

2ej.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

CAMPUS ARAGÓN

“CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO Y  
EQUIPAMIENTO DE UN CARCAMO DE BOMBEO  
PARA AGUAS RESIDUALES”

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
**INGENIERO CIVIL**  
**P R E S E N T A:**  
**LUIS ANTONIO LEON AVILA**

ASESOR: ING. LUIS P. VIGUERAS MUÑOZ

MEXICO

1998

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

059801



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

**A DIOS:**

QUE HA SABIDO GUIARME EN  
CADA MOMENTO DIFÍCIL DE LA  
VIDA, LE DOY GRACIAS POR  
PERMITIRME ESTAR DONDE  
ESTOY HOY.

**A MIS PADRES:**

POR EL GRAN APOYO QUE  
SIEMPRE ME HAN BRINDADO  
Y PORQUE LOS GRANDES  
SACRIFICIOS HECHOS SE  
REFLEJEN EN ORGULLO Y  
SATISFACCION.

**A MI ESPOSA:**

PORQUE SIEMPRE ESTUVO A MI  
LADO EN LOS MOMENTOS  
DIFÍCILES, COMO PERSONA,  
AMIGA Y ESPOSA  
INCONDICIONAL, GRACIAS  
AMOR.

**A MIS HERMANOS:**

RUFINA	RAUL
LOURDES	MARTHA
JOSE LUIS	TERESA
ARACELI	SILVIA
GUADALUPE	MARCELA

POR EL INMENSO APOYO  
Y CONFIANZA QUE HAN  
DEPOSITADO EN MI.

**A MI ASESOR:**

POR SER LA PERSONA IDEAL  
PARA DIRIGIR ESTE TRABAJO,  
REGALANDOME SU TIEMPO,  
ANIMO Y CONOCIMIENTOS.

**A MIS PROFESORES:**

POR TRANSMITIRME SUS  
CONOCIMIENTOS Y  
CONSEJOS, QUE HAN  
FORJADO EN MI VIDA  
PROFESIONAL.

**CIA. ESPECIALISTAS EN PUENTES  
Y CONSTRUCCION:**

QUE ME HAN ABIERTO SUS  
PUERTAS Y DE ESTA FORMA  
PODERME DESEMPEÑAR  
CADA DÍA MEJOR COMO  
PROFESIONAL.

A TODOS MIS FAMILIARES, AMIGOS Y COMPAÑEROS QUE DE ALGUNA  
MANERA APORTARON SU VALIOSA AYUDA, PARA ALCANZAR UNO DE LOS  
PRINCIPALES OBJETIVOS DE MI VIDA.

**A TODOS USTEDES GRACIAS!**

**LUIS ANTONIO LEON AVILA**

# CONTENIDO

		PAG.
INTRODUCCION		I
<b>T E M A</b>	<b>I</b>	<b>ANTECEDENTES HISTORICOS</b>
<b>T E M A</b>	<b>II</b>	<b>GENERALIDADES</b>
	2.1	Objetivo 4
	2.2	El empleo de carcamos y equipo de bombeo 4
	2.3	Descripción del sistema 5
	2.4	Organización 9
	2.5	Características del líquido 11
	2.5.1	Periodo de diseño 11
	2.5.2	Proyección de crecimiento de población 11
	2.5.3	Desarrollo del área 12
	2.5.4	Agua disponible 12
	2.5.5	Cantidad de agua residuales 12
	2.5.6	Caudales combinados 13
	2.7	Descripción de cárcamos 13
<b>T E M A</b>	<b>III</b>	<b>DISEÑO DE CARCAMOS</b>
	3.1	Tipos de cárcamos 21
	3.2	Recomendaciones generales de diseño 25
	3.3	Diseño hidráulico 31
	3.4	Dimensionamiento 33
	3.5	Disposición recomendable de los equipos 40

3.6	Arreglos recomendables	42
3.7	Proceso constructivo	48
3.7.1	Estructuración	49
3.7.2	Estudios de geotecnia	54
3.7.3	Estudios de campo	57
3.7.4	Estudios de laboratorio	58
3.7.5	Cimentaciones recomendadas	58
3.8	Principales defectos de los cárcamos	59

**T E M A                    IV    EQUIPO DE BOMBEO PARA AGUAS NEGRAS**

4.1	Tipos generales	60
4.2	Características	60
4.2.1	Bombas centrifugas	60
4.2.2	Flujo en el impulsor	63
4.2.3	Número de pasos	63
4.2.4	Tipos de carcasa	64
4.2.5	Posición en la flecha	64
4.2.6	Construcción mecánica del impulsor	64
4.2.7	Característica de succión	64
4.2.8	Potencia de los sistemas de bombeo	66
4.2.9	Eficiencia de las máquinas	68
4.2.10	Curvas características de las bombas centrifugas	68
4.2.11	Alteraciones en las condiciones de funcionamiento	70
4.2.12	Velocidad Específica	71
4.2.13	Asentamiento de las bombas	71
4.2.14	Tubería de succión	72
4.2.15	Piezas Especiales	72

4.2.16	Velocidad máxima en las tuberías	74
4.2.17	Cavitación	74
4.2.18	Potencia	75
4.2.19	Bomba de tornillo	76
4.2.20	Construcción	77
4.2.21	Instalación	77
4.2.22	Altura manométrica	79
4.3	Selección de equipos de bombeo para aguas residuales	81
4.3.1	Consideraciones para la selección	81
4.3.2	Procedimiento de selección	82
4.4	Instalación, operación y mantenimiento de bombas	92
4.4.1	Recibimiento	92
4.4.2	Sitio de instalación	93
4.4.3	Instalación	93
4.4.4	Alineación	93
4.4.5	Tubería	93
4.4.6	Proceso para el cebado de bombas	93
4.4.7	Causas de funcionamiento deficiente	93

## **T E M A            V            ESTRUCTURAS COMPLEMENTARIAS**

5.1	Dispositivos de retención y retiro de cuerpos	99
5.1.1	Importancia	99
5.1.2	Localización	101
5.1.3	Instalación	103
5.1.4	Estructuración	103
5.1.5	diseño hidráulico y estructural	104
5.1.6	Perdidas por repillas	106

5.2	Sistema de limpieza	106
5.2.1	Limpieza manual	106
5.2.2	Limpieza automática	109
5.3	Diseño del túnel unión	110
5.4	Tanques desarenadores	113
5.4.1	Recomendaciones generales	113
5.4.2	Clasificación de los tanques de sedimentación	115
5.4.3	Diseño hidráulico	115
5.4.4	Construcción de desarenadores	117
5.5	Estructuras de descarga	118
5.5.1	Tipos recomendados	118
5.5.2	Dimensionamiento	121
5.5.3	Estructuración	123

## **T E M A VI RECOMENDACIONES GENERALES**

6.1	Mantenimiento	124
6.1.1	Mantenimiento preventivo	124
6.1.2	Mantenimiento correctivo	124

## **CONCLUSIONES**

## **BIBLIOGRAFIA**

# INTRODUCCION

A la agresividad de la naturaleza se ha enfrentado el ingenio humano creando obras portentosas y admirables, como son: acueductos, plantas de tratamiento de aguas residuales, sistemas de bombeo, etc., y justo cuando se cree haber dominado tales fuerzas se presenta un hundimiento, una fractura o una inundación, que significa nuevos retos que vencer en cualquier urbe, el desarrollo en este campo nunca concluye: el intenso y constante crecimiento demográfico, y el daño que sufren las tuberías ante el hundimiento continuo del subsuelo. Por lo que el Ingeniero Civil se ha dado a la tarea de solucionar los problemas que se presenten. El cual es el propósito de este tema de tesis.

Se presentan antecedentes históricos, los cuales apoyaran el criterio del ingeniero, así como tener una visión amplia de los sistemas ya utilizados en su momento.

Se describen generalmente las partes más importantes que conforman el sistema de un cárcamo y que posteriormente se analizan con detenimiento, así como el personal que hace posible el funcionamiento y las características del líquido.

Se propondrá las dimensiones de los diferentes tipos de cárcamos, así como las ventajas y desventajas que se presentan en cada uno de los arreglos recomendables, y en base a esta información se tomara la mejor alternativa para la solución del problema, y se presentara el proceso constructivo y los datos que se requieran en su cálculo.

Se presentara la variedad de los tipos de bombas que son utilizables para el tipo de líquido, así como sus características, su funcionamiento, su posición, las características de utilización en términos de bombeo, su potencia, sus curvas características, la velocidad manejable, y las demás características básicas que son recomendables para el buen funcionamiento del sistema cárcamo-bomba.

Se describirán con detenimiento las partes que complementan dicho sistema (cárcamo-bomba), entre estas estructuras se encontraran los dispositivos de retención (rejillas), tanto manuales como mecánicas, así como su ubicación, dimensión, instalación y sistemas de limpieza; también se presentan el diseño del túnel unión, los tanques desarenadores y las estructuras de descarga.

Se darán recomendaciones para el mejor funcionamiento de este sistema (cárcamo-bomba), como son el mantenimiento preventivo y correctivo, así como la seguridad e higiene que se deben tener por obligación.

Por lo tanto aquí se encontrara una valiosa información para tener un criterio más amplio para la obtención del diseño de dicho sistema.

# TEMA I

## ANTECEDENTES HISTORICOS

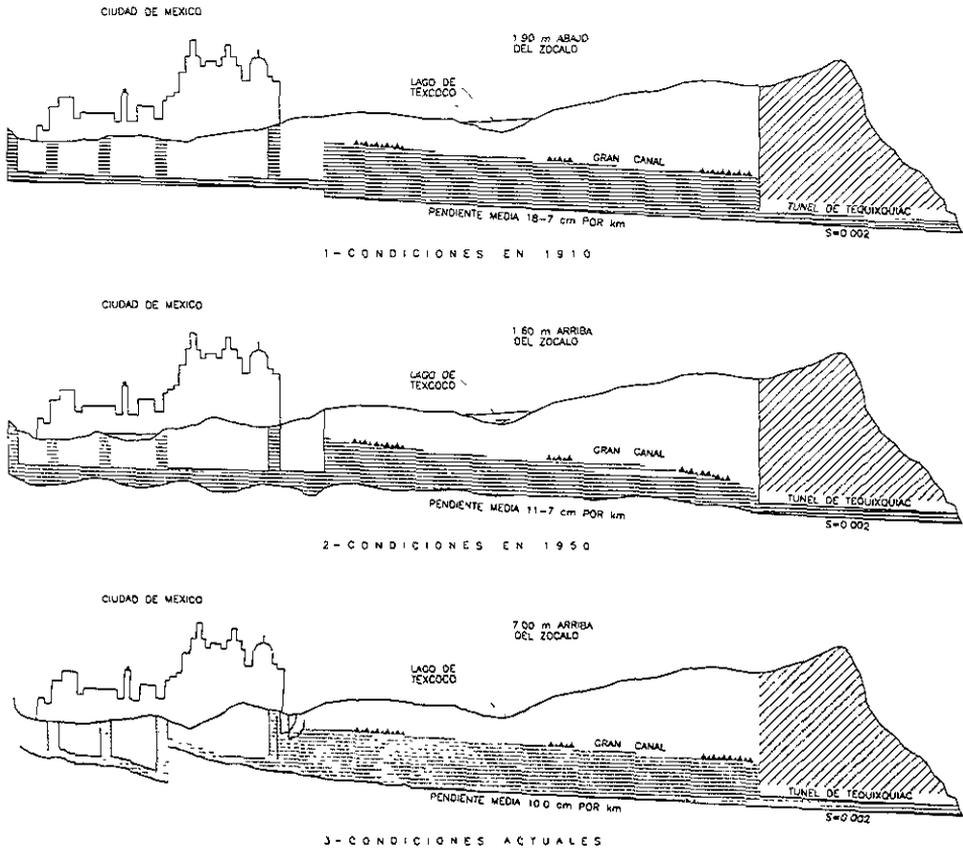
Uno de los principales problemas de cualquier ciudad es el abastecimiento de agua potable, y el desalojo de las aguas residuales (aguas domésticas y aguas pluviales), tal es caso de la Ciudad de México que se encuentra en una antigua zona de lagos, a una altura de 2,240 m.s.n.m. y dentro de una cuenca que carece de salidas naturales, con intensidades de lluvia de corta duración que pueden ocasionar graves inundaciones en las partes bajas, y con una precipitación media anual de acuerdo con datos recabados en un período mayor de 50 años, es de 700 mm; ello representa un volumen medio llovido del orden de 6500 millones de m<sup>3</sup> anuales.

A continuación se presenta una breve reseña histórica y las soluciones que la ingeniería mexicana ha dado a los problemas de drenaje de la ciudad:

- En 1499, se construyó la primera obra magna de defensa, un dique de 16 km de longitud que protegía a la población de las aguas procedentes del norte de la cuenca.
- En 1795, las letrinas se convirtieron en el recurso sanitario más común.
- En 1856 ante los problemas de inundaciones se busco dar una salida adicional a las aguas, fue así que se inicio la construcción del gran canal de desagüe.
- En el siglo XIX se puso en práctica trazar una red de atarjeas para desaguar lluvias y desechos líquidos, pero se habían construido sin ningún proyecto preconcebido, muchas de ellas trabajaban en contrapendiente y en general, los conductos no tenían capacidad suficiente para dar un servicio satisfactorio.
- En 1895, se proyecto un sistema de alcantarillado, que consistía en un sistema combinado de cinco colectores que cruzaban la ciudad de poniente a oriente.
- En 1919, el sistema hidrológico del valle se mejoró considerablemente con la ampliación y regulación del río desaguador de Tultitlán, se alejaron las corrientes de los ríos de los Remedios, Tlalnepantla y Consulado, de los centros poblados que atravesaban para evitar inundaciones.

- En 1967, debido a la grave situación que se podría presentar en la ciudad a causa de las inundaciones se vio la necesidad de construir un sistema de desagüe lo suficientemente seguro para que, por más que hundiera la ciudad, jamás dejara de funcionar, llamándole "Sistema de Drenaje Profundo".
- De 1983-1988, con el objeto de mejorar el drenaje en la zona oriente, se incrementó la capacidad de la planta de bombeo Ejército de Oriente. Adicionalmente, con la finalidad de crear una infraestructura con un funcionamiento al margen de los hundimientos diferenciales del subsuelo, permitiendo incrementar el desalojo de las aguas pluviales.
- En 1992, se inicio el entubado del Gran Canal en su tramo dentro del D.F.

Todas las obras de desagüe construidas en aquellas épocas, se proyectaron para trabajar por gravedad y así lo hicieron originalmente. Sin embargo, la perforación y explotación de numerosos pozos de agua, aceleró el hundimiento general del Valle, merced a la consolidación de las arcillas compresibles en algunos puntos de la ciudad, y dicho hundimiento ha llegado ser mayor de 8 mts. siendo inminente el desplazamiento de la red de alcantarillado, provocándose columpios y contrapendientes en los colectores que desaguan al gran canal (ver figura 1.1)



VARIACIONES DE LAS CONDICIONES DEL DESAGUE DE LA CIUDAD DE MEXICO

FIGURA 1.1

# TEMA II

## GENERALIDADES

El contenido del presente trabajo es la recopilación de información de diferentes autores, así como la participación en cuanto a experiencia se refiere de técnicos que se han desarrollado en este campo de la ingeniería.

### 2.1. OBJETIVO

El objetivo que se persigue con este trabajo, es concentrar toda una gama de consideraciones técnicas que se emplean en el diseño y construcción, referentes a cárcamos de bombeo, de tal forma que sirva de apoyo a los nuevos técnicos que se encuentran en etapa de preparación e inclusive como consulta para aquellos que están en ejercicio de la profesión.

### 2.2. EL EMPLEO DE CARCAMOS Y EQUIPO DE BOMBEO.

Los problemas hidráulicos y sanitarios que actualmente inciden en las grandes ciudades hacen preciso elevar por lo menos una parte de las aguas residuales. Las condiciones específicas que hacen necesaria la elevación, son las siguientes:

- a) Cuando el terreno es tal que las alcantarillas, para tener suficiente pendiente, han de ser tan profundas y que su costo de construcción resultaría muy crecido.
- b) Cuando sea necesario llevar las aguas residuales a lo alto de una colina.
- c) Cuando las salidas de las alcantarillas quedan a un nivel inferior al del curso del agua donde han de desaguar.
- d) Cuando es necesario elevar el agua residual, con el fin de que adquiera la altura precisa para circular por gravedad a través de la instalación.

- e) La deshidratación de los acuíferos y la ruptura de la estructura de la subcuenca, causando hundimientos, agrietamientos y fallas que desarticulan todas las obras y servicios urbanos.
- g) A la falta de pendiente natural del terreno y, a los asentamientos generales no uniformes de la zona.
- h) Si las pendientes del terreno son menores de las que se necesitan para proporcionar una velocidad adecuada al conducto, éste progresivamente será más profundo y puede necesitarse bombear las aguas negras hasta un nivel más alto para evitar excavaciones.

### 2.3. DESCRIPCION DEL SISTEMA

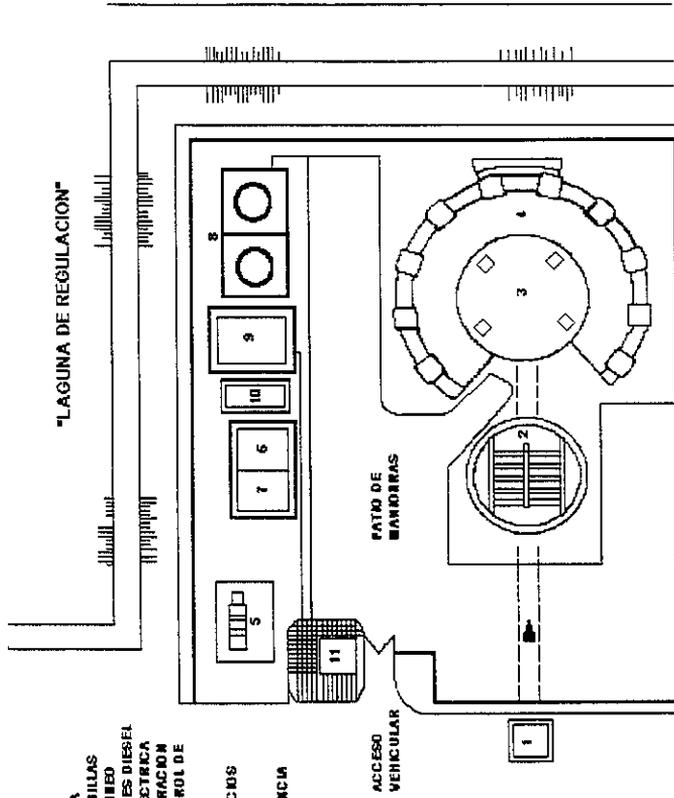
Los elementos o estructuras hidráulicas de mayor importancia en el sistema de cárcamo-bombeo pueden variar de acuerdo a las necesidades específicas de cada proyecto.

Se enumeran a continuación aquéllas que se deben considerar en el caso de una planta importante, aunque algunas partes pueden eliminarse cuando no sean necesarias (ver figura 2.1 y 2.2).

- a) ESTRUCTURA O CAJA DE CONTROL.- Tiene la función de recibir las aportaciones de un colector superficial y efectuar las descargas de manera controlada a base de compuertas planas, esta lumbrera puede o no estar cerca de la planta (ver figura 2.3).
- b) LUMBRERA DE REJILLAS.- Contiene a las estructuras necesarias para retener objetos de grandes dimensiones y de tamaños mayores al paso de esfera especificado para el equipo de bombeo. En ocasiones, también se utiliza para recibir las aportaciones de algún colector superficial.
- c) DESARENADORES.- Pocas son las plantas en operación que cuentan con estos elementos y cuando los tienen, sólo son para retirar gravas. Pueden existir proyectos específicos en que los desarenadores se justifiquen

económicamente, si se reducen los gastos de desazolve y reparación o cambio de impulsores.

- d) COMPUERTAS DE SECCIONAMIENTO.- Pueden ser deslizantes (planas) o radiales, según las necesidades. Debe señalarse que debido a la tendencia a utilizar cárcamos únicos, el seccionamiento es poco factible.
- e) TUNEL UNION.- Es el que conduce el agua de la lumbrera de rejillas a la de bombeo, y generalmente se ubica al nivel de mayor elevación del piso de alguna de las dos.
- f) CARCAMO DE BOMBEO.- En éste se regulan los volúmenes provenientes de el o los influentes, y de donde los equipos de bombeo toman las aguas aportadas, debiendo tener el espacio suficiente para alojar a dichos equipos.
- g) ESTRUCTURA (TANQUE) DE DESCARGA.- Es un tanque de sección transversal rectangular que recibe las aguas bombeadas para desalojarlas por un efluente.
- h) BOMBAS.- En ocasiones no se dispone de bombas para el manejo exclusivo de aguas residuales, y las instaladas tienen capacidad excesiva para este servicio y en condiciones antieconómicas de operación, por los frecuentes paros y arranques.
- i) TUBERIAS DE DESCARGA.- En general son cortas, de menos de 50 m de longitud, y comúnmente no tienen problemas transitorios, a menos que la relación de longitud entre carga dinámica exceda de 20 m.
- j) MOTORES.- Es recomendable utilizar motores eléctricos de inducción, alimentados por la línea externa y por una planta generadora diesel o de gasolina. Por razones económicas, también se emplea el respaldo con motores de combustión interna acoplados directamente a la bomba.



- 1- CAJA DERIVADORA
- 2- LUBRERIA DE REJILLAS
- 3- CARGADO DE MOTOR
- 4- CUBIERTA MOTORES DIESEL
- 5- SUBESTACION ELECTRICA
- 6- CUARTO DE GENERACION
- 7- CUARTO DE CONTROL DE MOTORES
- 8- TANQUES DIESEL
- 9- CASETA DE SERVICIOS AUXILIARES
- 10- CISTERNA
- 11- CASETA DE VIGILANCIA

DESCRIPCION DEL SISTEMA

FIGURA 2.1

VISTA DE PLANTA DEL DISPOSITIVOS MAS IMPORTANTES  
EN UNA PLANTA DE BOMBEO

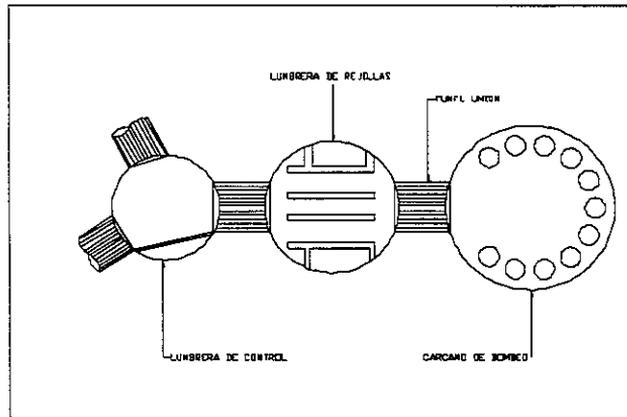


FIGURA 2.2

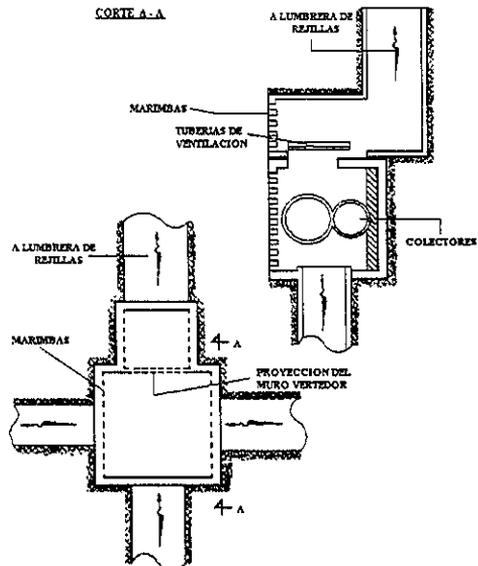


FIGURA 2.3

## 2.4. ORGANIZACION

Para operar adecuadamente estos sistemas se requiere de (ver diagrama de comunicación):

Un jefe de planta.

Un operador de la generadora de energía eléctrica y equipo de bombeo.

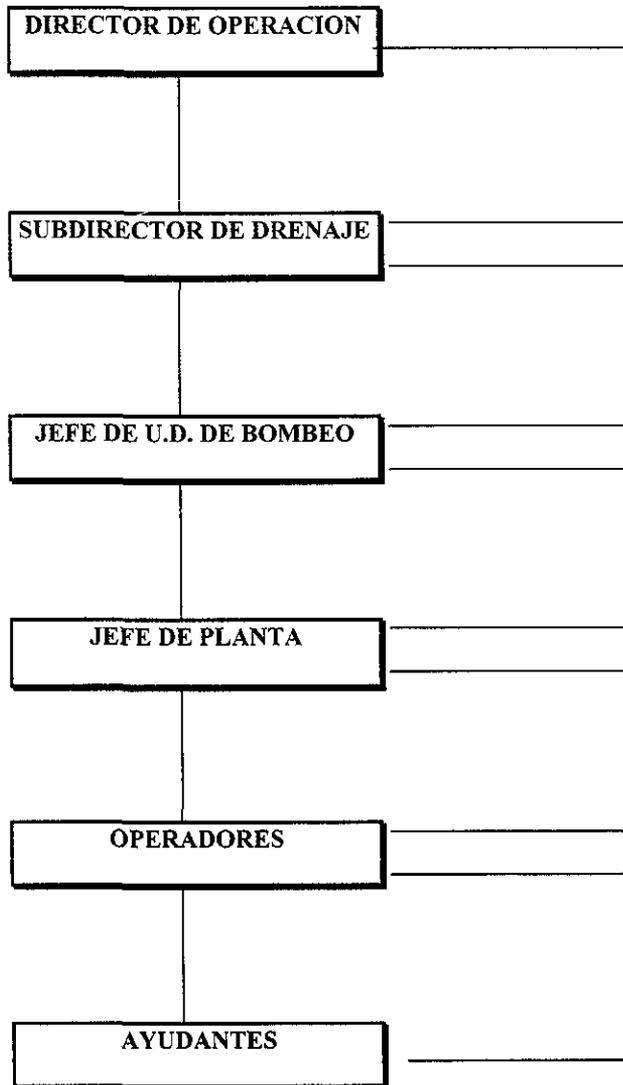
Un operador de subestación eléctrica

Dos ayudantes de operador.

En tres turnos de 8 hrs. cada uno y cuyas funciones radican principalmente en:

- a) Jefe de planta.- Es el responsable de programar, asignar y dirigir todas las actividades involucradas en la operación de los sistemas de bombeo.
- b) Operador de la generadora de energía eléctrica y equipo de bombeo.- Es el encargado de operar oportuna y eficientemente el sistema de bombeo así como de mantenerlo en óptimas condiciones.
- c) Un operador de subestación eléctrica.- Es el encargado de operar oportuna y eficientemente la subestación eléctrica, así como de mantenerlo permanentemente en óptimas condiciones.
- d) Dos ayudantes de operador.- Se encargan de auxiliar en sus labores, tanto al jefe de la planta, como a los operadores.

## DIAGRAMA DE COMUNICACION



## 2.5. CARACTERISTICAS DEL LIQUIDO

Previo al diseño y construcción de cualquier sistema de recolección de aguas residuales o transferencia de caudales, es necesario hacer un estudio en el cual se deben analizar los periodos de diseño, proyecciones de crecimiento de agua disponible y la cantidad de aguas residuales.

### 2.5.1. PERIODO DE DISEÑO

Es determinado por la capacidad hidráulica o funcional del sistema, más allá del cual no funcionará satisfactoriamente. Este período está comprendido en años desde la fecha del diseño original hasta una futura, cuando la capacidad del sistema es alcanzada.

Un análisis de los periodos de diseño deberá tomar en cuenta lo siguiente:

- a) Que el equipo llegue a ser obsoleto.
- b) Su uso y desgaste.
- c) La posibilidad de futuras expansiones.
- d) La factibilidad o dificultad de llevar a cabo la expansión.
- e) La eficiencia en el funcionamiento del sistema durante sus primeros años cuando no está operando a plena capacidad.

### 2.5.2. PROYECCION DE CRECIMIENTO DE POBLACION

Las aguas residuales sanitarias provenientes de una comunidad depende de la población y contribución por persona. El crecimiento o distribución de la población de una comunidad se puede afectar por las oportunidades de empleo, distancia que se deban desplazarse los trabajadores, factores socioeconómicos, y zonificación. Para la determinación de la población futura existen varios métodos que son:

- a) Aritmético.
- b) Geométrico.
- c) Logarítmico.
- d) Comparación.

### 2.5.3. DESARROLLO DEL AREA

La planeación local, los usos del terreno, la proyección de renovación urbana, y los reglamentos de zonificación, influyen en la distribución de la población futura, la cual afectará la cantidad de aguas residuales. Las tendencias recientes de construcción de multifamiliares y casas en serie han afectado los problemas de densidad y cantidad de aguas residuales.

### 2.5.4. AGUA DISPONIBLE

Las aguas residuales dependen fundamentalmente de la cantidad de agua disponible. La tendencia del uso del agua depende de la medición del suministro, las tarifas y la disponibilidad de alcantarillado.

Se debe establecer el consumo por persona para estimar el caudal que llegará a la alcantarilla. No hay que olvidar la fluctuación de la demanda que juega un papel importante en el diseño de los sistemas de alcantarillado y en consecuencia en la capacidad de la estación de bombeo.

### 2.5.5. CANTIDAD DE AGUAS RESIDUALES

Generalmente se estudia el caudal promedio diario, los caudales diarios mínimos y máximos y el caudal "pico" horario.

El caudal horario "pico" y el flujo mínimo diario son usados para evaluar el sistema sanitario. El caudal máximo define el tamaño de las facilidades de almacenamiento del pozo húmedo y del equipo de las estaciones de bombeo. El caudal promedio ayuda a analizar el funcionamiento de las unidades de la planta de tratamiento

### 2.5.6. CAUDALES COMBINADOS

En general, el diseño de alcantarillados combinados es el mismo que para el pluvial, debido a que el volumen de aguas residuales es insignificante se compara con el pluvial. En el diseño de las estaciones de bombeo para caudales combinados, el caudal y el volumen de las aguas residuales deben considerarse. El tiempo de retención extremadamente largo pueden acarrear problemas de septicidad y malos olores. Por tanto, al determinar la capacidad de una estación de bombeo de caudales combinados, deben tener en cuenta tanto los caudales pluviales como los residuales.

