

300617

4  
201



# UNIVERSIDAD LA SALLE

ESCUELA DE INGENIERIA  
INCORPORADA A LA  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

PROYECTO MECANICO DEL SISTEMA DE  
CONDUCCION HIDRAULICA PARA 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 N :

ADOLFO	ANGELES	DOMINGUEZ	
JOSE	LUIS	ARENAS	CAVADA
MIGUEL	A.	GUADALAJARA	ALPIZAR
GUSTAVO	PATIÑO	FERNANDEZ	
CESAR	PRIEGO	GARCIAPIÑA	

Asesor de Tesis: Ing. Jorge Salcedo González

México, D. F.

1994

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.



# LA SALLE

A los Pasantes Señores:

José Luis Arenas Cavada  
Adolfo Angeles Domínguez  
Gustavo Patiño Fernández  
Miguel Angel Guadalajara Alpizar  
César Priego Garciapiña

En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a Ud. a continuación, el tema que aprobado por esta Dirección, propuso como Asesor de Tesis el Ing. Jorge Salcedo González, para que lo desarrolle como tesis en su Examen Profesional de Ingeniero Mecánica Electricista con área principal en Ingeniería Mecánica.

**"PROYECTO MECANICO DEL SISTEMA DE CONDUCCION HIDRAULICA  
PARA UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES"**

con el siguiente índice:

	INTRODUCCION
CAPITULO I	ESTUDIO DE LA PROBLEMÁTICA DEL AGUA EN MEXICO
CAPITULO II	LEGISLACION AMBIENTAL VIGENTE EN MATERIA DE AGUA
CAPITULO III	TRATAMIENTO DE AGUAS Y SUS REUSOS
CAPITULO IV	DESCRIPCION DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
CAPITULO V	PROYECTO MECANICO DE UNA INSTALACION TIPICA
CAPITULO VI	DIMENSIONAMIENTO DE TUBERIAS
CAPITULO VII	CALCULO DE EQUIPO DE BOMBEO
CAPITULO VIII	PROGRAMA DE COMPUTO
CAPITULO IX	CASO PRACTICO
	CONCLUSIONES
	BIBLIOGRAFIA

Ruego a Ud., tomar debida nota de que en cumplimiento de lo especificado en la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social como requisito indispensable para sustentar Examen Profesional, así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares, en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

A T E N T A M E N T E  
"INDIVISA MANENT"  
ESCUELA DE INGENIERIA  
México, D.F., a 17 de Mayo de 1994

  
ING. JORGE SALCEDO GONZALEZ  
ASESOR DE TESIS

  
ING. EDMUNDO BARRERA MONEIVAIS  
D I R E C T O R

**UNIVERSIDAD LA SALLE**

BENJAMIN FRANKLIN 47. TEL. 516-99-80 MEXICO 06140, D.F.

**A MIS PADRES**

**POR SU APOYO , DEDICACION  
E INFINITA CONFIANZA  
MI ETERNO AGRADECIMIENTO**

**A MI ESPOSA**

**POR SER LA PERSONA MAS  
IMPORTANTE EN MI VIDA  
GRACIAS POR TU COMPRESION  
Y CONSTANTE APOYO**

**A MIS HERMANOS,**

**POR SU APOYO Y  
CARINO DESINTERESADO**

**A MI ASESOR,**

**POR SU VALIOSA ORIENTACION**

# INDICE

<b>INDICE DE TABLAS Y FIGURAS</b>	<b>1</b>
<b>INTRODUCCION</b>	<b>1</b>
<b>1) ESTUDIO DE LA PROBLEMÁTICA DEL AGUA EN MÉXICO</b>	<b>3</b>
1.1.- Distribución Poblacional	3
1.2.- Usos del Agua	8
1.3.- Fuentes de Contaminación	10
1.4.- Situación Actual del Tratamiento de Aguas Residuales	15
<b>2) LEGISLACION AMBIENTAL VIGENTE EN MATERIA DE AGUA</b>	<b>18</b>
2.1.- Antecedentes	18
2.2.- Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente	21
2.3.- Reglamento	25
2.4.- Normas Técnicas Ecológicas y Normas Oficiales Mexicanas	26
2.5.- Ley de Aguas Nacionales	33
2.6.- Ley Federal de Derechos en Materia de Agua	34
<b>3) TRATAMIENTO DE AGUAS Y SUS REUSOS</b>	<b>36</b>
3.1.- Definiciones y Conceptos	36
3.2.- Contaminación del Agua	38
3.3.- Efectos de la Contaminación del Agua	39
3.4.- Fuentes de Contaminación del Agua	40
3.5.- Exposición Humana a Contaminantes en el Agua	42
3.6.- Agentes de Exposición	42
3.7.- Clasificación de Sustancias Contaminantes Tóxicas	43
3.8.- Muestreo	44
3.9.- Reuso del Agua	54
<b>4) DESCRIPCIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES</b>	<b>56</b>
4.1.- Tipos de Tratamiento	56
4.2.- Tratamiento Preliminar o Pre-tratamiento	57
4.3.- Tratamiento Primario	60
4.4.- Tratamiento Secundario	68
4.5.- Tratamiento Terciario o Avanzado	72
4.6.- Tratamiento de Lodos Residuales	77
4.7.- Descripción de Documentos Básicos	82
4.8.- Descripción de Componentes Fundamentales	84
4.9.- Arreglo General de una PTAR Típica	92

<b>5) PROYECTO MECANICO DE UNA INSTALACION TIPICA</b>	<b>109</b>
5.1.- Descripción de un Proyecto Típico	109
5.2.- Descripción de la Parte Mecánica	120
<b>6) DIMENSIONAMIENTO DE TUBERÍAS</b>	<b>123</b>
6.1.- Generalidades	123
6.2.- Códigos Aplicables	125
6.3.- Especificaciones de Tuberías y Accesorios	125
6.4.- Catálogo de Materiales	128
6.5.- Secuencia de Cálculo	129
6.6.- Ecuaciones de Cálculo	129
6.7.- Cálculo de Espesor	139
6.8.- Recomendaciones Generales para Diseño	148
<b>7) CALCULO DE EQUIPO DE BOMBEO</b>	<b>155</b>
7.1.- Sistema de Bombeo	155
7.2.- Captación	155
7.3.- Cárcamo	156
7.4.- Equipos de Bombeo	160
7.5.- Descarga	161
7.6.- Secuencia de Cálculo	164
7.7.- Descripción de Términos Básicos	164
7.8.- Ecuaciones de Cálculo	167
7.9.- Nomenclatura Utilizada	174
<b>8) PROGRAMA DE CÓMPUTO</b>	<b>176</b>
8.1.- Características	176
8.2.- Secuencia	177
8.3.- Partes	178
8.4.- Operación	179
<b>9) CASO PRÁCTICO</b>	<b>200</b>
9.1.- Ubicación	200
9.2.- Descripción del Tratamiento	202
9.3.- Datos	207
9.4.- Aplicación	212
9.5.- Resultados	214
<b>CONCLUSION</b>	<b>224</b>

**BIBLIOGRAFIA**

**226**

**PROGRAMA DE COMPUTO**

**228**

## INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

### CAPITULO 1

1A	Distribución de Poblaciones de la República Mexicana en Función de su Tipo.	4
1B	Distribución del Recurso Agua en las Diversas Cuencas del País.	6
1C	Disponibilidad Regional del Agua	7
1D	Precipitación Media Anual	7
1E	Cobertura del Servicio de Agua Potable y Alcantarillado	11
1F	Superficie Agrícola del País y Extracción de Agua y Generación de Aguas Residuales por la Actividad Agrícola	13
1G	Inventario Nacional de PTAR, por Estado	17
1H	Inventario Nacional de PTAR, por Proceso	18

### CAPITULO 2

2A	Niveles de Ley	23
2B	Marco Legislativo Hidráulico 1993	24
2C	Normas Técnicas Ecológicas para Agua	27
2D	Listado de Nuevas Normas Ecológicas para Agua	29

## **CAPITULO 3**

<b>3A</b>	<b>Criterios Ecológicos de Calidad de Agua</b>	<b>55</b>
-----------	--	-----------

## **CAPITULO 4**

<b>4.3.2.1.</b>	<b>Tipos de Sedimentadores</b>	<b>65</b>
<b>4.3.2.2.</b>	<b>Tipos de Sedimentadores</b>	<b>66</b>
<b>4.3.2.3.</b>	<b>Tipos de Sedimentadores</b>	<b>67</b>
<b>4.4.1.</b>	<b>Características Principales de los Distintos Procesos de Tratamiento</b>	<b>69</b>
<b>4.4.2.</b>	<b>Costos de Construcción y Operación</b>	<b>70</b>
<b>4.4.3.</b>	<b>Eficiencia por Tipo de Planta</b>	<b>71</b>
<b>4.6.1.</b>	<b>Lodos Residuales</b>	<b>78</b>
<b>4.6.9.</b>	<b>Diagrama de Proceso de Lodos Residuales</b>	<b>83</b>
<b>4.7.1.1.</b>	<b>Diagrama de Flujo del Proceso</b>	<b>85</b>
<b>4.7.2.1.</b>	<b>Diagrama de Balance</b>	<b>86</b>
<b>4.7.3.1.</b>	<b>Perfil Hidráulico de Agua</b>	<b>87</b>
<b>4.7.3.2</b>	<b>Perfil Hidráulico de Lodos</b>	<b>88</b>
<b>4.33</b>	<b>Floculador</b>	<b>94</b>
<b>4.34</b>	<b>Sedimentador</b>	<b>95</b>
<b>4.35</b>	<b>Sedimentador</b>	<b>96</b>
<b>4.36</b>	<b>Filtros</b>	<b>97</b>
<b>4.37</b>	<b>Filtros</b>	<b>98</b>

4.52	Sedimentadores Circulares	99
4.53	Bombas	100
4.59	Tanque de Digestión	101
4.60	Secado de Lodos	102
4.61	Filtro al Vacío	103
4.62	Filtro Prensa	104
4.63	Centrifuga	105
4.64	Espesador de Lodos	106
4.65	Filtro Banda	107
4.66	Sedimentador Rectangular	108

## **CAPITULO 5**

5.1	Diagrama de Proyecto, Construcción y Operación de una PTAR	119
5.B	Tabla de Participación del Ingeniero Mecánico en un Proyecto de PTAR	120

## **CAPITULO 6**

6.1	Ejemplo de Isométrico	124
6.2	Especificaciones de Tubería y Accesorios	126
6.3	Especificaciones de Tubería y Accesorios	127
6.4	Ejemplo de Catálogo de Conceptos	128

6.5	Diagrama de Flujo para Cálculo de Tubería	129
6.6	Velocidades Recomendables para Diseño	132
6.7	Diagrama de Rugosidades y Factor de Fricción	133
6.8	Diagrama de Moody	134
6.9	Longitudes Equivalentes para Accesorios	135
6.10	Fórmulas de Pérdidas por Fricción	136
6.11	Fórmulas de Pérdidas por Fricción	137
6.12	Esfuerzo Admisible en Tuberías	141
6.13	Propiedades Físicas de Tuberías	143
6.14	Atraques de Tubería	149
6.15	Silletas de Concreto	152
6.16	Silletas de Apoyo Fijo	153
6.17	Silletas de Apoyo Móvil	154

## **CAPITULO 7**

7.1	Elevación del Fondo del Cárcamo	157
7.2	Instalación Típica de Bomba Vertical	158
7.3	Gráfica de Dimensiones de Cárcamo	159
7.4	Clasificación de Bombas Dinámicas	162
7.5	Clasificación de Bombas de Desplazamiento	163
7.6	Diagrama de Flujo para Cálculo de Bombas Horizontales	165

7.7	Diagrama de Flujo para Cálculo de Bombas Verticales	166
7.8	Velocidad Especifica de Bomba Vertical	170
7.9	Tabla de Pérdidas en Flecha	172

## **CAPITULO 8**

8.1	Pantalla 1 - Menú Principal	180
8.2	Pantalla 2 - Cálculo de Tubería 1er. Ramal	182
8.3	Pantalla 3 - Selección del Método	183
8.4	Pantalla 4 - Método de Darcy-Weisbach	184
8.5	Pantalla 5 - Longitudes Equivalentes 1er.Ramal	185
8.6	Pantalla 6 - Pérdida por Fricción 1er.Ramal	186
8.7	Pantalla 7 - Cálculo de Tubería 2º Ramal	187
8.8	Pantalla 8 - Longitudes Equivalentes 2º Ramal	188
8.9	Pantalla 9 - Pérdida por Fricción 2º Ramal	189
8.10	Pantalla 10 - Pérdidas Totales	191
8.11	Pantalla 11 - Cálculo del Cárcamo	192
8.12	Pantalla 12 - Tipos de Cárcamo	194
8.13	Pantalla 13 - Selección de Bombas	195
8.14	Pantalla 14 - Cálculo del Empuje Axial de la Bomba	197
8.15	Pantalla 15 - Bomba Seleccionada	198

## **CAPITULO 9**

<b>9.1.1.</b>	<b>Plano de Localización</b>	<b>201</b>
<b>9.2.1.</b>	<b>Diagrama de Flujo del Proceso de la PTAR</b>	<b>203</b>
<b>9.2.2.</b>	<b>Perfil Hidráulico PTAR Hermosillo Son.</b>	<b>205</b>
<b>9.2.3.</b>	<b>Diagrama de Proceso Propuesto</b>	<b>206</b>
<b>9.3.1.</b>	<b>Plano de Arreglo General</b>	<b>211</b>
<b>9.5.1.</b>	<b>Isométrico de Tubería</b>	<b>215</b>
<b>9.5.1.1.</b>	<b>Detalle Típico de Conexiones y Accesorios para una Bomba Vertical</b>	<b>218</b>
<b>9.5.1.2.</b>	<b>Arreglo de Bombas en Línea en Cárcamo Cuadrado con Descarga al Cabezal en 45°</b>	<b>219</b>
<b>9.5.1.3.</b>	<b>Arreglo Típico del Cárcamo para Bombas Verticales en una PTAR</b>	<b>221</b>

## **INTRODUCCION**

**En Materia de agua, México enfrenta actualmente graves problemas por la disminución acelerada de la disponibilidad del recurso en las zonas más pobladas del país y por la creciente contaminación de los cuerpos receptores que sirven como fuentes de abastecimiento a los centros urbanos e industriales más importantes de la nación.**

**Para tratar de resolver tales situaciones las autoridades gubernamentales, apoyados con recursos de la iniciativa privada, están llevando a cabo el desarrollo de diversos proyectos bajo la modalidad de paquete tipo llave en mano con la concesión de la operación y mantenimiento correspondientes, para lograr la construcción de diversas Plantas de Tratamiento de aguas residuales, cuyo efluente poséa tales características que permitan su reuso en otras actividades de producción.**

**Estos proyectos requieren de la elaboración de procedimientos, cálculos, especificaciones, planos y demás elementos que permitan realizarlos en cortos periodos, con alta efectividad para su aplicación inmediata en la siguiente etapa de construcción e instalación.**

**Por todo lo anterior, este trabajo de tesis ofrece una opción para llevar a cabo el diseño mecánico correspondiente a este tipo de instalaciones, con el apoyo de sistemas computarizados de cálculo para el dimensionamiento de la red de tuberías que necesitan estas plantas de tratamiento.**

**La ejecución de este trabajo se presenta con la integración de un total de 9 capítulos, cuyos contextos se resumen en lo siguiente .**

El primer capítulo analiza a grandes rasgos la situación de la problemática de el agua en México, después en el segundo hace una revisión de la legislación ambiental que a la fecha se encuentra vigente en materia de agua, más adelante, en el tercero y cuarto se describen las características básicas de los diferentes tipos de tratamiento de agua y plantas aplicables, para lograr su fácil entendimiento.

El quinto capítulo de la tesis menciona las partes que deben integrar al proyecto mecánico de una instalación típica, continua más adelante con un sexto y séptimo capítulos que consideran el procedimiento de cálculo para las tuberías y el equipo de bombeo usual en las plantas.

Finalmente, en el octavo capítulo se presentan todas las características, partes, componentes y la secuencia que se propone para la aplicaciones del programa de computo , mientras que en el noveno capítulo se realiza su aplicación directa en un caso práctico específico.

Se considera como objetivo primordial de este trabajo el presentar las posibilidades que pueden desarrollarse por profesionales de la ingeniería en nuestro país, para lograr la realización de proyectos cuya importancia es vital y urgente en estos momentos .

# CAPITULO 1

## ESTUDIO DE LA PROBLEMÁTICA DEL AGUA EN MÉXICO

### 1.1 Distribucion Poblacional

En México existen 125,000 poblaciones aproximadamente, en las cuales viven ochenta millones de habitantes, la mayoría se encuentran aglomerados en determinados centros urbanos, ocasionando una mala distribución poblacional, ésto provocado principalmente por la centralización de actividades económicas y políticas.

Así se tiene que, a grandes rasgos, el 30% de la población de México habita en el 10% de nuestro territorio, esto es en cinco ciudades urbanas principalmente (TABLA 1A). Esto provoca problemas de planeación y desarrollo tanto en el entorno comercial, industrial y ecológico; así como en proyectos de infraestructura y servicios.

Por otro lado, la distribución del agua en el país determina que los cinco centros urbanos principales son las zonas en donde se tienen menos recursos acuíferos. Esto significa que a mayor aglomeración poblacional, menos agua disponible.

Por lo anteriormente expuesto, México enfrenta actualmente grandes problemas de abastecimiento de agua, entre los que destacan la disminución acelerada de este recurso y la creciente contaminación de los cuerpos abastecedores, ya que nuestro país no se ha podido sustraer de las consecuencias de un desarrollo acelerado que ha propiciado aumento en la extracción y consumo de agua, y por consecuencia, en una mayor generación de aguas residuales que, al ser descargadas sin tratamiento en los cuerpos receptores perjudican sus usos legítimos y disminuyen su potencial de

**TABLA 1A**

<b>DISTRIBUCIÓN DE POBLACIONES DE LA REPÚBLICA MEXICANA EN FUNCIÓN DE SU TIPO</b>			
<b>TIPOS DE POBLACIÓN</b>	<b>CANTIDAD DE POBLACIONES</b>	<b>NUMERO DE HAB. (MILLONES)</b>	<b>PORCENTAJE DE LA POBLACIÓN NAL.</b>
<b>DISPERSA (P &lt;= 1,000)</b>	<b>118,333</b>	<b>11.3</b>	<b>14.3</b>
<b>CENTROS DE INTEGRACIÓN (1000 P &lt;=14,990)</b>	<b>6,667</b>	<b>12.7</b>	<b>16.0</b>
<b>CENTROS PEQUEÑOS (15,000 P &lt;= 49,999)</b>	<b>196</b>	<b>7.8</b>	<b>9.87</b>
<b>CENTROS MEDIANOS (50,000 P &lt;= 999,999)</b>	<b>93</b>	<b>21.2</b>	<b>26.83</b>
<b>AREAS METROPOLITANAS (P &lt;= 1'000,000)</b>	<b>5</b>	<b>26.0</b>	<b>32.90</b>
<b>TOTAL</b>	<b>125,300</b>	<b>79.0</b>	<b>100.00</b>

aprovechamiento; por ello, seguramente, en un futuro cercano se presentarán déficits críticos en algunas regiones, lo que plantea un serio desafío para las autoridades a cargo de la administración y distribución del agua, así como de las encargadas de la disposición de las aguas residuales.

Básicamente, se ha determinado que el país cuenta con suficientes volúmenes de agua como para satisfacer las demandas de agua de todos los sectores, sin embargo, su distribución geográfica es completamente adversa para casi la mitad del territorio nacional. Existen 320 cuencas hidrológicas, con un escurrimiento medio anual de aproximadamente 395,000 millones de metros cúbicos, cifra que representa prácticamente el total disponible como recurso renovable. Un estudio de su distribución indica que en el norte solo se tiene un escurrimiento de 12,300 millones de metros cúbicos que representan el 3% del total, en un área equivalente al 30% del país, mientras que se tienen 205,000 millones de metros cúbicos en el sureste, que representan el 50% de la disponibilidad total en un área no mayor al 20 % del territorio (TABLA 1B).

Dicho de otra manera, la mayor disponibilidad de agua se encuentra por debajo de los 500 metros sobre el nivel medio del mar, al sur de los paralelos 28° y 24°, y en las fajas costeras del Pacífico y Golfo de México (FIGURA 1C); en tanto que las mayores necesidades se presentan arriba de esta altitud y al norte de los paralelos mencionados. (TABLA 1A)

Comparando las zonas de disponibilidad del recurso con las de asentamientos humanos e industriales, existen situaciones contrastantes, tales como que más del 85% del agua del país se encuentra en la zona baja, por abajo de la cota 500, mientras que más del 70% de la población y 80% de la planta industrial se localizan en la zona alta; de esta última el 55% se encuentra en el Valle de México que por consecuencia sufre de graves problemas de disponibilidad de agua.

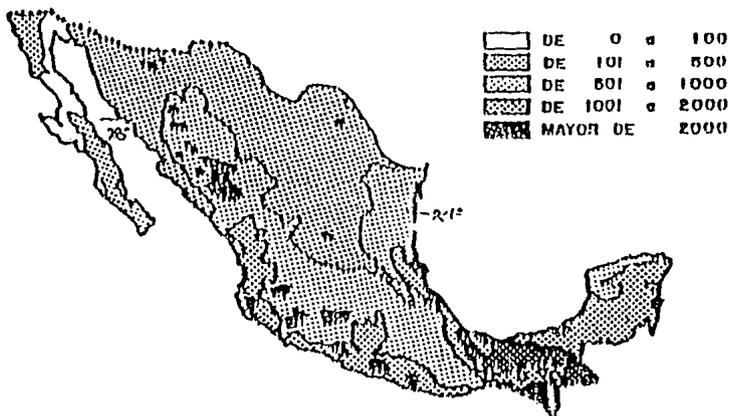
**TABLA 1B**

<b>DISTRIBUCIÓN DEL RECURSO AGUA EN LAS DIVERSAS CUENCAS DEL PAÍS</b>		
<b>REGIÓN</b>	<b>MILLONES DE M<sup>3</sup>/AÑO</b>	<b>% TOTAL</b>
Papaloapan, Grijalva y Usumacinta	167.960	42.5
Pacífico Sur, Istmo y Balsas	100.620	25.3
Golfo	30.770	9.8
Península de Yucatán	29.250	7.4
Noroeste	24.900	6.3
Pacífico Centro	16.520	4.2
Centro Lerma	6.650	1.7
Bravo	5.800	1.5
Cuencas Cerradas del Norte	4.220	1.1
Centro Valle de México	0.454	0.1
Baja California	0.288	0.1
<b>TOTAL</b>	<b>394.832</b>	<b>100</b>

FIGURA 1C  
DISPONIBILIDAD REGIONAL DE AGUA



FIGURA 1D  
PRECIPITACION MEDIA ANUAL



## 1.2 Usos del Agua

Los principales usos a los que se destina el recurso hidráulico son:

1.2.1) Doméstico

1.2.2) Agrícola

1.2.3) Producción de Energía Eléctrica

1.2.4) Conservación y Desarrollo de Flora y Fauna

1.2.5) Recreación y Navegación

Los principales usos se detallan a continuación:

### 1.2.1 Uso Doméstico

Este uso tiene preferencia sobre las otras clases de usos y su abastecimiento va de acuerdo a la importancia política, económica y grado de desarrollo de la población. En las localidades rurales menores de 5,000 habitantes, la dotación de agua es la necesaria para satisfacer las necesidades primarias de la población; en tanto, que en las grandes urbes, la dotación es para satisfacer plenamente las necesidades de sus habitantes, incluyendo usos públicos, domésticos, industriales y comerciales; comprendiendo los sistemas de abastecimiento hasta tomas domiciliarias con agua entubada dentro de las viviendas.

