

300617

4
24



UNIVERSIDAD LA SALLE

ESCUELA DE INGENIERIA
INCORPORADA A LA
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

DISEÑO DE UN EQUIPO DE BOMBEO Y SU
IMPORTANCIA EN UNA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A

ARTURO BASURTO DOMINGUEZ

ASESOR DE TESIS: ING. JORGE SALCEDO GONZALEZ

MEXICO, D. F.

1993

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE GENERAL

	Pág
INTRODUCCION	7
 CAPITULO 1.- NECESIDADES DE MEXICO EN MATERIA DE TRATAMIENTO DE AGUAS.	 12
1.1 ANTECEDENTES	12
1.2 SITUACION ANTERIOR EN MEXICO	13
1.2.1 ASPECTO GOBIERNO	13
1.2.2 ASPECTO ECONOMICO	17
1.2.3 ASPECTO REGLAMENTACION	19
1.2.4 ASPECTO TECNICO	22
1.3 SITUACION ACTUAL EN MEXICO	29
1.4 PERSPECTIVAS	39
 CAPITULO 2.- DESCRIPCION GENERAL DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN SUS DIFERENTES ETAPAS.	 41
2.1 CONCEPTOS DEL TRATAMIENTO DE AGUAS	41
2.2 CLASIFICACION DEL TRATAMIENTO DE AGUAS	45
2.3 TIPOS DE PROCESOS	50
2.4 PROYECTO DE PLANTA DE TRATAMIENTO	53
2.5 APLICACIONES	58
 CAPITULO 3.- ANALISIS Y SELECCION DE UN EQUIPO DE BOMBEO UTILIZADO EN UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.	 59
3.1 DESCRIPCION DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO	59
3.2 DESCRIPCION DE LOS SISTEMAS DE BOMBEO	63
3.3 DESCRIPCION DE EQUIPOS DE BOMBEO UTILIZADOS EN UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	65
3.4 ARREGLOS TÍPICOS DE BOMBAS VERTICALES	75
 CAPITULO 4.- DISEÑO Y SELECCION DE UN SISTEMA DE BOMBEO PARA AGUA CRUDA.	 78
4.1 INTRODUCCION	78
4.2 TIPOS Y CLASES DE BOMBAS	78
4.3 TERMINOS EMPLEADOS EN BOMBEO	78
4.3.1 PRESION	78
4.3.2 COLUMNA O CARGA TOTAL DE BOMBEO	84
4.3.3 CARGA NETA DE SUCCION POSITIVA (CNSP O NPSH)	91
4.3.4 OTROS TERMINOS	95
4.4 PARTES QUE INTEGRAN UN SISTEMA DE BOMBEO	102

4.4.1	CAPTACION	102
4.4.2	CARCAMO	109
4.4.3	EQUIPO DE BOMBEO	126
4.4.4	DESCARGA	127
4.4.5	SUBESTACION ELECTRICA	154
4.4.6	CASETA DE CONTROLES	159
4.4.7	PROTECCION DE LAS INSTALACIONES	159
4.5	CALCULO PARA LA SELECCION DE UN SISTEMA DE BOMBEO PARA AGUA CRUDA	160
4.5.1	PRESELECCION	166
4.5.2	DIMENSIONAMIENTO DEL CARCAMO DE BOMBEO	172
4.5.3	PERDIDA POR FRICCION EN CODO DE DESCARGA	176
4.5.4	PERDIDA POR FRICCION POR VELOCIDAD EN EL FLUIDO	176
4.5.5	DESNIVEL TOPOGRAFICO	177
4.5.6	PERDIDAS POR FRICCION EN LA COLUMNA DE SUCCION	178
4.5.7	PERDIDAS POR FRICCION EN DESCARGA DE LA BOMBA	180
4.5.8	PERDIDA POR FRICCION EN LA LINEA DE CONDUCCION	183
4.5.9	CARGA DINAMICA TOTAL	185
4.5.10	CALCULO DE LA VELOCIDAD ESPECIFICA	188
4.5.11	SELECCION DE LA BOMBA	188
4.5.12	CALCULO DEL EMPUJE AXIAL DE LA BOMBA	189
4.5.13	CALCULO DE LA POTENCIA DE LA BOMBA	191
4.5.14	CALCULO DE LA PERDIDA POR POTENCIA EN LA FLECHA DE TRANSMISION DE LA BOMBA	193
CAPITULO 5.- PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO.		198
5.1	GENERALIDADES	198
5.2	REGISTRO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	199
5.3	MANTENIMIENTO DE ESTACIONES DE BOMBEO DE AGUAS NEGRAS	201
5.4	VALVULAS	203
5.5	TUBERIAS	206
5.6	EQUIPO ELECTRICO	208
CAPITULO 6.- ESTUDIO ECONOMICO DEL SISTEMA DE BOMBEO.		213
6.1	INTRODUCCION	213
6.2	ANALISIS DEL COSTO DEL EQUIPO DE BOMBEO	214
6.3	ANALISIS DE COSTOS POR EXCAVACION Y MONTAJE DE TUBERIAS	214
6.4	ANALISIS DE COSTO DE MULTIPLE PRINCIPAL	214
6.5	ANALISIS DE COSTO DE RAMALES DE DERIVACION	221
6.6	RESUMEN DE COSTOS	221
6.6.1	COSTO TOTAL DEL SISTEMA	222

6.6.2	INTERES COMPUESTO ANUAL	223
6.6.3	VENTAS ANUALIZADAS	223
6.6.4	UTILIDAD ANUAL	224
6.6.5	TAZA INTERNA DE RETORNO	224

CONCLUSIONES	226
---------------------	-----

BIBLIOGRAFIA	229
---------------------	-----

INDICE DE TABLAS

TABLA	DESCRIPCION
1	INVENTARIO NACIONAL DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES-CUADRO RESUMEN POR ESTADO.
2	INVENTARIO NACIONAL DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES-CUADRO RESUMEN POR PROCESO.
3	ANALISIS DE COSTOS DE MULTIPLE PRINCIPAL
4	ANALISIS DE COSTOS DE RAMALES DE DERIVACION

INDICE DE FIGURAS

FIG No	DESCRIPCION
1	MARCO LEGISLATIVO HIDRAULICO MEXICANO 1993
2	ESQUEMAS TIPICOS DE TRATAMIENTO DE AGUA MUNICIPAL O POTABLE
3	ESQUEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS MUNICIPALES
4	DIAGRAMA DE PROCESO
5	PROGRAMA GENERAL DE PROYECTO EJECUTIVO
6	PLANTA DE CONJUNTO
7	BOMBA CENTRIFUGA DE FLUJO MIXTO VERTICAL
8	BOMBA CENTRIFUGA HORIZONTAL
9	BOMBA DE CAVIDAD PROGRESIVA
10	BOMBA DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO O DE TORNILLO
17	PERFIL HIDRAULICO
11 Y 12	ARREGLOS TIPICOS DE BOMBAS VERTICALES EN UNA P.T.A.R.

- 13 CLASES Y TIPOS DE BOMBAS
- 14 PRESION NEGATIVA.
- 15 PRESIONES, RELACION DE TERMINOS EMPLEADOS
- 16 PRESIONES ATMOSFERICAS PARA ALTITUDES HASTA DE 3660 METROS.
- 17 INSTALACION TIPICA DE UNA BOMBA VERTICAL
- 18 C.N.S.P. DISPONIBLE EN CASOS TIPICOS.
- 19 RELACION DE LA VELOCIDAD ESPECIFICA.
- 20 ESTANDAR DEL INSTITUTO DE HIDRAULICA (DIMENSIONES DEL CARCAMO EN RELACION AL FLUJO)
- 21 FONDO DEL CARCAMO
- 22 ELEVACION DEL FONDO DEL CARCAMO
- 23 SILLETA DE ACERO PARA APOYO FIJO
- 24 SILLETAS DE CONCRETO
- 25 APOYO MOVIL PARA TUBERIA DE ACERO
- 26 FUERZA TOTAL RESULTANTE SOBRE EL CODO DE UNA TUBERIA, CON AGUA EN CIRCULACION
- 27 ATRAQUES TIPICOS EN TUBERIAS
- 28 ATRAQUE PARA VALVULA CHECK
- 29 JUNTA DE DILATAACION TIPICA
- 30 CONEXION DE BOMBAS PARA TRABAJAR EN PARALELO, MOSTRANDO LOS ELEMENTOS DE CONTROL Y PROTECCION
- 31 DIAGRAMAS TIPICOS DE DESCARGAS DE BOMBAS
- 32 VALVULAS.
- 33 UNION DE TUBERIAS.
- 34 IMPULSORES TIPICOS
- 35 PERFIL HIDRAULICO
- 36 PLANTA GENERAL, CORTES Y DETALLES DEL SISTEMA DE BOMBEO.

- 37 ISOMETRICO LINEA DE CONDUCCION AGUA CRUDA.
- 38 PERDIDA DE CARGA EN CONEXIONES
- 39 CURVA DE DESEMPEÑO DE BOMBA (GRAFICA VS CARGA)
- 40 PERDIDA POR POTENCIA EN FLECHA DE TRANSMISION
- 41 GRAFICA CARCA VS GASTO - OPERACION DEL SISTEMA DE BOMBEO.
- 42 CORTE DE VALVULA DE COMPUERTA

INTRODUCCION

1 ANTECEDENTES

El crecimiento de la población y el desarrollo de los conjuntos habitacionales ha creado la necesidad de reutilizar el agua negra generada por la actividad humana dentro de su habitat.

La demanda de agua para todos los fines aumenta en forma constante cada día, por tal motivo se han elaborado estudios para la demanda actual y futura del agua, los cuales nos indican la forma en que deben racionalizarse los recursos acuíferos disponibles.

La descarga de aguas negras se ha incrementado notablemente, de tal manera que resulta necesaria la aplicación de varias técnicas para el tratamiento y aprovechamiento de las aguas tratadas.

Las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales han sido una opción en todo el mundo para el aprovechamiento del líquido ya que utilizando sistemas de recolección, sedimentación, filtración, entre otros se puede dar un tratamiento al agua tal que pueda ser utilizado tanto doméstica como industrialmente, mas información sobre este tipo de plantas se expondrá en el capítulo 2.

Una de las partes más importantes en una planta de tratamiento de aguas residuales es la captación del efluente, ya que dependiendo del diseño del sistema de recolección del agua así como el bombeo de la misma, se podrá tener un control eficiente de captación y

desalojo adecuado para poder mantener en el proceso un gasto uniforme con mínimas variantes y con ésto lograr la calidad de agua tratada deseada para su disposición final.

2 OBJETIVOS Y METAS ESPECIFICAS

Los objetivos y metas específicas que se pretenden alcanzar en el siguiente trabajo es el mostrar la necesidad y la importancia desde el punto de vista técnico y económico de un sistema de bombeo en una planta de tratamiento de aguas residuales, mediante un estimado general de costos que involucra un sistema de este tipo.

3 DESCRIPCION DEL TRABAJO

CAPITULO 1

En este capítulo se recabará información sobre la necesidad en México en materia de tratamiento de aguas residuales. Se expondrá la situación en México antes y actualmente en éste ámbito, así como aspectos económicos, de reglamentación y técnico ; junto con ésto se presentará una breve explicación de la problemática del sector hidráulico Mexicano.

CAPITULO 2

En este capítulo se expondrá una descripción general del sistema de tratamiento de aguas residuales en sus diferentes etapas, el cual está dividido en tipos de aguas existentes y clases de sólidos

disueltos, se expondrá la clasificación del tratamiento de aguas, tipos de procesos y aplicaciones.

CAPITULO 3

Aquí se hará un análisis y selección del equipo de bombeo utilizado para captación de agua cruda en una Planta de Tratamiento de Aguas residuales (P.T.A.R.) con capacidad de 750 l.p.s. la cual tratará un gasto de 500 l.p.s. (2 bombas en operación y una en relevo de 250 l.p.s. cada una), para operación inmediata y las consideraciones necesarias para operación futura, manejando un gasto de 250 l.p.s. (una bomba en operación y una en relevo de 250 l.p.s. cada una).

CAPITULO 4

En este capitulo se mostrará el diseño y selección de un equipo de bombeo para agua cruda, que maneje un gasto de diseño de 500 l.p.s., mostrando todos los cálculos y consideraciones necesarias para su correcto funcionamiento. Las características principales de operación de la planta de tratamiento, son las siguientes:

Planta de tratamiento de aguas, dividido en tres trenes de operación de 250 l.p.s., cada uno

Sistema de tratamiento: Lodos Activados.

Aguas por tratar: Aguas residuales del
Gran Canal.

Capacidad de diseño: 500 l.p.s.
(TRENES 1 y 2) y
250 l.p.s
(TREN 3)

CAPITULO 5

Se mostrarán los programas de mantenimiento preventivo para una clase de equipo como el expuesto en el Capitulo 3, donde se mostrarán recomendaciones, precauciones, tanto en equipo de bombeo como accesorios y línea de conducción.

CAPITULO 6

Se hará un análisis de costos del equipo de bombeo para manejar un gasto de 500 l.p.s, así como de la línea de conducción respectiva.

Las conclusiones que se pretenden al final de este trabajo son las siguientes:

- 1.- Demostrar que el sistema de bombeo de agua cruda es indispensable para una planta de tratamiento de aguas residuales ya que debido a que el sistema trabaja por gravedad, se utilizará el bombeo con el propósito de dar la carga inicial suficiente para poder dar continuidad al proceso.

2.- El equipo a utilizar debe ser bien definido y seleccionado para el tipo de operación que se va a tener en el inicio del proceso.

3.- Determinar el costo del sistema de bombeo para que este sea rentable en un periodo de tiempo.

CAPITULO 1

NECESIDADES DE MEXICO EN MATERIA DE AGUAS RESIDUALES

1.1 ANTECEDENTES

México es indiscutiblemente un país que presenta cada año problemas importantes entre la disponibilidad y demanda del recurso agua entre sus principales centros poblacionales e industriales.

Las enormes pérdidas que en años pasados y en la actualidad existen en los sistemas de conducción y distribución de ese fluido, así como la contaminación registrada en las principales cuencas hidrológicas del país han alcanzado tales magnitudes, que en los últimos 17 años se han elaborado distintos estudios que plantean la posibilidad de que a corto plazo no se puedan cumplir las condiciones mínimas requeridas para satisfacer la demanda de agua de primer uso, y que además proponen a las autoridades gubernamentales una serie de medidas tendientes a corregir tal situación a la mayor brevedad posible.

Sin embargo, poco se ha logrado hasta el momento y la situación prevaleciente se ha incrementado día con día, estimándose que muy pronto éste será un factor adicional que agudize la crisis de nuestra nación.

Consecuentemente, resulta de gran interés el analizar a grandes rasgos, la situación que prevaleció en México en años pasados y la

situación que presenta actualmente en lo referente al uso y reglamentación de los recursos acuiferos.

1.2 SITUACION ANTERIOR EN MEXICO

1.2.1 ASPECTO GOBIERNO

En el caso particular de México, la Constitución Política de 1917 establece que el dominio absoluto de los diferentes recursos naturales existentes en su extensión territorial se reserva de manera exclusiva para la nación.

Derivado de lo anterior, el Poder Ejecutivo Federal ha sido desde ese entonces el responsable del uso y aplicación del agua en las diferentes actividades económicas y sociales del país; de tal manera que a través de los diversos gobiernos se ha establecido siempre una Secretaría del Estado encargada de la administración de nuestros recursos hidráulicos.

Cuando después de 1965, el Sector Energético Nacional se constituyó en el principal agente propulsor del crecimiento económico, al demandar cada año mayores cantidades de bienes de capital, insumos y servicios, la política gubernamental en materia del agua se orientó solamente al cumplimiento de metas cuantitativas, lo cual ocasionó que nuestra infraestructura hidráulica se desarrollara como un

elemento de apoyo que descuidó sus aspectos cualitativos, de modernización y de organización con el transcurso del tiempo.

Es así que, hasta 1987, el Sector Hidráulico Mexicano ha enfrentado una problemática muy compleja de carácter organizacional y operativo, cuyos factores han influenciado su labor en la obtención de resultados satisfactorios para la nación.

El primer factor que presentó tal problemática en el régimen gubernamental, se constituyó de dos Secretarías de Estado a cargo del manejo, aplicación y recuperación del agua; una fué la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (S.A.R.H.), la otra fué la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (S.E.D.U.E), lo cual a pesar de tener sus funciones bien definidas desde un principio cada una de ellas, provocó al menos en algunos casos la duplicidad de trabajos, interferencias y la desorganización hasta tal punto que hasta nuestros días no se cuenta con un inventario real de nuestros recursos, demandas y utilizaciones, que permita definir claramente las diferentes condiciones que prevalecen en cada una de ellas.

El segundo problema importante se ubicó en que a consecuencia de nuestras elevadas tasas de crecimiento industrial y urbano, se había consumido cada vez más agua como consecuencia del alto patrón de demanda requerido, lo que ha favorecido el alto precio artificial de venta establecido por el Gobierno. Esto no solamente ha conducido a un consumo excesivo, ineficiente e indiscriminado, sino incluso a un derroche de recursos.

Como prueba de esta aseveración, apareció la denuncia hecha por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua durante el Encuentro Nacional de Presidentes Municipales celebrada en Ciudad Obregón, Sonora , quien hizo ver que en todo el país que por cada 100 litros de agua que se obtienen de una fuente, solo se entregan 60 litros a los usuarios, se facturan 40 y únicamente se les cobran 30, debido a la lentitud del sistema burocrático gubernamental.

El tercer problema relevante se presenta, hasta nuestros días, con los niveles que ha alcanzado la contaminación del medio ambiente en nuestro país originada por la industrialización, el uso de combustibles fósiles, el tipo de desarrollo agrícola, el sistema de transporte , las magnitudes de los asentamientos humanos y otros factores.

En lo que se refiere al problema de la contaminación del agua, se determinó que 218 cuencas hidrológicas del país presentaron inficción por diversos grados de contaminación y que en 11 de esas cuencas como la del Río Lerma-Santiago, el control de la degradación del agua adquiere ya un carácter urgente y prioritario, debido a que entre un 80 y 90 por ciento de las aguas residuales producidas en diversas zonas industriales y urbanas se depositan directamente en drenajes, ríos, lagunas y lagos, a consecuencia de que la capacidad total de las plantas de tratamiento existentes hasta esa época solo cubrían entre el 10 y 15 por ciento de la emisión total.

Ante esa situación y el hecho de que en esa época el gobierno se declaró incompetente para afrontar por sí solo la satisfacción de la demanda de tratamiento del líquido, surgieron diversas asociaciones civiles autonombradas como "Grupos Ecologistas" entre los cuales se encuentran El Grupo de los Cien, El Movimiento Ecologista Mexicano, La Alianza Ecologista Nacional Mexicana y otros más, que hasta la actualidad han ejercido presión sobre el Gobierno por diferentes formas a fin de que se adopten las medidas adecuadas que solucionen el problema y además, han planteado la urgencia de contar con un programa integral de carácter nacional que promueva la reutilización o reciclaje de las aguas residuales mediante el incremento significativo de la capacidad instalada en plantas de tratamiento.

Otro problema adicional se presentó a consecuencia de que, conforme a lo establecido en el artículo 115 constitucional, se procedió a la entrega de numerosos sistemas hidráulicos por parte de la SEDUE a los ayuntamientos municipales, lo que ocasionó problemas en la operación correcta y eficiente de dichos sistemas, debido a que no existía en los ayuntamientos la capacitación y preparación necesarias para el personal encargado.

Por otro lado, en ese entonces se habían creado diversos organismos paraestatales como Fondo Nacional de Fomento al Turismo (FONATUR), el Fideicomiso Bahía de Zihuatanejo (FIBAZI) y otros similares que diseñan, construyen y operan sus instalaciones de acuerdo con sus propias necesidades y presupuestos, de tal manera que sus esfuerzos

son aislados e independientes de los requerimientos prioritarios del país.

1.2.2 ASPECTO ECONOMICO

La recesión económica que entonces imperaba en el país ha modificado de manera considerable los planes de desarrollo que desde casi una década antes se habrían establecido para los diferentes Sectores que configuran la estructura social, política y financiera de nuestra nación.

En lo que respecta al Sector encargado del recurso hídrico nacional, aún cuando México no se encuentra considerado dentro de los países que sufren de escasez de agua, la distribución que tiene de este vital líquido a lo largo de su territorio es sumamente inadecuada y por ello, requiere de soluciones muy particulares para lograr su abastecimiento.

Así se detectó que en las zonas donde se encuentra concentrada el 70 por ciento de la población y se localiza el 80 por ciento de la actividad industrial nacional, la cantidad disponible del recurso hidráulico representa únicamente el 15 por ciento; lo que indica que el 85 por ciento restante se encuentra distante de las zonas con mayor densidad poblacional y de actividad económica, hecho que determina crear una infraestructura hidráulica adecuada y suficiente para satisfacer la demanda requerida.

Esto, a su vez, determina la necesidad de efectuar importantes inversiones cuyos costos eran cada vez mayores a consecuencia de la crisis existente en esos momentos.

Tal situación obligó a sincronizar los programas de desarrollo del Sector de acuerdo con las posibilidades financieras disponibles, ya que al igual que en otros Sectores, el principal problema que se ha enfrentado hasta la actualidad es la situación financiera deficitaria existente como resultado sobre todo de la política inadecuada de ingresos que se siguió en gobiernos pasados. Esa política, al mantener deprimidos los niveles de las tarifas, hizo necesario recurrir de manera creciente a los subsidios y al endeudamiento tanto interno como externo, para cubrir los costos de las erogaciones hechas.

A consecuencia de lo anterior, se han tenido que diferir diversos proyectos, posponer otros y cancelar definitivamente algunos más, de acuerdo con su grado de prioridad, prueba de esto se tiene cuando encontramos un proyecto de planta de tratamiento cuya construcción se realiza actualmente con una ingeniería que fue elaborada tres, cuatro y hasta cinco años antes.

1.2.3 ASPECTO REGLAMENTACION

El problema de la distribución territorial del agua junto con los problemas de la contaminación del medio ambiente, colocó en un primerísimo plano de importancia el mantener al recurso hídrico nacional en condiciones de calidad tales que se asegurara su utilización en ese tiempo y la futura.

Por tal motivo, el Ejecutivo Federal declaró de interés público la prevención y control de la contaminación y mejoramiento, conservación y restauración de dicho recurso natural, mediante una legislación que estableciera una serie de medidas técnicas y legales que debieran cumplir los responsables de descargas de aguas residuales, las sanciones aplicables en casos de incumplimiento y los procedimientos a seguir para su aplicación.

Dicha legislación, a través del tiempo sufrió diferentes cambios, modificaciones y adiciones, cuya síntesis se presenta en los comentarios siguientes:

a) La primera inquietud del Gobierno Federal en materia de este recurso, se encontró plasmado en el ordenamiento legal que dictó las acciones tendientes a controlar la contaminación de las aguas propiedad nacional, que fué publicado en el Diario Oficial de la Federación el 11 de marzo de 1971 con el nombre de "Ley Federal de Aguas".

b) Derivado de lo anterior, el 30 de octubre de 1971 se proclama la "Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental" que más tarde se complementa con el "Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas", emitido el 28 de marzo de 1973 para establecer una serie de disposiciones legales referentes a permisos y registro de descargas de aguas residuales, parámetros máximos tolerables, construcción de obras para purificación, vigilancia e inspección de descargas y la aplicación de cuotas y sanciones que deben cumplir los responsables de tales emisiones.

De 1973 a 1981, la Ley Federal antes mencionada sufre diversas modificaciones y adiciones hasta que es substituida por la "Ley Federal de Protección al Ambiente" el día 11 de enero de 1982, cuyo contenido establece los requisitos de las leyes anteriores junto con la idea de fomentar una "tecnología responsable", es decir una tecnología que no sólo se preocupe por su avance y por los logros económicos derivados del mismo, sino que también se preocupe por una buena aplicación.

Más tarde, a raíz de la creación por decreto presidencial de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE), se publicó en el Diario Oficial del 29 de diciembre de 1982, las "Reformas y Adiciones a la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal", documento que determinó el ámbito de competencia y atribuciones que tendrían la SARH y la SEDUE en materia de calidad de agua.

Finalmente, derivado del Artículo 37, fracción XXV, de las reformas antes mencionadas, se hizo necesario reformar y adicionar la "Ley Federal del Ambiente" mediante un decreto publicado el 27 de enero de 1984, para definir con claridad las obligaciones que tendrían los responsables de descargas de aguas residuales ante las diferentes Secretarías del Estado (SEDUE, SARH y SAA), encargadas de su vigilancia coordinada para lograr mantener y garantizar la calidad del agua.

Más tarde, se presentó a la República el 30 de mayo de 1983 el "Plan Nacional de Desarrollo" con el cual se establecieron la dirección e intensidad de los cambios que México exigía en su transformación estructural, proponiendo líneas de acción y metas a cumplir en el periodo 1984-1988 y considerando en su estrategia un horizonte factible hasta el año 2000.

Como resultado de lo anterior, por instrucciones del Ejecutivo Federal en enero de 1987, se integraron en el ámbito de la Comisión Nacional de Ecología, las cien acciones necesarias en 1987 y 1988 por el Gobierno para afrontar a los principales desequilibrios ecológicos en forma coordinada con los estados y municipios, y en forma concertada con la sociedad.

Estas acciones, básicamente, se refieren a la aplicación de medidas diversas como tecnologías avanzadas, normas, reglamentos, suministros y estímulos, con los cuales a corto y mediano plazo se trataría de reducir la contaminación del aire, suelo, agua y emisión de ruido, promoviendo además en paralelo la conservación y

restauración de los recursos naturales, junto con la información y capacitación de recursos humanos para la salud ambiental, y el estímulo gubernamental para la fabricación de equipos y sistemas anticontaminantes.

Con todo lo anteriormente relacionado, se aprecia que México contaba con una legislación en materia de recursos hidráulicos que pudiera considerarse como "básica", la cual era necesario ampliar en sus contextos y modernizar en sus estatutos de tal manera que definiera un ordenamiento interno en el manejo y uso del agua y a la vez que sea dinámica y adecuada para las condiciones críticas existentes.

1.2.4 ASPECTO TECNICO

Tomando en consideración que el esquema completo de una Planta de Tratamiento se integra fundamentalmente en función de las características particulares del suministro y del efluente que vaya a tener cada caso, así como por los estatutos de la legislación en vigor, el aspecto técnico del tratamiento de aguas en México se concreta a lo siguiente:

a) En lo que se refiere al tratamiento que requiere el abastecimiento o influente para un centro de consumo, existía en nuestro país la suficiente experiencia para tratar prácticamente cualquier tipo de agua superficial o subterránea desde hace muchos años. De tal manera que se cuenta con una amplia variedad de plantas potabilizadoras, desmineralizadoras, suavizadoras,

desaladoras y de otros tipos que se encuentran funcionando sin mayores problemas en diversas instalaciones industriales y urbanas, formando parte integral de ellas, por lo cual su gran mayoría eran propiedad de organismos privados, paraestatales y descentralizados.

b) En el caso del tratamiento de aguas residuales o efluentes de tipo municipal o industrial, es donde se presentan los problemas diversos que han ocasionado la escasez y contaminación del fluido en diversas regiones de nuestra nación.

El análisis de la información recopilada a lo largo del Inventario Nacional de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, emitido en 1991 y cuyos datos se presentan en las tablas No. 1 y 2 permitió obtener adicionalmente como conclusiones, que: a) la mayoría de esas plantas de tratamiento eran operadas en forma inadecuada o bien han sido completamente abandonadas con el consiguiente deterioro de sus instalaciones; b) en casi todos los casos, el organismo encargado de la operación de la planta era el mismo a cargo de la administración del sistema de agua potable y alcantarillado, es decir, un organismo gubernamental; c) en orden decreciente de prioridades, tales organismos se preocupaban por el sistema de agua potable en primera instancia, después por el alcantarillado y por último, por la planta de tratamiento; d) el personal responsable de las plantas no tiene orientación alguna

INVENTARIO NACIONAL DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

CUADRO RESUMEN POR ESTADO

ESTADO	PROYECTO		CONSTRUCCION		OPERACION							TOTAL	
	NO	Q(lps)	NO	Q(lps)	SI	RR	Q(lps)	NO	RR	Q(lps)	?		Q(lps)
AGUASCALIENTES	1.00	2,500.00	0.00	0.00	29.00	2.00	124.50	7.00	0.00	94.00	0.00	0.00	37
BAJA CALIFORNIA N	0.00	0.00	0.00	0.00	7.00	5.00	2,945.00	2.00	2.00	120.00	0.00	0.00	9
BAJA CALIFORNIA S	0.00	0.00	0.00	0.00	10.00	4.00	424.00	4.00	3.00	170.00	0.00	0.00	14
CAMPECHE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
COAHUILA	2.00	715.00	0.00	0.00	4.00	4.00	733.00	1.00	1.00	50.00	0.00	0.00	7
COLIMA	1.00	15.00	0.00	0.00	1.00	0.00	215.00	1.00	1.00	50.00	11.00	122.30	14
CHIAPAS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	330.00	0.00	0.00	1
CHIHUAHUA	1.00	130.00	0.00	0.00	2.00	1.00	105.00	1.00	0.00	15.00	0.00	0.00	4
DISTRITO FEDERAL	9.00	9.00	0.00	0.00	17.00	0.00	3,468.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17
DURANGO	1.00	100.00	1.00	650.00	9.00	0.00	270.60	1.00	0.00	0.00	8.00	706.00	20
GUANAJUATO	6.00	3,496.00	3.00	765.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00	120.00	14
GUERRERO	1.00	200.00	0.00	0.00	9.00	3.00	1,006.00	3.00	0.00	80.00	1.00	50.00	14
HIDALGO	1.00	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00	131.00	5
JALISCO	2.00	7,960.00	0.00	0.00	20.00	18.00	1,628.00	0.00	0.00	0.00	22.00	460.00	44
MÉXICO	11.00	1,378.00	10.00	655.00	15.00	3.00	2,700.00	3.00	2.00	37.00	3.00	124.00	42
MICHOACÁN	7.00	867.00	2.00	265.00	2.00	0.00	60.00	4.00	3.00	833.00	2.00	40.00	17
MORELOS	0.00	0.00	1.00	170.00	1.00	0.00	200.00	0.00	0.00	0.00	7.00	53.20	9
NAVARIN	0.00	0.00	2.00	575.00	8.00	5.00	289.00	1.00	1.00	48.00	3.00	36.00	14
NOBUVO LEGO	3.00	0,000.00	0.00	0.00	27.00	17.00	501.50	1.00	1.00	0.00	2.00	31.50	33
OAXACA	0.00	0.00	1.00	60.00	7.00	0.00	175.00	3.00	3.00	81.00	0.00	0.00	11
PUEBLA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	50.00	4.00	51.00	5
QUERÉTARO	1.00	590.00	1.00	500.00	5.00	1.00	259.00	1.00	0.00	8.00	0.00	0.00	8
QUINTANA ROO	2.00	130.00	1.00	30.00	8.00	3.00	410.00	5.00	1.00	82.00	0.00	0.00	16
SAN LUIS POTOSÍ	1.00	800.00	0.00	0.00	3.00	0.00	70.00	7.00	6.00	56.00	0.00	0.00	11
SINALOA	2.00	2,900.00	0.00	0.00	8.00	6.00	896.00	3.00	2.00	55.00	1.00	80.00	14
SONORA	7.00	3,614.00	3.00	43.70	28.00	11.00	892.00	16.00	0.00	163.60	2.00	29.00	56
TABASCO	0.00	0.00	4.00	46.50	2.00	0.00	505.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6
TAMAULIPAS	2.00	2,100.00	0.00	0.00	3.00	2.00	721.00	3.00	3.00	60.00	0.00	0.00	8
TLANCALA	4.00	180.00	0.00	0.00	19.00	13.00	433.00	10.00	7.00	72.00	0.00	0.00	33
VERACRUZ	1.00	1,500.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1,200.00	0.00	0.00	0.00	4.00	154.00	6
YUCATAN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
ZACATECAS	0.00	0.00	1.00	60.80	13.00	0.00	111.40	6.00	3.00	46.30	0.00	0.00	20
TOTAL	57	36285.5	30	3820.2	258	98	20363.4	85	40	2520.9	79	2198	509

RR = Requieren o estan en rehabilitacion

TABLA 2

INVENTARIO NACIONAL DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

PROCESO	CUADRO RESUMEN POR PROCESO												
	PROYECTO		CONSTRUCCION		OPERACION								TOTAL
	Ma	Q(1ps)	Ma	Q(1ps)	SI	ER	Q(1ps)	MO	RR	Q(1ps)	?	Q(1ps)	
AEREACTION A CONTAPACORRIENTE	1-00	100-00	1-00	500-00	0-00	0-00	0-00	0-00	0-00	0-00	0-00	0-00	2
AEREACTION ESTENDIDA	5-00	9,530-00	0-00	0-00	0-00	0-00	0-00	0-00	0-00	0-00	0-00	0-00	5
AVANZADO	0-00	0-00	0-00	0-00	3-00	0-00	125-00	0-00	0-00	0-00	0-00	0-00	3
DISCOS BIOLOGICOS	0-00	0-00	1-00	40-00	1-00	0-00	2-00	1-00	0-00	2-00	0-00	0-00	3
FILTROS BIOLOGICOS	8-00	4,180-00	4-00	1,555-00	7-00	1-00	1,756-00	4-00	4-00	490-00	0-00	0-00	23
LODOS ACTIVADOS	2-00	300-00	1-00	30-00	70-00	14-00	7,967-00	25-00	13-00	1,143-30	20-00	341-00	118
LAGUNAS AERADAS	0-00	0-00	1-00	650-00	9-00	6-00	2,174-00	0-00	0-00	0-00	3-00	56-00	13
LAGUNAS DE ESTABILIZACION	17-00	4,944-50	21-00	485-20	138-00	60-00	5,695-90	44-00	25-00	609-60	42-00	1,398-00	262
RAFA	0-00	0-00	0-00	0-00	2-00	1-00	50-50	1-00	0-00	10-00	0-00	0-00	3
TANQUE INHOFF	0-00	0-00	0-00	0-00	9-00	6-00	472-00	4-00	3-00	60-00	7-00	127-00	20
TRATAMIENTO PRIMARIO	0-00	0-00	1-00	540-00	3-00	2-00	850-00	3-00	3-00	153-00	3-00	218-00	10
TRATAMIENTO PRIMARIO AVANZADO	0-00	0-00	0-00	0-00	1-00	0-00	500-00	0-00	0-00	0-00	0-00	0-00	1
TANJAS DE OXIDACION	2-00	3,500-00	0-00	0-00	10-00	7-00	376-00	2-00	0-00	45-00	2-00	41-00	16
DESCONOCIDO	22-00	13,731-00	0-00	0-00	5-00	1-00	193-00	1-00	0-00	8-00	2-00	16-50	36
TOTAL	57	36285-5	30	3826-2	258	98	20363-4	85	48	2520-9	79	2198	509

RR = Requieren o estan en rehabilitacion

respecto a la finalidad de las mismas y en general, no cuenta con la capacitación mínima necesaria; finalmente, e) no existe algún presupuesto destinado a la operación y mantenimiento de las plantas, debido a que las cuotas establecidas sólo incluyen los servicios de agua potable y alcantarillado.

Ante la situación que existe en México a causa de los graves problemas ecológicos, de contaminación, higiene y salud, diversas agrupaciones científicas han demandado al Gobierno actual la necesidad urgente de contar con un Programa Integral de Reciclaje de las aguas residuales, lo cual implica lograr la "rehabilitación" de la capacidad instalada y su incremento a corto plazo para satisfacer los volúmenes de la demanda.

De acuerdo a la petición anterior el Gobierno creó el " Programa Nacional para la Protección del Medio Ambiente " (1990-1994).

El Programa recoge los principales planteamientos formulados durante las reuniones nacionales, para revisar los fenómenos de destrucción de los bosques y selvas, del deterioro creciente de la calidad del agua, del empobrecimiento y subutilización de los suelos, del inadecuado manejo y disposición de residuos municipales e industriales y de la insuficiente educación ambiental, así mismo se orienta a compatibilizar el proceso general del desarrollo con el restablecimiento de la calidad del medio y la conservación y respeto a los recursos naturales.

El Programa se estructura en cinco capítulos:

El primero corresponde al diagnóstico, rubro en el cual se describen las características geográficas del territorio, los elementos generales de la problemática ambiental y la situación actual de los recursos naturales y de cada uno de los componentes de la gestión ambiental.

En el capítulo segundo se plantea el propósito general de hacer de la gestión ambiental uno de los instrumentos básicos, para modernizar el desarrollo nacional; con esto se propicia el crecimiento socio-económico con la conservación del medio ambiente, en un horizonte de largo plazo. Se establecen también los objetivos específicos para revertir el nivel de deterioro ambiental observado en las principales ciudades y ecosistemas.

En el capítulo tercero se plantea la estrategia general y las líneas generales de estrategia para la consecución de los propósitos del Programa. Con el fin de propiciar una relación más equilibrada entre las actividades productivas y su impacto en el entorno inmediato y zonas ecológicas de influencia, se propone también una estrategia territorial en materia de agua, aire, suelo y recursos naturales, así como una estrategia intersectorial orientada a definir los términos fundamentalmente para sumar y conjugar esfuerzos institucionales.

En el capítulo cuarto, se establecen las metas que se pretenden alcanzar en el periodo, hacia el logro de los objetivos trazados. A

cada meta le corresponden una o más de las estrategias señaladas. Para cumplir con ellas se establecen las bases fundamentales de una gestión ambiental que madure en un horizonte de largo plazo.

Finalmente, en el capítulo quinto se precisan las líneas de instrumentación para la atención de problemas específicos, que definirán los presupuestos correspondientes. Es importante enfatizar que los recursos financieros provendrán de varias fuentes: de la Federación, de los gobiernos estatales y municipales, de las empresas y de diversas asociaciones, por mencionar las principales. Por tal razón se requerirá ejecutar labores de coordinación, de concertación y de inducción para lograr un ámbito de gestión de alta eficiencia. La división respectiva, en vertientes, da cumplimiento a lo establecido por la Ley General de Planeación.

Respecto a la rehabilitación de plantas, la SEDUE estableció como parte de los resultados globales obtenidos de los diagnósticos del inventario ejecutado, la solución inmediata a los siguientes problemas principales: diseño inadecuado en relación a los influentes, ubicación poco favorable de los sistemas, obras inconclusas, desaparición de equipos y falta de instalaciones eléctricas apropiadas para los sistemas.

1.3 SITUACION ACTUAL EN MEXICO

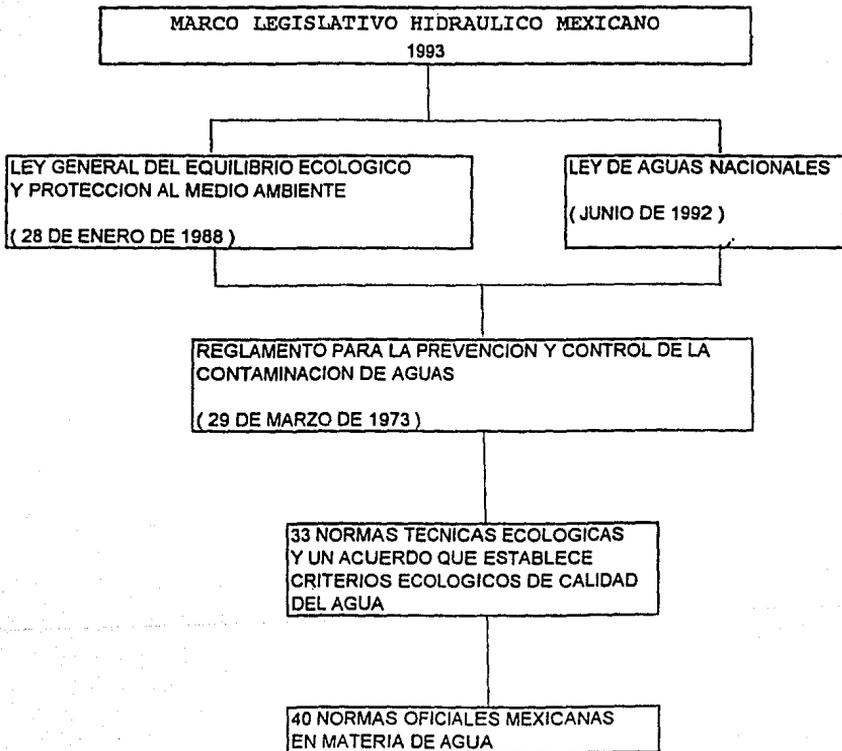
En la actualidad, la situación acuifera que prevalece en México, cuenta con una legislación actualizada y real, (Ver figura 1).