Para determinar los caudales pequeños solamente deben considerarse las variaciones del caudal de aguas residuales.

Las bombas y los cárcamos deben diseñarse para proporcionar tiempos cortos de retención de las aguas residuales. Para caudales grandes, se dimensionaran otras bombas, teniendo presente las variaciones grandes del caudal de infiltración, que penetra a las alcantarillas a través de las tuberías defectuosas, juntas de conexión y a través de los pozos de inspección.

Por lo tanto la cantidad de las aguas negras domésticas e industriales que una zona contribuye, será generalmente cerca de una tercera parte menor que la cantidad de agua utilizada en la zona, es decir, aproximadamente del 60 al 75 % del agua abastecida reaparecerá como agua residual, y la parte restante será utilizada en los procesos industriales para riego de prados, etc.

### 2.6. DESCRIPCION DE LA OPERACION

El equipo de bombeo existente en una planta, normalmente entra en operación cuando se presenta una precipitación pluvial de tal manera que los volúmenes de agua combinada aportados por los colectores reconozcan al cárcamo de bombeo y posteriormente se incorporen a la estructura de descarga.

En contraparte, durante la ausencia de precipitación pluvial en el área tributaria, la planta de bombeo generalmente no opera, ya que la caja derivadora se

encuentra conectada al colector, al cual descarga en forma continua.

A continuación se describen las actividades a desarrollar durante la operación de las instalaciones y equipo existentes, tanto en condiciones normales como extraordinarias y de mantenimiento.

- a) Caja derivadora.- La caja derivadora funciona básicamente para dos condiciones, una con precipitación y otra en ausencia de ésta.

En época de estiaje permite el libre flujo de las aguas residuales aportadas por los colectores. Cuando se presente una precipitación pluvial en la zona de influencia de la planta de bombeo, el colector perderá capacidad de desalajo, por lo el nivel de aguas combinadas se incrementara en la caja derivadora permitiendo el flujo hacia la lumbrera de rejillas (ver figura 2.4).

- b) Lumbrera de rejillas.- Para operar el sistema automático de extracción de sólidos, se debe accionar el botón de encendido en el tablero de control de rejillas, al accionar este sistema, se inicia un proceso mecánico que consiste en el retiro de sólidos obturados en la rejilla mediante unas placas que se deslizan verticalmente de abajo hacia arriba empujando los materiales hasta la banda transportadora. Cabe mencionar que el volumen de sólidos retenidos y desalojados de las rejillas se deben depositar en contenedores para su evacuación de la planta de bombeo.

Para proporcionar mantenimiento al equipo alojado en la lumbrera se deben utilizar una o dos compuertas a la vez, es decir, se mantendrá una rejilla en operación en caso de una precipitación pluvial (ver figura 2.5).

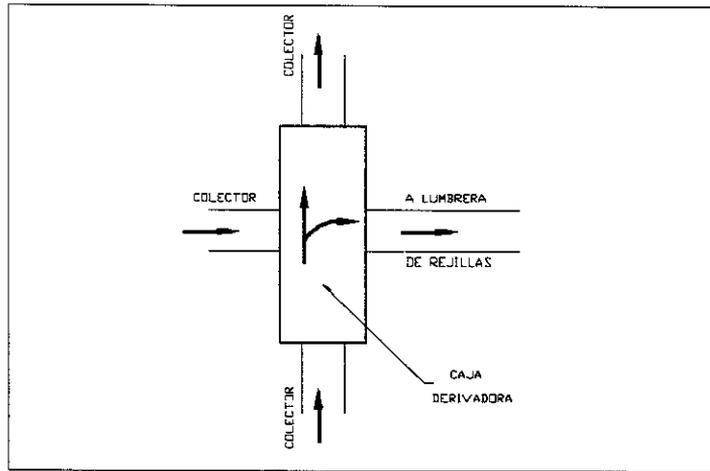


FIGURA 2.4

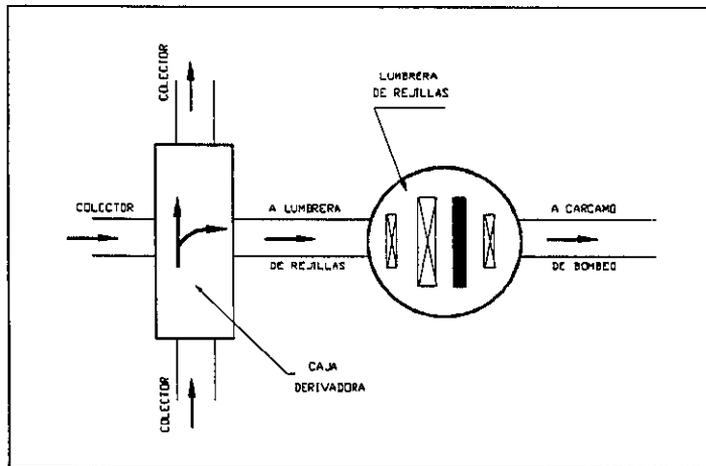


FIGURA 2.5

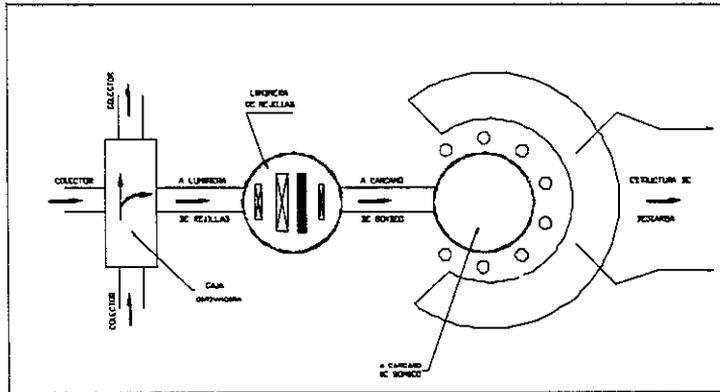


FIGURA 2.6

POR EJEMPLO: Para mantener los niveles de operación en el cárcamo de bombeo, dentro del rango normal que va del nivel 2,229.50 al 2,232.50 m.s.n.m., se debe contemplar primero que el ingreso de los volúmenes de agua al cárcamo tienen la variación descrita anteriormente; y segundo, que los gastos de bombeo por equipo, varían de 1.90 a 2.50 m<sup>3</sup>/seg, para estos niveles respectivamente. Por otra parte es importante considerar que el volumen de agua entre los niveles citados que se concentran en el cárcamo, se puede desalojar por un equipo, en un tiempo de 4 minutos aproximadamente.

Por lo anterior, resulta indispensable que durante la operación de los equipos de bombeo, se encarguen dos operadores, uno que verifique y reporte las lecturas de niveles en el cárcamo, demandas de los equipos y que accione los motores en el cuarto de control de máquinas, y el segundo en el cárcamo de bombeo para operar las cajas de engranaje y checar el funcionamiento de las bombas y motores.

Debido a que no se cuenta con un monitoreo del tránsito de las avenidas, ni registros pluviométricos con reporte instantáneo, el único parámetro para prever una

avenida es la observación ocular de la atmósfera, de tal manera que cuando se vislumbre una precipitación y se observe, se podrá estimar con cierta aproximación la duración de la avenida, su intensidad y el tiempo en el que se iniciará.

De los estudios ha realizar para el diseño de la planta, el gasto máximo probable que resulte será con el que se diseñe geométricamente el cárcamo.

Como los colectores de llegada y descarga están directamente conectados con la planta de bombeo, los niveles de agua en estos elementos tienen por consecuencia una relación estrecha. De tal forma que los niveles registrados en el cárcamo serán semejantes a los que se tengan en la caja derivadora.

Cuando se presenta un incremento de los gastos debido a una precipitación en el área tributaria es de esperarse que los niveles se incrementen y rebasen el nivel preestablecido, en el cual se pondrán en funcionamiento los equipos de bombeo.

Considerando los términos establecidos, se emplearán los equipos para bombear parte del gasto que circula por el colector, el cual corresponderá al incremento por la precipitación y se enviará mediante el bombeo a las estructuras de descarga. Esta acción evitará saturar el colector durante una tormenta.

Cuando por primera vez se alcance el nivel preestablecido, se debe iniciar el bombeo, arrancando un equipo, si en el lapso de 2 a 5 minutos el nivel no se estabiliza y se incrementa, se arrancará un segundo equipo y así sucesivamente.

En todo momento se deberá observar las condiciones de la lluvia, de tal forma que si la precipitación es regular, los gastos se incrementarán en una forma constante hasta varios minutos después de cesar la lluvia. Si la precipitación es fuerte, es muy probable que durante algún momento y de la misma forma unos minutos después de ese evento, se presente un incremento brusco en los gastos combinados, por lo que se tendrá especial cuidado en la lectura de los niveles para mantenerla dentro de los rangos normales establecidos, accionando los equipos necesarios inclusive hasta dos equipos de forma simultánea, si es necesario.

Es probable que durante la tormenta se presenten incrementos y decrementos sucesivos de los gastos, ya que el área tributaria es considerable y llegan dos colectores a la caja derivadora.

A pesar de contar con la opción de accionar las bombas con el embrague de estas, por la capacidad del cárcamo y el sistema de conexión es poco probable la necesidad de operar los equipos de esta manera, sin embargo se deberá tomar en cuenta para controlar variaciones rápidas.

Si la precipitación ocurre en un punto lejano a la planta, dentro de la zona de influencia, su ingreso a la planta tardará hasta más de una hora y entre más cerca de la planta se presente, menor será el tiempo que transcurra para que se refleje en la misma.

Al cesar la precipitación o disminuir su intensidad, cuando repercuta en la planta, también llegará el gasto pico y los gastos de ingreso en la planta decrecerán de la misma forma. Cuando esto suceda, se tendrá especial cuidado en no bombear por debajo del nivel mínimo de operación normal, que sería un nivel de bombeo que consumiría mayor energía al tener una mayor carga dinámica total y podría provocar la cavitación, en la columna de succión de la bomba.

La operación eficiente de las bombas y motores, se logrará mediante la constante observación de los niveles y puesta en marcha y paro de los equipos, obligándose a que los equipos deberán ser puestos en operación uno a uno y de la misma forma deberán irse desligando del sistema.

En cuanto a la capacidad de bombeo, en condiciones normales se reducirá el número de equipos de bombeo, que serán suficientes para manejar el gasto de ingreso, salvo en el caso de avenidas extraordinarias, cuando se hace necesaria la operación total del equipo, por lo que como medida preventiva será indispensable tener en condiciones de operación en todo momento al equipo. Por ello será necesario realizar los mantenimientos preventivos mayores a los equipos durante la época de estiaje.

La secuencia de la puesta en marcha de los equipos obedece a la necesidad de mantener un tiempo de operación semejante en cada uno de ellos aunque con una diferencia decreciente de aproximadamente 50 horas, esto disminuirá la probabilidad de falla simultánea de los motores y bombas, pero procurará llegar a la vida útil de los equipos con cierta paridad. Para lograr lo anterior se debe llevar un recuento de las horas en operación de cada uno de los equipos y se planteará el orden de encendido para la siguiente puesta en operación.

# TEMA III

## DISEÑO DE CARCAMOS

### 3.1 TIPOS DE CARCAMOS

Los cárcamos son las estructuras que alimentan a los equipos de bombeo instalados sobre ellos.

Un buen diseño hidráulico del cárcamo permite que los equipos de bombeo trabajen entre los límites de operación aceptables (ver figura 3.1).

Se pueden distinguir dos tipos de cárcamo, de acuerdo con la posición de los equipos de bombeo respecto del nivel del agua a bombear.

- a) CARCAMO SECO.- Los equipos de bombeo se instalan fuera del agua utilizando una tubería de succión o conductos de succión. Los equipos pueden quedar abajo del nivel del agua del cárcamo, o bien arriba de dicho nivel. En el último caso se requiere de dispositivos adicionales para el funcionamiento de los equipos como puede ser un sistema de cebado (ver figura 3.2 y 3.3).
- b) CARCAMO HUMEDO.- Los equipos de bombeo se instalan dentro del agua, utilizando generalmente equipos de bombeo verticales y motores por arriba, generalmente sobre el piso de operación de la planta de bombeo. Los cárcamos húmedos son los más utilizados en las plantas de bombeo de aguas negras (ver figura 3.4 y 3.5).

PERFIL CARCAMO DE BOMBEO

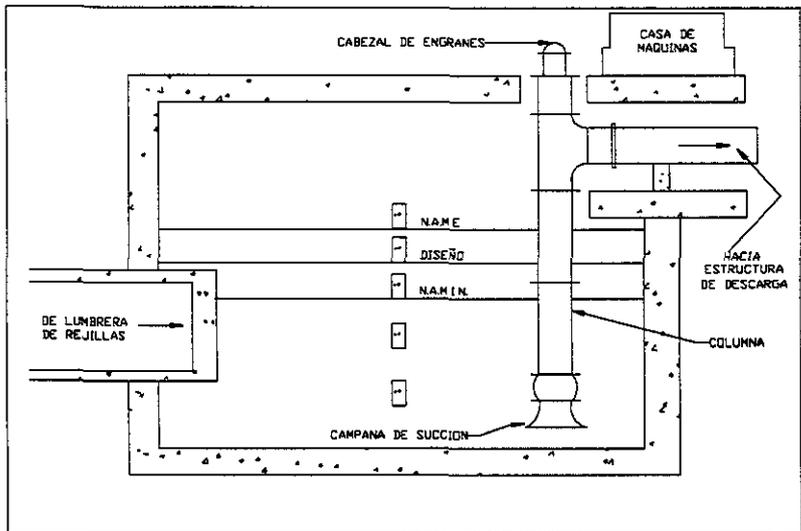
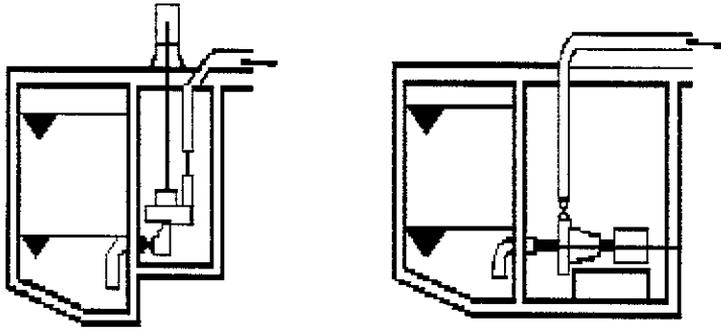


FIGURA 3.1



CONSTRUCCION VERTICAL EN  
CARCAMO SECO

CONSTRUCCION VERTICAL EN  
CARCAMO HUMEDO

FIGURA 3.2

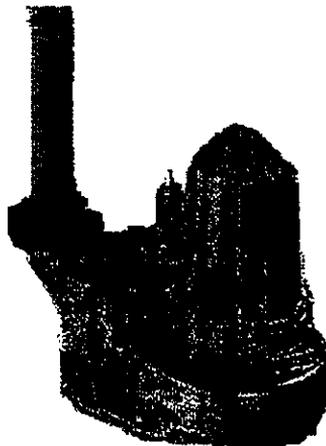
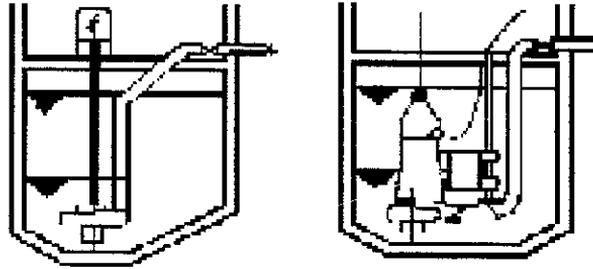


FIGURA 3.3



CONSTRUCCION VERTICAL  
EN CARCAMO HUMEDO

BOMBA CON MOTOR  
INSTALADO EN HUMEDO

FIGURA 3.4



FIGURA 3.5

---

**PRINCIPALES VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS CARCAMOS SECOS:**

- a) Mayor facilidad de reparación, mantenimiento e inspección de carcasas e impulsores.
- b) Instalación rígida con menores problemas de vibración y facilidad de atraque de bombas y tubos.
- c) Las filtraciones y la humedad en el cárcamo seco pueden representar un problema ambiental y requerir de equipo de achique o de tratamiento de fisuras y pasos de agua.
- d) Generalmente requieren de una superficie horizontal mayor que el cárcamo húmedo y el costo de la obra civil resulta mayor.

**PRINCIPALES VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS CARCAMOS HUMEDOS:**

- a) En México se cuenta con equipos adecuados a este cárcamo, que operan con mayor amplitud de gastos y cargas.
- b) Es posible utilizar equipo a intemperie y eliminar grúas viajeras, techumbre y equipo de achique.
- c) La obra civil es relativamente económica, sobre todo si se recurre a cárcamos circulares, estos especialmente recomendados en cárcamos profundos y terrenos suaves como los de la zona del lago.
- d) Generalmente ocupan menor área y el costo total es menor que en el caso de cárcamos secos.

**3.2. RECOMENDACIONES GENERALES DE DISEÑO.**

Los equipos de bombeo trabajan frecuentemente de manera alternada, por lo que el conjunto cárcamo-sistema de alcantarillado deberá contar con un volumen almacenado de agua, a fin de que los equipos trabajen con menor frecuencia que la recomendada por los fabricantes.

Las formas en planta más comunes en los cárcamos son la rectangular, la circular o una combinación de éstas (ver figura 3.6 y 3.7). Para ello es necesario considerar el aspecto constructivo, que depende en gran parte de las construcciones aledañas y del tipo de suelo.

La forma y dimensionamiento en planta del cárcamo dependen de la forma y tamaño del terreno donde se ubicará, el número de equipos de bombeo a instalar y de su capacidad, por lo que, antes de dimensionarlo, se deberá hacer una selección preliminar del equipo de bombeo a utilizar.

Los cárcamos de bombeo generalmente son rectangulares, cuadrados o circulares. Deben poseer dimensiones mínimas necesarias para facilitar el asentamiento de la piezas especiales, permitir el acceso y evitar grandes velocidades y agitación de las aguas.

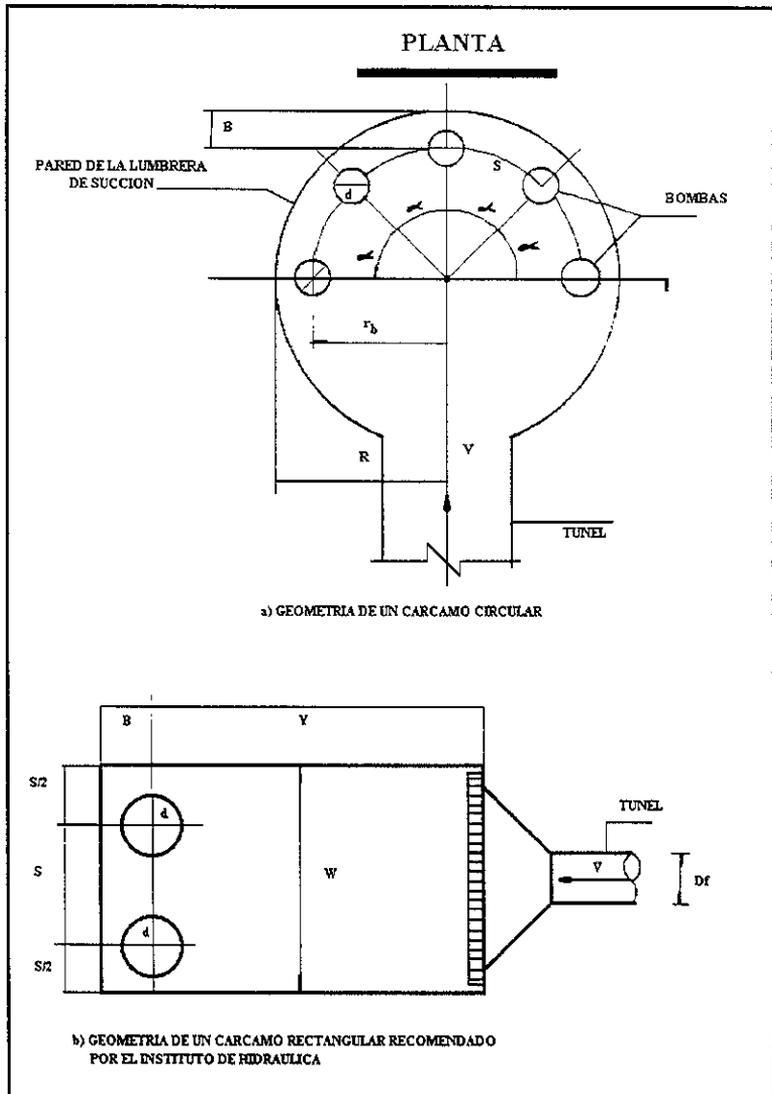


FIGURA 3.6

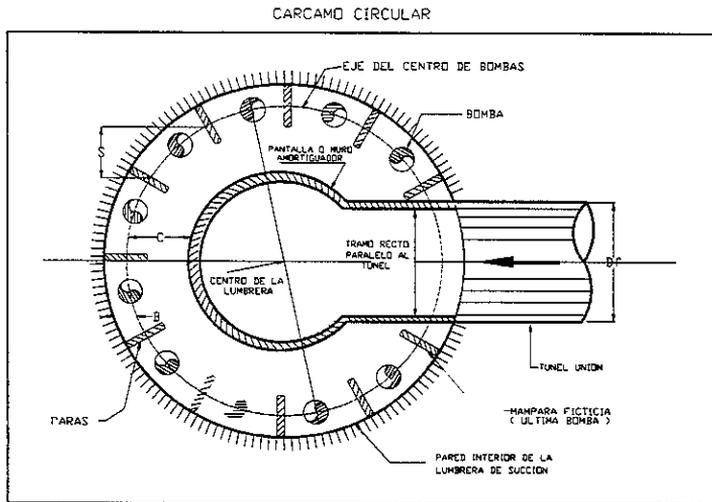


FIGURA 3.7

La velocidad del agua en la entrada del tubo de aspiración debe ser inferior a 0.90 m/s. La profundidad útil en el cárcamo de bombeo, o sea, la altura entre el nivel mínimo y la unión de la rejilla, o la boca de entrada de la tubería, debe ser igual o superior a los límites siguientes (ver figura 3.8):

a) Condición hidráulica.

$$h \geq \frac{v^2}{2g} + 0.20$$

b) Para impedir la entrada de aire.

$$h \geq 2.5 D + 0.10$$

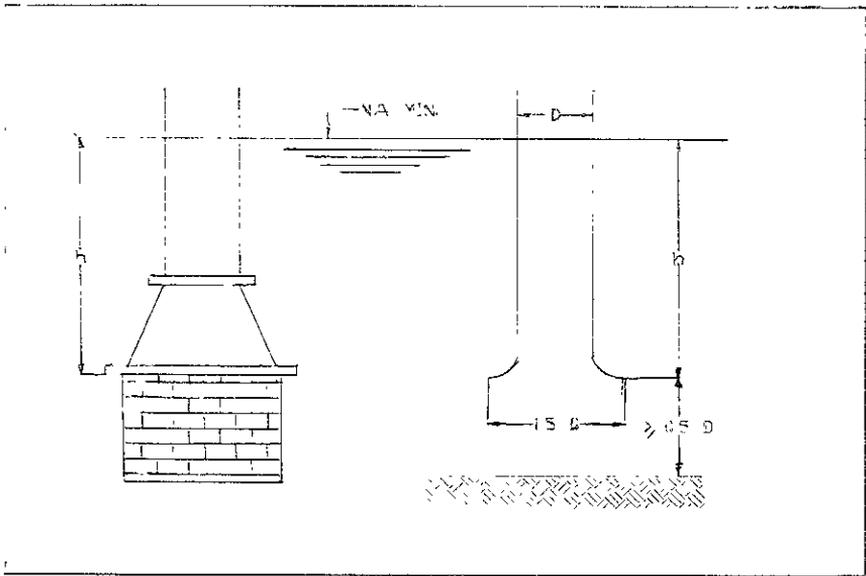


FIGURA 3.8

Deben ser evitadas descargas de agua arriba del nivel del cárcamo de bombeo y eliminadas las posibilidades de introducción de aire en el agua. Los cárcamos de bombeo deben ser alimentados por compuertas o tuberías sumergidas, evitándose al máximo las turbulencias. En los cárcamos de bombeo circular, la entrada de agua no debe ser tangencial, para evitarse cualquier tendencia de rotación del líquido.

Normalmente la capacidad útil de los cárcamos de bombeo equivale al volumen correspondiente al caudal máximo durante algunos minutos.

Las velocidades deseables en los cárcamos de bombeo deben quedar comprendidas entre 0.30 y 0.90 m/s.

Las paredes o cortinas directrices deben extenderse a, por lo menos, 10 veces al diámetro de la boca de aspiración (ver figura 3.9).

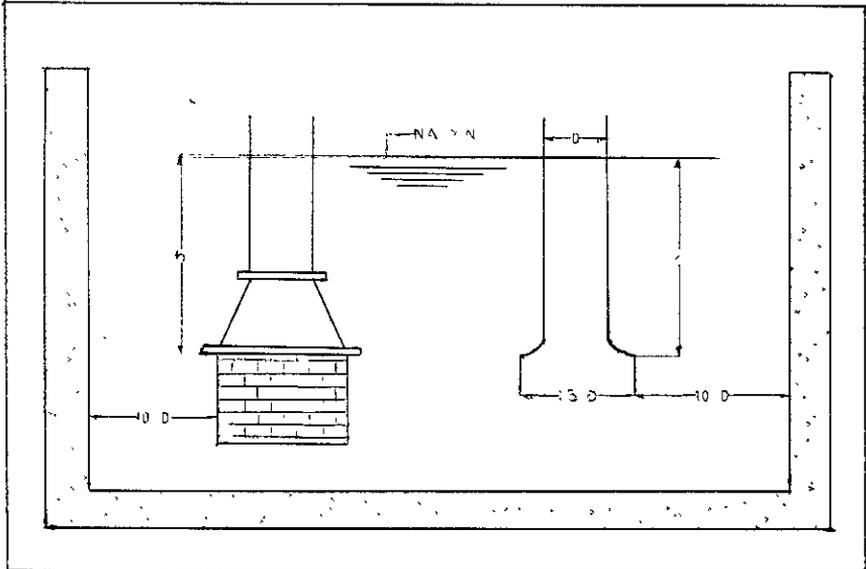


FIGURA 3.9

Si en una instalación hay varias cámaras de aspiración separadas, para las bombas, el ancho mínimo de cada cámara deberá ser igual a  $4D$  y la longitud  $6D$ .

La geometría del cárcamo debe ser tal que el flujo de agua a través de la estructura sea uniforme y distribuido hasta la campana de succión de los equipos. Deben evitarse distribuciones desiguales del flujo, corrientes locales fuertes, y formación de vórtices y remolinos, ya que originan funcionamiento deficiente de los equipos.

La velocidad del flujo de agua en el cárcamo debe limitarse a valores de 0.6 m/s y cuando no se cumplan las condiciones geométricas recomendadas, la velocidad habrá de reducirse aún más.

### 3.3. DISEÑO HIDRAULICO

Desde el punto de vista mecánico, es deseable operar una bomba si no continuamente, si por períodos largos. Sin embargo el funcionamiento en períodos largos propicia condiciones aerobias en las aguas residuales, cuando resultan largos tiempos de retención.

El volumen de un cárcamo, entre arranque y parada para una bomba o el control escalonado de la velocidad de una bomba para operación de velocidad o múltiple, puede obtenerse por la ecuación:

$$V = \frac{q \cdot t}{4}$$

donde:

V = Volumen en galones.

t = Tiempo mínimo en minutos de un ciclo de bombeo entre arranques sucesivos.

q = Capacidad de la bomba en galones por minuto.

Para bombas y motores grandes, t no debe ser menor de 20 minutos, para bombas pequeñas t puede ser 10 minutos, pero 15 es muy apropiado.

El volumen efectivo V incluye el almacenamiento en las tuberías de entrada, aunque la mayoría de los métodos de diseño basan la retención en la variación promedio del caudal de diseño, la variación máxima y mínima determina el tamaño del cárcamo.

Cuando se tiene unidades de bombeo grandes, deberán operarse continuamente siempre y cuando resulte práctico. Para lograr estos requisitos de diseño del cárcamo se debe coordinar, tanto con la selección de las bombas individuales como con los niveles del líquido a los cuales las bombas son arrancadas y paradas.

Aunque es generalmente aceptado que deben mantenerse las condiciones adecuadas de succión de la bomba y que la deposición de sólidos en la cámara deben reducirse, las opiniones sobre como lograrlo varían grandemente. Para asegurar un cebado positivo continuo, es aceptable mantener siempre el nivel de aguas residuales en la cámara por sobre el nivel de la carcasa de la bomba durante el ciclo completo.

Es generalmente aceptado que los niveles de control de la bomba en la cámara húmeda deberían ser tales que las tuberías que entran a la estación no se sobrecarguen y se conserven las velocidades. Por lo tanto, se evitará la deposición de sólidos y la consecuente formación de fangos productores de gas sulfhídico.

Uno de los puntos de controversia es la pendiente de fondo en las cámaras húmedas para disminuir la deposición de los sólidos; se ha aceptado y experimentado que un mínimo de 1:1 a la entrada de la bomba ha funcionado con eficacia.

La figura 3.10 muestra los aditamentos, en la succión de las bombas en las cámaras húmedas. Las entradas de boca acampanada se prefieren a las entradas rectas. Lo acampanado elimina los extremos afilados en los cuales se acumula material y reduce las pérdida de carga y vórtice. Para conseguir las velocidades de arrastre a la entrada y aún mantener las condiciones hidráulicas óptimas a la entrada con campana hacia abajo, estas no deben estar a una distancia de "d" mayor de  $\phi/2$  ni menor que  $\phi/3$  sobre el piso de la cámara ( $\phi/2 \geq d \geq \phi/3$ ).