De este modo, la dotación varía de acuerdo al lugar y la disponibilidad del agua; existen localidades rurales situadas en zonas áridas del norte, en donde la dotación llega a ser de 10 litros por habitante y por día, mientras que en otros lugares es mayor de 300 litros.

### 1.2.2 Uso Energético

Si algo puede afectar grandemente la actividad económica, es la falla de generación de energía eléctrica, pues es bien sabido, que el desarrollo, progreso y bienestar humano, entre otras cosas, se deben a ella en la actualidad.

La capacidad de energía eléctrica instalada en México hasta 1992 es de 4,200 millones de Kw y la energía asciende a 14,700 millones de Kw-h anuales, que se obtienen a razón de 8,700 millones en plantas hidroeléctricas, 5,700 millones en termoeléctricas, 380 millones en combustión interna y 3 millones en geotérmicas. Aproximadamente el 20% de la energía total se genera en las plantas hidroeléctricas, instaladas en presas destinadas a diversos propósitos, principalmente riego y control de avenidas.

### 1.2.3 Uso Industrial

La cantidad de agua utilizada en la mayor parte de las industrias primarias y secundarias es considerable en procesos de elaboración, transformación y en algunos casos para enfriamiento. Resulta muy difícil precisar la cantidad de agua requerida para producir un determinado artículo. Se estima que en 1980 se ocupó un volumen anual de 4,600 millones de metros cúbicos y los consumos para 1990 y 2000 se estiman en 9,500 y 22,700 millones de metros cúbicos respectivamente

### **1.3 Fuentes de Contaminación**

El aspecto fundamental en la definición de la problemática de la contaminación del agua del país lo es, sin duda, la identificación de las fuentes a través de las cuales se incorporan las cargas contaminantes que deterioran el recurso hidráulico y se compromete el sano desarrollo de la población y su actividad productiva.

Las principales fuentes de contaminación se agrupan de acuerdo a su procedencia, en tres sectores:

#### **1.3.1 Sector Social:**

Corresponde a las cargas de residuos de origen doméstico y urbano que constituyen las aguas residuales municipales. En relación a éstas, su generación es de gran importancia y está definitivamente relacionada con la cobertura de los servicios de agua potable y alcantarillado con que cuentan las poblaciones.

Dicha cobertura se ha visto favorecida en los grandes asentamientos urbanos, mientras que las zonas rurales y pequeñas ciudades muestran significativo rezago.

La población de la República Mexicana ha mostrado una fuerte inclinación a concentrarse en las grandes ciudades, en donde de acuerdo a los censos de 1990, el 70% de la población era urbana y el 30% rural. Es de destacar que el 50% de la población se asienta únicamente en cien de la totalidad de poblaciones del país. Por lo que respecta a los servicios de agua potable y alcantarillado, debe citarse que la cobertura para población urbana es del 76 % en agua potable y 65% en alcantarillado, mientras que para la población rural es de 49% en agua potable y 12% en alcantarillado (TABLA 1E).

**TABLA 1E**

<b>COBERTURA DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO</b>			
<b>SERVICIO</b>	<b>COBERTURA URBANA (%)</b>	<b>COBERTURA RURAL (%)</b>	<b>TOTAL NACIONAL</b>
<b>AGUA POTABLE</b>	76	49	68
<b>ALCANTARILLADO</b>	65	12	49

De lo anterior se concluye que, aproximadamente 25 millones de habitantes no tiene acceso al servicio de agua potable, mientras que 40 millones no lo tienen al servicio de alcantarillado. Las localidades que contienen a la mayor proporción de habitantes, son aquellas en donde se concentra también, la mayor parte de las actividades industriales y en las que se dispone de una mayor cobertura en los servicios de agua potable y alcantarillado; constituyéndose así, en las fuentes principales de generación de aguas residuales, siendo los ejemplos más claros, las zonas localizadas en torno a las ciudades de México, Monterrey y Guadalajara, las cuales generan 46, 8.5 y 8.2 metros cúbicos por segundo de aguas residuales respectivamente, lo que corresponde al 34% del total generado a nivel nacional estimado en 185 metros cúbicos por segundo y de los cuales 105 corresponden a la población y 80 a la industria.

Las expectativas en cuanto al comportamiento de la generación de aguas residuales indican que para el año 2000 se tendrá una generación de 210 metros cúbicos por segundo, correspondiendo 120 a la población y 90 a la industria.

### 1.3.2 Sector Agropecuario:

Está representado por los afluentes de instalaciones dedicadas a la crianza y engorda de ganado mayor y menor, así como por las aguas de retorno de los campos agrícolas.

Las superficies en producción agrícola, de riego y temporal en el año de 1990 eran de 23 millones de hectáreas y se estima que para el año 2000 llegarán a los 26 millones de hectáreas. Respecto a la demanda de fluido para el sector, se observa que en el año de 1990 se extrajeron aproximadamente 70,000 millones de metros cúbicos y se estima que se necesitarán 92,000 millones de metros cúbicos para el año 2000.

No obstante la diversidad de técnicas de riego utilizadas en el país, se estima que en 1990 la generación de aguas residuales provenientes de esta fuente llegó a 8,350 millones de metros cúbicos y para el año 2000 será de 11,000 millones de metros cúbicos (TABLA 1F).

Evidentemente las aguas de retorno agrícola constituyen una fuente de contaminación muy importante, cuyo impacto se ha manifestado ampliamente en el país sobre todo en un elevado porcentaje de cuerpos de agua que se encuentran en condiciones potenciales de desecación e inutilización.

**TABLA 1F**

<b>SUPERFICIE AGRICOLA DEL PAÍS</b>	
<b>AÑO</b>	<b>SUPERFICIE (En millones de Has.)</b>
1982	19.3
1985	20.6
1990	22.9
2000	26.0

<b>EXTRACCIÓN DE AGUA Y GENERACIÓN DE AGUAS RESIDUALES POR LA ACTIVIDAD AGRÍCOLA</b>		
<b>AÑOEXTRACCIÓN</b>	<b>(En millones de M )</b>	<b>DESCARGA (En millones de M)</b>
1980	44,760	8,056.8
1990	69,542	8,345.0
2000	92,380	11,085.0

### 1.3.3 Sector Industrial:

Se tiene representado por las descargas originadas en el desarrollo de actividades correspondientes a la extracción y transformación de recursos naturales en bienes de consumo y satisfactores para la población.

En México se logró un ritmo anual de crecimiento industrial considerable desde los años setentas hasta la fecha, lo que permitió el surgimiento de una fuerte planta productiva, la cual se desarrolló con una alta concentración principalmente en las ciudades de México, Monterrey y Guadalajara.

El uso del agua como vehículo de desechos contaminantes y la poca importancia dada a su manejo y disposición ha convertido a este sector en un elemento fundamental para ser considerado en el control para la preservación del recurso hidráulico, cuya disponibilidad se ve comprometida en amplias zonas del país.

De acuerdo a los índices de extracción, consumo y contaminación, se señalan como principales giros industriales responsables de mayores descargas de aguas residuales los siguientes: azúcar, química, papel y celulosa, petróleo, bebidas, textil, siderúrgica, eléctrica y alimentos.

Tales giros en conjunto corresponden prácticamente al 80% del total de las aguas residuales de este sector, destacando las industrias azucarera y química con el 60% del total.

## 1.4 Situación Actual del Tratamiento de Aguas Residuales

Nuestro país presenta cada año problemas de disponibilidad del recurso acuífero para surtir la creciente demanda para los centros poblacionales, así como para uso industrial y agrícola. Las enormes pérdidas que en años pasados y en la actualidad existen en los sistemas de conducción y distribución, aunado a la contaminación registrada en las principales cuencas hidráulicas del país, hacen indispensable la proyección y construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) para empezar a revertir este proceso.

De acuerdo a la información de la Comisión Nacional de Aguas en el Inventario Nacional de Aguas de 1991 existen 509 PTAR en proyecto, construcción y operación; distribuidas de la siguiente forma:

En proyecto:	57
En construcción:	30
En operación:	422

De las plantas registradas en operación, 262 presentan problemas de manejo deficiente, requieren rehabilitación, o bien no se tienen datos de su operación continua. Así mismo, la capacidad total en operación es de 25,082 lps; de los cuales 4,720 lps se encuentran en el supuesto descrito (Ver TABLAS 1G y 1H).

Por otro lado, se observan problemas adicionales como el hecho de que el organismo encargado de la operación de la planta es el mismo que está a cargo de la administración del sistema de agua potable y alcantarillado, siendo que las prioridades de éste, generalmente son: a) el sistema de agua potable, b) el sistema de alcantarillado, y c) la planta de tratamiento.

Otros problemas graves son la falta de capacitación del personal operario y la constante falta o inexistencia de presupuesto destinado a la operación y mantenimiento de las plantas; conociendo, que las cuotas establecidas para los servicios de agua potable y alcantarillado apenas cubren un porcentaje de la construcción y mantenimiento de éstas últimas.

En la actualidad se generan 184,000 lps de aguas residuales totales en toda la República Mexicana y con las plantas existentes solo se puede dar tratamiento al 13.6% de éstas. Con los proyectos actuales definidos por la Comisión Nacional de Aguas, se pretende tratar el 50% de las aguas residuales a finales del año de 1995, alcanzar el 60 o 70% para el año de 1997 y lograr el tratamiento del 100% de aguas residuales generadas en algún año entre el 2000 al 2010.

TABLE 1G

PERMITS NATIONAL & PLANTS & REFINERIES & OTHERS

COSTS PER YEAR PER STATE

ESTADO	PERMITS		CONSTRUCTION		PLANTS		REFINERIES		OTHERS		TOTAL
	No.	Value	No.	Value	No.	Value	No.	Value	No.	Value	
ALABAMA	1-30	2,500.00	1-00	0.00	27-50	2.00	174.50	1-00	0.00	0.00	0.00
ALASKA	0-00	0.00	0-00	0.00	7-00	3.00	2,913.30	2-50	2.50	173.00	0.00
ARIZONA	0-00	0.00	0-00	0.00	10-00	4.00	424.00	4-00	3.00	170.00	0.00
CALIFORNIA	6-00	0.00	0-00	0.00	0-00	0.00	0.00	0-00	0.00	0.00	0.00
CONNECTICUT	7-00	715.00	0-00	0.00	4-00	4.00	113.00	1-00	1.00	25.00	0.00
DELAWARE	1-00	15.00	0-00	0.00	1-00	0.00	15.00	1-00	1.00	30.00	11.00
FLORIDA	0-00	0.00	0-00	0.00	0-00	0.00	0.00	1-00	1.00	313.00	0.00
GEORGIA	1-00	130.00	0-00	0.00	3-00	3.00	107.00	1-00	0.00	15.00	0.00
ILLINOIS	0-00	0.00	0-00	0.00	17-00	0.00	1,444.30	0-00	0.00	4.50	0.00
INDIANA	1-00	100.00	1-00	1.00	0-00	0.00	209.00	1-00	0.00	0.00	0.00
IOWA	0-00	0.00	0-00	0.00	0-00	0.00	0.00	0-00	0.00	0.00	0.00
KANSAS	1-00	750.00	1-00	1.00	1-00	1.00	1,004.50	1-00	0.00	0.00	1.00
KENTUCKY	1-00	18.00	0-00	0.00	0-00	0.00	0.00	0-00	0.00	0.00	0.00
LOUISIANA	2-00	7,864.00	3-00	3.00	70-00	18.00	1,873.50	0-00	0.00	8.00	111.00
MAINE	11-00	1,171.00	18-00	18.00	15-00	3.00	7,190.50	1-00	2.00	7.00	174.00
MARYLAND	7-00	817.00	2-00	2.00	0-00	0.00	0.00	4-00	4.00	21.00	2.00
MASSACHUSETTS	0-00	0.00	0-00	0.00	170-00	1.00	0-00	0-00	0.00	0.00	7.00
MICHIGAN	0-00	0.00	2-00	2.00	0-00	0.00	0.00	1-00	1.00	0.00	0.00
MINNESOTA	3-00	4,001.00	0-00	0.00	21-00	17.00	510.50	1-00	1.00	0.00	2.00
MISSISSIPPI	0-00	0.00	0-00	0.00	7-00	0.00	175.00	3-00	3.00	11.00	0.00
MISSOURI	0-00	0.00	0-00	0.00	0-00	0.00	0.00	0-00	0.00	0.00	0.00
MONTANA	1-00	250.00	0-00	0.00	0-00	0.00	0.00	0-00	0.00	0.00	0.00
NEBRASKA	1-00	170.00	1-00	1.00	0-00	0.00	0.00	0-00	0.00	0.00	0.00
NEVADA	0-00	0.00	0-00	0.00	0-00	0.00	0.00	0-00	0.00	0.00	0.00
NEW HAMPSHIRE	0-00	0.00	0-00	0.00	0-00	0.00	0.00	0-00	0.00	0.00	0.00
NEW JERSEY	0-00	0.00	0-00	0.00	0-00	0.00	0.00	0-00	0.00	0.00	0.00
NEW YORK	2-00	250.00	0-00	0.00	0-00	0.00	0.00	0-00	0.00	0.00	0.00
NORTH CAROLINA	0-00	0.00	0-00	0.00	0-00	0.00	0.00	0-00	0.00	0.00	0.00
NORTH DAKOTA	0-00	0.00	0-00	0.00	0-00	0.00	0.00	0-00	0.00	0.00	0.00
OHIO	0-00	0.00	0-00	0.00	0-00	0.00	0.00	0-00	0.00	0.00	0.00
OKLAHOMA	0-00	0.00	0-00	0.00	0-00	0.00	0.00	0-00	0.00	0.00	0.00
OREGON	0-00	0.00	0-00	0.00	0-00	0.00	0.00	0-00	0.00	0.00	0.00
PENNSYLVANIA	0-00	0.00	0-00	0.00	0-00	0.00	0.00	0-00	0.00	0.00	0.00
RHODE ISLAND	0-00	0.00	0-00	0.00	0-00	0.00	0.00	0-00	0.00	0.00	0.00
SOUTH CAROLINA	0-00	0.00	0-00	0.00	0-00	0.00	0.00	0-00	0.00	0.00	0.00
TENNESSEE	0-00	0.00	0-00	0.00	0-00	0.00	0.00	0-00	0.00	0.00	0.00
TEXAS	0-00	0.00	0-00	0.00	0-00	0.00	0.00	0-00	0.00	0.00	0.00
UTAH	0-00	0.00	0-00	0.00	0-00	0.00	0.00	0-00	0.00	0.00	0.00
VIRGINIA	0-00	0.00	0-00	0.00	0-00	0.00	0.00	0-00	0.00	0.00	0.00
WASHINGTON	0-00	0.00	0-00	0.00	0-00	0.00	0.00	0-00	0.00	0.00	0.00
WEST VIRGINIA	0-00	0.00	0-00	0.00	0-00	0.00	0.00	0-00	0.00	0.00	0.00
WISCONSIN	0-00	0.00	0-00	0.00	0-00	0.00	0.00	0-00	0.00	0.00	0.00
WYOMING	0-00	0.00	0-00	0.00	0-00	0.00	0.00	0-00	0.00	0.00	0.00

PERMITS NATIONAL & PLANTS & REFINERIES & OTHERS



## CAPITULO 2

### LEGISLACIÓN AMBIENTAL VIGENTE EN MATERIA DE AGUA

#### 2.1 Antecedentes en Materia de Legislación Ambiental

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos de 1917, habla en su artículo 27 sobre los elementos naturales y menciona en el párrafo tercero lo siguiente: "El gobierno cuidará y controlará a la iniciativa privada, en cuanto a la distribución de los elementos y recursos naturales para regular la riqueza de los elementos y su aplicación".

Derivado de tal concepto, años mas tarde, se crea la Secretaría de Recursos Hidráulicos (SRH) que se preocupó por el suministro y la contaminación del agua.

En 1971 bajo el gobierno del Lic. Luis Echeverría, se crea la Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental y es la primera vez que se utiliza el término de "CONTAMINACIÓN". Formándose la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente.

El 30 de Diciembre de 1981 se establece la iniciativa de ley para la Ley Federal de Protección al Ambiente, que por primera vez menciona la palabra "AMBIENTAL" y que es publicada en el Diario Oficial de la Federación el 11 de Enero de 1982.

En 1983 se hace una reforma a esta Ley, en el Artículo 73 fracción XXIX constituyendo del Consejo de Salud.

En 1982 se crea la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE) por ajustes en la Administración Pública Federal.

En 1983 con la operación de la Subsecretaría del Medio Ambiente, se le dan a la SEDUE nuevas funciones con base en SARH, Salud, Vivienda, SAHOP y otras.

Por otro lado, el 29 de julio de 1987 se establece la iniciativa de ley para la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente que es publicada el 28 de Enero de 1988 con aplicación desde el primero de Marzo del mismo año.

Paralelamente, el 7 de Junio de 1988 se publicó en forma oficial, el Reglamento del Equilibrio Ecológico y de Protección al Ambiente.

Finalmente, el 25 de Mayo de 1992, se publica en el Diario Oficial de la Federación, una modificación en la Administración Pública, por virtud de la cual la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE), así como la Secretaría de Programación y Presupuesto (S.P.P.), se suprimen y son sustituidas por la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL).

Actualmente se está trabajando en el Programa Nacional de Ecología pactado de 1990 a 1994, y en una serie de convenios mundiales o protocolos con otros países entre los que destacan los siguientes:

Convenio de la Paz.	(E.U.A. - MEX.)
Convenio de Montreal.	(VARIOS PAÍSES)
Convenio de Bélgica	(E.U.A. - MEX.)

Estos convenios están aprobados por el Senado de la República, por lo que se considera que están a nivel de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

Señalándose que en esta misma posición se encuentran los acuerdos bilaterales del Tratado de Libre Comercio (TLC) entre Canadá, E.U.A. y México.

Cabe destacar que en nuestro país el término de "NIVELES DE LEY", se refiere al grado de importancia en donde se ubica una cierta ley, en una estructura piramidal que se inicia con la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos como primer nivel y en donde se encuentran los datos generales hasta terminar con la fase operativa de detalle, en un quinto nivel de legislación (Ver figura No. 2A).

Con base a lo anterior, es posible establecer cual es la situación actual del marco legislativo hidráulico con que cuenta nuestro país en materia de prevención de la contaminación del agua; (Ver figura No. 2B) algunas de cuyas características se analizan en los subcapítulos siguientes de este tema.

## **2.2 Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente**

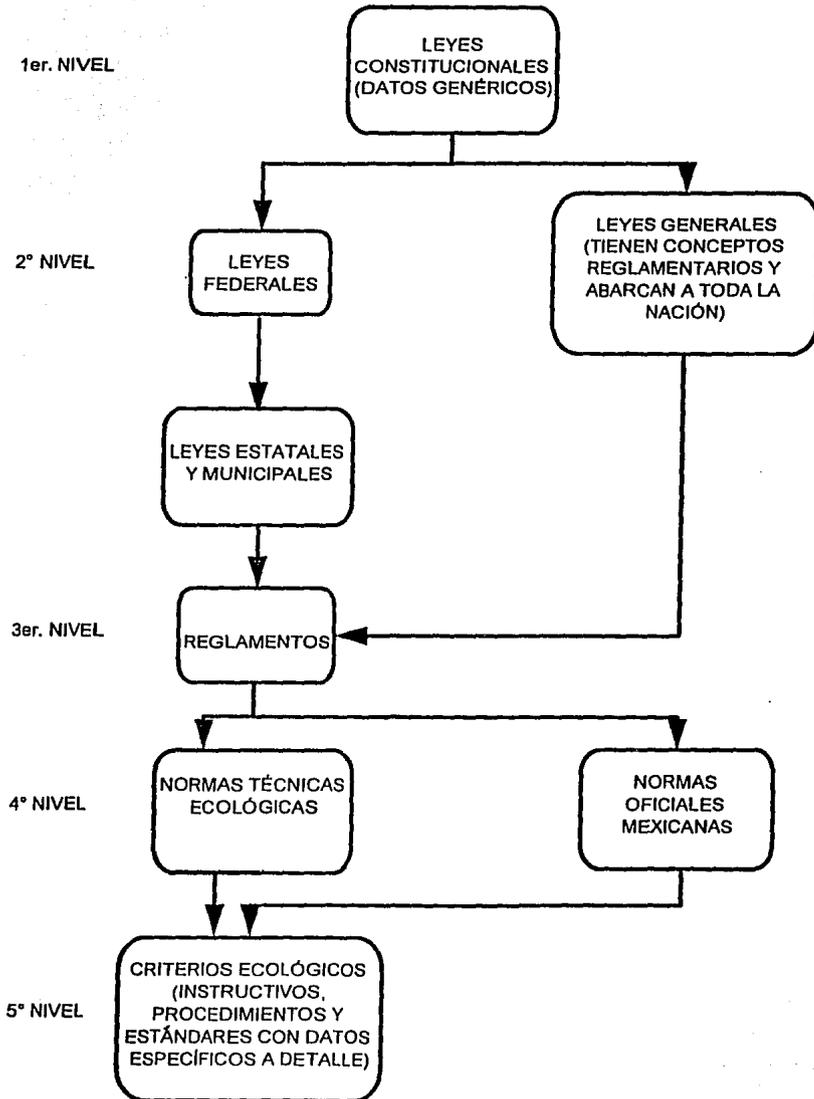
El 28 de Enero de 1988 se publicó en el Diario Oficial la Ley General del Equilibrio Ecológico y de Protección al Ambiente; esta ley, constituye una nueva política ecológica en la que se establecen las bases para la restauración y preservación del equilibrio ecológico, así como a la protección de ambiente en el territorio nacional.

Esta nueva ley ecológica distribuye la competencia de los aspectos ambientales entre los tres niveles de gobierno (Federal, Estatal y Municipal) además de esto, la ley prevé la expedición de reglamentos y normas técnicas ecológicas para la conducción de tal política ecológica.

