, ésta no estará cebada.

Es por tanto necesario proveer de medios adecuados, como válvulas de pur- ga, para expulsar el aire atrapado en el sistema.

Si el nivel de succión se encuentra abajo del eje central de la bomba, - como es el caso común, el aire debe ser sustituido por el líquido a bom- bear mediante un sistema de cebado que puede variar según convenga a la- instalación.

Existen varios métodos de bombeo para el cebado, como los siguientes:

1. Una succión sumergida permite que el líquido de entrada empuje el -- aire fuera de la carcasa a través de una válvula de purga.
2. El paso lateral que puntea la válvula de retención de la descarga, - usa el mismo líquido de la línea de descarga para cebar la bomba.
3. Una válvula de pie cierra cuando se para la bomba, no permitiendo - que se descargue la columna de succión, puede usarse una fuente de - líquido auxiliar.
4. Una bomba de vacío extrae el aire de la carcasa de la bomba princi- pal para dar una acción cebante.
5. Un eyector se encarga de extraer el aire de la carcasa para cebar la bomba principal.
6. Un tanque de cebamiento contiene la suficiente cantidad del líquido- para establecer el flujo a través de la bomba al arrancar.

V.3.2.3 Precauciones al arranque, en operación y al paro de bombas.

Para el buen funcionamiento de las bombas se debe de tomar en cuenta lo

siguiente:

1. Cheque si la cantidad de grasa y niveles de aceite son los adecuados.
2. De rotación a la flecha de la bomba en forma manual y cheque que rota suavemente.
3. Abra totalmente la válvula de la succión de la bomba.
4. Confirme que la válvula de la descarga se encuentre cebada.

PRECAUCIONES AL ARRANCAR LA BOMBA

1. Desacople la bomba del motor y cheque la rotación si es o no correcta.

Esto se hace solo la primera vez en el arranque.

2. Si el sistema lo requiere cheque la bomba plenamente.

Esto significa que debe hacerse un chequeo completo del sistema de cebado si es que lo tiene.

3. Arranque la bomba con la válvula de descarga cerrada. Cuando se al cance los valores de presión de descarga fijados ábrase la descarga lentamente. En algunos casos el calor generado con la bomba trabajando contra válvula cerrada puede ser muy alta. Debe preverse --

retorno para enfriamiento.

PRECAUCIONES DURANTE LA OPERACION

1. Cheque los baleros, su temperatura, ruidos, se puede decir que la temperatura en los rodamientos está correcta si el porta chumaceras, en su parte exterior no excede 30°C arriba de la temperatura ambiente.
2. Cheque los empaques.
3. Chequense vibraciones o ruidos en la bomba y motor.
4. Chequense la presión, la capacidad y la corriente.

PRECAUCIONES ANTES DE PARAR LA BOMBA

1. Cierre la válvula de descarga, lentamente antes de parar la bomba. - Si hay descarga por sifón, abra la válvula rompe sifón.
 2. Cheque los sistemas de desaqué de caudal de retorno de la columna de descarga, niveles de la cámara de aire, si la hay, válvulas de alivio de golpe de ariete, etc.
- Los tiempos de las válvulas automáticas de cierre de la descarga su len ser del 75% de cierre momentaneo y 25% de cierre lento para ab -

servir correctamente las ondas de golpe de ariete.

V.3.3 MANTENIMIENTO DE PARTES ESPECIFICAS.

V.3.3.1 Cubiertas o carcasas.

Se recomienda repintarlas interiormente con pinturas resistentes al desgaste y a la corrosión como por ejemplo con esmalte.

Al examinar el interior de una cubierta puede encontrarse que está gasta da o aún más, picada en algunos lugares. Esto puede corregirse con soldadura dependerá del material de la cubierta. Al reinstalar la cubierta, deben usarse empaques nuevos, del mismo material y espesor que el original.

V.3.3.2 Impulsores.

El impulsor es el corazón de una bomba, de su estado depende la mayor -- parte de su correcto funcionamiento. Tanto desde su punto de vista hi - dráulico como económico.

Se sabe que no solo la corrosión o la abrasión dañan un impulsor sino - también se presentan graves daños a la superficie de los impulsores por causa de la cavitación.

Las picaduras en la superficie de los impulsores ocasionados por la cavitación, (que se caracteriza por un ruido de crepitación cuando opera la unidad, aún estando perfectamente alineada) dan indicio de una instalación inadecuada.