La reglamentación en relación a mantos acuiferos y tratamiento de aguas residuales actualmente ha sufrido modificaciones tanto técnicas como legislativas.

De acuerdo a la modificación a la administración pública publicada en el Diario Oficial del 25 de Mayo de 1992, se menciona lo siguiente:

1.- " A partir de la entrada en vigor del presente Decreto, se suprime la referencia a la Secretaria de Programación y Presupuesto y se sustituye la relativa a la Secretaria de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE) por la Secretaria de Desarrollo Social, (SEDESOL)."

2.- " El personal, así como los recursos financieros y materiales, incluidos mobiliario, vehículos, instrumentos, aparatos, maquinaria, archivos y en general el equipo que la SEDUE utiliza para la atención de los asuntos a su cargo, pasarán a SEDESOL, con excepción de aquellos destinados a las funciones que por este decreto se transfieren a la Secretarías de Agricultura y Recursos Hidráulicos,(SARH) y Secretaria de Pesca, mismas que pasarán a estas dependencias."



FIGURA

3.- " Los asuntos a cargo de SEDUE que se encontrasen pendientes de resolución al momento de entrar en vigor este Decreto, serán despachados por SEDESOL y en su caso, por SARH y Secretaría de Pesca, conforme a las atribuciones que este mismo ordenamiento les señala."

4.- " Las referencias que se hacen en la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal a la SEDUE, se entienden hechas por SEDESOL."

5.- " Las atribuciones que en otras leyes y Reglamentos se otorgan a SEDUE se entenderán otorgadas a SEDESOL y, en su caso a la SARH y Secretaría de Pesca, en los términos del presente Decreto."

6.- A SEDESOL, corresponde el despacho de los siguientes asuntos en relación a problemas de carácter acuifero, ecológico y tratamiento de aguas residuales:

a) Formular, conducir y evaluar la política general de desarrollo social y en particular la de los asentamientos humanos, desarrollo regional y urbano, vivienda y ecología.

b) Formular y conducir la política general de saneamiento ambiental en coordinación con la Secretaría de Salud y demás dependencias competentes.

c) Establecer normas y criterios ecológicos para el aprovechamiento de los recursos naturales y para preservar y restaurar la calidad del ambiente, con la participación que en su caso corresponda a otras dependencias.

d) Normar el aprovechamiento regional de la flora y la fauna silvestres, marítimas, fluviales y lacustres con el propósito de conservarlos y desarrollarlos, con la participación que corresponda a SARH y Secretaría de Pesca.

e) Promover, fomentar y realizar investigaciones relacionadas con la vivienda, desarrollo regional, urbano y ecología.

f) Administrar, controlar y reglamentar el aprovechamiento de cuencas hidráulicas, vasos, manantiales y aguas de propiedad nacional y de las zonas federales correspondientes con exclusión de lo que se atribuya expresamente a otra dependencia, establecer y vigilar el cumplimiento de las condiciones particulares que deban satisfacer las descargas de aguas residuales, cuando sea de jurisdicción federal, autorizar, en su caso, el vertimiento de aguas residuales en el mar, en coordinación con la Secretaría de Marina, cuando provenga de fuentes móviles o plataformas fijas en cuencas, cauces y demás depósitos de aguas de propiedad nacional, de conformidad, con la normatividad que establezca SEDESOL y promover en su caso, ejecutar y operar la infraestructura y los servicios necesarios para el mejoramiento de la calidad el agua en la cuencas, con base en la planeación hidráulica que realice y de acuerdo a las normas y criterios que establezca esta última.

g) Otorgar las asignaciones y concesiones correspondientes a la dotación de agua para las poblaciones, en coordinación con las autoridades competentes.

h) Intervenir en su caso, en la dotación de agua a los centros de población e industrias, fomentar y apoyar, unicamente el desarrollo de los sistemas de agua potable, drenaje, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales que realicen las autoridades locales; así como programar, proyectar, construir, administrar, operar y conservar por si o mediante otorgamiento de la asignación o concesión que en su caso se requiera, o en los términos del convenio que se celebre, las obras y servicios de captación, potabilización, tratamiento de aguas residuales, conducción y suministro de aguas.

En relación al tratamiento de aguas residuales, se han emitido 33 Normas Técnicas Ecológicas, siendo la más importante en esta materia la Norma NTE-CCA-031/91 emitida el 20 de Septiembre de 1991 que habla sobre emisiones contaminantes provenientes de las descargas de aguas residuales a los sistemas de drenaje y alcantarillado urbano o municipal, provenientes de la industria o de los servicios de reparación y mantenimiento automotriz, gasolineras, tintorerías, revelado de fotografía y el tratamiento de aguas residuales, las demás normas son específicas para otros tipos de empresas como la cementera, la petroquímica, centrales eléctricas convencionales, etc.

En estas normas existen 3 criterios ecológicos que hablan sobre los registros así como condiciones particulares de descarga de agua, abarcando factores ambientales y socio-económicos entre otros etc.

Adicionalmente a las normas Técnicas Ecológicas en Diciembre de 1992 se publicó la nueva Ley de Aguas Nacionales que a grandes rasgos establece lo siguiente.

1.- Es de observancia general en todo el territorio nacional, sus disposiciones son de orden público e interés social y tiene por objeto regular la explotación, uso o aprovechamiento de dichas aguas, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad para lograr su desarrollo integral sustentable.

2.- Esta Ley es aplicable a todas las aguas nacionales, sean superficiales o del subsuelo.

3.- La Comisión Nacional del Agua cuyas funciones son derivadas de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) ejercerá directamente a) la autoridad y administración en materia de aguas nacionales y de sus bienes públicos inherentes; b) Le corresponde la autoridad total en materia hidráulica dentro del ámbito de la competencia federal; c) contará con un Consejo Técnico que estará integrado por los titulares de las Secretarías de Hacienda y Crédito Público; de Desarrollo Social; de la Contraloría General de la Federación; de Energía, Minas e Industria Paraestatal; De Agricultura y Recursos Hidráulicos quien lo presidirá, y de Salud y Pesca; d) tiene a su cargo establecer y

vigilar el cumplimiento de las condiciones particulares de descarga que deben satisfacer las aguas residuales que se generen en bienes y zonas de jurisdicción federal;

de aguas residuales vertidas directamente en aguas y bienes nacionales cuando dichas descargas puedan contaminar el subsuelo o los acuíferos y en los demás casos previstos en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección del Ambiente.

4.- Las personas físicas o morales requerirán permiso de la CNA para descargar en forma permanente, intermitente o fortuita aguas residuales en cuerpos receptores que sean aguas nacionales o demás bienes nacionales incluyendo aguas marinas, así como cuando se infiltren en terrenos que sean bienes nacionales o en otros terrenos cuando puedan contaminar el subsuelo o los acuíferos.

5.- En la prevención y control de las aguas la Comisión tendrá a su cargo:

a).- Promover y, en su caso, ejecutar y operar la infraestructura federal y los servicios necesarios para la preservación, conservación y mejoramiento de la calidad del agua en las cuencas hidrológicas y acuíferos.

b).- Formular programas integrales de protección de los recursos hidráulicos en cuencas hidrológicas y acuíferos.

c).- Establecer y vigilar el cumplimiento de las condiciones particulares de descarga que deben satisfacer las aguas residuales que se generen en bienes y zonas de jurisdicción federal.

d).- Vigilar, en coordinación con las demás autoridades competentes, que el agua suministrada para consumo humano cumpla con las normas de calidad correspondientes, y que el uso de las aguas residuales cumpla con las normas de calidad del agua emitidas para tal efecto.

e).- Promover o realizar las medidas necesarias para evitar que basura, desechos, materiales y sustancias tóxicas, y lodos producto de los tratamientos de aguas residuales, contaminen las aguas superficiales o del subsuelo.

f).- Ejercer las atribuciones que corresponden a la Federación en materia de prevención y control de la contaminación del agua y de su fiscalización y sanción, en los términos de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Medio Ambiente.

g).- Determinará los parámetros que deberán cumplir las descargas, la capacidad de asimilación y dilución de los cuerpos de aguas nacionales y las cargas de contaminantes que éstos pueden recibir, así como las metas de calidad y los plazos para alcanzarlas mediante la expedición de Declaratorias de Clasificación de los Cuerpos de Aguas Nacionales.

6.- Referente a la inversión en infraestructura hidráulica se tienen las siguientes disposiciones generales:

a).- Los usuarios de las aguas nacionales podrán realizar por si o por terceros, cualesquiera obra de infraestructura hidráulica que se requiera para su explotación, uso o aprovechamiento.

b).- La administración y operación de estas obras serán responsabilidad de los usuarios o de las asociaciones que formen al efecto, independientemente de la explotación, uso o aprovechamiento que se efectúe de las aguas nacionales.

c).- La Comisión proporcionará a solicitud de los inversionistas, concesionarios o asignatarios, los apoyos y la asistencia técnica para la adecuada construcción, operación y conservación, mejoramiento y modernización de las obras hidráulicas y los servicios para su operación.

d).- La Comisión proporcionará igualmente los apoyos y la asistencia técnica que le soliciten para la adecuada operación, mejoramiento y modernización de los servicios hidráulicos para su desarrollo autosostenido.

e).- la Comisión realizará por si o por terceros las obras públicas federales de infraestructura hidráulica que se desprendan de los programas de inversión a su cargo, conforme a la ley y disposiciones reglamentarias. Igualmente, podrá ejecutar las obras

que se le soliciten y que se financien total o parcialmente con recursos distintos de los federales.

f).- En caso de que la inversión se realice total o parcialmente con recursos federales, o que la infraestructura se construya mediante créditos avalados por el Gobierno Federal, la comisión en el ámbito de su competencia establecerá las normas, características y requisitos para su ejecución y supervisión, salvo que por ley correspondan a otra dependencia o entidad.

7.- En la participación de inversión privada y social en obras hidráulicas federales, la comisión podrá:

a).- Celebrar con particulares contratos de obra pública y servicios con la modalidad de inversión recuperable, para la construcción, equipamiento y operación de infraestructura hidráulica federal, pudiendo quedar a cargo de una empresa la responsabilidad integral de la obra y su operación, en los términos del reglamento.

b).- Otorgar concesión total o parcial para operar, conservar, mantener, rehabilitar y ampliar la infraestructura hidráulica construida por el Gobierno Federal y la prestación de los servicios respectivos.

c).- Otorgar concesión total o parcial para construir, equipar y operar la infraestructura hidráulica federal y para prestar el servicio respectivo.

8.- La Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos en base a esta Ley tiene las siguientes atribuciones.

- a).- Proponer al Ejecutivo Federal la política hidráulica del país
- b).- Fungir como Presidente del Consejo Técnico de la Comisión Nacional del Agua.
- c).- Las que en materia hidráulica le asignen específicamente las disposiciones legales.

1.4 PERSPECTIVAS

En relación a la Situación Nacional futura en materia de tratamiento de aguas se tienen las siguientes conclusiones:

En la actualidad existen 184 m³/seg de aguas residuales totales en toda la República Mexicana, actualmente se van a procesar alrededor del 20 o 30% con los proyectos actuales como Juárez, Chihuahua, León entre otros, después se pretende tratar el 50% de estas aguas en los años 1993 y 1995, ya que a partir de 1994 saldrán a concurso las nuevas plantas como Puebla con 5 m³/seg y México con 10 m³/seg, que se quedarán en elaboración con la administración actual y se terminarán en 1996 con la administración entrante. Con estas plantas se supone que se llegará alrededor del 60 o 70% del total, y la meta es que en el año 2000 a 2010 se trate el 100% de las aguas residuales en México. Por otro lado, paralelamente a la Ley de Aguas Nacionales en Junio de 1992 salió a publicación la " Ley Federal de Metrología y Normatividad " donde

expone que a partir de Junio de 1992 cualquier Institución o Secretaría que quiera establecer alguna Norma sobre cualquier indole deberán apegarse a las nuevas disposiciones dictaminadas por esta ley, cuyo principal objetivo es que todas las Normas autorizadas serán Normas Oficiales Mexicanas (NOM).

Esta Ley expone principalmente que cualquier Norma propuesta debe cumplir una serie de requisitos y pasos muy estrictos que debe seguir cualquier dependencia o Institución Gubernamental; El contenido de esta norma sera sometido a revisión detallada así como se llevará acabo un estudio comparativo con Normas extranjeras para evaluar si se tiene un respaldo económico de costos y con esto determinar si es factible su aplicación; posteriormente al ser estudiado y aceptado el contenido se tendrá que someter para su aprobación final a consulta popular y por un comité formado por Secretarías de Estado, cuyos comentarios y conclusiones deberán incluirse en la Norma propuesta.

CAPITULO 2

DESCRIPCION GENERAL DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN SUS DIFERENTES ETAPAS

2.1 CONCEPTOS DEL TRATAMIENTO DE AGUAS

Desde sus orígenes, la humanidad ha dependido fundamentalmente del agua para poder realizar los diferentes trabajos que requería su conservación y desarrollo.

En la época actual, las sociedades modernas utilizan al agua para llevar a cabo diferentes actividades en diversos centros de consumo, que principalmente son ciudades, industrias y zonas agrícolas.

Como influyente a un cierto centro de consumo, de acuerdo con su origen, el agua se clasifica en dos tipos esenciales:

- a) AGUA SUBTERRANEA, o sea aquella que se localiza a determinada profundidad de la superficie.

- b) AGUA SUPERFICIAL, que puede ser " dulce " o " salada " dependiendo si se encuentra en lagunas, lagos, ríos o en el mar.

Como efluente de un centro cualquiera de consumo, dependiendo del centro del cual provenga, el agua residual se agrupa en dos categorías fundamentales:

- a) AGUA INDUSTRIAL, son aquellas que han utilizado en una instalación industrial como materia prima, o bien como servicio auxiliar.
- b) AGUA MUNICIPAL, que son los efluentes domésticos que provienen de un centro de población, entre las cuales se consideran las aguas negras.

Salvo algunos casos excepcionales, el agua tal como se encuentra en la naturaleza no es utilizable en forma directa, porque al moverse sobre la superficie de la Tierra, o bien al pasar a través del suelo, e incluso a través de la propia atmósfera, se contamina con diversos materiales cuya presencia exige la aplicación de un determinado tratamiento antes de su utilización.

Por otro lado, el agua cuando es empleada en una Planta Industrial o en una zona urbana adquiere también una serie de contaminantes iguales o diferentes a los que tenía desde su fuente de origen, que han ocasionado múltiples problemas ecológicos que tienden a modificar las características del ambiente, afectando la preservación de la propia vida del hombre y de las demás especies que coexisten en el medio terrestre. Por ello, después de su aplicación en un centro de consumo también debe someterse a un

tratamiento adecuado que limite al mínimo cualquier daño posible al sistema ecológico que nos rodea.

En consecuencia los diversos elementos y compuestos que constituyen a los " contaminantes " del agua, pueden ser de naturaleza física, química, biológica o radioactiva, y en términos generales, se agrupan en dos categorías principales.

- a) MATERIALES DISUELTOS o EN SOLUCION, cuya distribución arbitraria se ha hecho en cinco clases que son:

CLASE 1

COMPONENTES PRIMARIOS ó materiales que generalmente se encuentran con mas de 5 ppm como Calcio, Magnesio, Silicio, Cloruros, Carbonatos y otros.

CLASE 2

COMPONENTES SECUNDARIOS ó componentes con mas de 0.10 ppm como Hierro, Potasio, Amoniaco, Nitratos y otros similares.

CLASE 3

COMPONENTES TERCIARIOS ó elementos generalmente con más de 0.01 ppm como Plomo, Cobre, Arsénico, Fosfatos y otros.

CLASE 4

COMPONENTES A NIVEL DE TRAZAS o sean compuestos que tienen menos de 0.01 ppm de concentración como Mercurio, Niquel, Cromo y otros.

CLASE 5

COMPONENTES TRANSITORIOS que consideran a compuestos presentes en el agua durante los ciclos biológicos, en las reacciones Redox del ambiente natural y los Radionúclidos que se transforman constantemente.

- b) MATERIALES INSOLUBLES que pueden ser de dos clases distintas según lo siguiente:

CLASE 1

Sólidos en suspensión, flotación o sedimentables.

CLASE 2

Microorganismos como bacterias, hongos, algas y virus existentes en el agua.

2.2 CLASIFICACION DEL TRATAMIENTO DE AGUAS

En la actualidad, no puede considerarse el agua como un "recurso inagotable" debido a que las tres cuartas partes de la superficie de la tierra están ocupadas por dicho elemento, sino que debe tratarse como un "recurso natural renovable" que debe preservarse en las cantidades y calidades necesarias, utilizándose de manera racional ordenada. Sin embargo, la expansión industrial, la ampliación de sus zonas urbanas, el aumento demográfico y el incremento en la generación de energía son algunos fenómenos que han provocado un consumo cada vez mayor de agua y han creado diversos problemas por la contaminación generada a consecuencia de su utilización arbitraria.

Por esto, se han establecido desde hace más de tres décadas instalaciones con una serie de técnicas e innovaciones tecnológicas que facilitan de manera práctica y económica su aprovechamiento adecuado, propiciando además su reutilización en las mismas actividades con el fin de disminuir al mínimo su desperdicio y optimizar al máximo su empleo.

Este tipo de instalaciones son conocidas como **PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS** y consisten en un conjunto de sistemas integrados por varias operaciones y procesos unitarios, que tienen por objeto reducir las concentraciones de los contaminantes presentes en el agua, eliminando sólidos suspendidos, materiales disueltos y microorganismos, para proteger a los centros de consumo (o cuerpos receptores) de los elementos tóxicos y la contaminación respectiva.

Por regla general, estas Plantas se nombran de dos maneras diferentes: la primera es de acuerdo al influente que van a procesar como puede ser el caso de la Plantas de Tratamiento de Aguas Negras, las Plantas de Tratamiento de Efluentes Industriales ó Aguas Residuales ; y la segunda es de acuerdo al proceso que efectúan para tratar el agua, ejemplos de los cual son las Plantas Potabilizadoras, Desmineralizadoras, Desaladoras y Suavizadoras de Agua.

En términos generales, el proceso completo de una Planta de este tipo se integra mediante la aplicación independiente o en forma combinada de los procesos y operaciones antes mencionados, mismos que son solucionados en función de los siguientes factores:

- a) Características del agua de suministro ó Influyente.
- b) Características del agua al cuerpo receptor o Efluente.
- c) Requisitos de la legislación aplicable en vigor.

Las Plantas de Tratamiento se pueden clasificar en base a la importancia que tiene el agua tanto en su entrada como en la salida de la planta.

a) Las Plantas Potabilizadoras, Desmineralizadoras, Desaladoras, etc; se les clasifica por la importancia que tiene el agua a la salida de la planta, obteniéndose agua potable. (Ver figura 2)

b) Las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales se les clasifica por la importancia que tiene el agua a la entrada de la planta, ya que en base a la calidad y tipo de agua se determinará el proceso de tratamiento más adecuado. (Ver figura 3)

Adicionalmente a estas etapas, cualquier proceso de tratamiento de agua, trae siempre como consecuencia la formación de residuos que normalmente no pueden descargarse al medio ambiente en el estado en que se obtienen, sino que deben tratarse también para eliminar su contaminación. Esto determina otro tipo adicional de tratamiento que se identifica como TRATAMIENTO RESIDUAL, cuya descripción resumida se presenta junto con la correspondiente a las otras etapas en el inciso siguiente.

ESQUEMAS TÍPICOS DE TRATAMIENTO DE AGUA MUNICIPAL O POTABLE

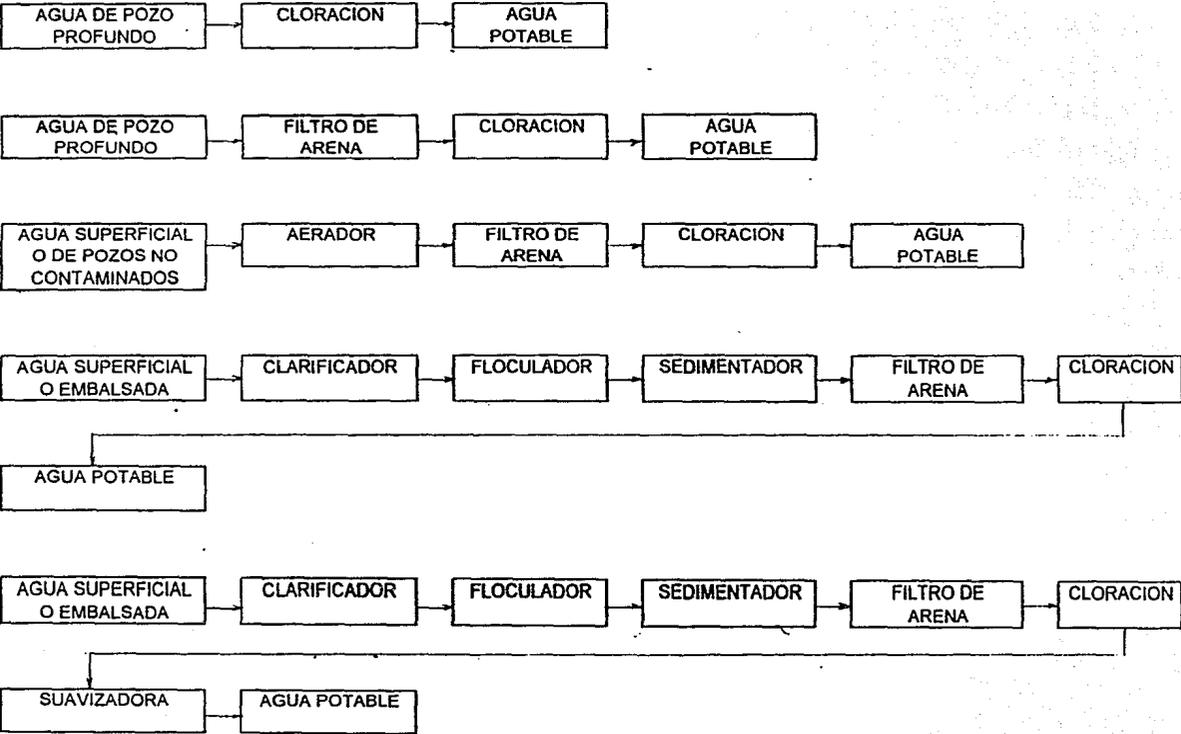


FIGURA 2

ESQUEMAS TÍPICOS PARA TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS MUNICIPALES

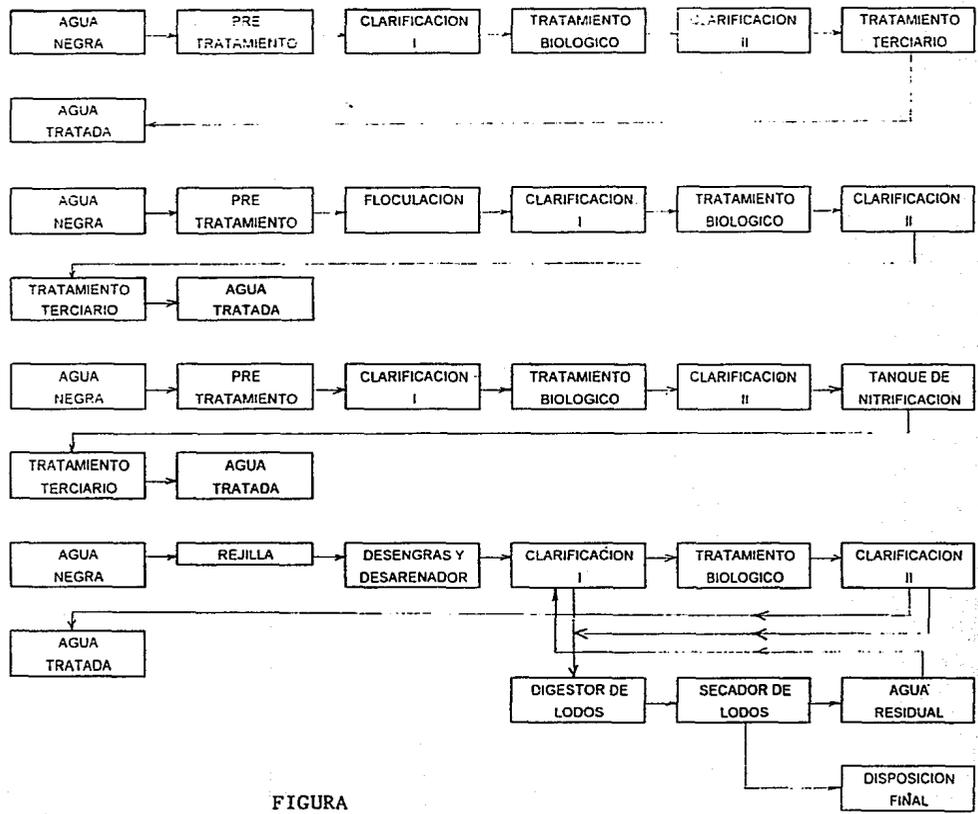


FIGURA 3

2.3 TIPOS DE PROCESOS

De conformidad con el tema de este trabajo sobre aguas residuales, de acuerdo con la etapas anteriores establecidas, los diferentes procesos y operaciones unitarias que constituyen a una Planta de Tratamiento se describen a grandes rasgos como sigue:

(ver figura 4)

PRETRATAMIENTO

Comprende aquellas operaciones físicas o mecánicas que tienen por objeto separar del agua a la mayor cantidad posible de materiales que, por su naturaleza o tamaño, ocasionarían problemas en los tratamientos posteriores como obstrucciones y abrasiones en los equipos con partes móviles como las bombas.

Las operaciones principales que se emplean en esta etapa para eliminar sólidos gruesos como piedras, madera, grava, trapos, arena y otros materiales similares son tamizado, cribado, trituración, desarenado, y la separación de aceite y grasas.

TRATAMIENTO PRIMARIO

Es un proceso físico químico que consiste en la separación " fina " de grasas y aceites que persisten después del Pretratamiento, junto con la eliminación de espumas, sólidos en suspensión y coloidales. En algunos casos, se incluye en esta etapa la corrección del

potencial hidrógeno (pH) para lograr mejores resultados en la etapa siguiente. Las operaciones que suelen aplicarse en este procesamiento son sedimentación, floculación, filtración, decantación y neutralización.

TRATAMIENTO SECUNDARIO

Es un tratamiento biológico que tiene como función, eliminar la materia orgánica biodegradable disuelta o en suspensión no sedimentable presente en el agua, provocando el desarrollo de microorganismos por medio de reacciones aeróbicas (en presencia de oxígeno) o anaeróbicas (sin oxígeno molecular), que transforman a la materia orgánica en nuevos microorganismos que son insolubles y fáciles de retirar del agua.

Este tratamiento puede efectuarse por medio de procedimientos bioquímicos como lodos activados, lagunas de estabilización, lagunas de oxidación, lagunas aeradoras, filtros precoladores y filtros rociadores.

TRATAMIENTO Terciario (AVANZADO)

Esta etapa se utiliza principalmente para obtener agua de mayor calidad aplicable a industrias y trata la eliminación de la materia orgánica no biodegradable, junto con los sólidos residuales en suspensión y las sales inorgánicas disueltas.

Las operaciones unitarias que se aplican en esta etapa de tratamiento son la desmineralización, ósmosis inversa, adsorción, electrodiálisis, intercambio iónico, depuración química , y la desinfección por ozonificación o luz ultravioleta.

TRATAMIENTO RESIDUAL

Consiste esencialmente en el tratamiento de la materia resultante como desecho o residuo de los procesos y operaciones descritos en las diversas etapas o fases del tratamiento. Dicha materia está constituida por una porción del agua tratada, más o menos purificada, otra porción que es una mezcla de las impurezas que fueron separadas con el tratamiento y otra porción formada por los diversos productos que se adicionaron en exceso para lograr tal separación.

A esta mezcla se le conoce como " LODO " y generalmente adopta la forma de un líquido espeso que contiene entre 0.25% y 12% de sólidos.

Estos " Lodos " se requieren evacuar, estabilizar, concentrar y desinfectar antes de descargarlos a la naturaleza, mediante procesos de bombeo, espesamiento, digestión, acondicionamiento y secado, para finalmente eliminarlos por medio de incineración, o bien utilizarlos en la producción de relleno sanitario o de " composta " que es un fertilizante acondicionador de suelos agrícolas.

2.4 PROYECTO DE PLANTA DE TRATAMIENTO

Se considera que el proyecto tipico en su conjunto puede ser agrupado en varias etapas en las que se integran todas las actividades a efectuar. De esta manera se establecieron 5 rubros principales:

- 1.- ESTUDIOS PRELIMINARES
 - a) Estudios de Factibilidad
 - b) Estudios de Localización o Sitio
 - c) Estudios de Caracterización
 - d) Estudios de Tratabilidad
 - e) Estudios de Topografia
 - f) Estudios de Mecánica de Suelos
 - g) Anteproyecto
- 2.- PROYECTO EJECUTIVO
- 3.- GERENCIA DE PROYECTO
- 4.- CONSTRUCCION
- 5.- ARRANQUE Y PUESTA EN OPERACION
- 6.- OPERACION Y MANTENIMIENTO

Un desglose preliminar de las actividades contenidas en cada rubro se muestra en seguida:

1.- PROYECTO EJECUTIVO

1.1 Ingeniería Básica

- a) Recopilación y evaluación de la información complementaria
- b) Ajuste y complemento de datos
- c) Estudios de Campo (Topografía, Mecánica de Suelos, etc.)
- d) Anteproyecto Funcional ,(Diagramas de Flujo (Ver figura 4), Perfil Hidráulico, Predimensionamiento, Memoria de Cálculo de Proceso.)

1.2 Ingeniería de Detalle

- a) Especificaciones , Memorias de cálculo y Planos.
- b) Catálogo de Conceptos de Obra
- c) Manual de operación y mantenimiento
- d) Informe del Proyecto Ejecutivo (Libro de Proyecto)

2.- GERENCIA DE PROYECTO

2.1 Ingeniería

2.2 Programa y Control de Proyecto

2.3 Procuración

2.4 Laboratorio de control de calidad en obra

2.5 Supervisión de pruebas y puesta en marcha

2.6 Coordinación y Administración del proyecto

3.- CONSTRUCCION

- 3.1 Obra Civil
- 3.2 Obra Eléctrica
- 3.3 Obra Mecánica
- 3.4 Obra Hidráulica
- 3.5 Obras Exteriores
- 3.6 Obra Arquitectónica
- 3.7 Instrumentación
- 3.8 Equipamiento

4.- ARRANQUE Y PUESTA EN OPERACION

- 4.1 Pruebas de Estanqueidad
- 4.2 Pruebas de equipo en vacío y con carga
- 4.3 Pruebas de Laboratorio
- 4.4 Preparación de productos químicos
- 4.5 Pruebas de trenes de tratamiento con flujo continuo
- 4.6 Capacitación de Personal
- 4.7 Modificaciones al manual de operación y mantenimiento

5.- OPERACION Y MANTENIMIENTO

- 5.1 Operación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
- 5.2 Mantenimiento Preventivo y Correctivo.

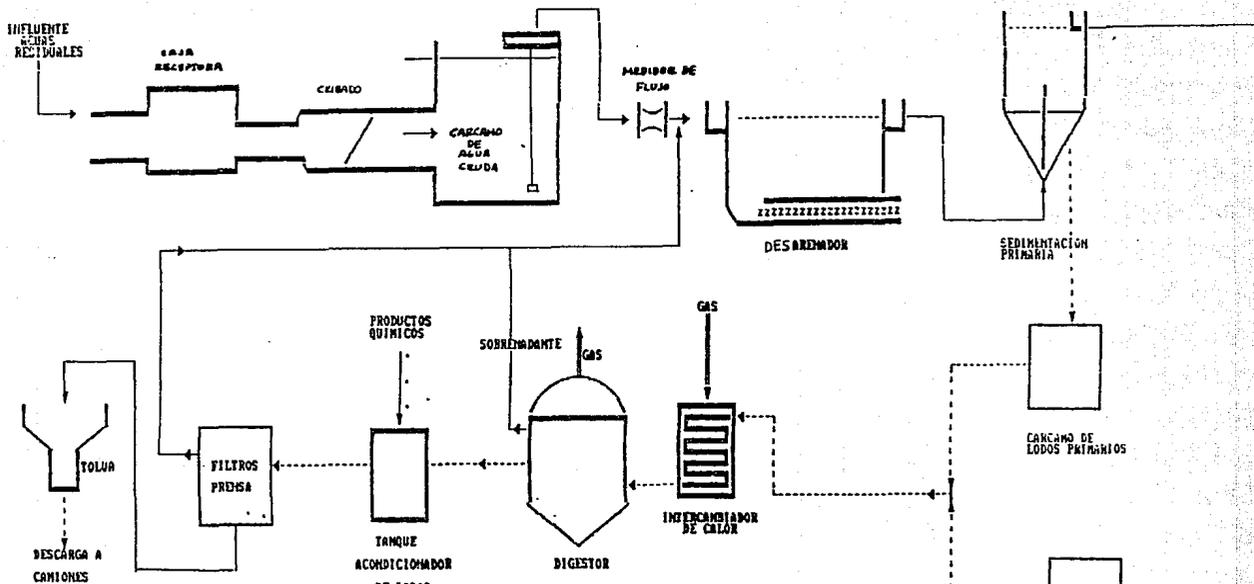
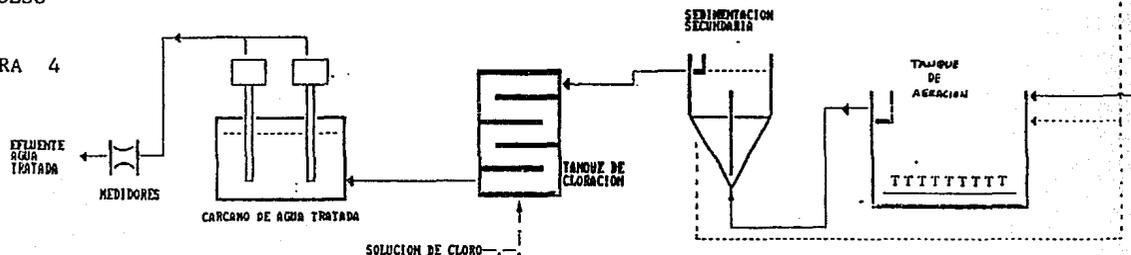


DIAGRAMA DE PROCESO

FIGURA 4



PROGRAMA GENERAL DEL PROYECTO EJECUTIVO

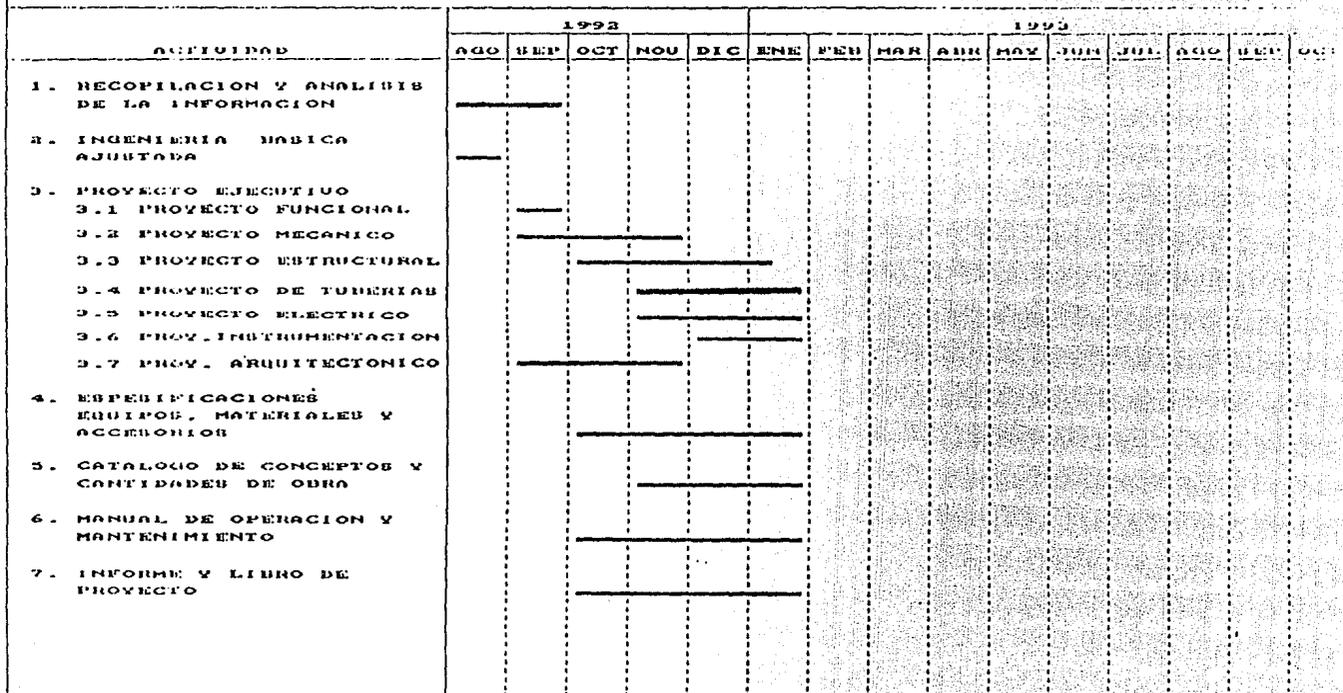


FIGURA
5

2.5 APLICACIONES

Como se aprecia en el contenido de los incisos anteriores, el tratamiento de aguas tiene un vasto campo de aplicación en la mayor parte de las actividades actuales del hombre, que considera desde el tratamiento de un suministro de agua a una región agrícola o la obtención de un líquido claro y limpio para el consumo humano de una zona urbana, hasta la fabricación del agua extrapura que exige la industria electrónica moderna.

Esto da idea de que el tipo de tratamiento que se practique en un centro de consumo dado dependerá en gran parte de las características del agua cruda disponible como influente, pudiendo variar sus componentes al considerar una cantidad mínima de tratamiento con los menores costos posibles de capital y de operación y mantenimiento para cada caso que se trate.

CAPITULO 3

ANALISIS Y SELECCION DE UN EQUIPO DE BOMBEO UTILIZADO EN UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

3.1 DESCRIPCION DE PLANTA DE TRATAMIENTO

Una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales por medio de Lodos Activados en forma genérica se constituye por una Obra de Toma, un Canal de Llegada hasta el Cárcamo de Agua Cruda, Sedimentación Primaria, Tanques de Aeración, Sedimentación Secundaria, Cárcamo de Agua Tratada, Cloración, Tanque de Almacenamiento, Cárcamo de Recirculación de Lodos y Servicios Generales integrados por una Subestación Eléctrica, Edificio de Sopladores, Edificio Principal, Laboratorio, Bodega, Taller, Caseta de Vigilancia y Sala de Capacitación.

Los Procesos principales mencionados anteriormente se describen a continuación:

TRATAMIENTO PRELIMINAR

Sirve para eliminar sólidos de gran tamaño y basuras que pueden perjudicar a los equipos de bombeo, válvulas, aeradores mecánicos etc. y esta constituido por rejillas de cribado.