Para evitar problemas causados por vórtices, entrada de aire, cavitación y vibración, deben mantenerse condiciones adecuadas de aproximación, manteniendo una distribución uniforme de caudal dentro del entorno adecuado de velocidades.

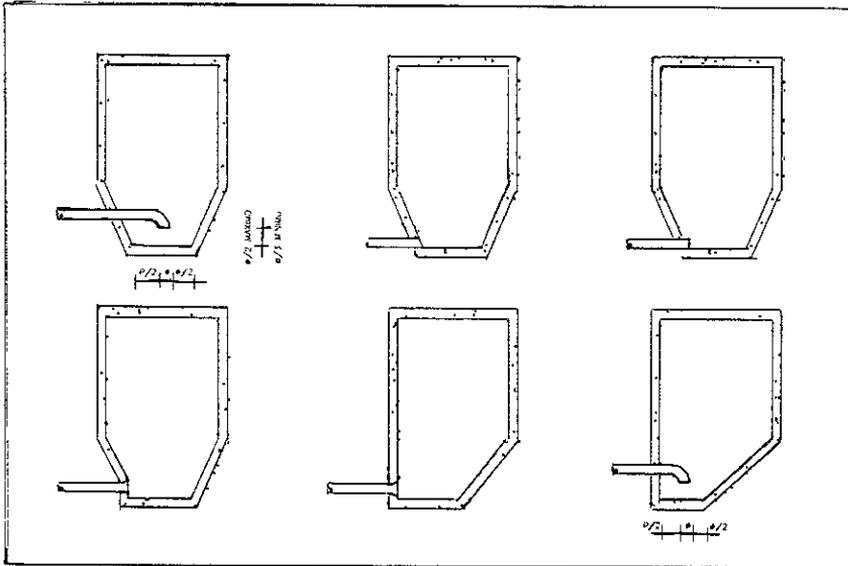
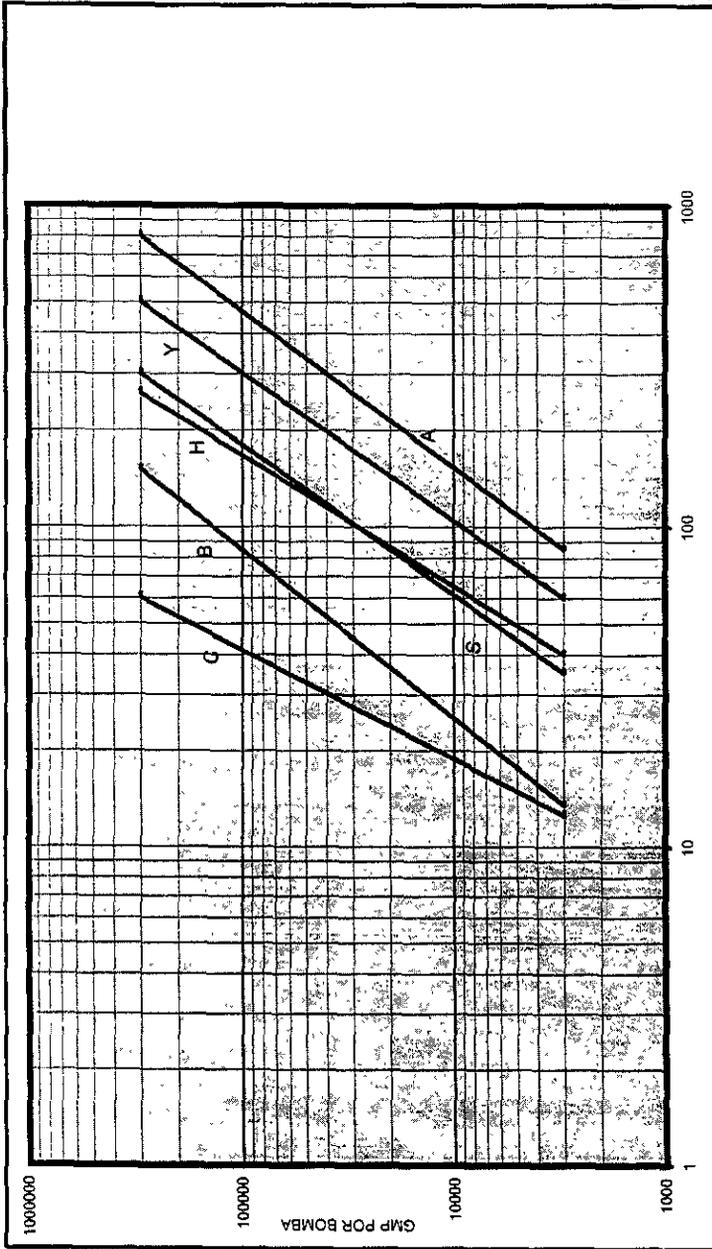


FIGURA 3.10

### 3.4 DIMENSIONAMIENTO

El dimensionamiento de un cárcamo deberá hacerse tomando en cuenta las recomendaciones de los fabricantes de equipos de bombeo. A manera de sugerencia, y para conocer el orden de los valores promedio, puede seguirse lo que indica el Instituto de Hidráulica de los E.U.A, presentado en las figuras 3.11 a la 3.15, en lo relativo a las dimensiones generales de los cárcamos.

DIMENSIONES DE CARCAMOS EN TERMINOS DEL GASTO



NOTA: 1 pulgada = 0.02542 m

DIMENSIONES RECOMENDADAS DE CARCAMOS

B=SEPARACION DE LA CAMPANA DE SUCCION  
 H=SEPARACION ENTRE BOMBAS  
 Y=ES LA DISTANCIA DEL EJE DE LOS EQUIPOS DE BOMBEO A LAS CRIBAS  
 C=ES LA DISTANCIA DE LA CAMPANA DE SUCCION CONFORME AL PISO  
 A=AREA HIDRAULICA

FIGURA 3,11

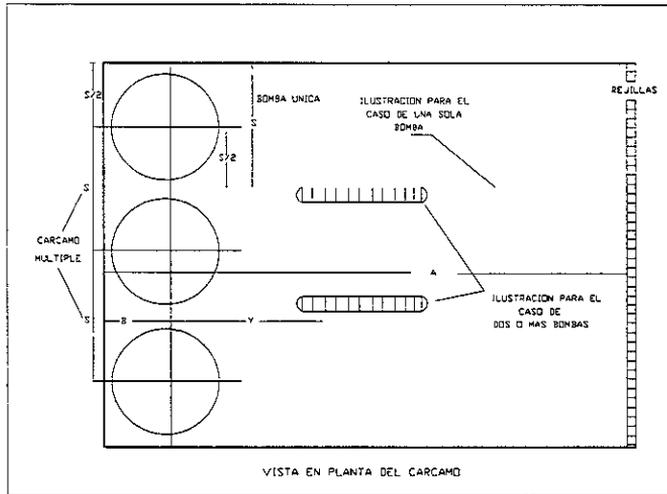


FIGURA 3.12

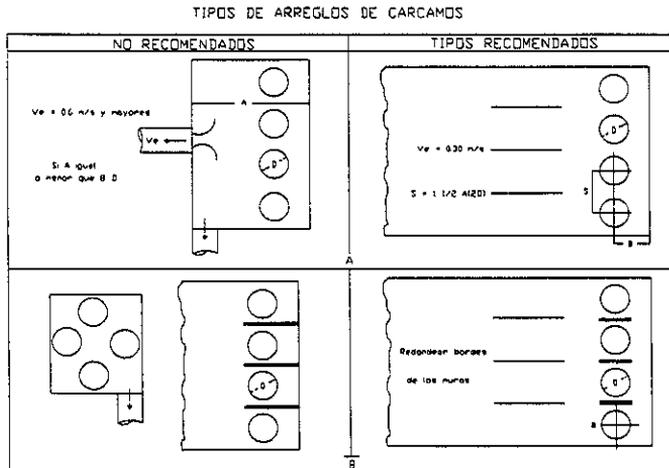


FIGURA 3.13

TIPOS DE ARREGLOS DE CARCAMOS

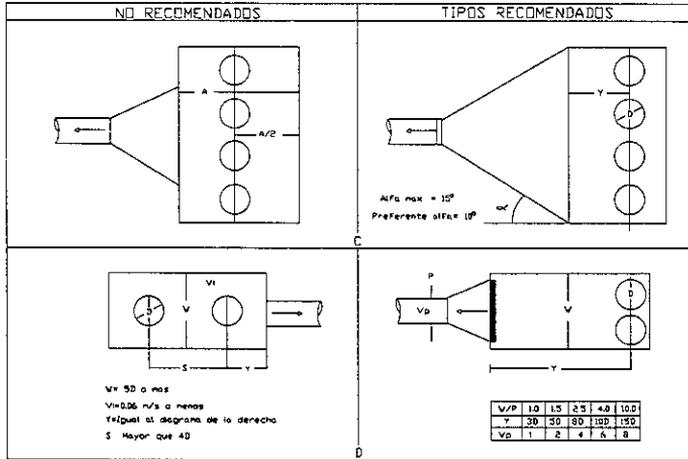


FIGURA 3.14

CORRECCION DE ARREGLOS DE CARCAMOS EXISTENTES

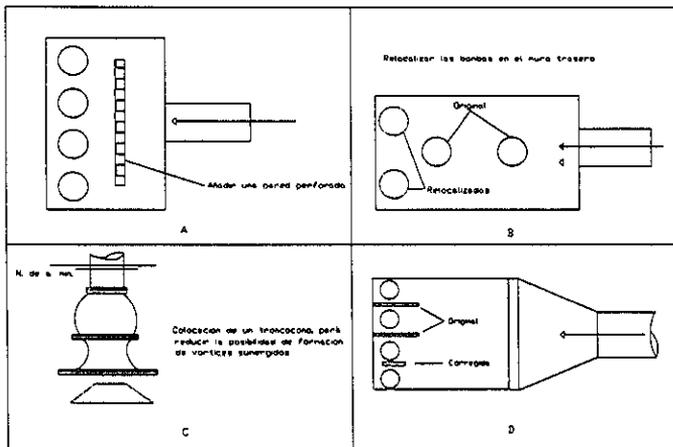


FIGURA 3.15

La forma ideal del cárcamo es la de un canal recto, dirigido hacia la bomba; los cambios de dirección del agua y los obstáculos son perjudiciales, ya que pueden producir concentraciones de líneas de agua, remolinos y tendencia a la formación de vórtices superficiales.

La campana de succión debe localizarse cerca del muro posterior (dimensión B), y a una distancia no muy grande del fondo del cárcamo (dimensión C; ver figura 3 11).

La dimensión C de las curvas es un valor promedio, y algunos fabricantes la recomiendan igual a 0.5 D.

La dimensión B se sugiere como la máxima, y representa la distancia del centro del equipo al paño del muro. Algunos fabricantes la recomiendan de 0.75 D. Cuando sea necesario incrementarla, por la posición de la junta de la tubería de descarga, o por el espacio necesario para el motor, se deberá colocar un muro falso entre campana y muro posterior.

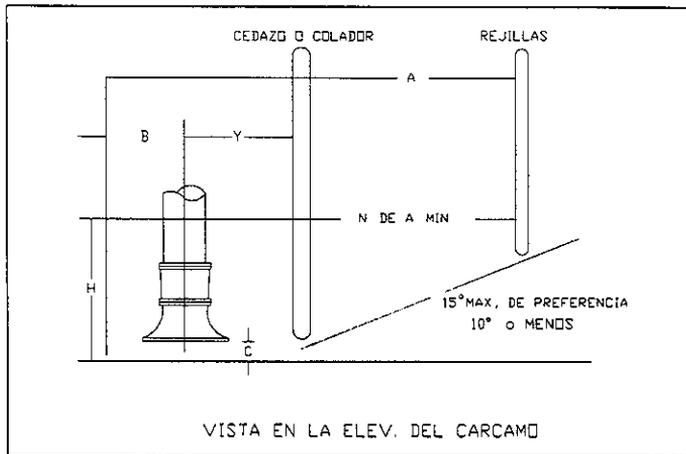
La dimensión S es la mínima para el ancho de un cárcamo unitario, o para la separación entre equipos en cárcamos múltiples. Los fabricantes de equipo recomiendan para ella valores de 1.5 D a 2.0 D; (ver figura 3. 12).

La dimensión H es el valor del tirante mínimo del agua para que el equipo de bombeo trabaje con la sumergencia mínima requerida. Para la determinación de H se deben tomar en cuenta las pérdidas de fricción, desde la entrada al cárcamo, hasta el sitio donde se localiza la bomba. El valor de H deberá revisarse con la sumergencia que proporcione el fabricante, de acuerdo al tamaño y tipo de bomba seleccionada, sumando la dimensión C.

Las dimensiones Y y A se recomiendan como valores mínimos y pueden ser tan grandes como se desee, siempre limitando la velocidad a un máximo de 0.6 m/s. La dimensión Y es la distancia del eje de los equipos de bombeo a las cribas, cuando éstas sean necesarias, o bien la distancia del eje de los equipos de bombeo al inicio de la pendiente del fondo al cárcamo, cuando así se requiera.

Cuando el cárcamo o el canal de alineamiento tengan pendiente hacia la zona de los equipos de bombeo, el ángulo de inclinación del piso deberá ser de  $15^\circ$  como máximo, de preferencia  $10^\circ$ .

El piso del cárcamo deberá ser horizontal, por lo menos hasta una pendiente Y aguas arriba, medida a partir del eje de los equipos de bombeo (ver figuras 3.12 y 3.16).



**FIGURA 3.16**

El ancho de las cribas o de la entrada del cárcamo no deberá ser menor de  $S$  y las alturas, no menores de  $H$ . Si la velocidad media es mayor de  $0.6 \text{ m/s}$ , será necesario colocar encauzadores en el canal de acercamiento, incrementar la dimensión  $A$ , o una combinación de ambos.

Deben también considerarse las recomendaciones adicionales que a continuación se indican:

- a) Cuando sea posible, es mejor una velocidad del orden de 0.3 m/s. En algunos cárcamos, una velocidad de 0.6 m/s o más ha dado buen resultado, pero esto podrá permitirse siempre que el diseño se obtenga de un estudio de modelo hidráulico.
- b) Los cárcamos para la instalación múltiple de equipos de bombeo trabajan mejor sin mamparas separadoras. Cuando todas las bombas operen de manera intermitente, las mamparas separadoras resultan benéficas. Si las mamparas se utilizan para fines estructurales y los equipos de bombeo trabajan de manera intermitente, se dejara un hueco entre mampara y muro posterior, desde el fondo hasta el nivel mínimo de operación, para que exista comunicación entre ellas (ver figura 3.13).
- c) El flujo de llegada al tubo de entrada o alimentación debe ser recto y uniforme. Un cambio brusco de la tubería de entrada al cárcamo, o de entrada lateral del tubo de alimentación, ocasiona remolinos (ver figura 3.13). Un conducto poco ancho debe conectarse a un cárcamo ancho mediante una transición gradual. El ángulo que forme la transición deberá ser tan pequeño como sea posible, de preferencia no mayor de  $15^\circ$  (ver figura 3.14), si la transición no es factible, se recomienda reducir la velocidad del flujo a 0.3 m/s. La conexión de un conducto de alimentación pequeño a un cárcamo grande debe evitarse cerca de equipos de bombeo, ya que el flujo tendrá cambios bruscos de dirección para llegar a un mayor número de bombas. Centrar las bombas en el cárcamo deja áreas grandes, propicias a la formación de vórtices detrás de las tuberías de succión, lo que ocasiona problemas de operación.
- d) Si la velocidad del flujo en el cárcamo se puede mantener pequeña (0.3 m/s), puede aceptarse un cambio brusco entre el ancho del conducto de alimentación y del cárcamo, siempre que la longitud del cárcamo sea igual o mayor que la recomendables. La velocidad en el conducto de alimentación

puede ser hasta de 2.5 m/s, cuando el ancho del cárcamo sea diez veces el ancho del conducto, a menos que se incremente la relación de ancho de cárcamo al diámetro de la campana, y que la separación de los equipos de bombeo sea de 4 a 6 veces dicho diámetro

### 3.5. DISPOSICION RECOMENDABLE DE LOS EQUIPOS

La disposición de los equipos de bombeo, recomendable desde el punto de vista hidráulico, será aquella que cumpla con lo establecido en las recomendaciones generales de diseño, para que trabajen con eficiencia y sin problemas, así como el dimensionamiento del cárcamo recomendado.

La disposición de los equipos de bombeo generalmente se realiza en función de la dirección del flujo de agua, siendo recomendable que el eje común de los equipos sea perpendicular a dicha dirección, distribuyéndolos en forma uniforme de modo que el escurrimiento no tenga cambios respecto de la misma.

Otra disposición es colocar el eje común de los equipos, paralelo a la dirección del flujo de agua en el cárcamo. Con ello se definen dos áreas; la primera, donde se localizan los equipos, y la segunda, donde pasa el flujo. El segundo arreglo tiene como limitante que la longitud necesaria para que el flujo cambie de dirección sea suficiente para evitar vórtices y depresiones excesivas al llegar el agua a la campana de succión.

Es muy importante definir los niveles de operación, ya que éstos pueden variar substancialmente en este tipo de plantas. Cuando el manejo es exclusivamente de aguas negras, se trabaja con niveles mínimos o cercanos a ellos y durante la época de lluvias, el gasto podrá incrementarse instantáneamente con sobreelevaciones rápidas de los niveles del agua. El equipo de bombeo debe aceptar estas variaciones y trabajar dentro de sus rangos normales de operación.

La disposición de los equipos de bombeo más común, consiste en localizarlos en un cárcamo, de ancho mínimo y longitud suficiente, para instalar el número de

unidades que constituyen la planta, siguiendo las recomendaciones del Instituto de Hidráulica de los E.U.A. En este tipo de arreglo se debe cumplir con restricciones como el de una velocidad máxima de 0.1 m/s, ancho mínimo de 5 veces el diámetro de la campana a partir de la última rejilla y separación entre unidades, de cuatro veces el diámetro de la campana.

La campana de succión debe quedar bastante cerca del fondo del cárcamo, a una altura del orden de  $0.5D$  ( $D$ = diámetro de la campana de succión).

La profundidad del fondo del cárcamo se deberá fijar restando el nivel mínimo de succión, la suma de la sumergencia de la bomba y la distancia de la campana de succión al fondo del cárcamo ( niveles en época de gastos mínimos o de estiaje ). Con esta elevación del fondo, los niveles del agua durante la época de lluvias quedarán relativamente altos. Si la diferencia de niveles y gastos no la puede aceptar un sólo modelo de bomba, habrá que instalar las unidades de diferentes características de gasto y carga.

Una cárcamo de bombeo de aguas negras deben tener como mínimo dos bombas y alguna fuente de energía auxiliar para poder dar y mantener un servicio continuo en el caso de descomposturas de la bomba o de la fuente de energía. Los motores eléctricos son la fuente más común y, generalmente, se usan motores de combustión interna como auxiliares. Si sólo se instalan dos bombas en una estación, cada una debe tener una capacidad igual al gasto máximo anticipado. Generalmente, hay una variación amplia entre el gasto mínimo y el máximo, y con frecuencia, es ventajoso instalar tres o más bombas para permitir así una operación más eficiente. Es conveniente instalar las bombas en un cárcamo seco con las tuberías de succión abajo del nivel más bajo de aguas negras en el cárcamo húmedo adyacente, con el objeto de eliminar la necesidad de hacer el cebado de las bombas. La operación de las bombas puede controlarse automáticamente con el flotador instalado en el cárcamo húmedo.

### 3.6. ARREGLOS RECOMENDABLES

Para determinar los niveles en el cárcamo, se selecciona el equipo de bombeo, se determina la sumergencia necesaria, y con ella, el tirante de agua mínimo que requieren los equipos para su buen funcionamiento. Será necesario calcular el perfil hidráulico a todo lo largo del cárcamo, tomando en consideración las pérdidas de carga por los diferentes conceptos que tenga el conjunto ( o conductos ) de alimentación. Con esto se determina el nivel del fondo del cárcamo.

En plantas de bombeo para aguas negras y pluviales, es necesario considerar los niveles máximo y mínimo del agua en la entrada del conducto, en época de estiaje y de lluvias.

El Instituto de Hidráulica recomienda un arreglo ideal para los cárcamos y sugiere que, para otro diferente, se realicen pruebas en modelo reducido, esto generalmente no es factible, por lo que aquí se recomiendan geometrías y dimensionamiento diferentes al arreglo ideal basados en recomendaciones del mismo Instituto:

ARREGLO N.- 1.- Considera todas las recomendaciones del Instituto de Hidráulica de los E.U.A., por lo que es de esperar que los equipos de bombeo trabajen a su máxima eficiencia (ver figura 3.17).

El flujo del agua se mantiene uniforme y distribuido en todo el ancho ocupado por los equipos de bombeo, llegando en forma perpendicular al eje común de las bombas. El flujo de agua pasa del conducto de alimentación a la zona de rejillas y de ahí a la zona de transición, la cual distribuye el flujo en todo el ancho ocupado por los equipos de bombeo.

ARREGLO N.- 2.- Este arreglo se caracteriza por tener el eje común de los equipos de bombeo paralelo al flujo en el canal de acercamiento (ver figura 3.18 y 3.19).

El flujo del agua se mantiene uniforme en el canal de acercamiento, para cambiar de dirección al llegar a cada uno de los equipos de bombeo. La

distancia A, mostrada en la planta de la figura correspondiente a este arreglo, es la mínima recomendable para uniformizar el flujo antes de llegar a las bombas. Se recomienda el uso de mamparas divisorias entre los equipos de bombeo, con huecos para comunicar el espacio de un equipo de bombeo con el del siguiente, y estos equipos se deberán localizar en la parte posterior del nivel mínimo de operación.

ARREGLO N.- 3.- Dispone de dos líneas de equipos de bombeo paralelas a la dirección del flujo, con un canal de acercamiento común a ambas (ver figura 3.20).

El flujo de agua en el canal de acercamiento se mantiene uniforme en toda su longitud, con derivaciones desde el canal central hacia ambos lados para alimentar a los equipos de bombeo. La longitud A debe respetarse rigurosamente, ya que permite cambiar la dirección del flujo y restablecer sus condiciones de uniformidad al llegar a los equipos de bombeo.

ARREGLO N.- 4.- El Instituto de Hidráulica, aplica restricciones muy severas en el uso de este arreglo por las inconveniencias que presenta. Ha sido muy utilizado por el D.D.F., y esta es la principal razón por la que se incluye (ver figura 3.21). Sus principales características consisten en que los equipos de bombeo se localizan al centro del cárcamo sobre una línea paralela al flujo del agua, con el canal de acercamiento a través de los equipos de bombeo.

El flujo del agua en el cárcamo se encuentra con los obstáculos que resultan de las propias columnas de bombeo, por lo que la velocidad se limita a un máximo de 10 cm/s. También la separación entre bombas debe ser mayor de cuatro veces el diámetro de su campana, a fin de que las perturbaciones del flujo, por el choque contra la columna de bombeo, se disipen en la distancia entre los equipos.

ARREGLO N - 5 .-En un cárcamo de planta circular, los equipos de bombeo de colocan sobre el semiperímetro opuesto al de llegada del conducto de alimentación (ver figura 3.22).

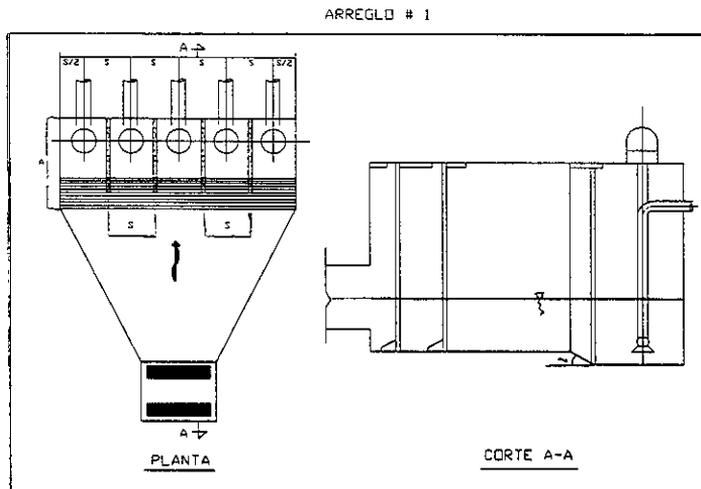


FIGURA 3.17

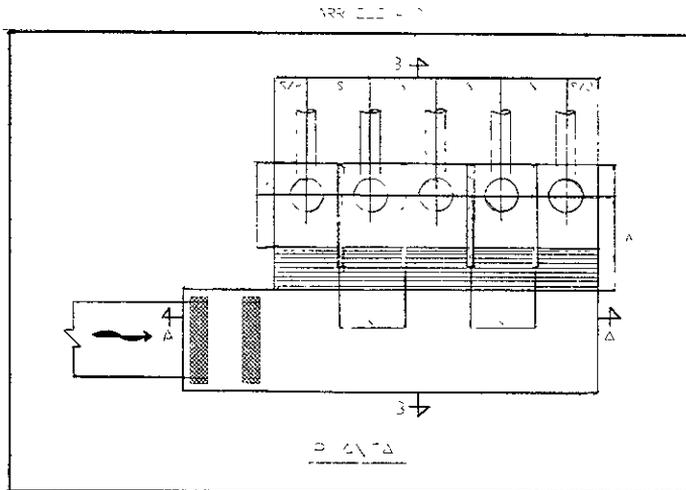


FIGURA 3.18

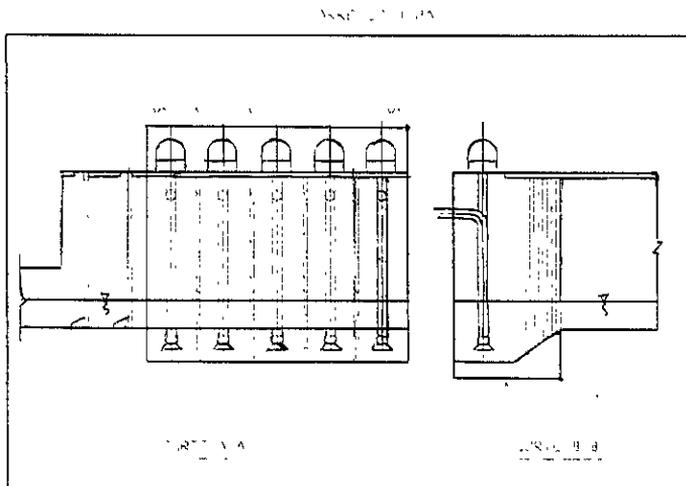


FIGURA 3.19

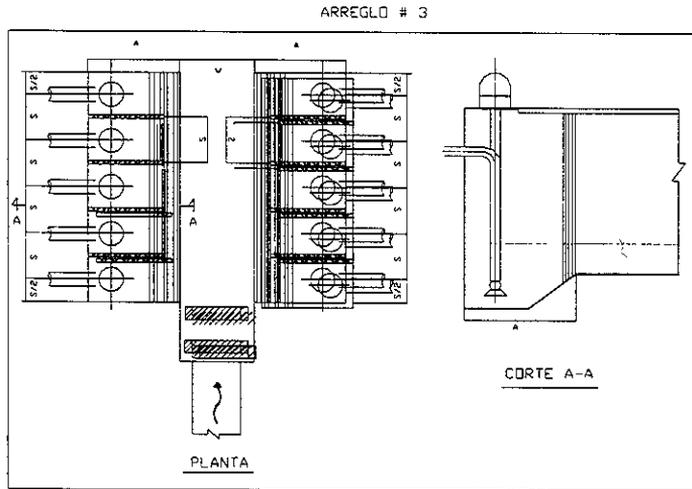


FIGURA 3.20

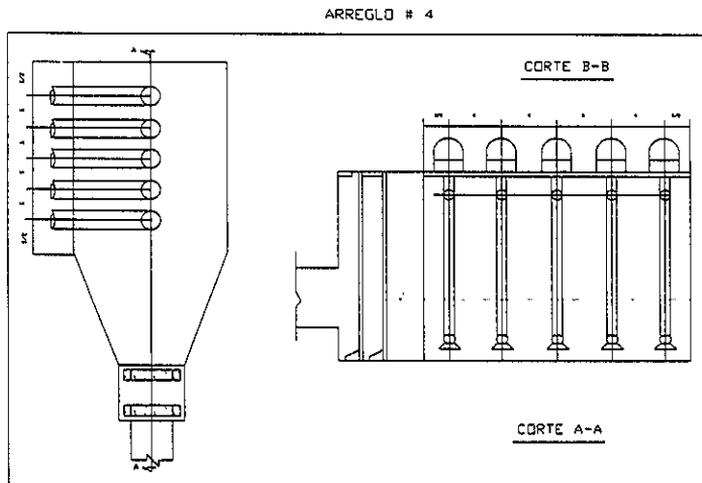


FIGURA 3.21

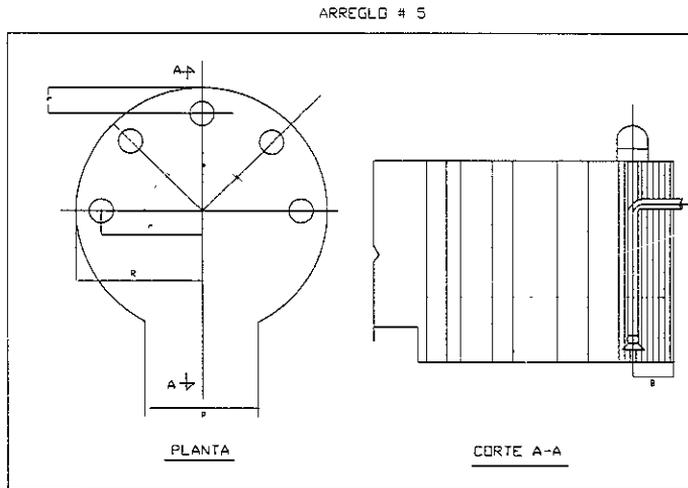


FIGURA 3.22

El flujo del agua deberá tener velocidad igual o menor a la recomendada, ya que no llega al mismo tiempo a todos los equipos. El diseño geométrico del cárcamo consiste principalmente en determinar su diámetro interior. Con el equipo seleccionado se determinan las dimensiones  $S$ ,  $B$  y el ancho del conducto de alimentación. El radio  $r$  del semicírculo, donde se colocan los equipos de bombeo, se calcula dividiendo la dimensión  $S$  entre  $P$ , y multiplicando el resultado por el número de equipos que se van a colocar en el cárcamo, menos uno. El radio  $R$  interior del cárcamo es igual al radio anterior más la distancia  $B$ .