Una forma de comprobar que el ruido que hace la bomba es por cavitación consiste en cerrar un poco la válvula de su descarga lo que también reducirá su capacidad. Si desaparece la crepitación, se comprueba que si existen problemas de cavitación. La solución es aumentar la NPSH, pero si la NPSH disponible no se puede modificar, como lo es la mayoría de los casos, será necesario cambiar el impulsor a otro que tenga una NPSH requerida conforme a la disponible.

V.3.3.3 Anillos de desgaste.

Para evitar reposiciones costosas por desgaste entre carcasa e impulsor se instalan anillos de desgaste.

El escurrimiento interno por los anillos de desgaste significa pérdida de eficiencia de la bomba que se traduce en un aumento en el costo de operación. Este aumento puede resultar igual o mayor al costo de reposición de los anillos, que es cuando conviene cambiarlos.

Se puede decir que un aumento al doble del juego original entre el anillo de desgaste y carcasa, justifica su reposición.

V.3.3.4 Flechas.

Las flechas dobladas o que han sufrido deformación, deben ser repuestas y nunca tratar de repararlas.

Dado el alto costo que puede tener la reposición de una flecha, estas -- van generalmente protegidas contra la corrosión, erosión y desgaste, por medio de manguitos renovables que se localizan en los estoperos, juntas- de escurrimiento y cojinetes interiores.

Estos manguitos de flecha son generalmente los que requieren ser repues - tos con más frecuencia pues son los que se desgastan con más rapidez.

V.3.3.5 Estoperos y empaques.

El mantenimiento de los estoperos consiste en reponer correctamente sus- empaques.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES

El diseño de una estación de bombeo para aguas negras, está afectado por la calidad y cantidad del agua que va a ser bombeada, la calidad de atención y habilidad que se requieran en la estación, la cantidad de dinero disponible para su construcción, y otros factores tales como localización y condiciones climatológicas.

Una vez que se ha determinado el tipo de estación que se considere más adecuada, el diseño debe seguir un procedimiento lógico, y cada unidad debe considerarse en una secuencia apropiada. Sin embargo, cada etapa en el diseño puede involucrar la consideración de varias formas posibles de unidades o tipos de aparatos. Tal es el caso, en el diseño preliminar se comparan los cárcamos secos con los húmedos, tanto en su aspecto de funcionalidad, económico y estético.

Aún después que se ha determinado la forma general, es práctica común -- no recomendar un tipo o pieza del aparato particular, sino diseñar la -- unidad de modo que se puedan utilizar uno de dos o tres dispositivos mecánicos, controles o alimentadores.

Los límites de capacidad y otras características deseadas están especi -

cadass, y se deja al fabricante que seleccione sus aparatos para que se ajuste a los requisitos del Ingeniero. Algunos Ingenieros, sin embargo, muestran detalles de equipos en particular y especifican de que debe proporcionar el equipo mostrado u otro de igual mérito o similar.

Una de las consideraciones más importantes en el diseño de una estación de bombeo es tomar muy en cuenta la operación adecuada.

Los Ingenieros proyectistas pueden tener poca experiencia en operación y pueden no estar familiarizados con las necesidades del operador. Quizá aún más de sentirse, es la falta de medios efectivos de comunicación entre los operadores y los proyectistas. En el gabinete de diseño se gasta mucho tiempo y trabajo considerando las características deseables para una buena operación se desprecian, ya sea porque se pasaron por alto durante el diseño o porque no se conocían.

Después de esto, se tiene que tomar en consideración el mantenimiento, - que el Ingeniero debe tener presente durante el diseño. Ya que éste influye en la eficiencia, seguridad y economía de la operación de la estación de bombeo.

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

- INGENIERIA SANITARIA
W.A. HARDENBERGH Y EDWARD B. RODIE
EDITORIAL CECSA

- SELECCION Y OPERACION DE BOMBAS DE AGUA Y SISTEMAS DE BOMBEO
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA DE LA U.N.A.M.

- BOMBAS. SU SELECCION Y APLICACION.
TYLER G. HICKS
EDITORIAL CECSA

- MECANICA DE FLUIDOS Y MAQUINAS HIDRAULICAS.
CLAUDIO MATAIX
EDITORIAL KARLA

- CURSO DE MAQUINAS HIDRAULICAS.
MIGUEL AGUIRRE REYES
FACULTAD DE INGENIERIA DE LA U.N.A.M.

- MAQUINAS HIDRAULICAS.
JOSE L. DE PARRES
EDITORIAL MAGAZINE

- APUNTES DE CLASE HIDRAULICA III
URIEL MANCEBO DEL CASTILLO
FACULTAD DE INGENIERIA DE LA U.N.A.M.

- TRATAMIENTO Y DEPURACION DE LAS AGUAS RESIDUALES.
METCALF - EDDY
EDITORIAL LABOR