SEDIMENTADORES PRIMARIOS

Los Sedimentadores Primarios tienen como función remover los sólidos inorgánicos en suspensión presentes en el agua para impedir que estos lleguen a los Tanques de Aeración.

TANQUES DE AERACION

Los Tanques de Aeración forman parte de lo que se considera proceso de Lodos Activados y en estos tanques, se mezclará el agua proveniente de los Sedimentadores Primarios, con los lodos que se recirculan del Sedimentador Secundario, para convertir la materia finamente dividida y disuelta en el agua, en flóculos que puedan separarse en los Tanques de Sedimentación Secundaria.

SEDIMENTADORES SECUNDARIOS

Al igual que los sedimentadores primarios se emplean para remoción de los sólidos.

CARCAMO DE BOMBEO DE LODOS

Este cárcamo tiene como función recibir los lodos concentrados en el sedimentador secundario y enviarlos a una caja distribuidora de lodos.

CAJA DISTRIBUIDORA DE LODOS.

Esta caja recibirá los lodos recirculados dividiendo el gasto a los dos tanques de aeración y al drenaje (para purgar los lodos en exceso).

DESINFECCION.

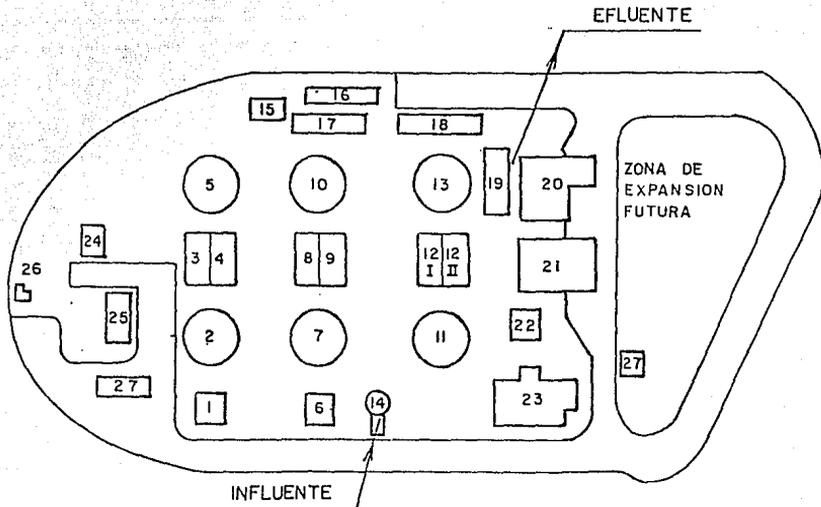
La parte final a analizar en el funcionamiento del proceso está constituido por la desinfección que tiene por objetivo destruir los microorganismos patógenos en el agua residual tratada.

DISPOSICION FINAL.

El agua tratada es recolectada en un cárcamo y mediante un Sistema de Bombeo se podrá disponer para uso industrial o riego.

La Planta de Tratamiento que se expone en este trabajo tratará un caudal de 750 l.p.s. de una mezcla constituida de aguas negras urbanas y residuales del tipo industrial, mediante 3 unidades de tratamiento con capacidad de diseño de 250 lps cada uno; las cuales funcionan bajo el esquema del proceso de lodos activados convencional hasta un nivel secundario. El tren de tratamiento consta de un tratamiento preliminar, primario, secundario con difusión de aire y desinfección, además de las instalaciones que integran su infraestructura de apoyo.

P. T. A. R. .



PLANTA DE CONJUNTO

SIMBOLOGIA:

- | | |
|---|--|
| 1. _ TANQUE DE ESPUMACION TREN I | 16. _ TANQUE DE FILTRACION I |
| 2. _ SEDIMENTADOR PRIMARIO TREN I | 17. _ TANQUE DE FILTRACION II |
| 3. _ TANQUE DE AEREACION I TREN I | 18. _ TANQUE DE FILTRACION III |
| 4. _ TANQUE DE AEREACION II TREN I | 19. _ CARCAMO DE AGUA TRATADA |
| 5. _ SEDIMENTADOR SECUNDARIO TREN I | 20. _ EDIFICIO Y TANQUE DE CONTACTO DE CLORO |
| 6. _ TANQUE DE ESPUMACION TREN II | 21. _ EDIFICIO DE SOPLADORES II |
| 7. _ SEDIMENTADOR PRIMARIO TREN II | 22. _ TANQUE DE ESPUMACION TREN III |
| 8. _ TANQUE DE AEREACION I TREN II | 23. _ EDIFICIO PRINCIPAL |
| 9. _ TANQUE DE AEREACION II TREN II | 24. _ TALLER - BODEGA |
| 10. _ SEDIMENTADOR SECUNDARIO TREN II | 25. _ EDIFICIO DE SOPLADORES |
| 11. _ SEDIMENTADOR PRIMARIO TREN III | 26. _ CASETA DE VIGILANCIA |
| 12. _ TANQUE DE AEREACION TREN III I/II | 27. _ SUBESTACION ELECTRICA |
| 13. _ SEDIMENTADOR SECUNDARIO TREN III | |
| 14. _ CARCAMO DE AGUA CRUDA | |
| 15. _ CARCAMO DE LODOS | |

FIGURA

El proceso empleado en esta planta de tratamiento es el de Lodos Activados, en el cual el Agua Residual y el Lodo biológico (microorganismos) son mezclados y aereados en un tanque (Reactor Biológico , los sólidos biológicos son posteriormente separados en un tanque de sedimentación (Sedimentador Secundario) y recirculados al tanque de aeración con el objeto de mantener una cantidad constante de sólidos suspendidos en el licor mezclado.

3.2 DESCRIPCION DE LOS SISTEMAS DE BOMBEO

Todo el proceso de agua en una Planta de Tratamiento es conducido por gravedad desde el inicio del proceso en la Sedimentación Primaria hasta la recolección del Agua Tratada . Los Sistemas de Bombeo utilizados en una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales utilizando el Proceso de Lodos Activados son los siguientes:

- a) Sistema de Agua Cruda
- b) Sistema de Recirculación de Lodos
- c) Sistema de Inyección de Cloro
- d) Sistema de Servicios Generales
- e) Sistema de Agua Tratada

Los sistemas antes mencionados se describirán a continuación

SISTEMA DE AGUA CRUDA

Este Sistema mediante bombeo demanda el agua residual proveniente del cárcamo de agua cruda hasta los tanques de sedimentación primaria con la finalidad de proporcionar la carga inicial necesaria para que el proceso de agua se continúe por gravedad.

SISTEMA DE RECIRCULACION DE LODOS

Este Sistema mediante bombeo recircula los lodos secundarios provenientes del Tanque de Sedimentación Secundaria hacia el Tanque de Aeración logrando con esto conducir al licor mezclado (microorganismos) a una cámara donde se les proveerá de oxígeno mediante sistemas de aeración por agitación o difusión con el fin de lograr la degradación de los microorganismos provenientes del Tanque de Sedimentación Primaria.

SISTEMA DE INYECCION DE CLORO

Este Sistema mediante bombeo inyecta una solución de cloro al agua proveniente del Tanque de Sedimentación Secundaria en un Tanque de contacto de cloro conduciendo el agua en forma alternada en unos canales con el fin de eliminar los microorganismos que hayan permanecido en el agua.

SISTEMA DE SERVICIOS GENERALES

Este sistema mediante bombeo demanda agua tratada a todas las instalaciones y áreas de la planta para uso general.

SISTEMA DE AGUA TRATADA

Este sistema mediante bombeo demanda el agua tratada fuera de la planta para darle uso tanto agrícola como industrial.

En el trabajo expuesto se tratará el SISTEMA DE AGUA CRUDA cuyas características de demanda de bombeo así como su diseño se describirán en los siguientes capítulos.

3.3 DESCRIPCION DE EQUIPOS DE BOMBEO UTILIZADOS EN UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

En una planta de tratamiento de aguas residuales se emplean generalmente los siguientes tipos de bombas: (ver figuras 14 a

16)

Bombas Centrifugas Verticales

Bombas Centrifugas Horizontales

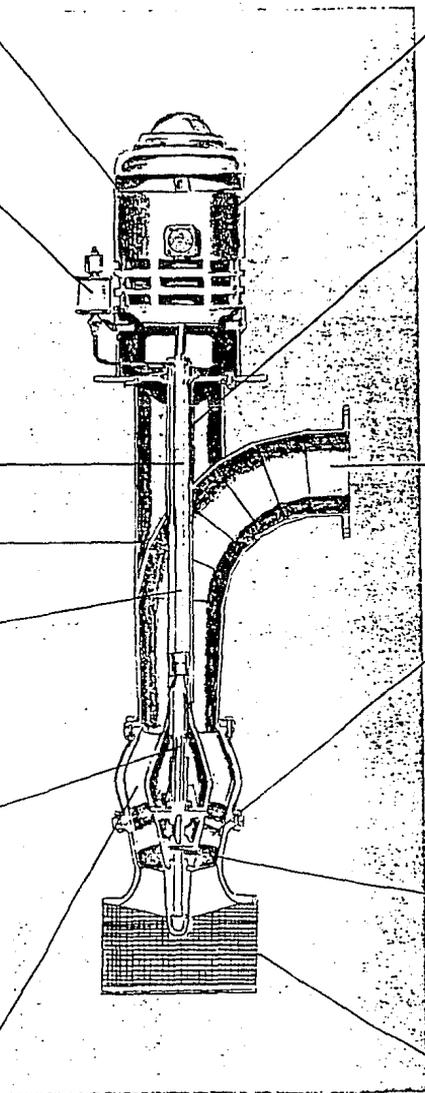
Bombas Rotatorias de Desplazamiento Positivo

o Tipo Tornillo.



BOMBAS PROPELA DE FLUJO MIXTO TARIFA 6512 (6360)

- 1.- ACCIONADORES. Las bombas propela verticales, pueden ser accionadas por medio de un motor electrico, un motor diesel o accionadores de gasolina. Los arreglos con motor diesel o de gasolina se complementan con el uso adecuado de cabeza de engranes.
- 2.- LUBRICACION. Las chumaceras de la bomba y las de la flecha de transmision, reciben la lubricacion desde la aceitera, la cual se encuentra colocada en la base del motor. Se suministra regularmente la aceitera para operarse manualmente. El aceite entra al tubo funda de la flecha superior, fluyendo por gravedad hasta lubricar todas las chumaceras. Las chumaceras del cuerpo de tazones de la bomba, son lubricadas por grasa.
- 3.- FLECHA DE TRANSMISION. La flecha está hecha de un grado especial de acero para tener así un alto par torsional
- 4.- COLUMNA DE DESCARGA. Está hecha de acero de alta resistencia en la cual, soportan el cuerpo de tazones.
- 5.- CHUMACERAS DE FLECHA DE TRANSMISION. Son hechas de bronce y están colocadas dentro del tubo funda y mantienen apropiadamente la flecha en su posición vertical. Un suministro constante de aceite fluye desde la aceitera al tubo funda superior asegurando una lubricación positiva permanente.
- 6.- FLECHA DEL CUERPO DE TAZONES. Hecha de acero inoxidable y esta dimensionada ampliamente para transmitir la máxima potencia con bajos esfuerzos de trabajo. Las chumaceras de tazones están diseñadas y maquinadas cuidadosamente para asegurar un alineamiento permanente de la flecha y por estar colocadas arriba y abajo de la hélice, aseguran un soporte para una operación suave.
- 7.- TAZON SUPERIOR. Esta hecho de hierro gris y provisto de álabes directrices que, dirigen adecuadamente el flujo de agua hacia la columna de descarga la chumacera superior de la bomba, cuenta con una caja maquinada exactamente y soportada por los álabes directrices



- 8.- MOTOR. Las bombas propelas verticales son accionadas generalmente por medio de motores verticales, flecha hueca. Los empujes hacia abajo del elemento rotano es soportado por los baleros de empuje del motor. La flecha superior se extiende a través del motor y es asegurada por medio de una tuerca.
- 9.- TUBO FUNDA DE LA FLECHA. Este tubo es hecho de acero resistente y encierra a la flecha de transmision desde la parte superior del cuerpo de tazones, hasta la placa base. Este se fija rigidamente en una posición por medio de una tuerca y se soporta contra la superficie superior de la placa base. Las chumaceras de bronce se encuentran espaciadas adecuadamente para asegurar una operación suave.
- 10.- CABEZAL DE DESCARGA. Es fabricado de placa de acero soldado en secciones y diseñado para alta eficiencia, los contornos del cabezal están diseñados para que se tenga un flujo suave y permitir así que el agua descargue con un minimo de pérdidas debidas a turbulencia.
- 11.- IMPULSOR. El cubo de bronce del impulsor, está firmemente sujeto a la flecha por medio de una cuña y un collarin. Un collarin de arena cubre el collarin de fijacion impidiendo la entrada de arena a la chumacera inferior de la bomba. La propela se caracteriza por una combinacion adecuada de diseño aerodinámico y superficie con acabados lisos, lo cual califica para un comportamiento excelente de la bomba.
- 12.- TAZON INFERIOR. Esta diseñado con una amplia abertura de succión acompañada para permitir la libre entrada del liquido. Cuenta igualmente con álabes directrices. El cubo barrenado exactamente, forma un soporte adecuado para la chumacera inferior.
- 13.- COLADOR. Este colador de tipo canasta, esta construido rigidamente, para una vida prolongada y asegurado firmemente a la parte inferior del tazon. Con todo esto se impide la entrada de materiales extraños a la bomba.

APLICACIONES TÍPICAS

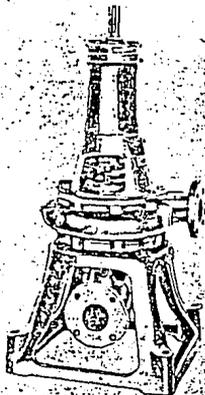
- DESALOJAMIENTO DE AGUAS NEGRAS EN CARCAMOS MUNICIPALES
- BOMBEO DE PRESAS PARA FINES DE IRRIGACION
- BOMBEO EN GENERAL

FIGURA

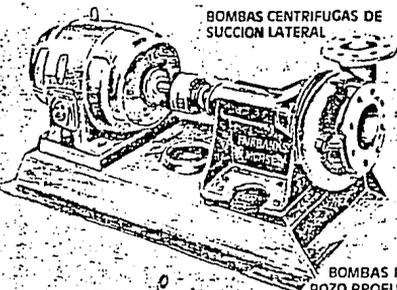
7

Evita con
FALLA DE ORIGEN

BOMBAS CENTRIFUGAS
VERTICALES INATASCABLES



BOMBAS CENTRIFUGAS DE
SUCCION LATERAL



BOMBAS PARA
POZO PROFUNDO
TIPO TURBINA, LU-
BRICADAS POR AGUA

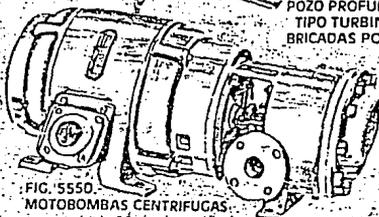
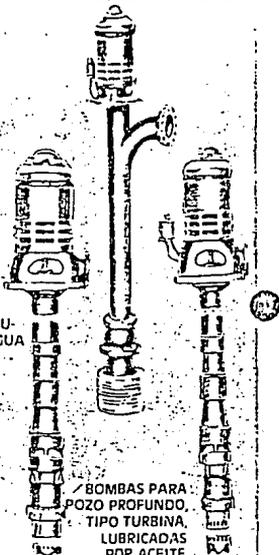
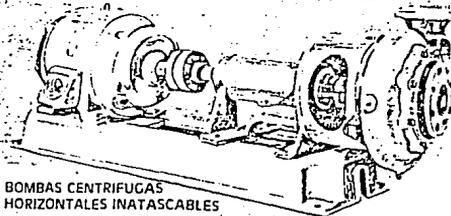


FIG. 5550.
MOTOBOMBAS CENTRIFUGAS

BOMBA TIPO PROPELA

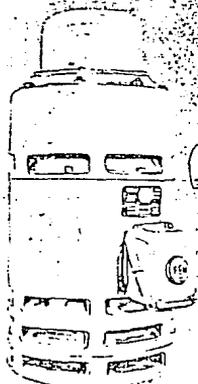


BOMBAS PARA
POZO PROFUNDO,
TIPO TURBINA,
LUBRICADAS POR ACEITE

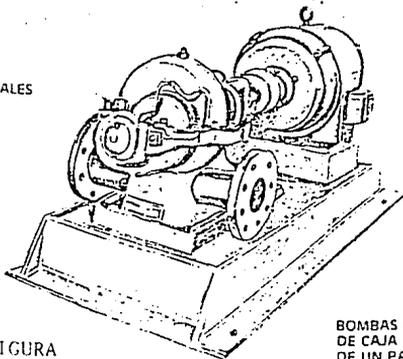
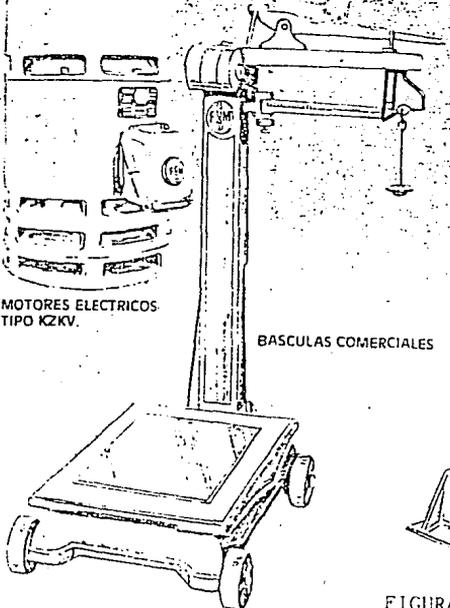


BOMBAS CENTRIFUGAS
HORIZONTALES INATASCABLES

MOTORES ELECTRICOS
TIPO KZKV.



BASCULAS COMERCIALES



BOMBAS CENTRIFUGAS
DE CAJA PARTIDA
DE UN PASO

FIGURA
8

BOMBA DE CAVIDAD PROGRESIVA
MARCA: MOYNO

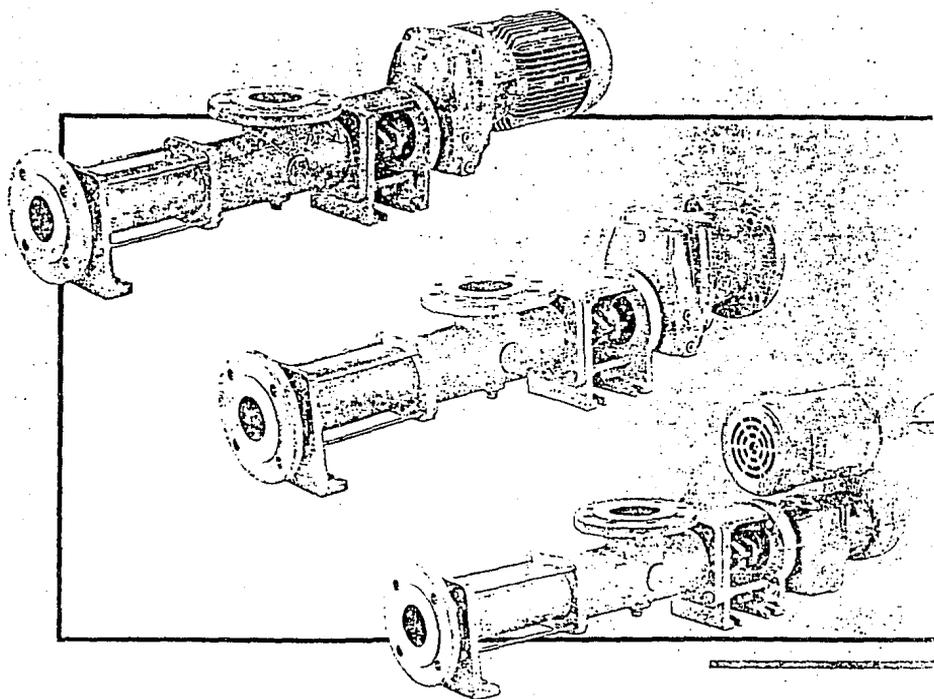
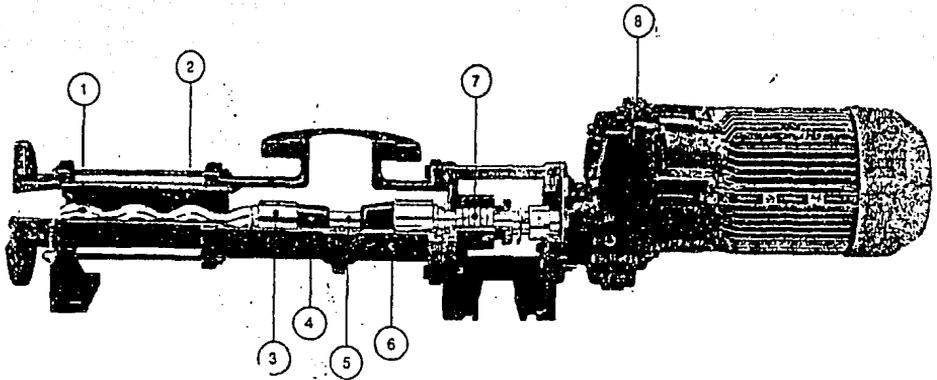


FIGURA
9

DESCRIPCION DE PARTES

BOMBA DE TORNILLO O DESPLAZAMIENTO POSITIVO

MARCA : MOYNO (ROBINSON - MYERS)



1.- ROTOR
2.- ESTATOR
3.- JUNTA
UNIVERSAL
(ACERO)

4.- JUNTA
UNIVERSAL
(HULE)
5.- CONECTOR
6.- CARCAZA

7.- SELLOS
MECANICOS
8.- MOTORREDUCTOR

FIGURA

A continuación se analizará el funcionamiento de cada tipo de bomba, cuyas características más significativas se resumen en la siguiente tabla:

CONCEPTOS	BOMBAS	BOMBAS
	CENTRIFUGAS	ROTATORIAS
CAPACIDAD	10-450,000 GPM	1-1000 GPM
PRESION DESCARGA	H ≤ 300 FT (1 etapa) H > 350 FT (+2 etapas)	P ≤ 5000 PSI
VELOCIDAD ESPECIFICA	500-3,500 RPM	100-2,000 RPM
EFICIENCIA MEDIA	1 ETAPA= 45-60 % M ETAPAS= 60-85 %	-CAPAC= 70-90 % +CAPAC= 50-80 %
VENTAJAS	SE USA MUCHO (65%)	VELOC VARIABLE
	DESC. SIN PULSACIONES	NPSH REQ. BAJO
	VELOC. CONSTANTE	SON AUTOCEBANTES
	BAJO COSTO INICIAL	ALTA n ^c /f
		viscosos
	BAJO COSTO OP Y MANT.	ALTA P ^c /medios gastos
	OPERACION SILENCIOSA	BAJAS VIBRACIONES
	USAN CUALQ ACCIONAM.	P DESCARGA CONST.
	OCUPAN POCO ESPACIO	
	AMPLIO RANGO DE Q Y H	
LARGA VIDA UTIL		

DESVENTAJAS	NO SIRVEN CON -	USO LIMITADO
	FLUIDOS VISCOSOS	(10%).
	FLUIDOS VISCOSOS	DESC. CASI
		UNIFORME
	NO SON AUTOCEBANTES	ALTISIMO COSTO
	ALTO NPSH REQ	INICIAL
	H CAMBIA CON Q	ALTO COSTO
		OPERAC.Y
	PARTE c/FLUIDOS	MANTENIMIENTO.
	CON SOLIDOS	CAPACIDAD
		PESO Y
		DIMENSIONES
		MEDIAS.

Las aplicaciones de las bombas en esta planta de tratamiento de aguas residuales son las siguientes:

- BOMBAS CENTRIFUGAS VERTICALES

Las Bombas Centrifugas Verticales se emplean principalmente tanto en el sistema de agua cruda como el sistema de agua tratada , el primer sistema se emplea para poder suministrar de agua cruda a la fase primaria de sedimentación, su empleo es debido a que en la mayoría de la captación de agua cruda o residual la llegada depende en muchas ocasiones de la conformación del terreno así como de la llegada de la línea de drenaje que se ha diseñado con anterioridad y esto representa en algunas ocasiones que su llegada sea en un

llegada de la línea de drenaje que se ha diseñado con anterioridad y esto representa en algunas ocasiones que su llegada sea en un nivel mas bajo que el del nivel de piso o terreno natural, teniendo con esto captación de agua demasiado profunda; En el sistema de agua tratada se emplea este tipo de bomba para demandar el fluido a grandes distancias y por lo tanto se requiere de cárcamos profundos para la recolección del agua tratada, generalmente son de gran capacidad, su instalación, el poco espacio que necesitan para su montaje así como por la facilidad de operación de la misma la ubican como una bomba de gran versatilidad y rentabilidad en el mercado.

- BOMBAS CENTRIFUGAS HORIZONTALES

Las Bombas Centrifugas Horizontales se emplean principalmente en los sistemas de recirculación de lodos secundarios y sistema de cloración, su elección se basa principalmente cuando los gastos y cargas a manejar no son de gran magnitud y la intermitencia entre ellas es frecuente se emplean principalmente para el manejo de fluidos como el lodo secundario obtenido de los sedimentadores secundarios, este tipo de bomba tiene el problema que en su sistema de succión se tiene que cuidar la cavitación debido a que en las plantas no se tiene el cuidado debido para checar los niveles de operación en la mayoría de los casos.

ANALISIS GENERAL TECNICO ECONOMICO DE EQUIPOS DE BOMBEO

EQUIPO	VENTAJAS	DESVENTAJAS	CANT	P.U N\$	P.T N\$
BOMBAS CENTRIFUGAS VERTICALES	1.- MANEJO DE SOLIDOS SIN DIFICULTAD 2.- EFICIENCIA 70-75 % 3.- FACIL INSTALACION EN POZOS, CARCAMOS Y OTRAS INSTALACIONES 4.- DESARROLLA COLUMNAS DE BAJAS A MODERADAS CON GRANDES GASTOS 5.- LA BOMBA SE ENCUENTRA SUMERGIDA EN EL LIQUIDO QUE MANEJA 6.- NO TIENE PROBLEMAS DE CAVITACION MIENTRAS LA SUMERGENCIA SEA LA CORRECTA 7.- NO SE NECESITA PURGAR LA BOMBA 8.- NO NECESITA MAYOR ESPACIO DE USO 9.- CONEXIONES DE TUBERIA MAS SIMPLES 10.- POSIBILIDAD DE USAR FLECHAS EXTENDIDAS PARA AISLAR EL MOTOR DE LA BOMBA 11.- MANTENIMIENTO PUEDE HACERLO PERSONAL CALIFICADO	1.- SOLO ES UTILIZABLE PARA POZOS PROFUNDOS 2.- NO MANEJA GASTOS PEQUEROS 3.- NO SE PUEDE TENER PAROS Y ARRANQUES FRECUENTES O EN FORMA INTERMITENTE	5	57000	285000

EQUIPO	VENTAJAS	DESVENTAJAS	CANT	P.U N\$	P.T N\$
BOMBAS CENTRIFUGAS HORIZONTALES	1.- MANEJO DE SOLIDOS SIN DIFICULTAD 2.- EFICIENCIA 80-85 % 3.- FACIL INSTALACION EN POZOS, CARCAMOS Y OTRAS INSTALACIONES 4.- DESARROLLA COLUMNA DE BAJAS A MODERADAS CON GRANDES GASTOS 5.- SI SE PUEDE TENER PAROS Y ARRANQUES INTERMITENTES 6.- NO TIENE PROBLEMAS DE CAVITACION MIENTRAS LA CNSP SEA CORRECTA 7.- MANTENIMIENTO PUEDE HACERLO PERSONAL DE PLANTA	1.- LA BOMBA NO PUEDE SUMERGIRSE EN EL LIQUIDO QUE MANEJA 2.- SE NECESITA PURGAR LA BOMBA 3.- NECESITA ESPACIO PARA USO 4.- CONEXIONES DE TUBERIA COMPLEJAS 5.- NO PUEDE USAR FLECHAS EXTENDIDAS PARA AISLAR EL MOTOR DE LA BOMBA	5	54000	270000
BOMBAS ROTATORIAS O TIPO TORNILLO	1.- MANEJO DE SOLIDOS MUY VISCOSOS 2.- EFICIENCIA 40-45 % 3.- DESARROLLA COLUMNA DE BAJAS A MODERADAS CON GASTOS MEDIOS A PEQUEÑOS 4.- NO SE NECESITA PURGA LA BOMBA 5.- NO NECESITA MAYOR ESPACIO DE USO 6.- DIVERSIDAD EN SU INSTALACION 7.- NO TIENE PROBLEMAS DE CAVITACION MIENTRAS LA CNSP SEA CORRECTA	1.- LA BOMBA NO PUEDE SUMERGIRSE EN EL LIQUIDO QUE MANEJA 2.- CONEXIONES DE TUBERIA COMPLEJAS 3.- VELOCIDADES DE FLUJO BAJAS 4.- NECESITA PERSONAL ESPECIALIZADO	5	170000	850000

- BOMBAS ROTATORIAS (DESPLAZAMIENTO POSITIVO)

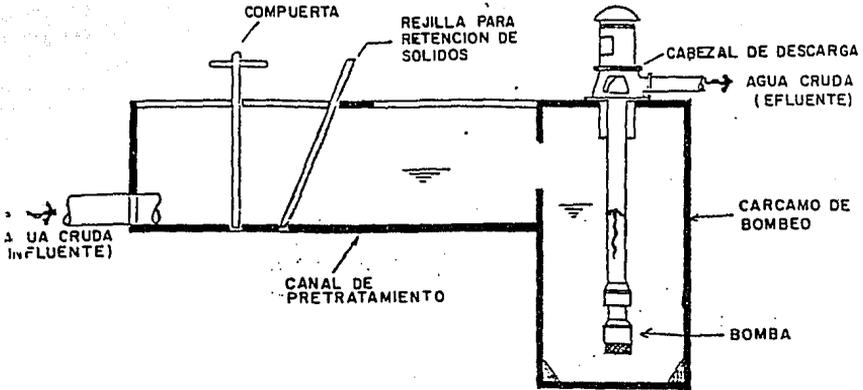
Las Bombas Rotatorias o de Desplazamiento Positivo se emplean principalmente para el desalajo de lodos primarios obtenidos de los sedimentadores primarios y cuya consistencia es muy viscosa y difícil de manejar con una bomba centrífuga, también se utilizan para el desalajo de arenas en el sistema de pretratamiento las cuales pueden ocasionar acumulación de sólidos en el cárcamo de bombeo de agua cruda.

Al hacer el análisis de las características y función de cada una de las bombas, se muestra que las Bombas Centrífugas Verticales son equipos utilizados en sistemas donde el gasto manejado representa la totalidad del gasto entrante a la planta mientras que las otras bombas manejan solo una parte del gasto dependiendo del sistema donde se encuentren. El trabajo de tesis estará basado en sus cálculos, selección, terminología y conclusiones a las Bombas Centrífugas Verticales ya que son las empleadas en la mayoría de las plantas para el desalajo de agua cruda en la parte inicial del tratamiento de aguas negras.

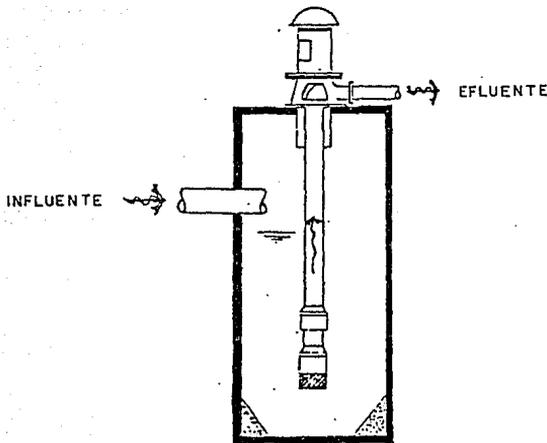
3.4 ARREGLOS TÍPICOS DE BOMBAS VERTICALES EN UNA P.T.A.R

En la sección 3.4 se presentan esquemáticamente algunos ejemplos típicos de bombeo principalmente de bombas verticales empleadas en una planta de tratamiento de aguas residuales. (Figuras 18 y 19)

ARREGLOS TÍPICOS DE BOMBAS VERTICALES EN UNA P.T.A.R.

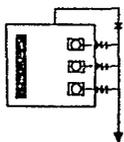


a) EQUIPO DE BOMBEO VERTICAL EN CARCAMO DE CAPTACION DE EFLUENTE UNIDO AL SISTEMA DE PRETRATAMIENTO.

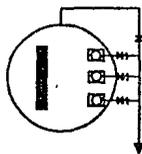


b) EQUIPO DE BOMBEO VERTICAL EN CARCAMO DE CAPTACION EXISTENTE.

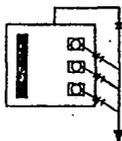
FIGURA



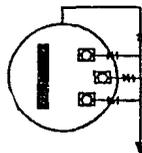
ARREGLO DE EQUIPO DE BOMBEO EN LINEA EN CARCAMO CUADRADO CON DESCARGA AL MULTIPLE EN 90 GRADOS



ARREGLO DE EQUIPO DE BOMBEO VERTICAL EN LINEA EN CARCAMO CIRCULAR CON DESCARGA AL MULTIPLE EN 90 GRADOS



ARREGLO DE EQUIPO DE BOMBEO EN LINEA EN CARCAMO CUADRADO CON DESCARGA AL MULTIPLE EN 45 GRADOS



ARREGLO DE EQUIPO DE BOMBEO EN SEMICIRCULO EN CARCAMO CIRCULAR CON DESCARGA AL MULTIPLE EN 90 GRADOS

SIMBOLOGIA :

VALVULA DE COMPUERTA	⊗
VALVULA CHECK	⌞
REJILLA IRVING	—
BOMBA CENTRIFUGA VERTICAL	□

FIGURA

CAPITULO 4

DISEÑO Y SELECCION DE UN SISTEMA DE BOMBEO PARA AGUA CRUDA

4.1 INTRODUCCION

En este capítulo se mostrará el diseño y elección del sistema de bombeo para agua cruda así como los cálculos necesarios para determinar la cantidad y potencia de los equipos de bombeo.

4.2 TIPOS Y CLASES DE BOMBAS

En la figura 13 se muestran los diferentes tipos y clases de bombas que actualmente existen en el mercado.

4.3 TERMINOS EMPLEADOS EN BOMBEO

Al estudiar lo relativo al equipo de bombeo intervienen algunos conceptos que se deben tener presentes y que conviene recordar y aclarar. Los que se citan a continuación son los más empleados y están de acuerdo con la práctica usual.

4.3.1 PRESION

a) Presión Atmosférica

También se le llama presión barométrica por los aparatos (barómetros) que se usan para medirla y es aquella que se tiene en un lugar debida al peso de la atmósfera, por lo cual, varia con la

BOMBA CENTRIFUGA

VOLUTA
DIFUSOR
TURBINA REGENERATIVA
TURBINA VERTICAL
FLUJO MIXTO
FLUJO AXIAL

UN SOLO
PASO
PASOS
MULTIPLES

BOMBA ROTATORIA

VOLUTA
DIFUSOR
TURBINA REGENERATIVA
TURBINA VERTICAL
FLUJO MIXTO
FLUJO AXIAL

BOMBA
RECIPROCANTE

VOLUTA
DIFUSOR
TURBINA REGENERATIVA
TURBINA VERTICAL
FLUJO MIXTO
FLUJO AXIAL

SIMPLEX
DUPLEX
TRIPLEX
CUADRUPLIX
QUINTUPLIX
ETC.

FIGURA

altura con relación al nivel del mar, teniendo a cero metros un valor de 1.033 kg/cm^2 (en condiciones normales), que corresponden a una columna de mercurio de 0.760 m, ó a 10.33 m. de columna de agua Figs 14 y 15.

b) Presión Manométrica

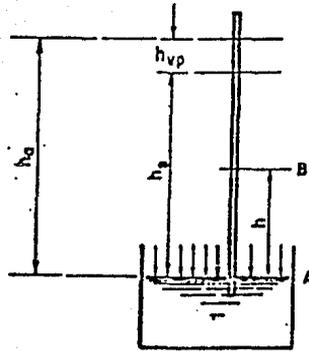
Es la presión que se tiene en una superficie sin considerar la presión atmosférica y por ello suele llamársele presión relativa.

c) Presión Absoluta

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

d) Presión Negativa

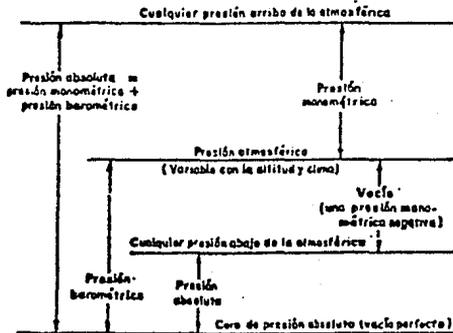
Cuando la presión absoluta es menor que la atmosférica se dice que se tiene una presión negativa. A esta carga se le llama carga de vacío o de succión. La carga negativa máxima que puede tenerse depende de la presión barométrica del lugar y de la tensión del vapor y ésta de la temperatura. Al nivel del mar la altura de succión máxima teórica es de 10.33 m.



Presión negativo

FIGURA

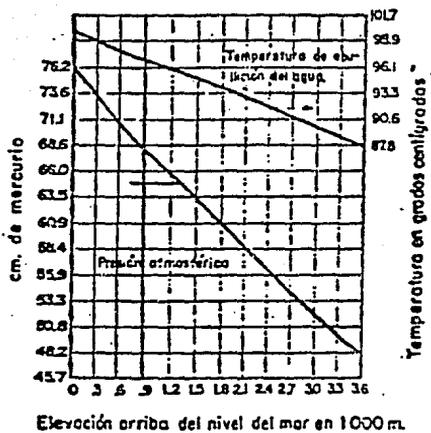
14



-PRESIONES - Relación de términos empleados

FIGURA

15



Presiones atmosféricas para altitudes hasta de 3660 metros

FIGURA

e) Presión de Vapor

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

En el caso del agua, la presión de vapor tiene valores definidos a cualquier temperatura y se pueden ver en tablas de vapor. Al convertir las presiones de vapor a carga en metros, se debe considerar la temperatura del agua bombeada.

f) Unidades de Presión

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

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

$$1 \text{ kg/cm}^2 = 10 \text{ m. col de agua} = 1 \text{ atm. métrica}$$

$$0.10 \text{ Kg/cm}^2 = 1 \text{ m. " " " } = 3.28 \text{ pies.}$$

$$1 \text{ Kg/cm}^2 = 1.4223 \text{ lbs/pulg}^2 = 32.808 \text{ pies.}$$

4.3.2 COLUMNA O CARGA TOTAL DE BOMBEO

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

$$H = H_d - H_s$$

H = Carga total.- Suma de las energías que se tienen en el sistema cuando trabaja la bomba a determinada capacidad. Se expresa en metros de columna de agua absolutas o manométricas. Usualmente manométricas

H_s = Elevación de succión o carga de succión.-Se le da el primer nombre cuando la bomba se localiza arriba el nivel del agua en la succión, y el segundo, si la elevación de ese nivel es superior al sitio de la bomba.

Su valor es igual a la carga estática de succión, menos todas las pérdidas de energía que se tengan en la succión más alguna otra presión (diferente a la atmosférica) que se tenga en ese sitio, convertida naturalmente en metros de columna de agua.

h_s = Elevación estática de succión o carga estática de succión. Recibe uno u otro nombre según la bomba se encuentre arriba o abajo del nivel libre del agua en la succión.

Su valor es igual a la diferencia de elevaciones entre el eje horizontal de la bomba y la superficie del agua en el suministro.

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

Las pérdidas son principalmente:

Pérdidas por entrada.- Su magnitud dependerá del diseño del extremo de la tubería en la entrada del agua, por lo que es recomendable un abocinamiento para disminuir su valor. También dependerá de los accesorios, por ejemplo válvulas y coladeras, que se tengan en la entrada.