A grandes rasgo, esta ley general está constituida por seis títulos y cuatro artículos transitorios, los cuales presentamos a continuación:

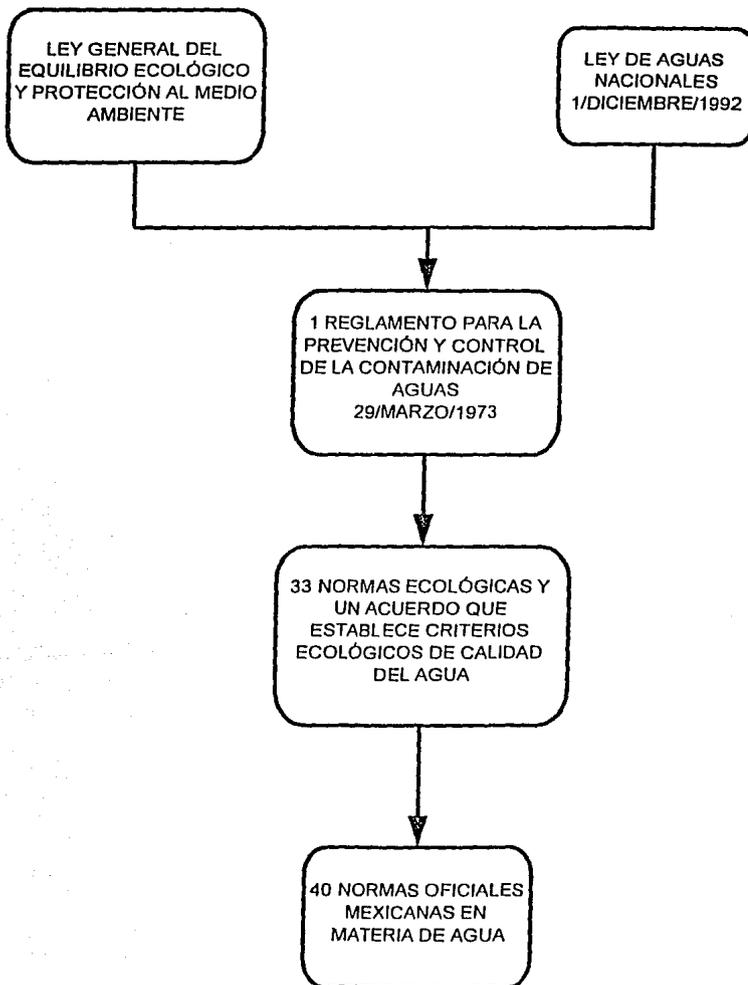
- Título 1:** Disposiciones Generales  
(Consta de 5 capítulos)
- Título 2:** Áreas Naturales Protegidas  
(Consta de 3 capítulos)
- Título 3:** Aprovechamiento Racional de los elementos naturales  
(consta de 3 capítulos) -----> En el capítulo I trata el aprovechamiento racional del agua y los Ecosistemas Acuáticos.
- Título 4:** Protección al Ambiente  
(Consta de 7 capítulos) -----> En el capítulo II trata la prevención y control de la contaminación del agua y de los Ecosistemas Acuáticos.
- Título 5:** Participación Social  
(Capítulo único)
- Título 6:** Medidas de Control y de Seguridad y Sanciones  
(Consta de 7 capítulos)
- Artículos Transitorios**  
(Consta de 4 Artículos)

**FIGURA 2A**  
**NIVELES DE LEY**



**FIGURA 2B**

**MARCO LEGISLATIVO HIDRÁULICO  
1993**



### **2.3 Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas**

Este reglamento publicado el 29 de Marzo de 1973 regula las descargas de aguas residuales, estableciendo que se deberá llevar un registro de ellas, y que debe darse tratamiento para su disposición.

Establece la obligación de registrar las descargas de aguas residuales dentro de los plazos establecidos, mencionando que la prevención y control de la contaminación de aguas, deberá realizarse mediante los siguientes procedimientos:

a) Determinación y cumplimiento de las condiciones particulares de descargas de aguas residuales, mediante su tratamiento o bien controlando las aguas residuales de todo sólido sedimentable, grasas y aceites, materia flotante, temperatura y P.H. como mínimo

b) Las descargas de aguas residuales deberán ajustarse en base a una tabla de máximos tolerables y todos aquellos que requieran obras o instalaciones de purificación deberán presentar un informe preliminar con los datos de la obra, y posteriormente cumplir con el programa contenido en este informe.

c) Cualquier Organización que se clasifique como persona moral, se le establecerán sus condiciones particulares de descarga, estos valores se fijan por la supervisión de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), a través de la Comisión Nacional del Agua (CNA), y con la asesoría de la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) y el Instituto Nacional de Ecología.

Hoy todos los registros, permisos y concesiones se delegan en la Comisión Nacional del Agua, así como su inventario a nivel Estatal, Municipal y Federal.

d) Los pagos de los derechos de descargas contaminantes, (conforme a su volumen y parámetros), se establecen de la siguiente manera:

Técnicamente: Por el SARH y CNA

Económicamente: Por la Federación conforme a la Ley Federal de Derechos.

## **2.4 Normas Técnicas Ecológicas y Normas Oficiales Mexicanas**

2.4.1. Se entiende por norma técnica ecológica a el conjunto de reglas científicas o tecnológicas emitidas por la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) que establezcan los requisitos, especificaciones, condiciones, procedimientos, parámetros y límites permisibles que deberán observarse en el desarrollo de actividades, uso y destino de bienes, que causen o puedan causar un desequilibrio ecológico o daño al ambiente, y además que uniformen principios, criterios políticos y estrategias en la materia.

Las normas técnicas ecológicas determinan los parámetros dentro de los cuales se garantizan las condiciones necesarias para el bienestar de la población y asegurar la preservación del equilibrio ecológico y la protección al ambiente.

Estas normas técnicas ecológicas fueron expedidas por la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE), ahora SEDESOL, en coordinación con la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) y las demás autoridades competentes.

Las normas técnicas ecológicas en materia de control de la contaminación del agua que existen desde 1988, son las siguientes (Ver tabla 2C).

**TABLA 2.C.**  
**NORMAS TÉCNICAS ECOLÓGICAS EN MATERIA DE CONTROL**  
**DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS.**

No. DE LA NORMA	CONCEPTO	PUBLICACIÓN
NTE-CCA-001-88	TERMoeLECTRICAS	4-08-88
NTE-CCA-002-88	AZUCARERA	4-08-88
NTE-CCA-003-88	REFINACIÓN DE CRUDO	4-08-88
NTE-CCA-004-88	FERTILIZANTES	4-08-88
NTE-CCA-005-88	PLÁSTICOS Y POLÍMEROS	4-08-88
NTE-CCA-006-88	HARINAS	6-08-88
NTE-CCA-007-88	CERVEZA Y MALTA	4-08-88
NTE-CCA-008-88	ASBESTOS	6-08-88
NTE-CCA-009-88	LECHE Y DERIVADOS	4-08-88
NTE-CCA-010-88	VIDRIO, PLANO Y FIBRA	6-06-88
NTE-CCA-011-88	VIDRIO Prensado y Soplado	6-06-88
NTE-CCA-012-88	CAUCHO SINTETICO DE LLANTAS	6-06-88
NTE-CCA-013-88	HIERRO Y ACERO	4-08-88
NTE-CCA-014-88	TEXTIL	4-08-88
NTE-CCA-015-88	CELULOSA Y PAPEL	4-08-88
NTE-CCA-016-88	BEBIDAS GASEOSAS	4-08-88
NTE-CCA-017-88	ACABADOS METÁLICOS	19-10-88
NTE-CCA-018-88	LAMINACIÓN DE COBRE	6-06-88
NTE-CCA-019-88	IMPREGNACIÓN DE MADERAS	4-08-88
NTE-CCA-020-88	ASBESTOS, TEXTILES, MATERIALES DE FRICCIÓN Y SELLADORES	6-06-88
NTE-CCA-021-88	CURTIDO DE PIELS	4-08-88
NTE-CCA-022-88	MATANZA Y EMPAQUE DE CARNES	4-08-88
NTE-CCA-023-88	ENVASADOS DE CONSERVAS ALIMENTICIAS	19-10-88
NTE-CCA-024-88	PAPEL DE CELULOSA	14-12-88
NTE-CCA-025-88	PAPEL DE FIBRA RECICLADA	12-12-88
NTE-CCA-026-91	RESTAURANTES Y HOTELES	20-09-91
NTE-CCA-027-91	BENEFICIOS DE CAFÉ	20-02-91
NTE-CCA-028-91	INDUSTRIA PESQUERA Y HARINA DE PESCADO	20-02-91
NTE-CCA-029-91	HOSPITALES	20-09-91
NTE-CCA-030-91	JABONES Y DETERGENTES	20-09-91
NTE-CCA-031-91	ACTIVIDADES AGROINDUSTRIALES TALLERES AUTOMOTRICES, GASOLINERÍAS, TINTORERÍAS, REVELADO DE FOTOGRAFÍA Y PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES A SISTEMAS DE ALCANTARILLADO Y DRENAJES	20-09-91
NTE-CCA-032-91	AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES PARA RIEGO AGRÍCOLA	24-09-91
NTE-CCA-033-91	ESTABLECE LAS CONDICIONES, PARA EL USO DE AGUAS RESIDUALES DE ORIGEN URBANO O MUNICIPAL O DE LA MEZCLA DE ESTAS CON LA DE LOS CUERPOS DE AGUA PARA EL RIEGO	24-10-91

#### 2.4.2 Normas Oficiales Mexicanas

De acuerdo con la nueva ley Federal de Metrología y Normalización, las normas técnicas ecológicas (NTE) ahora se llamarán Normas Oficiales Mexicanas (NOM) y se les agregará una anotación adicional dependiendo de la comisión a la que pertenezcan. Ejemplo:

Antes:    **NORMAS TÉCNICAS ECOLÓGICAS**  
          **NTE-CCA-021-88**

Ahora:    **NORMA OFICIAL MEXICANA**  
          **NOM-CCA-021-ECOL/1993**

Las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) en su contexto deben ser siempre más estrictas que las anteriores Normas Técnicas Ecológicas (NTE), de lo contrario se aplicará la Norma Técnica Ecológica (NTE) precedente, y de la misma manera, cuando se tenga un parámetro no-reglamentado, se deberá aplicar el concepto de "Derecho Comparado", esto significa que se revisarán las normas extranjeras y se aplicarán de acuerdo a la situación nacional.

Las Normas Oficiales Mexicanas que se han modificado y publicado últimamente en materia de agua aparecen listadas en la Tabla 2.D

TABLA 2.D.

LISTADO DE NUEVAS NORMAS ECOLÓGICAS PARA AGUA, PUBLICADAS HASTA EL 18 DE OCTUBRE DE 1993.

NOM-CCA-001-ECOL/1993	Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de las centrales termoeléctricas convencionales.
NOM-CCA-002-ECOL/1993	Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de la industria productora de azúcar de caña.
NOM-CCA-003-ECOL/1993	Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de la industria de refinación de petróleo y petroquímica
NOM-CCA-004-ECOL/1993	Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de la industria de fabricación de fertilizantes, excepto las que produzcan ácido fosfórico como producto intermedio
NOM-CCA-005-ECOL/1993	Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de la industria de fabricación de productos plásticos y polímeros sintéticos
NOM-CCA-006-ECOL/1993	Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de la industria de fabricación de harina
NOM-CCA-007-ECOL/1993	Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de la industria de cerveza de malta
NOM-CCA-008-ECOL/1993	Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de la industria de fabricación de asbestos de construcción

<b>NOM-CCA-009-ECOL/1993</b>	Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de la industria elaboradora de leche y sus derivados
<b>NOM-CCA-010-ECOL/1993</b>	Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de la industria de manufactura de vidrio plano y de fibra de vidrio.
<b>NOM-CCA-011-ECOL/1993</b>	Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de la industria de manufactura de productos de vidrio pesado y soplado
<b>NOM-CCA-012-ECOL/1993</b>	Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de la industria hulera
<b>NOM-CCA-013-ECOL/1993</b>	Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de la industria del hierro y del acero
<b>NOM-CCA-014-ECOL/1993</b>	Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de la industria textil.
<b>NOM-CCA-015-ECOL/1993</b>	Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de la industria de la celulosa y del papel
<b>NOM-CCA-016-ECOL/1993</b>	Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de la industria de bebidas gaseosas.
<b>NOM-CCA-017-ECOL/1993</b>	Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de la industria de acabados metálicos

- NOM-CCA-018-ECOL/1993** Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de la industria de laminación, extrucción y estiraje de cobre y sus aleaciones.
- NOM-CCA-019-ECOL/1993** Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de la industria de impregnación de productos de aserradero.
- NOM-CCA-020-ECOL/1993** Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de la industria de asbesto, textiles, materiales de fricción y selladores.
- NOM-CCA-021-ECOL/1993** Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de la industria del curtido y acabado en pieles.
- NOM-CCA-022-ECOL/1993** Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de la industria de la matanza de animales y empaçado de cárnicos.
- NOM-CCA-023-ECOL/1993** Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de la industria del envasado de conservas alimenticias.
- NOM-CCA-024-ECOL/1993** Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de la industria elaboradora de papel a partir de la celulosa virgen
- NOM-CCA-025-ECOL/1993** Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de la industria elaboradora de papel a partir de fibra celulósica reciclada.
- NOM-CCA-026-ECOL/1993** Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de restaurantes o de hoteles
- NOM-CCA-027-ECOL/1993** Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de la industria del beneficio del café

- NOM-CCA-028-ECOL/1993** Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de la industria de preparación y envasado de conservas de pescado y mariscos y de la industria de la producción de harina y aceite de pescado.
- NOM-CCA-029-ECOL/1993** Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de hospitales.
- NOM-CCA-030-ECOL/1993** Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de la industria de jabones y detergentes.
- NOM-CCA-031-ECOL/1993** Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de la industria, actividades agroindustriales, de servicios y el tratamiento de aguas residuales en los sistemas de drenaje y alcantarillado urbano o municipal.
- NOM-CCA-032-ECOL/1993** Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales de origen urbano o municipal para su disposición mediante riego agrícola.
- NOM-CCA-033-ECOL/1993** Que establece las condiciones bacteriológicas para el uso de aguas residuales de origen urbano o municipal o de la mezcla de estas con la de los cuerpos de agua, en el riego de hortalizas y productos hortofrutícolas.

## 2.5 Ley de Aguas Nacionales

La Ley de Aguas Nacionales publicada en el Diario Oficial de la Federación el 1° de Diciembre de 1992, se inscribe en el marco de la modernización, planeación y programación de la administración y del uso eficiente y racional de nuestros recursos naturales, se suma a la ley sobre Irrigación de 1926 y sustituye a la Ley Federal de Aguas de 1972.

Esta Ley tiene como objetivo primordial el uso eficiente del agua, así como preservar su calidad y cantidad única, a través de la Comisión Nacional del Agua como autoridad federal única.

En consecuencia, esta Ley es reglamentaria del artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en materia de aguas nacionales; es de observancia general en todo el territorio nacional, y sus disposiciones son de Orden Público e interés social.

La ley de Aguas Nacionales está constituida por 10 títulos que contienen 124 artículos y 13 transitorios, los cuales están resumidos de la siguiente manera:

Titulo Primero:	Disposiciones Preliminares (Capítulo único)
Titulo Segundo:	Administración de Agua (Consta de 5 capítulos)
Titulo Tercero:	Programación Hidráulica (Capítulo único)
Titulo Cuarto:	Derechos del uso y aprovechamiento de aguas nacionales (Consta de 5 capítulos)

<b>Título Quinto:</b>	<b>Zonas reglamentadas de veda o de reserva (Capítulo único)</b>
<b>Título Sexto:</b>	<b>Usos del agua (Consta de 5 capítulos)</b>
<b>Título Séptimo:</b>	<b>Prevención y Control de la contaminación de las aguas (Capítulo único)</b>
<b>Título Octavo:</b>	<b>Inversión en Infraestructura Hidráulica (Consta de 4 capítulos)</b>
<b>Título Noveno:</b>	<b>Bienes Nacionales a cargo de "La Comisión" (Capítulo único)</b>
<b>Título Décimo:</b>	<b>Infracciones, Sanciones y Recursos (Consta de 2 capítulos)</b>
<b>Transitorios:</b>	<b>Consta de 13 artículos</b>

## **2.6 Ley Federal de Derechos en Materia de Agua**

La Ley Federal de Derechos publicada en Enero de 1993 establece los pagos que deberán hacerse por el uso o aprovechamiento de los bienes de dominio público de la nación a la Comisión Nacional del Agua (CNA), o a la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH).

La presente ley consta de disposiciones generales, dos títulos, las disposiciones de vigencia anual y artículos transitorios, cuyo desglose es como sigue a continuación:

- Disposiciones Generales (Consta de 7 artículos)

-Título I De los derechos por la prestación de servicios (Capítulo VII)

- Título II De los derechos por el uso o aprovechamiento de bienes del dominio público.

(Capítulo VIII:Agua)

(Capítulo IX:Uso o goce de inmuebles).

(Capítulo XIV:Cuerpos receptores de las descargas de agua).

- Disposiciones de Vigencia Anual

- Transitorios

## **CAPITULO 3**

### **TRATAMIENTO Y REUSOS**

#### **3.1 Definiciones y Conceptos**

##### **3.1.1 Tratamiento de Aguas**

Es el conjunto de actividades hechas con operaciones unitarias que se ordenan en secuencia para eliminar la cantidad de contaminantes presentes en el agua y con ello lograr que su grado de toxicidad se disminuya al mínimo necesario para evitar que se afecten los seres vivos del medio circundante.

Básicamente una instalación típica construida para este objetivo se integra por los procesos de pretratamiento, tratamiento primario, secundario, terciario y de sus lodos residuales. Su descripción a detalle se muestra en el capítulo 4 de este trabajo.

##### **3.1.2 Influyente:**

Es el agua que se recibe para un tipo de consumo determinado, de acuerdo a su origen se clasifican en:

**3.1.2.1 Agua subterránea:** Es aquella que se localiza a determinada profundidad de la superficie, se encuentra en forma natural (ríos subterráneos).

**3.1.2.1 Agua superficial:** Esta puede ser dulce o salada, dependiendo de su origen en lagunas, lagos, ríos, presas o en el mar.

### **3.1.3 Efluente:**

**Corresponde al agua que se obtiene de un consumo determinado, dependiendo de su origen se clasifica en:**

**3.1.3.1 Agua potable:** Es aquella que se presenta libre de agentes contaminantes físicos y químicos, apta para consumo humano (incolora, inodora e insípida).

**3.1.3.2 Agua industrial:** Es la que proviene del consumo como materia prima o de servicio auxiliar en instalaciones industriales.

**3.1.3.3 Agua municipal:** Es el agua que se desecha del consumo doméstico que provienen de un centro de población (aguas negras).

**3.1.3.4 Agua residual:** Debido al pobre control sobre los desechos del agua de consumo en las ciudades, y al existir en el área que las comprenden indistintamente zonas industriales y habitacionales, ambos desechos de agua tienen la misma vía de salida (sistemas de drenaje), así como destinos finales comunes, por lo que existe una mezcla de aguas industriales y municipales, a la cual se le conoce genéricamente como aguas residuales.

### **3.1.4 Concepto de Salud**

**Es un proceso dinámico y permanente del individuo, variable en nivel de expresión, que le permite rechazar y recuperarse de las diferentes agresiones a las que se enfrenta cotidianamente, para lograr un estado de relativo equilibrio en la estructura y función del cuerpo.**

### **3.1.5 Contaminante**

Es todo aquel agente natural ó inducido que causa un impacto sobre el individuo y el medio que lo rodea y lo afecta en general sobre su biología, alterando su desarrollo físico interior y exterior.

### **3.2 Contaminación del Agua**

Es la presencia de elementos o compuestos de origen natural o artificial a niveles de concentración tales que alteran la composición natural del agua y que afectan al ambiente y sus seres vivos.

Los contaminantes del agua pueden clasificarse por sus efectos y naturaleza como:

Irreversibles	-->	Contaminantes Químicos
Parcialmente Irreversibles	-->	Contaminantes Químicos mas Biológicos
Reversibles	-->	Contaminantes Biológicos

**3.2.1 Contaminantes Químicos:** Normalmente se hallan en las aguas de desecho industriales, por su tipo se clasifican en:

**3.2.1.1 Orgánicos:** Volátiles y no volátiles. Pesticidas, plagicidas, PCB's, órgano clorados, etc.

**3.2.1.2 Inorgánicos:** Metales Pesados. Cadmio, Plomo, Arsénico, Cromo, etc.

**3.2.2 Contaminantes Biológicos:** Normalmente se tienen en las aguas de desecho municipales, por su tipo se clasifican en:

### **3.2.2.1 Bacterias**

### **3.2.2.2 Microbios**

### **3.2.2.3 Microorganismos en General**

**3.2.3 Contaminantes Físicos:** Estos se presentan indistintamente en aguas de desecho industrial o municipal, por su tipo se clasifican en:

**3.2.3.1 Humus, algas, plancton y desechos que alteran el color del agua.**

**3.2.3.2 Microorganismos o productos de desechos que alteran en el agua su olor y sabor.**

**3.2.3.3 Productos naturales físicos tales como la arcilla, arenas, etc., los cuales afectan la claridad del agua.**

## **3.3 Efectos de la Contaminación del Agua**

Los productos contaminantes tienen un comportamiento determinado en el ambiente que se ve influido por múltiples variables, al igual que los organismos (sistemas biológicos) receptores, con el tiempo y en función de variables tales como la absorción, distribución, transformación metabólica y eliminación.

Básicamente, los procesos que se llevan a cabo durante la intoxicación con algún contaminante son:

**3.3.1 Exposición:** Un organismo está expuesto a un agente determinado cuando una fracción de éste se haya próximo a las rutas de ingreso al medio interno de este organismo, esto por ingestión, inhalación o vía tegumentaria (absorción por la piel y mucosas).

**3.3.2 Absorción:** Es el paso de los agentes a través de las membranas biológicas a las rutas de entrada al organismo. Estos en la sangre pueden solubilizarse en el plasma, y unirse a las proteínas plasmáticas y glóbulos rojos.

**3.3.3 Distribución:** Los agentes contaminantes llegan a los tejidos corporales, y en función de la intensidad de la circulación tisular y de sus características, serán absorbidos, metabolizados y retenidos o excretados.

**3.3.4 Eliminación:** Normalmente las sustancias ajenas al organismo son metabolizadas en otras fácilmente excretables y perder su toxicidad potencial, o por el contrario, convertirse en producto tóxico, y de igual manera, tienden a eliminarse por excreción renal, respiratoria y/o digestiva.

**3.3.5 Acumulación:** Es posible que algunas de las sustancias contaminantes puedan interaccionar con las macromoléculas de las células, fijándose o acumulándose en tejidos, dependiendo de sus características físicoquímicas.

## **3.4 Fuentes de la Contaminación del Agua**

**3.4.1 Por absorción a través del suelo o escurrimiento por:**

**3.4.1.1 Peculiaridad natural del suelo (PH, metales).**

**3.4.1.2 Fecalismo animal y humano.**

**3.4.1.3 Depósito de agroquímicos.**

- 3.4.1.4 Desechos físicos y químicos sin protección.
- 3.4.1.5 Aguas residuales municipales e industriales.
- 3.4.1.6 Instalaciones sanitarias pobremente mantenidas.
- 3.4.1.7 Depósito irregular de desechos.

3.4.2 En su extracción por:

- 3.4.2.1 Contaminación de pozos.
- 3.4.2.2 Desprotección de ríos y lagos.
- 3.4.2.3 Uso inadecuado de presas.

3.4.3 En un centro de distribución por el uso inadecuado de agentes potabilizadores o productos químicos.

3.4.4 En su conducción por:

- 3.4.4.1 Diseño inadecuado o mantenimiento insuficiente.
- 3.4.4.2 Cercanía de drenaje sanitario.
- 3.4.4.3 Cercanía de depósito de desechos.
- 3.4.4.4 Proximidad de alguna tubería industrial.
- 3.4.4.5 Envejecimiento o inutilización de la red.

3.4.5 En su destino final por:

- 3.4.5.1 Falta de mantenimiento y limpieza de almacenamiento.
- 3.4.5.2 Lugares de almacenamiento contaminados.

### **3.5 Exposición Humana a Contaminantes en el Agua**

El proceso inicia cuando algún agente o producto contaminante tiene contacto y se mezcla con el agua, la exposición humana puede llevarse a cabo por medio de cualesquiera de las siguientes rutas:

**3.5.1 Inhalación:** al evaporarse el agua contaminada.

**3.5.2 Contacto directo:** Puede ser por vía cutánea (dérmica) o por ingestión directa.

Dependiendo de las dosis, ésta llega a un órgano primario, el cual genera defensas ante este agente externo (órgano blanco), creando así inmunología y toxicología, por lo que existe un eventual daño posible.

### **3.6 Agentes de Exposición**

El agua al ser un elemento de salud básico, es un excelente medio de transporte para los agentes contaminantes, los cuales son de tres tipos principalmente:

**3.6.1 Microbiológicos.** En este grupo se encuentran clasificados los virus (hepatitis), bacterias (lifoidea) y parásitos, tales como protozoarios (giardia) y helmintos (ascarris).