### 3.7. PROCESO CONSTRUCTIVO

La forma de un cárcamo debe seleccionarse conjugando dos factores de primordial importancia: funcionamiento hidráulico y procedimiento constructivo.

Lo relativo al funcionamiento hidráulico fue discutido anteriormente, por lo que aquí se trata sólo lo concerniente al procedimiento constructivo.

En virtud de que los cárcamos son estructuras que quedan debajo del nivel del piso de bombas, su profundidad, características del terreno y posición del nivel de agua freática determinan las dificultades constructivas, y éstas, suelen ser definitivas en la búsqueda de la mejor solución.

Para sostener las excavaciones se pueden utilizar medios provisionales o definitivos, de acuerdo con las razones que a continuación se indican.

- a) Los suelos friccionantes no compactos pueden tener un ángulo de fricción muy pequeño, y la excavación implicaría remover un volumen muy grande de material, así como realizar rellenos grandes después de la construcción.
- b) Los suelos cohesivos se pueden mantener temporalmente con taludes casi verticales, pero es necesario protegerlos para evitar un desprendimiento repentino.
- c) El hundimiento del terreno adyacente puede provocar daños a estructuras cercanas al lugar.
- d) Cuando la excavación se realiza debajo del nivel de aguas freáticas, es más fácil abatir dicho nivel con una estructura protectora, lo que reduce considerablemente el área de abatimiento.

### 3.7.1. ESTRUCTURACION

La estructura de los cárcamos se puede dividir en piso de operación, muros y losa de fondo, los que en seguida se describen:

- a) PISO DE OPERACION.- Esta parte constituye la cubierta superior del cárcamo, de la misma manera que la sección elegida para el último. la cubierta puede estructurarse a base de losa plana, losa nervurada, y hasta losas plegada y lastradas cuando el peso del material excavado sea mayor que el de la estructura.

La principal función del piso de operación es soportar a los equipos de operación, al quedar suspendidos de la estructura del piso de operación.

Sobre la superficie de la losa del piso de operación se deberán localizar adecuadamente aberturas de ventilación, a fin de permitir la salida de los gases que se desprendan del agua residual. Estas aberturas deberán quedar cubiertas con rejillas para prever accidentes.

- b) MUROS.- Su función es transmitir las largas resultantes del piso de operación y resistir los empujes del terreno y agua freática. Los muros que trabajan de manera más eficiente son los que se utilizan en cárcamos circulares. En los rectangulares, generalmente se tienen dos muros largos y dos cortos. Cuando la profundidad del cárcamo es grande, puede convenir formar tableros a base de contrafuertes y costillas, limitando su peralte mediante puntales para formar retícula en el interior. Los puntales pueden atravesar el cárcamo de lado a lado o en su longitud, y deberán colocarse arriba del nivel de operación normal del cárcamo, para evitar el choque del agua contra ellos en la proximidad de los equipos de bombeo. Con niveles de operación por arriba del normal, podrá producirse el choque del agua contra los puntales, pero las turbulencias se alejarán de los equipos de bombeo y serán menores por la disminución de la velocidad del flujo.

- c) LOSA DE FONDO.- La losa de fondo o de cimentación del cárcamo transmite al terreno las cargas de toda la estructura. Tiene la forma de su sección transversal, y es horizontal en toda su extensión o con desniveles en la zona.

La losa de fondo deberá formar una estructura continua con los muros y ser estanca, con objeto de que las aguas negras no se infiltren en el terreno, o que las aguas freáticas penetren al interior del cárcamo. Podrá ser plana o nervurada con las nervaduras hacia abajo. Otras posibilidades son la losa de gran espesor colado bajo el agua, o la losa a base de inyecciones de lechada de concreto en presencia de un estrato de arena.

- d) DIMENSIONAMIENTO DE MAMPARAS ENTRE BOMBAS.- Las dimensiones de las mamparas, definen la posición en planta del equipo de bombeo dentro de la lumbrera. Debido a que la operación del equipo con frecuencia se alterna uno a otro, es necesario un muro o mampara que divida o separe el área tributaria o de influencia de cada uno de ellos, evitando corrientes excesivas del agua de uno a otro equipo.

Las mamparas permiten alcanzar una mejor condición de aquietamiento del espejo de agua en la operación de los equipos y es conveniente instalarlas entre cada bomba, justo a la mitad del claro entre ellas, por lo que en un cárcamo con N bombas existirán N-1 mamparas, todas en dirección al centro de la lumbrera.

Debido a que los equipos vecinos no siempre operan simultáneamente, se propone dejar un hueco entre la mampara y la pared de la lumbrera, y una altura hasta el nivel mínimo de operación (ver figura 3.24).

La mampara podrá ser coronada por una trabe que tendrá la función de rigidizarla, uniéndola a la lumbrera. Dicha trabe puede ser prolongada hasta el muro amortiguador, sin que esto ocasione perturbaciones al funcionamiento del cárcamo. El ancho de la trabe será igual al espesor de la

mampara y su peralte lo define el proyectista, pero se sugiere que sea entre 0.30 y 0.60 m.

La altura de la mampara quedará definida de la suma  $H_{min}$ .

- e) DISEÑO DEL MURO AMORTIGUADOR- La experimentación realizada en los modelos hidráulicos, permitieron concluir que, para obtener un funcionamiento adecuado de un cárcamo, era necesario proteger a los equipos de bombeo de las turbulencias desfavorables generadas por la descarga del túnel.

La solución consiste en construir un muro amortiguador concéntrico al cárcamo, desplantado desde su losa de fondo, y con una altura por arriba del nivel de operación de los equipos conocido como nivel de diseño. El muro queda abierto en el lado de la descarga del túnel, para unirse a éste mediante dos prolongaciones desde sus extremos, que formen una transición gradual en planta, y conduzcan el flujo a la zona interior del muro y de allí a los espacios entre los equipos.

- f) AREA Y DISTRIBUCION DE LOS ORIFICIOS.- Las observaciones experimentales realizadas permiten concluir que la turbulencia generada por la descarga del túnel no se distribuye uniformemente en todo el perímetro.

El comportamiento del flujo en los espacios de succión entre bombas depende de la distribución y tamaño de los orificios que se practiquen en dirección perpendicular al muro, de modo que éstos suministren un flujo, sin perturbaciones o turbulencias, proporcional a la demanda de las bombas.

El área total  $A_0$  necesaria en los orificios depende del gasto total  $Q$  que maneje la planta de bombeo cuando opere con el nivel mínimo de operación, y de la velocidad  $V_0$  que se permita al flujo en ellos. Resulta de la expresión:

$$A_0 = Q / V_0$$

La velocidad  $V_0$  con que descarga cada orificio es variable, ya que depende principalmente de su ubicación en el sentido horizontal, de su altura respecto del piso de la lumbrera, del desnivel que se deje entre el nivel medio del espejo del agua en el espacio interior del muro amortiguador y el nivel mínimo de operación que debe prevalecer en el área de bombas (ver figura 3.25).

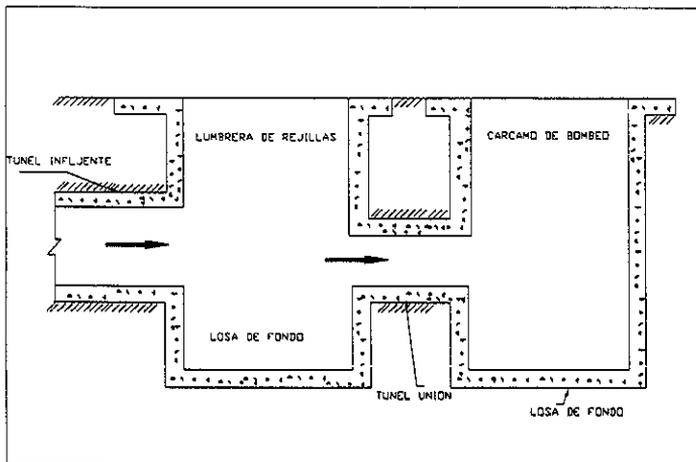


FIGURA 3.23

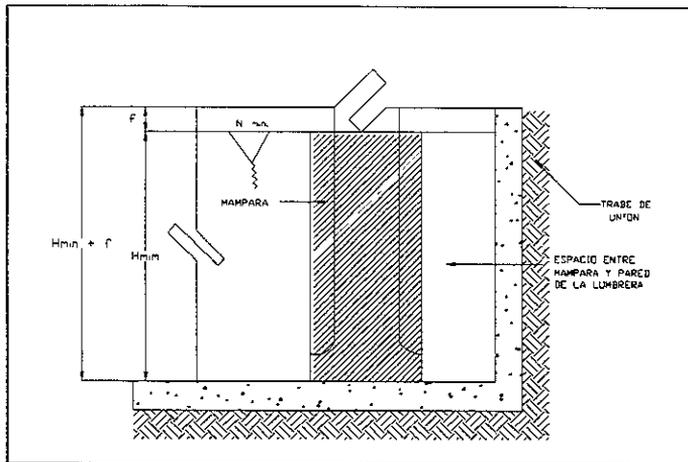


FIGURA 3.24

ELEMENTOS GEOMETRICOS A CONSIDERAR EN LA DISTRIBUCION DEL AREA DE ORIFICIOS EN EL MURO AMORTIGUADOR

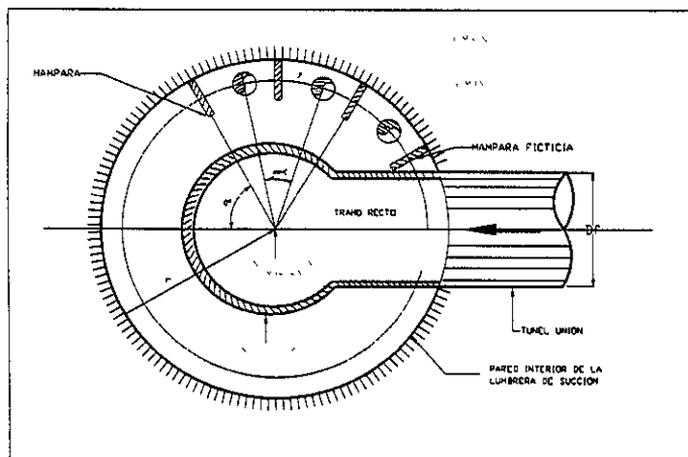


FIGURA 3.25

De acuerdo con los experimentos realizados y el poco espacio para alojar a los orificios, el valor medio de la velocidad de descarga debe quedar en el intervalo:

$$0.85 \text{ m/s} < V_0 \leq 1.1 \text{ m/s}$$

siendo el promedio de 1m/s un valor recomendable.

La distribución del área de los orificios realizados en los modelos hidráulicos han demostrado que las bombas ubicadas en el lado opuesto a la descarga del túnel, y en la proximidad del eje de simetría de los equipos, son las más castigadas por los efectos de las turbulencias generadas por el flujo. Esto pone en evidencia la necesidad de protegerlas, utilizando un área de orificios frente a ellas menor que en las restantes, y que dicha área crezca en la medida que la bomba se ubique más lejos de esa zona.

### 3.7.2. ESTUDIOS DE GEOTECNIA

Atendiendo a la estratigrafía y propiedades del subsuelo, el área de la Ciudad de México se ha dividido tradicionalmente en tres zonas, denominadas del lago, de transición y de lomas (ver figura 3.26).

- a) La zona de lago se caracteriza por tener un subsuelo con grandes espesores de arcillas lacustres de origen volcánico, muy compresibles, de baja resistencia al corte y contenidos de agua altos. La estratigrafía es muy general, aunque cada estrato suele ser de espesor variable. El nivel freático en esta zona se encuentra muy superficial, generalmente a profundidades del orden de 2 m.
- b) El subsuelo de la zona de lomas (faldas de las serranías y lomeríos del oeste y suroeste de la cuenca) está formado por materiales de origen volcánico, particularmente tobas, abanicos, y corrientes lávicas, y suelos producto de la meteorización de los primeros. En esta zona se distingue de las del lago y transición por contener materiales de mayor resistencia al corte y de menor

compresibilidad. Además de los problemas de su propia naturaleza, en ella se presentan otros generados por el hombre, como las minas. En esta zona no existe nivel freático pero suelen existir filtraciones en los mantos más permeables

- c) La zona de transición, localizada entre las dos antes descritas es errática en estratigrafía y, por lo mismo, en propiedades mecánicas. Esta constituida por estratos de suelos arcillosos del mismo origen que los de la zona del lago, pero de menor espesor, menor contenido de agua y sin orden estratigráfico bien definido, además, intercalados con depósitos casi siempre lenticulares de suelos aluviales. En esta zona, las propiedades mecánicas exhiben variaciones importantes, tanto en dirección horizontal como en la vertical.



### 3.7.3. ESTUDIOS DE CAMPO

Los cárcamos de bombeo, en general, se alojan en excavaciones con profundidades entre 5 y 10 m con dimensiones y formas variables según las características del proyecto. Las condiciones básicas de estabilidad de estas estructuras, consisten en evitar hundimientos importantes que afecten las conexiones con las líneas de conducción, o levantamientos que provoquen el mismo efecto. El segundo caso sólo es factible en estructuras ubicadas dentro de la zona del lago, donde el nivel freático se encuentra a poca profundidad, y es factible el efecto de flotación en la condición de cárcamo vacío.

Los estudios mínimos a realizar se deberán planear, de acuerdo a la ubicación del proyecto, dentro de alguna de las tres zonas en que se ha dividido la ciudad.

- a) En la zona de lago se deberá conocer la estratigrafía del subsuelo hasta una profundidad mínima de dos veces el diámetro del cárcamo o de su menor dimensión, así como las propiedades físicas y mecánicas de los diferentes estratos que se identifiquen, y la ubicación del nivel freático. Los estudios de campo que se llevaran a cabo, es de efectuar sondeos por el procedimiento de penetración estándar para obtener los parámetros de resistencia del suelo y además de clasificar los suelos según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.

En caso de que se trate de cárcamos de grandes dimensiones o ubicados en zonas poco estudiadas, el sondeo deberá ser mixto, obteniendo muestra inalteradas y alteradas mediante la prueba de penetración estándar y con tubo Shelby.

- b) En la zona de lomas, la capacidad de carga del subsuelo es generalmente alta, y un cárcamo alojado en una excavación sobrecompensada, es decir, que el peso del material extraído de la excavación será siempre mayor al peso de la estructura en su condición más desfavorable. En estas condiciones los estudios de campo se deberán enfocar a determinar la posible existencia de

cavernas o minas abandonadas en el sitio del proyecto, y a comprobar la uniformidad de la estratigrafía, por lo menos hasta la profundidad de desplante.

Estos estudios se podrán llevar a cabo mediante pozos a cielo abierto, o mediante sondeos por penetración estándar.

- c) En la zona de transición, por lo errático de su formación, en esta zona se deberán efectuar siempre sondeos mixtos por penetración estándar, y muestreos inalterados con muestreadores tipo Shelby en los estratos blandos.

### 3.7.4. ESTUDIOS DE LABORATORIO

Los ensayos de clasificación o las pruebas índice deben efectuarse en todas las muestras obtenidas, de acuerdo a las normas de la ASTM, y estas son las siguientes:

- a) Análisis granulométrico por lavado.
- b) Índices de consistencia ( LL, LP, Ip )
- c) Contenido de humedad natural.
- d) Densidad de los sólidos.
- e) Peso volumétrico natural de la muestra.

Los ensayos sobre muestras inalteradas o pruebas mecánicas se clasifican, según las normas de la ASTM, como sigue:

- a) Compresión no confinada.
- b) Prueba de consolidación unidimensional.
- c) Pruebas triaxiales.

### 3.7.5. CIMENTACIONES RECOMENDADAS

Las estructuras de los cárcamos se pueden considerar constituidas por la losa de cimentación, losa de fondo, losa de tapa ( piso de operación en los cárcamos ) muros de contención y retícula de trabes, estas últimas son innecesarias en algunos

casos y deben evitarse en lo posible, dando preferencia a losas planas con el espesor necesario.

La cimentación de los cajones puede adoptar diferentes tipos de acuerdo a la larga carga transmitida neta al terreno, como sigue:

- a) *Cimentación totalmente compensada.* La carga neta transmitida al subsuelo es igual a cero, ya que se excava un volumen de terreno con peso igual al de la estructura.
- b) *Cimentación parcialmente compensada.* La carga neta transmitida al subsuelo es una fracción del peso de la estructura, y los asentamientos se deberán calcular con dicha carga para compararlos con los permisibles.
- c) *Cimentación sobrecompensada.* El peso del terreno excavado es mayor que el de la estructura, y las presiones efectivas del terreno sufren decrementos.

Cuando no se tenga la capacidad de terreno suficiente, o cuando los asentamientos esperados sean mayores a los permisibles, se puede optar por aumentar la dimensión de la losa, profundizar el cárcamo o utilizar una cimentación mediante pilotes de fricción o de punta, de acuerdo a la zona donde se localice el cárcamo.

### 3.8. PRINCIPALES DEFECTOS DE LOS CARCAMOS

A pesar de la influencia sobre el sistema de bombeo, los cárcamos no siempre reciben la debida atención. En consecuencia, son frecuentes los defectos en esa parte de las instalaciones.

Las principales defectos obedecen a los siguientes puntos:

- a) *Condiciones y dirección del flujo.*- La distribución de flujo y las líneas de corriente, en los cárcamos de bombeo, ejercen gran influencia sobre el trabajo de las bombas. El flujo irregular, el régimen turbulento, los cambios bruscos de corriente, el efecto nocivo de paredes contiguas y la rotación son efectos que se deben evitar. Son medidas aconsejables la adopción de velocidades

- moderadas (inferiores a  $0.60 \text{ m/s}$ ), la cuidadosa adopción de dimensiones, la introducción de cortinas o paredes guías (ver figura 3.27).
- b) Entrada de aire y vórtices.- En los casos en que los cárcamos sean alimentados por tuberías situadas arriba del nivel del agua deben evitarse las descargas directas junto a los tubos de succión. Esta descarga podría provocar la intrusión, el arrastre y el posterior desprendimiento de burbujas (ver figura 3.28).
- c) Dimensiones de los cárcamos.- Las bombas de eje vertical del tipo axial, por ser más sensibles a las condiciones de toma de agua en los cárcamos de bombeo, exigen un estudio más cuidadoso. Por tales razones son presentadas especificaciones referentes a la posición y disposición de esas bombas (ver figura 3.27 Y 3.29).

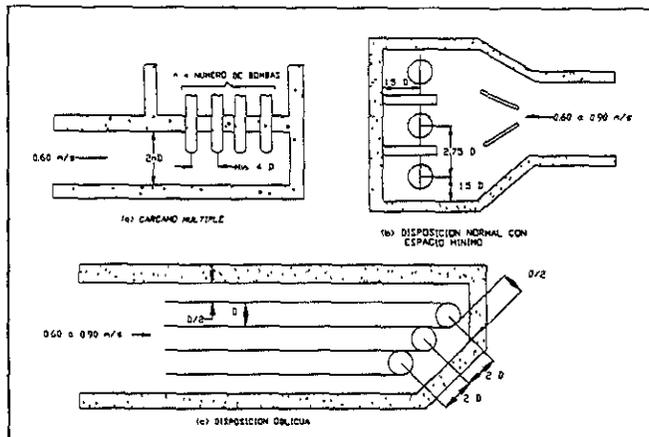


FIGURA 3.27

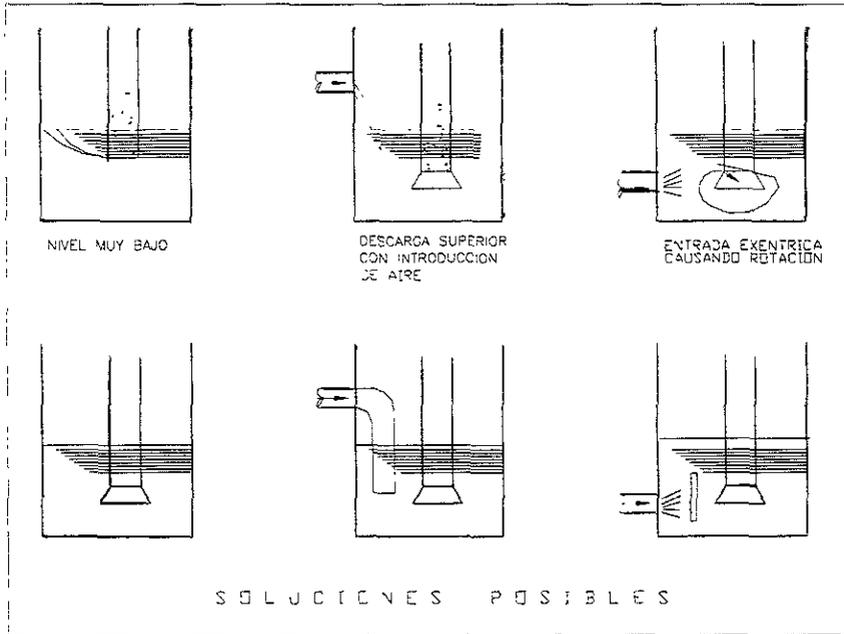


FIGURA 3.28

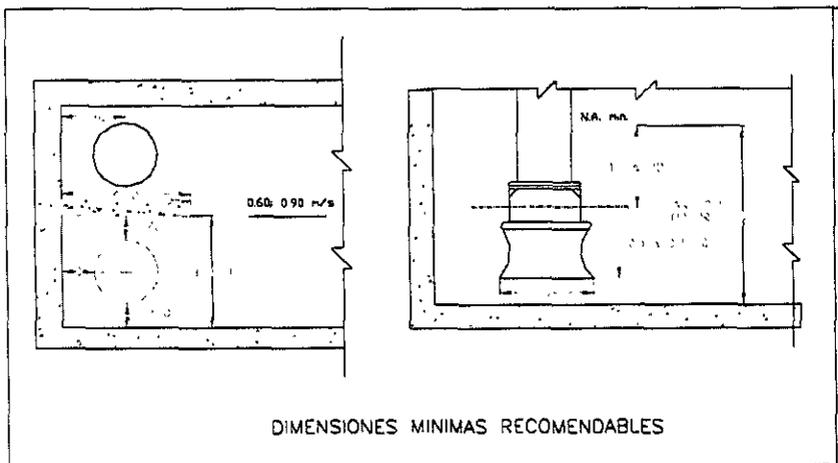


FIGURA 3.29

# TEMA IV

## EQUIPOS DE BOMBEO PARA AGUAS NEGRAS

### 4.1 TIPOS GENERALES

Las normas y especificaciones del Hydraulic Institute establecen las siguientes clases de bombas:

Cinemática

Desplazamiento

- a) Las cinéticas aplican energía para crear velocidades, que posteriormente se convierte en presión.
- b) La de desplazamiento en forma de fuerza directa aplican energía al fluido para producir la presión.

Las cinéticas se dividen en centrífugas, periferales y especiales. La centrífuga es la única apropiada para el bombeo de aguas de lluvia y residuales.

Las de desplazamiento se dividen en reciprocantes, rotatorias (de engranaje, de cavidad progresiva y de tornillo) y de caja eyectora (eyector neumático).

Con excepción de los eyecciones neumáticos que se usan comúnmente en instalaciones de bombeo residuales de poca capacidad en edificaciones, la bomba de tornillo de Arquímedes es la única en esta categoría, apropiada para el bombeo de aguas de lluvia y residuales crudas.

### 4.2 CARACTERISTICAS

#### 4.2.1 BOMBAS CENTRIFUGAS

*DEFINICION.- Una bomba centrífuga consiste de un impulsor con un conjunto de alabes perimetrales, que se aloja en un carcasa, y que tiene por objeto impartir energía al fluido por la acción de la fuerza centrífuga protegida por rotación. El liquido es forzado, desde la presión atmosférica o cualquier otra presión, hacia el*

conjunto de álabes del impulsor, y después descargado hacia su periferia a alta velocidad. Esta velocidad es convertida en carga de presión, por medio de una voluta o por una serie de álabes estacionarios alojados en la carcasa.

Las bombas con carcasa de voluta se denominan bombas tipo voluta, mientras que las que disponen de difusión, son conocidas como bombas tipo difusor.

#### 4.2.2 FLUJO EN EL IMPULSOR

Las bombas quedan comprendidas en tres tipos generales, a saber:

- a) Bomba de flujo radial.- La presión se desarrolla principalmente por la acción de la fuerza centrífuga. Estas bombas con impulsor de succión simple tienen una velocidad específica menor de 4200 y las de impulsor de doble succión, menos de 6000 (unidades inglesas).
- b) Bombas de flujo mixto.- La presión se desarrolla, tanto por la fuerza centrífuga, como por la acción de elevación de los álabes doble el líquido.

Este tipo de bombas tiene impulsor de succión simple, con el flujo entrando axialmente y descargando en las direcciones axial y radial. Las bombas de este tipo usualmente tienen velocidades específicas comprendidas entre 4200 y 9000 (unidades inglesas).

- c) Bombas de flujo axial.- Este equipo también se denomina bomba tipo propela y desarrolla su carga fundamentalmente por la acción mecánica de elevación de los álabes sobre el agua. Las bombas de este diseño tienen velocidades específicas superiores a 9000 (unidades inglesas).

#### 4.2.3 NUMERO DE PASOS

- a) Bomba de un paso.- La carga total de bombeo la desarrolla un solo impulsor.
- b) Bombas de pasos múltiples.- Dispone de dos o más impulsores actuando en serie en una carcasa, para desarrollar la carga total de bombeo.

#### 4.2.4 TIPO DE CARCASA

- a) Bomba tipo voluta.- La carcasa tiene forma de espiral o voluta.
- b) Bombas de carcasa circular.- La carcasa de sección transversal constante es concéntrica con el impulsor.
- c) Bomba tipo difusor.- Está equipada con difusor o álabes.

#### 4.2.5 POSICION DE LA FLECHA

- a) Bomba horizontal.- Su flecha queda normalmente en posición horizontal.
- b) Bombas vertical de cárcamo seco.- Su flecha es vertical y se instala en cárcamo seco.
- c) Bomba vertical de cárcamo húmedo.- Su flecha es vertical y se instala en cárcamo húmedo.
- d) Bomba vertical autocontenida.
- e) Bomba vertical de un pozo profundo.

#### 4.2.6 CONSTRUCCION MECANICA DEL IMPULSOR

Este puede ser:

- a) Cerrado.
- b) Abierto.
- c) Semiabierto.

#### 4.2.7 CARACTERISTICAS DE SUCCION

- a) Succión simple.- El agua fluye al impulsor lateralmente por una sola succión.
- b) Succión doble.- El agua fluye al impulsor simetricamente, desde ambos lados.

Para atender a su gran campo de aplicación, las bombas centrífugas son fabricadas en lo más variados modelos, pudiendo ser seleccionadas tomando diversos criterios.

- a) Movimiento líquido.
  - 1.- Aspiración o succión simple ( rotor simple ).
  - 2.- Doble aspiración.
- b) Admisión del líquido.
  - 1.- Radial ( tipos voluta y turbina ).
  - 2.- Diagonal ( tipo francis )
  - 3.- Helicoidal.
- c) Número de impulsores ( o etapa ).
  - 1.- Un impulsor.
  - 2.- Varios impulsores
- d) Tipo de rotor (ver figura 4.1).
  - 1.- Impulsor cerrado.
  - 2.- Impulsor semicerrado.
  - 3.- Impulsor abierto.
  - 4.- Impulsor a prueba de obstrucciones.
- e) Posición del eje.
  - 1.- Eje vertical
  - 2.- Eje horizontal.
  - 3.- Eje inclinado.
- f) Presión.
  - 1.- Baja presión (  $H_{man} \leq 15$  m ).
  - 2.- Presión (  $H_{man}$  de 15 a 50 m ).
  - 3.- Alta presión (  $H_{man} \geq 50$  m ).

Estas bombas permiten el paso del sólidos de tamaño algo inferior al de la bomba. Así, una bomba de 7.5 cm, que es de menor tamaño que se construye y que permite *manipular líquidos residuales sin tamizar*, permite el paso de sólidos de 5 cm; una bomba de 15 cm deja pasar los de 12.5, y una de 30 los de 20 cm.

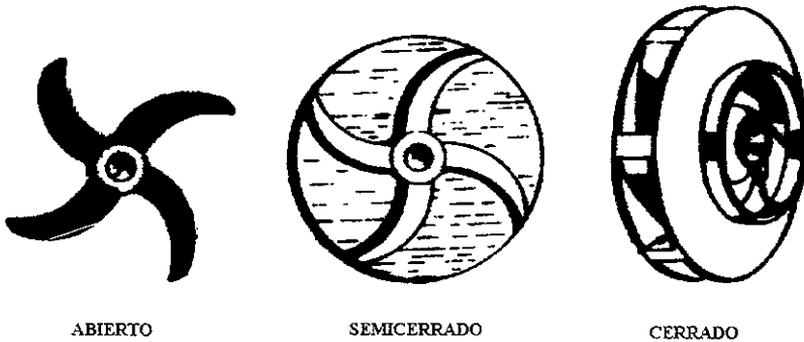


FIGURA 4.1

#### 4.2.8 POTENCIA DE LOS SISTEMAS DE BOMBEO.

El conjunto elevador (moto-bomba) deberá vencer la diferencia de nivel entre los dos puntos, más las pérdidas de carga en todo el trayecto (ver figura 4.2).