Pérdidas por accesorios.- Es debida a codos, válvulas, etc. que se tengan en la descarga. Se acostumbra incluir esta pérdida en el cálculo de la

fricción, para lo cual se expresa en longitud equivalente a la tubería que se use.

H_D = Carga de descarga.- Es la suma de las cargas estática (h_d), de fricción (h_{fd}) y de velocidad (h_{vd}) en la línea de descarga. ocasionalmente se considera la presión P_d diferente a la atmosférica que se pudiera tener en el sitio de descarga. Esto último casi no se presenta en bombeo para riego.

Ordinariamente, tanto la carga (H_D) como la de succión (H_s) se expresan con relación al eje horizontal de la bomba; sin embargo puede tomarse como referencia otra elevación haciendo la aclaración correspondiente.

Descarga con sifón.- Se usa este tipo de descarga, con el objeto de reducir la columna o carga total de la bomba durante la operación, aprovechando la forma de trabajo de este dispositivo; se consigue por lo tanto, reducir la potencia y probablemente un equipo de menor capacidad.

h_{et} = Carga estática total.- En general, la columna estática total de una bomba es la diferencia de la elevación de descarga y la elevación del nivel del agua en la succión.

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

h_{fd} = Carga de fricción en la descarga.- Incluye todas las pérdidas de energía que se tienen a partir de la boquilla de la bomba y en la tubería de descarga. Estas pérdidas son debidas a la fricción a lo largo de dicha tubería, a cambios de dirección y a todos accesorios que se tengan en la misma

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

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

h_{vd} = Carga de velocidad en m

v = velocidad del agua en la tubería de descarga en m/seg

g = Aceleración de la gravedad igual a 9.81 m/seg²

a) Carga total de una Bomba de eje Vertical.

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

Debido al funcionamiento e instalación de las bombas verticales, la carga total valdrá siempre, la suma de la carga de succión y la carga de descarga, como puede observarse en la fig 17 que representa un caso típico de bombeo con este tipo de unidades.

Por lo tanto se puede escribir:

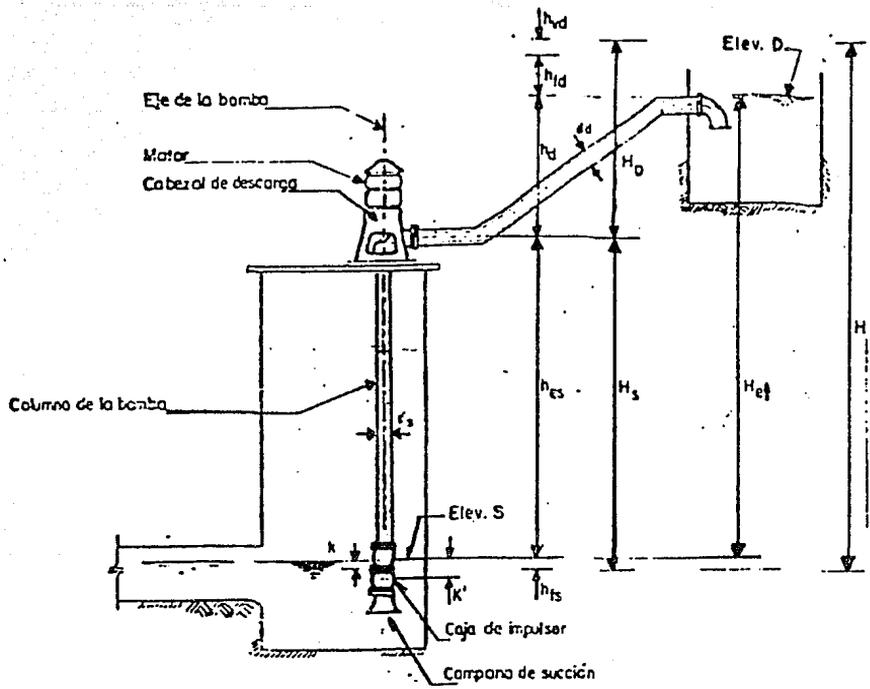
$$H = H_S + H_D \quad (1)$$

$$H_S = h_S + h_{fS} \quad (a)$$

$$H_D = h_d + h_{fd} + h_{vd} \quad (b)$$

Sustituyendo (a) y (b) en 1:

$$H = h_S + h_{fS} + h_d + h_{fd} + h_{vd}$$



$$H = h_{et} + h_{ts} + h_{td} + h_{vd} = H_s + H_D \quad \text{Para } \phi_s = \phi_d$$

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

-Instalación típica de una bomba vertical

FIGURA

$$H = h_{et} + h_{fs} + h_{fd} + h_{vd} \text{ ya que:}$$

$$h_{et} = h_s + h_d$$

Representando

H = Carga dinámica total o altura manométrica total.

H_s = Carga total en la succión.

h_s = Carga estática de succión

h_{fs} = Pérdida por fricción en la columna de succión y cabezal de descarga.

H_D = Carga de descarga.

h_d = Carga estática de descarga.

h_{fd} = Carga de fricción en la descarga.

h_{vd} = Carga de velocidad en la descarga.

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

4.3.3 CARGA NETA DE SUCCION POSITIVA (CNSP o NPSH)

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

Se ha observado (lo dicen las autoridades relacionadas con problemas de bombeo) que una determinación incorrecta de la C. N. S. P. puede ocasionar fundamentalmente problemas de cavitación en menor o mayor grado, disminución de la eficiencia de las unidades y por ende problemas en la operación de un sistema de bombeo.

Antes de seguir adelante, se hace la aclaración que es usual en los fabricantes de bombas emplear las siglas del nombre en inglés de este concepto o sea N.P.S.H. (Net Positive Suction Head).

C.N.S.P. Requerida.- es la diferencia mínima de presión entre la carga de succión y la presión de vapor del líquido manejado, que necesita una bomba para operar a determinada capacidad. En nuestro caso la presión de vapor corresponderá al agua.

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

valuar su magnitud; forma y número de álabes, espacio entre ellos, velocidad específica de la bomba y otras características propias de fabricación, como la flecha y cubo del impulsor.

Siendo la C.N.S.P. una característica propia de cada modelo de bomba, su valor es un dato proporcionado por los fabricantes y se puede encontrar en catálogos editados por las casas vendedoras. Esta carga generalmente la refiere al eje horizontal de la bomba o del impulsor.

C.N.S.P. Disponible.- Es la diferencia entre la presión absoluta que se tiene en una instalación y la presión de vapor de agua.

De acuerdo con la definición anterior, la C.N.S.P. disponible, dependerá fundamentalmente del lugar en que se lleve a cabo el bombeo y de la presión de vapor del agua a la temperatura dominante en ese lugar, así como de las condiciones físicas de la instalación; en bombas verticales muchas veces para lograr mayor C.N.S.P. disponible se recurre al aumento de la sumergencia. En otras ocasiones, también se podrá disminuir el gasto de cada unidad aumentando el número de bombas.

En toda instalación y para cualquier condición de trabajo, la C.N.S.P. requerida por la bomba de que se trate; pero se recomienda que ese valor mínimo sea un poco mayor, por lo que podemos escribir:

$$\text{C.N.S.P. disponible} \geq \text{C.N.S.P. requerida.}$$

$$(\text{C.N.S.P.})_d \geq (\text{C.N.S.P.})_r$$

a) C.N.S.P. disponible en casos típicos

A continuación se da la expresión matemática para el cálculo de la C.N.S.P. disponible, de acuerdo con el esquemas de bombeo indicado en la fig 18.

En las siguientes igualdades todos los términos se expresan en metros y significan lo siguiente:

$(\text{C.N.S.P.})_d$ = Carga neta de succión positiva disponible.

P_{ab} = Presión absoluta.

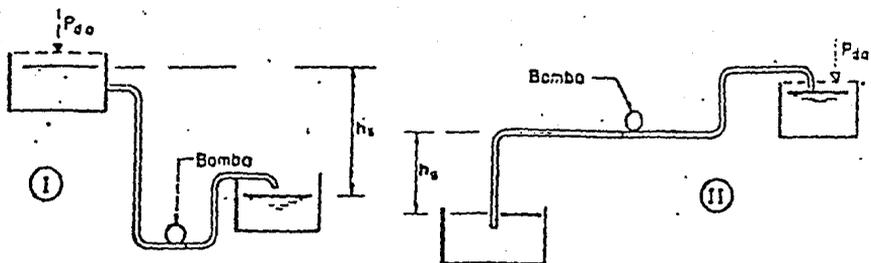
P_{av} = Presión de vapor de agua a la temperatura de bombeo.

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

h_b = Carga correspondiente a la presión barométrica o atmosférica.

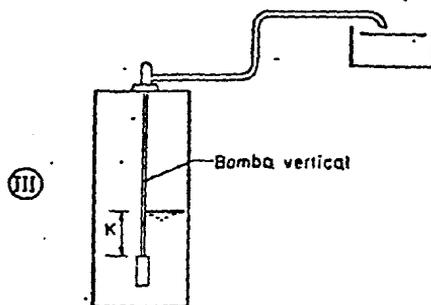
H_s = Carga de succión.

h_s = Carga estática de succión.



$$\text{CNSP} = h_d + h_s - (h_{f1} + P_v)$$

$$\text{CNSP} = h_d - (h_s + h_{f1} + P_v)$$



$$\text{CNSP} = h_d + K - P_v$$

Si existe (P_{d0}) sustitúyase h_d por ese valor.

-CNSP Disponible en casos típicos

FIGURA

18

h_{fs} = Carga de fricción en la succión

K = Sumergencia de la bomba.

En la instalación de una bomba vertical se tiene el siguiente razonamiento análogo.

$$(C.N.S.P.)_d = P_{ab} - P_v \quad (1)$$

Para este caso:

$$P_{ab} = H_{ab} = h_b + K \quad (2)$$

Sustituyendo (1) en (2)

$$(C.N.S.P.)_d = h_b + K - P_v$$

4.3.4 Otros términos

a) Sumergencia de una bomba vertical:

Puede definirse como la carga estática que actúa en la bomba debido al ahogamiento del primer impulsor. Numéricamente es la distancia vertical, en metros, entre el nivel del agua en el cárcamo y el eje horizontal del primer impelente, que es el adyacente a la campana de succión. En la fig 17 se ha acotado con la letra K.

Esta carga es siempre necesaria para el funcionamiento en si, de la bomba; también evita la posibilidad de que el aire que se encuentre arriba de la superficie del agua entre el impulsor (disminuyendo su eficiencia) durante el funcionamiento y ademas favorece a una instalación al aumentar el N.P.S.H. (carga neta de succión positiva) en forma semejante a lo que sucede con la carga estática de succión en una bomba de eje horizontal que se localiza abajo del nivel del agua en el suministro.

La sumergencia mínima requerida por una bomba, operando en determinadas condiciones, es dato del fabricante y generalmente puede verse en la carta que contiene la curva de eficiencia del modelo.

b) Nivel Dinámico

Se acostumbra llamar así, al nivel del agua en el suministro cuando opera la bomba. En bombeo de aguas negras, como el que se ocupa en este tema el nivel del agua existente en el cárcamo para cualquier condición de operación permanece constante. En el caso que se presente alguna falla en el suministro provocando con esto una disminución en el gasto de entrada, se controlará el nivel de agua mediante electroniveles , evitando con esto que el nivel llegue por debajo de la sumergencia permitida y así evitar cualquier posible fenómeno de cavitación.

c) Velocidad específica

Se define como la velocidad en revoluciones por minuto a que debe girar un modelo reducido de impulsor de determinado tipo de bomba, para descargar la unidad de gasto, operando contra una carga unitaria

Su expresión matemática general y simplificada es la siguiente:

$$N_S = \frac{N Q^{1/2}}{H^{3/4}} \quad \text{Sistema Inglés.}$$

Representando:

N_S = Velocidad específica en r.p.m.

N = Velocidad de rotación en r.p.m.

Q = Gasto de la bomba en g.p.m

H = Carga total de cada paso en pies

Si se trabaja en unidades métricas Q y H se expresarán en litros/minuto y metros respectivamente, y además la fórmula se afectará de un coeficiente de transformación, quedando:

$$N_s = 0.211 \quad N Q^{1/2} \quad \text{Sistema Métrico.}$$

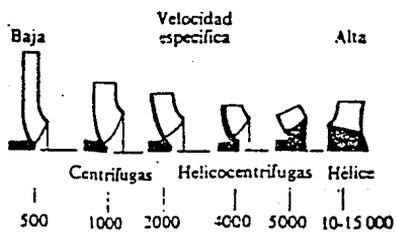
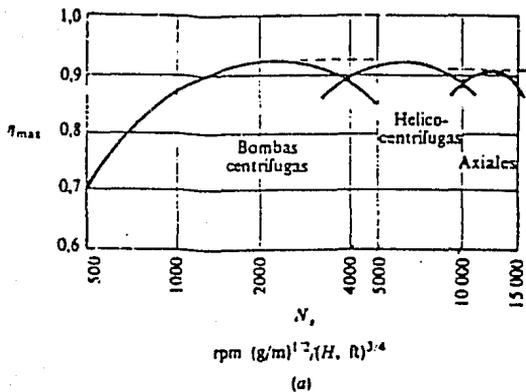
$$H^{3/4}$$

Mediante este concepto, que relaciona a los tres factores principales que influyen en el funcionamiento de una bomba (gasto, carga y velocidad) y la teoría de la similitud, los investigadores han encontrado formas y condiciones de operación convenientes para diferentes impulsores, y basándose en estos datos los fabricantes construyen sus diversos tipos y tamaños de bomba. En la práctica, la velocidad específica es un índice más que permite predecir el tipo de bomba conveniente a emplear y esperar, en general, un buen funcionamiento.

Aunque son varios los factores que pueden afectar la operación de una centrifuga, de entre los cuales el NPSH y la altura de succión son básicos y principales, se acostumbra verificar la velocidad específica de un modelo propuesto por un fabricante o de algún tipo de bomba que se tenga en mente. En la fig 19 se indican algunos valores de la N_s .

d) Cavitación

Cuando en el seno de un líquido en movimiento, la presión local se reduce a la correspondiente al vapor de ese líquido a la temperatura dominante, se presenta la formación de bolsas de vapor que desaparecen súbitamente al entrar en otra zona donde la presión tiene un valor tal, que se condensan, es decir, se tornan a líquido



Relación de la velocidad específica.

FIGURA

cavidades llenas de vapor del liquido que fluye porque pasa de una baja presión a alta presión, se llama cavitación.

Este fenómeno se puede presentar, en las turbinas, bombas, válvulas, en los cambios bruscos de la sección de tubería, etc., así como en las partes estacionarias de las estructuras hidráulicas que están propensas a baja presión y alta velocidad del agua, por ejemplo: en las compuertas deslizantes.

La cavitación en las máquinas hidráulicas ocasiona una disminución en su rendimiento, ruido, vibración y generalmente las corroe. Esto último hizo pensar a los investigadores que este fenómeno era de naturaleza química (debido a la oxidación) o electrolítica. Sin embargo, de acuerdo con los estudios y observaciones realizadas al respecto se ha comprobado y aceptado que más bien su naturaleza es mecánica, ya que también se llega a presentar en materiales como la madera, el concreto y hasta en el vidrio.

Cuando las bolsas de vapor se originan en la succión o entrada del impulsor de una bomba, las burbujas son arrastradas al interior de los álabes, sufriendo así un cambio de baja a alta presión y por lo tanto, se condensan súbitamente, originando al mismo tiempo una implosión. El proceso en sí y su repetición constante causa un choque de fuerte presión en las superficies metálicas de tal suerte que pueden llegar a provocar fatigas de ruptura del material y consecuentemente la picadura y erosión del mismo, esto amén de menor rendimiento, ruido y vibraciones perjudiciales.

De acuerdo con lo anterior, lo primero que se ocurre pensar para evitar la cavitación en bombas, es no dar lugar a la vaporización

del agua, en otras palabras, mantener siempre en la succión una presión arriba de la del vapor de agua y concretamente contar con un CNSP suficiente. Además de cuidar este concepto, algunos fabricantes recomiendan otras medidas prácticas como las siguientes:

En bombas verticales:

- 1.- Cargas mayores que la correspondiente a la máxima eficiencia
- 2.- Capacidad mucho menor que la correspondiente a la máxima eficiencia.
- 3.- Elevación de succión mayor o CNSP menor que la recomendada por el fabricante.
- 4.- Temperaturas del liquido mayores que las consideradas en el diseño del sistema.
- 5.- Velocidades superiores que las recomendadas por el fabricante.

e) Altura máxima de succión

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

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

4.4 PARTES QUE INTEGRAN UN SISTEMA DE BOMBEO

Las partes que, en general, integran un sistema de bombeo se clasifican como sigue:

CAPTACION U OBRA DE TOMA
 OBRA DE SUCCION O CARCAMO
 EQUIPO DE BOMBEO
 DESCARGA
 CASETA DE CONTROLES
 SUBESTACION ELECTRICA
 PROTECCION DE LAS INSTALACIONES

4.4.1 CAPTACION

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

De acuerdo con las características de la fuente y del proyecto, la obra de captación adquiere características propias, pudiendo

consistir desde un simple tajo en el margen de un río, hasta un tanque de almacenamiento.

Por lo anterior para la explicación del tema y tomando en cuenta que el desarrollo de la tesis se concentra en la planta de tratamiento de aguas para manejar un gasto de 750 l.p.s.; se enfocará el problema al aprovechamiento de una corriente superficial de régimen permanente y para poder ubicar la TOMA DIRECTA, se hacen las siguientes recomendaciones:

a) Localización

1.- La distancia a la zona de descarga será variante de acuerdo a las necesidades del proyecto.

2.- La pendiente de llegada de la tubería deberá ser suave y más o menos uniforme.

3.- Geológicamente el terreno deberá ser lo suficientemente resistente para desplantar la estructura, evitando las zonas de derrumbes o cauce inestable. Un buen indicio de geología apropiada para el efecto puede ser que la corriente tenga un cauce definido.

4.- Desde el punto de vista topográfico, además de pendiente adecuada y trazo recto, se procurará

localizar las obras de modo de no tener excesivas excavaciones.

5.- Por otra parte es conveniente procurar bancos de materiales, como grava y arena, lo más próximos posible a la obra.

b) Partes de la Toma

Canal de acceso.- Se construye para comunicar, en forma gradual, la fuente con la toma y también se aprovecha el paso del agua por él para sedimentar materias en suspensión que lleva el agua.

Las dimensiones que se asignan están de acuerdo con el gasto y la velocidad que se considere debe dársele al agua para entrar a la toma (de 0.40 a 0.80 m/seg.), además del procedimiento de construcción empleado y la clase de material en donde se aloje. Conviene diseñar la plantilla de este acceso, en contra-pendiente y disminuyendo su ancho hacia la toma hasta tener la dimensión horizontal de la rejilla.

Si es de longitud considerable, conviene que por lo menos en un tramo adjunto a la entrada sea revestido para facilitar su limpieza periódica.

Estructura de entrada.- Constituye la entrada del agua sirviendo de apoyo a las rejillas. Aloja los mecanismos o sistemas de control

para el paso del agua, así como lo necesario para facilitar su inspección y limpieza cada vez que lo requiera.

c) Rejillas

En el mercado existen 2 tipos de Rejillas: Las Mecánicas o Manuales y las Automáticas.

Los 2 tipos tienen recolección de sólidos gruesos sólo que en la primera es mediante rastrillos manuales y las segundas es mediante rastrillos mecánicos controlados automáticamente.

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

La rejilla debe ser paralela a la corriente del efluente, para evitar que quede expuesta a los choques directos con los cuerpos de arrastre, lo que trae como consecuencia su deterioro.

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

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

La separación de los barrotes es muy importante en problemas de bombeo, pues para fijarlas, de antemano se debe conocer aunque sea aproximadamente el tamaño máximo de los cuerpos arrastrados por el agua que pueden pasar por el equipo sin ningún perjuicio. Los fabricantes de bombas proporcionan este dato característico, al que se llama " paso de esfera " que se refiere a la medida mayor de un cuerpo que puede pasar por los impulsores sin inconvenientes. Por lo que la separación entre barras tendrá como valor máximo esa medida, si es que no se queda limitada por otro concepto.

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

d) Controles

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

Solamente se necesita ese control que propiamente es el llamado de emergencia, porque el gasto requerido según las necesidades en la demanda o la variación provocada por las fluctuaciones del nivel del agua en la fuente se regula con el mismo equipo de bombeo, como se verá posteriormente al tratar lo relativo a la selección de las bombas.

Si el problema es de poca magnitud bastara con tener en la estructura de entrada y antes de iniciarse el conducto, un sistema de agujas de madera localizando un acceso para el interior de la galeria y del cárcamo en lugar apropiado, de dimensiones suficientes para las maniobras que se requieran. En otros casos las compuertas tipo Miller o deslizantes pueden ser la solución y ocasionalmente una compuerta deslizante o hasta radial puede ser la indicada.

El acceso a las agujas o para maniobrar las compuertas, generalmente se hace mediante una torre que sobresale del nivel máximo o por lo menos normal del agua en el río o a otro nivel libre de inundaciones frecuentes.

e) Conducto

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

Canales abiertos

Túneles

Conductos enterrados

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

en el influente y requerir el gasto máximo de bombeo. Esto se hace con el objeto de evitar fuertes velocidades en la descarga, que en este caso es el cárcamo. Mas adelante al tratar lo relativo a esta estructura se dirán las condiciones con las que el agua debe entrar a él. Por ahora solo se comentará el uso de uno u otro tipo de conducto.

Canales abiertos.- Se emplean generalmente para gastos pequeños y longitudes cortas, además si las condiciones topográficas y geológicas permiten hacerlo, como cuando se localizan a poca profundidad, donde no sean probables los problemas de derrumbes y consecuentemente de su limpieza.

Túneles.- Fundamentalmente, si las características geológicas y topográficas del lugar, son favorables para su construcción y la longitud del conducto y gasto del bombeo lo ameriten es casi seguro que convenga un túnel.

Desde el punto de vista estructural, la sección circular es la mejor, pero hidráulicamente - en este caso de circulación libre del agua - es - más recomendable otra con base rectangular y coronada con un arco o del tipo herradura. Las dimensiones se eligen considerando el área hidráulica y los requisitos mínimos que exige la práctica de construcción.

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

construcción. En ocasiones ante la alternativa de emplear un canal abierto lo mejor es decidirse por un conducto enterrado.

4.4.2 CARCAMO

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

a) Localización

Para definir su localización se deben considerar las condiciones físicas que ofrece el lugar donde ha de hacerse la instalación, y su situación con respecto a las estructuras de toma y descarga. La combinación de estas circunstancias permitirá elegir el sitio más conveniente.

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

Ordinariamente el sitio de la descarga está más o menos obligado y se elige antes que el del cárcamo lo mismo que la toma, por lo que para saber la conveniencia de ubicarlo lejos, cerca o junto de estas estructuras, es necesario efectuar un estudio comparativo, de carácter económico, considerando las consecuencias de cada alternativa.

Ahora bien siendo la finalidad de dicho estudio la de conocer una conveniencia más para ubicar el cárcamo, pero , que en general, no es determinante más para elegir el sitio, el análisis que se hace no es del todo exhaustivo sino más bien aproximado, por lo tanto con el gasto de bombeo y el perfil de la conducción se puede calcular la magnitud aproximada de otros elementos - cárcamo, tuberías, etc.- y estará en la posibilidad de conocer la disposición que convenga emplear.

b) Diseño:

Siendo el cárcamo el depósito de donde " toman " el agua las bombas, se ha comprobado que de un buen diseño, desde el punto de vista hidráulico dependen en gran parte las características de funcionamiento deseado y la durabilidad de esas unidades.

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

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

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

A continuación se transcribe una traducción en inglés de un artículo obtenido del catálogo Standards of the Hydraulic Institute de los Estados Unidos, relativo al proyecto de cárcamos. Contiene comentarios y recomendaciones al respecto que han encontrado mediante algunos estudios con modelos reducidos.

Dada la autoridad de ese Instituto, es esta clase de problemas, los lineamientos que señalan en su catálogo son los que se recomienda consultar para el diseño de estas estructuras.

Dice el " Standards of the Hydraulic Institute ":

PLANEACION DE UNA TOMA (DE AGUA QUE SE VA A BOMBEAR, N del T).

La función de un depósito del cual se va a tomar agua, en cualquier parte que esté localizado, ya sea en un canal abierto o en un túnel que tenga un perímetro húmedo a cien por ciento, es para proporcionar en todos los casos la distribución del flujo de agua hacia la campana de succión; una distribución desigual del flujo caracterizada por fuertes corrientes locales favorece la formación de torbellinos y con bajos valores de sumergencia puede introducir aire a la bomba reduciendo su capacidad y produciendo mucho ruido. Una distribución desigual también puede aumentar el consumo de energía.

Una velocidad desigual en la distribución, conduce a la rotación de porciones de la masa de agua a lo largo de la línea de succión en forma turbulenta que podrá poner en movimiento la línea central.

La distribución desigual del flujo puede ser causada por la geometría del depósito de succión y la manera en que el agua se introduce en el cárcamo.

Calculando un promedio bajo, no es una base propia para juzgar la excelencia de la toma. Altas velocidades locales en las corrientes y remolinos, pueden presentar en las tomas que tengan un promedio bajo de velocidad. Efectivamente, la distribución desigual que representan, ocurre menos en flujos de altas velocidades con bastante turbulencia para oponerse a la formación gradual de un vórtice más y más grande en cualquier región. Se pueden presentar pequeños y numerosos remolinos que no causaran inconvenientes.

Las proporciones satisfactorias del valor de la sumergencia (Ver Fig 20), dependen, principalmente, del acceso a la toma y del tamaño de la bomba. Los fabricantes de bombas, generalmente proporcionan información de los problemas especificos, cuando el diseño del cárcamo es en forma preliminar, y si este diseño contiene todos los dibujos necesarios para la instalación que proporcionen las limitaciones fisicas del lugar.

Un análisis completo de las estructuras de los depósitos es mejor que esté acompañado con estudios de modelos a escala.

A continuación se hacen las siguientes recomendaciones preliminares para casos en particular y para la operación de una bomba.

1.- El acondicionamiento ideal del acceso, es un canal recto que llegue directamente hacia la bomba; la curvas y las obstrucciones son perjudiciales desde el momento que causen corrientes y remolinos con tendencia a formar torbellinos. La campana de succión debe de estar localizada cerca de la pared trasera o posterior y no a muy grande distancia de la base o piso del pozo de succión.

2.- El flujo del agua no debe de pasar de una bomba para llegar a la siguiente, siempre que esta se puede evitar; si las bombas tienen que estar localizadas en la línea de flujo, se deberá construir una celdilla alrededor de cada bomba o poner paletas móviles bajo la bomba para deflectar el agua hacia arriba. El modelo de un pozo de succión deberá ser probado para verificar estos requisitos.

3.- En lo que sea posible, la trayectoria del flujo deberá ser en forma que reduzca el arrastre alterno de remolinos tras la bomba y obstruccionar la corriente del flujo.

4.- La dimensión " C " (ver Fig 20) es un valor promedio que puede ser mayor o menor y está sujeto a consultas con el fabricante de la bomba.

5.- La dimensión " B " (ver Fig 20) se ha sugerido como máxima que puede depender en cierta forma de la campana de succión y del diámetro de la válvula de succión propuestos por el Constructor; la orilla de la campana debe de estar lo más cercana posible a la pared trasera del depósito o cárcamo; algunas veces la posición de la campana de succión está sujeta al espacio que requiere el motor en el piso superior, si esto aumenta la dimensión " B ", excesivamente, deberá instalarse un muro falso.

6.- La dimensión " S " (ver Fig 20) es la mínima para el ancho del depósito para la instalación de una sola bomba, esta dimensión puede ser aumentada pero si se hace menor deberá consultarse con el fabricante para saber si es la adecuada.

7.- La dimensión " H " (ver Fig 20) es el valor mínimo y está basada en el nivel normal del agua en la campana de succión de la bomba. La sumergencia se ha estimado por medio de la dimensión " H " menos " C ", esto representa la altura física del nivel arriba de la entrada de la campana de succión.

La sumergencia efectiva de la bomba es un poco menor que ésta desde el momento de que la altura del impulsor está a cierta distancia arriba de la entrada de la campana de succión posiblemente de 3 a 4 pies. Para el propósito de proyectar un buen diseño para el depósito, en relación con el proyecto, se sobreentiende que la bomba ha sido seleccionada de acuerdo a las indicaciones especificadas en la Fig 7, (no se presentan estas figuras a nivel de terreno); la sumersión referida es con el objeto de obtener una corriente continua y evitar la formación de remolinos.

8.- Las dimensiones " Y " y " A " son las recomendadas como valores mínimos; estas dimensiones pueden ser tan grandes como se desee, pero deben estar limitadas a las restricciones indicadas en la curva. Si el diseño no incluye la rejilla, se puede considerar la dimensión " A " mas grande, las dimensiones de anchura y de altura de la rejilla no deberán ser, substancialmente, menores que " S " y " H ", respectivamente.

9.- Si la velocidad de la corriente principal, es mayor que 2 pies por segundo, será necesario construir en línea recta, separadores en el canal de acceso, aumentar la dimensión " A ", hacer un ensayo con un modelo de la instalación o idear una combinación de estos factores.

10.- Todas las dimensiones que se muestran en la Fig 20 están basadas en la capacidad de la bomba de acuerdo con la carga. Cualquier aumento en la capacidad arriba de éstos deben ser momentáneos o por tiempo muy limitado. Si las operaciones con una

capacidad aumentada se practica durante periodos considerablemente largos de tiempo, se deberá usar la capacidad máxima para obtener las dimensiones efectivas del diseño del cárcamo.

Todas las condiciones anteriores también son aplicables cuando se trata de instalaciones múltiples de bombas, en los cuales " S " viene a ser el ancho para una celda individual de una bomba o sea la distancia de centro entre dos bombas, si no se usan muros de división.

Las dimensiones recomendadas en la Fig 20 también son aplicables como se dice arriba, pero deberán agregarse las siguientes determinaciones:

Para el diseño del cárcamo se recomienda en primer lugar, que el agua llegue simultáneamente a todas las bombas con baja velocidad y con flujo recto y uniforme. Las velocidades cerca de la bomba deberá ser alrededor de un pie por segundo.

Un número de bombas determinado trabajando en el mismo cárcamo, operará mejor sin muros divisorios a menos que todas las bombas estén en operación al mismo tiempo. Si se usan paredes de separación con fines estructurales y las bombas van a operar intermitentemente, dejese un espacio atrás de cada pared, partiendo del piso del cárcamo por lo menos hasta la altura del nivel del agua. Si es necesario aumentar estas paredes se deberá aumentar la dimensión (S) por medio de la anchura de la pared para corregir el espacio en la línea central; ya sea que las terminales de los

separadores sean en forma redonda u ojival, no se recomienda la localización de cierto número de bombas alrededor del borde del cárcamo con o sin paredes divisorias.

Cualquier cambio brusco que se haga en la dimensión del tubo de succión o del canal de acceso a la bomba, no es recomendable.

Un tubo, relativamente pequeño para alimentar una bomba de gran tamaño dentro del cárcamo, deberá acoplarse usando una sección cónica de diámetro gradualmente menor a mayor. El ángulo deberá ser lo más grande posible de preferencia menos de 45 grados, con este arreglo, las velocidades deberán ser menores de un pie por segundo, que es lo deseable. Especialmente no se recomienda nunca conectar un tubo pequeño directamente a un cárcamo grande cuando las bombas queden muy cerca de la toma; en este caso, el flujo tendrá un gran cambio de dirección para llegar a la mayoría de las bombas. Centrando las bombas en el cárcamo produce grandes áreas de turbulencia atrás de las bombas con el resultado perjudicial en la operación de las mismas.

Si se puede mantener la velocidad dentro del cárcamo bastante baja (menos de 1 pie por segundo), un cambio brusco entre el tubo de entrada y el cárcamo puede ser corregido.

No es recomendable la instalación de las bombas en línea, a menos de que la relación entre el cárcamo y bomba sea bastante grande y las bombas estén separadas por un margen longitudinal amplio; un

cárcamo construido empleando en su diseño las presentes recomendaciones, generalmente resulta de menor costo.

Muchas veces es de desearse la instalación de bombas en túneles o en líneas de tuberías. Un tubo protector o una lumbrera para alojar la bomba provista de un tubo de succión con entrada en " L " orientado hacia la corriente, será satisfactorio en aquellos flujos hasta de 8 pies por segundo; cuando no se instala en forma de " L ", la campana de la bomba deberá ser localizada por lo menos el doble de dos diámetros verticales arriba de la parte superior del túnel y no suspendida dentro del flujo del túnel, especialmente en aquellos casos en que las velocidades en el túnel sean de 2 pies por segundo o mayores.

No deberá existir corrientes de aire a lo largo de la parte superior del túnel. En este caso será necesario ahondar la excavación o conservar el nivel del agua a su mínimo cuando se trate de un pozo vertical.

En general:

- 1.- Conservar el flujo de entrada abajo de 2 pies por segundo.
- 2.- Conservar el flujo en el cárcamo abajo de 1 pies por segundo.
- 3.- Evitar el cambio de dirección del flujo de la toma a la bomba.

4.- Cambiar la dirección, gradualmente, en forma suave e independiente.

Cualquiera de estas alteraciones, ya sean individualmente o en combinación, ayudarán a crear un flujo mejor en el cárcamo; si persisten las molestias será necesario limitar el flujo total o cambiar tanto las velocidades como el tamaño de la bomba.

c) Accesorios

Plataforma.- Se localiza en la corona del cárcamo y es en ella en donde se instala el equipo de bombeo

Consiste en una losa de concreto armado con vanos, unos para dejar pasar las columnas de succión y otros para poder tener acceso a las escaleras, que se tienen en el interior, y ventilar el depósito. En estos últimos se colocan rejillas metálicas movibles que pueden formarse con fierros " Te " soldados a un marco de fierro ángulo.

d) Escaleras

Se instalan en el interior, para poder llegar al fondo desde la plataforma, con el objeto de inspeccionar, limpiar o hacer alguna reparación sencilla a los elementos de succión; también pueden servir para llegar al conducto de la toma.

Suelen emplearse del tipo marino formadas con varilla de 2.54 cm de diámetro (1") fijadas a las paredes y con descansos de losa de concreto armado a cada 3.50 cm aproximadamente. Se recomienda rodearla de una malla de alambre u otro material conveniente para

formar así, una especie de cilindro en toda su longitud y dar confianza y mayor protección al que la use.

e) Fondo

Aún cuando lo recomendable es evitar que el cárcamo llegue con el agua demasiada materia en suspensión, lo cual procura desde la localización de la toma y a lo largo del conducto, se encuentran por lo general depósitos de lodos y arena en el fondo, debido a que se acumularán principalmente, cuando no está operando el equipo, pudiendo llegar hasta atascar a las bombas, en casos extremos; para no dar lugar a ello o como una medida más para la protección de las unidades lo más fácil sería dejar un cierto espacio entre el fondo del cárcamo y la parte inferior del colador o la caja de impulsores. (ver figura 21), Sin embargo, este espacio es generalmente corto y debe limitarse para el buen funcionamiento del equipo, de acuerdo con las recomendaciones del " Standards of Hydraulic ", por lo tanto se debe buscar otra solución, por ejemplo: construir el fondo del cárcamo en dos niveles considerando el superior para efectos de fijar la altura " C " recomendada. (ver figura 20) La diferencia entre estos dos niveles puede ser de más o menos 1.20. Otra forma sería dividir por medio de un muro la sección del cárcamo, de tal manera que se tenga un compartimiento antes del espacio que ocupan las columnas de succión. Estas medidas, también facilitarán la limpieza que será necesaria aún de vez en cuando.

Ocasionalmente lo anterior puede no ser necesario, por ejemplo en aguas limpias de manantial y solamente se tendrá el espacio debido a la altura " C ".(ver figura 20)

g) Elevación del fondo:

Para fijar la elevación del fondo en el cárcamo es necesario conocer algunos datos que corresponden a cada bomba y que son proporcionados por los fabricantes.

En la Fig 22, se tiene esquemáticamente un caso, que puede tomarse como general y representa una centrifuga vertical. Las acotaciones indican:

d_c Es el tirante critico en la descarga al cárcamo determinado para las condiciones criticas de bombeo, y suponiendo una entrada libre. Cuando existan compuertas en la entrada, habrá que determinar el nivel del agua dentro del cárcamo considerando el tirante antes de la compuerta y las pérdidas por entrada.

C Altura vertical del espacio entre le fondo y la campana de succión.

Elev. T Elevación de la plantilla al final del conducto.

Elev.	F	Elevación del Fondo.
Elev.	R	Elevación del nivel mínimo del agua en el cárcamo

h) Características de Fabricación de la Bomba.

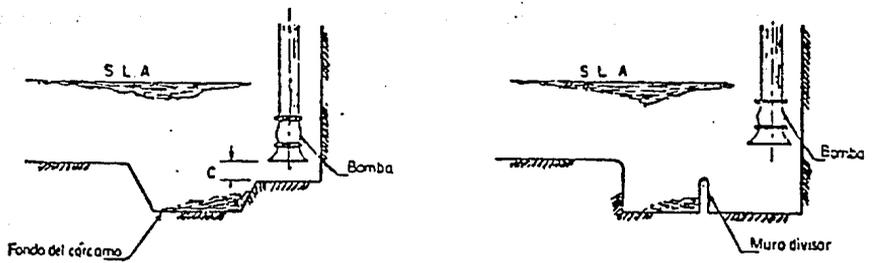
K	Sumergencia mínima, requerida por la bomba.
N	Altura que ocupa un paso de impulsores.
P	Altura de campana de succión.
M	Espacio vertical, ocupado por la bomba, incluyendo todos los pasos y el de la campana de succión.
Z	Altura entre el nivel mínimo del agua en el cárcamo y la brida de la campana de succión.

Es claro que la elevación del fondo se determinará como sigue:

$$\text{Elev. F} = \text{Elev. T} + d_c - (Z + P + C)$$

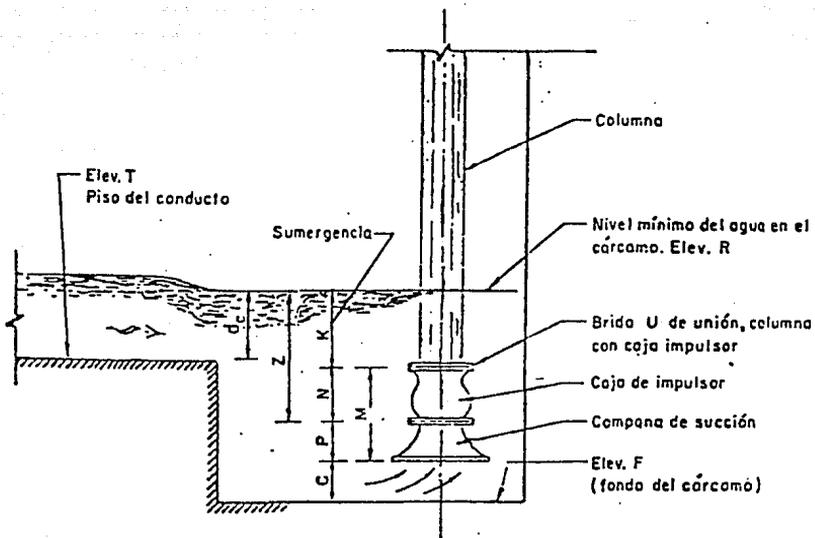
$$Z = K + N$$

Se recomienda no considerar el mínimo valor de Z, sino un poco mayor y para ello se aumenta K, ya que N es fijo para un caso dado.



Fondo del cárcamo.

FIGURA
21



ELEVACION DEL FONDO DEL CARCAMO

FIGURA
22

i) Elevación de la corona.