**3.6.2 Físicos.** Son todos los elementos sólidos que rodean el medio ambiente (tierra), incluidos los elementos radioactivos de desechos industriales.

**3.6.3 Químicos.** Son todos los metales (plomo, arsénico) que están en la clasificación de los inorgánicos, y los agentes orgánicos tales como los hidrocarburos (benceno, PCB's) y de cualquier otro tipo (plagidas, compuestos clorados).

### **3.7 Clasificación de Sustancias Contaminantes Tóxicas**

Esta clasificación es de aquellas sustancias que poseen un peligro inmediato para la vida y la salud, por lo que se tiene un control del desecho de aguas de las industrias que manejan este tipo de elementos en sus procesos normales de producción. La categoría de estas sustancias esta dada por su uso primario o su efecto en la salud.

**3.7.1 Ácidos. Reactivos, corrosivos.** Al contacto producen quemaduras en la piel, ojos, vías nasales.

**3.7.2 Cianuros.** Evitan la absorción del oxígeno en el cuerpo, algunos son únicamente tóxicos. Estos son empleados para la fabricación de plásticos y para la extracción de metales de películas fotográficas o minerales, algunos productos al ser terminados pierden su toxicidad.

**3.7.3 Gases industriales.** Se emplean principalmente para la obtención de productos químicos. Estos por su estado físico, tienden a dispersarse fácilmente fuera de la planta cuando son adecuadamente guiados por un escape.

**3.7.4 Productos farmacéuticos.** En pequeñas dosis son designados para atacar ciertos organismos bacteriológicos. En dosis mayores son altamente tóxicos.

**3.7.5 Intermediarios químicos.** Productos de sustancias químicas básicas, usados para producir compuestos químicos comerciales más complejos, y la mayoría de las veces, éstos son más tóxicos que el producto final elaborado.

**3.7.6 Plaguicidas.** En dosis pequeñas se emplean para atacar a organismos específicos, en dosis mayores son nocivos al humano.

**3.7.7 Compuestos plastificantes.** Estas son pequeñas moléculas de mayor peligro que los productos terminados, y éstos se polimerizan para formar plásticos estables o hules sintéticos. La mayoría de estos compuestos son cianuros.

**3.7.8 Metales y compuestos.** Presentan una amplia gama de usos, tales como sustancias fotoquímicas, plaguicidas, aditivos de gasolina, etc. Típicamente interfieren con las enzimas humanas, inhibiendo el metabolismo de alimentos y otras sustancias.

**3.7.9 Solventes.** Se emplean en pinturas y productos de limpieza. Causan daños al hígado y el sistema nervioso principalmente.

**3.7.10 Saborizantes y aromas.** Usados en la manufactura y proceso de compuestos o alimentos de consumo humano, tales como la medicina. En pequeñas dosis no presentan problemas tóxicos.

**3.7.11 Catalizadores y reactivos.** Empleados para acelerar o llevar a cabo reacciones químicas.

**3.7.12 Misceláneos.** En esta clasificación entran aquellas sustancias químicas de las cuales no tienen un uso final determinado, normalmente las usadas para la investigación o un uso particular dado.

### **3.8 Muestreo**

Es el proceso que consiste en la toma de una cantidad aleatoria ya establecida proveniente de un conjunto total, ésta es representativa de las condiciones físicas y químicas que guarda el sistema que se pretende evaluar.

Es de suma importancia el control de las características fisicoquímicas y bacteriológicas que se tiene en el abastecimiento del agua, con el fin de garantizar su consumo humano. Para alcanzarlo se han estructurado actividades tales como la vigilancia de la calidad del agua, desarrollo de tecnología e investigación analítica, el control de calidad de agua e inspección sanitaria.

Estas actividades en la vigilancia de la calidad del agua comprenden la inspección sanitaria de instalaciones hidráulicas en pozos, lanques, rebombeos, plantas de tratamiento de aguas residuales, potabilizadoras, etc., así como la toma de muestras, según los sitios del Programa de Monitoreo establecido, análisis físico, químico y bacteriológico de campo y laboratorio, la evaluación de los resultados analíticos del sistema de abastecimiento de agua, la emisión de reportes, verificación de acciones y la emisión de los reportes finales de la calidad del agua, con una frecuencia de diaria, semanal, mensual, semestral y/o anual.

Las metodologías para análisis que se practican en el sitio de muestreo, son comúnmente de PH, temperatura, cloro residual libre y total entre otros.

**3.8.1 Tipos de Muestras:** Las muestras se clasifican de diversas formas; en individuales, compuestas, o colectadas para algún análisis determinado. Su descripción específica sería como sigue a continuación:

a) **Individuales.** Consisten en que son tomadas una sola vez y en un solo sitio por muestra, por lo que son representativas del volumen o masa de agua de la que proceden únicamente en el momento de la toma. Para que este tipo de muestra pueda considerarse representativo deben considerar los factores de homogeneidad del cuerpo de agua, número de lugares muestreados, volumen colectado de la muestra y método de muestreo. También se les identifica como muestras "instantáneas".

b) **Compuestas.** Consisten en la mezcla de varias muestras individuales colectadas en diferentes sitios del cuerpo de agua que se trate (presas, lagos, ríos, etc.) o en un solo sitio con intervalos de tiempo definidos previamente (tomas domiciliarias, pozos, etc.); estos tipos de muestra pueden ser "integradas", si se mezclan volúmenes proporcionales al gaslo medido en el momento del muestreo, o "iguales" si se trata de muestras compuestas con respecto al tiempo.

El procedimiento de muestras compuestas no es aplicable cuando se colectan para análisis bacteriológico, grasas y aceites, gases disueltos, cloro residual, sulfatos solubles, temperatura y PH.

**3.8.2 Control de Muestras:** El control de muestras que se debe efectuar en cualquier laboratorio, da inicio al originarse las órdenes de muestreo y análisis de campo, las cuales normalmente son emitidas en forma semiautomática por un sistema de cómputo dado que deber contener un archivo de datos, de una plaza en particular.

Los sitios de visita para su monitoreo son 3 principalmente:

a) **Sitios aleatorios.** En estos sitios se contemplan los cruceros existentes dentro de una urbe metropolitana, conociéndose como crucero, la confluencia de dos o más calles o avenidas, tomándose la muestra en la llave de entrada de cualquier casa de las cuatro esquinas consideradas en el crucero.

b) **Sitios fijos.** Son todos los elementos que forman parte del sistema hidráulico de abastecimiento de agua potable tales como pozos, tanques, rebombeo, entradas de agua en bloque, plantas potabilizadoras, de tratamiento de aguas residuales, etc.

c) **Sitios de vigilancia especial.** Estos tienen una característica diferente, dada por su situación irregular o por deficiencias temporales en la calidad del agua, pudiendo ser en los sitios fijos y/o en los sitios aleatorios en el que se hayan observado deficiencias o bien a solicitud de los usuarios o los responsables de tomar una decisión.

**3.8.3 Muestras Colectadas:** Las muestras colectadas, conforme los análisis que le serán practicados, se clasifican:

- a) Muestras para análisis físicos y químicos.
- b) Muestras para análisis bacteriológicos.
- c) Muestras para análisis de metales.
- d) Muestras para análisis de compuestos orgánicos.
- e) Muestras para análisis de extractables en medio ácido y medio alcalino.
- f) Muestras para análisis de plagicidas organo-clorados.
- g) Muestras para análisis de carbón orgánico total.
- h) Muestras para análisis de compuestos volátiles.
- i) Muestras para análisis de grasas y aceites.
- j) Muestras para análisis biológicos.
- k) Muestras para análisis específicos.
- l) Muestras para análisis de olor.
- m) Muestras para análisis de sabor.
- n) Muestras para análisis de oxígeno disuelto.
- o) Muestras para análisis radiactivos.
- p) Muestras para análisis de asbestos.
- q) Muestras para análisis del índice de saturación.
- r) Muestras para análisis de quistes y huevecillos.

**3.8.4 Recipientes, Volumen de Muestreo y Preservación de las Muestras:** Para el tipo final de análisis a efectuar de la muestra, dependerá el tipo de recipiente y el volumen a coleccionar, éstos se encuentran dentro de las siguientes categorías:

- a) Muestras para análisis físicos y químicos. Los recipientes en los que se realiza el muestreo deben estar perfectamente limpios, además de ser enjuagados en campo de dos a tres veces, con el agua a coleccionar, el volumen variará de 1 a 4 litros según

el tipo de análisis a efectuar y serán generalmente colectadas en garrafones de polietileno de boca angosta y tapón roscado, requerido para su preservación en campo, con hieleras en las que se introducirán los garrafones, manteniendo la temperatura baja hasta dar inicio el análisis que se practicará, no se agregarán preservativos a la muestra colectada a fin de evitar interferencias en el análisis de algunos parámetros.

b) Muestras para análisis bacteriológicos. Este muestreo se realizará en frascos de vidrio de boca ancha con tapón esmerilado de 125 ml. de capacidad, previamente esterilizado. Se lavan con detergente líquido libre de fosfatos enjuagando repetitivamente con agua potable, hasta quedar libre de detergente, efectuando por último otro enjuague con agua destilada, para dejar escurrir y al secar, se agrega solución de tiosulfato de sodio al 1% a razón de 0.1 mg. de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  por cada 100 ml. de muestra.

Posteriormente, se cubre la tapa del frasco con papel aluminio, de tal forma que abarque también el cuello del frasco y finalmente, los recipientes se esterilizarán en un horno a  $170^\circ\text{C}$  mínimo por espacio de 2 horas. Con fines de control de calidad, al menos uno de los frascos esterilizados de cada lote, se analizará para comprobar su esterilidad, y todos deberán ser inspeccionados por el muestreador al recibirlos, comprobando que no presenten fracturas. Es conveniente que los muestreadores lleven a campo algunos frascos extras como medida de precaución. La toma de esta muestra requiere de especial atención debido a la facilidad con que se contamina, por lo que siempre deberán seguirse las instrucciones dadas para cada caso en específico. El volumen para la muestra de análisis bacteriológico será de aproximadamente de 100 ml. en frascos de 125 ml. (3/4 de la botella). En caso de frascos de diferente volumen, la cantidad a tomar será la que permita un espacio libre de 2.5 cm. entre nivel de líquido y la tapa, con el objeto de facilitar la homogeneización de la muestra antes del análisis.

c) Muestras para análisis de metales. Las muestras para el análisis de metales serán tomadas en recipientes de polietileno, con tapa roscada también de polietileno. Los recipientes estarán previamente lavados con detergente para material de laboratorio y enjuagados con agua destilada, además de ser enjuagados en campo de dos a tres veces con el agua a colectar. El volumen de muestra para este análisis será normalmente de 1 litro independientemente del tipo de análisis a efectuar. La preservación que requiere este tipo de muestra en campo es exclusivamente mantener la temperatura baja, mediante hieleras, al llegar al laboratorio y ser entregada al área de Absorción Atómica será acidulada con Acido Nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) concentrado a razón de 0.5 ml. por litro de muestra, con el objeto de mantener los iones en solución y hacer más duradera la muestra para el análisis (7 días).

d) Muestras para análisis de compuestos orgánicos. Este se encuentra integrado en el proceso donde se analizan 195 parámetros, de los cuales el 50.8% (99 parámetros) pertenecen a este grupo. Dada la variedad de compuestos orgánicos y técnicas analíticas, se ha considerado tomar en cuatro partes el muestreo para este análisis, utilizando cinco recipientes de vidrio con diferentes volúmenes, preservación y técnicas de muestreo.

e) Muestras para análisis de extractables en medio ácido y medio alcalino. Estas muestras deberán tomarse en recipientes de vidrio de boca ancha y con tapa roscada de teflón, con capacidad de 1 litro como mínimo, manteniendo en campo la temperatura de 4°C entre la toma y traslado de la muestra como medio de preservación.

f) Muestras para análisis de plaguicidas organo-clorados. Este tipo de muestras deberán tomarse en frascos de vidrio de boca angosta y con tapa de teflón con capacidad de 2 litros, preservándola a 4°C en campo durante su levantamiento y traslado. Antes de tomar la muestra es recomendable enjuagar con agua a colectar una sola vez el frasco de vidrio.

g) Muestras para análisis de carbón orgánico total. Estas muestras se deberán tomar en frascos de vidrio color ámbar preferentemente, de boca ancha y tapón esmerilado, con capacidad en volumen de 250 ml., preservar a 4°C en campo y en hieleras durante su levantamiento y traslado.

h) Muestras para análisis de compuestos volátiles. Para estos compuestos se requiere de dos tubos de vidrio, con capacidad de volumen de 25 ml. cada uno con tapón de teflón y empaque tipo septum. La preservación de estas muestras se hará en el laboratorio antes del muestreo y exclusivamente a uno de los tubos, agregando solución de tiosulfato de sodio al 1% a razón de 0.05 mg. por 25 ml., el otro tubo se llevar limpio. Ambos tubos y en campo, serán preservados a 4°C durante su levantamiento y traslado, teniendo cuidado en su manejo para evitar la confusión de tubos, así como para su monitoreo, efectuando éste siempre con un flujo de líquido al interior del tubo muy lento o bajo la superficie, evitando la agitación, burbujeo y derrame de la muestra (lleno completamente).

El material a usar para este análisis deberá estar, previo a su utilización para el muestreo, completamente limpio para garantizar la confiabilidad de los resultados analíticos.

i) Muestras para análisis de grasas y aceites. Para este muestreo se utilizan frascos de vidrio de boca ancha esmerilada o roscada, con tapa de baquelita o de plástico, fácilmente lavable, que no retenga grasas, ni se altere con los ácidos y solventes. El frasco a utilizar para este muestreo ser de capacidad de 1 litro como mínimo, variando el volumen. En los casos en donde el contenido de grasas y aceites sea notoriamente alto, siempre se colecta el mayor volumen de muestra posible hasta casi llenar el recipiente, dejando libre aproximadamente 2 cm. del nivel líquido a la tapa con el objeto de facilitar la homogeneización de la muestra antes del análisis, teniendo la precaución de evitar derramamientos del líquido, ya que por su carácter

flotante, las grasas y aceites se podrán perder en la porción derramada. Esta muestra es únicamente para la determinación de grasas y aceites, debe muestrearse una sola vez y tomar el volumen completo para el análisis, no debe subdividirse, ni tomar porciones para el análisis, ya sea de grasas y aceites o algún otro análisis. La preservación de esta muestra se efectúa en campo, o laboratorio después de colectada la muestra (no enjuagar el frasco), se agregan 10 ml. de ácido clorhídrico concentrado por litro de muestra y se tapa refrigerándose entre el levantamiento y traslado a 4°C.

j) Muestras para análisis biológicos. En los 196 parámetros que se efectúan en el laboratorio se encuentran los Biológicos, que en alguna ocasión se consideraron como análisis especiales, pero posteriormente se integraron al muestreo rutinario, efectuando exclusivamente la detección de virus y compuestos mutagénicos en agua potable.

Los recipientes utilizados par el monitoreo de compuestos mutagénicos en agua potable se deberá realizar en garrafones de polietileno con capacidad de 25 litros y tapón roscado. El volumen de la muestra para la realización del análisis de compuestos mutagénicos (con los sistemas bacterianos de *Salmonella typhimurium* y *Bacillus subtilis*) es tan solo de 20 litros.

Durante el levantamiento y traslado, esta muestra no requiere de ningún tipo de preservador (análisis inmediato a la llegada de campo). Se recomienda al muestreador que se asegure desde el laboratorio que el recipiente esté completamente limpio, acción que efectúa el laboratorista con detergente y agua corriente y enjuagar por lo menos 3 veces, y por último 3 enjuagues más con agua destilada o desionizada exenta de compuestos orgánicos y tóxicos, todo esto con el fin de evitar cualquier tipo de interferencias en los resultados. Además de los enjuagues del recipiente en laboratorio, se recomienda realizar de 2 a 3 m /s en campo, con el agua a colectar.

Para el monitoreo de virus en agua potable se deberán utilizar garrafones de plástico con capacidad de 20 litros. El volumen de la muestra para su posterior análisis es de 100 litros.

Si las muestras de agua potable son tomadas después del proceso de cloración se deben agregar 80 ml. de tiosulfato de sodio.

Los garrafones son trasladados en frío (aproximadamente a 4°C) al área de virología del laboratorio central de control, éstos son desinfectados previamente con hipoclorito de sodio concentrado con un tiempo de contacto de 5 minutos, posteriormente deberán ser enjuagados con agua corriente de la llave hasta quitar el exceso de hipocloritos, y finalmente se lava con agua destilada o desionizada.

Igual que para los compuestos mutagénicos es necesario que el muestreador enjuague los garrafones 3 veces máximo con el agua a muestrear.

Para agua potable, como se describe, la muestra deberá ser de 100 litros, para agua residual será de 20 litros, para agua renovada de 50 litros y para agua de lixiviados la muestra será de 1 litro.

k) Muestras para análisis específicos. El monitoreo para el análisis de parámetros específicos tales como sabor, olor, índice de saturación, oxígeno disuelto, asbestos, análisis radiactivos y quistes y huevecillos, no es rutinario en el laboratorio, salvo situaciones de emergencia y en algunos casos específicos donde se tengan que tomar decisiones con análisis de campo.

l) Muestras para análisis de olor. Debe de colectarse en frascos de vidrio con tapón esmerilado o de teflón con cierre hermético. El volumen a colectar es de 1 litro como mínimo.

m) Muestras para análisis de sabor. Debe de colectarse en frascos de vidrio con tapón esmerilado o de teflón con cierre hermético. El volumen a coleccionar es de 1 litro como mínimo.

n) Muestras para análisis oxígeno disuelto. Este parámetro se recomienda sea efectuado en campo, en el caso de no ser posible, se fija el oxígeno disuelto, siguiendo el procedimiento indicado en los manuales autorizados para esto, y transportar al laboratorio para su determinación.

o) Muestras para análisis radiactivos. Se lleva a cabo en recipientes de plástico o de vidrio de boca ancha y tapa roscada (solo en el caso de contaminación elevada), generalmente, las concentraciones de radiactividad son bajas, por lo que se deberán considerar siempre pérdidas por absorción, así como depósitos de radiactividad en los recipientes de muestreo. El volumen de la muestra varia desde 1 a 10 litros dependiendo de los requisitos del análisis. El recipiente de muestreo ser llenado completamente con la muestra colectada, sin necesidad de preservación en campo.

p) Muestras para análisis de asbestos. Este debe tomarse en recipientes de polietileno o de vidrio, de boca ancha preferentemente, con tapa roscada y con capacidad en volumen de 1 litro, llenando el recipiente de muestreo al coleccionar la muestra. No requiere de preservación entre el levantamiento y traslado.

q) Muestras para análisis del índice de saturación. Esta muestra para el análisis del índice de saturación debe tomarse en recipiente de polietileno de boca angosta, con tapón roscado con capacidad de 1 litro. No requiere de preservación entre el levantamiento y traslado. Los parámetros a analizar para el cálculo del índice de saturación ser alcalinidad total, dureza, calcio, PH, sólidos disueltos totales y la temperatura, este último parámetro se recomienda efectuar en campo.

r) Muestras para análisis de quistes y huevecillos. La recolección de estas muestras se deberá efectuar en garrafones de polietileno de boca ancha, tapa roscada y con capacidad de 10 litros como mínimo, no requiere de preservación durante el traslado.

### **3.9 Reuso del Agua**

El objetivo de una planta de tratamiento de aguas residuales es tratar el agua ya empleada anteriormente, de primer uso municipal o bien residual, para eliminar los agentes contaminantes con el fin de que esta agua pueda ser nuevamente empleada para los requerimientos en donde no se exija una alta calidad de pureza del agua obtenida en este tipo de procesos.(VER TABLA ANEXA DE CRITERIOS DE CALIDAD)

**Criterios Ecológicos de Calidad del Agua**  
Niveles Máximos en mg / l

Sustancia	En fuente de abastecimiento de agua	Reactivo con contacto primario	Riego Agrícola	Pecuario	Agua Potable	Agua Marina
Adanafeno	0.02				0.02	0.01
Ácido 2,4 diclorofenoxiacético	0.1					
Acrolitrilo	0.0006				0.07	
Acrolenia	0.3		0.1		0.0007	0.0005
Alcalinidad	400.0					
Aldrin	0.00003	0.00005	0.02		0.003	0.001
Aluminio	0.02		5.0	5.0	0.05	0.2
Antimonio	0.1		0.1		0.09	
Arsénico	0.05		0.1	0.2	0.2	0.04
Bario	1.0				0.01	0.5
Benceno	0.01				0.05	0.005
Bencidina	0.00001				0.02	
Berilio	0.00007			0.1	0.001	
Bifenilios polioclorados						
	0.0000008				0.00001	0.00003
BHC					0.001	0.000003
BHC (Lindano)	0.003				0.002	0.0002
BIS (2-Cloroetil) Eter	0.0003					
BIS (2-Cloroiso propil)	0.03					
BIS (2-Etilhexil)	32.0					
Bromofanil-fenil-eter					0.1	
Boro	1.0		0.7	5.0		4.008
Bromoforno	0.002					
Bromuro de metilo	0.002					
Cadmio	0.01		0.01	0.02		4.009
Carbono Orgánico: -Extractable en alcohol -Extractable en cloroformo	1.5 3.0					
Cianuro	0.2	0.02	0.02		0.005	0.001
Clorbeno (mezcla tónica de metabolismos)						
	0.003	0.00002	0.003		0.002	0.00009
Cloro residual			0.011	0.0075		
Cloro benceno	0.02					
2 Cloro etil vinil eter					0.5	
2 Clorofenol	0.03				0.04	0.1
Cloroformo	0.03				0.3	
Cloronaftalenos					0.02	0.00007
Cloruros	250.0		147.5		250.0	
Cloruro de metileno	0.002					
Cloruro de metilo	0.002					
Cloruro de vinilo	0.02					
Cobre	1.0		0.2		0.5	0.007
Sust. fecales	1000		1000			

## **CAPITULO 4**

### **DESCRIPCIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

#### **4.1 Tipos de Tratamiento**

Para los fines de este trabajo, el tratamiento de aguas residuales se ha definido como el conjunto de procesos físicos, químicos y biológicos a los que se somete el agua para mejorar su calidad.

Para tal efecto se consideran diferentes factores que sirven para elegir el tipo y grado de tratamiento de las aguas residuales, estos factores son principalmente:

- a) La calidad del agua residual influente, también llamada agua cruda.
- b) La calidad requerida en el agua tratada para lograr un recuso determinado.

Dependiendo de estos factores, para el tratamiento del agua residual se tendrán que considerar los siguientes tipos de tratamientos:

- TRATAMIENTO PRELIMINAR O PARE-TRATAMIENTO
- TRATAMIENTO PRIMARIO
- TRATAMIENTO SECUNDARIO
- TRATAMIENTO TERCARIO O AVANZADO
- TRATAMIENTO DE LODOS RESIDUALES

## **4.2 Tratamiento Preliminar o Pare-Tratamiento**

El objetivo de esta operación del tratamiento es separar del agua cruda los sólidos flotantes y otros sólidos gruesos reduciendo la carga sobre las demás unidades del proceso y los problemas que estos sólidos, como la arena, puedan causar sobre algunos de los equipos móviles, tales como bombas.

Son varias las operaciones que intervienen en el tratamiento preliminar y su descripción es como sigue:

**4.2.1 Criado:** Con esta operación se retienen los sólidos mayores en cribas o rejillas. Existen dos tipos por su modo de limpieza : manuales y mecánicas, cuyas formas son diferentes y variadas, encontrándose las de disco, banda, lamina perforada o parrilla.