$H_{et}$  = altura geométrica, esto es, las diferencia de nivel; ( altura estática total ).

$H_s$  = altura de aspiración o succión, esto es, altura del eje de la bomba sobre el nivel inferior.

$H_d$  = altura de descarga, o sea, la altura de nivel superior en relación al eje de la bomba.

$$H_s + H_d = H_{et}$$

$H_t$  = carga total en el sistema de bombeo, que corresponde a

$$H_t = H_{et} + \text{pérdidas de carga ( totales )}.$$

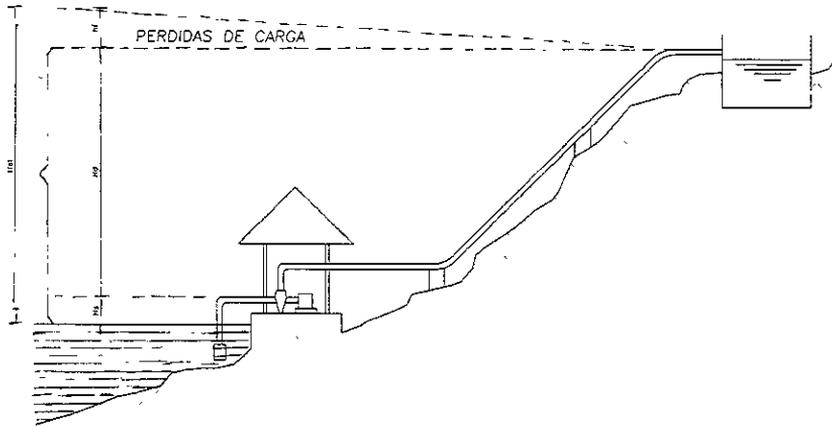


FIGURA 4.2

La potencia de un sistema de bombeo estará dada por:

$P$  = potencia en Cv o prácticamente en HP.

$$= \frac{\gamma Q H_t}{75 \eta}$$

donde:

$\gamma$  = Peso específico del líquido al ser elevado.

$Q$  = Caudal o descarga en  $\text{m}^3/\text{seg}$ .

$H_{\text{man}}$  = Altura manométrica en m.

$\eta$  = Eficiencia del sistema de bombeo

$\eta = \eta_{\text{motor}} \eta_{\text{bomba}}$

Admitiéndose una eficiencia global media del 67 % y expresándose el caudal en l/s, se encuentra para agua potable o negra.

$$P = \frac{Q \text{ } \frac{1}{\text{seg}} \text{ } H_{\text{man}}}{50}$$

#### 4.2.9 EFICIENCIA DE LAS MAQUINAS

La eficiencia de las máquinas hasta un cierto punto puede variar con la potencia por razones de construcción, siendo más elevado para las máquinas grandes.

#### EFICIENCIA DE BOMBAS CENTRIFUGAS

Q l/s	5	7.5	10	15	20	25	30	40	50	100	200
η %	52	61	66	68	71	75	80	84	85	87	88

#### 4.2.10 CURVAS CARACTERISTICAS DE LAS BOMBAS CENTRIFUGAS

Los resultados de ensayo de una bomba centrífuga, funcionando con velocidad constante ( número de revoluciones por minuto ), pueden ser representados en un diagrama, trazándose las curvas características de carga y potencia consumida, en relación al caudal.

El gráfico de la figura 4.3 corresponde a los resultados de ensayos de una bomba adquirida para bombear 340 l/s, con una carga total de 13.50 m y trabajando a 875 r.p.m.

En la figura 4.4 muestran gráficos de las características típicas, carga total, eficiencia y potencia del caudal, respectivamente, para bombas centrífugas y axiales. Se observa que las bombas centrífugas dan presiones altas y caudales pequeños. Bombas axiales dan menores presiones y grandes caudales.

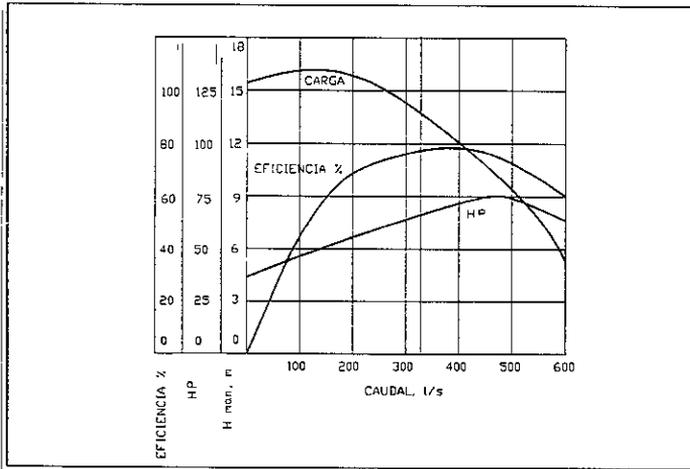


FIGURA 4.3

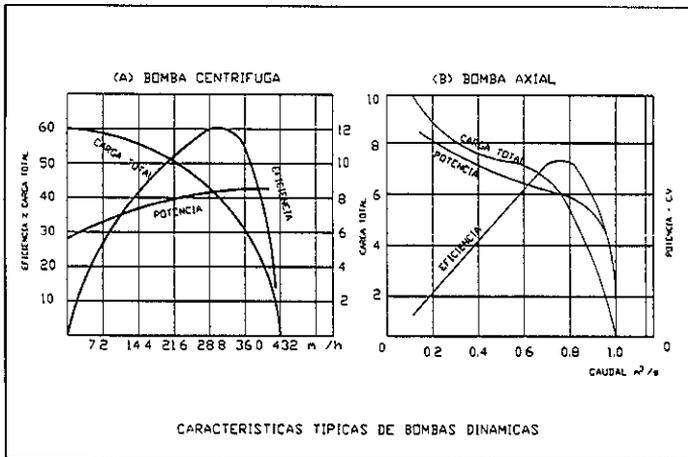


FIGURA 4.4

#### 4.2.11 ALTERACIONES EN LAS CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO

Los efectos de alteraciones introducidos en las condiciones de funcionamiento de una bomba no deben ser evaluados exclusivamente teniendo como base la expresión que permita determinar su potencia. Es indispensable el examen de las curvas características, que indican la variación de la eficiencia.

Las alteraciones de la carga total real de una bomba centrífuga traen las siguientes consecuencias:

- a) Aumentándose la carga total, la capacidad  $Q$  caudal disminuye, la potencia consumida disminuye.
- b) Reduciéndose la carga total, el gasto  $Q$  aumenta, la potencia consumida se eleva.

Es por eso que, cerrándose el registro de salida de una bomba centrífuga, se reduce la potencia necesaria para su funcionamiento. Es recomendable pues, el cierre de la válvula de la tubería de descarga al darse el arranque a una bomba centrífuga.

El aumento o reducción de la velocidad ( r.p.m. ) tiene los siguientes efectos:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{rp \ m_1}{rp \ m_2}$$

$$\frac{H_1}{H_2} = \frac{(rp \ m_1)^2}{(rp \ m_2)^2}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{(rp \ m_1)^3}{(rp \ m_2)^3}$$

#### 4.2.12 VELOCIDAD ESPECIFICA

La velocidad específica es un dato de gran utilidad en la caracterización de las bombas, independientemente de su tamaño y velocidad de funcionamiento.

Conceptualmente, la velocidad específica es el número de revoluciones por minuto de una bomba ideal, geoméricamente semejante a la bomba en consideración, necesario para elevar 75 l/s de agua a una altura de 1 m (potencia efectiva de cv).

En unidades métricas, la velocidad específica puede ser calculada por la siguiente expresión:

$$n_s = 365 \left( \frac{n \sqrt{Q}}{H^{3/4}} \right)$$

donde:

Q = Caudal en m<sup>3</sup>/s.

H = Altura manométrica en m.

n = Velocidad angular en RPM.

El rendimiento es muy bajo para bombas con velocidad específica inferior a 90.

#### 4.2.13 ASENTAMIENTO DE LAS BOMBAS

Las bombas de eje horizontal deberán ser asentadas a nivel, manteniendo un perfecto alineamiento con los motores. Las bases de concreto deben ser dimensionadas para absorber las vibraciones. Las bombas de eje vertical deben ser montadas verticalmente (a plomada).

Las tuberías deben ser proyectadas e instaladas con el fin de evitar la transmisión e incidencia de esfuerzos sobre las bombas, intercalándose siempre que sea necesario, uniones de expansión y uniones flexibles (ver figura 4.5 y 4.6, se ve el asentamiento adecuado de las bombas en cárcamo seco y húmedo respectivamente).

#### 4.2.14 TUBERIA DE SUCCION

La tubería de succión debe ser la más corta posible, evitándose al máximo, piezas especiales como curvas, codos, etc.

La tubería de succión debe ser siempre ascendente hasta alcanzar la bomba.

La tubería de succión generalmente tiene un diámetro comercial inmediatamente superior al de la tubería de descarga. La altura máxima de succión más las pérdidas de carga, deberán tener las especificadas por el fabricante.

Teóricamente la tubería de succión máxima sería de 10.33 m. a nivel del mar, pero prácticamente es muy raro alcanzar 7.50 m. Por lo que la mayoría de las bombas centrífugas la altura máxima es de 5 0 m., así evitándose el fenómeno de la cavitación.

#### 4.2.15 PIEZAS ESPECIALES

En la extremidad de la tubería de succión debe ser instalada una rejilla con área libre superior a dos veces la sección del tubo de aspiración. Las piezas de reducción de diámetro en la entrada de las bombas deben ser de tipo excéntrico. No deben ser instaladas curvas horizontales, codos o tes, junto a la entrada de las bombas.

En las tuberías de bombeo deben ser instaladas válvulas de retención o válvulas especiales de cierre hermético, válvula check, para impedir el retorno del líquido a través de las bombas. Las válvulas de compuerta deben estar asentadas después de esas válvulas.

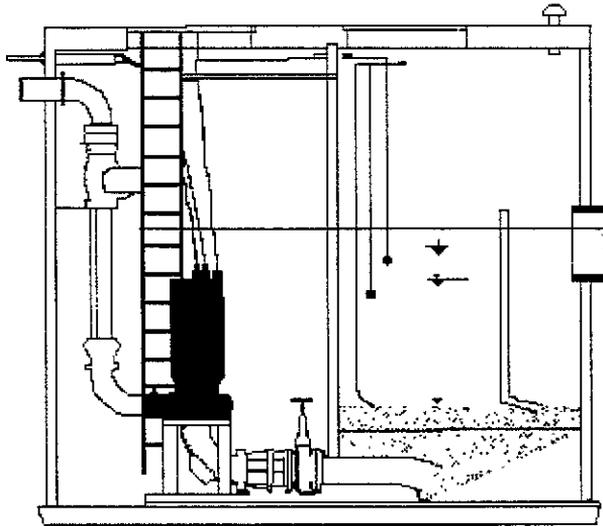


FIGURA 4.5

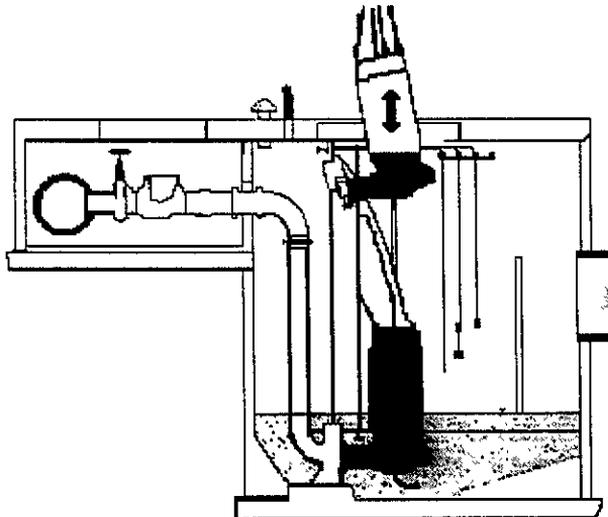


FIGURA 4.6

#### 4.2.16 VELOCIDAD MAXIMA EN LAS TUBERIAS

Los diámetros de las entradas y salidas de las bombas no deben ser tomados como indicaciones para los diámetros de las tuberías de succión o de descarga. Para las tuberías se adoptan diámetros mayores con el objeto de reducir las pérdidas de carga.

La velocidad del agua en la boca de entrada de las bombas, generalmente está comprendida entre 1.50 y 5.00 m/s, pudiendo tomarse 3.00 m/s como término medio. En las sección de salida de las bombas, las velocidades son más elevadas, pudiendo alcanzar el doble de estos valores.

#### 4.2.17 CAVITACION

La cavitación tiene ocurrencia cuando la presión en la corriente del caudal alcanza la presión de vapor de agua. En una bomba centrífuga, la menor presión ocurre en el ojo del impulsor. La cavitación es un fenómeno que ocurre en dos etapas, y consiste en la formación de burbujas causadas por bajas presiones y su colapso eventual según se mueven fuera de la presión baja y penetran a regiones de presión más alta.

La cavitación puede destruir parte de las bombas, dado que esta va acompañada de vibración, se debe evitar la cavitación en las bombas proporcionando una sumergencia adecuada de acuerdo a las limitaciones de la bomba. Al iniciarse la cavitación, hay una reducción en la producción de la bomba, debido a que las burbujas de vapor ocupan parte del área del impulsor por donde pasa el agua. La cavitación por lo tanto, reduce la eficacia.

La carga neta de succión positiva (N.P.S.H.) es el término usado por los fabricantes para describir las características d cavitación de la bomba.

$$\text{N.P.S.H.} = P_b - H_v \pm H_s$$

donde:

$P_b$  = Presión barométrica en el sitio.

$h_v$  = Presión de vapor del agua.

$h_s$  = Altura estática de succión.

Los términos están expresados en m.c.a.

#### 4.2.18 POTENCIA

La transferencia de energía o potencia en el líquido que se está bombeando se puede expresar con las siguientes fórmulas:

$$P_{HP} = \frac{Q H \gamma}{76 \eta}$$

donde:

$P_{HP}$  = Potencia en H.P.

$Q$  = Caudal en lt/seg.

$H$  = Carga o altura total en m.

$\gamma$  = Peso específico del líquido.

$\eta$  = Eficiencia del conjunto en %.

$$P_{KW} = \frac{Q H \gamma}{102 \eta}$$

donde:

$P_{KW}$  = Potencia en K.W.

$Q$  = Caudal en lit/seg.

$H$  = Carga o altura total en m.

$\gamma$  = Peso específico del líquido.

$\eta$  = Eficiencia del conjunto motor bomba.

Podrá notarse que todas las eficiencias excepto las que se establecen específicamente o se acompañan de una curva de energía de entrada, son eficiencias hidráulicas. Para la eficiencia total debe considerarse la eficiencia del motor como uno de los factores.

#### 4.2.19 BOMBA DE TORNILLO

El tornillo de Arquímedes es una de las bombas más antiguas para estaciones de bombeo para aguas crudas y residuales.

La bomba de tornillo es un medio eficiente y barato para extraer grandes caudales líquidos y mezclas sólido/líquidas. Para lodos biológicos, la bomba es la más popular porque no daña los frágiles sólidos biológicos.

Una de las características más importantes es su resistencia al desgaste y a la corrosión en sistema de aguas residuales muy contaminadas.

Latas, grava, arena despojos, etc., son elevados fácilmente con las aguas residuales. Esto hace que este tipo de bomba sea adecuado para elevar aguas crudas a las plantas purificadoras.

La potencia de una bomba de tornillo, depende de numerosas variables, es decir, del diámetro externo, del ángulo de inclinación, del número de pasos, de la velocidad angular de operación y del diámetro del núcleo (ver figura 4.7 y 4.8).

donde:

$D$  = Diámetro exterior de la bomba tornillo.

$d$  = Diámetro del núcleo.

$\alpha$  = Ángulo que forma el eje del tornillo con la horizontal.

$P_n$  = Punto de llenado, el tornillo trabaja a su máxima capacidad.

$P_c$  = Punto de contacto, la capacidad del tornillo se reduce a cero. Para niveles de agua entre  $P_c / P_n$ , la capacidad de la bomba de tornillo se adapta por sí misma al suministro del efluente.

Pb = Punto de rebose, en el cual la artesa que sirve de lecho del tornillo se comunica con el canal receptor

Pr = Punto de remanso. Es el máximo punto que se eleva el agua con el mayor rendimiento.

H = Altura de elevación.

#### 4.2.20 CONSTRUCCION

Consta de una barra llamada núcleo central y una lamina de metal en forma de espiral a lo largo de su perímetro.

#### 4.2.21 INSTALACION

El tornillo se instala con una inclinación entre  $0^\circ$  y  $45^\circ$ , siendo más frecuentes las de  $30^\circ$ ,  $35^\circ$  y  $38^\circ$ . A menor ángulo tendrá mayor capacidad, pero necesitará mayor longitud.

Un ángulo agudo requerirá mayor diámetro para una capacidad dada, pero la bomba será de menor longitud.

Todos estos factores se deben tener en cuenta para la escogencia del ángulo de operación.

Son muchas las ventajas que se obtienen con la utilización de las bombas de tornillo para elevación de aguas residuales.

Entre otras podemos mencionar:

- a) Alto rendimiento.
- b) Menor número de bombas.
- c) Periodos de arranque satisfactorios.
- d) Ausencia de pozos colectores.
- e) Caudal evacuado de acuerdo al que llega a la planta.

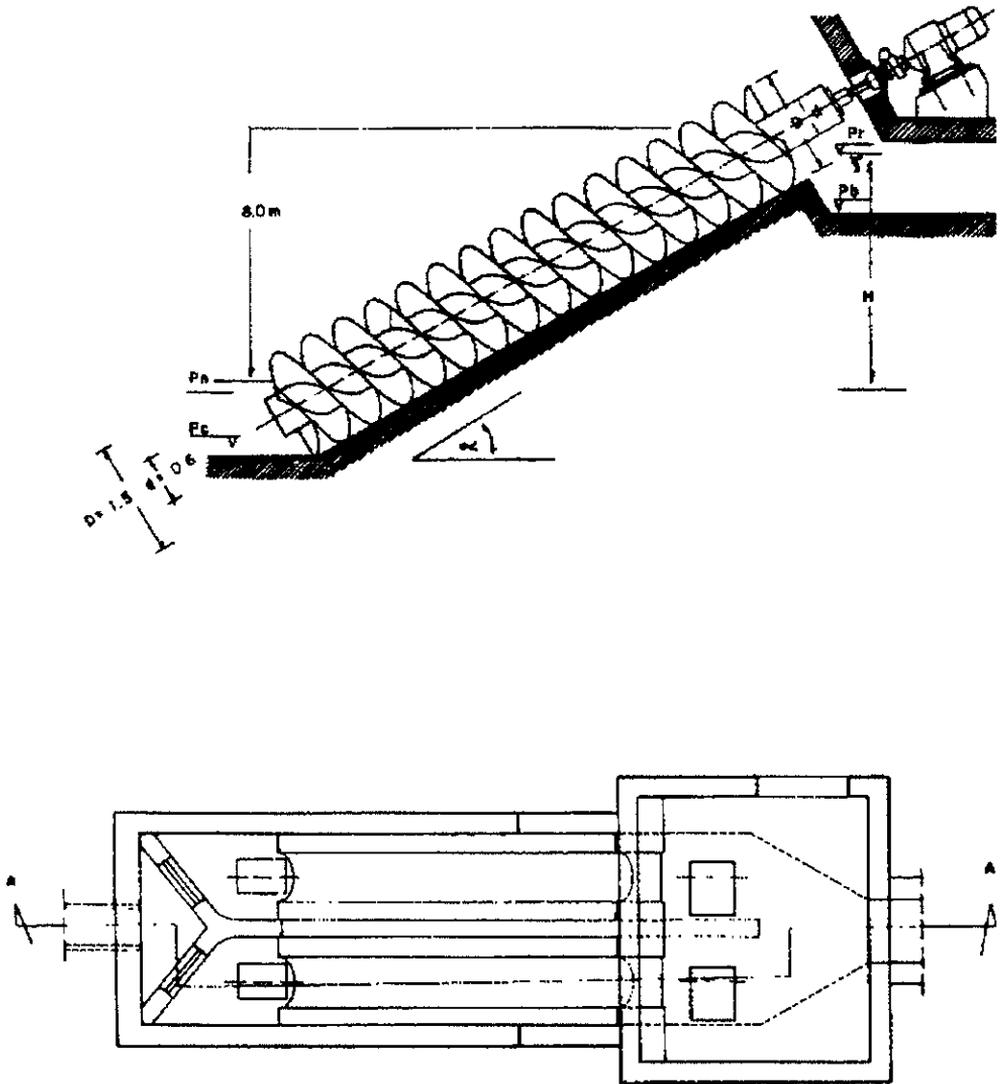


FIGURA 4.7

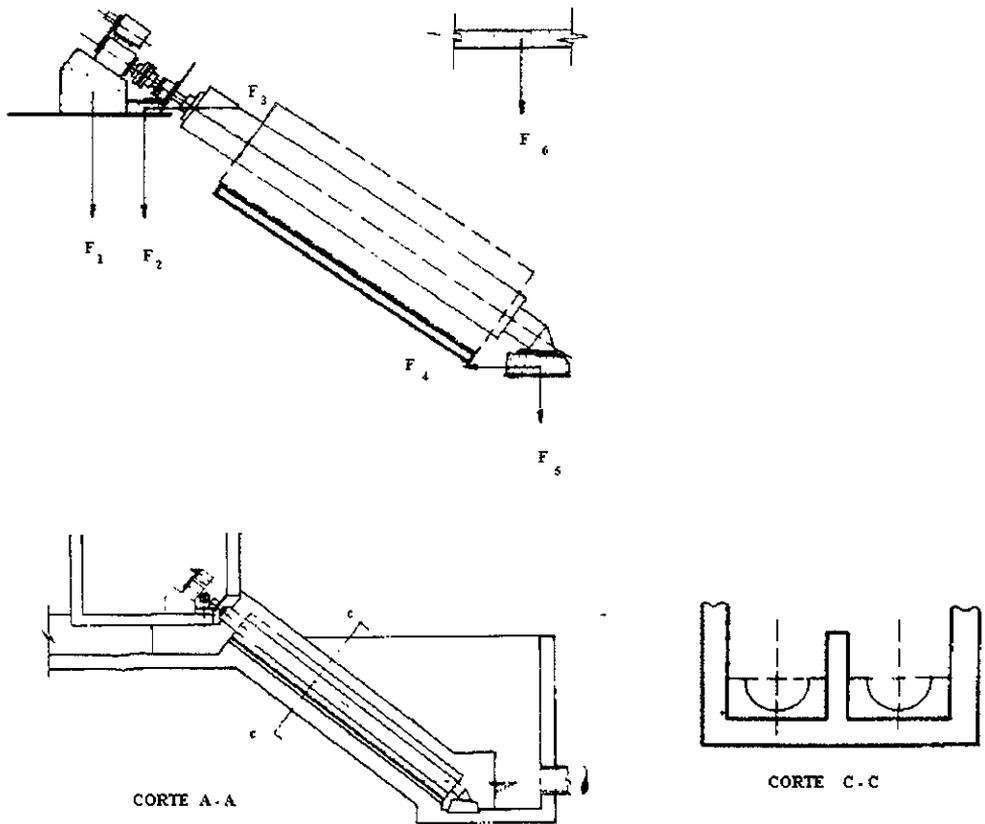


FIGURA 4.8

#### 4.2.22 ALTURA MANOMETRICA Y ESTATICA

La figura 4.9 muestra dos diferencias de la bomba de tornillo:

- a) Adaptación al caudal de llegada.
- b) Ausencia de tubos cerrados.
- c) La resistencia a vencer es menor que la bomba centrífuga, ya que el agua es tomada a nivel de rasante.

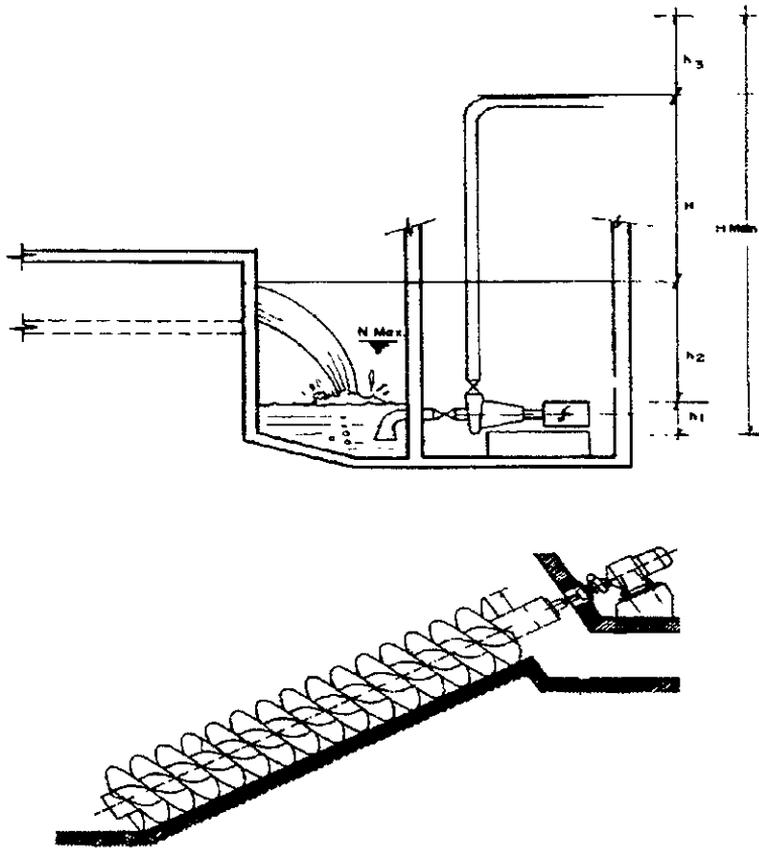


FIGURA 4.9

donde:

$h_1$  = Rozamiento por aspiración.

$h_2$  = Altura estática de succión.

$h_3$  = Pérdidas por rozamiento en el impulsión, no son tenidas en cuenta para el cálculo de la potencia y solo se tendrá en cuenta  $H$ . Esta diferencia entre  $H_{man}$  y  $H$  puede ser factor de importancia para los costos de explotación.

### 4.3 SELECCION DE EQUIPOS DE BOMBEO PARA AGUAS RESIDUALES

#### 4.3.1 CONSIDERACIONES PARA LA SELECCION.

Bombas horizontales contra verticales. Esta comparación es de importancia debido al incremento del empleo de bombas verticales. Desde el punto de vista de espacio ocupado en el piso, carga neta de succión positiva requerida y cebamiento, se prefieren las bombas verticales a las horizontales.

Cuando la limitante es el espacio vertical y hay que considerar efectos de corrosión y de abrasión, así como facilidades de mantenimiento, son preferibles las bombas horizontales.

Empaques contra sellos mecánicos.- Los rápidos avances en el diseño y fabricación de sellos mecánicos, los hacen accesibles para servicios de uso general. Los sellos prácticamente no permiten fugas y se emplean usualmente en bombas centrífugas. El ahorro de mano de obra de los sellos con respecto a los estoperos, es, frecuentemente, el factor que decide su uso.

El empaque, sin embargo, no ha sido eliminado completamente y continúa usándose prácticamente en toda clase y tipo de bombas. Se recomiendan bombas verticales de cárcamo húmedo, de propela o propela modificada, para grandes gastos de aguas de desperdicio diluidas (básicamente aguas pluviales, contaminadas con descargas domésticas); en caso de gastos menores, prefieren las bombas verticales, cárcamo húmedo con succión por el fondo, diseño de voluta, con impulsores capaces de manejar sólidos con un mínimo de atascamiento. Usualmente se instalan suspendidas de un piso superior mediante una columna y emplean un tubo como cubierta de protección de la flecha.

Estos equipos, diseñados para el manejo de líquidos que contengan sólidos y lodos, se recomiendan para drenaje doméstico crudo o tratado, lodos ligeros, desperdicios industriales, etc., y son conocidas como bombas inatascables. Debe especificarse el tamaño de esfera máximo que la bomba requerirá manejar en su

operación normal, así como definir la instalación de rejillas, con objeto de prevenir la entrada de sólidos mayores.

Cuando la bomba tipo voluta opera a baja capacidad, se presentan dos fenómenos indeseables:

- a) Generación de fuerzas radiales de reacción de gran magnitud.
- b) Recirculación del líquido en el impulsor y/o carcasa, provocando turbulencia, vibración, y ruido similar al que se tiene en condiciones de cavitación.

Estos efectos se incrementan rápidamente cuando se reduce el flujo a partir del punto de máxima eficiencia. En relación a las fuerzas radiales, el equipo deberá diseñarse lo suficientemente robusto para resistirlas y no estar limitando mecánicamente. Así mismo, deberá garantizarse una vista útil adecuada a los rodamientos y baja deflexión en la flecha.

El problema de la recirculación no puede vencer tan fácilmente en bombas diseñadas para manejar sólidos, debido a que se requieren pasos grandes en la carcasa y en el impulsor, por lo que, a gasto reducido, debe esperarse algún ruido. Con base en esto, la estación de bombeo debe incorporar bombas en número la capacidad tal que posibiliten el suministro del gasto total y además, satisfacer las demandas variables, sin necesidad de operar los equipos a gasto reducido por largos períodos. Para el logro de una operación silenciosa y confiable, el gasto continuo de cualquier equipo de bombeo no deberá ser menor que el 35 % de la capacidad de diseño de la bomba.

#### **4.3.2 PROCEDIMIENTO DE SELECCION**

- a) Definir diagrama de flujo de la planta de bombeo.
- b) Determinar las condiciones de operación de cada uno de los equipos y del conjunto.
- c) Calcular pérdidas por fricción.