Esta elevación tendrá como valor mínimo el que resulta de considerar el nivel máximo de agua en la fuente de abastecimiento más un bordo libre de más o menos 1.25 m. Sin embargo, por las condiciones topográficas de localización y por acomodo en el terreno, la corona o plataforma del cárcamo puede ser mayor.

j) Cálculo del tirante útil

El tirante útil se refiere al volumen de agua en la cual el equipo de bombeo estará operando.

Este nivel de agua es muy importante en la operación del equipo ya que por medio de este se pueden alternar los equipos de bombeo mediante paros y arranques sucesivos sin que los equipos tengan problemas en relación al gasto que demandan.

El tirante útil se obtiene mediante los siguientes datos:

- 1.- La capacidad de gasto demandado por una bomba (l.p.s)
- 2.- Tiempo máximo entre paros y arranques de los equipos (min)
- 3.- Area de la geometria del cárcamo donde se alojaran las bombas. (m²)
- 4.- Volumen de agua donde operarán las bombas. (m³).

La formula del tirante útil es la siguiente:

$$T.U = \frac{\text{Area (cárcamo)}}{\text{Volumen (agua)}}$$

Esta fórmula nos indica que el tirante útil es el resultado de una relación entre el área del cárcamo y el volumen de agua donde los equipos estarán operando.

El volumen de agua se obtiene así:

$$\text{Vol} = \frac{\text{Capac. de bombeo (l.p.s)} \times \text{Tiempo arranque y paro de bombas}}{\text{Número de bombas en operación}}$$

La capacidad de la bomba depende de la cantidad del gasto que se quiera operar por equipo.

El tiempo de arranque y paros sucesivos de los equipos de bombeo está determinado por el tiempo en el que un motor se debe enfriar hasta su próximo arranque para así evitar el sobrecalentamiento y posteriormente ocasionar que se quemé el mismo , el cual regularmente se le da un tiempo de 20 minutos.

4.4.3 EQUIPO DE BOMBEO

Lo constituyen todas las unidades de (bomba y motor) de bombeo

accesorios de control y protección (válvulas) antes de iniciarse la descarga común y los dispositivos de arranque y parada.

4.4.4 DESCARGA

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

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

a) Tanques de Descarga

Ordinariamente estos tanques se construyen sobre la superficie, de sección rectangular o circular, pero puede presentarse la necesidad de sobre elevarlos con relación al terreno, es decir, construir un tanque elevado con el fin de proporcionar en la zona de sedimentación las presiones requeridas: por ejemplo, tratándose de sistemas por gravedad en sedimentación principalmente. Este último se hace, cuando por circunstancias del proyecto no convenga conectar la tubería de descarga directamente con la red de distribución, proporcionando con el mismo equipo de bombeo las presiones deseadas, que es lo que generalmente se acostumbra.

b) Localización del Tanque.

En general, cuando se trata de proporcionar el influente mediante conductos funcionados por gravedad, la localización del tanque de descarga, en cierto modo, está condicionada principalmente: a la topografía de la zona de descarga a la extensión de la misma y a la ubicación del equipo de bombeo. Es decir, topográficamente se buscará situarlo a una elevación suficiente para dominar todos los terrenos, procurando que en lo posible, los canales principales de descarga se localizen libres de posibles choques y obstrucciones con otros ramales provenientes de bombeo o drenaje para que el sistema no tenga problemas en su conducción.

Considerando las elevaciones viables de los tanques para poder realizar la descarga del influente en cada una de las etapas de la planta, se aconseja calcular para cada una de ellas los datos que a continuación se indican, con el objeto de evaluar y discutir cada alternativa para finalmente decidir la elevación y forma de efectuar la descarga.

c) Datos Generales

- Elevación de la Descarga
- Area dominada
- Gasto requerido
- Carga estática de bombeo
- Longitud de tubería de descarga
- Diámetro y clase de la tubería de descarga

- Pérdidas de energía mayores en la tubería
- Carga total de bombeo aproximada
- Características del equipo de bombeo (número y tipo)
- Tipo y Potencia de motores
- Accesorios de control y protección (válvulas, compuertas, etc.)
- Características de las obras de Ingeniería Civil (cárcamo y canales)
- Características de la Subestación eléctrica
- Características de la Electrificación

d) Datos de Costos

- Costo tubería de descarga
- Costo Equipo de Bombeo
- Costo accesorios de control y protección
- Costo de las obras de Ingeniería Civil
- Costo obras de Ingeniería Eléctrica
- Costo cuota fija de electrificación
- Costo aproximado del metro cúbico de agua bombeada

e) Descargas Largas (Línea de conducción)

Cuando la descarga se localiza lejos del equipo de bombeo y se tengan varias bombas, cada una de ellas también puede descargar individualmente, no obstante, es usual por razones económicas,

concertarlas a una tubería común de mayor diámetro y con ella conducir el gasto total hacia el sitio elegido. En ocasiones será necesario o conveniente más de una tubería común lo cual dependerá de la magnitud del gasto, del número de bombas y de la forma que se prevea para combinar la operación del sistema, de tal manera que el gasto suministrado esté de acuerdo con las necesidades del proyecto.

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

Respecto al diámetro debe considerarse que para un gasto (Q) y clase de tuberías dadas, en una de menor diámetro se tienen mayores pérdidas de energía por fricción y consecuentemente esto origina un aumento de la carga de descarga del sistema y por lo tanto en la potencia requerida por la bomba, lo cual se traduce en el aumento en los costos de operación. No obstante, el costo de esta tubería es menor y los accesorios, como son las válvulas, piezas especiales, etc., también lo serán. Una tubería de diámetro mayor cuesta más inicialmente, pero al producirse en ella menos pérdidas de energía, se puede tener un ahorro en la potencia, que a la larga y en muchas ocasiones es mayor que el costo adicional en su precio inicial, comparado con otra de menor diámetro.

El cuadro del capítulo 6 para líneas de conducción puede ser útil para hacer un análisis económico en la elección del diámetro que convenga, desde este punto de vista y empleando tubería del mismo material. Después de efectuar varias alternativas variando material y diámetro se podrá llegar a definir las características de la tubería de descarga.

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

f) Instalación de Tuberías

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

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

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

No es por demás recordar que para la instalación de las tuberías de descarga deben consultarse los catálogos e instructivos formados por las casas vendedoras de este material, con el fin de eliminar la posibilidad de alguna falla durante la operación del sistema, causada por una instalación inadecuada. Es conveniente hacer un plano de la instalación de esta tubería en la cual se indique claramente las válvulas de protección (Check, Alivio, Eliminadoras de aire, etc.) y control; codos, atraques o machones y silletas, así como juntas de dilatación, si el caso lo amerita.

g) Silletas

Ordinariamente las tuberías de acero empleadas son apoyadas sobre silletas sin anillos atiesadores.

Para determinar el espacio máximo entre silletas de una tubería de acero, ésta se supone como una viga continua y un cantiliver formado por el extremo de la tubería que se conecta a una junta de dilatación.

$$F_s = \text{Esfuerzo a la tensión de la tubería} \\ (1265 \text{ ó } 1140 \text{ Kg/cm}^2)$$

Cuando por condiciones topográficas no sea posible adoptar la máxima separación entre silletas, es claro que deberán colocarse, tan cercanas como sea necesario. Esto último es frecuente en cantiles y terrenos escarpados.

Las silletas pueden quedar formadas con perfiles de fierro estructural a base de ángulos, placas y soleras o bien de concreto armado. Por facilidad de construcción se prefieren estas últimas y se calculan con la carga que les trasmite la tubería. Las figuras 23, 24 y 25 representan el tipo de silletas que se emplean con más frecuencia.

En forma aproximada el tramo de tubería entre dos apoyos se puede considerar como una viga simplemente apoyada, teniendo entonces:

El Momento flexionante vale:

$$M = \frac{Wl^2}{8} = \frac{Wl^2}{8} = \frac{Wl}{8} \quad ; \text{ siendo: } W = Wl$$

$$\text{Por otro lado: } M = f_s \quad ; \quad S = \frac{Wl}{8}$$

$$\text{Por lo tanto: } l = \frac{8f_s S}{W}$$

Representando:

l = Longitud de la tubería entre silletas. en m.

S = Módulo de la sección de la tubería, en cm^3

$$S = \frac{(D-d)^3}{32D} \quad ; \text{ en } \text{cm}^3; D = \text{Diámetro exterior}$$

d = Diámetro interior

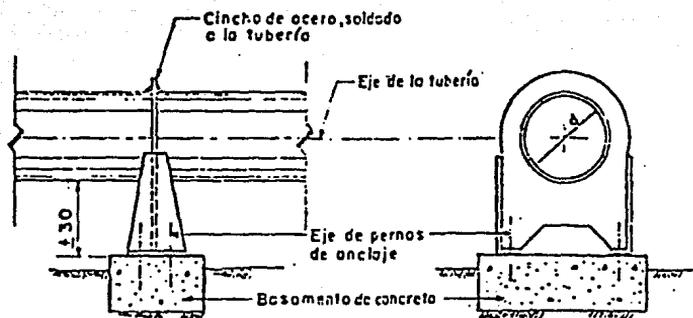
W = Carga total en la tubería igual a Wl ; en Kg

W = Carga unitaria considerada (Kg/m). Las cargas para valuar son:

Peso propio de la tubería (KG/m) y peso del agua dentro de la tubería en tránsito.

h) Machones

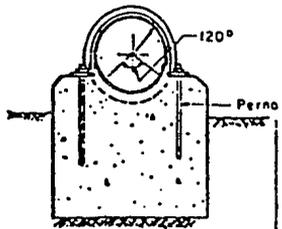
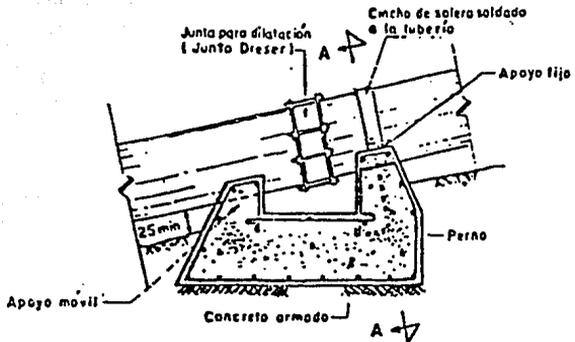
La fuerza que se considera en el cálculo de los machones o atraque que sean necesarios en las deflexiones de la tubería, es la que corresponde a la suma de la fuerza total resultante, debido a la



—Silleto de acero para apoyo fijo.

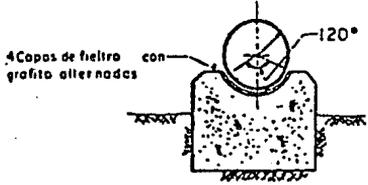
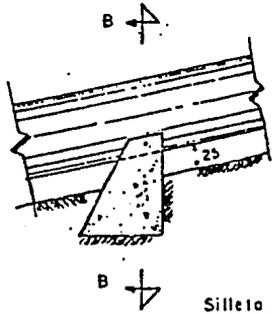
FIGURA

23



Corte A-A

Sillero para apoyo fijo y móvil

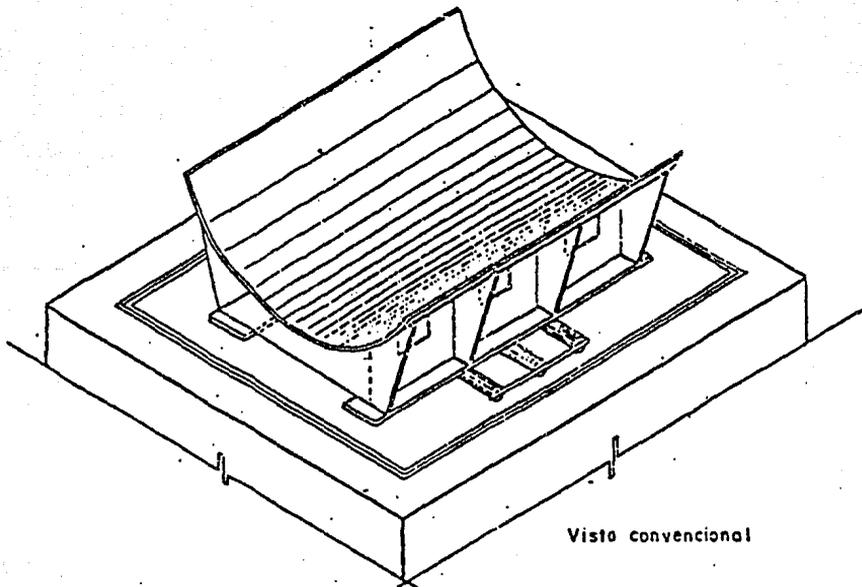
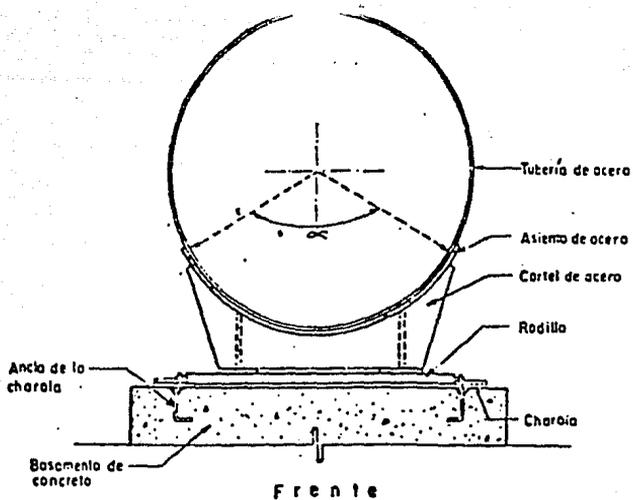


Corte B-B

Sillero para apoyo móvil

Silleros de concreto

FIGURA



Apoyo móvil para tubería de acero

FIGURA

presión hidrostática y la resultante originada por el impulso y la reacción que ejerce el agua sobre el codo.

$$F = F_1 + F_2$$

$$F_1 = 2ap \operatorname{sen} \frac{\alpha}{2} = ap \sqrt{2(1 - \cos \alpha)}$$

$$F_2 = 2aw \frac{v^2}{g} \operatorname{sen} \frac{\alpha}{2} = \frac{awv^2}{g} \sqrt{2(1 - \cos \alpha)}$$

Por lo tanto:

$$F = 2a \left(p + \frac{wv^2}{g} \right) \operatorname{sen} \frac{\alpha}{2}$$

En esta fórmula:

F = Fuerza total sobre el codo, en Kg

a = Area de la sección transversal del tubo, en m²

p = Presión en la tubería, incluyendo la debida al golpe de ariete.

w = Peso específico del agua, en Kg/m³

v = Velocidad del agua dentro de la tubería en m/seg

g = Aceleración de la gravedad (9.81 m/seg^2)

ϕ = Angulo de deflexión del eje de la tubería.

El diseño del atraque dependerá del sentido que tenga esta fuerza sobre el codo de la tubería. La fig No 26 muestra los casos más frecuentes que se presentan, indicando el principio del cálculo.

i) Atraque para válvula Check

Se ha ideado un atraque para la válvula de retención (Check, Duo Check, etc.) en las plantas de bombeo, con el objeto de asegurar la rigidez de la conexión y además para poder desmontar fácilmente dicha válvula cuando sea necesario. Este atraque se sitúa en el extremo de la válvula Check; consiste fundamentalmente, en una placa de acero, con una ranura igual a la sección interior de la tubería; y con agujeros que se corresponden con los de las bridas del tubo y de la válvula. Esta placa se fija en la losa del piso, como lo indica la fig No 28. En el cálculo del espesor de esta placa se considera la presión por golpe de ariete y se acepta un espesor mínimo de una pulgada.

j) Juntas de Dilatación

Se instalan para absorber los alargamientos o acortamientos de la tubería, debido a los cambios de temperatura, torques producidos por presiones excesivas, y con el fin de no originar esfuerzos excesivos por este motivo, en las silletas o machones.

Se acepta que el coeficiente de dilatación en las tuberías es: 12×10^{-6} por cada grado centigrado, y por lo tanto el incremento o decremento de la longitud vale:

$l = 12 \times 10^{-6}L$ siendo L la longitud de la tubería entre dos atraques.

Se ha adoptado que el uso de las juntas Dresser para absorber el efecto de los cambios de temperatura en la tubería en los casos comunes y corrientes. En ocasiones será necesario la adquisición de una junta de expansión especial que exista en el mercado y deberá consultarse el catálogo respectivo para conocer los alargamientos que se pueden absorber con este accesorio.

k) Extremo final de la tubería

Al final de la tubería se acostumbra conectar un codo a 90° con el objeto de guiar la dirección del chorro hacia el fondo del tanque de descarga. Esta descarga se amortigua con el colchón que se prevee en el diseño del tanque y se aconseja que tenga un espesor de por lo menos un metro.

Debe aclararse que el choque del agua en el tanque, es más o menos suave puesto que, la velocidad de escurrimiento en la tubería es siempre baja. Algunas veces se elimina el codo, introduciendo la tubería en el tanque, a un nivel inferior al del origen de la plantilla del canal principal de riego, con el objeto de lograr un

ahogamiento constante. Cuando la descarga se hace en sifón, se deberán tomar las medidas previsorias para dicho dispositivo funcione en forma deseada, lo cual se indicará al tratarse el cálculo de la carga de descarga.

l) Elementos de Control y Protección en la conexión de Bombas

En las descargas largas, ya se trate de una sola unidad de bombeo o de varias unidades conectadas a una tubería común, casi siempre es necesario el empleo de ciertos elementos cuyo objeto es, la de algunos, controlar la descarga de las bombas y la de otros, proteger a las tuberías y al equipo de bombeo en general, principalmente del fenómeno llamado golpe de ariete.

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

m) Juntas Flexibles

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

n) Válvulas Eliminadoras de Aire

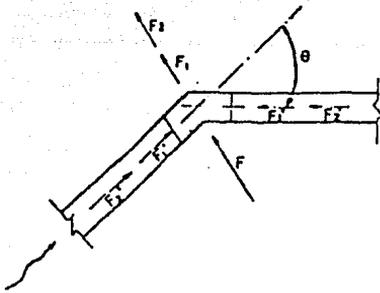
Algunas se instalan con el objeto de expulsar el aire retenido en la succión cuando la bomba no trabaja. Esta expulsión se efectúa luego de iniciarse la operación de la bomba. Se ubican inmediatamente a la descarga de la bomba, generalmente después de la junta flexible.

Uno de los tipos más usados es que muestra la figura No. 32 la cual puede acoplarse a la válvula Check con el objeto de amortiguar el golpe del agua para prolongar su vida útil y evitar ruidos desagradables. La instalación de esta Check es optativa pero no recomendable.

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

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

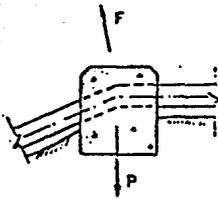
La ubicación de estas válvulas y sus características también se pueden determinar consultando los catálogos de los fabricantes y



Fuerza total resultante sobre el codo de una tubería, con agua en circulación

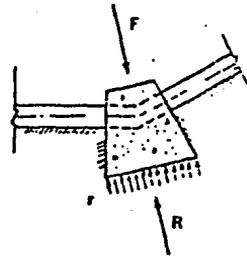
FIGURA

26



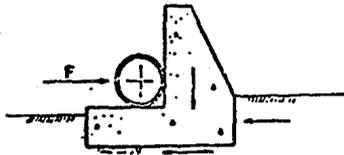
$$P \geq F$$

El peso del machón P debe contrarrestar la fuerza F



$$AT = R \geq F$$

El área de contacto A por la reacción del terreno γ , soportan la fuerza F

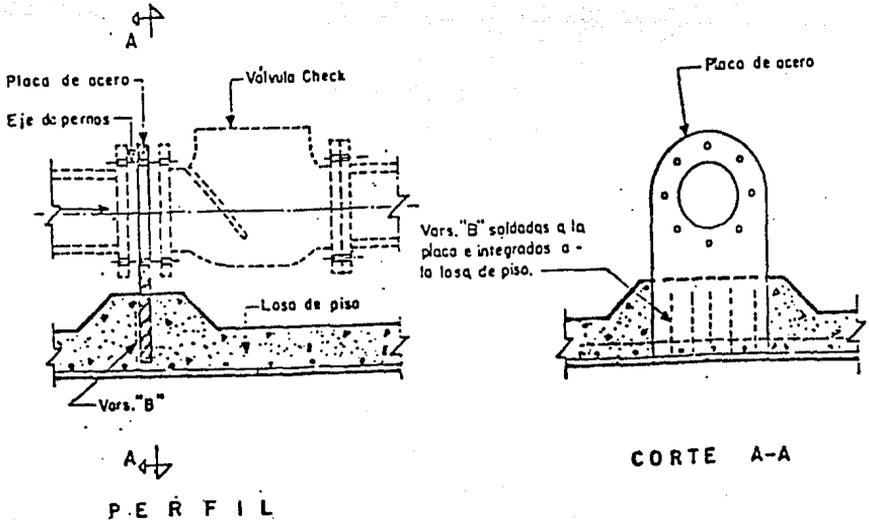


El atraque trabaja como muro de retención que se opone a la fuerza F

FIGURA

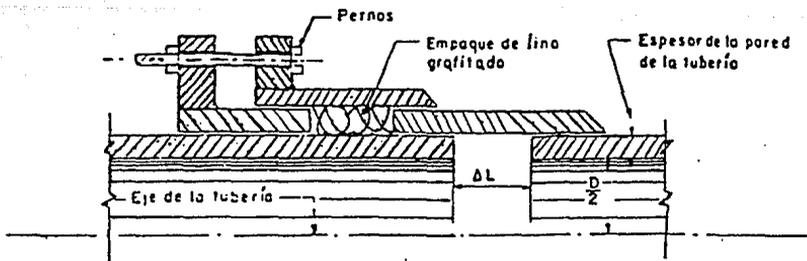
27

Atraques típicos en tuberías



-Atraque para válvula check

FIGURA
28



-Junta de dilatación típica

FIGURA
29

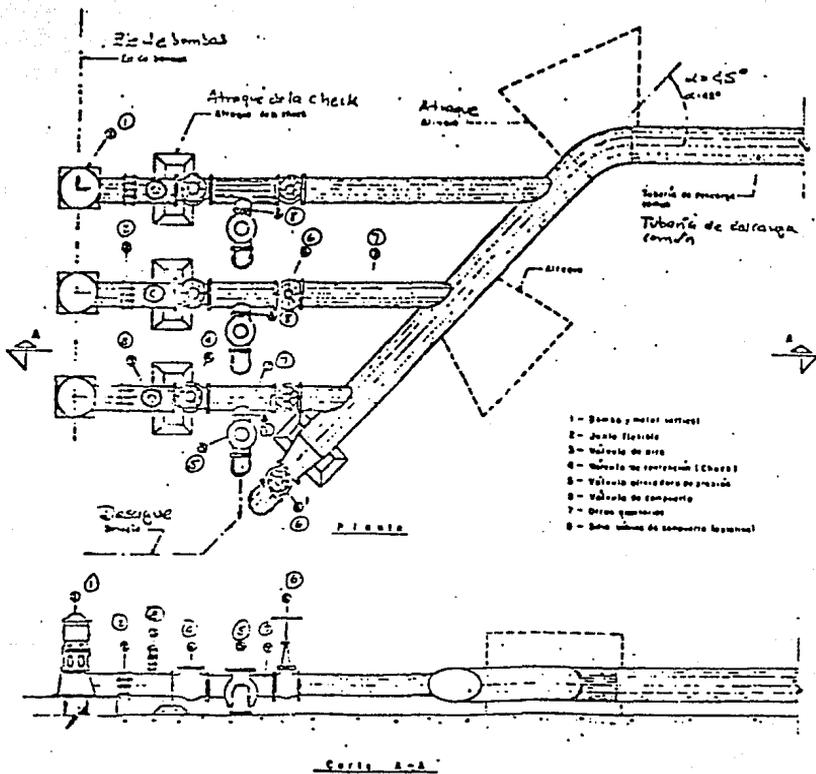
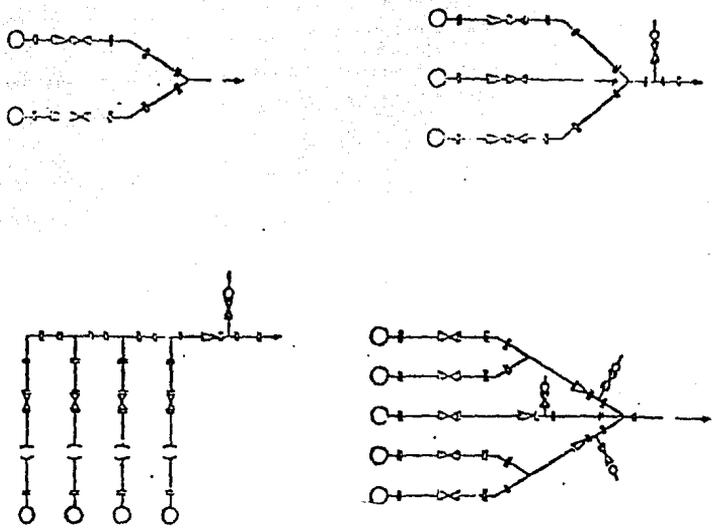


FIG 30
 CONEXION DE BOMBAS
 PARA TRABAJAR EN
 PARALELO MOSTRANDO
 LOS ELEMENTOS DE
 CONTROL.



- Bomba
- X Válvula de compuerta
- ∨ Válvula Check
- () Junta Gibout
- ≡ Junta Dresser
- Válvula de aire
- ⊥ Válvula de alivio

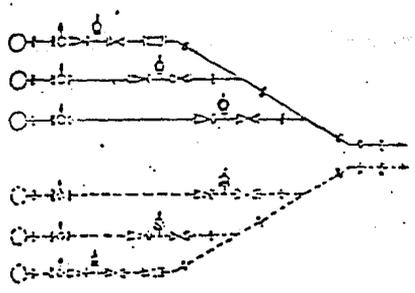


FIG 3:
 DIAGRAMAS TÍPICOS DE
 DESCARGA DE BOMBAS

efectuando además un estudio cuidadoso del perfil del eje de la tubería. En la Fig No 32 se muestra un tipo de esta válvula.

o) Válvulas de Retención

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

Existen varios tipos en el mercado , (ver figura 32) La primera representa la válvula Check tradicional y comunmente empleada llamada de columpio. La segunda se denomina Duo Check y consta esencialmente de dos medias lunas conectadas a un eje vertical, que se abren y se cierran según el sentido del escurrimiento. Esta válvula frente a la tradicional es más liviana, de menor tamaño y consecuentemente tiene menor costo, pero las pérdidas de carga son relativamente mayores que la anterior. La tercera se trata de una válvula Check cuya peculiar característica es efectuar un cierre más o menos lento con lo cual se consigue prolongar la vida de la válvula y casi eliminar el ruido que producen los otros tipos. Esto último es ventajoso para ciertos casos dad la ubicación de la obra; suele llamársele Check Silenciosa.

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

En varios proyectos, el tiempo de entrega que ofrecen sus fabricantes puede ser determinante para el tipo elegido.

p) Válvulas Roto Check

La fig No 32, muestra la sección según el eje longitudinal de la tubería de la válvula llamada Roto Check, cuya operación es semejante a la de columpio, como puede observarse en la figura.

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

q) Válvulas de Compuerta

La válvula de compuerta se emplea con el objeto de aislar en un momento dado, algún elemento o sección de la instalación para poder efectuar una reparación, inspección o dar mantenimiento, sin que se interrumpa totalmente el servicio de bombeo. También se evita con ésta válvula, el regreso del agua por alguna bomba que no esté operando debido a la operación parcial del equipo de acuerdo con las necesidades de la planta.

En una conexión como la fig No. 31, esta válvula se instala en la descarga de cada bomba, después de la válvula Check y antes de la válvula de Alivio; sin embargo, pudieran ser necesarias otras, en

otro sitio o disminuir el número de ellas, según el proyecto de la conexión que se haga, de acuerdo con la flexibilidad de operación que se prevea en el sistema de bombeo, vease Fig 30.

La válvula de compuerta señalada con el número 6' de la figura No 30, ubicada en el extremo inicial de la tubería de descarga, se ha adoptado últimamente en la conexión de las bombas, con el fin de vaciar la tubería de tiempo en tiempo. esta práctica permite efectuarle a dicha tubería una especie de lavado, ya que así se extraen las arenas y lodos que se depositan a lo largo de ella, según se ha podido observar. La presencia de estos azolves es desventajosa para el funcionamiento de la planta de bombeo en general, y sobre todo cuando se ha dejado de operar el equipo por algún tiempo y se reanuda el bombeo. El diámetro de la válvula de compuerta para estos fines es la mitad del diámetro de la tubería de descarga.

También se instalan válvulas de compuerta con fines de desagüe, en las depresiones o columpios más o menos largos de la tubería de descarga. Esta instalación se hace mediante una " T " de acero o fierro fundido proveyéndole a la válvula una caja de protección y fácil inspección, así como un desagüe rápido, de acuerdo con la topografía del terreno en donde se localice.

El tipo de válvula de compuerta más empleado es el que muestra la figura No 32 y se caracteriza por ser bridada y con vástago saliente, es decir que éste se desplaza según su eje vertical. Esto tiene la gran ventaja de que el operador se cerciore con facilidad, si la válvula está abierta o cerrada.

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

r) Válvulas de Mariposa

Las válvulas de mariposa, como la mostrada en la fig No 32 puede sustituir a la de compuerta cuando se requieran diámetros grandes y ara presiones bajas en la línea, tienen la ventaja de ser más ligeras, son de menor tamaño y más baratas. Estas válvulas se operan por medio de una flecha que acciona un disco haciendolo girar centrado en el cuerpo de la válvula; la operación puede ser manual, semiautomática o automática, mediante dispositivos neumáticos, hidráulicos o eléctricos.

El diseño hidroneumático de esta válvula permite emplearla como reguladora de gasto y en ciertos casos para estrangular la descarga de una bomba. ver Fig 32.

s) Válvulas de alivio contra golpe de ariete

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

La válvula esta diseñada de tal manera, que puede abrirse automáticamente y descargar al exterior, cuando la presión en el

sistema, es mayor que aquella con la que fué calibrada, lograndose con ello el abatimiento de la línea piezométrica. El cierre de esta válvula también es automático y se logra cuando la presión en la línea llega a ser menor que la de su ajuste o calibración.

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

En general, las válvulas de alivio que existen en el mercado, básicamente tienen el mismo diseño, vease fig No 19.9, y están constituidas en esencia, por dos partes; una que corresponde al cuerpo de la válvula propiamente dicho, y la otra formada por los mecanismos de control. En el cuerpo de la válvula se encuentra el elemento actuador, constituido por un pistón cuya posición regula el funcionamiento de la válvula. El control de este pistón se efectúa por medio de una válvula piloto, calibrada, que actúa con una presión determinada y no es más que una válvula de aguja de precisión para pequeños flujos. el piloto de control de esta válvula, puede ser hidráulico, eléctrico o de ambos tipos.

Las válvulas que se usan con más frecuencia son las llamadas de pistón o de diafragma, preferentemente con ambas clases de control. Las dos funcionan satisfactoriamente, pero en varias ocasiones se prefiere la válvula con pistón, porque la otra requiere de un

servicio de mantenimiento más frecuente, debido a que el material de que está hecho el diafragma (hule, neopreno, etc.) se deteriora con facilidad por el tipo de agua que se maneja en plantas de tratamiento.

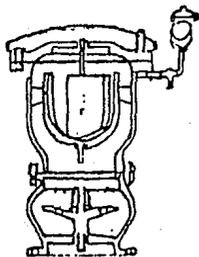
Cuando se ha definido el empleo de válvulas de alivio, su diámetro se determina, en función del gasto de escurrimiento en la tubería a la que se conectará, de las presiones originadas por el golpe de ariete y de las pérdidas de carga, normalmente tolerables, ocasionadas por ésta válvula. Se recomienda determinar su diámetro consultando el catálogo de los fabricantes.

Su ubicación se elige después de los elementos de control o al principio de la tubería de descarga común. en una instalación como la fig No 31 en la cual se ha instalado una válvula de alivio a cada bomba, se sitúa entre la Check y la de Compuerta, mediante una " T " de acero o fierro fundido.

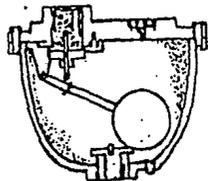
El desfogue de la válvula de alivio deberá diseñarse sin posibilidad de ahogamiento y guiar la descarga hacia aguas abajo de la fuente de abastecimiento.

t) Otros accesorios

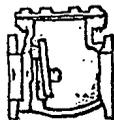
Como puede observarse en la fig No 31 para el montaje de los accesorios de control y operación, son necesarias las llamadas " piezas especiales " que pueden ser de fierro fundido o de acero,



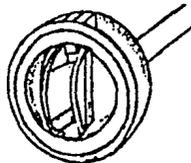
1



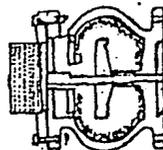
2



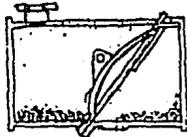
3



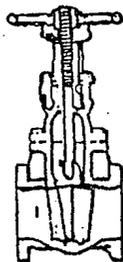
4



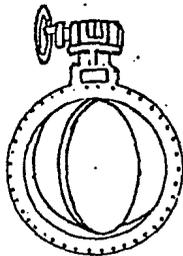
5



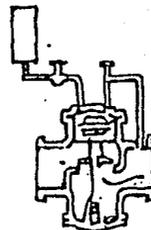
6



7



8



9

VALVULAS 1- de Aço 2- de Aço 3- Check 4- Duo Check 5- Check sintericos 6- Rolô Check 7- Completo 8- Mariposa 9- Alínea

FIGURA

como son codos, Tes, reducciones o ampliaciones, carretes, extremidades, etc.

Ordinariamente, la descarga de las bombas, se conecta a la tubería principal, haciendo coincidir sus ejes como la fig. 33. Esto es usual por comodidad y economía en el montaje, sin embargo con la idea de evitar en lo posible que el material en suspensión que arrastra el agua se deposite en los mecanismos que se encuentran antes de la conexión, se sugiere hacer la unión de las tuberías secundarias por la clave o lomo de la tubería principal, como lo indica la fig No 33. esta forma de unión es más recomendable sobre todo para cuando se va a manejar agua con notable cantidad de materia en suspensión.

Seccionador.- Se emplea para proteger la instalación contra fallas debidas a sobrecorriente causadas por un corto circuito.

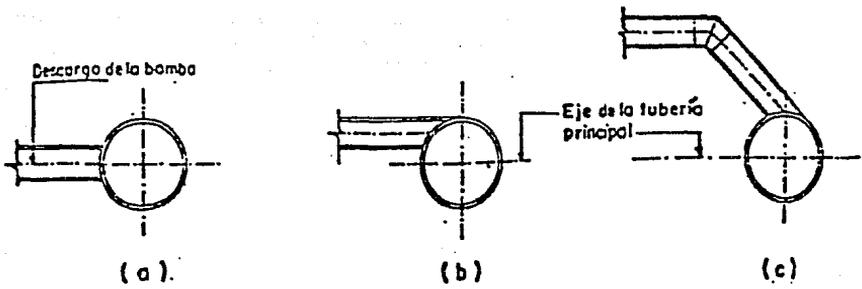
Cuchillos Fusibles.- Sirven para proteger la instalación contra sobrecorrientes por fallas en la línea de alimentación y además desconectar con carga al transformador, a fin de darle a éste servicio de mantenimiento.

Aparta Rayos.- Protege la subestación contra las descargas atmosféricas.

Equipo de Medición.- registra la cantidad de energía consumida.

La magnitud de la subestación dependerá principalmente de la potencia de cada motor y de la total en la instalación. En proyectos pequeños (con menos de 100 H.P.) bastará instalar transformadores comerciales, equipados con los elementos citados anteriormente, en postes situados cerca de la caseta de controles. Cuando la potencia que demanda el sistema de bobeo es mayor de 100 K.V.A. por razones técnicas y económicas se utilizan los transformadores de piso, puestos en una plataforma de concreto y generalmente se hace necesario elaborar un proyecto detallado del sistema eléctrico de la planta, para lo cual se deberán proporcionar al proyectista los siguientes datos:

- 1.- De la localización del proyecto: Coordenadas geográficas, Municipio, Estado, Croquis.
- 2.- De línea eléctrica de alimentación: Voltaje, frecuencia, número de fases y capacidad interruptiva en MVA. Posibilidad de cambios en el ciclaje.
- 3.- Servicio de bombeo: intermitente, continuo, tiempo máximo de trabajo diario.
- 4.- De las bombas: número, tipo, velocidad, tamaño.
- 5.- De los motores: número, tipo, velocidad, capacidad (en H.P.), ciclaje y tamaño.
- 6.- Arrancadores: manual, automático o ambos. A tensión completa, a tensión reducida.
- 7.- Del control de niveles. se deberán indicar los niveles para los cuales se desee arrancar o para las bombas automáticamente.
- 8.- Accionamiento de otros mecanismos. Cuando las válvulas o compuertas de la obra de la toma, grúas para mover el equipo, etc., son accionados con motores eléctricos, deberá conocerse la capacidad de esas máquinas.



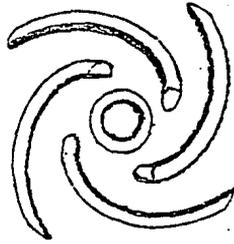
Unión de tuberías

FIGURA

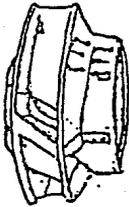
33



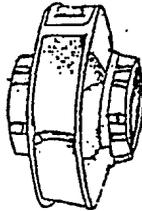
(1)



(2)



(3)



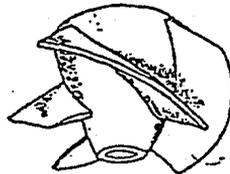
(4)



(5)



(6)



(7)

IMPULSORES TÍPICOS: (1)-Abierto (2)-Semiabierto
(3)-Cerrado de admisión simple (4)-Cerrado de doble admisión
(5)-Abierto (para pulpa de papel) (6)-De flujo axial (hélice) (7)-De flujo mixto

FIGURA

9.- Del alumbrado. Se indicará la necesidad de alumbrado en algunas partes de la planta, además de la casa habitación para el operador y en donde se ubiquen los controles.

10.- De los planos del proyecto: Se proporcionará el plano topográfico del sitio para la subestación, el general de la estación de bombeo así como el de detalles que sean necesarios a fin de conocer la disposición de sus parte y localizar la subestación en el lugar más conveniente de acuerdo con esa disposición.

4.4.6 CASETA DE CONTROLES

Se construye para alojar los controles eléctricos que operan a las bombas, como son arrancadores, estación de botones, etc.

Se localiza de tal manera que el acceso a ella sea rápido y fácil. Generalmente se procura que esté cerca de la subestación para acortar la longitud de los cables que conducen la energía de bajo voltaje. Sus dimensiones dependerán de los artefactos que aloja, dotándose de una buena ventilación.

4.4.7 PROTECCION DE LAS INSTALACIONES

Se deben proteger los elementos de una planta de bombeo expuestos a animales, personas osciosas y del agua de la lluvia. Para lo primero se construyen cercas de alambre, bardas de tabique, mampostería o muros de celosía, en los lugares que se crean

necesarios, procurando que con esto queden internadas todas las partes de la planta.

Cuando los motores no sean del tipo intemperie, se protegeran del agua de la lluvia mediante una caseta. Esto se proyecta pensando en el espacio que debe haber para hacer maniobras al mover las máquinas, ya sea para alguna reparación, darles servicio de mantenimiento o por cualquier otra eventualidad, por ejemplo : tratándose de bombas verticales la caseta es diseñada con vanos en el techo con el objeto de poder, en un momento dado, extraer la bomba verticalmente mediante una grúa instalada en ese sitio. La altura de esta caseta estará de acuerdo con el tamaño del motor y de la longitud de los tramos de la columna de succión. También se le proveerá de una buena ventilación.