La mayor parte del material retenido es de fácil descomposición por lo que no se puede retener por tiempo prolongado dentro de la planta. lo mas práctico es eliminarlo o incinerarlo

**4.2.2 Desarenado:** Los tanques de sarenadores están diseñados para eliminar la arena, aqui el término arena incluye además, cascara de huevo, pedazos de hueso, semillas, residuos de café molido, etc., cuya gravedad especifica es mayor que las de las partículas orgánicas putrescibles presentes en las aguas residuales. La necesidad de eliminar estos materiales radica en :

a) Proteger el equipo mecánico.

b) Prevenir el taponamiento de tuberías y reducir el acumulamiento de estos materiales en los canales.

c) Prevenir el efecto de cementación en el fondo de los tanques digestores y de tratamiento primario.

d) Reducir el efecto de acumulación en los tanques de aeración y en los digestores de lodos.

Normalmente estas unidades se localizan antes del bombeo de las aguas residuales crudas, sin embargo, en algunas ocasiones los colectores de llegada se encuentran a tal profundidad que resulta imposible y poco económico la instalación de los desarenadores antes del bombeo.

Existen tres tipos de desarenadores típicos :

1.- DE FLUJO HORIZONTAL O VELOCIDAD CONTROLADA

2.- DESARENADORES AEREADOS

3.- TANQUES DE SECCION CUADRADA O TANQUES DE DETRITUS

En los desarenadores del tipo horizontal, el caudal pasa a través del tanque en dirección horizontal y la velocidad del flujo es controlada por las mismas dimensiones de la unidad o mediante el uso de vertedores de sección especial al final del tanque.

Los desarenadores aereados consisten en tanques sujetos a una aereación de tipo flujo en espiral donde la velocidad se controla mediante sus dimensiones, así como por la cantidad de aire suministrada a esa unidad.

Los desarenadores de tipo tanque de detritus son simplemente tanques de sedimentación en los cuales la arena y los sólidos orgánicos se separan posteriormente por medios mecánicos.

**4.2.3 Flotacion:** No es común encontrar depuradores que cuenten con una instalación exclusiva para este fin, sino que se encuentran junto con los desarenadores antes descritos, esto se debe principalmente a que se logran separaciones mayores de grasa en los posteriores tanques de sedimentación.

El principio en que se basa la separación de grasas es que al producirse un descenso considerable en la velocidad del agua residual, el material con menor peso específico trata de flotar. Así, mientras más grande sean las partículas del material, por el principio de Arquímedes, mejores son los resultados de la separación.

Si los periodos de retención son suficientemente prolongados, la aplicación de aire no es necesaria, ya que así se da tiempo suficiente a las gotas de grasa para que alcancen la superficie, de donde pueden ser recogidas y en caso contrario, se recomienda la inyección de aire.

Cuando las grasas son de origen orgánico pueden llevarse a digestores de lodos para la producción de gases, pero si son minerales es recomendable quemarlas.

**4.2.4 Homogenización:** Como se puede suponer, a diferentes horas del día, el caudal y la concentración del agua residual varían considerablemente, haciendo difícil el tratamiento en la planta, por lo que es necesaria alguna forma de control que puede resolverse con tanques de homogenización e igualación.

En las plantas de tratamiento de aguas residuales de los municipios en el país, no se encuentran instalaciones de este tipo, pero es conveniente mencionarlas como parte de la tecnología existente.

### **4.3 Tratamiento Primario**

Este es el siguiente paso después del pretratamiento, por lo general en todas las plantas de tratamiento.

En estas unidades se separa o elimina un importante porcentaje del contenido de sólidos suspendidos presentes en el agua residual, el cual oscila entre el 40 y 60 por ciento, adicionalmente se remueven en esta fase natas, material flotante y grasas o aceites.

Lo anterior se logra mediante un simple proceso físico de asentamiento o sedimentación, aquí la actividad biológica es casi nula. El propósito fundamental de los dispositivos para el tratamiento primario consiste en disminuir suficientemente la velocidad del agua, regularmente a 1 o 2 cms/seg., permitiendo así que todos los sólidos en suspensión se depositen en el fondo de los tanques.

Mediante un sistema de rastras en el fondo son removidos los sólidos depositados, así como los materiales flotantes en su parte superior. Estos materiales son extraídos en forma intermitente a intervalos frecuentes, los cuales son determinados en base a

- a) VOLUMEN DE DESCARGA
- b) CANTIDAD DE SÓLIDOS PRESENTES EN EL AGUA RESIDUAL
- c) CAPACIDAD DE LAS TOLVAS RECOLECTORAS DE SÓLIDOS  
( TAMBIEN LLAMADOS LODOS CRUDOS O PRIMARIOS)

Cuando se eliminan sólidos sedimentables y sólidos en suspensión, es muy probable que una buena cantidad de éstos contengan materia orgánica, por lo que al retenerlos se eliminará también algún porcentaje de DBO(demanda biológica de oxígeno). Esta eficiencia de remoción en un sedimentador primario oscila entre un 15 y un 35 por ciento, dependiendo del tipo de agua residual que se este recibiendo.

Los sedimentadores en general, primarios o secundarios, tienen regularmente dos configuraciones :

a) **SEDIMENTADORES RECTANGULARES**, más frecuentemente utilizados en sedimentación primaria.

b) **SEDIMENTADORES CIRCULARES**. Normalmente utilizados para sedimentación secundaria.

Los sedimentadores primarios, sin importar su configuración, deben estar equipados con sistemas de rastras que acarrear los sólidos hasta las tolvas donde se depositan para ser extraídos: a esta extracción de lodos se le denomina PURGA DE LODOS.

También este tipo de sedimentadores están equipados con un sistema de desnatadores, los cuales acarrear los sólidos flotantes, espuma, natas, grasas y aceites hasta algún sistema de recepción para su remoción mecánica o manual.

En un sedimentador rectangular, a lo largo y ancho de sus dimensiones, las rastras se hacen pasar lentamente rozando el fondo del tanque, empujando los sólidos sedimentados hasta una tolva de lodos localizada en el extremo de entrada del agua; por otro lado, se cuenta con un mecanismo parcialmente sumergido que sirve para empujar los sólidos flotantes a un colector de natas localizado en el extremo de la salida del tanque.

Los tanques circulares tienen una armadura horizontal fija a un eje central fijo impulsado por un motor. El fondo de los tanques está inclinado hacia el centro y las rastras empujan los sólidos sedimentados hacia la tolva de lodos que hay en el centro.

Las armaduras desnatadoras están sujetas a la flecha central en la superficie, para recolectar los sólidos flotantes y natas hacia un depósito receptor.

4.3.1. Tiempos de Retención y Carga Superficial: Los sedimentadores primarios normalmente se diseñan para que puedan mantener el agua residual durante un tiempo de retención hidráulico de entre 1.5 y 3 horas.

Para calcular el tiempo de retención hidráulico de un sedimentador se necesita conocer:

a) VOLUMEN DEL SEDIMENTADOR

b) GASTO DE AGUA RESIDUAL

por ejemplo, si se tiene un tanque con un volúmen de 3000 m<sup>3</sup> y un gasto de 0.5 m<sup>3</sup>/seg (500 lts/seg), el tiempo de retención sera:  $t_r = 3000/0.5 = 6000 \text{ seg} = 3600 \text{ seg/h} = 1.66 \text{ horas}$ .

Otro parámetro importante en el diseño de sedimentadores primarios es la carga hidráulica superficial, que es la cantidad de flujo que acepta por unidad de superficie y cuyo valor debe oscilar entre 32 y 48 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/día; por ejemplo, si el gasto de agua residual  $Q=0.5 \text{ m}^3/\text{seg}$  (500 lts/seg), en un día se tiene un gasto de:

$$Q_{\text{dia}} = 0.5 \text{ m}^3/\text{seg} \times 86400 \text{ seg/día} = 43200 \text{ m}^3/\text{día}$$

Si se desea calcular la carga superficial con la que está operando un tanque de dimensiones conocidas, esto se hace de la siguiente manera; suponiendo un tanque de 20 X 54 mts.:

$$\text{AREA SUPERFICIAL} = 1080 \text{ m}^2$$

$$\text{CARGA SUPERFICIAL} = C_s = 43200 \text{ m}^3/\text{dia} / 1080 \text{ m}^2$$

$$C_s = 40 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-dia.}$$

Por lo contrario si se desea diseñar un tanque de sedimentación, se debe seleccionar la carga superficial, cuyo valor debe oscilar entre los valores recomendados, o sea 32 y 48 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/dia. Por lo tanto, si se tiene un gasto conocido de Q = 0.5 m<sup>3</sup>/seg, la carga superficial sería:

$$C_s = 48 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{dia}$$

y el área superficial de:

$$(43200 \text{ m}^3/\text{dia})/48 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{dia}$$

el gasto Q en m<sup>3</sup>/dia sería = 900 m<sup>2</sup>.

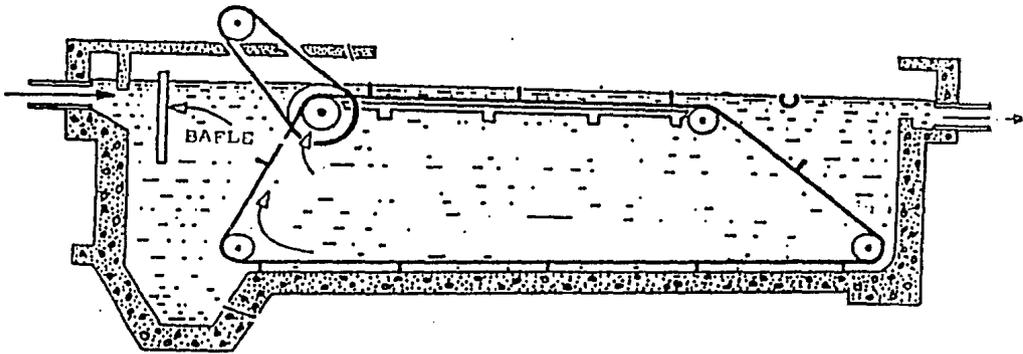
**4.3.2. Profundidad de los Tanques:** La profundidad de los tanques de sedimentación no influye en el diseño de los mismos para la separación de los sólidos, sin embargo debe procurarse una altura suficiente para almacenar los lodos, además de prevenir una altura suficiente que promueva una velocidad lenta de agua para evitar el levantamiento de sólidos por la misma velocidad del agua.

Un sedimentador operando adecuadamente debe presentar la siguiente eficiencia de remoción de contaminantes:

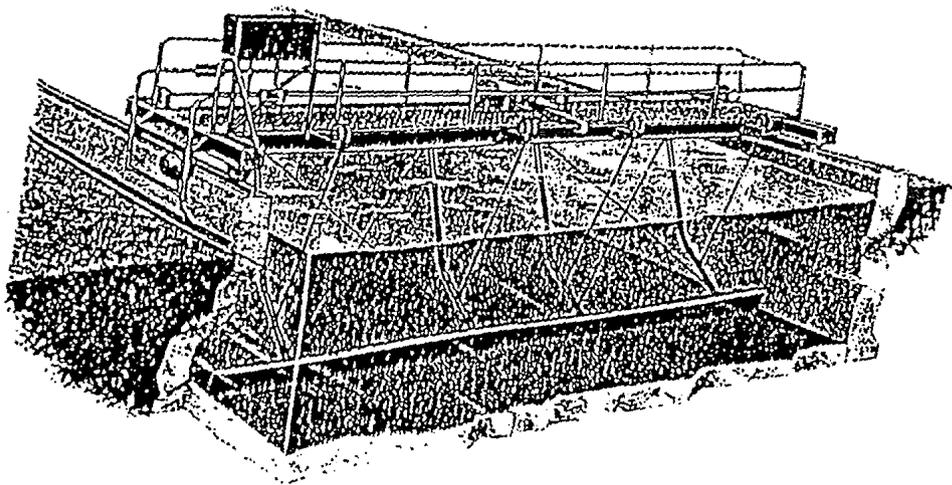
SOLIDOS SEDIMENTABLES:	95 - 99 %
SOLIDOS SUSPENDIDOS:	40 - 60 %
SOLIDOS TOTALES:	10 - 20 %
DBO:	20 - 35 %

En las figuras 4.3.2.1, 4.3.2.2. y 4.3.2.3. se muestran los tipos de sedimentadores rectangulares y circulares existentes comercialmente.

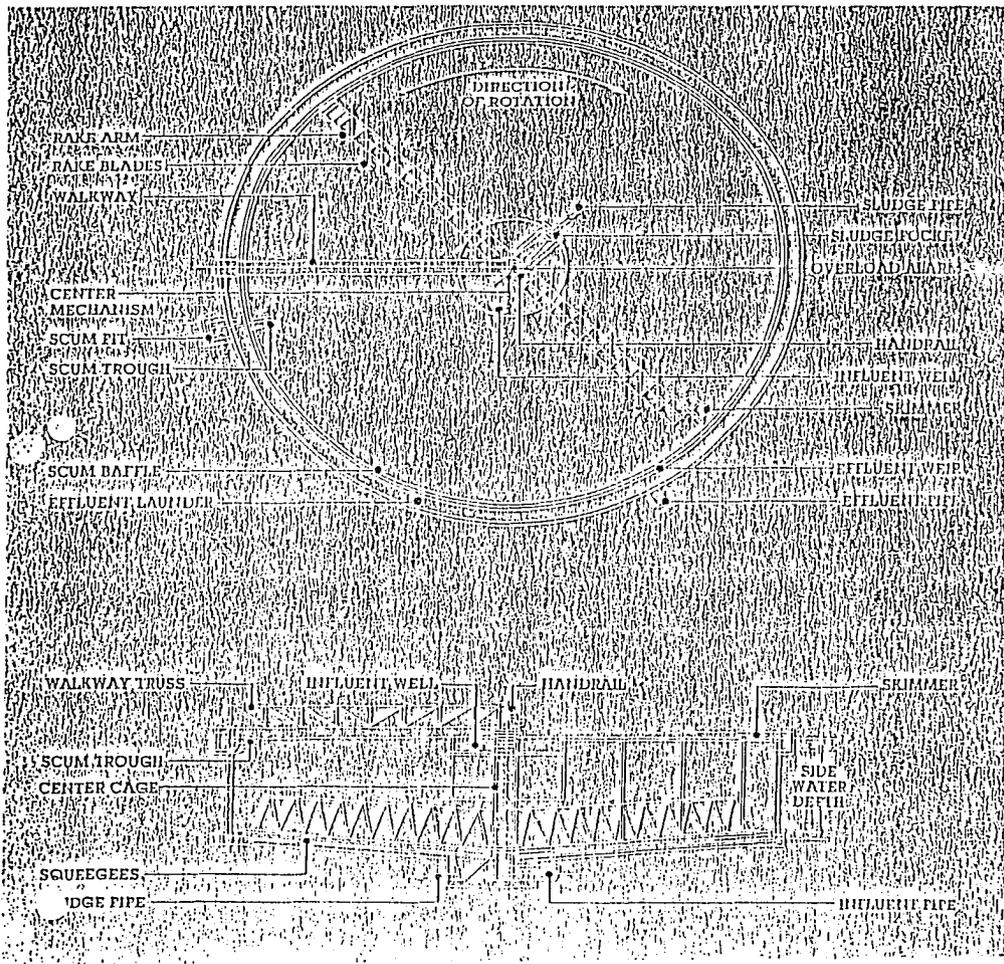
(FIGURA 4.3.2.1.)



(FIGURA 4.3.2.2.)



(FIGURA 4.3.2.3.)



#### 4.4 Tratamiento Secundario

Los procesos de tratamiento biológico o secundario son esencialmente procesos bioquímicos, en los que los microorganismos utilizan la materia orgánica y los nutrientes biológicos contenidos en los desechos. Se puede decir que la finalidad de esta fase del tratamiento es buscar reducir el contenido orgánico del agua residual, obteniéndose como resultado un material sólido estabilizado que no causara problemas al ambiente en el momento de desecharse y, además agua de calidad mejorada para los usos futuros que se tengan previstos.

Los organismos llevan a cabo sus funciones en dos diferentes formas; digestión aeróbica y digestión anaeróbica. En el primero de ellos es necesaria la presencia de oxígeno disuelto para que pueda ser utilizado por las bacterias durante el proceso.

En la segunda forma, la estabilización se consigue en ausencia de oxígeno disuelto, obteniéndose la energía necesaria para las funciones celulares de la reducción de la materia orgánica presente.

Existen diversos tipos de tratamiento debido a la movilidad que presentan los microorganismos en la masa de agua. Entre los procesos más conocidos se encuentran:

- a) AEROBICOS:
  - Lodos activados
  - Lagunas aereadas
  - Filtros rociadores
  - Biodiscos
  - Lagunas aerobicas y facultativas
  - Zanjas de oxidación

- b) ANAEROBICOS: Tratamiento por contacto anaeróbico  
 Filtro anaeróbico  
 Lagunas anaeróbicas  
 Tanques Imhoff  
 Tanques sépticos

En la siguiente tabla se aprecian las características principales de los distintos procesos de tratamiento de aguas residuales.

TABLA No. 4.4.1

TIPO DE PLANTA	NIVEL DE TRATAMIENTO	OBJETIVO DEL PROCESO	PROCESOS ANTECEDENTES
Lagunas de Estabilización	Secundario	Remoción de S.S. y DBO y digestor lodos	Ninguno
Laguna Aereada	Secundario	Remoción de DBO	Rejilla desarenador, sed. primario
Zanja de Oxidación	Secundario	Remoción de DBO	Rejilla, desarenador, sed. primario
Filtros Rociadores	Secundario	Remoción de DBO, estabilización de lodos	Rejilla, desarenador, sed. primario
Lodos Activados	Secundario	Remoción de DBO	Rejilla, desarenador, sed. primario

En las graficas Nos. 4.4.2,y 4.4.3 se muestran los costos relativos y la eficiencia del tratamiento de aguas residuales en estos diferentes tipos de procesos.

COSTOS RELATIVOS.

TIPO DE PLANTA	CONSTRUCCION	OPERACION Y MANTENIMIENTO	DIFICULTAD DE OPER. Y MANT.
LAGUNA DE ESTABILIZACION	Bajos	Bajos	Mínima
LAGUNA AEREA	Medios	Medios	Media
ZANJA DE OXIDACION	Medios	Medios	Media
FILTROS ROCIADORES	Altos	Altos	Alta
LODOS ACTIVADOS	Altos	Altos	Alta

(FIGURA 4.4.2.)

EFICIENCIA

TIPO DE PLANTA	Carga orgánica	Periodo de retención	Remoción	
			DBO <sub>5</sub> [%]	SST [%]
LAGUNA DE ESTABILIZACION	22 a 56 kg DBO <sub>5</sub> Ha· día	7 a 30 días	70 a 85	60 a 80
LAGUNA AEREAADA	112 a 224 kg DBO <sub>5</sub> Ha día	3 a 10 días	90 a 95	90 a 95
ZANJA DE OXIDACION	0.1 a 0.5 kg DBO <sub>5</sub> m <sup>3</sup> día	0.5 a 4 días	90 a 98	90 a 95
FILTROS ROCIADORES	0.1 a 1.86 kg DBO <sub>5</sub> m <sup>3</sup> día	variable	65 a 85	80 a 90
LODOS ACTIVADOS	0.32 a 0.64 kg DBO <sub>5</sub> m <sup>3</sup>	4 a 8 hrs	85 a 95	90 a 95

(FIGURA 4.4.3)

**4.4.1 Sedimentadores Secundarios:** Los sedimentadores secundarios, son semejantes como los ya mencionados en los sedimentadores primarios, existen también en las formas circulares y rectangulares, y están configurados con sistemas de rastras mecánicas, las cuales transportan los lodos hasta la tolva de recepción de éstos, en los de tipo rectangular, y en los de tipo circular son de armaduras horizontales fijas sujetas a la flecha fija movida por medio de un motor, en estos tipos de sedimentadores el final del tanque está inclinado hacia el centro en donde serán recogidos los lodos o sólidos.

#### **4.5 Tratamiento Terciario o Avanzado**

La creciente necesidad del agua para los diferentes tipos de consumo ha obligado a la ingeniería sanitaria a buscar formas de tratamiento complementario a la sola reducción de SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (SST) y a la DEMANDA BIOLÓGICA DE OXÍGENO (DBO), que se consigue con el tratamiento secundario. Los novedosos métodos de tratamiento avanzado o terciario permiten lograr de la calidad deseada de los efluentes al reducir las concentraciones de contaminantes tales como los metales pesados, compuestos orgánicos exóticos y organismos patógenos entre otros.

Los contaminantes que comúnmente se atacan con este tipo de tratamiento son:

NUTRIENTES COMO FOSFORO Y NITROGENO

COMPUESTOS CAUSANTES DE COLOR, OLOR y TURBIEDAD

COMPUESTOS ORGANICOS

SALES ORGANICAS E INORGANICAS

METALES PESADOS

COMPUESTOS ORGANICOS DAÑINOS A LA SALUD

ORGANISMOS PATOGENOS

Algunos de los procesos utilizados para la eliminación de estos contaminantes son:

4.5.1 Remoción de Fósforo: Existen tres tipos de remoción de fósforo, el primero es por remoción biológica, que consiste en su eliminación incorporando este elemento dentro del tejido de microorganismos. Aquí se pueden obtener reducciones del orden del 95%; pero no es muy confiable.

La segunda forma es la REMOCION BIOLOGICA QUIMICA, que se hace en el tratamiento secundario al añadir sales de hierro o aluminio, después de el tanque de aereación, en este método lo único que se obtendría sería que el efluente tendría menores concentraciones de Fósforo, y la turbiedad, color y solidos suspendidos son menores que los que se obtendrían con el tratamiento secundario.

La tercera y última forma de eliminar el Fósforo sería la de remoción FÍSICO-QUÍMICA, que consiste en agregar cal, sulfato de aluminio, o sales de hierro, consiguiéndose reducciones de la concentración de entre 95 y 98%. También ayuda a la remoción de sólidos suspendidos y materia orgánica, reduce el contenido de organismos coliformes y virus, mejorando además el aspecto físico del agua.

#### 4.5.2. Remoción de Nitrogeno:

a) REMOCION BIOLÓGICA: Es la oxidación biológica de los compuestos nitrogenados transformándolos a nitratos en condiciones aeróbicas y posteriormente en condiciones anaeróbicas.

b) CLORACION: En este proceso un descuido puede ocasionar perjuicios en el efluente. La aplicación del cloro provoca que las sustancias nitrogenadas hasta un 99% se oxiden hasta formar gas nitrógeno, oxidando además la materia orgánica y desinfectando el agua tratada.

c) DESORCION DE AMONIACO : En este método se eleva el PH del agua, de manera que el nitrógeno amoniacal se transforma en amoniaco que se disipa en la atmósfera.

d) **INTERCAMBIO IONICO** : El empleo de una resina de intercambio iónico selectivo natural que tiene el nombre de CLINOPTILOLITA, facilita la separación del nitrógeno del agua residual.

**4.5.3 Remoción de Sólidos Suspendedos:** El método más sencillo de conseguirlo es mediante la coagulación química, la filtración o microtamizado, procesos que no es necesario darles mayor explicación.

**4.5.4 Remoción de Materia Orgánica Soluble:**

a) **REMOCION POR CARBON ACTIVO:** Las partículas de carbón activado absorben la materia orgánica presente en el agua, que por estar suspendida no se logró separar en el tratamiento secundario.

b) **OZONIZACION:** Consiste en la reducción de la DBO, debida a la presencia de materia orgánica, por la oxidación producida por el ozono. La reacción es lenta en este punto pero la eficiencia puede llegar a ser hasta de un 50%.

c) **OSMOSIS INVERSA** : Este sistema es el fenómeno que ocurre cuando se tienen líquidos de diferentes concentraciones de soluto separados por una membrana semipermeable. El líquido tiende a desplazarse buscando igualar ambas concentraciones, del lado de menor al de mayor concentración.