- d) Calcular la carga neta de succión positiva (CNSP disponible).
  - e) Determinar la velocidad de operación del equipo.
  - f) Calcular la velocidad específica.
  - g) Seleccionar tipo de impulsor.
  - h) Estimar la CNSP requerida.
  - i) Seleccionar el equipo de bombeo.
  - j) Verificar características técnico - operacionales del equipo de bombeo (CNSP requerido, eficiencia, forma de la curva carga - gasto, potencia en el eje de la flecha de la bomba, etc.).
- a) Diagrama de flujo de bombeo.- Elaborar diagrama de flujo de la instalación que contenga la siguiente información:
- Aplicación específica de la instalación.
  - Tipo y características de la captación.
  - Características del fluido a bombear, señalando calidad, tamaño máximo de sólidos y contenido de sólidos.
  - Gastos a manejar en las diferentes secciones del sistema (máximo y mínimo).
  - Tipo de descarga (libre, sumergida, en tanque, a presión, etc.).
  - Tipo de instalación (se recomienda cárcamo húmedo).
  - Arreglo general de equipos y tuberías.
  - Accesorios (válvulas, juntas).
  - Sistema de retención de sólidos.
- b) Condiciones de operación.- Aquí se contempla la definición de los siguientes conceptos:
- Gasto, máximo, mínimo y de diseño.
  - Carga estática, máxima y mínima.
  - Curva de aportaciones de volúmenes de agua.
  - Tipo de servicio (continuo o discontinuo).
  - Índice de confiabilidad requerido.

- Suministro de energía.

c) Pérdidas por fricción.- Deben contemplarse los siguientes aspectos:

1.- Determinar las pérdidas por fricción del sistema mediante fórmulas, de acuerdo a la siguiente información:

- Gasto de diseño
- Diámetro de la línea de descarga.
- Longitud de la línea de descarga.
- Accesorios y defecciones.
- Rugosidad de la tubería.

2.- Con las pérdidas por fricción, correspondientes al gasto de diseño y los valores de carga estática máxima y mínima, determinar la carga dinámica total, máxima y mínima.

d) Carga neta de succión positiva (CNSP disponible).- La carga neta de succión positiva disponible se determinará de acuerdo a la siguiente información:

- $H_p$  Carga de presión atmosférica, en pies.
- $H_{vp}$  Carga de presión de vaporización del fluido a la temperatura de operación, en pies.
- $H_s$  Altura estática en la succión, en pies.
- $h_f$  Pérdida por fricción en el sistema de succión del equipo de bombeo, en pies.

De manera que

$$CNSP = H_p - H_{vp} - h_f \pm H_s$$

e) Velocidad de operación del equipo.- La velocidad de operación del equipo de bombeo se calculará contemplando una velocidad específica de succión de 8000 (sistema inglés) y la información siguiente:

- Gasto de diseño.
- CNSP disponible.

El valor obtenido de la velocidad de operación es:

$$= \frac{8000 (\text{CNSP disp.})^{3/4}}{Q^{1/2}}$$

donde.

CNSP disp.= Carga neta de succión positiva disponible, proporcionada por el fabricante, en pies.

N = Velocidad de rotación, r.p.m.

Q = Gasto de diseño, en g.p.m.

Y se emplea como referencia para determinar la velocidad real de operación de la bomba, seleccionándola en el catálogo de los fabricantes con el valor próximo superior.

f) Cálculo de la velocidad específica.- Este valor se calculará por medio de la expresión:

$$s = \frac{N Q^{1/2}}{H^{3/4}}$$

H Carga dinámica total por paso, en pies.

N Velocidad real de operación determinada en el inciso anterior, r.p.m.

Q Gasto de diseño a la velocidad N y bajo la carga H (succión simple), en g.p.m.  
En succión doble, deberá tomarse como la mitad del gasto total.

Ns Velocidad específica, en sistema inglés.

Así mismo, deberán respetarse los límites superiores de velocidad específica, respecto del gasto, velocidad, carga y elevación de succión, que se mencionan en la figura 4.10 a la 4.13

g) Selección del tipo de impulsor - El tipo depende de la velocidad específica del equipo, como se indica a continuación:

Velocidad específica (sistema inglés)	Tipo de impulsor
Menor de 2000	Radial
2000 a 5000	Turbina
4000 a 10000	Flujo mixto
9000 a 15000	Flujo axial

h) Estimación de la CNSP requerida.- Con el valor  $S=8000$ , en la figura 4.14 se determina un valor estimado de  $S$  crítico y, por consecuencia, la CNSP requerida.

Para lograr valores más exactos, deberá solicitarse a los diversos fabricantes de bombas, información similar a la contenida en la figura 4.14, respaldada por pruebas de laboratorio.

La CNSP requerida deberá ser menor, por lo menos 0.60 m, que la CNSP disponible

i) Selección de marca, modelo y otras características de equipos de bombeo.

La bomba especificada, para las condiciones de operación establecidas, se puede identificar en un catálogo de diseños de un fabricante, localizando primero la zona de aplicación. Esta asigna a cada modelo, un área de aplicación traslapada con otros, indicando además el punto de máxima eficiencia del mayor impulsor en cada uno. Existen curvas para cada velocidad de rotación y tipo de bomba. Posteriormente, considerando la más adecuada y el modelo correspondiente, se obtiene una familia de curvas para la zona de aplicación (proporcionada por el fabricante) para una diversidad de diámetros de impulsor.

Para cada curva aparece la siguiente información:

- Características carga - gasto
- Eficiencia - gasto.
- Potencia - gasto.
- CNSP requerida.

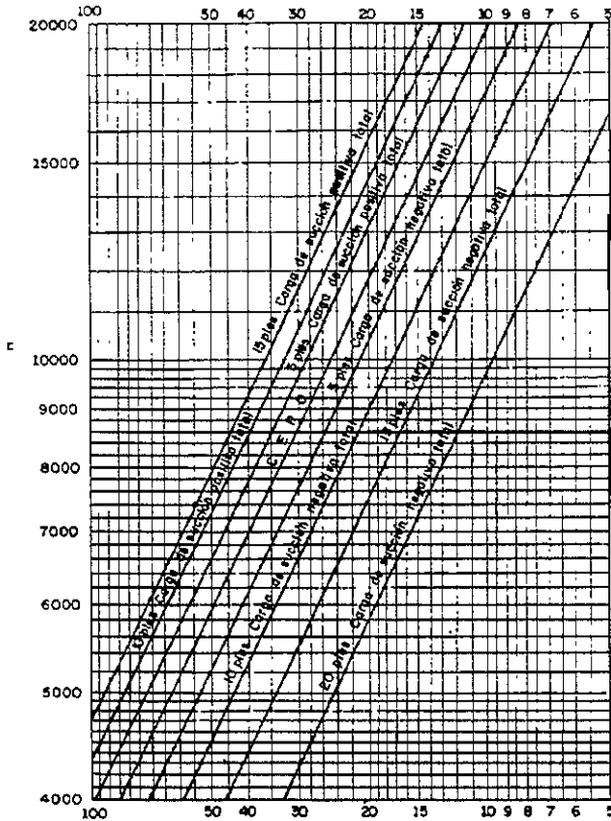


FIGURA 4.10

Límite superior de velocidad específica para bombas de succión simple, impulsor en cantiliver, manejando agua a 29.5°C (85°F) al nivel del mar.

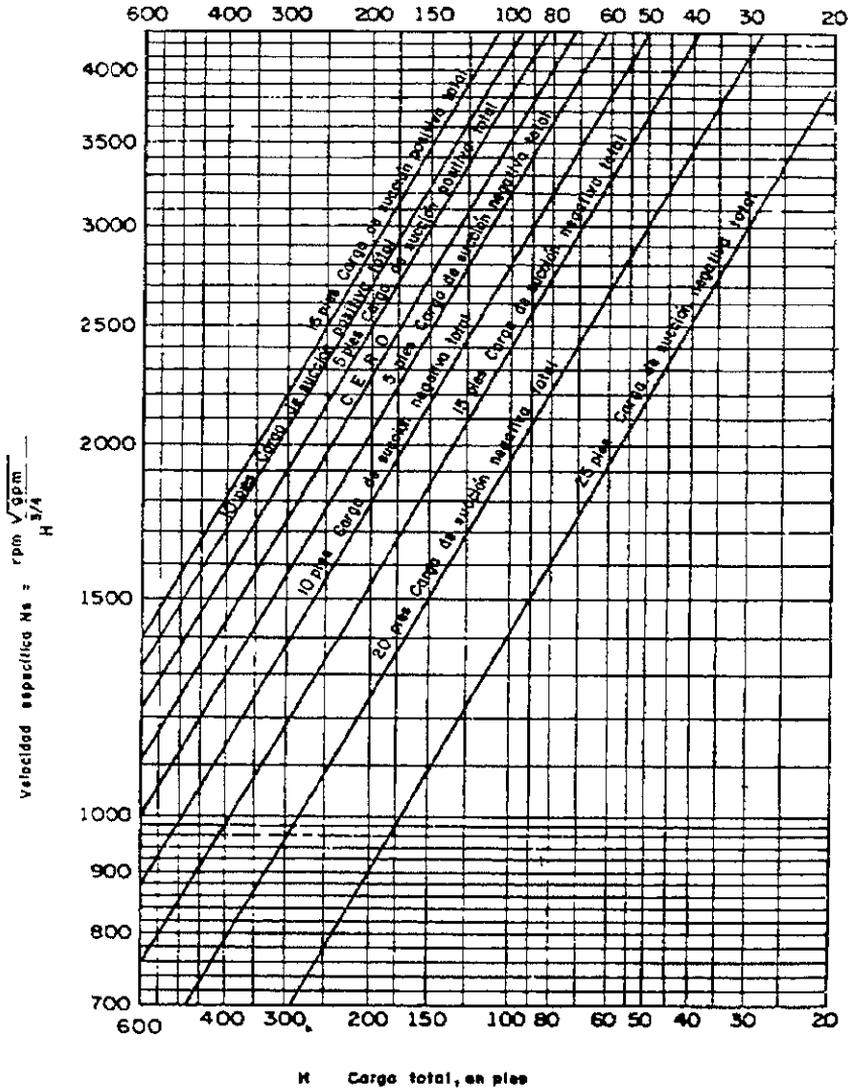


FIGURA 4.11

L (límite superior de velocidad específica para bomba de succión simple, con flecha a través del ojo del impulsor, manejando agua a 29.5°C (85°F) al nivel del mar)

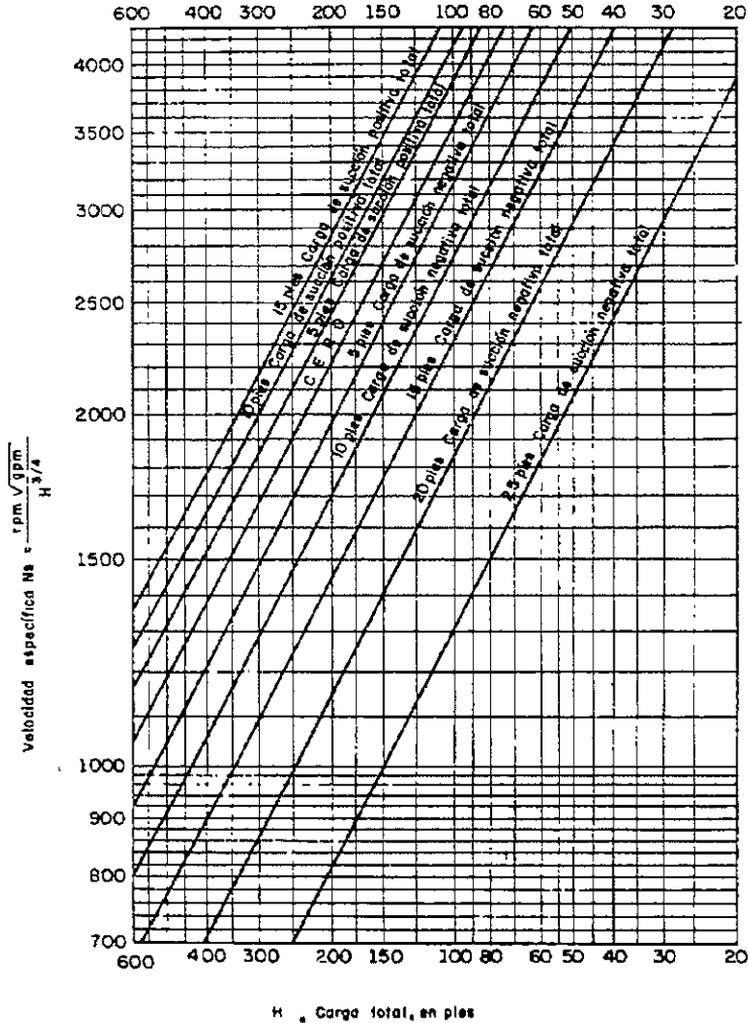


FIGURA 4.12

Límite superior de velocidad específica para bombas de doble succión, manejando agua a 29.5° C (85°F) al nivel del mar.

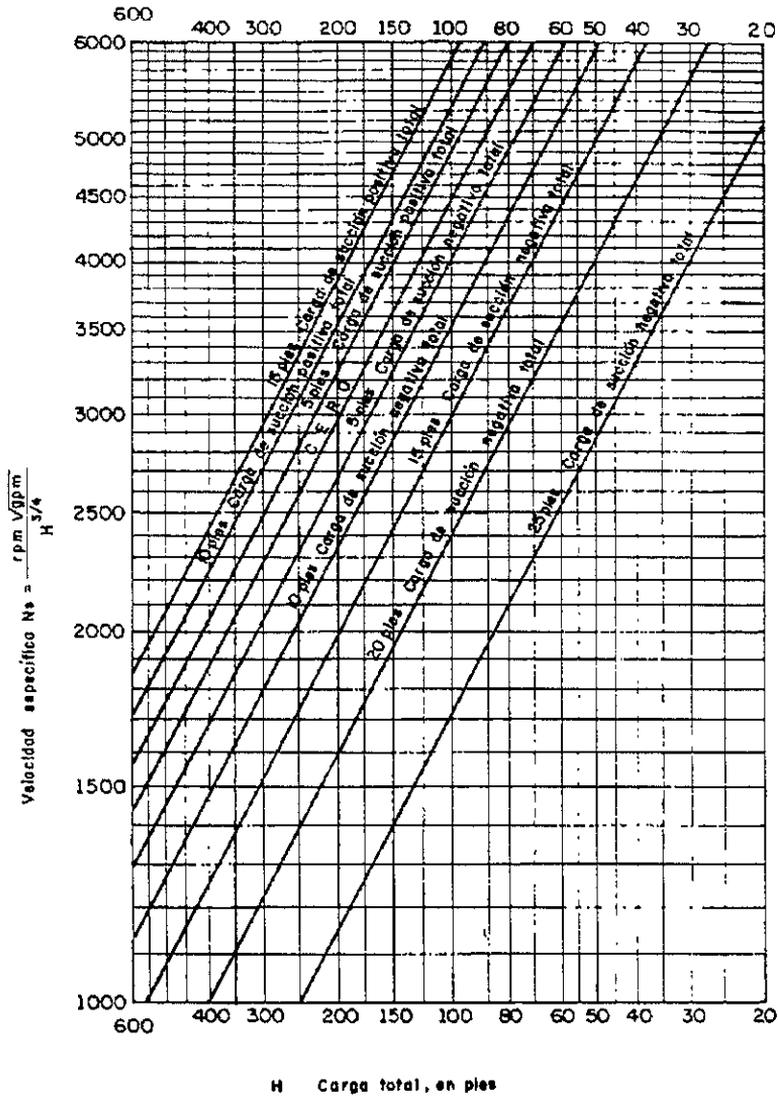


FIGURA 4.13



La curva gasto - gasto seleccionada se compara con las condiciones de operación. Estas deberán intersectar la curva Q - H a la izquierda del punto de máxima eficiencia de la bomba, garantizando además la operación correcta del equipo en condiciones de carga dinámica total mínima. Así mismo, la CNSP requerida por la unidad deberá ser menor que la CNSP disponible. La forma y pendiente de la curva característica Q - H de la bomba deberá ser adecuada a las condiciones de operación esperadas.

j) Verificación de características del equipo.

- Marca y modelo del equipo seleccionado.
- Gastos de diseño máximo y mínimo.
- Carga a gasto cero.
- Eficiencia.
- Velocidad de operación.
- Potencia en el eje de la flecha.
- CNSP requerida.
- Características mecánicas y operacionales.
- Compatibilidad con el equipo motriz.
- Especificaciones del equipo.

#### **4.4 INSTALACION, OPERACION Y MANTENIMIENTO DE BOMBAS**

Para el recibimiento, instalación , operación y mantenimiento de bombas, se sugieren las siguientes recomendaciones básicas.

##### **4.4.1 RECIBIMIENTO**

Cualquier bomba adquirida deberá ser debidamente examinada en lo que respecta a capacidad, presión y eficiencia, siendo que las dos primeras características deberán constar en la placa de identificación del equipo juntamente con el tipo, número de fabricación y otros datos que se crean de interés.

#### **4.4.2 SITIO DE INSTALACION**

El conjunto moto-bomba debe ser instalado, siempre que sea posible, en local seco, bien ventilado, de fácil acceso a inspecciones periódicas y al abrigo de la intemperie y de tormentas.

#### **4.4.3 INSTALACION**

El conjunto moto-bomba debe ser instalado sobre una base o cimentación estructuralmente bien dimensionadas y exenta de vibraciones. Se asienta el conjunto en el bloque, nivelándolo con cuñas dispuesta entre la base y la cimentación, llenándose posteriormente el hueco de las perforaciones de los tornillos fijadores con concreto, después del endurecimiento del concreto se retiran las cuñas y se aprietan las tuercas de los fijadores.

#### **4.4.4 ALINEACION**

En el recibimiento de conjuntos moto-bomba, los mismos deberán ser verificados en lo que respeta a su alineación. Después del transporte, colocación y conexión de las tuberías de succión y de descarga, la alineación deberá ser nuevamente objeto de revisión.

#### **4.4.5 TUBERIAS**

El peso de las tuberías no debe ser soportado por la bomba y sí debe ser apuntalado independientemente, de tal forma que cuando los tornillos de las bridas fueren ajustarlos, ninguna tensión será ejercida sobre la carcasa de la bomba.

#### **4.4.6 PROCESO PARA EL CEBADO DE BOMBAS**

Antes de poner en funcionamiento de cualquier bomba, se debe llenar la tubería de succión con el equipo a ser bombeado. Las piezas dentro de la bomba

depende de la lubricación que les suministre el líquido a impulsar, pudiendo fallar si la bomba funciona en seco.

Los procesos para cebar son los siguientes:

- a) *Bomba sumergida.*- Cuando la bomba es instalada con el eje por debajo del nivel del líquido a ser impulsado, queda automáticamente cebada cuando la válvula de purga superior es abierto, dejando escapar el aire.
- b) Cuando las bombas trabajan con altura de succión, pueden ser cebadas por medio de un eyector o accionando por aire comprimido, vapor o agua.
- c) *Cebar con bomba de vacío.*- Cuando la bomba funciona con altura de succión, puede ser cebada por medio de una bomba de vacío que disloque el aire contenido en el cuerpo de la electro-bomba y en la tubería de succión.
- d) Cuando no exista líquido en la tubería de descarga, cerrar la válvula de descarga y llenar con líquido en la tubería de succión, a través de la válvula superior de cebaje, empleándose un embudo.

#### 4.4.7 CAUSAS DE FUNCIONAMIENTO DEFICIENTE

Al operarse una bomba, aquello que puede parecer sería avería, muchas veces, después de una cuidadosa inspección, revelará una causa de menor importancia. En cualquiera de las deficiencias abajo mencionadas.

- a) Si el líquido no es bombeado.
  - 1.- La bomba puede no estar cebada.
  - 2.- La velocidad de rotación puede estar por debajo de la especificada.
  - 3.- Hay una carga superior a la prevista.
  - 4.- El impulsor puede estar completamente obstruido.
  - 5.- La válvula de seguridad desajustada o abierta.
- b) Si el líquido bombeado es insuficiente.
  - 1.- Hay entrada de aire en la tubería de succión o en caja de prensa-estopas.
  - 2.- La velocidad de rotación por debajo de la especificada.

- 3.- Una carga total superior a la prevista.
  - 4.- La válvula de pie obstruida.
  - 5.- Tubería de succión parcialmente obstruida.
- c) Si la presión es insuficiente.
- 1.- La velocidad de rotación esta por debajo de la especificada.
  - 2.- Puede haber aire o gases en el líquido.
  - 3.- Los anillos de cierre hermético muy gastados.
  - 4.- Impulsor averiado o de diámetro pequeño.
  - 5.- Engranajes gastados o con mucho juego.
- d) La bomba funciona por algún tiempo y después pierde la succión.
- 1.- Hay escapes en la línea de succión.
  - 2.- Obstrucción parcial en la línea de succión.
  - 3.- Altura de succión por encima de la permitida.
  - 4.- Aire o gases en el líquido, en la línea de succión.
- e) Si la bomba ocasiona sobrecarga al motor.
- 1 - Velocidad de rotación muy alta.
  - 2.- Carga total inferior a la prevista.
  - 3.- Líquido con peso específico o viscosidad superior a lo previsto.
  - 4.- Defectos mecánicos.

A continuación se presenta una variada de tipos de bombas para el desalojo de las aguas residuales (ver figuras 4.15 a la 4.17).

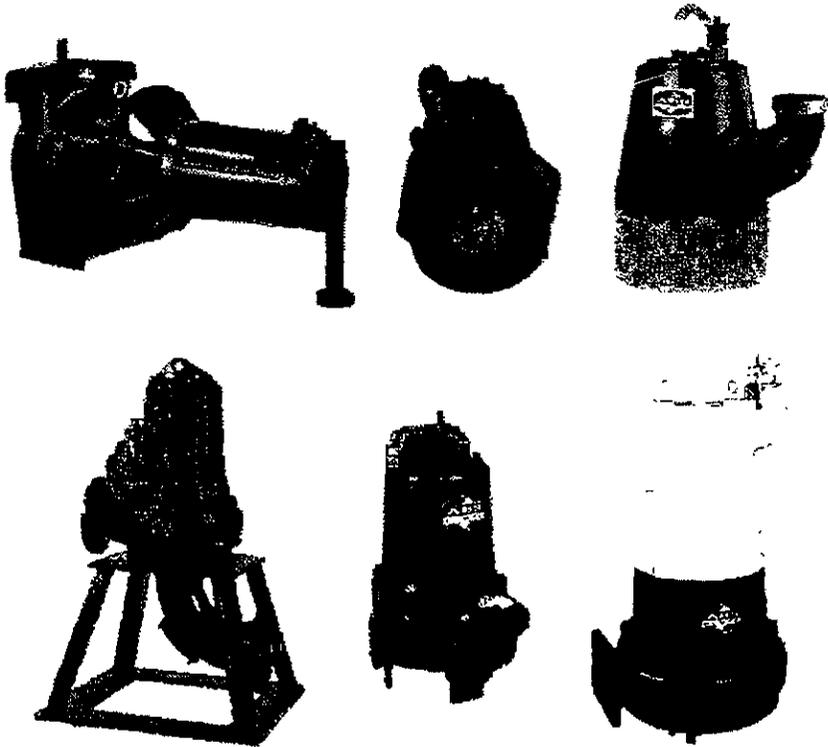


FIGURA 4.15

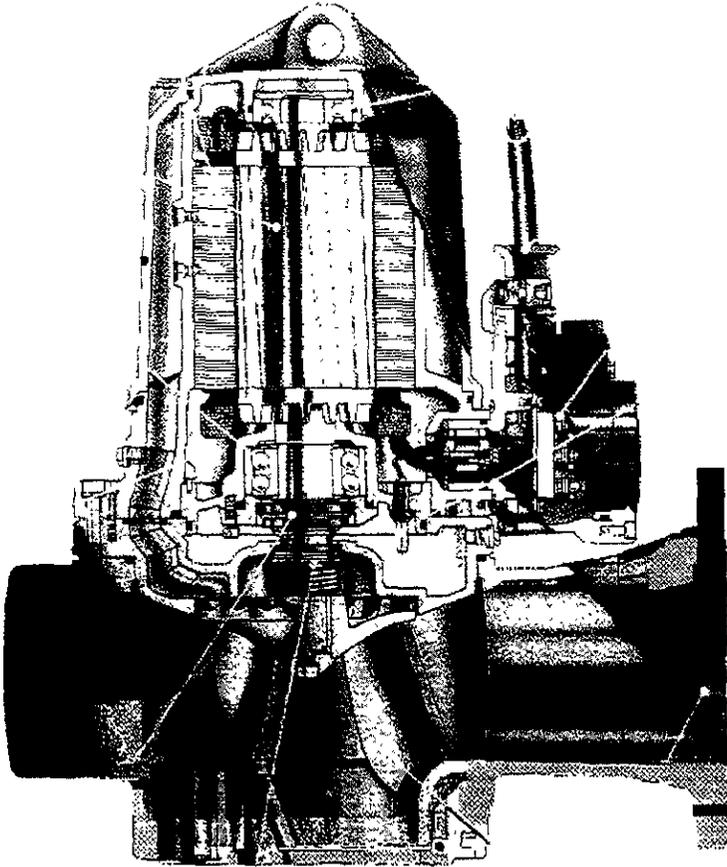


FIGURA 4.16

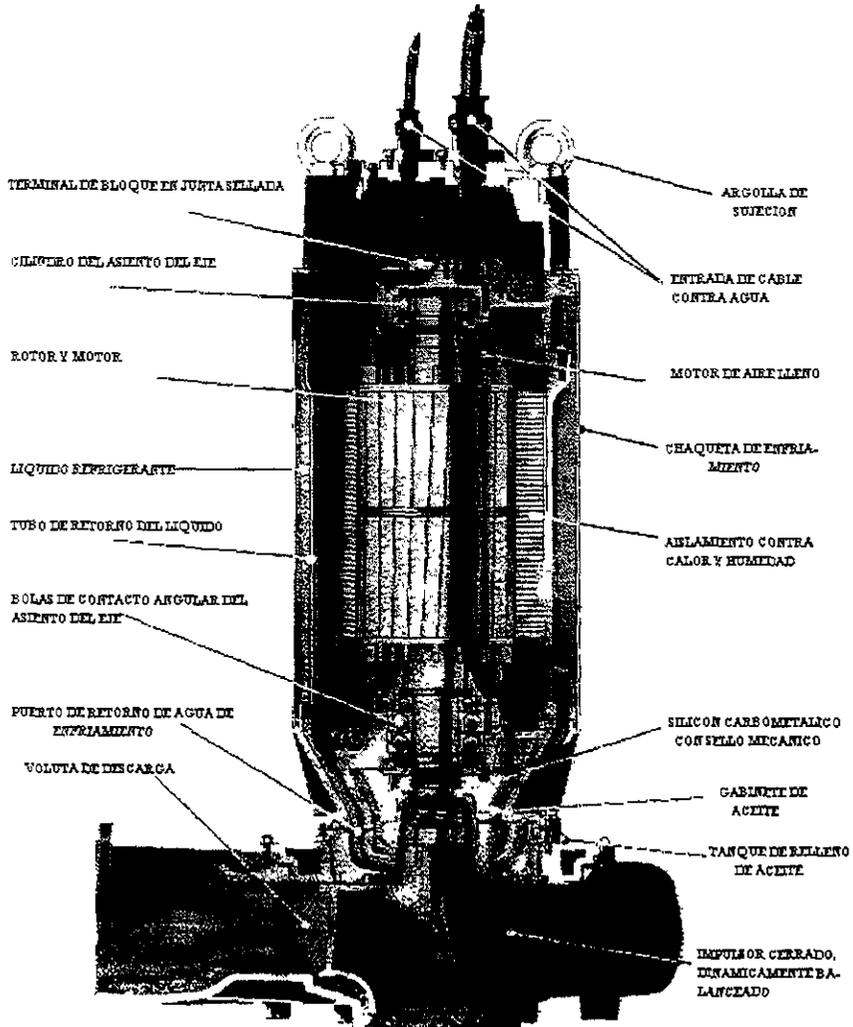


FIGURA 4.17

# TEMA V

## ESTRUCTURAS COMPLEMENTARIAS

### 5.1 DISPOSITIVOS DE RETENCION Y RETIRO DE CUERPOS ( REJILLAS )

#### 5.1.1 IMPORTANCIA

La lumbrera de rejillas constituye otra estructura importante en el funcionamiento de las plantas de bombeo. Dicha lumbrera debe situarse aguas arriba del cárcamo, para eliminar la entrada de material grueso a la lumbrera de succión y a la vez ambas lumbreras quedan unidas por el túnel unión.

La lumbrera de rejillas contiene un sistema de retención de sólidos que impide el paso de objetos grandes arrastrados por el agua. Aunque éstos representan un volumen pequeño respecto del gasto líquido, constituyen un grave problema para el equipo de bombeo cuando lo alcanzan, ya que los impulsores pueden sufrir daños severos y ser obturados parcial o totalmente.

Aguas arriba de las rejillas debe proveerse de una zona de transición para obtener, en lo posible, una velocidad uniforme a través de las mismas del orden de 0.6 m/s, lo que redundaría en su eficiencia como retenedor de sólidos y en la disminución de la pérdida de energía en ellos.

Las rejillas deben ser removibles para su limpieza, o bien estar dotadas de algún sistema mecánico que elimine el material retenido en ellas.

Con objeto de que siempre exista un elemento que intercepte al flujo antes de llegar al cárcamo, se recomienda instalar un mínimo de dos juegos de rejillas, lo que permite extraer y limpiar una, mientras opera la otra.

Para un diseño óptimo, se recomienda dos juegos de rejillas gruesas, y dos juegos de rejillas finas, aguas abajo de las primeras, a fin de retener sucesivamente

objetos flotantes más pequeños, y evitar al máximo el estancamiento de las bombas. Si se opta por no colocar rejillas finas, deberán instalarse por lo menos las gruesas.

Ambos juegos deben ser paralelos entre sí y su ubicación permitir su extracción y limpieza, sin que interfiera con la otra.

Por otra parte, las rejillas deben formarse a base de soleras de acero estructural, paralelas entre sí, verticales o con una inclinación hasta de 30° respecto de la vertical y de separación ligeramente menor o igual al paso de esfera especificado por el fabricante de los equipos.