4.5 CALCULOS PARA SELECCION DE UN SISTEMA DE BOMBEO PARA AGUA CRUDA

En esta sección se llevará acabo el cálculo y selección del sistema de bombeo de acuerdo a los datos de proyecto mencionados en el capítulo 3.

Los datos de operación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales propuesta son los siguientes:

Proceso: Lodos Activados

Gasto demandado: 750 litros por segundo

Suministro: Fase primaria de sedimentación, trenes I
II Y III (fig 6)

TRENES I y II

Equipos de bombeo: 2 en operación y 1 en relevo

Capacidad: 250 l.p.s cada uno

Demanda total: 500 l.p.s

TREN III

Equipos de bombeo: 1 en operación y 1 en relevo

Capacidad: 250 l.p.s cada uno

Demanda total: 250 l.p.s

Nivel terreno natural: 30.0 m

Nivel de descarga de los ramales: 30.82 m

Nivel de descarga del efluente: 31.02 m

Se procederá a realizar los cálculos para una preselección del equipo de bombeo de acuerdo a los datos de proyecto mencionados anteriormente; al conocer el tipo de bomba y la previa selección de la misma, se procederá al cálculo del equipo de bombeo con los datos reales para corroborar la preselección realizada y poder elegir el equipo de bombeo adecuado para este sistema.

Antes de comenzar los cálculos se mostrarán las fórmulas empleadas en esta sección.

Ecuación de Darcy Weisbach para determinar las pérdidas por fricción en líneas de tubería y accesorios:

$$(1) \quad h_f = \frac{f L v^2}{(2g \phi)}$$

Ecuación para determinar la continuidad de un fluido :

$$(2) \quad Q = v \times A$$

Ecuación para determinar el área de un círculo :

$$(3) \quad A = \frac{D \times d^2}{4}$$

Ecuación para determinar el coeficiente de rugosidad:

$$(4) \quad \bar{y} = \frac{E}{\phi}$$

Ecuación para determinar el número de Reynolds:

$$(5) \quad Re = \frac{v \times \phi}{\nu}$$

Ecuación para determinar la velocidad específica en un equipo de bombeo:

$$(6) \quad N_s = 0.211 \frac{\text{rpm} \times Q_b^{1/2}}{Hdt^{3/4}}$$

Ecuación para determinar las pérdidas por fricción en el codo de descarga para una bomba centrífuga vertical:

$$(7) \quad h_{fc} = 0.5 \frac{v^2}{2g}$$

Ecuación para determinar las pérdidas por fricción por velocidad del fluido en conducción.

$$(8) \quad h_{fvel} = \frac{v^2}{2g}$$

Ecuación para determinar la potencia del motor eléctrico en una bomba centrífuga:

$$(9) \quad N_{hp} = \frac{Hdt \times Q_d \times \mu}{76 \times n}$$

Ecuación para determinar la pérdida por potencia en la flecha de transmisión de la bomba (ver figura 40):

$$(10) \quad h_{fhp} = \frac{\text{Pérdida de potencia en flecha} \times Lc}{100}$$

Ecuación para determinar el empuje axial de la bomba:

$$(11) \quad E.A = (K \times Hdt) + (W \times S)$$

Ecuación para determinar el volúmen de agua donde operarán las bombas en el cárcamo húmedo:

$$(12) \quad Va = \frac{Qb \times T.R}{4}$$

Ecuación para determinar el tirante útil de agua donde operarán las bombas dentro del cárcamo:

$$(13) \quad \text{T.U.} = \frac{V_a}{A}$$

Ecuación para determinar el tiempo real de retención del agua:

$$(14) \quad \text{T.r.} = \frac{V_a}{Q_c}$$

Ecuación para determinar la carga dinámica total en el sistema.

$$(15) \quad H_{dt} = \text{Desnivel Topográfico} + h_f + h_{fcs} + h_{fc} + h_{fs}$$

$$(16) \quad h_{fcs} = \phi_s + \frac{5.6 \times Q_s}{(2g \phi^{1.5})} - \frac{V_s^2}{2g}$$

- Donde: A = Área de un círculo (m²)
 Ac = Área de la geometría del cárcamo (m²)
 d = Diámetro del cárcamo de bombeo (m).
 Y = Rugosidad relativa (Adimensional).
 E.A = Empuje axial (Kg).
 E = Coeficiente de rugosidad para tubería de acero comercial (0.000046 m).
 f = Coeficiente de fricción (Diagrama de Moody).
 G = Gravedad específica del agua (1.0)
 g = Aceleración de la gravedad (9.81 m/seg²).
 H_{dt} = Carga dinámica total (m).

- h_f = Pérdidas por fricción en tubería y piezas especiales (m).
 h_{fc} = Pérdidas por fricción en codo de descarga (m).
 h_{fhp} = Perdida por potencia en la flecha de transmisión de la bomba (c.p.).
 h_{fvel} = Pérdidas por fricción por velocidad en conducción (m/seg).
 K = Factor de carga hidráulica (kg/m).
 L = Longitud de tubería (m).
 L_c = Longitud de la columna de succión en una bomba centrífuga vertical (m).
 N_{hp} = Potencia de motor eléctrico (c.p.)
 N_s = Velocidad específica (rpm).
 n = Eficiencia de la bomba (%).
 Q = Gasto demandado en línea de conducción (m³/seg)
 Q_b = Gasto demandado por bomba (m³/seg).
 Q_c = Gasto total en el cárcamo de bombeo (m).
 Re = Número de Reynolds (Adimensional).
 S = Espesor de la flecha (m).
 $T.U$ = Tirante útil de agua en el cárcamo de bombeo (m).
 $T.R$ = Tiempo de retención del agua en el cárcamo ó tiempo entre paro y arranque de un equipo de bombeo(seg).
 $T.r$ = Tiempo real de retención del agua en el cárcamo.
 V = Velocidad del fluido (m/seg).

- V_a = Volúmen de agua en cárcamo de bombeo (m^3).
 W = Peso de la flecha (kg).
 Z = Altura de la campana de succión a nivel de agua
 en el cárcamo de bombeo (m)
 ϕ = Diámetro de la tubería (m).
 ν = Viscosidad cinemática del agua cruda
 ($1.03 \times 10^{-6} m^2/seg$).
 μ = Densidad del agua cruda ($1.03 kg/dm^3$).

4.5.1 PRESELECCION

El cálculo de la carga dinámica total preseleccionada es el siguiente:

$$H_{dt} = \text{Desnivel topográfico} + \text{Tirante útil} + h_{fcond} + h_{facc}$$

Donde: H_{dt} = Carga dinámica total (m).

h_{fcond} = Pérdidas por fricción en conducción de tubería (m).

h_{facc} = Pérdidas por fricción en accesorios (m).

Desnivel topográfico (m).

El desnivel topográfico se calcula de la siguiente forma:

(Ver fig 35)

Desnivel topográfico = Nivel en la descarga de la línea de conducción - Nivel de paro de la bomba en el cárcamo.

Sustituyendo los datos se tiene:

$$31.02 - 23.30 = 7.72 \text{ m.}$$

El rango de velocidad del agua en la línea de conducción será el siguiente:

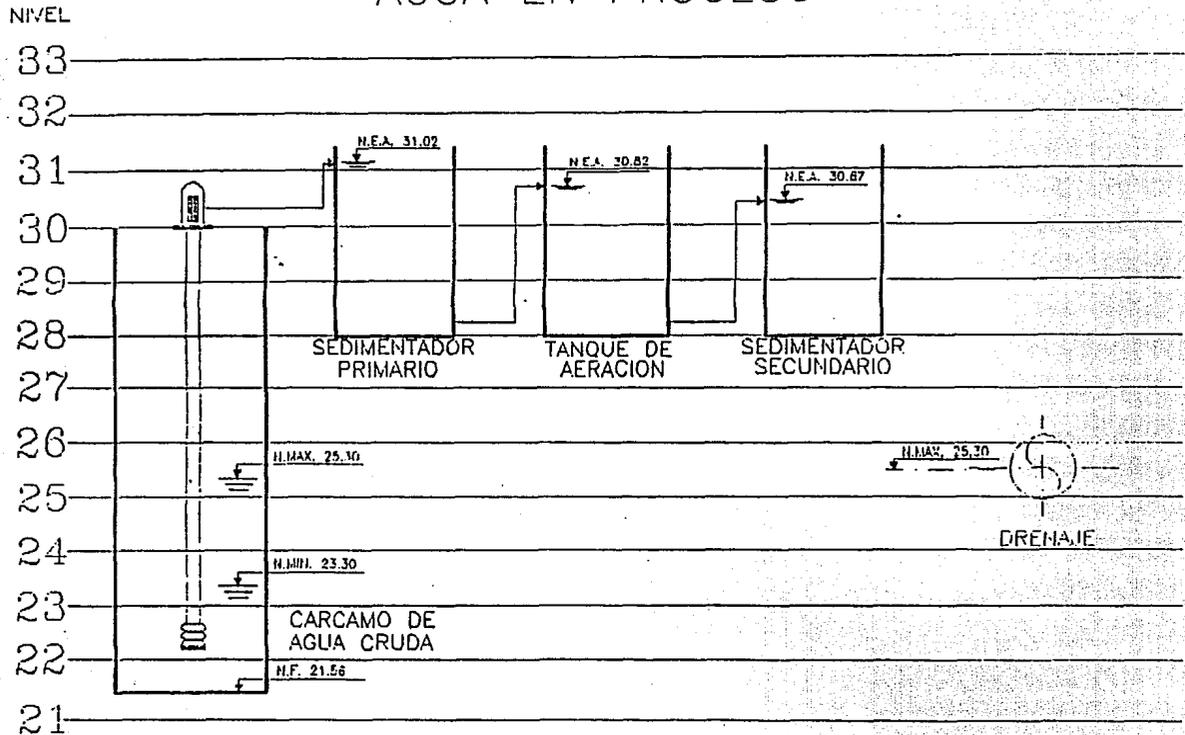
$$1.0 > V < 1.75 \text{ m/seg.}$$

Las pérdidas por conducción de la tubería se obtendrán por el método de Darcy Williams explicado anteriormente.

A continuación se presentará una tabla con los datos en la línea de conducción para los Trenes I y II así como la línea de conducción para el Tren III, esto con el fin de poder apreciar la ruta más crítica en la línea donde se tendrán el mayor número de pérdidas por fricción.

CONCEPTO	Q (m ³ /seg)	ø (m)	L (m)	V (m/seg)	E	Re
TRENES I y II	.500	(24 ") 0.6096	60	1.71	7.5 x 10 ⁻⁵	1 x 10 ⁶
TREN III	.250	(18 ") 0.4572	30	1.52	1.0 x 10 ⁻⁴	6 x 10 ⁵

PERFIL HIDRAULICO AGUA EN PROCESO



SIMBOLOGIA

N.MAX. NIVEL MAXIMO DE AGUA
 N.MIN. NIVEL MINIMO DE AGUA
 N.E.A. NIVEL ESPEJO DE AGUA
 N.F. NIVEL DE FONDO

FIGURA

35

CONCEPTO	f	hf cond (m)
TRENES I y II	0.017	0.249
TREN III	0.020	0.154

El resultado de esta tabla muestra que la línea de conducción que alimenta a los TRENES I y II presenta mayor número de pérdidas por fricción en la tubería, por lo cual se tomará como ruta más crítica para conducir el efluente proveniente del cárcamo de captación de agua cruda

Para las pérdidas por fricción en accesorios se tomará como dato aproximado un valor de 3.0 metros de longitud equivalente de tubería.

Al tener todas las pérdidas por fricción y niveles de agua se procederá a sustituir estos datos en la fórmula de la carga dinámica total:

$$\text{Hdt} = \text{Desnivel topográfico} + \text{hf cond} + \text{hf acc}$$

$$\text{Hdt} = 7.72\text{m} + 0.249\text{m} + 3.0\text{m}$$

$$\text{Hdt} = 10.96 \text{ m.c.a (metros de columna de agua) ;}$$

$$\text{Hdt} = 35.9892 \text{ ft.c.a (pies de columna de agua).}$$

A continuación se procederá a calcular la potencia de la bomba :

$$N_{hp} = \frac{\text{Hdt} \times Qd \times \mu}{76 \times n}$$

Donde: N_{hp} = Potencia del motor eléctrico (c.p.).
 Q_b = Gasto a manejar por bomba (l/seg).
 H_{dt} = Carga dinámica total (m.c.a.).
 μ = Peso específico del agua cruda
 (kg m / seg).
 n = Eficiencia de la bomba.

El tipo de bomba a usar en el cárcamo y para el tipo de efluente a manejar se recomienda bomba vertical de flujo mixto cuya información acerca de su desempeño se proporcionó del fabricante de bombas Fairbanks Morse cuya gráfica (gasto contra carga) , se anexa a la presente memoria de cálculo y de la cual se obtuvieron los siguientes datos, recordandose que es una selección previa:

Datos: Q_b = 250 l/seg (.250 m³/seg)
 H_{dt} = 10.969 m.c.a.
 μ = 1.03 kg m / seg
 n = 0.804

Cálculo:
$$N_{hp} = \frac{H_{dt} \times Q_b \times \mu}{76 \times n}$$

$$N_{hp} = \frac{10.96 \times 250 \times 1.03}{76 \times 0.804}$$

$$N_{hp} = 46.18 \text{ c.p.}$$

Por lo cual el motor que satisface estas condiciones, es un motor de 60 c.p., 220/440 Volts, 3 Fases, 60 Ciclos, con una velocidad de 880 rpm, 6 Polos, TCCV y flecha hueca.

Para verificar que el tipo de bomba seleccionada es la adecuada, se emplea la fórmula de la velocidad específica .

$$N_s = 0.211 \frac{\text{rpm} \times Q_b^{1/2}}{H_{dt}^{3/4}}$$

Donde: N_s = Velocidad específica (rpm).

Q_b = Gasto por bomba (m^3/min).

H_{dt} = Carga dinámica total (m).

rpm = Velocidad de la bomba (rpm).

Datos: Q_b = 15000 m^3/min

H_{dt} = 10.969 m

rpm = 880

$$\text{Cálculo: } N_s = 0.211 \frac{\text{rpm} \times Q_b^{1/2}}{H_{dt}^{3/4}}$$

$$N_s = 0.211 \frac{880 \times 15000^{1/2}}{10.969^{3/4}}$$

$$N_s = 2764.28 \text{ rpm}$$

Esta velocidad específica nos demuestra que la bomba obtenida pertenece a la familia de las bombas Centrifugas y será del tipo hélice propela para manejar flujo mixto por tratarse de agua residual,(ver figura 19).

A continuación se procederá a calcular con detalle el equipo de bombeo y el cárcamo que se necesitará para conducir y alojar el efluente que será bombeado hacia los sedimentadores primarios en

la fase de rehabilitación , sabiendo ahora el tipo y la capacidad aproximada del equipo .

4.5.2 DIMENSIONAMIENTO DEL CÁRCAMO DE BOMBEO

Para el dimensionamiento del cárcamo se tendrá que calcular los siguientes términos

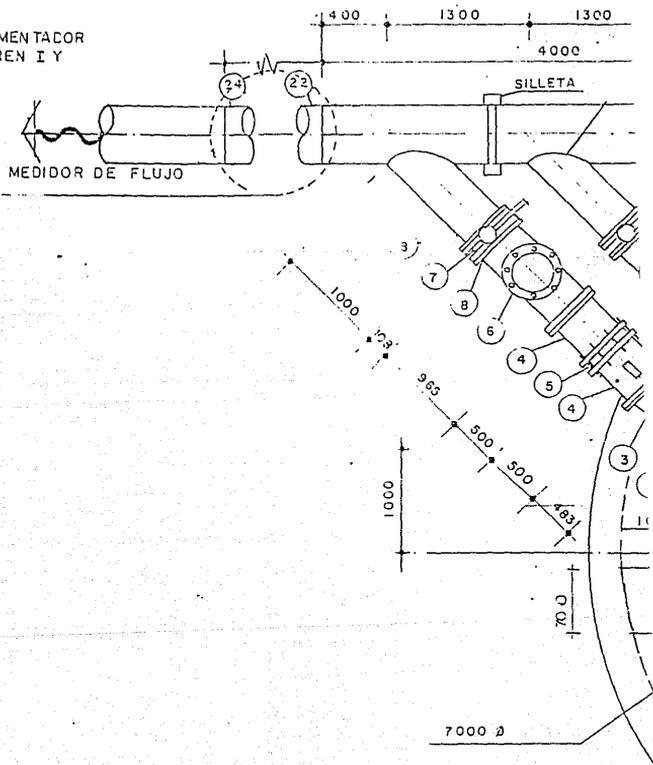
- 1.- Volúmen del agua donde operarán las bombas.
- 2.- Tirante útil
- 3.- Area del cárcamo
- 4.- Gasto manejado por bomba
- 5.- Tiempo de retención entre arranques y paros sucesivos de los equipos de bombeo.
(Ver figura 36)

El volúmen de agua donde operarán las bombas se calcula con la siguiente fórmula :

$$V_a = \frac{Q_b \times T.R}{N^{\circ} \text{ Bombas}}$$

- Donde:
- V_a = Volúmen de agua en el cárcamo (m^3).
 - Q_b = Gasto demandado por bomba (m^3/seg).
 - $T.R$ = Tiempo de retención del agua en el cárcamo ó tiempo entre paro y arranque entre equipos de bombeo(seg).

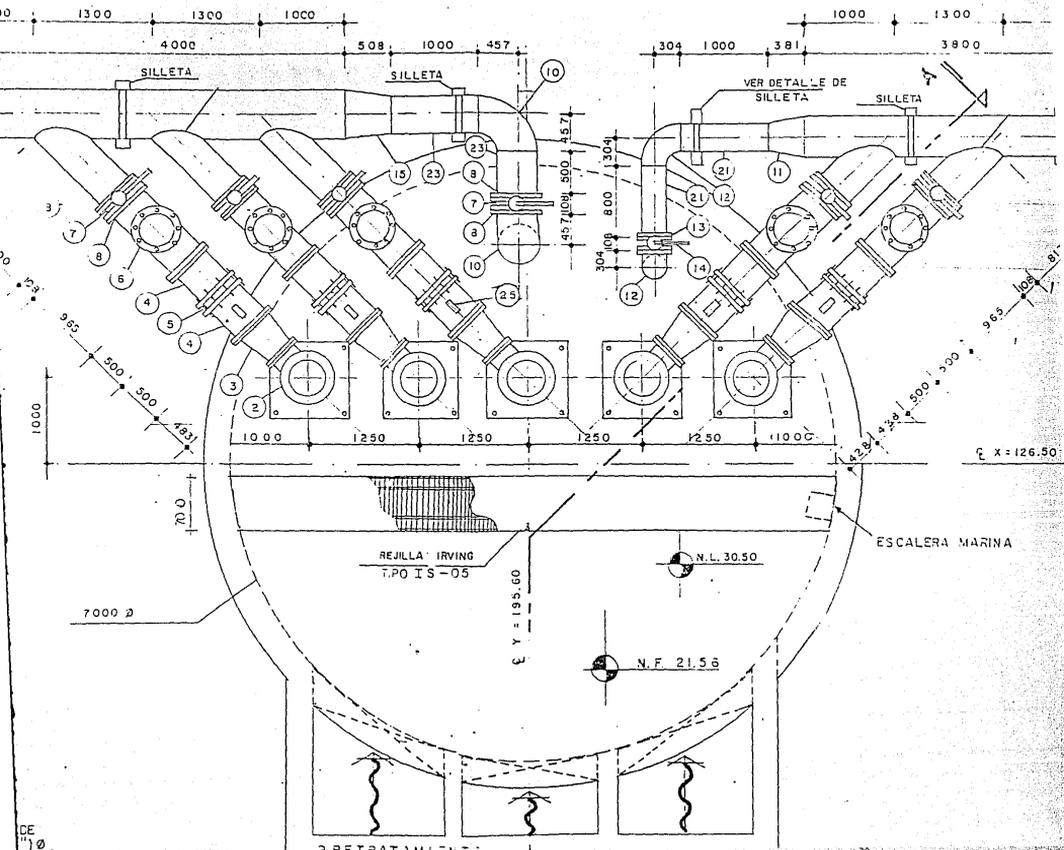
HACIA SECIMENTADOR
PRIMARIO TREN I Y
TREN II



MANOMETRO

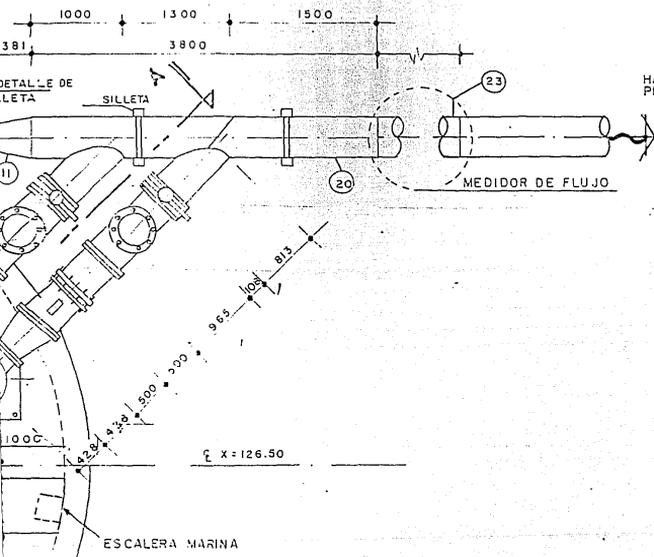


RIZO DE COBRE DE
6.35 mm. (1/4") Ø



CE
110

3 8572247 11120



HACIA SEDIMENTADOR
PRIMARIO TREN III

CANTIDAD DE DESCR

No.

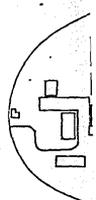
- 1... Bomba centrífuga vertical tipo helic MCRSE mod. 8211 para cárcamo h carga dinámica total de 9.30m c. de 2 pasos de caucho a especifi
- 2... Motor eléctrico trifásico de inducción 440/220 volts, 6 polos, 60 Hz.
- 3... Ampliación concéntrica de Fo.Fo. de
- 4... Extremidad de Fo.Fo. de 457.6 mm
- 5... Junta mecánica dresser completa de
- 6... Válvula de retención tipo check, brida
- 7... Válvula de mariposa de 457.6 mm
- 8... Brida deslizante de acero, soldable
- 9... Te de acero extremos soldables, de
- 10... Codo a 90° de acero, extremos soldables
- 11... Reducción concéntrica de acero, uniones soldables (18" a 12")
- 12... Codo a 90° de acero, uniones soldables
- 13... Brida deslizante de acero, soldable
- 14... Válvula de mariposa, de 304.8 mm
- 15... Reducción concéntrica de acero, uniones soldables (24" a 18")
- 16... Te de acero, uniones soldables, de

$\phi X = 126.50$

ESCALERA MARINA

CANTIDAD DE MATERIALES Y EQUIPO

No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
1..	Bomba centrífuga vertical tipo helice (propela) de flujo axial FAIRBANKS MCRSE mod.8211 para acrícnico húmedo con capacidad de 250 l.p.s. y carga dinámica total de 9.30m.c.a (30.51 ft), velocidad de 1170 r.p.m. de 2 pasos de acuerdo a especificaciones de D.G.C.O.H.	PZA.	5
2..	Motor eléctrico trifásico de inducción tipo jaula de ardillo de 50 H.P., 440/220 volts, 6 polos, 60 Hz. marca IEM o similar	PZA.	5
3..	Ampliación concéntrica de Fo.Fo. de 457.2 mm. a 355.6 mm.(18" a 14") Ø	PZA.	5
4..	Extremidad de Fo.Fo. de 457.6 mm. (18") Ø por 500 mm. de longitud	PZA.	10
5..	Junta mecánica dresser completo de 457.6 mm. (18") Ø	PZA.	5
6..	Válvula de retención tipo check, brida de 457.6 mm. (18") Ø	PZA.	5
7..	Válvula de mariposa de 457.6 mm. (18") Ø	PZA.	9
8..	Brida deslizante de acero, soldable de 457.6 mm. (18") Ø	PZA.	13
9..	Te de acero extremos soldables, de 457.6 mm. (18") Ø	PZA.	2
10..	Codo a 90° de acero, extremos soldables, de 457.6 mm. (18") Ø	PZA.	4
11..	Reducción concéntrica de acero, uniones soldables, de 457.6 mm. a 304.8 mm. (18" a 12") Ø	PZA.	1
12..	Codo a 90° de acero, uniones soldables, de 304.8 mm. (12") Ø	PZA.	2
13..	Brida deslizante de acero, soldable, de 304.8 mm. (12") Ø	PZA.	2
14..	Válvula de mariposa, de 304.8 mm. (12") Ø	PZA.	1
15..	Reducción concéntrica de acero, uniones soldables, de 609.6 mm. a 457.2 mm. (24" a 18") Ø	PZA.	1
16..	Te de acero, uniones soldables, de 609.6 mm. (24") Ø	PZA.	2



CROQ

Gasto de diseño

Número de equip

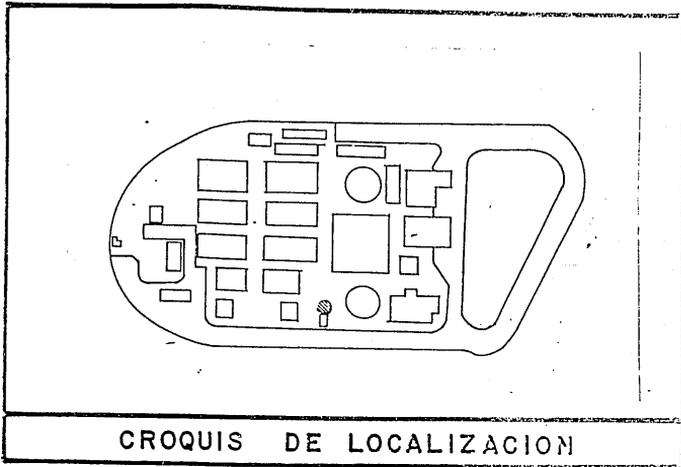
Gasto de bombe

Tirante útil

EQUIPO

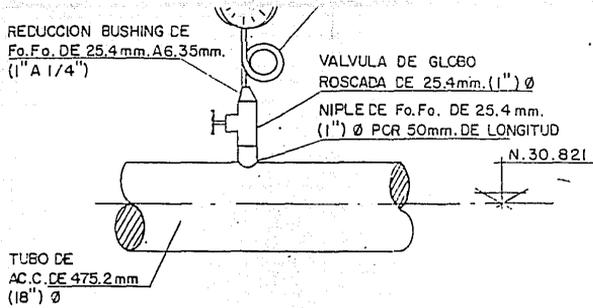
UNIDAD CANTIDAD

PZA. 5
 PZA. 5
 PZA. 5
 PZA. 10
 PZA. 5
 PZA. 5
 PZA. 9
 PZA. 13
 PZA. 2
 PZA. 4
 PZA. 1
 PZA. 2
 PZA. 2
 PZA. 1
 PZA. 1
 PZA. 2

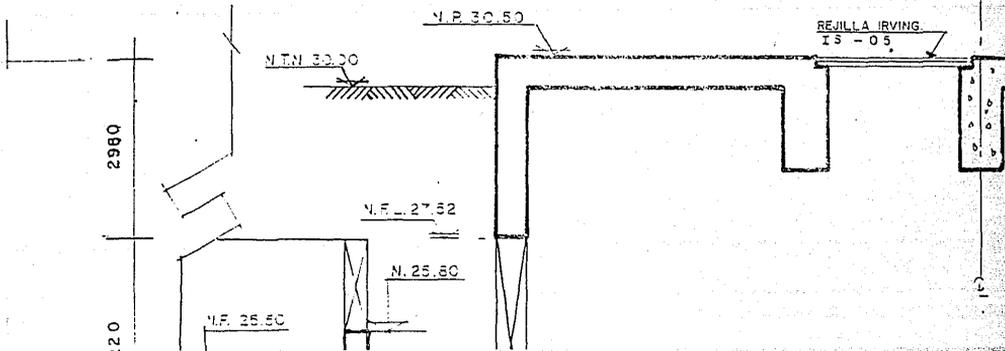


DATOS DE PROYECTO

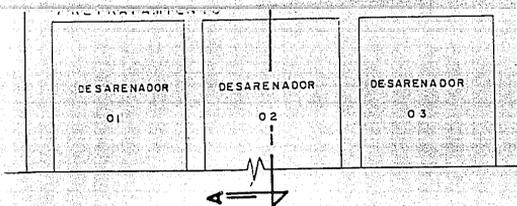
Gasto de diseño	750 l.p.s.
Número de equipos de bombeo	
Rehabilitación :	2 + 1
Ampliación :	1 + 1
Gasto de bombeo por equipo :	250 l.p.s.
Tirante útil	2.0 m



DETALLE DE MEDICION DE PRESION



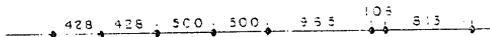
mm.
GITUD
N. 30.821



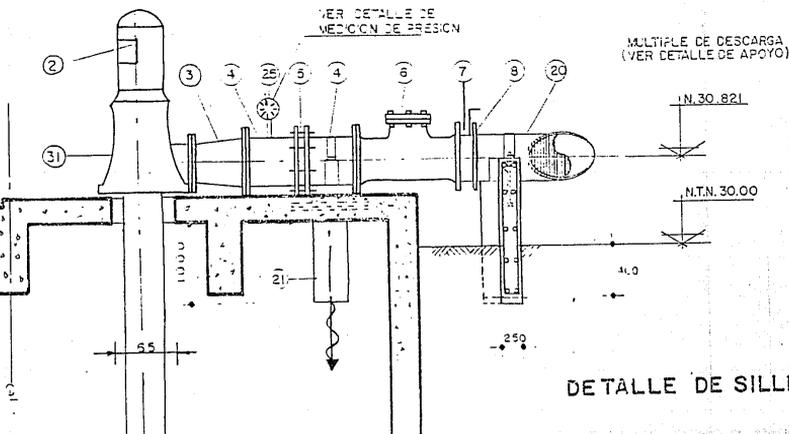
PRESION

PLANTA CARCAMO DE AGUAS CRUDAS

ESC. 1:40



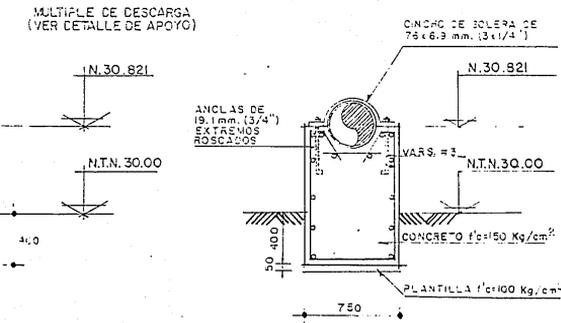
REJILLA IRVING
25 - 05



ANCLAS
19,1 mm. (1)
EXTREMOS
ROSCADOS

DETALLE DE SILLETA

MÚLTIPLE DE DESCARGA
(VER DETALLE DE APOYO)



TALLE DE SILLETA EN TERRENO

17. ... Codo a 90° de acero, uniones soldables, de 609.6
18. ... Brida deslizante de acero, soldable de 609.6 mm
19. ... Válvula de mariposa, de 609.6 mm. (24") Ø
20. ... Tubo de descarga (múltiple) de acero al carbón céd. por 3800 mm de longitud, con 2 salidas laterales (18") Ø por 813 mm de longitud
21. ... Tubería de acero al carbón grado B, cédula 4
22. ... Tubería de descarga (múltiple) de acero al carbón (24") Ø por 4000 mm. de longitud, con 3 salidas (18") Ø por 1029.0 mm. de longitud
23. ... Tubería de acero al carbón grado B, cédula 40
24. ... Tubería de acero al carbón grado B, cédula 40
25. ... Manómetro tipo BOURDON con elemento diferencial 6.35 mm (1/4") Ø incluye reducción, válvula de 25.4 mm. (1") Ø
26. ... Medidor de flujo para instalarse en tubería de diámetro
27. ... Medidor de flujo para instalarse en tubería de diámetro
28. ... Tornillo estándar de cabeza y tuerca hexagonal con ranuras, de
 - 25.4 mm. Ø x 114.3 mm. (1" x 4 1/2")
 - 23.5 mm. Ø x 114.3 mm. (1 1/8" x 4 1/2")
29. ... Birlos para válvula de mariposa con tuercas hexagonales y de presión galvanizada, de
 - 22.2 mm Ø x 210 mm (7/8" x 8 1/4")
 - 23.6 mm Ø x 241 mm (1 1/8" x 9 1/2")
 - 31.8 mm. Ø x 279 mm (1 1/4" x 11")
30. ... Empaque de plomo de
 - 355.5 mm. (14") Ø
 - 457.2 mm. (18") Ø
31. ... Cabezal de descarga de 355.6 mm. (14")
32. ... Tubo de acero al carbón (columna de agua) de 3.

de acero, uniones soldables, de 609.6 mm. (24") Ø

de acero, soldable de 609.6 mm. (24") Ø

de mariposa, de 609.6 mm. (24") Ø

de acero (múltiple) de acero al carbón cédula 40 457.2 mm. (18") Ø de longitud, con 2 salidas laterales a 45°, de 457.2 mm. 3 mm de longitud

de acero al carbón grado B, cédula 40, de 304.8 mm. (12") Ø

de descarga (múltiple) de acero al carbón cédula 40 de 609.6 mm. 609.6 mm. de longitud, con 3 salidas laterales a 45°, de 457.2 mm. 29.0 mm. de longitud

de acero al carbón grado B, cédula 40 de 457.2 mm. (18") Ø

de acero al carbón grado B, cédula 40 de 609.6 mm. (24") Ø *

de tipo BOURDON con elemento diferencial de cobre, conexión de 1/2" Ø incluye reducción, válvula de globo y niple de Fo.Fc. de 1/2" Ø

de tipo para instalarse en tubería de diámetro de 457.2 mm. (18")

de tipo para instalarse en tubería de diámetro de 609.6 mm (24")

de tipo de cabeza y tuerca hexagonal con arandela de presión galvanizada, de

de tipo 25.4 mm. Ø x 114.3 mm. (1" x 4 1/2")

de tipo 25.4 mm. Ø x 114.3 mm. (1" x 4 1/2")

de tipo válvula de mariposa con tuercas hexagonales y arandela plana galvanizada, de

de tipo 12.2 mm Ø x 210 mm (7/8" x 8 1/4")

de tipo 12.2 mm Ø x 241 mm (1 1/8" x 9 1/2")

de tipo 12.2 mm Ø x 279 mm (1 1/4" x 11")

de tipo como de

de tipo 55.6 mm. (1 1/4") Ø

de tipo 57.2 mm. (1 3/8") Ø

de tipo descarga de 355.6 mm. (14")

de tipo al carbón (columna de agua) de 355.6 mm. (14") Ø por 3650 mm

PZA. 2

PZA. 6

PZA. 3

PZA. 1

M. 3

PZA. 1

M. 3

M. 4

PZA. 5

PZA. 1

PZA. 1

PZA. 60

PZA. 80

PZA. 12

PZA. 144

PZA. 60.

PZA. 5

PZA. 10

PZA. 5

NOTAS:

- 1... Acreditaciones en milímetros, excepto las indicadas
- 2... Todos los cambios de dirección de las tuberías llevar atraques
- 3... El funcionamiento de los equipos de bombeo será a espera alternados para trenes 1 y 2 y uno en alternancia para tren 3
- 4... Todas las tuberías y conexiones deberán probarse de un primario anticorrosivo y como acabado exterior
- 5... Los Jatos de caudal a manejar son: 244 lt./s. 250 lt./s. para el tren 3

SIMBOLOGIA

N. T. N. ____ Nivel de Terreno Natural

N. F. ____ Nivel de Fondo

PZA. 2
PZA. 6
PZA. 3

NOTAS:

PZA. 1
M. 3
PZA. 1
M. 3
M. 4

1. Acotaciones en milímetros, excepto las indicadas en otra unidad
2. Todos los cambios de dirección de las tuberías de descarga deberán llevar atraques
3. El funcionamiento de los equipos de bombeo será dos en operación y uno en espera alternados para trenes 1 y 2 y uno en operación y uno en espera alternados para tren 3
4. Todas las tuberías y conexiones deberán protegerse mediante la aplicación de un primario anticorrosivo y como acabado 2 manos de esmalte para exteriores
5. Los datos de caudal a manejar son: 244 lt./s. para los trenes 1 y 2 y 250 lt./s. para el tren 3

PZA. 5
PZA. 1
PZA. 1

PZA. 60
PZA. 80

PZA. 12
PZA. 144
PZA. 60.

SIMBOLOGIA

PZA. 5
PZA. 10
PZA. 5

N. T. N. — Nivel de Terreno Natural
N. F. — Nivel de Fondo

8940

32

3740

N.F. 25.30

N. MAX. 25.30

N. MIN. 23.30

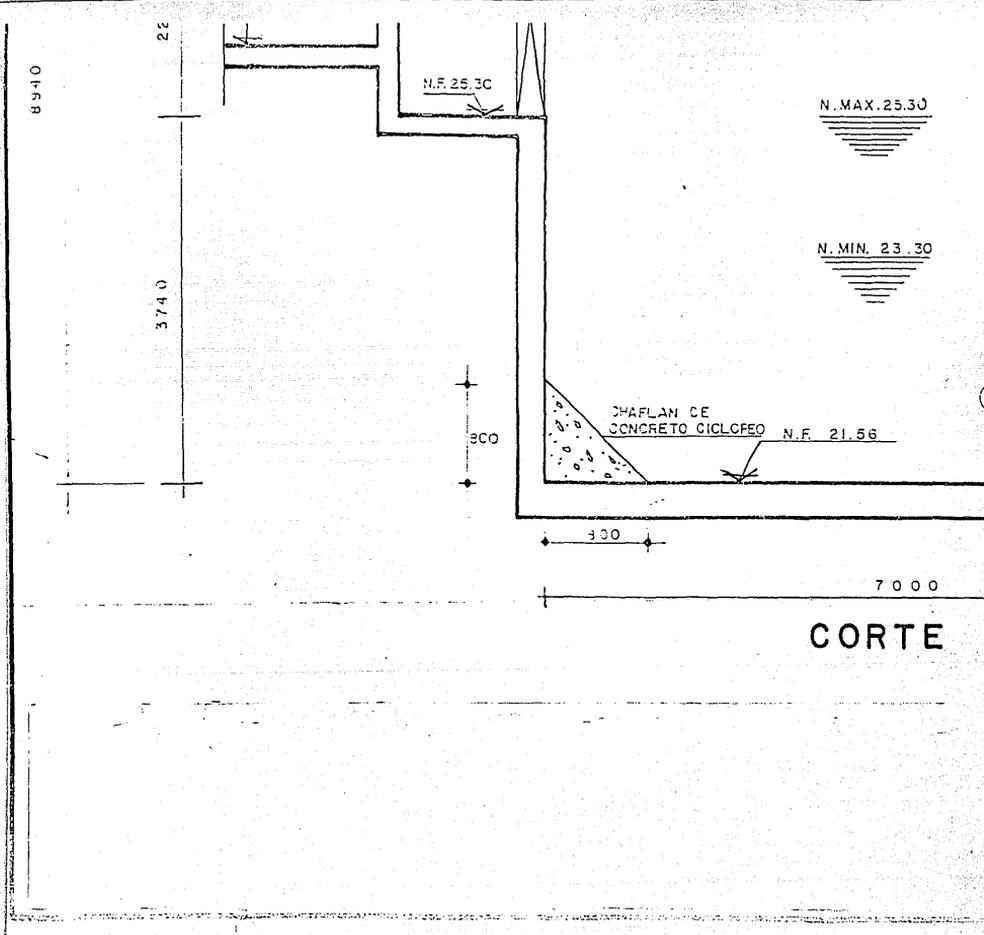
300

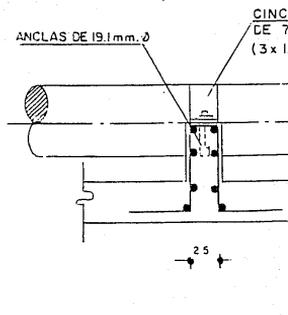
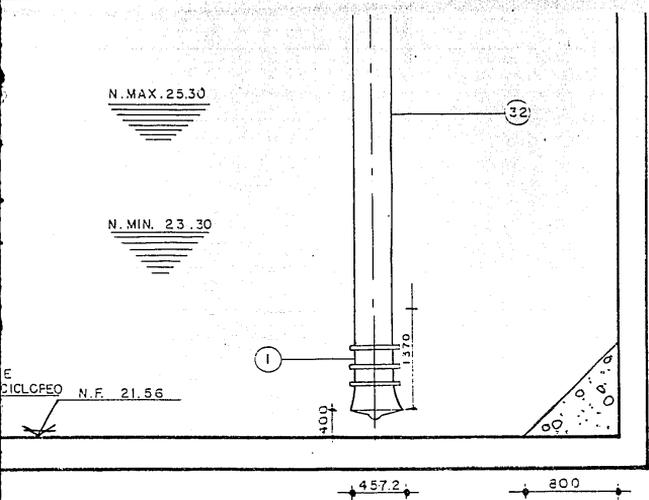
CHAFLAN DE
CONCRETO CICLOPEO N.F. 21.56

330

7000

CORTE



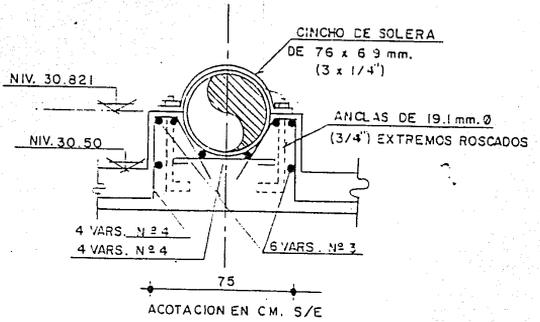
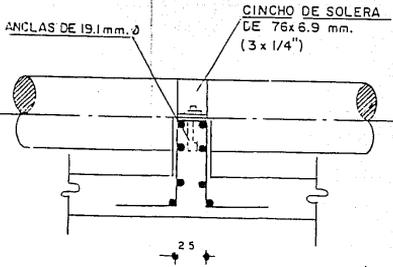


DETALLE DE S

7 0 0 0

CORTE A - A

de longitud.