#### 4.5.5. Remoción de Sólidos Disueltos:

a) **INTERCAMBIO IONICO:** Se utilizan dos lechos de resinas, con las que se separan por un lado los aniones y por el otro los cationes.

b) **ELECTRODIALISIS :** Originalmente se empleó para quitar la salinidad del agua de mar para consumo, atrayendo a los iones hacia membranas o placas por medio de la corriente eléctrica.

c) **OSMOSIS INVERSA :** Este punto ya se mencionó en el punto anterior

d) **DESTILACION :** También fue un método de desalación de agua para consumo que se adaptó para el tratamiento de aguas residuales. La desventaja es que los compuestos orgánicos son arrastrados alguna vez, apareciendo en el efluente.

4.5.6. Remoción de Organismos Patógenos: El objetivo de esto es eliminar las bacterias y virus que puedan ser nocivos para la salud o dificulten los usos previstos para el efluente. Los métodos más comunes son la cloración, ionización y el dióxido de cloro que se mencionó anteriormente.

## 4.6 Tratamiento de Lodos Residuales

El lodo residual es un subproducto del tratamiento de las aguas residuales. Esta generalmente contiene un 93 a un 99.5 % de agua, así como sólidos y sustancias disueltas que están presentes en el agua residual y que fueron adicionados o generados por un proceso de tratamiento. Generalmente estos sólidos residuales deben tratarse para su uso o disposición.

Las características del lodo dependen tanto de la composición inicial del agua residual, como de los sistemas usados para el tratamiento del agua residual y el lodo.

Dependiendo del lugar en donde se generen los lodos dentro de la planta de tratamiento se pueden clasificar en primarios, secundarios y terciarios, como lo podemos observar en la gráfica No. 4.6.1, en donde se esquematiza la generación de los lodos residuales de acuerdo a la clasificación anterior, los tratamientos más utilizados y los sistemas para su uso y disposición son :

**4.6.2 Lodos Primarios:** Son lodos generados durante el tratamiento primario del agua residual, que remueve sólidos que se sedimentan fácilmente. El lodo primario contiene de un 3 a un 7% de sólidos provenientes de este tratamiento que es esencialmente de tipo físico.

# LODOS RESIDUALES

- GENERALIDADES:**
- ES SUBPRODUCTO DEL TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL
  - CANTIDAD DE AGUA DE 93-99.5 %

## GENERACION Y CARACTERISTICAS:

- LODO PRIMARIO:**
- GENERADO POR SEDIMENTACION
  - CONCENTRACION DE SOLIDOS 3-7 %
  - PRODUCCION DDE 100-300 mg/l

ESTIMACION: SST X EFICIENCIA DEL SEDIMENTADOR PRIMARIO

**LODO SECUNDARIO (PROCESO BIOLÓGICO):**

CONCENTRACION DE SOLIDOS DE 0.5-2 %

PRODUCCION: LODOS ACTIVADOS, FILTROS BIOLÓGICOS Y BIODISCOS

**LODO TERCIARIO:** SISTEMAS AVANZADOS COMO PRECIPITACION QUIMICA, FILTRACION, ETC., SU PRODUCCION DEPENDE DEL QUIMICO UTILIZADO Y DE LA VELOCIDAD DE ADICION

(FIGURA 4.6.1)

FIG. No. 1 GENERACION DE LODOS RESIDUALES

**4.6.3 Lodos Secundarios:** También llamado LODO BIOLÓGICAMENTE PROCESADO, es generado por un tratamiento biológico. En este tratamiento los microorganismos degradan el contenido de materia orgánica que se encuentra suspendida o disuelta en el agua. Este proceso incluye los sistemas de lodos activados y sistema de película fija como los biodiscos. El lodo secundario, debido a su bajo contenido de sólidos que son de 0.5 a 2%, es más fácil de deshidratar que el primario.

**4.6.4 Lodos Terciarios:** Es producido por sistemas avanzados de tratamiento, tales como precipitación química o filtración. Las características del lodo terciario dependen de los procesos de tratamiento anteriores.

A los lodos procedentes de los diversos tipos de tratamiento de agua residual generalmente se les aplica un tratamiento previo a su utilización o a su devolución al medio natural, a fin de disminuir su contenido de agua y estabilizarlos biológicamente ya que son fermentables.

Los lodos contienen sustancias coloidales cuyas propiedades electroquímicas favorecen la retención del agua entre las partículas sólidas, por lo que impiden la separación de los sólidos del líquido. Estos inconvenientes se contrarrestan desestabilizando los coloides por medio de procedimientos físicos, estos procedimientos son :

a) **FLOCULACION:** Es la adición de productos que contienen propiedades electroquímicas, favorece la desestabilización de los coloides por coagulación y formación de flóculos más fácilmente filtrables. Los productos más comúnmente usados son, sales minerales y polielectrolitos.

b) **TRATAMIENTOS TERMICOS:**

**CONGELACION:** Es un procedimiento poco utilizado en el cual se inyecta un gas licuado y se congela el agua de los lodos bajo la forma de aguas de hielo, las cuales se desplazan al centro de una centrifuga, al elevarse la temperatura, las partículas sólidas y el agua quedan separadas.

**TRATAMIENTO CON CALOR :** La acción del calor sobre los lodos tiene varios efectos, como son la coagulación de las partículas coloidales, evaporación del agua y desinfección de los lodos.

**4.6.5 Sobreareacion:** Mediante la digestión aeróbica de los lodos es la manera en que se consigue la estabilización de éstos. Esto se consigue durante el tratamiento secundario en los tanques de aereación, disminuyendo la carga de lodos y aumentando la edad de éstos en el proceso. El tratamiento por lodos activados de aereación extendida y la zanja de oxidación son las formas más conocidas para lograr esto.

**4.6.6. Digestion:** Esta y la sobreaereación son las mejores alternativas de estabilización biológica de los lodos. En ella se reduce su tamaño, se mejoran sus cualidades fertilizantes y se aprovechan los lodos producidos durante la digestión anaeróbica.

Entre los inconvenientes que se encuentran en este punto son los altos costos que la construcción de digestores implica y los muchos cuidados que se deben tomar durante su operación.

**4.6.7 Deseccación:** El secado de los lodos se consigue generalmente mediante lechos especiales o mecanismos como filtros de vacío.

De estos el más usado son los lechos de secado, principalmente por su economía. Esto es un pequeño depósito en el que se tiene un lecho formado por escoria o grava gruesa colocada en varias capas de 10 cm. o menos. Sobre éstas se coloca una capa de arena que tiene la función de evitar que los lodos que se vierten puedan taponear las capas de grava suelta. El agua se elimina por evaporación solar.

**4.6.8 Residuos Utilizables:** En ocasiones se pueden permitir valores elevados de Fósforo y Nitrógeno en el efluente de la planta de tratamiento, con la que se obtienen lodos especialmente útiles para la agricultura. Si además estos lodos se tratan con la basura, su capacidad como fertilizante es excelente.

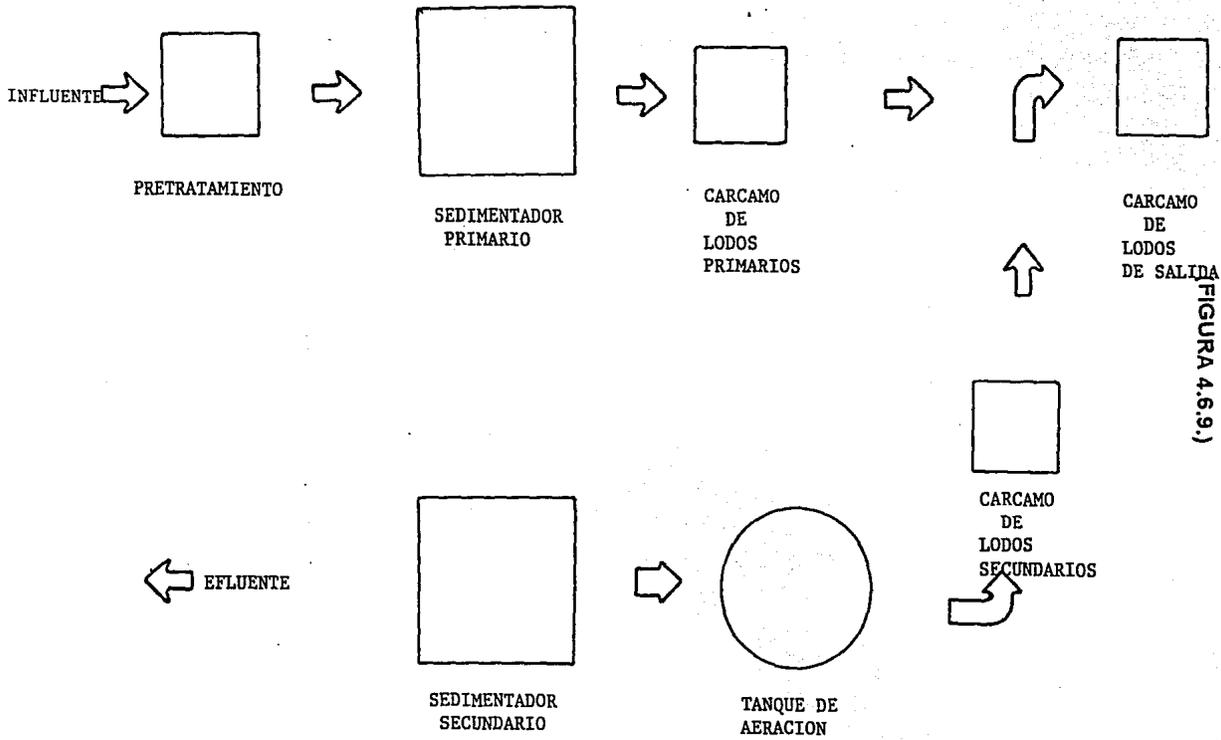
Quando los lodos digeridos se emplean como acondicionadores de suelo, producen una porosidad de la capa superficial que facilita el crecimiento de las plantas.

En la grafica No. 4.6.9 se aprecia el diagrama de proceso de un tratamiento típico de lodos activados.

#### **4.7 Descripción de Documentos Básicos**

Al igual que sucede con un proyecto típico industrial, para la construcción de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, es necesario elaborar su diseño completo para tener los dibujos, esquemas, gráficas y diagramas que faciliten la ejecución de tales actividades.

De entre todos ellos, sobresalen los diagramas que se hacen durante la ingeniería básica del proyecto, tales como son los siguientes :



(FIGURA 4.6.9.)

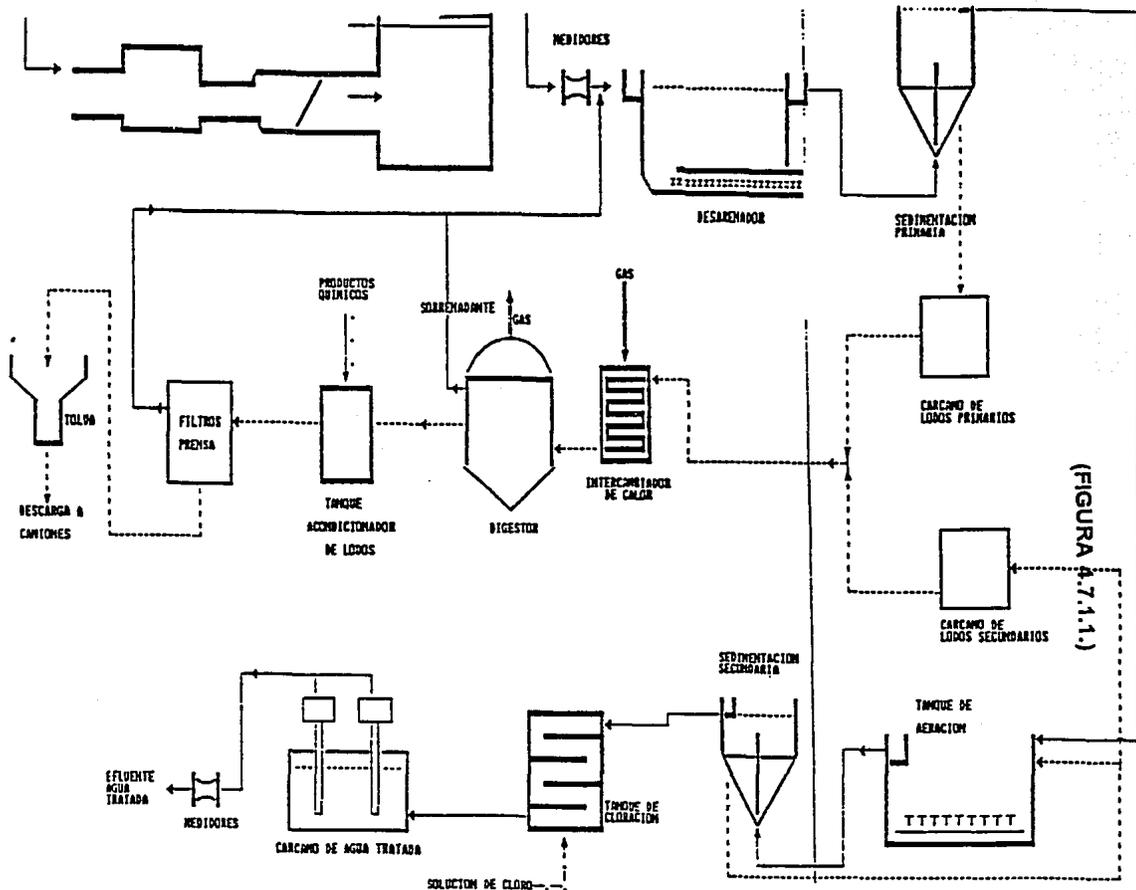
**4.7.1. Diagrama de Flujo:** Es un diagrama básico que se desarrolla sin escala para describir los procesos principales y la secuencia que seguirá el flujo del agua desde su entrada hasta su salida de la instalación. Un ejemplo de este tipo de diagrama se aprecia en la figura No. 4.7.1.1. anexa.

**4.7.2 Diagrama de Balance:** Este diagrama también básico determina las diferentes condiciones de flujo y las características principales que se tendrán en los diversos procesos de la Planta. El ejemplo típico de este tipo de documento aparece en la figura 4.7.2.1. anexa.

**4.7.3 Perfiles Hidráulicos de Agua y Lodos:** Estos perfiles se calculan por la ingeniería de proceso para establecer como será el funcionamiento de la Planta, utilizando sistemas de bombeo o descargas por gravedad entre sus componentes. Básicamente denotan los niveles más importantes y su caso se muestra en las figuras No. 4.7.3.1 y 4.7.3.2 anexas.

#### **4.8 Descripción de los Componentes Fundamentales**

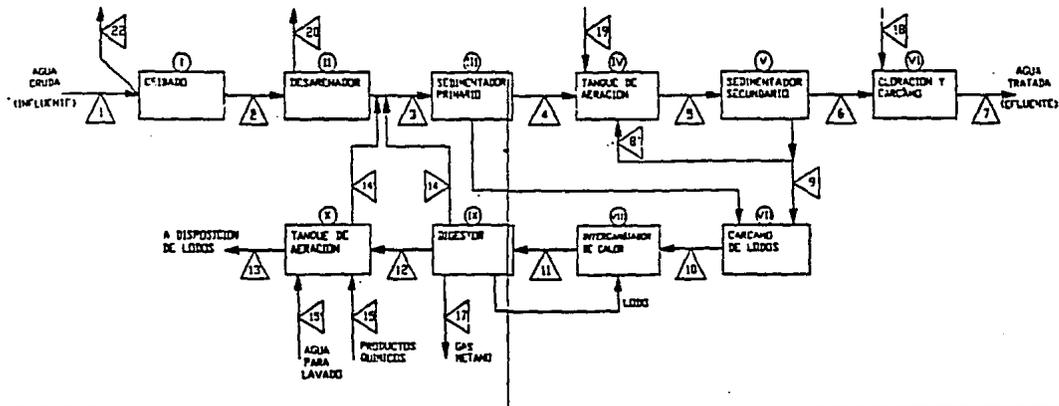
En este punto se enumeran genéricamente los diferentes equipos, edificios y estructuras que se cuentan en una planta de tratamiento de aguas residuales típica.



(FIGURA 4.7.1.1.)

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES  
 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO PROPUUESTO

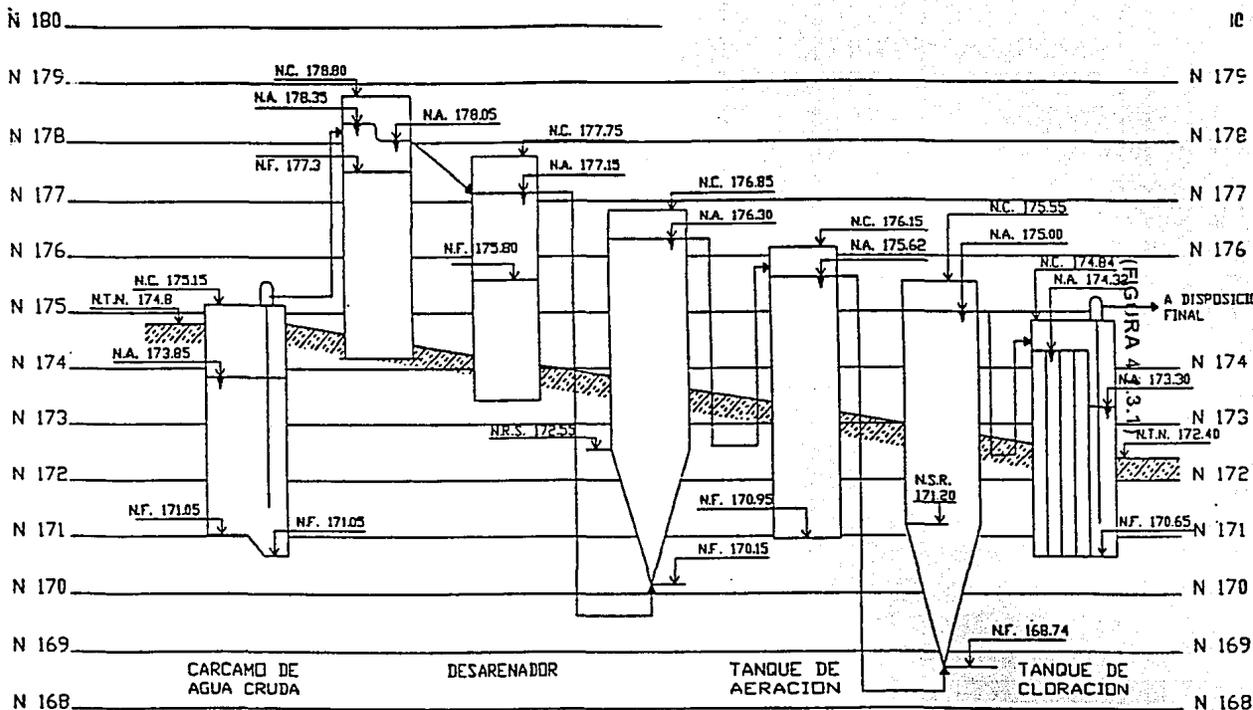
DIAGRAMA DE BALANCE DEL PROCESO DE TRATAMIENTO CON GASTO Y CALIDAD PROMEDIO



(FIGURA 4.7.2.1)

% COMPONENTE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	14'	15	15'	16	17	18	19	20	21	22	
GASTO (L.P.S)	2,500	2,500	2,526	2,518	3,415	2,502	2,502																		6,875
CAUDAL (M <sup>3</sup> /DIA)								718	77,500	1,329	2,082	2,082	490	142	1,611	6,705	196	86.15	18,903	12,600					
SS (MG/L)	170	170	170	128	60	60	70	42.5	68	110.5	110.5														
SS (MG/L)	237	227	237	154	1,000	90	90	103		64	167	157													
CHARACTERISTICAS DE EQUIPO (VER LISTA ANEXA)	UNA COMPUERTA DE BOMBA		CINCO COMPUERTAS Y CINCO SISTEMAS DE DESARENACION			CINCO SISTEMAS A BASE DE BASTIDAS MECANICAS		CINCO UNIDADES CON BOMBAS DE ALTA PRESION Y UN TANQUE DE O <sub>2</sub>		CINCO SISTEMAS A BASE DE BASTIDAS MECANICAS		TRES UNIDADES DE INTERCAMBIADOR CALORIFORICO PARA PRODUCTOS QUIMICOS Y TRES UNIDADES DE INTERCAMBIADOR DE CALOR		DOS UNIDADES A BASE DE CONCRETOS PARA LOROS PRIMARIOS Y TRES PARA LOROS SECUNDARIOS		TRES UNIDADES PARA CALCINADO DE LOROS POR DIGESTION MECANICA Y TRES UNIDADES PARA SECADO DE LOROS			TRES UNIDADES PARA CLARIFICACION Y ENCAMO		CINCO UNIDADES DE FILTRO		CINCO UNIDADES DE FILTRO ELECTRICOS Y UN SISTEMA DE RECUPERACION DE POLVO Y UNIDADES DE LOROS		

PERFIL HIDRAULICO DE AGUA



SIMBOLOGIA	
N.T.N.	NIVEL DEL TERRENO NATURAL
N.C.	NIVEL DE CORDONA
N.F.	NIVEL DE FONDO
N.A.	NIVEL DE AGUA

SEDIMENTADOR PRIMARIO

SEDIMENTADOR SECUNDARIO

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES HERMOSTI I. SONORA

# PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL Y MUNICIPAL

## PERFIL HIDRAULICO LODOS

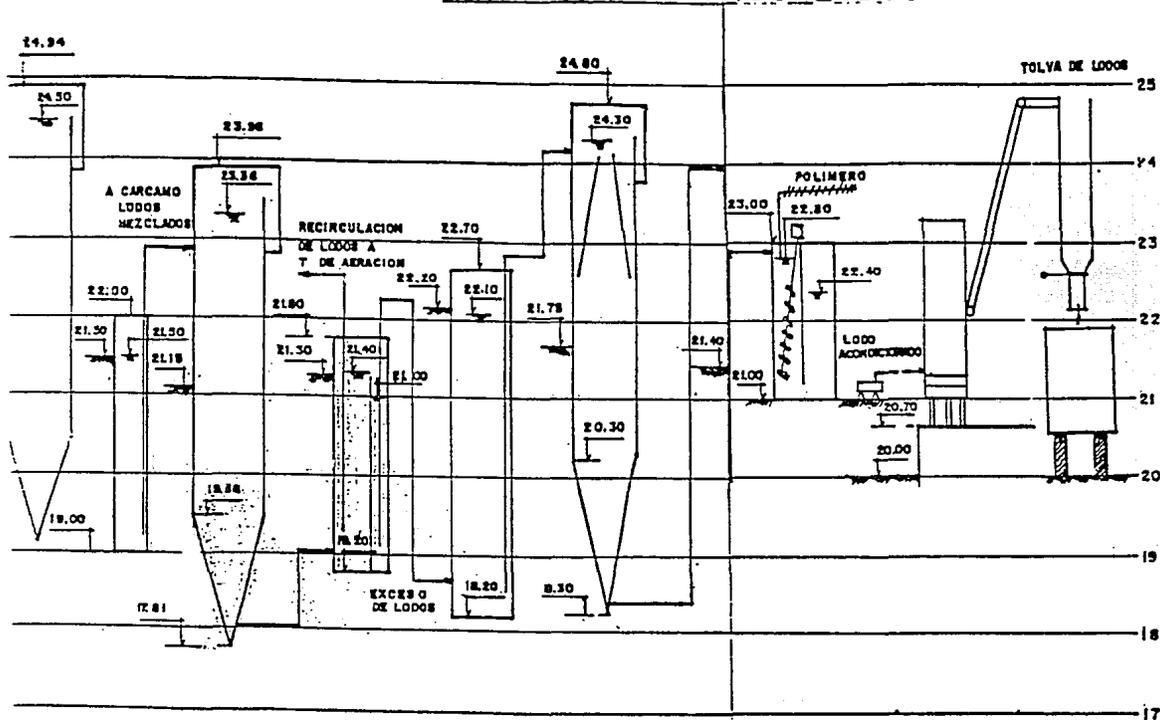


FIGURA 4.7.3.2

VENTADOR ARIO	CARCAMO LODOS PRIMARIOS	SEDIMENTADOR SECUNDARIO	CARCAMO LODOS SECUNDARIOS	CARCAMO LODOS MEZCLADOS	DIGESTOR ANAEROBICO	TANQUE DE ALMACENAMIENTO (TA)	FILTRO BANDA (FB)	DISPOSICION
---------------	-------------------------	-------------------------	---------------------------	-------------------------	---------------------	-------------------------------	-------------------	-------------