Las características generales de las rejillas aparecen a continuación:

CONCEPTO	LIMPIEZA MANUAL	LIMPIEZA MECANICA
Dimensiones de la barra		
ancho, en cm	0.6 a 1.5	0.6 a 1.5
peralte, en cm	2.5 a 7.5	2.5 a 7.5
Separación, en cm		
Rejillas gruesas	15 a 20	15 a 20
Rejillas finas	2.5 a 5.0	1.6 a 7.5
Inclinación respecto a la vertical, en grados	0.0 a 30	0.0 a 30
Velocidad de aproxima- ción, en m/s	0.3 a 0.6	0.3 a 0.6
Pérdida de carga admi- sible, en cm	15.0	15.0

### 5.1.2 LOCALIZACION

Las rejillas deben colocarse en sitios donde sea accesible para efectos de limpieza, reparación o reposición, sea fácil y cómodo.

Su ubicación será aguas arriba de las bombas, para interceptar sólidos en suspensión, residuos, trapos, madera y otros materiales, que aunque presentan un volumen pequeño respecto del gasto líquido, constituyen un grave problema para el equipo de bombeo (ver figura 5.1 y 5.2).

Aguas arriba de las rejillas debe proveerse de una zona de transición suficientemente larga, entre aquellas y el conducto de alimentación de aguas negras a la planta de bombeo, para garantizar, en lo posible, una velocidad uniforme a través de las mismas. Dicha transición puede ser rectangular o trapecial, de acuerdo a la conveniencia constructiva o espacio disponible; debe tener una longitud mínima de 3 veces la diferencia entre el ancho de las rejillas y el conducto.

El material interceptado por las rejillas deberá removerse periódicamente y eliminarse enterrándolo, incinerándolo o triturándolo a tamaños menores, de modo que los residuos puedan devolverse al caudal de aguas negras sin perjuicio para las bombas.

VISTA DE PLANTA DEL DISPOSITIVOS DE RETENCION

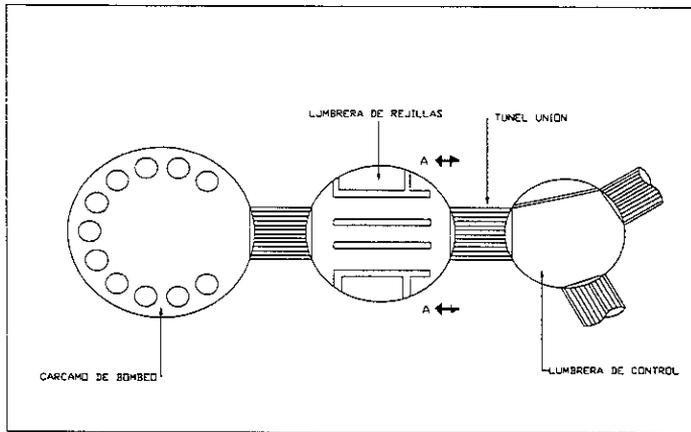


FIGURA 5.1

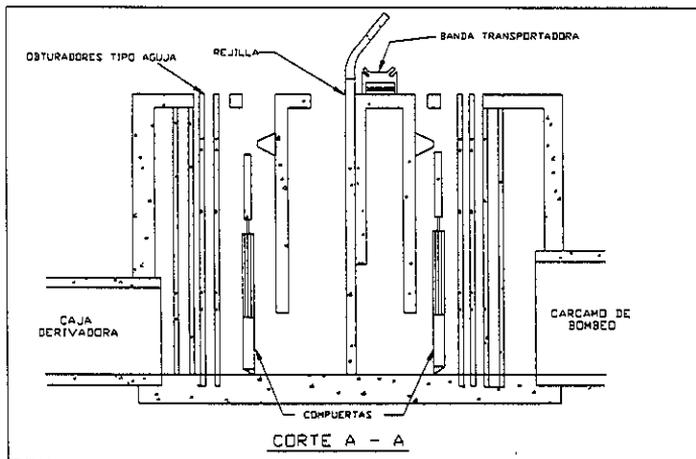


FIGURA 5.2

### 5.1.3 INSTALACION

Las rejillas deben instalarse en una cámara con suficiente ventilación y separada atmosféricamente del foso húmedo. Los artefactos deben estar en un lugar iluminado y de fácil acceso para el personal de operación. Debe proveerse de agua a presión y equipo para el manejo de los residuos.

Tanto en instalación de rejillas manual como mecánica, así como en las instalaciones de trituradores, deben construirse canales de desvío con vertedores de reboce, que funcionan automáticamente para limitar el nivel de rejillas y que evite que el canal se inunde en caso que falle la limpieza o que el flujo sea excesivo.

También se tomaran medidas para aislar las unidades de rejillas para su mantenimiento. En ocasiones la solución que puede justificarse económicamente, es la instalación de una canasta de malla a la entrada del foso húmedo. La canasta se diseñara con capacidad para retener el volumen de sólidos durante 24 horas. Es indispensable contar con un dispositivo para levantar y bajar las canastillas.

### 5.1.4 ESTRUCTURACION

Las rejillas deberán ser de soleras de acero estructural, paralelas entre sí, y separadas una distancia ligeramente menor al paso de esfera de las bombas proporcionado por el fabricante.

Las soleras deberán soldarse a un marco formado por otras soleras de acero estructural, y con un tamaño tal que el peso individual de cada unidad permita su remoción y colocación por medios manuales, mecánicos o eléctricos.

Una rejilla podrá estar formada por uno o más marcos, según las necesidades del claro por cubrir, pero siempre deberá respetarse que el peso de cada marco cumpla con los requisitos de maniobrabilidad.

Las rejillas podrán ser verticales o con una inclinación hasta de 30° respecto de la vertical, lo cual facilitará su limpieza si la operación se realiza manualmente o con rastrillo.

### 5.1.5. DISEÑO HIDRAULICO Y ESTRUCTURAL

El proyecto de las instalaciones deberá considerar la necesidad de rejillas mecánicas de limpieza automática o de operación manual, con objeto de eliminar sólidos y diversos materiales en el influente a los equipos de bombeo.

Las pérdidas de carga en las rejas de barras son función de la forma de la barra y de la carga de velocidad del flujo entre ellas.

Kirschmer propuso la siguiente expresión:

$$h_f = B (w / b)^{4.75} h_v \text{ sen } \theta$$

donde

$b$  = Separación entre barras, en m

$h_f$  = Pérdida de carga, en m

$h_v$  = Carga de velocidad del flujo en las rejas, en m

$w$  = Peralte de las barras en la dirección de la corriente, en m

$B$  = Factor de forma de la barra

$\theta$  = Ángulo de la reja con respecto a la horizontal, en grados

Los valores del factor de forma B son los que se indican a continuación:

TIPO DE BARRA	B
Rectangular, con bordes agudos	2.42
Rectangular, con la cara aguas arriba semicircular	1.83
Circular	1.79
Rectangular, con las caras aguas arriba y abajo, semicirculares	1.67

La expresión anterior es aplicable exclusivamente a rejillas limpias. La pérdida de carga aumenta con el grado de obstrucción de las mismas.

La presión para el diseño estructural de las rejillas deberá ser la más desfavorable que resulte de las condiciones de rejillas totalmente obturadas y una carga diferencial, entre aguas arriba y aguas abajo, de 2 m; o bien, de  $\frac{1}{4}$  de la carga total que actúa sobre las rejillas. El esfuerzo de trabajo no debe exceder el 90 por ciento del límite de fluencia del acero estructural de la rejilla, el que se recomienda es de grado A-36.

La escuadría dependerá, además, de la distancia entre apoyos de la solera. En los extremos de las soleras debe darse un soporte lateral por medio de espaciadores, formados por soleras o tubos soldados, que se colocan entre barras de la rejilla. Estos espaciadores deberán colocarse de manera que no imposibiliten el movimiento de las rejillas y de los rastrillos. Para reducir la esbeltez de las barras, deberán colocarse espaciadores intermedios. La esbeltez mínima recomendada es de 1/30 con relación al peralte.

### 5.1.6 PERDIDAS POR REJILLAS

Al instalarse un sistema de rejillas en la sección por donde fluye el agua, se obstaculiza parcialmente su libre escurrimiento, por lo que se produce una pérdida de energía.

El coeficiente de pérdida debido a las rejillas puede ser calculado, con un buen grado de aproximación, mediante la fórmula de Kirschmer:

$$K_r = C_r (s / b)^{4/3} \text{sen } \theta$$

donde:

- K<sub>r</sub>    Coeficiente de pérdida por rejilla, sin dimensiones.
- C<sub>r</sub>    Coeficiente que depende de la forma de la rejilla, sin dimensiones.
- s      Espesor de las soleras de la rejilla, en m.
- b      Espacio libre entre las soleras, en m.
- θ      Angulo formado entre la horizontal y la rejilla.

La pé

hidráulicas del sistema de drenaje. En el caso en que ésto no ocurriese, deberán ajustarse las elevaciones de las estructuras de la planta y hacer coincidir dichos tirantes

## 5.2 SISTEMAS DE LIMPIEZA

### 5.2.1 LIMPIEZA MANUAL.

Este sistema se utilizara preferentemente en estaciones de bombeo de poca capacidad. En este caso, la longitud de la reja no debe exceder de lo que puede rastrillarse fácilmente a mano. Se fabrican generalmente de acero, con barras planas de 0.6 a 1.0 por 5.0 a 8.0 cm., e irán soldados a barras de separación, situadas en la cara posterior, fuera del recorrido de las púas del rastrillo.

Encima de la reja, deberá colocarse una placa perforada, para que los objetos rastrillados puedan almacenarse temporalmente para su desagüe, según se muestra en la figura 5.3.

Si los sólidos a retener son en cantidad apreciable, antes de entrar al proceso de tratamiento, las barras de las rejillas se dimensionaran de tal forma que la velocidad a través de la aberturas están comprendidas entre 0.8 y 0.9 m/seg. bajo cualquier condición de flujo.

El área adicional necesaria para limitar la velocidad, se puede obtener ensanchando el canal en la reja, y colocando ésta con una inclinación menor.

Conforme se acumulen las basuras, la reja se obtura parcialmente, la pérdida de carga aumenta y se sumergen nuevas zonas de la rejilla. Por tanto, es necesario que el diseño estructural de la reja sea adecuado, para evitar la falla en caso de que llegue a obturarse totalmente.

El canal donde se ubica la reja, debe proyectarse de modo que se evite la acumulación de arena y otros materiales pesados antes y después de la reja. La plantilla puede ser horizontal o bien tener pendiente hacia la reja, siendo conveniente achafflanar la unión con las paredes laterales.

El canal debe ser preferentemente recto y perpendicular a la reja, a fin de procurar una distribución uniforme de los sólidos en la sección transversal al flujo y sobre la reja.

Se instalan paralelas y a igual espaciamiento, con una placa plana a través de sus extremos inferiores y con barras espaciadoras horizontales. La inclinación más usual esta entre 30 y 45 grados.

El espaciamiento de las barras, dependerá del tamaño de los sólidos a retener. Los espacios más comunes están comprendidos en 2.5 y 7.5 cm.

Debido a la acumulación de sólidos en el pie de la rejilla, el piso del canal de la rejilla debe quedar por lo menos 20 cm debajo de la solera del conducto de entrada, para permitir alguna pérdida de carga sin que afecte el flujo en la tubería. Se deben tomar previsiones para el uso de herramientas de limpieza en el espaciamiento de las barras y adoptar un método conveniente de manejo de los recipientes en donde se almacena los desechos retenidos por las rejillas (ver la figura 5.4).

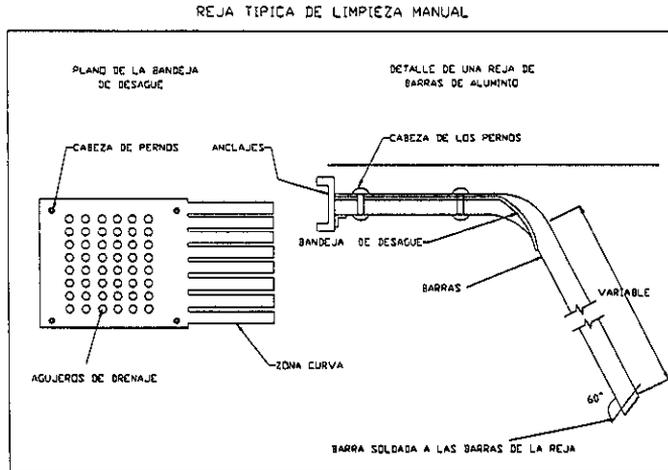


FIGURA 5.3

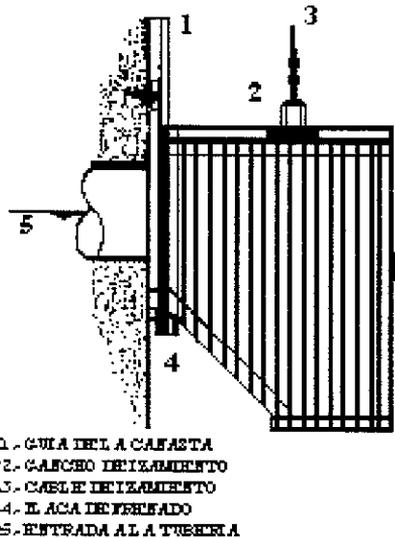


FIGURA 5.4

### 5.2.2 LIMPIEZA AUTOMATICA.

Este sistema se muestra en la figura 5.5, diversas empresas especializadas lo diseñan y fabrican, por lo que el ingeniero de proyecto se limitará prácticamente a una selección adecuada, según el tipo de equipo a utilizar, dimensiones del canal y de la reja, variación de la profundidad del flujo en el canal, separación entre barras y método de limpieza.

El canal de las rejas se diseñara para evitar la sedimentación y acumulación de arena y otras materias pesadas.

La mayoría de los sistemas de rejas utilizan cadenas sin fin, sobre una rueda dentada para mover los rastrillos. Por lo general, van provistos de controles "manual-fuera de servicio". En la posición manual, los rastrillos podrán funcionar de modo continuo, mientras que en automático, pueden funcionar cuando la pérdida de

carga aumenta por encima de cierto valor (del orden de 80 cm), o mediante un temporizador. Debe darse prioridad la funcionamiento por medio de temporizador ( cada 15 minutos ).

### CARACTERISTICA DE LAS REJAS DE BARRAS

CONCEPTO		LIMPIEZA MANUAL	LIMPIEZA MECANICA
Espesor	w en cm.	0.5 - 1.5	0.5 - 1.5
Ancho	P en cm	2.5 - 7.5	2.5 - 7.5
Separación	b en cm	3.0 - 5.0	1.5 - 7.5
Angulo	$\phi$ en "	30 - 45	0.0 - 30
Velocidad de aproximación	m/seg.	0.3 - 0.6	0.6 - 0.9
Pérdida de carga "h" admisible	en cm		15.0

La longitud de la reja de limpieza manual no debe exceder de lo que pueda rastrillarse fácilmente a mano.

### 5.3 DISEÑO DEL TUNEL DE UNION

CONDICIONES PRELIMINARES. Los procedimientos constructivos que normalmente se utilizan en la ejecución del túnel unión obligan a que este sea horizontal (de pequeña pendiente), del menor diámetro posible y de corta longitud. Esto se debe a que el túnel tiene que comunicar dos lumbreras próximas y ubicarse a gran profundidad, la necesaria para que quede arriba del nivel del fondo de las mismas. Por tanto, éstos son algunos de los factores que deben tomarse en cuenta en el diseño (ver figura 5.6).

Otro elemento muy importante a considerar es el nivel que se elija para su rasante, y que debe estar íntimamente relacionado con el nivel mínimo de operación de los equipos.

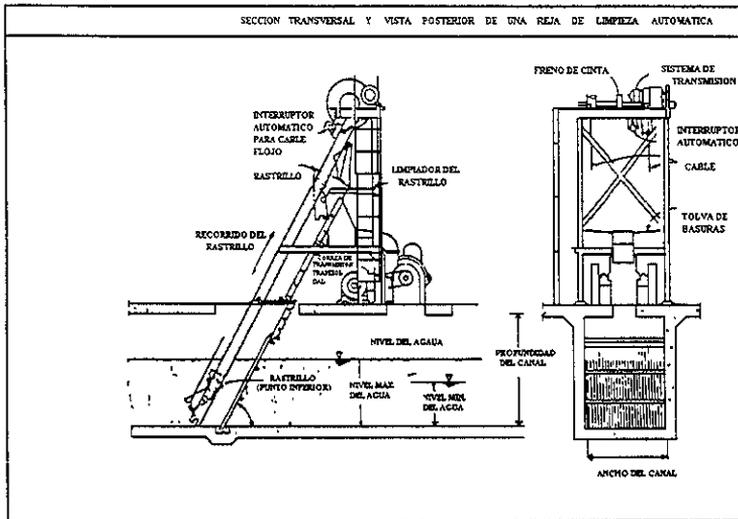


FIGURA 5.5

ELEMENTOS O VARIABLES UTILIZADOS PARA EL ANALISIS DEL FUNCIONAMIENTO DEL TUNEL UNION

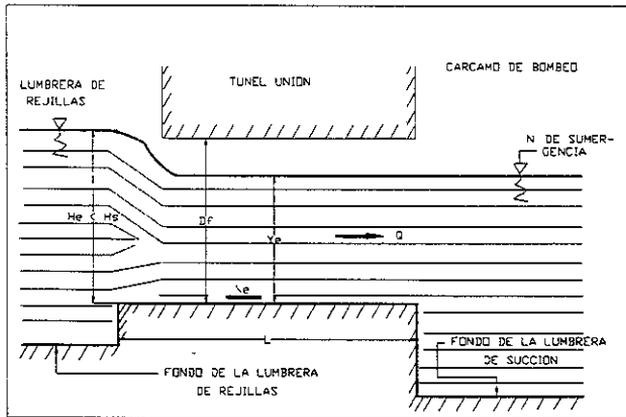


FIGURA 5.6

Cuando los equipos de bombeo operan con niveles altos de la superficie libre del agua en el cárcamo, la disipación de la energía del chorro proveniente del túnel es espontánea, toda vez que la descarga es contra una gran masas de agua. Sin embargo, cuando la operación es con niveles bajos, es necesario disipar la energía excedente del chorro y aquietar la superficie libre, para que la turbulencia no afecte el trabajo de las bombas en la zona de succión.

Los estudios experimentales realizados permiten concluir que dichas turbulencias se evitan utilizando un muro amortiguador semicircular en el interior de la lumbrera, para romper la energía del flujo proveniente del túnel, aquietar la superficie del agua en el área cercana a las campanas de succión de las bombas y distribuir el caudal a los equipos de modo uniforme, mediante orificios localizados en la parte inferior. Además se ha observado que las condiciones de turbulencia mejoran en la medida en que el nivel de operación proporciona mayor ahogamiento a la descarga, en la sección final del túnel.

Todavía más, el mejor funcionamiento se logra cuando dicho túnel trabaja completamente lleno o a presión, cualquiera que sea el nivel de operación en el cárcamo.

La descarga del túnel por arriba del nivel mínimo de operación puede generar una gran cantidad de burbujas de aire que, aún con el muro amortiguador pueden llegar hasta el área de las campanas de succión de las bombas, lo que a todas luces es indeseable.

## 5.4 TANQUES DESARENADORES

### 5.4.1 RECOMEDACIONES GENERALES

El empleo de tanques desarenadores, para retirar desde arenas finas hasta gravas, antes de que el agua entre al cárcamo de bombeo, incrementa notablemente el costo de la instalación. Su utilización depende de factores económicos que son función de la cantidad y tamaño de los sedimentos, del tamaño del tanque desarenador y del espacio disponible. El tanque desarenador consiste de uno o varios canales de sedimentación, en los cuales el agua fluye a velocidad reducida para facilitar la sedimentación. Impedir la entrada de materiales granulares a las bombas prolonga la vida útil de éstas, ya que dicho material es altamente abrasivo.

La limpieza de los tanques desarenadores puede ser manual, en cuyo caso se deben proyectar cuando menos dos, para tener uno en servicio y otro en mantenimiento. Se puede tener un solo tanque de bombas de lodos, por medio de autolavado. En éste último caso, *habrá que disponer de una canaleta central, que permita la purga del agua y de los sólidos depositados en el fondo inclinado del canal (ver figura 5.7 y 5.8).* La pendiente transversal del fondo del canal debe asegurar que los depósitos escurran hacia la canaleta de purga. El agua de purga deberá colectarse en un cárcamo colocado aguas abajo del tanque desarenador, a fin de

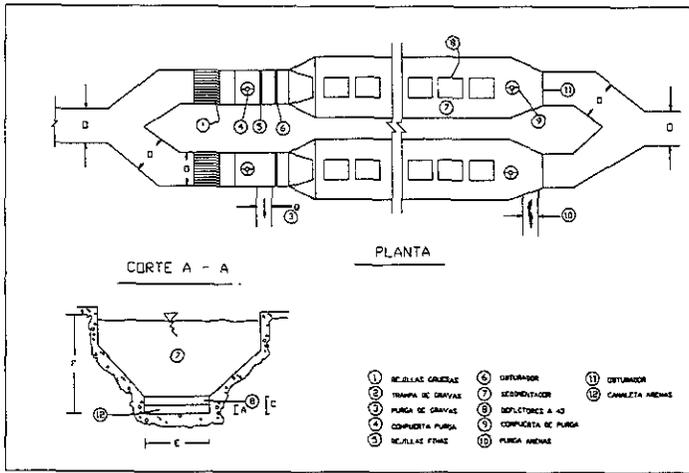


FIGURA 5.7

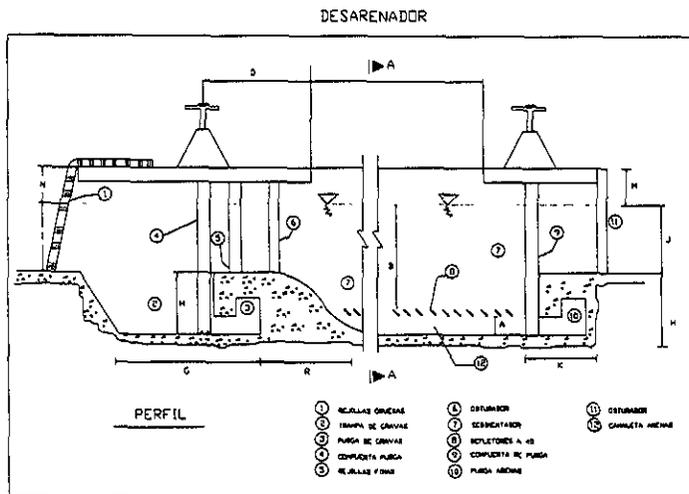


FIGURA 5.8

permitir su extracción y la de los sedimentos mediante una bomba de lodos. El gasto del agua de purga deberá ser del 5 al 10 % del agua total manejada por el desarenador. La purga debe ser continua.

#### **5.4.2 CLASIFICACION DE LOS TANQUE DE SEDIMENTACION**

Los tanques pueden clasificarse según su finalidad o construcción. Los desarenadores eliminan la arena y material arenoso contenido en el líquido residual. Los tanques de simple sedimentación se destinan a la eliminación de la totalidad o casi todos los sólidos sedimentables y para una extracción frecuente de barros.

En los tanques sépticos se combina la sedimentación y la digestión del barro en el mismo compartimiento.

Los tanques se clasifican también según su dirección de la corriente líquida. Ordinariamente, ésta es horizontal o prácticamente horizontal. Los de corriente vertical se emplean rara vez. En los tanques de corriente radial penetra el líquido por el centro y circula hacia los bordes, siendo en general de planta circular, y sólo ocasionalmente cuadrada, con las esquinas redondeadas.

#### **5.4.3 DISEÑO HIDRAULICO**

El diseño hidráulico consiste en un análisis del efecto de turbulencia en el tanque, sobre la velocidad de sedimentación. La evaluación de la función de transporte turbulenta en dos dimensiones, supone que la velocidad es uniforme en el canal, así como también el coeficiente de mezclado. Al tomar en cuenta estas condiciones y los parámetros que intervienen en el fenómeno de sedimentación, se obtiene una relación adimensional que involucra parámetros adimensionales, y fue evaluada analíticamente y comprobada experimentalmente. Los resultados se muestran en la figura 5.9, que es la que se utiliza en el diseño de acuerdo al procedimiento que se presenta en seguida.

- a) Obtención de la curva granulométrica del sedimento transportado.

- b) Determinación del diámetro menor del sedimento que se desea retirar en su totalidad.
- c) Determinación del porcentaje de sedimento para cada intervalo de diámetro.
- d) Determinación de la velocidad de sedimentación en agua para cada tamaño, de preferencia por medio de pruebas de laboratorio o, en su defecto, por medio de la fórmula de Stokes.
- e) Selección de una serie de combinaciones de las dimensiones del tanque, profundidad, longitud y ancho, y con ello, el cálculo de la velocidad media en el tanque para el gasto máximo de diseño.
- f) Selección del coeficiente de fricción de Manning y cálculo de las variables adimensionales para cada uno de los tamaños considerados.
- g) Obtención en el eje de ordenadas, del porcentaje de material no retenido en el tanque para cada uno de los tamaños.
- h) Determinación de las dimensiones definitivas del tanque.

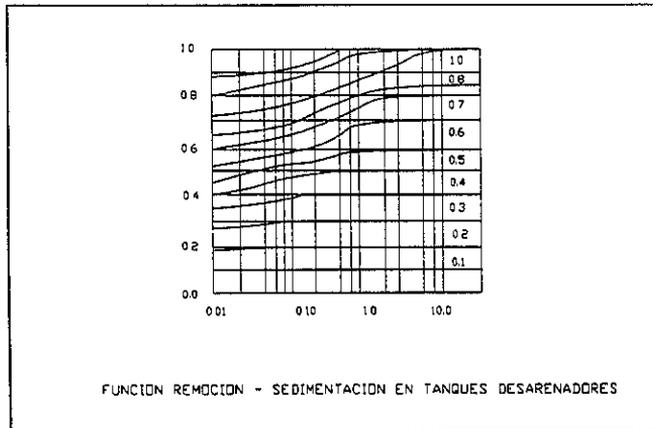


FIGURA 5.9

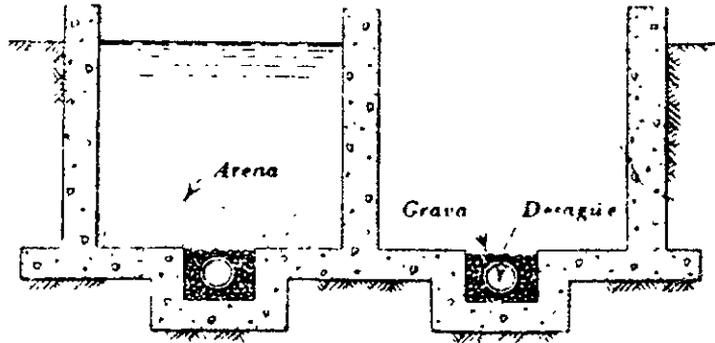


FIGURA 5.10

#### 5.4.4 CONSTRUCCION DE DESARENADORES

El tiempo de retención en el desarenador debe ser lo suficiente largo para permitir que las partículas se sedimenten desde la superficie hacia el fondo. Las velocidades horizontales medias, normales en los desarenadores de tipo convencional, son de 22.5 a 30 cm por segundo, las cuales permiten tiempos de retención que evitan la excesiva sedimentación de materia orgánica.

La construcción se complica debido a la presencia de otros factores. Es preciso evitar en lo posible los remolinos y otras perturbaciones, lo que se consigue dando forma curva a los lados del canal para evitar los cambios bruscos de dirección de la corriente. Las variaciones del caudal de los líquidos residuales darían lugar a modificación de su velocidad en la cámara.

Los fondos de los desarenadores pueden disponer en embudo colocando tubos en los puntos bajos para extraer la gravilla, pero con más frecuencia, son planos con tubos de avenamientos de junta abierta, colocados en una depresión y rodeados de grava, con objeto de extraer los líquidos (ver figura 5.10).

## 5.5 ESTRUCTURAS (TANQUE) DE DESCARGA

### 5.5.1 TIPOS RECOMENDADOS

Las estructuras de descarga reciben las aguas negras provenientes del equipo de bombeo, a través de las tuberías de descarga. Su función es recibir el caudal bombeado, amortiguar la energía hidrodinámica, y repartir o conducir el agua a presión, según se requiera. Los tipos más usuales de descarga, en proyectos son los siguientes:

- a) A cauce abierto.
- b) A entubamiento.
- c) A colector.
- d) A cárcamos colectores y a conductos emisores laterales (superiores o inferiores).
- e) A cárcamos colectores y a emisores transversales.
- f) A canales a través de cárcamo amortiguador.
- g) A cárcamo que a su vez descargue a un conducto mediante tubería, o directamente a tubería colectora en cárcamo.

Los tipos antes mencionados se ilustran en las figuras 5.11 a la 5.14

La selección del tipo más adecuado en cada caso particular, dependerá de varios factores, entre ellos, el destino del agua, las estructuras conductoras existentes a donde se vaya a descargar la misma, las cargas y gastos a manejar, la topografía, la disponibilidad de espacio, así como las consideraciones particulares de cada caso.

Deberán instalarse válvulas rompedoras de sifón o válvulas Check, cuando se vaya a descargar a presión, o cuando en ciertas condiciones exista el riesgo de que la descarga ya no sea libre.