DETALLE DE SILLETA EN LOSA DE CARCAMO

de longitud.

PZA. 5

N.F.L. Nivel de Fondo

N.P. Nivel de Plantilla

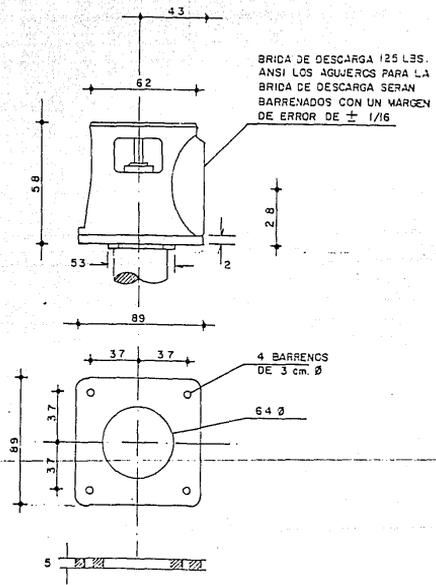
N.C.T. Nivel de Centro

CHICO DE SOLERA

76 x 69 mm.
(3 x 1/4")

ANCLAS DE 19.1 mm. Ø
(3/4") EXTREMOS ROSCADOS

Nº 3



DETALLE DE PLACA SOPORTE
Y CABEZAL DE DESCARGA
ACOTACION EN CM S/E

PLANTA, ELEVACION DEL SISTEMA

TESIS:
 DISEÑO DE UN EQUIPO DE
 IMPORTANCIA EN UN
 TRATAMIENTO DE AGUAS
 PROYECTO:
 ARTURO BASU

PZA. 5

N.F.L. — Nivel de Fango de losq

N.P. — Nivel de Plantilla

N.C.T. — Nivel de Centro de Tubería

DE DESCARGA 125 LBS.
LOS AGUJEROS PARA LA
DE DESCARGA SERAN
ENADOS CON UN MARGEN
RROR DE $\pm 1/16$

PRENCOS
1 cm. Ø

PLANTA, ELEVACION Y DETALLES DEL SISTEMA DE BOMBEO

TESIS:

DISEÑO DE UN EQUIPO DE BOMBEO Y SU
IMPORTANCIA EN UNA PLANTA DE —
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

PROYECTO:

ARTURO BASURTO DOMINGUEZ

FIGURA. 36

$$A = \frac{D \times 7^2}{4}$$

$$A = 38.4846 \text{ m}^2$$

$$T.U = \frac{V_a}{A}$$

$$T.U = \frac{75 \text{ m}^3}{38.4846 \text{ m}^2}$$

$$T.U = 1.94 \text{ m} = 2 \text{ m} \quad (6.56 \text{ ft})$$

A continuación se calculará el tiempo real de retención del volúmen de agua antes mencionado.

$$T.r. = \frac{V_a}{Q_c}$$

Donde $V_a = \text{Volúmen (m}^3 \text{)}$.

$Q_c = \text{Gasto demandado en el cárcamo}$
(.750 m3/seg).

$T.r. = \text{Tiempo real de retención (seg)}$.

Datos: $V_a = 75 \text{ m}^3$

$Q_c = .750 \text{ m}^3/\text{seg}$

Cálculo $T.r. = \frac{V_a}{Q_c}$

$$T.r. = \frac{75}{0.750}$$

$$T.r. = 102 \text{ seg}$$

$$T.r. = 1 \text{ min } 42 \text{ seg}$$

4.5.3 PERDIDA POR FRICCION EN CODO DE DESCARGA

Teniendo la siguiente fórmula :

$$h_{fc} = 0.5 \frac{v^2}{2g}$$

Donde h_{fc} = Pérdidas por fricción en codo de descarga (m).

v = Velocidad del agua en la columna de succión (m/seg).

g = Aceleración de la gravedad (9.81 m²/seg).

Datos: $v = 2.526 \text{ m/seg}$

$$\text{Cálculo } h_{fc} = 0.5 \frac{v^2}{2g}$$

$$h_{fc} = 0.5 \frac{2.526^2}{2 \times 9.81}$$

$$h_{fc} = 0.1626 \text{ m } (0.53 \text{ ft })$$

4.5.4 PERDIDA POR FRICCION POR VELOCIDAD EN EL FLUIDO

Teniendo la siguiente fórmula :

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

Donde h_{fvel} = Pérdidas por fricción por velocidad del fluido en la línea de conducción (m).

v = Velocidad del fluido (m/seg).

g = Aceleración de la gravedad (9.81 m²/seg).

Datos: v = 1.71 m/seg

Cálculo h_{vel} = $\frac{v^2}{2g}$

$$h_{vel} = \frac{1.71^2}{2 \times 9.81}$$

$$h_{vel} = 0.147 \text{ m } (0.4822 \text{ ft })$$

4.5.5 DESNIVEL TOPOGRAFICO

Tomando en cuenta los niveles de operación tanto en llegada del influente como salida del mismo en el cárcamo y la llegada del efluente a los sedimentadores se determinará el nivel topográfico del sistema. (Ver figuras 35 y 36)

Teniendo la siguiente fórmula:

$$\text{DESNIVEL TOPOGRAFICO} = \text{NIVEL DE DESCARGA} - \text{NIVEL DE SUMINISTRO} \\ (\text{NIVEL MEDIO})$$

Sustituyendo los valores se tiene:

$$31.02 - 24.30 = 6.72 \text{ m}$$

$$\text{DESNIVEL TOPOGRAFICO} = 6.72 \text{ m} \quad (22.04 \text{ ft})$$

Con el conocimiento del dato del desnivel topográfico y así mismo considerando todas las pérdidas consideradas a lo largo de este capítulo , se obtendrá como resultado una carga dinámica total del sistema.

De acuerdo al croquis mostrado en la figura 41 se puede observar que en el cárcamo de captación se tienen diferentes niveles de agua debido a la llegada de la misma, provocado por las diferentes demandas de agua así como operaciones de mantenimiento, etc., los cuales entre otros muchos motivos ocasionan que el nivel del agua no sea constante aunque la captación del agua sea prácticamente la misma en la totalidad del tiempo durante la operación de la planta, es por lo que en un proyecto de captación de agua se tiene que considerar 3 niveles de agua, máximo, medio y mínimo tanto para protección de los equipos de bombeo así como para evitar el derramamiento de agua en el cárcamo, controlandose esto mediante electroniveles colocados dentro del mismo sitio de captación y en la entrada de la toma.

En los cálculos subsecuentes se obtendrán resultados diferentes de acuerdo al nivel de agua que se trate, para así mostrar el equipo de bombeo necesario para cada caso.

4.5.6 PERDIDAS POR FRICCIÓN EN LA COLUMNA DE SUCCION

Teniendo las siguientes fórmulas :

$$h_{fs} = \frac{f L v^2}{(2g \phi)}$$

$$\dot{Y} = \frac{E}{\phi}$$

$$Re = \frac{v \times \phi}{\nu}$$

- Donde :**
- h_{fs} = Pérdidas por fricción en succión (m)
 - f = Coeficiente de fricción (Diagrama de Moody).
 - L = Longitud de tubería (m).
 - V = Velocidad del agua en la columna de succión (m/seg)
 - g = Aceleración de la gravedad (9.81 m/seg²).
 - ϕ = Diámetro de la columna de succión (m).
 - Re = Número de Reynolds (Adimensional).
 - \dot{Y} = Coeficiente de rugosidad
 - E = Rugosidad media para acero comercial (0.000046 m).
 - ν = Viscosidad cinemática del agua cruda (1.03 x 10⁻⁶ m²/seg).

- Datos:**
- V = 2.526 m/seg
 - f = 0.0175
 - L = 6.65 m

$$\phi = 0.355 \text{ m}$$

Cálculo

$$\dot{Y} = \frac{E}{\phi}$$

$$\dot{Y} = \frac{0.000046}{0.355}$$

$$\dot{Y} = 1.2935 \times 10^{-4}$$

$$\text{Re} = \frac{V \times \phi}{\nu}$$

$$\text{Re} = \frac{2.526 \times 0.355}{1.03 \times 10^{-6}}$$

$$\text{Re} = 8.70 \times 10^5$$

$$hf_s = \frac{f L V^2}{(2g \phi)}$$

$$hf_s = \frac{0.0175 \times 6.65 \times 2.526^2}{(2 \times 9.81 \times 0.355)}$$

$$hf_s = 0.1066 \text{ m} \quad (0.34 \text{ ft})$$

4.5.7 PERDIDAS POR FRICCIÓN EN DESCARGA DE LA BOMBA

A continuación se mostrará un cuadro de las piezas especiales necesarias en la descarga de la bomba antes del múltiple cuyas pérdidas por fricción se dá en longitud equivalente de tubería siendo la descarga de la bomba de 0.4572 m (18" ϕ) ya que con

este diámetro tenemos una velocidad adecuada, dentro de los parámetros antes mencionados en el inciso 4.3 (Ver figura 36)

ACCESORIO	DIAMETRO (inch)	LONG.EQ. (m)	No. PIEZAS	LONG.TOTAL (m)
Valv. Check	18"	37.9	1	37.9
Valv. Mariposa	18"	144.78	3	434.3
Extremidad	18"	0.495	2	0.99
Reducción	20" x 18"	3.96	1	3.96
T O T A L				477.19 m

Teniendo las siguientes fórmulas :

$$h_{fD} = \frac{f L v^2}{(2g \phi)}$$

$$\dot{y} = \frac{E}{\phi}$$

$$Re = \frac{V \times \phi}{\nu}$$

- Donde :**
- h_{fD} = Pérdidas por fricción en descarga (m)
 - f = Coeficiente de fricción (Diagrama de Moody).
 - L = Longitud de la tubería (m).
 - V = Velocidad del fluido (m/seg)
 - g = Aceleración de la gravedad (9.81 m/seg²).
 - ϕ = Diámetro de la tubería (m).
 - Re = Número de Reynolds (Adimensional).

- \dot{Y} = Coeficiente de rugosidad
 E = Coeficiente de rugosidad para tubería
 de acero comercial (0.000046 m).
 ν = Viscosidad cinemática del agua cruda ($1.03 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{seg}$).

- Datos:** V = 1.6 m/seg
 f = 0.014
 L = 477.19 m
 ϕ = 0.4572 m

Cálculo $\dot{Y} = \frac{E}{\phi}$

$$\dot{Y} = \frac{0.000046}{0.4572}$$

$$\dot{Y} = 1.006 \times 10^{-4}$$

$$\text{Re} = \frac{V \times \phi}{\nu}$$

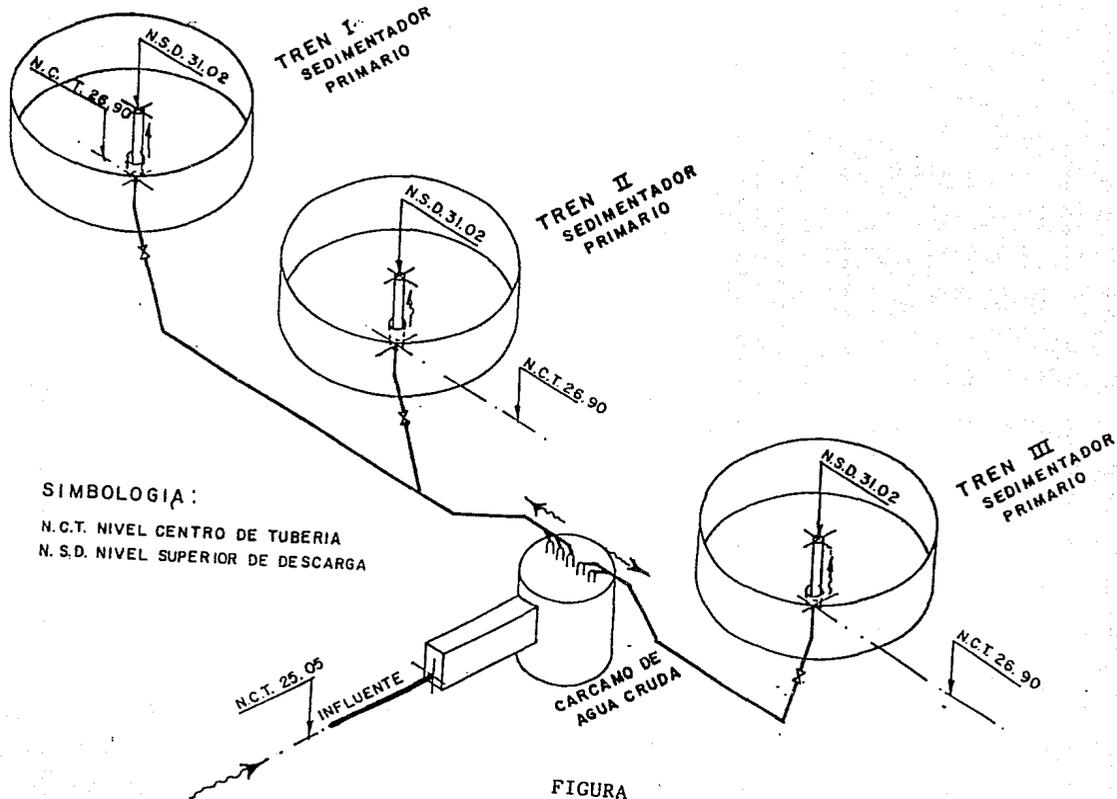
$$\text{Re} = \frac{1.6 \times 0.4572}{1.03 \times 10^{-6}}$$

$$\text{Re} = 7.1 \times 10^5$$

$$hf_D = \frac{f L \dot{Y}^2}{(2g \phi)}$$

$$hf_D = \frac{0.014 \times 477.19 \times 1.6^2}{(2 \times 9.81 \times 0.4572)}$$

ISOMETRICO - LINEA DE CONDUCCION AGUA CRUDA



FIGURA

MULTIPLE DESCARGA	4.0	-	0.0138	-	0.0138	1.78
24"	40.0	95	0.167	0.38	0.55	1.78
18"	4.0	35	0.031	0.20	0.24	1.60
T O T A L					0.80 m	

4.5.9 CARGA DINAMICA TOTAL

Para determinar la carga dinámica total en el sistema se compondrá de los siguientes cálculos realizados anteriormente

$$\text{Hdt} = \text{Nivel} + \text{hfc} + \text{hfvel} + \text{hfs} + \text{hfd} + \text{hfcond}$$

Topográfico

Donde:

hfc = Pérdida por fricción en codo de descarga (m)

hfvel = Pérdida por fricción por velocidad (m)

hfs = Pérdida por fricción en succión (m)

hfd = Pérdida por fricción en codo de descarga (m)

hfcond = Pérdida por fricción en conducción (m)

Carga dinámica total a nivel MAXIMO (m)

$$\text{Hdt} = 5.72 + 0.1626 + 0.147 + 0.1066 + 1.9065 + 0.80$$

$$\text{Hdt máximo} = 8.84 \text{ m.c.a.}$$

Carga dinámica total a nivel MEDIO (m)

$$\text{Hdt} = 6.72 + 0.1626 + 0.147 + 0.1066 + 1.9065 + 0.80$$

Hdt medio = 9.84 m.c.a.

Carga dinámica total a nivel MINIMO (m)

Hdt = 7.72 + 0.1626 + 0.147 + 0.1066 + 1.9065 + 0.80

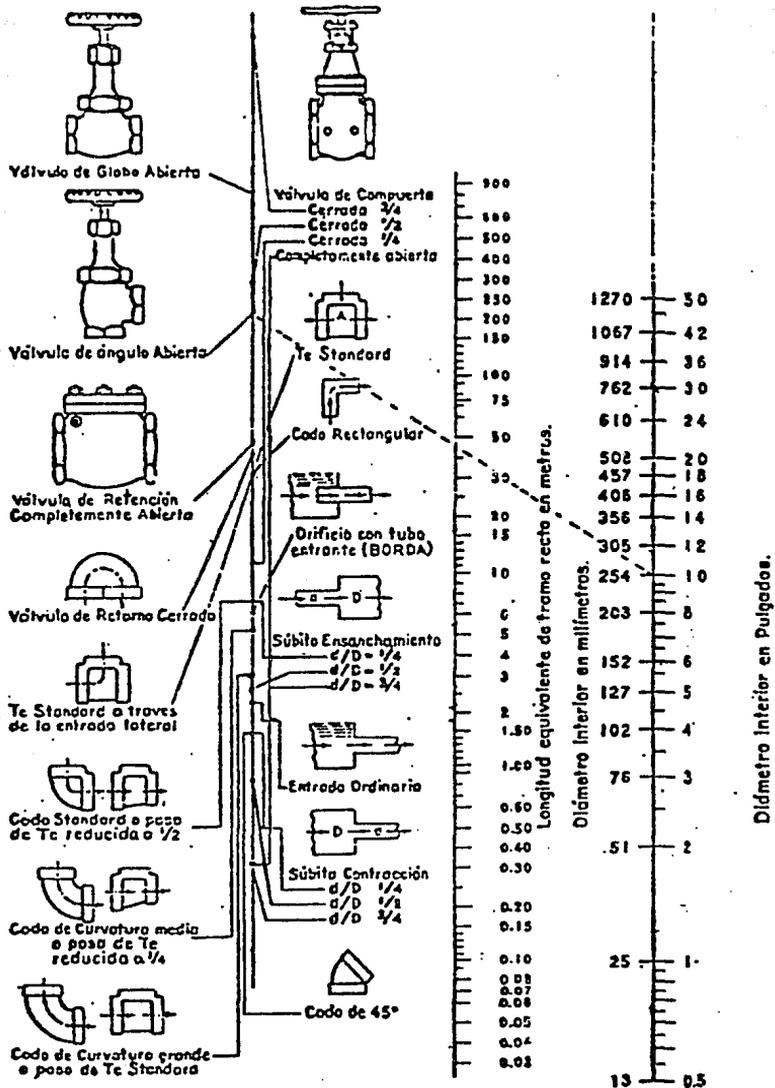
Hdt minimo = 10.84 m.c.a.

Haciendo un resumen de lo calculado anteriormente tenemos las siguientes condiciones de servicio:

Líquido a manejar	_____	Agua Cruda
Gasto por bomba	_____	250 lps
Carga dinámica máxima	_____	8.84 m
Carga dinámica media (operación normal)	_____	9.84 m
Carga dinámica mínima	_____	10.84 m
Nivel máximo de agua en el cárcamo de bombeo		3.74 m
Nivel medio de agua	" " "	2.74 m
Nivel mínimo de agua	" " "	1.74 m
Profundidad del cárcamo	_____	8.94 m
Operación de las bombas	_____	Paralelo

(Ver figura 46)

PERDIDA DE CARGA EN CONEXIONES



FIGURA

4.5.10 CALCULO DE LA VELOCIDAD ESPECIFICA

Teniendo la siguiente fórmula :

$$N_s = 0.211 \frac{\text{rpm} \times Q_b^{1/2}}{\text{Hdt}^{3/4}}$$

Donde: N_s = Velocidad especifica (rpm).
 Q_b = Gasto demandado por bomba (l/min).
 Hdt = Carga dinámica total (m).
 rpm = Velocidad de la bomba (rpm).

Datos: Hdt = 10.74 m
 Q_b = 15000 l/min
 rpm = 880

Cálculo $N_s = 0.211 \frac{\text{rpm} \times Q_b^{1/2}}{\text{Hdt}^{3/4}}$

$$N_s = 0.211 \frac{880 \times 15000^{1/2}}{10.74^{3/4}}$$

$$N_s = 3833.16 \text{ rpm}$$

Con este resultado se verifica la selección previa de la bomba en el inciso 4.6.1

4.5.11 SELECCION DE LA BOMBA

Sabiendo los datos calculados en los incisos anteriores y comparando con los resultados obtenidos en la selección previa en

el inciso 4.2 se confirma que la bomba seleccionada es la correcta por lo tanto sus características serán las siguientes:

MARCA:	FAIRBANKS MORSE O SIMILAR
MODELO	8312
No PASOS	2
VELOCIDAD	1770 rpm
C.D.T	10.85 m
GASTO	250 l/s
SUMERGENCIA	1.37 m
COLUMNA	12"
CABEZAL	
DESCARGA	12"
TIPO	CENTRIFUGA VERTICAL, TIPO HELICE PROPELA PARA FLUJO MIXTO.

Para observar el desempeño de la bomba (ver figura 39)

4.5.12 CALCULO DEL EMPUJE AXIAL DE LA BOMBA

Teniendo la siguiente fórmula :

$$E.A = (K \times Hdt) + (W \times S)$$

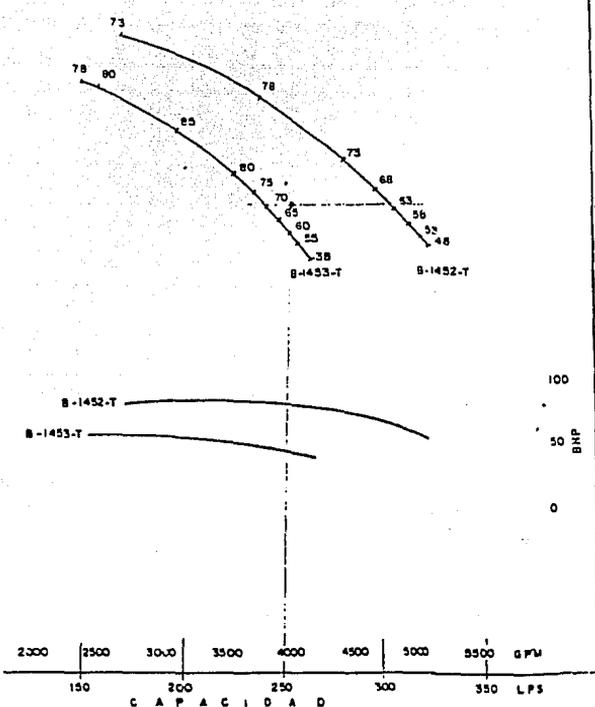
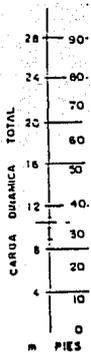
Donde E.A = Empuje axial (Kg).

Hdt = Carga dinámica total (m).

K = Factor de carga hidráulica (kg/m).

S = Espesor de la flecha (m).

W = Peso de la flecha (kg).

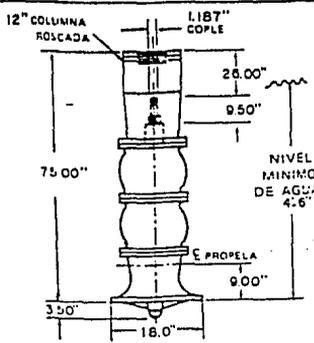


12"
 8312
 1770
 RPM
 2
 PASOS
 COLUMNA
 12"
 CABEZAL
 DESCARGA
 12"
 FLECHA
 DE
 TRANSMISION
 1 3/16"
 TUBO FUNDA
 2"
 BOMBA
 VERTICAL
 TIPO
 HELICE
 (PROPELA)
 DE
 FLUJO
 MIXTO

FIGURA 39

DATOS	VALOR	
DIAMETRO DE FLECHA DE LA BOMBA	1.4375 PULG.	
PASO MAXIMO DE ESFERA	1.88 PULG.	
K ₁ (FACTOR DE CARGA HID. AXIAL)	31 LBS./FT.	
K ₂ (PESO TOTAL DEL ROTOR)	56 LBS.	
K ₃ (PESO FLECHA POR UNIDAD LONG.)	3.8 LBS./FT	
WK ² TOTAL	0.2 LBS.-FT ²	
PESO TOTAL DE LOS TAZONES	6.50 LBS.	
AREA OJO: PROPELA No. B-1452-T	63.0 PULG. ²	3 ALABES
PROPELA No. B-1453-T	63.0 PULG. ²	3 ALABES
PROPELA No.	PULG. ²	ALABES
PROPELA No.	PULG. ²	ALABES
PROPELA No.	PULG. ²	ALABES
PROPELA No.	PULG. ²	ALABES

LA CURVA DE COMPORTAMIENTO MOSTRADA INCLUYE LAS PERDIDAS POR FRICCION EN UN TRAMO DE COLUMNA DE 10 PIES Y EL CODO DE DESCARGA SOBRE SUPERFICIE EN EL DIAMETRO ESPECIFICADO AL LADO DE LA CURVA ADICIONAR LAS PERDIDAS POR FRICCION CUANDO LA LONGITUD SEA MAYOR A 10 PIES Y OTROS ARREGLOS EN LA DESCARGA



*Este valor corresponde solamente a la sumergencia mínima requerida para evitar vórtices, el cual puede ser incrementado dependiendo de las condiciones de NPSH disponible.

Datos:

Hdt = 9.84 m

K = 91.53 kg/m

S = 0.012 m

W = 11.22 kg/m

Cálculo

E.A = (K x Hdt) + (W x S)

E.A = (91.53 x 9.84) + (11.22 x 0.012)

E.A = 900.7 kg

4.5.13 CALCULO DE LA POTENCIA DE LA BOMBA

Teniendo la siguiente fórmula :

$$N_{hp} = \frac{Hdt \times Q \times \mu}{76 \times n}$$

Donde

N_{hp} = Potencia de la bomba (c.p.).

Hdt = Carga dinámica total (m).

Q = Gasto demandado en la línea de conducción (l/seg).

n = Eficiencia de la bomba (%).

μ = Densidad del agua cruda (1.03 kg/dm³).

Datos:

Hdt NIVEL MAXIMO = 8.84 m

Hdt NIVEL MEDIO = 9.84 m

Hdt NIVEL MINIMO = 10.84 m

Q = 250 l/seg

n = 0.80

Cálculo
$$N_{hp} = \frac{Hdt \times Q \times \mu}{76 \times n}$$

POTENCIA DEL MOTOR ELECTRICO A NIVEL MAXIMO

$$N_{hp} = \frac{Hdt \times Q \times \mu}{76 \times n}$$

$$N_{hp} = \frac{8.84 \times 250 \times 1.03}{76 \times 0.80n}$$

$$N_{hp} = 37.43 \text{ c.p.}$$

POTENCIA DEL MOTOR ELECTRICO A NIVEL MEDIO

$$N_{hp} = \frac{Hdt \times Q \times \mu}{76 \times n}$$

$$N_{hp} = \frac{9.84 \times 250 \times 1.03}{76 \times 0.80n}$$

$$N_{hp} = 41.67 \text{ hp}$$

POTENCIA DEL MOTOR ELECTRICO A NIVEL MINIMO

$$N_{hp} = \frac{Hdt \times Q \times \mu}{76 \times n}$$

$$N_{hp} = \frac{10.84 \times 250 \times 1.03}{76 \times 0.80n}$$

$$N_{hp} = 45.90 \text{ c.p.}$$

4.5.14 CALCULO DE LA PERDIDA POR POTENCIA EN LA FLECHA DE TRANSMISION DE LA BOMBA

Teniendo la siguiente fórmula :

$$h_{fhp} = \frac{\text{Pérdida de potencia en flecha} \times Lc}{100}$$

Donde: h_{fhp} = Pérdida por potencia en la flecha de transmisión (rpm).

Lc = Longitud de la columna de succión en una bomba centrífuga vertical (l/min).

Datos: Lc = 6.65 m
 Diámetro de la flecha (figura 39) = 1 11/16"
 Pérdida por potencia = 2.73

Cálculo

$$h_{fhp} = \frac{\text{Pérdida de potencia en flecha} \times Lc}{100}$$

$$h_{fhp} = \frac{2.73 \times 6.65}{100}$$

$$h_{fhp} = 0.1815 \text{ hp}$$

Nota: El valor de 2.73 se obtuvo de interpolación con los datos proporcionados en la figura 40

POTENCIA DE FLECHA DE LINEA											
R P M BOMBA	DIAMETRO DE FLECHA										
	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	1 7/8"	2 1/16"	2 3/16"	2 7/16"	2 11/16"	2 15/16"	3"
	PERDIDA DE POTENCIA EN FLECHA POR CADA 100 M										
720	0.43	0.72	1.08	1.54	2.07	2.66	3.28	4.07	4.36	5.74	7.71
870	0.49	0.85	1.31	1.84	2.46	3.18	3.94	4.82	5.44	6.79	7.87
970	0.56	0.95	1.48	2.07	2.76	3.54	4.43	5.41	6.23	7.61	8.86
1150	0.66	1.12	1.74	2.43	3.28	4.20	5.25	6.40	7.28	9.02	10.50
1450	0.86	1.44	2.23	3.15	4.20	5.41	6.76	8.20	9.51	11.58	13.12
1750	0.98	1.71	2.62	3.74	4.99	6.40	8.04	9.84	10.96	13.78	18.37
2900		2.85	4.40								
3500		3.44	5.18								

880
RPM

PERDIDA POR POTENCIA
EN FLECHA DE TRANSMISION

Sumando las pérdidas por potencia en la flecha a las potencias de los motores eléctricos tendremos la potencia total requerida para cada nivel:

POTENCIA DEL MOTOR ELECTRICO A NIVEL MAXIMO:

$$N_{hp} \text{ total} = N_{hp} + h_{fhp}$$

$$37.43 + 0.1815$$

$$N_{hp} \text{ total} = 37.61 \text{ c.p.}$$

POTENCIA DEL MOTOR ELECTRICO A NIVEL MEDIO:

$$N_{hp} \text{ total} = N_{hp} + h_{fhp}$$

$$41.67 + 0.1815$$

$$N_{hp} \text{ total} = 41.85 \text{ c.p.}$$

POTENCIA DEL MOTOR ELECTRICO A NIVEL MINIMO:

$$N_{hp} \text{ total} = N_{hp} + h_{fhp}$$

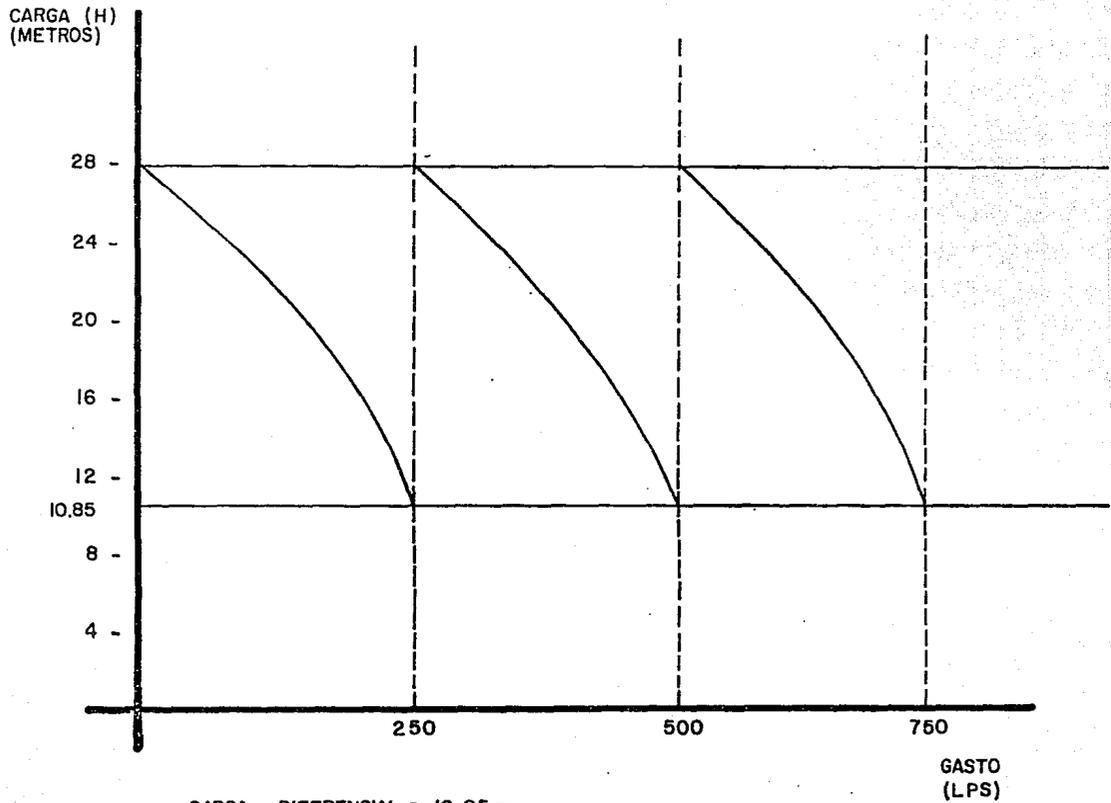
$$45.90 + 0.1815$$

$$N_{hp} \text{ total} = 46.08 \text{ c.p.}$$

Con este resultado podemos decir que la selección de la potencia de 60 hp indicada en la preselección es la adecuada, ya que se le está aumentando a la potencia final un margen de seguridad que puede

fluctuar entre un 10 a 15 % dependiendo de las condiciones del equipo de bombeo, el tipo de fluido manejado, antigüedad de la tubería en promedio de 15 años y la corrosión que pueda presentarse en ésta disminuyendo el diámetro interno y aumentando la carga.

OPERACION EN PARALELO DEL SISTEMA DE BOMBEO



CARGA DIFERENCIAL = 10.85 m.
GRAFICA GASTO VS CARGA

FIGURA
41

CAPITULO 5

PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO

5.1 GENERALIDADES

El término " mantenimiento " se puede definir como el arte de conservar el equipo de la planta y sus estructuras en condiciones apropiadas para llevar acabo las operaciones a que están destinadas. Con un mantenimiento correcto que preveen las emergencias o descomposturas imprevisibles, por lo tanto, se deben tomar en cuenta los factores de diseño, de construcción y de operación. Si un diseño es adecuado y el equipo se construye con el mejor material, la operación se efectuará con un mínimo de mantenimiento.

El mantenimiento se puede clasificar en mantenimiento preventivo y correctivo. El mantenimiento preventivo está constituido por los trabajos y precauciones necesarias para evitar desperfectos. El mantenimiento correctivo, es aquel que realiza las reparaciones precisas una vez que el desperfecto se ha producido.

Para lograr un Programa eficiente de mantenimiento, es conveniente que se observen las siguientes reglas:

- a) Conservar la planta perfectamente aseada y ordenada.

- b) Establecer un plan de ejecución de las operaciones cotidianas.
- c) Hacer un programa de revisión rutinaria de inspección y lubricación.
- d) Llevar los datos y registros de cada una de las piezas de los equipos.
- e) Cuidar las medidas de seguridad.

El mantenimiento mecánico es de suma importancia, ya que el equipo debe estar en magnificas condiciones de operación, para que la planta se desarrolle en condiciones óptimas. Los fabricantes proporcionan información sobre el mantenimiento mecánico del equipo, llevando al pie de la letra las instrucciones cuando se ejecute el mantenimiento.

5.2 REGISTRO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Un hecho que frecuentemente ocurre en un Programa de Mantenimiento Preventivo, es el error del operador de no registrar el trabajo que está desarrollando; cuando esto sucede, el operador deja a su memoria recordar cuando ejecutará cada función del Mantenimiento Preventivo. Pero a medida que las semanas y meses pasan, dicho programa se olvida por las operaciones cotidianas propias de la planta.

La única manera de que un operador puede conservar su programa de mantenimiento preventivo, es por medio de registros. Cuando se ha

seleccionado el sistema de registros que se llevará a cabo debe llevarse diariamente sin dejarlo a la memoria.

Con el fin de organizar y facilitar el trabajo se debe llenar una " tarjeta de servicio del equipo " para cada pieza del equipo en la planta. Dichas tarjetas tendrán los datos siguientes:

- a) Nombre del equipo
- b) Registro de cada servicio de mantenimiento requerido con un número de nombramiento, título o clave apropiado.
- c) Escribir los servicios de mantenimiento en orden de su frecuencia
- d) Describir el tipo de servicio que se efectuará.

La información de una tarjeta de servicio debe ajustarse a las necesidades de una planta, o en su defecto, la recomendada por el fabricante de cada equipo.

La " tarjeta de registro de servicio " es necesario que contenga la fecha del trabajo hecho, escribiendo el número del título y la firma del operador que ejecutó el servicio.

Cuando el servicio es llenado debe archivar para referencias futuras y una tarjeta nueva unida a la tarjeta muestra. La " tarjeta de servicio de equipo " nos dice que debe hacerse y cuando; mientras que la " tarjeta registradora de servicio " es un dato de lo que se hizo y cuando se efectuó.

5.3 MANTENIMIENTO DE ESTACIONES DE BOMBEO DE AGUAS NEGRAS

a) **Estaciones de Bombeo.** Son convenientes las inspecciones regulares y la limpieza del fondo y paredes de los pozos de succión, incluyendo la remoción de tierra. Los tubos de circulación que se usan en los pozos para controlar la operación de bombeo, requiere una revisión constante para asegurar una operación adecuada. Las cribas de Barras que se instalan delante de los pozos, deben limpiarse diariamente y durante esta operación hacer la revisión de todo el equipo mecánico.

b) **Importancia del mantenimiento de las bombas.** Las bombas de aguas negras son , la parte mas importante del equipo de una planta de tratamiento; normalmente una descompostura del equipo de bombeo, significará que es preciso desviar las aguas. Es esencial un completo conocimiento de la construcción y operación de la bomba, para efectuar su mantenimiento en forma debida.