#### **4.8.1 Descripción del Equipo:**

**Compuerta del sistema de demasia**

**Compuertas del sistema de cribado**

**Sistema de cribado**

**Bombas de agua cruda**

**Compuertas del sistema desarenador**

**Sistema desarenador**

**Sedimentador primario**

**Sopladores tanques de aereación**

**Contenedores de cloro**

**Sedimentadores secundarios**

**Dosificador de cloro**

**Evaporador de cloro**

**Inyector de cloro**

**Bomba de agua ayuda**

**Bomba de agua tratada**

**Bombas lodos primarios**

**Bombas de lodos secundarios**

**Bomba recirculación de lodos**

**Sopladores digestores anaeróbicos**

**Cubierta digestores anaeróbicos**

**Bomba digestor anaeróbico**

**Intercambiadores digestor anaeróbico**

**Tolvas filtros banda**

**Filtros banda**

#### **4.8.2 Listas de Estructuras:**

**Caja receptora**

**Canales de sistema de cribado**

**Cárcamo de agua tratada**

**Cárcamo de agua cruda**

**Medidores parshall**

**Canal distribuidor a desarenadores**

**Cámaras desarenadoras**

**Sedimentadores primarios**

**Tanque de aereación**

**Sedimentadores secundarios**

**Tanque de cloración**

**Cárcamo de agua tratada**

**Cárcamo de lodos primarios**

**Cárcamo recirculación de lodos**

**Digestor anaeróbico**

**Tanque acondicionamiento de lodos**

**Silos almacenamiento lodos**

**Cárcamo sobredrenante**

**Cárcamo filtros banda**

#### **4.8.3 Lista de Edificios:**

**Edificio de cloración**

**Edificio de dosificación**

**Edificio central**

**Laboratorio**

**Oficinas**

**Servicios**

**Edificio mantenimiento**

**Taller**

**Bodega**

**Centro de control de motores**

**Vestidores**

**Sanitarios y cuarto de aseo**

**Cuarto de maquinas**

**Edificio de sopladores**

**Caseta de vigilancia**

**Edificios filtros banda**

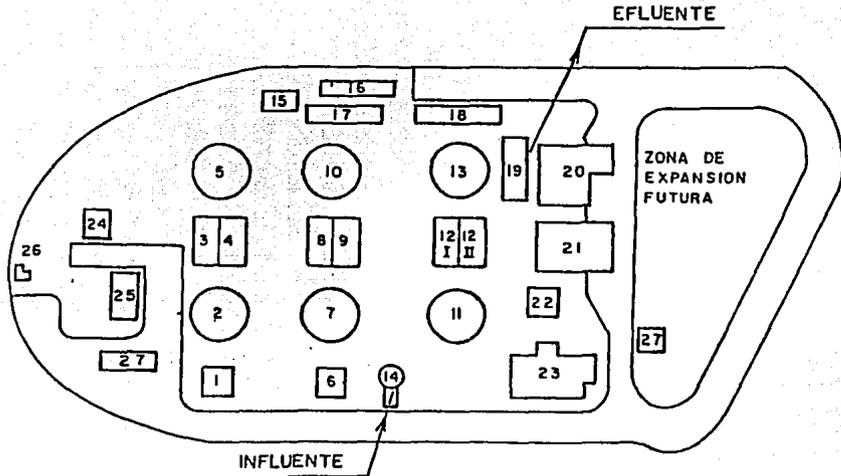
**Calentamiento lodos**

**Subestación eléctrica**

**Planta de emergencia**

#### **4.9 Arreglo General Típico de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales**

En la planta de conjunto se muestra el arreglo típico de una PTAR; así mismo se anexan algunos de los principales equipos y componentes utilizados. (VER FIGURAS ANEXAS)

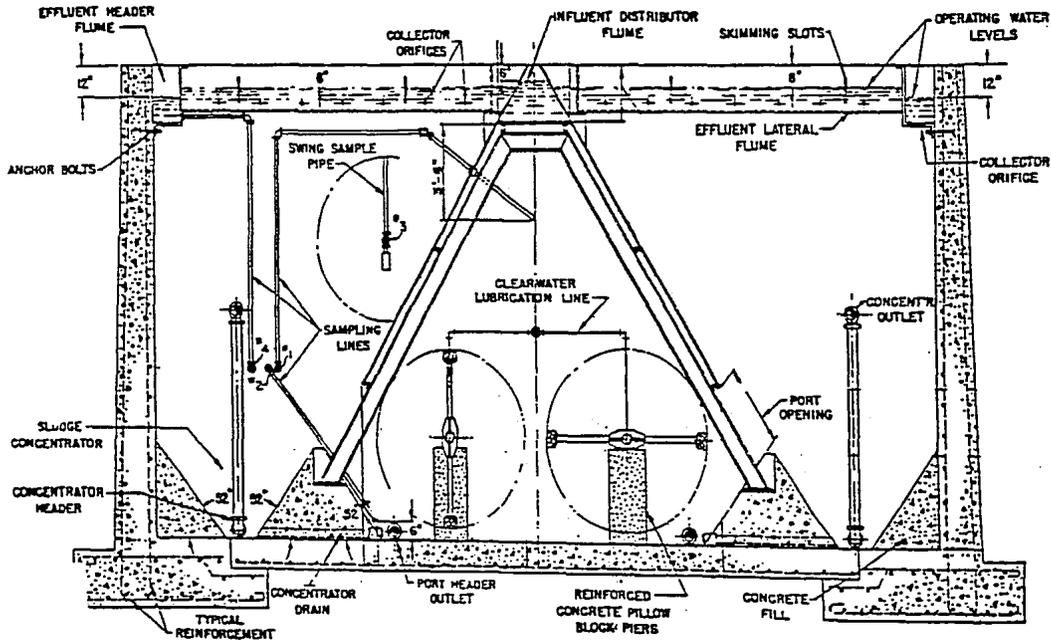


PLANTA DE CONJUNTO

SIMBOLOGIA:

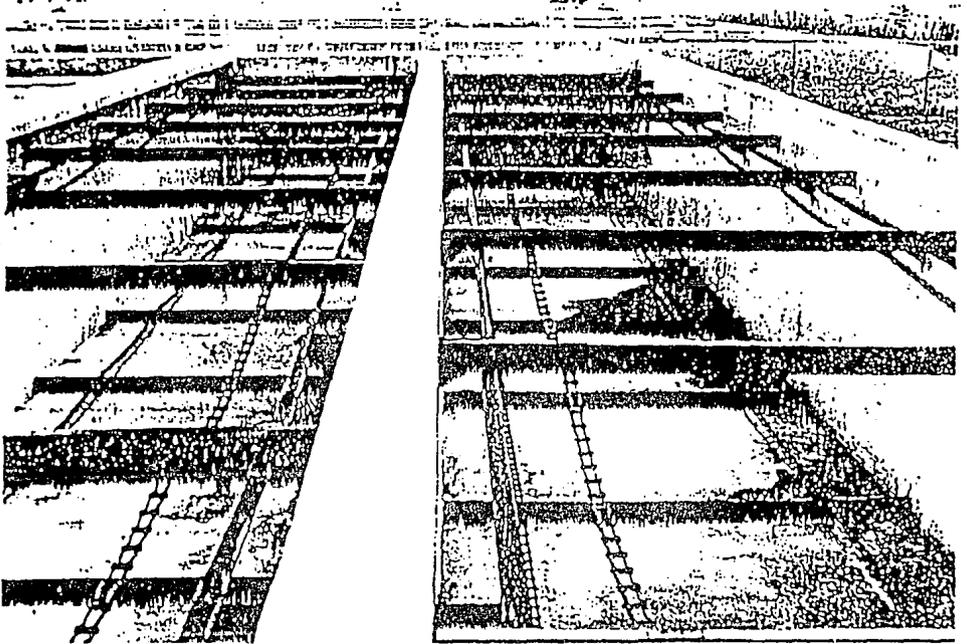
- |                                       |   |
|---------------------------------------|---|
| 1.. TANQUE DE ESPUMACION TREN I       | 16.. TANQUE DE FILTRACION I                 |
| 2.. SEDIMENTADOR PRIMARIO TREN I      | 17.. TANQUE DE FILTRACION II                |
| 3.. TANQUE DE AERACION I TREN I       | 18.. TANQUE DE FILTRACION III               |
| 4.. TANQUE DE AERACION 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 AERACION I TREN II      | 23.. EDIFICIO PRINCIPAL                     |
| 9.. TANQUE DE AERACION 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 AERACION TREN III I/II | 27.. SUBESTACION ELECTRICA                  |
| 13.. SEDIMENTADOR SECUNDARIO TREN III |   |
| 14.. CARCAMO DE AGUA CRUDA            |   |
| 15.. CARCAMO DE LODOS                 |   |

FIGURA



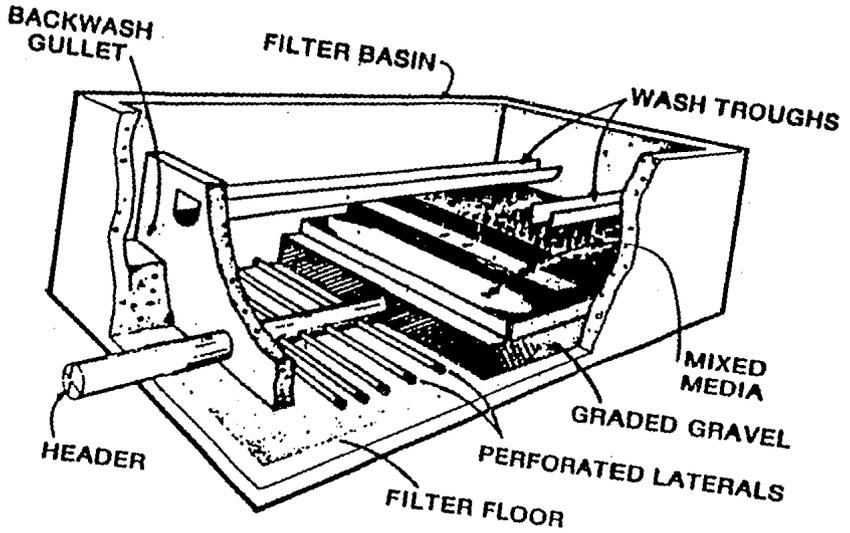
FLOCULADOR (FIGURA 4.39)

# SEDIMENTADOR (FIGURA 4.34)

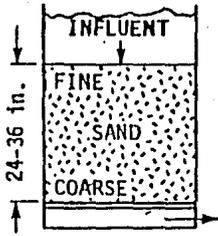




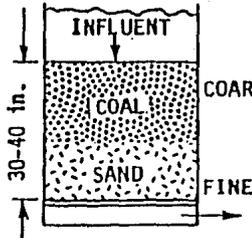
FILTRO (FIGURA 4.36)



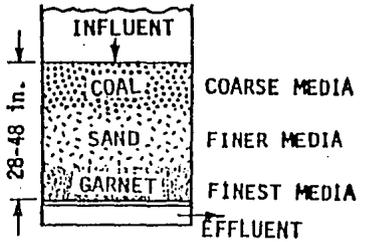
FILTRO (FIGURA 4.37)



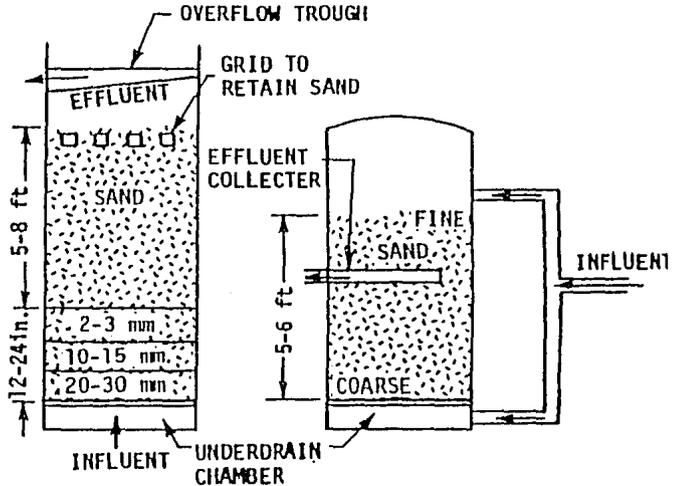
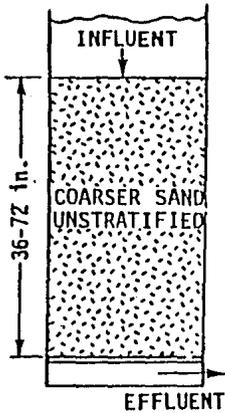
A. CONVENTIONAL SAND



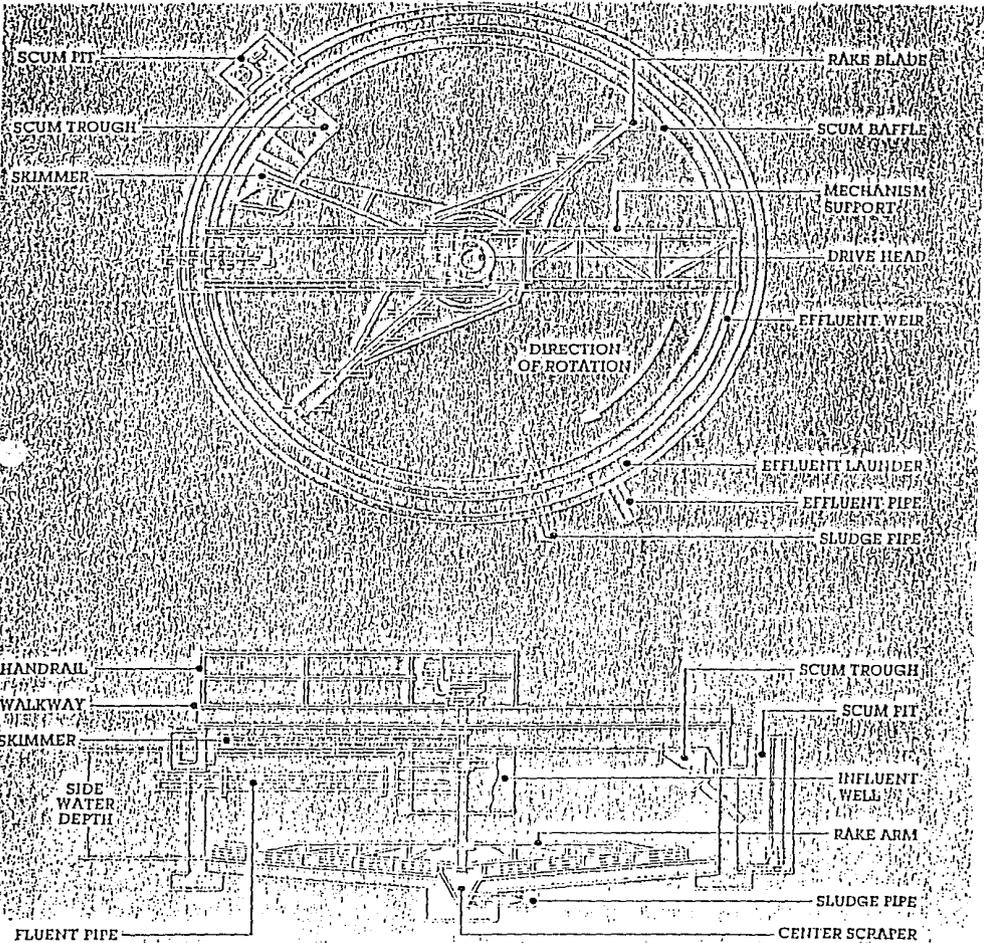
B. DUAL MEDIA



C. TRIPLE (MIXED) MEDIA

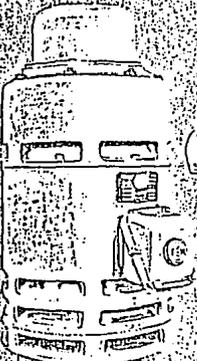
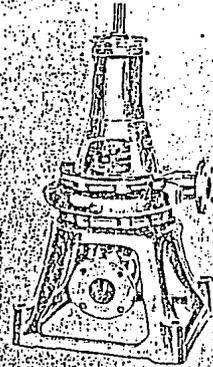


# SEDIMENTADOR CIRCULAR

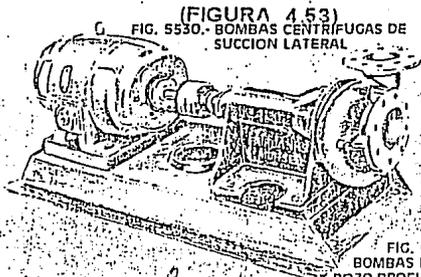


TIPOS DE BOMBAS.

FIG. 5410.- BOMBAS CENTRIFUGAS VERTICALES INATASCABLES



MOTORES ELECTRICOS TIPO K2KV



(FIGURA 4 53)  
FIG. 5530.- BOMBAS CENTRIFUGAS DE SUCCION LATERAL

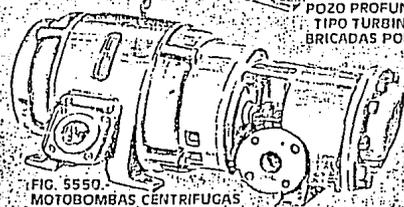
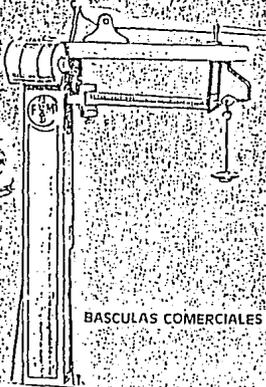


FIG. 5550.- MOTOBOMBAS CENTRIFUGAS



BASCULAS COMERCIALES

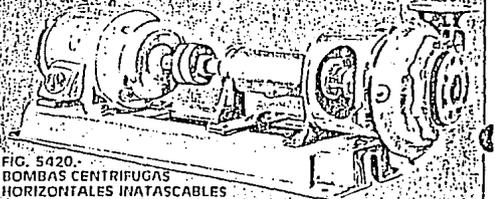
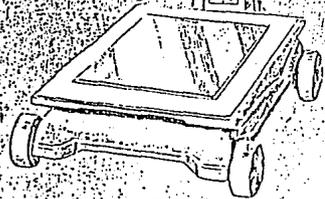


FIG. 5420.- BOMBAS CENTRIFUGAS HORIZONTALES INATASCABLES

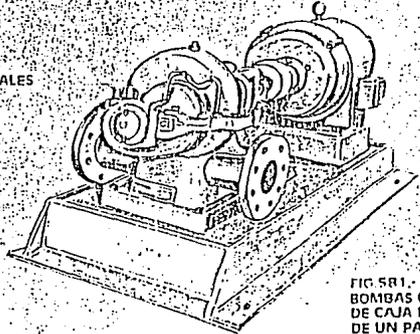


FIG. 581.- BOMBAS CENTRIFUGAS DE CAJA PARTIDA DE UN PASO

FIG. 6310.- BOMBA TIPO PROPELA

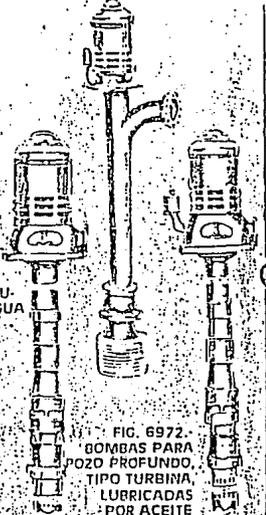


FIG. 6970.- BOMBAS PARA POZO PROFUNDO TIPO TURBINA LUBRICADAS POR AGUA

FIG. 6972.- BOMBAS PARA POZO PROFUNDO TIPO TURBINA LUBRICADAS POR ACEITE

TANQUE DE DIGESTION

(FIGURA 4.59)

Tapa

Receptor de  
natas.

Cortador de espumas

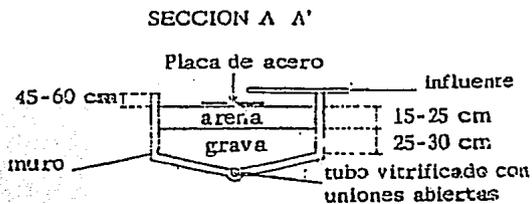
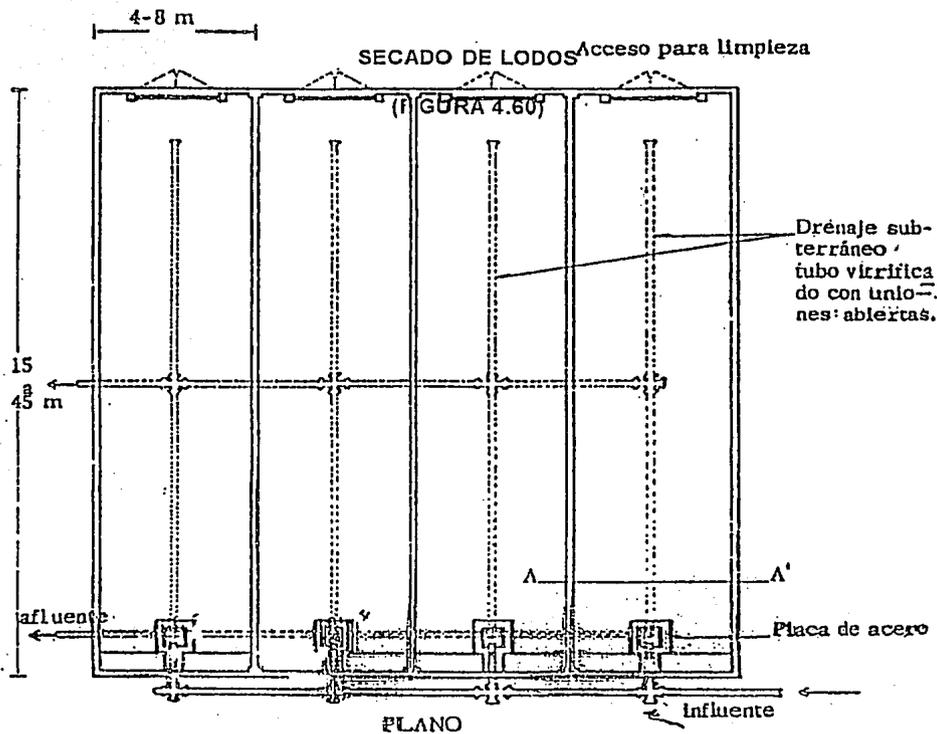
Línea de alimentación  
de lodos.