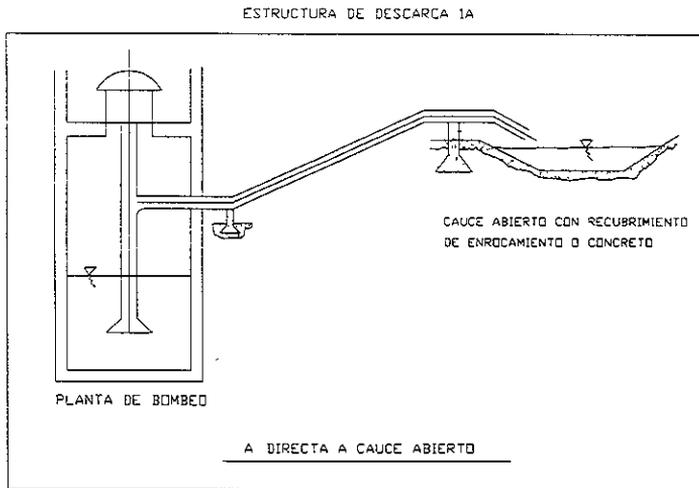


FIGURA 5.11

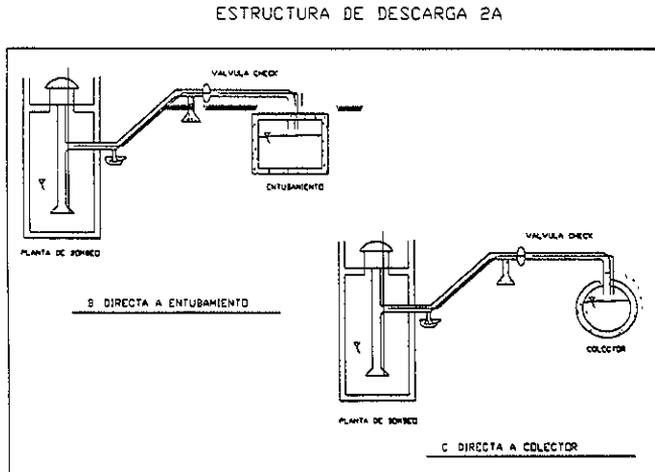


FIGURA 5.12

ESTRUCTURAS DE DESCARGA 3A

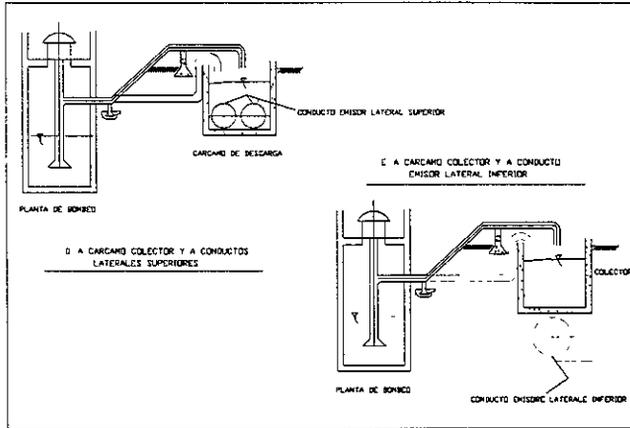


FIGURA 5.13

ESTRUCTURAS DE DESCARGA 4A

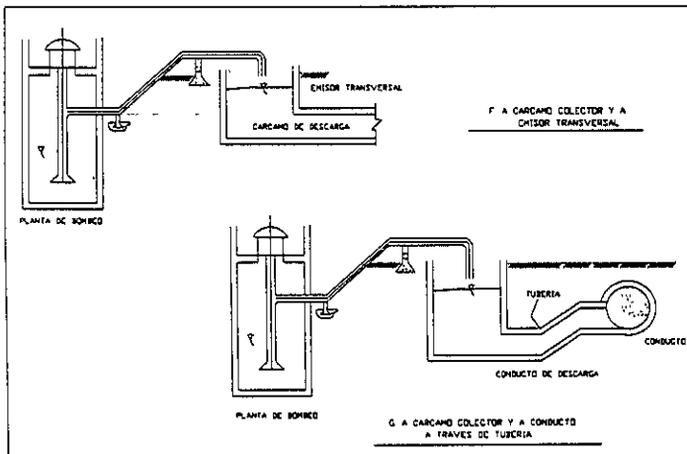


FIGURA 5.14

El último es el caso específico de las descargas superiores a entubamientos o colectores que, en condiciones de tormenta, pueden llegar a llenarse totalmente y trabajar a presión.

Para la selección del tipo de descarga, deberán considerarse también los tipos ya existentes en el sistema, a fin de uniformizar en lo posible, a las estructuras. Esto redundará en economía, así como en factibilidad de construcción, operación y mantenimiento.

### 5.5.2 DIMENSIONAMIENTO

El dimensionamiento de la estructura de descarga estará dado a los requerimientos específicos propios. Sin embargo, deberán tomarse en cuenta las siguientes normas generales que serán aplicables en todos los casos.

- a) Las dimensiones del cárcamo deberán ser tales que, para el gasto máximo de proyecto, la velocidad del agua no sea mayor de 0.80 m/s.
- b) La geometría del cárcamo de descarga deberá ser tal que, fuera de la zona de descarga directa, ésta sea libre o ahogada, haya un mínimo de turbulencias, y líneas de flujo lo más uniforme posible.
- c) En cárcamos de descarga abiertos, deberá preverse un bordo libre, determinada por la siguiente expresión:

$$L.B = 0.60 + (0.037 v d^{1.1})$$

donde:

L.B = Bordo libre, en m

d = Tirante, en m

v = Velocidad del agua en el cárcamo para el gasto de diseño, en m / s

- d) Para entubamientos o colectores, la presión máxima no deberá exceder la máxima admisible para el material que los constituya.
- e) Los cambios de sección deberán ser graduales, con objeto de disminuir al máximo las pérdidas correspondientes.
- f) Para el dimensionamiento de un cárcamo amortiguador deberán seguirse los alineamientos indicados en la figura 5.15.

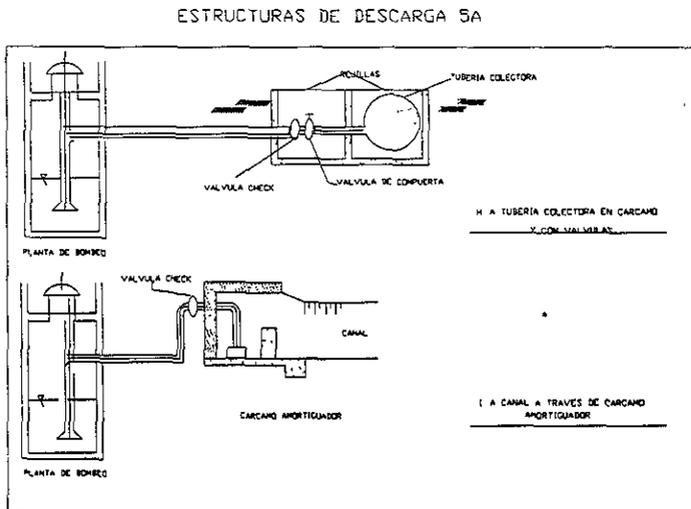


FIGURA 5.15

- g) Con objeto de optimar el diseño, es recomendable visitar otras estructuras similares y estudiar su funcionamiento, antes de la definición de las características de la estructura en cuestión. Es importante procurar, en cada caso, mejorar el diseño para corregir los errores que se observen, en aquellas estructuras que se encuentren en operación.

### 5.5.3 ESTRUCTURACION.

En general, los requisitos estructurales a seguir en las estructuras de descarga deberán cumplir con lo establecido para los cárcamos de bombeo, en lo que a concreto y acero se refiere.

Como consideraciones particulares adicionales se deberán observar las que siguen:

- a) El área mínima de acero de refuerzo será el que recomienda el Reglamento de Construcciones para el D.F.
- b) En las esquinas, el acero deberá ser corrido para evitar agrietamientos.
- c) De haber juntas de construcción, éstas deberán limpiarse perfectamente antes del siguiente colado.
- d) Los espesores de las losas de fondo no deberán ser menores de 15 cm.
- e) Las estructuras de concreto que reciban directamente el impacto de chorro de agua, deberán ser suficientemente robustas como para minimizar vibraciones, procurando un espesor de desgaste adicional al recubrimiento.
- f) En todos los cárcamos en que se tengan desniveles o mamparas, deberán preverse drenes para el desagüe total, a fin de realizar maniobras de reparación, mantenimiento y limpieza.
- g) Cuando la descarga sea a un cauce abierto, éste deberá revestirse con enrocamiento o concreto, en un tramo suficientemente amplio, aguas arriba y aguas abajo de la descarga, para evitar erosiones.

# TEMA VI

## RECOMENDACIONES GENERALES

### 6.1 MANTENIMIENTO

El mantenimiento es la serie de trabajos que deben aplicarse a las instalaciones y equipos existentes, con el fin de conservarlos en condiciones óptimas de servicio, ya sea manteniendo éstas en las condiciones de trabajo especificadas por los fabricantes de los componentes o remplazando componentes que hayan rebasado su vida útil, evitando de esta manera afectar a otros elementos por un funcionamiento defectuoso; se presentan dos tipos de mantenimiento que son, el mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo.

#### 6.1.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Este se efectúa en periodos establecidos de tiempo para prevenir la falla de algún equipo de acuerdo a las tablas (ver tablas 6.1 a la 6.4):

- 1.- Inspección periódica de los equipos para describir las condiciones que conducen a paros imprevistos del servicio.
- 2.- Conservar las instalaciones, adaptarlas o repararlas.

#### 6.1.2 MANTENIMIENTO CORRECTIVO

El mantenimiento correctivo se efectúa para eliminar posibles fallas en los componentes de los equipos o elemento de las instalaciones, ya sea mediante la sustitución de los componentes de un equipo o, de ser necesario, cambiar un equipo completo por otro nuevo.

Generalmente es de esperarse una falla en los equipos electromecánicos, los cuales son susceptibles a un mayor desgaste, por lo cual se tendrá atención en determinar con oportunidad, cuando algún componente opere de forma anormal.

Esta determinación podrá ser mediante la observación o auditiva de alguna deformación, fisuramiento, ruido, etc. o mediante alguna determinación en base a las lecturas de los indicadores.

Este mantenimiento debe ser programado y ejecutado en época de estiaje, ya que algunas reparaciones pueden necesitar de un tiempo considerable, el cual en combinación con otros eventos desfavorables, puede causar perjuicios en el óptimo funcionamiento de la planta. Por lo anterior cuando alguna falla sea evolutiva se notificará al jefe de la planta para que se programe su corrección.

**MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

**TABLA N. 6.1. BOMBAS CENTRIFUGAS DE EJE VERTICAL.**

Periodo de Ejecución	Trabajos a Realizar	Materiales, Repuestos y Lubricantes Indispensables.
Diario	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Chequeo de sellos y ajuste.</li> <li>- Reporte de vibraciones aparentes o estabilidad en el funcionamiento del equipo, y de las condiciones generales de trabajo, así como ruidos anormales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Formularios.</li> <li>- Aceites.</li> <li>- Deposito de agua.</li> </ul>
Cada 15,000 hrs	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desmonte integral de la columna de la bomba y limpieza de todas las partes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tubería de descarga con uniones.</li> </ul>
Cada 15,000 hrs	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inspección de todos los elementos de fricción con el eje de la columna y en la bomba y cambio de las partes defectuosas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Chumaceras, bushings de hule y bronce, ejes, sellos de aceite y anillos de desgaste</li> </ul>
Cada 15,000 hrs	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisión de los impulsores y anillos de fricción de los musmos y cambio de las partes dañadas.</li> <li>- Revisión de los tazones y cambio, si fuera necesario.</li> <li>- Limpieza de rejillas de succión.</li> <li>- Control de válvulas de entrada, salida, check y reparaciones, si fuera necesario.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Impulsores.</li> <li>- Tazones.</li> <li>- Prensa - estopa.</li> <li>- Empaque de válvulas.</li> <li>- Pernos y tuercas.</li> <li>- Compuertas de válvulas.</li> </ul>
Diario	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verificar el voltímetro.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Formularios.</li> </ul>
Diario	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verificar el nivel de aceite en el motor y añadir en caso necesario.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aceites, Deposito de agua</li> </ul>

**MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

**TABLA N.-6.1. BOMBAS CENTRIFUGAS DE EJE VERTICAL.**

Diario	- Revisar visualmente las conexiones, alambrado y aislamiento en el arrancador.	- Bandas. - Agua destilada.
Diario	- Medir el nivel del agua ( nivel estático ).	
Diario	- Anotar la lectura indicada en el medidor de gasto en el totalizador.	
Diario	- Mantener limpio el motor, el cabezal de descarga, los controladores y el área circundante de los equipos.	

**MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

**TABLA N.-6.2. CABEZAL DE LAS BOMBAS.**

Periodo de Ejecución	Trabajos a Realizar	Materiales, Repuestos y Lubricantes Indispensables.
Diario	- Inspección visual del nivel de aceite y cebado de aceite si fuera necesario.	- Aceite.
Diario	- Mantener limpia el área circundante del equipo.	- Pernos.
Anual	- Drenaje del aceite y llenado con aceite nuevo sin desmontaje del equipo. - Reajuste general.	- Aceite.

**MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

**TABLA N. 6.3. UNIDADES DE ARRANQUE**

Periodo de Ejecución	Trabajos a Realizar	Materiales, Repuestos y Lubricantes Indispensables.
Diario	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Control del nivel de aceite dieléctrico en la caja de arranque.</li> <li>- Revisión o cambio de fusibles del swicht de seguridad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aceite dieléctrico.</li> <li>- Cartuchos de fusibles.</li> </ul>
Semestral	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisión de contactos.</li> <li>- Revisión de elementos térmicos metálicos y de aceite.</li> <li>- Revisión de bobinas.</li> <li>- Revisión de sistema mecánico.</li> <li>- Cambio opcional del aceite dieléctrico del elemento térmico.</li> <li>- Regulación del tiempo de arranque.</li> <li>- Revisión de los cables de entrada y salida.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contactos.</li> <li>- Elementos térmicos.</li> <li>- Relays de tiempo.</li> <li>- Fusibles.</li> </ul>
Anual	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mantenimiento anterior que se realiza cada 6 meses.</li> <li>- Cambio obligatorio de aceite dieléctrico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aceite dieléctrico.</li> <li>- Contactos.</li> <li>- Elementos térmicos.</li> <li>- Relays de tiempo.</li> </ul>

**MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

**TABLA N.-64. MOTORES DE COMBUSTION INTERNA DIESEL**

Periodo de Ejecución	Trabajos a Realizar	Materiales, Repuestos y Lubricantes Indispensables.
Diario	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verificación de niveles de agua, aceite y combustible, antes de arrancar el equipo.</li> <li>- Lubricantes de los puntos de engrase.</li> <li>- Lectura de amperaje, tempera y presión de aceite.</li> <li>- Verificación de las condiciones generales de trabajo del equipo.</li> <li>- Calculo del número de horas de trabajo a partir del último cambio de aceite y filtro.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Formularios.</li> <li>- Aceites.</li> <li>- Depósitos de agua.</li> </ul>
Semanal ó mensual.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limpieza y lavado del filtro de aceite.</li> <li>- Drenaje y lavado del tanque de combustible y reparación del agua del radiador con el motor frío.</li> <li>- Lavado de los filtros de combustible.</li> <li>- Chequeo de la tensión de las correas del ventilador.</li> </ul>	
Trimestral	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limpieza y calibración de inyectores y válvulas.</li> <li>- Cambios de filtros de combustible.</li> <li>- Limpieza de purificadores de aire.</li> <li>- Revisión del sistema de embrague.</li> <li>- Revisión integral del sistema auxiliar, del arranque.</li> <li>- Reajuste de pernos y tuercas del motor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Juego de pulverizadores de los inyectores.</li> <li>- Filtros de combustible.</li> <li>- Juego de cables y terminales.</li> <li>- Agua destilada.</li> </ul>

## 6.2 SEGURIDAD E HIGIENE

Para toda revisión, operación y mantenimiento de las instalaciones y equipos de bombeo, el personal que intervenga en estas actividades tendrá la responsabilidad de disminuir y evitar riesgos de trabajo observando las siguientes normas de seguridad e higiene:

- a) Conservar limpio y ordenado el lugar de trabajo.
- b) Corregir o denunciar las condiciones inseguras en el lugar de trabajo al efectuar una labor.
- c) Utilizar el equipo de seguridad.
- d) Ser prudente al circular en las instalaciones que utilizan corriente alterna o directa, y de la estática que producen las líneas de alta tensión.
- e) Al utilizar, ajustar o reparar el equipo de bombeo se deben seguir las instrucciones y procedimientos indicados por el encargado de la planta.
- f) No acercar las manos a las partes móviles de máquinas en operación.
- g) Emplear las herramientas necesarias para el trabajo que se ejecuta.
- h) No distraer al personal que ejecuta el mantenimiento.
- i) Solicitar apoyo para transportar cargas pesadas.
- j) Cualquier accidente debe comunicarse inmediatamente al responsable directo.
- k) Colocar letreros preventivos en lugares estratégicos (no fumar, rutas de evacuación, letreros de peligro alta tensión, así como recomendaciones en caso de sismos e incendios).

El equipo que se debe ocupar según la actividad que se pretenda realizar será:

- a) Ropa de trabajo apropiada para evitar posibles contaminaciones.
- b) Pértiga universal.
- c) Casco protector.
- d) Guantes dieléctricos y de piel.
- e) Botas dieléctricas.

- f) Tarima aislante.
- g) Mascarilla.
- h) Arnés.
- i) Extinguidor.
- j) Detector neón.
- k) Herramientas aisladas.

Los otros elementos que se deben considerar en la prevención de accidentes y que colaboran en la seguridad del personal que labora, son:

- a) Las partes movibles de los equipos o maquinarias con que pueda tener contacto directo el personal, se deben cubrir totalmente así como revisarlas periódicamente para someterlas a un mantenimiento preventivo o correctivo si es necesario.
- b) Cuando se ponga en operación o se proporcionen mantenimiento a equipos, apartarrayos o instrumentos eléctricos, es recomendable que lo realice el personal capacitado.
- c) Las herramientas manuales se deben utilizar exclusivamente para los fines para los que fueron diseñadas de diferente color para su fácil identificación.
- e) Los sistemas de tuberías que conduzcan líquidos a altas temperaturas o inflamables, deben estar pintados de diferente color para su fácil identificación.
- f) El jefe de la planta reportará el deterioro de cualquier de los sistemas de seguridad (equipos personales, sistemas de alarmas, señalamientos, etc.), con la finalidad de reacondicionarlos y mantenerlos en las condiciones que exige la normatividad en la materia.

Finalmente se deben asear las zonas destinadas al personal que labora en la planta por lo menos cada 24 horas, así como eliminar la basura y los desperdicios que se extraen en la planta para no afectar la salud del personal.

### 6.3 EL CICLO DE LA DESCOMPOSICION

La materia orgánica en las aguas negras es inestable y se descompone fácilmente por acción química y bacteriana. Las aguas negras nuevas, generalmente contienen cerca de 2 a 4 mg/lit de oxígeno libre. En el proceso de la descomposición aerobia, este oxígeno libre es consumido rápidamente por la acción de las bacterias aerobias y facultativas de la materia orgánica. En el transcurso de 20 o 30 minutos el oxígeno libre se consume y las bacterias anaerobias empiezan a actuar sobre la materia orgánica. Durante el proceso de la descomposición anaerobia (putrefacción), los compuestos orgánicos complejos se descomponen en forma simple y se producen los gases tales como el sulfuro de hidrogeno, el amoniaco, el bióxido de carbono y el metano. La etapa final de la descomposición de las aguas negras es la oxidación, en el cual el oxígeno absorbido del aire se combina para formar sulfatos, nitratos y otros compuestos estables y no inconvenientes.

6.4. REGISTRO DE OPERACION PARA EQUIPOS DE BOMBEO

FECHA: \_\_\_\_\_

N.- PUESTA EN OPERACION: \_\_\_\_\_

TURNO: \_\_\_\_\_

OPERADOR: \_\_\_\_\_

CAUSA POR LA QUE SE ACCIONO EL EQUIPO DE BOMBEO

DESALOJO DE AGUAS NEGRAS	PRECIPITACION PLUVIAL	PRUEBA A EQUIPO DE BOMBEO	OTROS
--------------------------	-----------------------	---------------------------	-------

OTROS: \_\_\_\_\_

EQUIPO UTILIZADO	HORA DE INICIO DEL BOMBEO	NIVEL EN EL CARCAMO	HORA DE TERMINO DEL BOMBEO	NIVEL EN EL CARCAMO	TOTAL DE HORAS EN BOMBEO	LECTURA DEL HOROMETRO	PRESENTO FALLA DURANTE EL BOMBEO ALCUN EQUIPO		FALLA QUE SE PRESENTO
							SI	NO	
1							SI	NO	
2							SI	NO	
3							SI	NO	
4							SI	NO	
5							SI	NO	
6							SI	NO	
7							SI	NO	
*****							SI	NO	
*****							SI	NO	
X							SI	NO	

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

## CONCLUSIONES

La construcción de esta clase de obras, representa fuertes inversiones, por lo que deben proyectarse de manera eficiente, estableciendo claramente los datos del desarrollo a ejecutar y de esta manera, tomar una buena decisión para su ejecución.

Considerando lo anterior, la determinación del periodo de tiempo durante el cual se proyecte proporcionar servicio eficiente y debe hacerse también atendiendo a la vida útil de los materiales que se utilicen en la construcción del sistema y del equipo mecánico necesario para operarlo, pues de otra manera los costos de reparaciones harían incosteables el funcionamiento del sistema.

Estos sistemas se usan cuando es necesario bombear las aguas residuales a un nivel más alto. La instalación puede ser subterránea o por encima del nivel del terreno.

La mayor parte de estos sistemas poseen, por lo menos dos bombas, una esta disponible como repuesto, lista para entrar en funciones si fallo la primera. Pero lo recomendable es tener por lo menos tres bombas, con la de mayor de ellas fuera de servicio, mientras que las otras deben manejar el flujo de diseño.

Varias bombas de diferente capacidad permiten flexibilidad de operación, la menor debe manejar el flujo mínimo, las otras pueden ponerse en operación en sucesión según aumente el flujo.

Puede instalarse una bomba horizontal en compartimiento seco junto al registro o instalar una bomba vertical en el techo del tanque.

A menudo las bombas operan automáticamente cuando el líquido en el cárcamo alcanza un nivel prefijado, los motores puedan arrancar y parar por medio de interruptores operados por una varilla de flotación que sube y baja con el nivel del líquido, se proveen generalmente dos fuentes de energía eléctrica para asegurar la continuidad de la operación.

Las bombas, aunque sean a prueba de obstrucción, deben protegerse de los desechos en las aguas residuales, por medio de rejillas.

Por lo general se utilizan bombas centrifugas a "prueba de obstrucción". Son capaces de dejar pasar sólidos con un tamaño máximo de cerca del 80% del diámetro interior de las tuberías de succión y descarga de la bomba. Estas bombas de voluta de aspiración simple pueden carecer de aletas o tener dos álabes directores. En algunos casos serian de desear la colocación de cámaras desarenadoras antes de las bombas, para evitar el desgaste acelerado de las bombas, y así justificar los enrejados, quizá de limpieza mecánica.

# GLOSARIO

**AGUAS NEGRAS.-** Combinación de desechos líquidos procedentes de casas habitación, edificios, industrias, centros comerciales y recreativos.

**AGUAS COMBINADAS.-** Combinación de aguas negras y pluviales.

**ALCANTARILLADO.-** Tubería o conducto para conducir aguas negras y combinadas.

**ALTURA DE SUCCION (hs).-** La altura de succión existe donde la carga total de succión está por debajo de la presión atmosférica. Es la diferencia entre el eje de la bomba y la superficie del líquido.

**ALTURA TOTAL DE DESCARGA (hd).-** La altura total de la descarga en m.c.a. sumadas a las pérdidas.

**BITACORA.-** Libro en el que se escribe diariamente un informe sobre las actividades realizadas durante la jornada, y el estado en que se entregan las instalaciones al siguiente turno.

**CABEZAL DE DESCARGA.-** Subconjunto de las bombas de pozo profundo cuya función es soportar la tubería de columna en su parte inferior, y el motor en la superior; pieza de alta resistencia por donde descarga la bomba. La flecha, se encuentra entre el impulsor y una cuña que la asegura, en la selección de empaque.

**CARCAMO DE BOMBEO.-** Construcción de sección rectangular o circular desde donde el agua se desaloja mediante bombeo.

**CARCASA.-** Pieza de la bomba en la que la energía de velocidad impartida al líquido por el impulsor, se convierte en energía de presión.

**CARGA DE FRICCION.-** Es la columna del líquido que se maneja equivalente y necesaria para vencer la resistencia a la fricción de las tuberías de succión y descarga y de sus accesorios, varía de acuerdo con la velocidad del líquido, tamaño, tipo y condiciones interiores de las tuberías y naturaleza del líquido que se maneja.

- CARGA DE SUCCION.-** Existe cuando la carga total de succión (hs) está sobre la presión atmosférica. En este caso el nivel del agua está por encima del eje de la bomba.
- CARGA ESTÁTICA.-** La distancia vertical entre los niveles de succión y de descarga.
- CARGA TOTAL (H).-** Suma algebraica de la succión y descarga. Donde existe altura de succión, y la carga positiva de succión.
- CAVITACION.-** Fenómeno que ocasiona vibraciones, ruidos y picaduras en los impulsores.
- CEBADO.-** Proceso por el cual se introduce agua en una bomba a fin de desalojar el aire atrapado en ella, y en el tubo de succión durante los períodos de reposo.
- COLECTOR.-** Alcantarilla que recibe muchos ramales tributarios y da servicio a un amplio territorio.
- COLUMNA DE DESCARGA.-** Subconjunto intermedio de las bombas de pozo profundo, conduce el agua desde el cuerpo de tazones al cabezal de descarga.
- GASTO.-** Cantidad de agua bombeada en un tiempo determinado ( m<sup>3</sup>/seg o LPS ).
- NIVEL DE DESCARGA.-** Altura hasta la cual se impulsa el líquido, medida desde el eje horizontal ( imaginario ) de la bomba.
- PRESION HIDROSTÁTICA.-** Presión expresada como fuerza total, por unidad de superficie ejercida por un líquido en reposo.
- CDT.-** Carga dinámica total ( unidad de medida ).
- CFM.-** Pies cúbicos por minuto ( unidad de medida ).
- GPM.-** Galones por minuto ( unidad de medida ).
- LPS.-** Litros por segundo ( unidad de medida ).
- lts/m.-** Litros por minuto ( unidad de medida ).
- m.c.a.-** Metros columna de agua ( unidad de medida ).
- m.s.n.m.-** Metros sobre el nivel del mar ( unidad de medida ).
- NPSH.-** Carga neta positiva de succión ( unidad de medida ).
- RPM.-** Revoluciones por minuto ( unidad de medida ).

# BIBLIOGRAFIA

## PLANTAS DE BOMBEO DE AGUAS RESIDUALES.

PRIMERA PARTE "CONSIDERACIONES GENERALES Y PROYECTO CIVIL.  
DOCUMENTOS INTERNOS D.G.C.O.H.

## PLANTAS DE BOMBEO DE AGUAS RESIDUALES.

SEGUNDA PARTE "PROYECTO MECANICO".  
DOCUMENTOS INTERNOS D.G.C.O.H.

## LEVANTAMIENTOS FISICOS DE REDES HIDRAULICAS.

DOCUMENTOS INTERNOS D.G.C.O.H.  
TOMO I

## MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE UNA PLANTA DE BOMBEO.

DOCUMENTOS INTERNOS D.G.C.O.H.  
EJEMPLAR No- 2

## MANUAL DE DISEÑO HIDRAULICO EN PLANTAS DE BOMBEO EN CARCAMO CIRCULAR.

DOCUMENTOS INTERNOS D.G.C.O.H.

## FORMULACION DE UN PLAN MAESTRO PARA EL MANEJO DE AGUAS FLUVIALES Y RESIDUALES.

DOCUMENTOS INTERNOS D.G.C.O.H.

## MANUAL DE HIDRAULICA.

AZEVEDO

## INGENIERIA DE LOS RECURSOS HIDRAULICOS.

LINSLEY

## DISEÑO Y CONSTRUCCION DE CIMENTACIONES.

NORMAS TECNICAS COMPLEMENTARIAS DEL REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES  
PARA EL DISTRITO FEDERAL.  
U.N.A.M., INSTITUTO DE INGENIERIA.

**PROYECTOS DE PLANTAS DE BOMBEO.**

SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS.

PLAN NACIONAL DE OBRAS HIDRAULICAS PARA EL DESARROLLO RURAL.

**NORMAS DEL INSTITUTO DE HIDRAULICA DE U.S.A.**

**MECANICA DE SUELOS EN LA INGENIERIA PRACTICA.**

2ª EDICION, MEXICO: EL ATENEO, S.A.

**CENTRIFUGAL AND AXIAL FLOW PUMPS.**

JOHN WILEY AND SONS, INC.

NEW YORK

**PUMP, SELECTION AND APPLICATION ENGINEERING.**

HICKS, TYLER G.

NEW YORK: MC GRAW-HILL.

**HIDRAULIC INSTITUTE STANDARS.**

HYDRAULIC INSTITUTE.

**PUMP SELECTOR FOR INDUSTRY.**

WORTHINGTON PUMP INT.

**MANUAL DE DISEÑO DE OBRAS CIVILES.**

COMISION FEDERAL DE LECTRICIDAD.

INSTITUTO DE INVESTACIONES ELECTRICAS.

**PROYECTOS DE PLANTAS DE BOMBEO.**

SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS.

**ESTUDIO EXPERIMENTAL EN MODELO HIDRAULICO DE LA PLANTA DE BOMBEO DE LA CENTRAL DE ABASTO.**

REALIZADO POR IDSSA, PATROCINADO POR LA DGCOH, MEXICO, 1988.

MANUAL DE PLANTAS DE BOMBEO DE AGUAS RESIDUALES

DGCOH, MEXICO, 1986.

**HIDRAULICA GENERAL I, FUNDAMENTOS.**

M. EN INGENIERIA GILBERTO SOTELO AVILA.

EDITORIAL LIMUSA, MEXICO, 1985

**HIDRAULICA DE LOS CANALES ABIERTOS.**

VEN TE CHOW.

EDITORIAL DIANA, MEXICO, 1982.