Deben llevarse a cabo inspecciones diarias en que se preste especial atención a lo siguiente:

- | | |
|-------------------------|--------------------------|
| 1) Cojinetes, | Calentamientos y ruidos. |
| 2) Motores, | Velocidad de operación. |
| 3) Equipo de control, | Limpieza y condiciones. |
| 4) Operación de bombeo, | Vibraciones y ruidos. |
| 5) Prensa-Estopas, | Goteo excesivo |

Las aguas negras son mas difíciles de bombear que el agua clara. La presencia de tierra y arena en dichas aguas tiene un efecto abrasivo sobre las bombas, además se encuentran trapos, astillas y casi toda clase de objetos.

c) **Mantenimiento Mecánico.** (Ver figuras 7 y 10). La unidad móvil de una bomba centrífuga es el impulsor o rotor que gira dentro de una cubierta. El rotor está montado en una flecha y es sostenida por cojinetes axiales y por uno o más cojinetes guía, según sea la longitud de la flecha. El empaque debe lubricarse adecuadamente, pues esta aumenta la eficiencia de la bomba disminuyendo las fugas de aire, reduciendo la fricción y de esta manera se incrementa la vida del empaque y de la flecha.

Las prensas-estopas, nunca deberán apretarse demasiado; hay que procurar mantener un goteo para conservar fría la junta. No es suficiente. Se aconseja cambiar el empaque en los casos siguientes: Si la caja del empaque escurre demasiado y si la flecha está rayada. Cuando el empaque es nuevo conviene cerciorarse que la rondana del sello hidráulico quede en posición adecuada en la prensa-estopa. El sello hidráulico tiene una utilidad doble porque además de lubricar impide que el material arenoso entre en la prensa-estopa aumentando la duración del empaque y la flecha.

d) **Arranque de la bomba.** Antes de arrancar la bomba, deberá cerciorarse de que está lubricada. La flecha debe girarse a mano para observar se la rotación es libre, después se hará un chequeo a la flecha de la bomba y el motor para comprobar que estén

alineados. Se debe checar las características de la corriente eléctrica para comprobar si es requerida por el motor; se inspeccionará la instalación eléctrica y las unidades térmicas del arrancador. La rotación del motor se determinará por un contacto momentáneo para comprobar si el motor gira a la bomba en la dirección indicada por las flechas de rotación. Una bomba no debe ponerse en marcha si no ha sido cebada. Después de arrancar la bomba, se observará durante unos minutos para comprobar si todo está en orden.

e) Paro de la bomba. Cuando vaya a poner fuera de servicio la bomba por un periodo de tiempo prolongado deberá permanecer abierto el switch de conexión del motor; se pondrá un a etiqueta en la bomba diciendo la razón por la cual se paró, todas las válvulas de succión se descargarán y las líneas de cierre hidráulico se cerrarán herméticamente, finalmente la bomba se drenará perfectamente. No debe permitirse que el lodo permanezca en las bombas o en la tubería por poco tiempo que esté parada; se han registrado casos donde el gas producido ha provocado rupturas en la tubería y en las mismas bombas.

5.4 VALVULAS

El mejor mantenimiento que se le puede dar a una determinada válvula es el que indica el fabricante y junto con la propia experiencia, se obtendrán óptimos resultados. A continuación se hará un bosquejo del mantenimiento de alguna de ellas.

a) VALVULAS DE SECCIONAMIENTO TIPO COMPUERTA

El mantenimiento más común para las válvulas de compuerta son: lubricación, ajuste y reemplazo del empaque del prensa-estopa del vástago.

Es conveniente checar anualmente las partes de la válvula que se listan a continuación.

1) Prensa-estopa. Eliminan todas las juntas viejas en el mismo, limpiando el vástago de la válvula de cualquier partícula adherida y puliéndose con un trapo fino. Después de pulir se removerá la arena fina con otro trapo limpio, al cual se le pondrán unas gotas de aceite

2) Lubricación de los engranes. Se lubricarán en forma perfecta todos los engranes en las válvulas de compuerta. Además se lavarán los engranes abiertos con un solvente y después se engrasarán.

3) Lubricación de los anillos del vástago levantador. Se limpiarán los anillos y se lubricarán con grasa, checándose cada 4 meses.

a) se removerá la capucha, limpiando el cuerpo entero determinado cuidadosamente el daño a los anillos y al disco del cuerpo. Si la corrosión ha causado un picado excesivo, se quitará la pieza así como la varilla guía; en estos casos la reparación puede resultar impráctica.

b) Se eliminarán todas las juntas viejas y se limpiará la prensa-estopa de cualquier suciedad, incrustación y corrosión desde el interior de la capucha de la válvula a otras partes.

b) VALVULAS DE RETENCION TIPO CHECK

Se checarán semestralmente las siguientes partes o componentes de la válvula.

Inspección del revestimiento del disco. Se abrirá la válvula para observar las condiciones de recubrimiento de las equipadas con asiento , si el anillo está cicatrizado, se subsanará con una lima fina y se asentará con papel esmeril fino.

Se checará el picado y el desgaste para prevenir fugas.

c) VALVULAS DE DESAGUE

Mensualmente deberán comprobarse la operación adecuada de la válvula, inactivándola y aceitando o engrasando los anillos del vástago.

d) RECOMENDACIONES GENERALES

Todas las válvulas se limpiarán, ajustarán y pintarán anualmente.

La limpieza se efectuará con cepillos de alambre y se aplicará pintura que soporte la corrosión (pintura a base de hule clorado, de vinilo, etc.)

Para los asientos de la válvulas de presión, se deberá checar y ajustar la capa, el fondo y las cuñas o calzas de los lados, hasta que en una posición cerrada, en cada cuña aplique una presión uniforme contra la válvula.

5.5 TUBERIAS

La frecuencia del taponamiento de una línea depende del tipo del material que circula por el tubo, del material de construcción del conducto, del tipo de bombas o sistema usado para mover el material y de la ejecución del mantenimiento rutinario de la tubería.

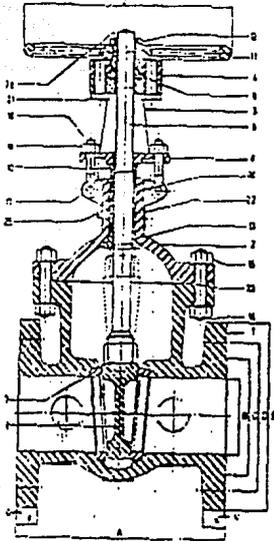
En esta sección se hará un breve resumen de las medidas del mantenimiento preventivo, para reducir los problemas del taponamiento en las líneas por cualquier otra sustancia en la Planta de Tratamiento de Aguas. Los problemas son mas frecuentes y mas severos en temporadas frias cuando la grasa tiende a coagularse mas rápido.

a) MANTENIMIENTO PREVENTIVO

1.- Uso de chorros de agua para dispersar la espuma de las tolvas y cajas, cuando se requiera

2.- Limpieza mensual de las líneas usando:

VALVULA DE COMPUERTA CLASE 600 FIGURA UNIVAL U-76



CARACTERISTICAS:

Baja caída de presión, anillos rescodados que permiten su intercambio, disco sólido cónora de condensados y fácil instalación de actuadores y bridas junto tipo anillo.

Su empleo es para operar totalmente abierta o totalmente cerrada y permite un flujo sin cambio de dirección, completo y en uno u otro sentido.

Resemplazable en servicio.

FIGURA

42

LISTA DE PARTES		
Nº	NOMBRE DE LA PARTE	MATERIALES UTILIZADOS
1	Cuerpo	Ac. al carbón A.S.T.M. A216 Gr.W.C.B.
2	Bonete	Ac. al carbón A.S.T.M. A216 Gr.W.C.B.
3	Puente o yugo	Ac. al carbón A.S.T.M. A216 Gr.W.C.B.
4	Topa del puente	Ac. al carbón A.S.T.M. A216 Gr.W.C.B.
5	Brida prensa empaque	Ac. al carbón A.S.T.M. A216 Gr.W.C.B.
6	Disco	Ac. inox. A.S.T.M. A351 Gr. CA15
7	Anillo	Ac. inox. A.S.T.M. A182 Gr. F6
8	Vástago	Ac. inox. A.I.S.I. 410
9	Tuerca del vástago	Branca fundida A.S.T.M. B147-88
10	Buje prensa empaque	Ac. inoxidable A.I.S.I.410
11	Volante	Ac. al carbón A.S.T.M. A216 Gr.W.C.B.
12	Tuerca del volante	Barra hexagonal de ac. A.I.S.I.1018
13	Bola guía	Ac. inox. A.I.S.I.410
14	Espárragos	Ac. A.S.T.M. A193 Gr.B
15	Tuerca de espárragos	Ac. A.S.T.M. A194 Gr.2H
16	Tornillo de ojo	Ac. A.S.T.M. A193 Gr.B
17	Perno tornillo de ojo	Ac. A.S.T.M. A307 Gr.B
18	Tuerca tornillo de ojo	Ac. A.S.T.M. A307 Gr.B
19	Tornillo del puente	Ac. A.S.T.M. A307 Gr.B
20	Tuerca tornillo del puente	Ac. A.S.T.M. A307 Gr.B
21	Tornillo tapa puente	Ac. A.S.T.M. A307 Gr.B
22	Buje cámara de cond.	Ac. inox. A.I.S.I. 410
23	Junta	Lámina de ac. con alma de esteso
24	Empaque	Asbesto grafitado
25	Tapón	Ac. al carbón forjado
26	Asador	Ac. plata

DIMENSIONES DE LAS VALVULAS DE COMPUERTA DE 600 LIBRAS

	2" 50 mm	3" 76 mm	4" 101 mm	6" 152 mm	8" 203 mm	10" 254 mm	12" 304 mm	14" 355 mm	16" 406 mm
A	11 1/2	14	17	22	26	31	33	35	39
B	2	3	4	6	7 7/8	9 3/4	11 3/4	12 7/8	14 3/4
C	3 5/8	5	6 3/16	8 1/2	10 5/8	12 3/4	15	16 1/4	18 1/2
D	5	6 5/8	8 1/2	11 1/2	13 3/4	17	19 1/4	20 3/4	23 3/4
E	6 1/2	8 1/4	10 3/4	14	16 1/2	20	22	23 3/4	27
F	1 1/4	1 1/2	1 3/4	2 1/8	2 7/16	2 3/4	2 7/8	3	3 1/4
G	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4
J	8	10	14	20	26	34	40	44	56

- Varillas equipadas con tenazas o algún cortador.
- Unidades de limpieza mediante tuberías de alta presión hidráulica.
- Limpieza por medio de vapor.

- Reactivos químicos tales como " Sanfax " o " Hot Rod " (hidróxidos fuertes). Este método no es muy aconsejable por el alto costo de las sustancias químicas.

5.6 EQUIPO ELECTRICO

a) MOTORES ELECTRICOS

Los motores Trifásicos de Inducción son los mas comunes en Plantas de Tratamiento de Aguas Negras. Estos motores requieren poca atención en promedio y lubricación adecuada de los cojinetes, darán servicio continuo por lo menos un año. En la lubricación de los motores deben recordarse que demasiada grasa puede causar problemas a los cojinetes o daños al embobinado.

Todos los contactos eléctricos deben estar secos y limpios; se tienen que checar : los contactos eléctricos flojos, los pernos que sostienen al Motor deberán estar seguros; el voltaje mientras el

Motor está arrancando y en su carrera; los cojinetes y los acoplamientos.

Para asegurar la función propia y continua de los Motores Eléctricos, los artículos enumerados en este párrafo deberán ejecutarse a los intervalos designados. Si el chequeo de operación del motor indica que no está funcionando propiamente, estos artículos pueden estudiarse para localizar el problema:

- 1.- Chequeo de las condiciones del Motor diario.
- 2.- Los Motores se conservarán libres de basura, polvo y humedad.
- 3.- El espacio de operación se mantendrá libre de piezas que puedan obstruir la circulación del aire.
- 4.- Chisporroteo excesivo y continuo del conmutador o de las escobillas.
- 5.- Chisporroteo intermitente en las escobillas.
- 6.- Humo, aislantes quemados, o escobillas desoldadas , extendiéndose desde el armazón.
- 7.- Golpeo regular.
- 8.- Golpes rápidos.
- 9.- Vibraciones.
- 10.- Conmutador caliente.
- 11.- Periodo de lubricación.

Para asegurar un máximo de vida a los motores debe prestarse especial atención a los programas de lubricación, procedimientos y

materiales. Deberán sólo los lubricantes recomendados por el fabricante del Motor y no deben excederse los intervalos de lubricación recomendados. Los cojinetes aún cuando vienen lubricados de fábrica deberán recibir servicio anual de lubricación.

Cuando se requiera lubricación deberá procederse como sigue:

- 1.- limpiar adecuadamente la grasa y disminuir la presión de la grasa convenientemente, para asegurar que no se empaste.
- 2.- Adicionar grasa con pistola a baja presión.
- 3.- La presión excesiva puede dañar el blindaje de los cojinetes.
- 4.- El suministro excesivo de grasa en la guía de los cojinetes, puede ocasionar sobrecalentamiento y fallas prematuras.
- 5.- Un exceso de grasa fuerza la caja del motor y puede causar deterioros en el embobinado.

Para una larga vida y una operación satisfactoria, debe colocarse siempre el motor limpio y seco en su interior. Depósitos pegajosos de partículas de mugre y grasa pueden removerse con solventes.

Los periodos largos de almacenamiento permiten que el aislamiento y la resistencia de los Motores limpios y secos a la temperatura ambiente no deberá ser menor que:

b) Material Eléctrico

Prácticamente todas las plantas funcionan con electricidad, por lo que ninguna planta puede operar en forma continua sin un programa de mantenimiento eficiente de todas las unidades eléctricas. Es bien sabido que el 90 % de las fallas de los motores se deben a 4 causas: suciedad, humedad, fricción y vibración. El programa rutinario de limpieza elimina la suciedad, contra la humedad se deberá tener protecciones extras. Se examinará periódicamente el equipo eléctrico de control, para ver si está bien aislado, si sus partes móviles están libres, si las presiones en los contactos están firmes y si las derivaciones no están dañadas, también se verificará que opere con el voltaje preescrito. Lo mas importante de todo es cersiorarse que todos los controles eléctricos estén limpios y secos. Cada seis meses deben comprobarse todos los dispositivos de arranque, para tener la seguridad de que el elemento interruptor funciona libremente y ofrece protección al motor. Se ejecutará una revisión diaria o semanal, según se requiere el caso de las instalaciones eléctricas, manteniendo siempre y perfectamente aisladas las líneas de corriente y sus conexiones.

CAPITULO 6**ESTUDIO ECONOMICO
DEL SISTEMA DE BOMBEO****6.1 INTRODUCCION**

En este capítulo se llevará acabo un estudio técnico económico mostrando costos de equipo, de accesorios asicomo de la tubería que forma parte de la línea de conducción incluyendo en estos costos la mano de obra, instalación, fletes, pruebas y arranque del sistema.

En la primera parte del estudio se mostrará un estudio económico de los componentes del sistema de bombeo, también se mostrará un análisis de costos por excavación y montaje de tubería, utilizando estos datos en las tablas 3 y 4 para analizar y elegir las tuberías que formarán parte de la línea de conducción del sistema.

En la segunda parte del estudio se hará un resumen de costos mostrando a) costo total del sistema de bombeo formado por costo de equipo, líneas de conducción, accesorios, pruebas y arranque, fletes e instalación del mismo, b) costos anuales de operación y mantenimiento c) ventas anualizadas de agua tratada , con el fin de mostrar la amortización del sistema de bombeo y la rentabilidad del mismo en un plazo menor a 10 años.

6.2 ANALISIS DEL COSTO DEL EQUIPO DE BOMBEO

En esta sección se analizarán los costos del sistema de bombeo expuesto en el capítulo 3, el cual incluye equipo, tubería y accesorios tanto del múltiple principal como de la línea de conducción, indicando cantidades, precios unitarios, e importe total.

6.3 ANALISIS DE COSTOS POR EXCAVACION Y MONTAJE DE TUBERIAS

Se mostrará el análisis propio de la instalación de la línea de conducción la cual abarca diferentes aspectos en su excavación y montaje como: a) tipo de material excavado, b) plantilla apisonada, c) instalación, junteo y prueba de tubería, d) relleno compactado, e) relleno de volteo y f) atraques de la tubería, en los cuales se indicarán los aspectos principales para la determinación de su costo en base al material utilizado, personal requerido, jornadas de trabajo así como rendimientos por día.

6.4 ANALISIS DE COSTO DE MULTIPLE PRINCIPAL

En esta sección se llevará acabo un estudio para determinar el diámetro óptimo de tubería que se deberá utilizar en cada uno de los ramales principales que deberán conducir un gasto de 250 l.p.s por ramal y cuya derivación se hará al múltiple principal de conducción.

6-2 ANALISIS DE COSTO DEL EQUIPO DE BOMBEO

CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
			(N°)	(N°)
Bomba Centrífuga Vertical Marca: Fairbanks Morse o similar. Modelo: 8312-2 pasas 12° Capacidad: 250 lps	3	PZA	46,145-00	138,435-00
Motor eléctrico Marca: IEM o similar Tipo: de inducción Capacidad: 60 hp 440/220 V, 3 fases 60 hz Velocidad: 1770 rpm.	3	PZA	30,000-00	90,000-00
Tubo de A-C de 24" de diámetro. CLASE 150 ANSI GRADO B CEDULA 10.	95	M	288-24	2,370-00
Tubo de A-C de 18" de diámetro. CLASE 150 ANSI GRADO B CEDULA 10.	35	M	198-00	6,930-00
Tubo de A-C de 12" de diámetro. CLASE 150 ANSI GRADO B CEDULA 20.	21	M	215-40	4,523-40
Reducción de A-C de 12° x 18°.	3	PZA	1,300-00	3,900-00
Carrete de A-C de 18" de diámetro de 500mm de longitud.	3	PZA	200-00	600-00
Válvula de seccionamiento tipo mariposa de A-C, vástago saliente de 18" de diámetro.	3	PZA	12,000-00	36,000-00
Válvula de retención tipo check de A-C de 18" de diámetro.	3	PZA	14,000-00	42,000-00
Junta Gibault completa de 18" de diámetro.	3	PZA	790-00	2,370-00
Codo 45° de A-C. Cod. 10 de 18" de diámetro.	1	PZA	1,210-00	1,210-00
Yee de A-C. Cod. 10 de 18" de diámetro.	1	PZA	182-00	182-00
Reducción de A-C de 24"x18"	1	PZA	409-00	409-00
			TOTAL N°	328,929-40

CONCEPTO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE
M-O (Beeley y Bicelado)	Cabo	Jor	0-1	\$54,165.00	\$1,805.00
	Soldador	Jor	1	\$54,165.00	\$18,055.00
	Asistente Rendimiento 3 ml / DIA	Jor	1	\$25,500.00	\$8,500.00
M-O	Cabo	Jor	0-1	\$54,165.00	\$250.70
	Rebbero Rendimiento 21.6 m3 / DIA	Jor	1	\$25,500.00	\$1,180.50
MAG Y/O HERRAMIENTA	Maq. Soldadora LITMOLW SAE-300 Rendimiento 0.20 ml / DIA	hr	1	\$21,240.00	\$21,240.00
	Eq de Oxiacoti- lono. Rendimiento 0.375 ml / hr	hr	1	\$3,000.00	\$3,000.00
	Bomba , Equipo Menor Rendimiento 2.7 m3 / hr	hr	1	\$16,000.00	\$16,000.00
			5	\$800.00	\$4,000.00
				TOTAL	\$173,181.20
Nota: Considerando 100 ml de tubería en prueba durante 1-5 días.					

CONCEPTO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE	
RELLENO COMPACTADO	MATERIAL	Agua	m3	0.2	\$900.00	\$180.00
	M-O	Cabo	Jor	0-1	\$54,165.00	\$902.75
		Peón	Jor	1	\$25,500.00	\$4,250.00
	Rendimiento 6 m3 / DIA					
MAG Y/O HERRAMIENTA	Herramienta Menor 3 % de M-O				\$154.58	
				TOTAL	\$5,487.33	

6.3 ANALISIS DE COSTOS POR EXCAVACION Y MONTAJE DE TUBERIA

CONCEPTO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE	
EXCAVACION MATERIAL CLASE B U. m3	MATERIAL	Polin 4" x 4"	P-T	5-81	\$1,500.00	\$8,715.00
		Duela 2" x 4"	P-T	15-29	\$1,500.00	\$22,935.00
		Cal	kg	1	\$150.00	\$150.00
	M-O	Cabo	Jer	0-1	\$54,165.00	\$1,805.00
		Peño	Jer	1	\$22,400.00	\$1,466.00
		Rendimiento (3 m3 / DIA)				
	MAQ Y/O HERRAMIENTA	3 % de M-O				\$278.16
				TOTAL	\$35,349.16	

CONCEPTO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE	
PLANTILLA APISONADA	MATERIAL	Grava	m3	1	\$20,000.00	\$20,000.00
	M-O	Cabo	Jer	0-1	\$54,165.00	\$902.75
		Peño	Jer	0-1	\$22,400.00	\$373.33
		Rendimiento (6 m3 / DIA)				
	MAQ Y/O HERRAMIENTA	(Pistón Manual) 6 % de M-O				\$38.28
				TOTAL	\$21,314.36	

CONCEPTO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE	
INST, JUNTEO Y PRUEBA DE TUBERIA	MATERIAL	Soldadura 6013	kg	1.5	\$10,850.00	\$16,275.00
		Soldadura E7018	kg	2	\$13,060.00	\$26,120.00
		Acetileno	kg	1.5	\$1,500.00	\$2,250.00
		Oxígeno	m3	0.02	\$1,200.00	\$24.00
		Elect. E-P-E-T	Jgo	0-001	\$1,306,000.00	\$1,306.00
	M-O	Cabo	Jer	0-1	\$54,165.00	\$3,385.00
	(Soldadura)	Soldador	Jer	1	\$54,165.00	\$33,853.00
		Ayudante	Jer	1	\$25,500.00	\$15,937.00
		Rendimiento 1.6 ml / DIA				

CONCEPTO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE	
RELLENO A VOLTEO	MATERIAL	Agua	m3	0.2	\$900.00	\$180.00
	M.O	Cabo	Jor	0.1	\$54,165.00	\$601.83
		Peón	Jor	1	\$25,500.00	\$2,833.30
		Rendimiento 9 m3 / DIA				
	M.O Y/O HERRAMIENTA	Herramienta Menor				\$103.50
		3 % de M.O				
				TOTAL		\$3,718.63

CONCEPTO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE	
ATRAQUES DE CONCRETO fc = 100 kg/cm2	MATERIAL	Concreto Premezclado fc = 100 kg/cm2	m3	1.05	\$177,200.00	\$186,060.00
		Cimbra	m2	4	\$6,700.00	\$26,800.00
		Acero de Rfzo	kg	50	\$3,170.00	\$158,500.00
	M.O	Cabo	Jor	0.1	\$54,165.00	\$451.37
		Albañil	Jor	1	\$54,165.00	\$4,513.00
		Peón	Jor	4	\$25,500.00	\$8,500.00
		Rendimiento 12 m3/DIA				
	M.O Y/O HERRAMIENTA	Herramienta Menor				\$403.92
		3 % de M.O				
				TOTAL		\$385,228.29

6.4 ANALISIS DE COSTOS DE MULTIPLE PRINCIPAL TABLA 3

DIAMETRO Nom mm Pulg	AREA m ² (A)	GABTO m/s/seg (V)	VELOCIDAD m/seg (V)	LONGITUD m (L)	(Q2)	COEF FRICCION	CONSTANTE MANNING (K)	PERDIDA FRICC. hf=LO2 (m)	% hf OTRAS PERD.	hf= hf+%hf	Q hf (Q en Q en lps)	70 n n= 00%	HP=Qhf/70n
608	20	0.202	0.500	2.46	40	0.25	0.014	0.7481	20	0.9481	0.474	64.6	0.0073
608	24	0.291	0.500	1.71	40	0.25	0.014	0.2921	20	0.4821	0.241	64.6	0.0037
762	30	0.456	0.500	1.09	40	0.25	0.014	0.0361	20	0.2961	0.143	64.6	0.0022

Presión de Trabajo de la tubería (Kg/cm ²)	Diámetro Nominal (d) cm	espesor pared tubo (e) cm	velocidad (v) m/seg	105v	Ead	Efa	Ead Efa	Ead Efa	1+ Efa	1+ Efa	Sobrepresión 145v h= Ead Efa 80% h	Sobrepresión absorbida por válvula 20% h	Sobrepresión absorbida por tubería 20% h	Carga normal de operación (m)	Presión Total 20% h + Carga Normal de Operación
16.8	50.8	0.95	2.46	36.7	10500	1965000	0.028	1.526	1.236	286.82	231.05	57.76	11.67	60.43	
16.9	60.9	0.95	1.71	247.9	12598	1965000	0.63	1.63	1.278	194.27	165.41	165.41	11.67	60.82	
18.1	76.2	0.95	1.09	151.05	15750	1965000	0.789	1.789	1.337	118.21	94.58	94.58	11.67	35.31	

v= Velocidad inicial del agua (m/seg) Ea= módulo de elasticidad del agua (20670 Kg/cm²), Módulo de elasticidad de las paredes del tubo (para acero = 2 100 001 Kg/cm²)

CONCEPTO	Diámetro= 608.6 mm (24") Clase 150 ANSI				Diámetro= 608 mm (24") Clase 150 ANSI				Diámetro= 762 mm (30") Clase 150 ANSI			
	CANTIDAD	UNIDAD	P.U. N\$	IMPORTE N\$	CANTIDAD	UNIDAD	P.U. N\$	IMPORTE N\$	CANTIDAD	UNIDAD	P.U. N\$	IMPORTE N\$
Excavación Material Clase A	40	m ³	41,330	1,653,200	40	m ³	41,330	1,653,200	40	m ³	41,330	1,653,200
Excavación Material Clase B												
Excavación Material Clase C												
Plancha apisonada	40	m ³	21,314	852,560	40	m ³	21,314	852,560	40	m ³	21,314	852,560
Instalación, Junta y Prueba de tubería	40	m	173,182	6,927,280	40	m	173,182	6,927,280	40	m	173,182	6,927,280
Refraso Compactado	40	m ³	5487	219,480	40	m ³	5487	219,480	40	m ³	5487	219,480
Refraso a volado	40	m ³	3718	148,720	40	m ³	3718	148,720	40	m ³	3718	148,720
Atraves de concreto	2	m ³	366,229	770,458	2	m ³	370,182	770,458	2	m ³	370,182	770,458
Costo de tubería	40	m	668,400	22,336,00	40	m	466,533	18,613,320	40	m	606,000	27,620,000
Costo total de conducción				N\$ 32907				N\$ 29185				N\$ 36491

Presión de Trabajo de la tubería (Kg/cm ²)	DIAMETRO Nom		H.P.	K.W.h	Costo por hora de bombeo N\$	Costo anual de bombeo N\$	Costo total de conducción N\$	Carga anual de amortización (conducción 10 años al 10 % anual) N\$	Costo anual de bombeo para operación de 305 días N\$
	mm	Pulg							
16.8	508	20	0.0073	0.0054	0.81	7112.9	22,185	20,185	2,925
16.9	608	24	0.0037	0.0027	0.4	3547.9	32,907	32,907	3,294
18.1	762	30	0.0022	0.0022	0.24	2112.4	36,491	36,491	3,951

6.5 ANALISIS DE COSTOS DE RAMALES DE DERIVACION TABLA 4

DIAMETRO Nom mm	AREA m (A) Pulg	GASTO m ³ /seg (VELOCIDAD m/seg (V)	LONGITUD m (L)	(C2)	COEF FRICCIÓN	CONSTANTE MANNING (K)	PERDIDA FRICC. hf=L C2 (m)	% hf OTRAS PERD.	hf= hf+hf1	Q hf (Q en (Q en lps)	78 h n= 85%	HP=Qhf/78n
408.4	16	0.129	1.92	21	0.825	0.014	0.24725	0.3245	8	0.4645	0.101125	54.6	0.00156
457.2	18	0.164	1.52	21	0.825	0.014	0.13117	0.1721	8	0.2821	0.093	54.6	0.000975
508	20	0.222	1.23	21	0.825	0.014	0.7491	0.9961	8	1.1781	0.0445	54.6	0.000866

Presión de Trabajo de la tubería (Kg/cm ²)	Diámetro Nominal (d) cm	espesor pared tubo (e) cm	velocidad (v) m/seg	145v	Esd	Efa	Esd Efa	Esd Efa	Esd Efa	Sobrepresión h= Ead 1+ Ead Efa	Sobrepresión abscisa por vértice 80% h	Sobrepresión abscisa por tubería 20% h	Carga normal de operación (m)	Presión Total 20% h + Carga Normal de Operación
25.4	40.64	1.92	278.4	369.7	*****	1995000	0.421	1.421	1.182	233.55	186.84	46.71	11.67	58.38
25.4	46.72	1.52	220.4	247.9	*****	1995000	0.473	1.473	1.2136	181.8	145.28	36.32	11.67	47.96
25.4	50.8	1.23	178.3	158.06	*****	1995000	0.526	1.526	1.2363	144.33	118.46	28.86	11.67	40.53

v= Velocidad inicial del agua (m/seg) Es= módulo de elasticidad del agua (20670 Kg/cm²), Módulo de elasticidad de las paredes del tubo (para acero = 2 100 000 Kg/cm²)

CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	Diámetro= 408.4 mm (16") Clase 150 ANSI		Diámetro= 457.2 mm (18") Clase 150 ANSI		Diámetro= 508 mm (20") Clase 150 ANSI					
			P.U. N\$	IMPORTE N\$	CANTIDAD	UNIDAD	P.U. N\$	IMPORTE N\$	CANTIDAD	UNIDAD	P.U. N\$	IMPORTE N\$
Excavación Material Clase A	21	m ³	41.33	867.93	21	m ³	41.33	867.93	21	m ³	41.33	867.93
Excavación Material Clase B												
Excavación Material Clase C												
Plantilla epiconada	21	m ³	21.31	447.59	21	m ³	21.314	447.594	21	m ³	21.314	447.59
Instalación, Juntae y Prueba de tubería	21	m	173.18	3636.82	21	m	173.182	3636.82	21	m	173.182	3636.8
Refraso Compactado	21	m ³	5.487	115.22	21	m ³	5.487	115.22	21	m ³	5.487	115.22
Refraso a vacío	21	m ³	3.718	78.07	21	m ³	3.718	78.07	21	m ³	3.718	78.07
Atraveso de concreto												
Costo de tubería	21	m	372.27	7817.58	21	m	418.79	8794.784	21	m	465.33	9772
Costo total de conducción			N\$	12963.23			N\$	13940.435			N\$	14618

Presión de Trabajo de la tubería (Kg/cm ²)	DIAMETRO Nom		H.P.	K.W.h	Costo por hora de bombeo N\$	Costo anual de bombeo N\$	Costo total de conducción N\$	Carga anual de amortización (conducción (10 años al 10 % anual) N\$	Costo anual de bombeo por operación de 365 días N\$
	mm	Pulg							
25.4	408.4	16	0.00165	0.001183	0.174	1.524	12963.23	1299.323	1297.94
22.6	457.2	18	0.000975	0.000727	0.109	0.954	13940.43	1394.043	1394.99
18.1	508	20	0.000868	0.000513	0.078	0.665	14617.84	1461.78	1462.43

6.5 ANALISIS DE COSTO DE RAMALES DE DERIVACION

Así mismo como en el inciso anterior, se llevará acabo un estudio para determinar el diámetro óptimo de tubería que se deberá utilizar en cada uno de los ramales de derivación del múltiple principal cuyo gasto de conducción por ramal será de 250 l.p.s a los 3 tanques de sedimentación primaria.

De acuerdo al análisis de costos mostrados en las tablas 3 y 4 se seleccionaron los diámetros de 24" y 18" respectivamente, ya que por sus características de operación, costos, instalación y montaje son los diámetros más idóneos, tanto para el múltiple principal como los ramales de derivación.

6.6 RESUMEN DE COSTOS

De acuerdo a recomendaciones por proveedores y fabricantes de equipos de bombeo se proporcionaron los siguientes porcentajes de costos en relación al costo total del equipo.

COSTO DE INSTALACION:	30% - 33%	del costo total del equipo
COSTO DE FLETE	: 8% - 10%	del costo total del equipo
COSTO DE PRUEBAS Y	: 2% - 3%	del costo total del equipo
ARRANQUE		

En base a los porcentajes mencionados y teniendo el costo total del sistema de bombeo de N\$ 328,929.40 , se tiene lo siguiente:

COSTO DE INSTALACION:	$328,929.40 \times 0.30 =$	N\$ 98,678.82
COSTO DE FLETE	$: 328,929.40 \times 0.08 =$	N\$ 26,314.35
COSTO DE PRUEBAS Y	$: 328,929.40 \times 0.02 =$	N\$ 6,578.58
ARRANQUE		-----
	TOTAL	N\$ 131,571.75

6.6.1 COSTO TOTAL DEL SISTEMA:

COSTO EQUIPO + COSTO (INSTALACION, FLETES, PRUEBAS Y ARRANQUE)

COSTO EQUIPO:	N\$ 328,929.40
COSTO (INSTALACION, PRUEBAS Y ARRANQUE):	N\$ 131,571.75

TOTAL	N\$ 460,501.15

Estimando el costo de una planta de tratamiento de aguas residuales de N\$ 37,000,000 para manejar un gasto total de 750 lps, y el precio del agua tratada a la venta de N\$ 0.5 por m³, a continuación se obtendrá el costo del agua tratada en relación al sistema de bombeo que sera:

COSTO TOTAL DEL SISTEMA x PRECIO DEL AGUA TRATADA EN RELACION
DE BOMBEO A LA PLANTA DE TRATAMIENTO

COSTO TOTAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

$$(\text{N\$ } 460,501.15 \times \text{N\$ } 0.5)$$

m³

N\$ 0.0062

= ----

N\$ 37,000,000

m³.

6.6.2 INTERES COMPUESTO ANUAL

El interés compuesto, estará formado en base al costo de operación y mantenimiento anual que será del 8 al 10 % de la inversión total, teniendo:

$$\text{N\$ } 460,501.15 \times 0.10 = 46,050.11 \text{ N\$}$$

año

6.6.3 VENTAS ANUALIZADAS

Si el gasto total tratado será de 750 lps y teniendo el precio de venta de agua tratada de 0.0062 N\$, así como una operación real de

m³

la planta de 320 días , la venta anual de agua tratada sera:

$$.750 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}} \times 60 \frac{\text{seg}}{\text{min}} \times 60 \frac{\text{min}}{\text{hora}} = 2700 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}$$

$$2700 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}} \times 24 \frac{\text{horas}}{\text{día}} = 64800 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

$$\begin{array}{rcccl} 64800 \text{ m}^3 & \times & 320 \text{ días} & = & 20,736,000 \text{ m}^3 \\ \text{día} & & \text{año} & & \text{año} \end{array}$$

$$\begin{array}{rcccl} 20,736,000 \text{ m}^3 & \times & 0.0062 \text{ N\$} & = & 128,563.2 \text{ N\$} \\ \text{año} & & \text{m}^3 & & \text{año} \end{array}$$

6.6.4 UTILIDAD ANUAL

La utilidad anual será el resultado de:

$$\text{VENTAS ANUALIZADAS} - \text{INTERES COMPUESTO} = \text{UTILIDAD ANUAL}$$

$$\begin{array}{rcccl} 128,563.2 \text{ N\$} & - & 46,050.11 \text{ N\$} & = & 82,513.09 \text{ N\$} \\ \text{año} & & \text{año} & & \text{año} \end{array}$$

6.6.5 TAZA INTERNA DE RETORNO

Con los datos obtenidos, se podrá determinar la Taza Interna de Retorno, con la cual se podrá determinar el tiempo de amortización del equipo.

COSTO TOTAL DEL EQUIPO

----- = TIEMPO DE AMORTIZACION DEL EQUIPO

UTILIDAD ANUAL

460,501.15 N\$

= 5.58 años

82,513.09 N\$

año

Este resultado muestra que en menos de 6 años se recuperará la inversión total del sistema, comprobando así la rentabilidad del mismo.

CONCLUSIONES

Nuestro país presenta cada año problemas importantes entre la disponibilidad y la demanda del recurso agua entre sus principales centros poblacionales e industriales.

Dentro de las soluciones viables para mitigar este impacto ambiental en materia de descargas residuales tanto doméstica como industrial, se encuentran las plantas de tratamiento de aguas negras.

El diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales o aguas negras es complejo y especializado, por lo tanto, requiere de la participación e interrelación de profesionistas en diversas áreas: Ingenieros Mecánicos, Civiles, en Sistemas Computacionales, Eléctricos, Químicos, Ambientales así como Arquitectos y Dibujantes, que tengan conocimientos y experiencia en esta área. El proyecto, construcción y puesta en marcha de este tipo de plantas, difiere una a otra, dependiendo de sus características geológicas, hidráulicas, geográficas, etc. así como el tipo de tratamiento a usar en cada caso.

En la mayoría de las plantas, están divididas mediante trenes de tratamiento con el fin de distribuir el gasto total uniformemente, logrando con esto la continuidad del sistema en todo momento, aún cuando algún tren o trenes de tratamiento estén fuera de operación ya sea por reparación o mantenimiento de equipos, limpieza de tanques o en casos de emergencia por falla eléctrica.

El funcionamiento básico de la red hidráulica del tratamiento de aguas residuales en este tipo de plantas, se lleva a cabo por sistemas de gravedad entre sus procesos: sedimentación, filtración, aeración, cloración y recolección final y esto se logra, mediante el bombeo de agua cruda hasta el o los tanques de sedimentación primaria, logrando así la carga hidráulica necesaria para que dé inicio el tratamiento y con esto poder controlar el tiempo que debe retenerse el influente en los diversos procesos antes mencionados, para lograr al final la calidad de agua tratada deseada.

El sistema de tratamiento por lodos activados como el expuesto en este trabajo, lleva consigo otros sistemas de bombeo en diversos procesos del tratamiento como el reciclado de lodos secundarios a los tanques de aeración para lograr la degradación mutua de los organismos en forma continua, las bombas de ayuda a filtros donde se succiona el agua del sedimentador secundario y se descarga al sistema de filtrado, las bombas de ayuda de cloro en el sistema de cloración utilizadas en la inyección gradual de cloro al agua de tratamiento secundario y finalmente las bombas de agua tratada las cuales darán la carga necesaria para su disposición final como el demandar el agua hacia la zona industrial o de riego que se requiera, así como hacia el múltiple de salida para alimentación a pipas para su distribución en una localidad determinada.

De acuerdo a lo mencionado anteriormente los sistemas de bombeo juegan un papel importante y fundamental en el tratamiento de aguas residuales y cuyo diseño y selección deberá ser minucioso y

acertado tanto del equipo de bombeo así como de las líneas de tuberías de acuerdo a los requerimientos de proyecto como: velocidad, gasto, intermitencia, tipo del fluido, facilidad de instalación, etc., logrando con ésto la disminución de costos de operación y mantenimiento.

La operación en estas plantas debe ser óptima ya que la calidad del agua es el resultado del buen funcionamiento de cada proceso, el cual debe ser continuamente monitoreado por los operarios y responsables de la misma, lograndose ésto con el mantenimiento preventivo y correctivo oportuno de todos los equipos (bombas, sopladores, equipos de sedimentación, etc.)

BIBLIOGRAFIA

WHITE FRANK M
" MECANICA DE FLUIDOS "
ED. MC. GRAW HILL.
MEXICO 1989

KARASSIK. IGOR J., CARTER ROY.
" BOMBAS CENTRIFUGAS."
ED. CECSA
MEXICO 1985

HICKS TYLER G.
" BOMBAS, SU SELECCION Y APLICACION."
ED. CECSA
MEXICO 1970

KING H.W., BRATER E.F.
" MANUAL DE HIDRAULICA. "
ED. UTEHA
MEXICO 1979

AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION.
" MANUAL DE DISEÑO E INSTALACION DE
TUBERIA DE ACERO. "
E.U. 1991