Tanque de  
concreto

Extracción  
de lodos

Bomba de  
recirculación

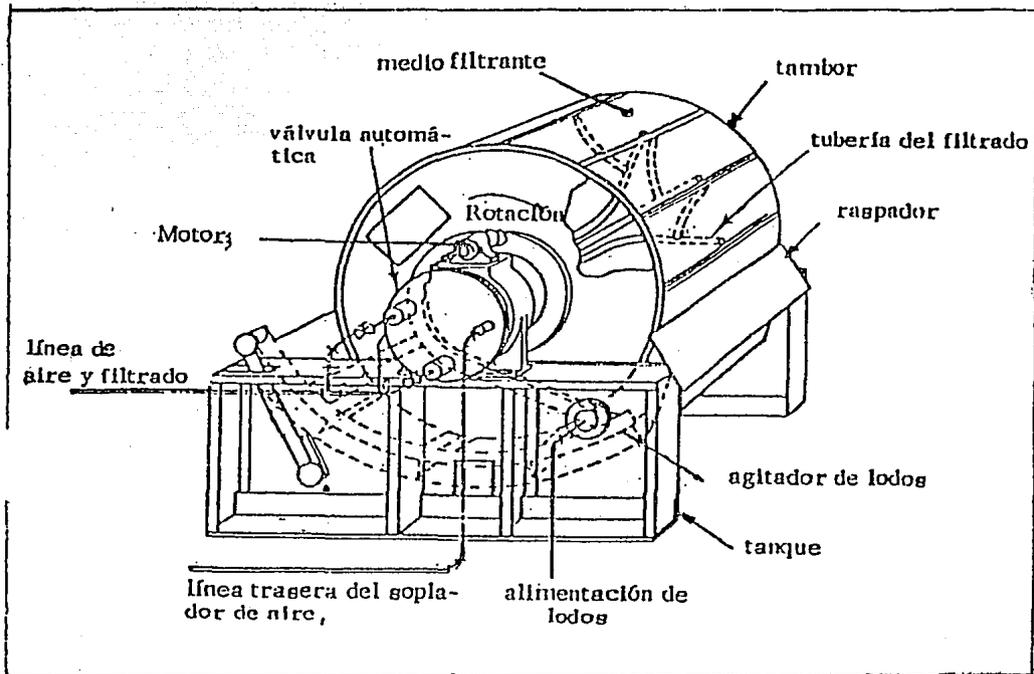
TANQUE DE DIGESTION SIN DISPOSITIVOS MECANICOS  
DE REMOCION DE LODOS.



PLANO Y SECCION DE UN LECHO TÍPICO DE SECADO DE LODOS.

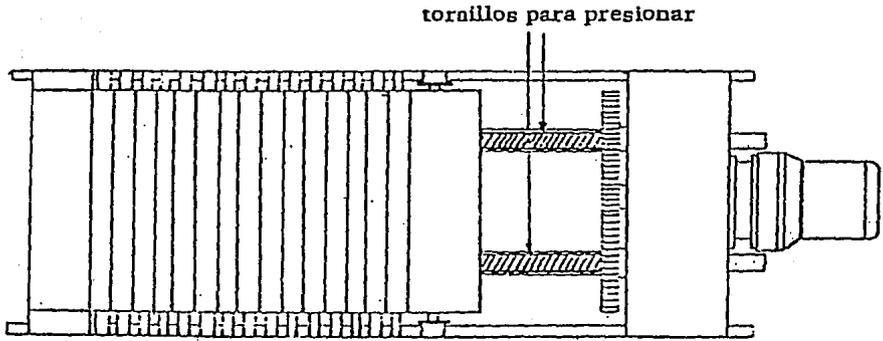
# FILTRO AL VACIO DE UN COMPRESOR ROTATORIO

(FIGURA 4.61)

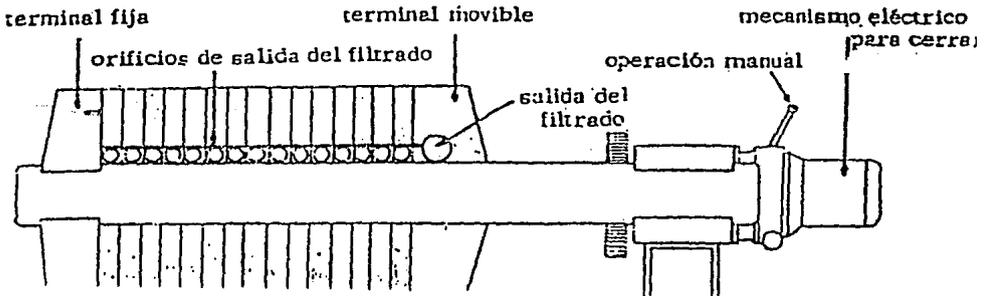


# FILTRO PRESNA

(FIGURA 4.62)

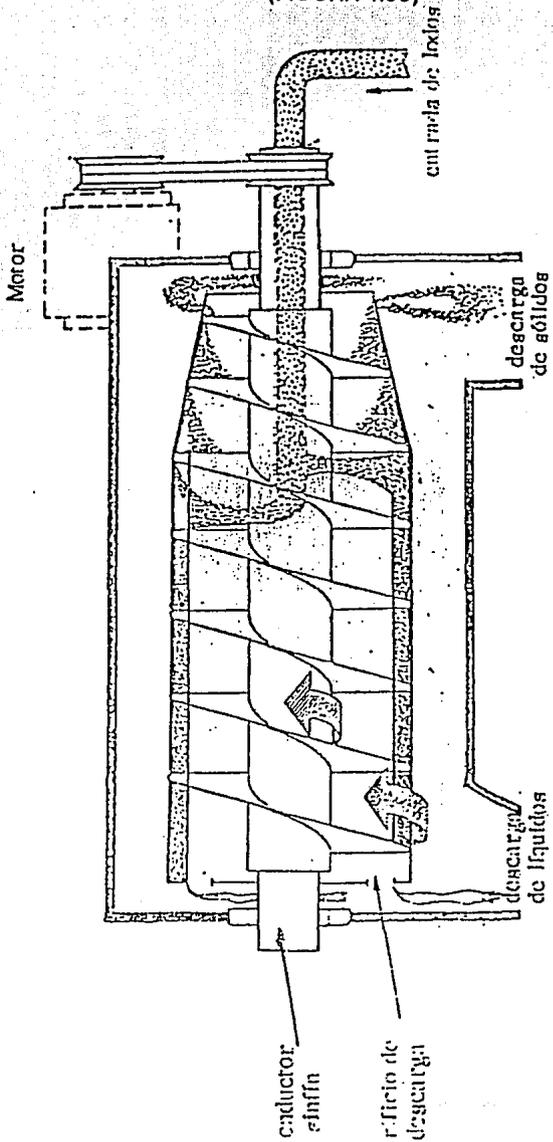


( b ) Vista de planta



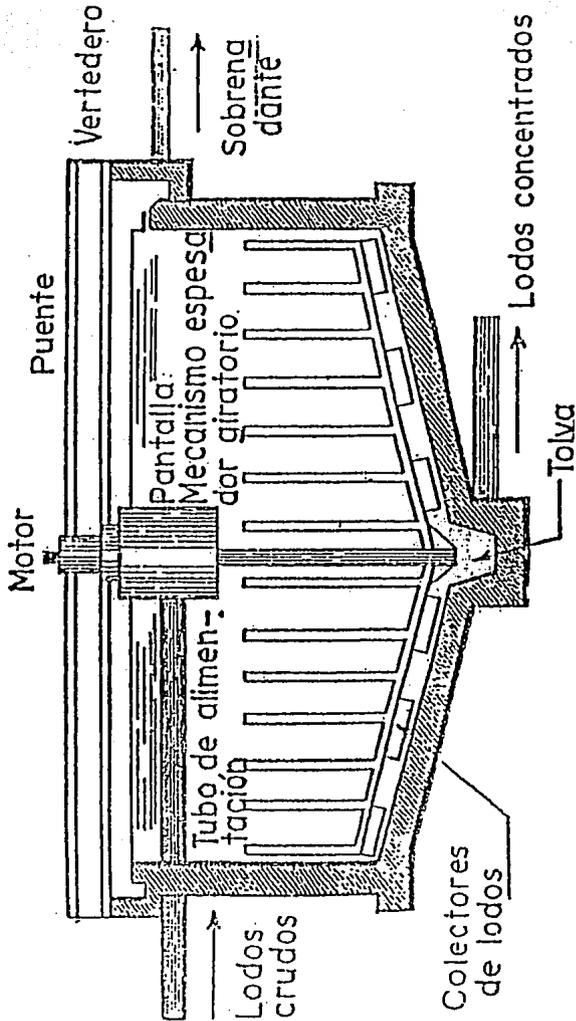
# CORTE DE UNA CENTRIFUGA

(FIGURA 4.63)



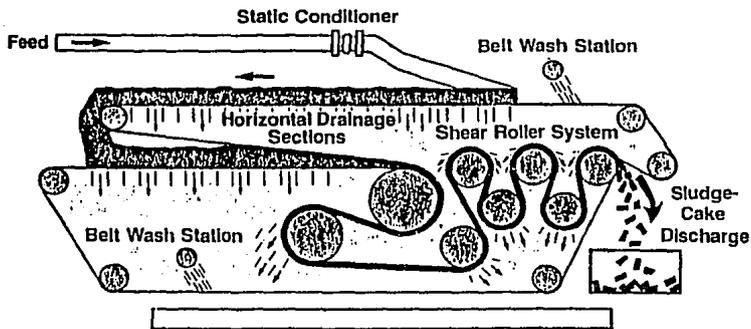
# ESPESADOR DE LODOS

(FIGURA 4.64)



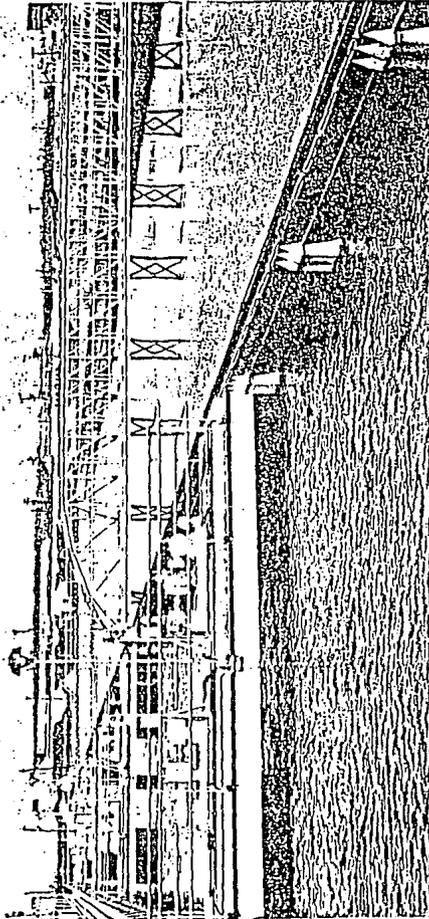
# CORTE DE UN FILTRO PRENSA

(FIGURA 4.65)



# SEDIMENTADOR RECTANGULAR

(FIGURA 4.66)



## **CAPITULO 5**

### **PROYECTO MECANICO DE UNA INSTALACION TIPICA**

#### **5.1. Descripción de un Proyecto Típico**

Actualmente éste tipo de proyectos se están empezando a realizar por convocatoria pública del organismo operador correspondiente al sitio en donde se ubicará la planta, después se lleva a cabo el concurso respectivo y finalmente, se hace la contratación de una empresa (contratista) que realizará la obra completa bajo un esquema de contratación denominado "proyecto llave en mano" con financiamiento y recuperación de la inversión por tarifa unitaria; aplicable durante un período preestablecido de concesión para la operación y mantenimiento de las instalaciones.

De manera genérica y típica, un programa general para desarrollar el proyecto completo de una planta de tratamiento de aguas residuales considera que sus actividades pueden ser integradas y agrupadas en varias etapas, estableciéndose con cinco rubros principales (ver figura No. de metodología típica):

1. Gerencia de Proyecto
2. Ingeniería
3. Construcción
4. Pruebas y puesta en marcha
5. Operación y mantenimiento

Considerando que se debe adecuar este programa al caso específico que se trate, conforme a sus términos de referencia y alcances de trabajo particulares, un desglose de las actividades posibles contenidas en cada rubro se muestra enseguida:

### **5.1.1 Gerencia de Proyecto:**

Esta gerencia se constituye por personal cuya responsabilidad será realizar el proyecto bajo las características de calidad, tiempo y precio que se establezcan en el contrato correspondiente, ésto significa que ellos deberán ser quienes mantengan el control, supervisión y coordinación total de actividades que se requieran desde el inicio hasta la terminación de la obra, interactuando permanentemente con el cliente, subcontratista y el propio personal de la empresa.

La gerencia de proyecto contempla las actividades siguientes:

#### **5.1.1.1 Supervisión de la Ingeniería:**

La revisión del proyecto ejecutivo consta de dos fases, durante la primera se realiza una supervisión del proyecto en su fase de ingeniería de gabinete, de tal manera que se verifique la totalidad del proyecto (planos, memorias de cálculo, especificaciones, etc.), para asegurar su completo desarrollo con la calidad requerida.

La segunda fase es la de campo, donde se mantiene la información actualizada, de modo tal que durante la obra se distribuya hacia la construcción, de manera efectiva y en el momento adecuado, la documentación vigente del proyecto por medio de la circulación que se establece un grupo de ingenieros de campo, con tal experiencia que en cualquier momento de la obra civil o de montaje electromecánico se pueda verificar y/o hacer ajustes al proyecto de manera rápida y eficiente, evitando así problemas y retrasos en la etapa de construcción.

### **5.1.1.2 Programación y Control del Proyecto:**

Dentro de éste apartado se llevarán a cabo las actividades correspondientes a la calendarización de la obra total, por rubros, disciplinas y frentes, indicando los recursos necesarios para su realización en los aspectos de personal, materiales, costos, pago, equipo y maquinaria previamente establecidos en el programa general del contratista.

### **5.1.1.3 Procuración:**

Aquí se realizan las actividades necesarias para la adquisición de los equipos y materiales requeridos para la construcción de acuerdo al diseño de ingeniería, considerando lo siguiente:

- a) Compras
- b) Inspección
- c) Explotación

De ésta manera se tendrá un control en la adquisición de los recursos materiales y equipos, desde su requisición, cotización, órdenes de compra, pagos a proveedores, identificación del suministro de importación, trámites de permisos aduanales para importaciones, coordinación de embarques y hasta las entregas de insumos en el almacén del sitio de la obra.

### **5.1.1.4 Laboratorio de Control de Calidad:**

Por medio de ésta actividad se llevará a cabo el control de calidad para las pruebas en terraplenes, bancos de materiales, revenimientos, resistencia de los concretos fabricados en la obra, doblado y ruptura a la tensión en el acero refuerzo, las pruebas

no destructivas de tuberías, tanques de acero y soldaduras, cuando éstas se requieran y se verificará la composición de los básicos utilizados en la construcción.

#### 5.1.1.5 Supervisión de Pruebas y Puesta en Marcha:

Durante ésta etapa del proyecto se llevará a cabo la programación , supervisión y asesoría en los trabajos de pruebas y arranque, conforme a los procedimientos que se establezcan para el caso particular de cada planta con el organismo operador y el consorcio contratista, así como de conformidad a las recomendaciones de los fabricantes de los equipos.

#### 5.1.1.6 Coordinación de Proyecto:

Esta actividad se refiere a la organización del proyecto y sus interrelaciones, desde el punto de vista de la Ingeniería - Construcción - Supervisión, así como el flujo dinámico de datos e información del proyecto. También a través de estas se tomarán decisiones y se vigilará la ejecución de las mismas.

Esta coordinación será responsable ante el cliente, ya que vigilará, controlará, supervisará e informará en forma oficial sobre todos los aspectos técnicos, financieros, económicos y administrativos que se presenten durante todo el proyecto de la planta

#### 5.1.2 Ingeniería:

Esta etapa se refiere al conjunto de trabajos que se necesitan para elaborar el diseño completo de la instalación; a grandes rasgos involucra lo siguiente:

### 5.1.2.1 Estudios Preliminares:

En ésta actividad se consideran los estudios necesarios para complementar la información básica del proyecto que servirá como base para desarrollar el proyecto ejecutivo de la planta. Primordialmente incluye lo siguiente:

- a) Estudio de mecánica de suelos
- b) Topografía
- c) Muestreo y caracterización de aguas
- d) Pruebas de tratabilidad

#### a) Estudio de mecánica de suelos:

Esto considerará básicamente las trabajos de muestreo y exploración del subsuelo y para ello se realizarán las pruebas de laboratorio para conocer su clasificación S.U.C.S. (Sistema Universal de Clasificación de Suelos), el contenido de agua, límites de constancia, granulometría, densidad de sólidos, etc.

Con la información antes mencionada se hará el análisis de las alternativas de cimentación que incluirá la revisión de los estados de falla para las condiciones dinámicas y estáticas de las estructuras, así como las recomendaciones convenientes.

#### b) Topografía

Con el levantamiento topográfico se podrá determinar la configuración del terreno con sus curvas de nivel, se tendrán, los cuadros sintéticos del trazo y la nivelización de poligonales, se hará su localización, nomenclatura y coordenadas de bancos de nivel.

### **c) Muestreo y Caracterización de Aguas**

Es importante definir claramente los trenes de tratamiento, para ésto se requiere tener una caracterización física, química y bacteriológica de los componentes que alimentarán a las plantas de tratamiento de aguas residuales, siendo de vital importancia la localización y selección de los sitios de muestreo, los cuáles deben ser representativos de los cuerpos de agua que se van a tratar o donde se va a descargar.

### **d) Pruebas de Tratabilidad**

Esta actividad se refiere a establecer en laboratorio un conjunto de datos fundamentales, que servirán como bases de diseño para el proyecto ejecutivo de la planta. A través de estas pruebas se podrán fijar los parámetros básicos del diseño y el dimensionamiento preliminar de las unidades de tratamiento para cada una de las plantas.

Cabe recordar que, con frecuencia, el organismo operador de las plantas proporciona en sus términos de referencia para sus proyectos la totalidad o parte de los estudios antes mencionados, por lo cuál se ajusta de manera correspondiente el alcance de los trabajos que proponga la Contratista.

#### **5.1.2.2 Proyecto Ejecutivo:**

El programa del proyecto ejecutivo inicia a partir de la recopilación y el análisis de la información proporcionada por el organismo operador y con la revisión y evaluación de los resultados de los estudios preliminares, después se procederá a desarrollar la Ingeniería básica, en la que se hará una descripción de los procesos de tratamiento

que intervienen, así como el diseño geométrico de las unidades de proceso que componen el tren de tratamiento de cada una de las plantas.

A partir de lo antes mencionado, se podrá hacer una selección preliminar de equipos, elaborar el perfil hidráulico a gasto medio y el arreglo general de las unidades de proceso localizadas mediante coordenadas, así como los criterios arquitectónicos y de obras exteriores.

#### **a) Ingeniería de Detalle**

A partir del proyecto básico aprobado se desarrollará la Ingeniería de detalle, que cubrirá memorias, especificaciones, dibujos, esquemas y catálogos de los siguientes diseños:

- 1) Funcional
- 2) Mecánico
- 3) Estructuras
- 4) Tuberías
- 5) Eléctrico
- 6) Instrumentación
- 7) Arquitectónico

#### **b) Manual de Operación y Mantenimiento**

Como un documento que sea un antecedente para la puesta en marcha, la operación y el mantenimiento, se integrará un manual que incluirá la información de proveedores y datos generales de la planta con el procedimiento general para la puesta en operación, la metodología para la evaluación y el control necesarios para una operación eficiente, confiable y permanente, así como un programa con

recomendaciones para el mantenimiento preventivo de equipos, instrumentos y accesorios, según sean necesarios.

### **c) Informe y Libro de Proyecto**

Como base de archivo para operación y mantenimiento por el cliente, se conjunta un libro proyecto donde se integrarán las memorias de cálculo de los componentes de la planta, planos de ingeniería de detalle, catálogos de conceptos con cantidades de obra, especificaciones de equipo y de construcción, manuales de operación y mantenimiento, y sus presupuestos, junto con la descripción general de la planta.

#### **5.1.3 Construcción:**

Dentro de la etapa de la construcción de las plantas de tratamiento de aguas residuales, se realizarán las actividades de la obra civil y el montaje electromecánico, las cuáles estarán sujeta un programa de trabajo que se seguirá con un cronograma de las actividades a base de ruta crítica. Las actividades principales que comprende la construcción de una instalación de ésta naturaleza se presentan a continuación; cabe hacer mención que éstas fueron divididas conforme a sus procesos constructivos y son:

- a) Obra civil
- b) Obra eléctrica
- c) Obra mecánica
- d) Obra hidráulica
- e) Obras exteriores
- f) Obra Arquitectónica
- g) Instrumentación
- h) Equipamiento

#### **5.1.4 Pruebas y Puesta en Marcha:**

En la fase de arranque e inicio de operación de las plantas de tratamiento de aguas residuales, se consideran las actividades principales a realizar, que estarán sujetas también a un programa de trabajo que se seguirá con un cronograma de actividades y su ruta crítica.

Las actividades principales que comprenden el arranque y la puesta en operación de una instalación de ésta naturaleza, se dividen conforme a los procesos constructivos y serán como sigue:

- a) Pruebas de estanqueidad e hidrostáticas
- b) Pruebas de equipos en vacío y con carga
- c) Pruebas de laboratorio, caracterización y tratabilidad del agua
- d) Preparación de reactivos químicos
- e) Pruebas de trenes con flujo continuo
- f) Pruebas de trenes a plena carga
- g) Calibración del proceso de tratamiento
- h) Análisis del comportamiento de las unidades
- i) Capacitación de personal y elaboración de manuales específicos de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento

#### **5.1.5 Operación y Mantenimiento:**

Esta última fase se refiere a mantener por parte de la contratista, en óptimas condiciones, la operación y mantenimiento de todos los componentes de la planta a lo largo del período total de su concesión y hasta hacer la entrega de las instalaciones al cliente o proveedor, tal como se hace con una instalación de tipo industrial.

**En el diagrama 5.1 se muestran las etapas para la realización de el proyecto, construcción y operación de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales típica.**





## 5.2 Descripción de la Parte Mecánica

Partiendo del diagrama expuesto en el inciso anterior 5.1 llamado Diagrama de actividades de proyecto, las actividades que el ingeniero mecánico puede desarrollar dentro del proyecto de una planta de tratamiento serán como se describe a continuación, bajo la condición de enfocarse sólo a mencionar los puntos principales en los cuáles el ingeniero mecánico tiene alguna participación específica o definida.

Tabla No. 5.B

### PARTICIPACION DEL INGENEIRO MECANICO EN EL PROYECTO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

ETAPA	ACTIVIDAD	PARTICIPACION
Proyecto ejecutivo	Ingeniería en detalle	Contacto con fabricantes para tener información de equipos, tuberías y accesorios, además de un directorio de posibles proveedores. Elaboración de especificaciones para el equipo, materiales y accesorios. Cálculos para equipo de bombeo, tanques, tuberías y sistemas auxiliares como ventilación y aire acondicionado Elaboración de planos de localización y dimensionales de equipos, ortogonales y isométricos para tuberías. Elaboración del índice maestro de tuberías.

ETAPA	ACTIVIDAD	PARTICIPACION
		<p>Elaboración del catálogo de conceptos para la obra mecánica y tuberías.</p> <p>Integración y complemento de los manuales para operación y mantenimiento.</p>
Gerencia de proyecto	Supervisión de Ingeniería	Revisión del diseño mecánico hecho en gabinete.
	Procuración	<p>Ingeniería de campo para supervisión de instalaciones.</p> <p>Selección de proveedores, elaboración de tablas comparativas, revisión y aprobación de planos de fabricantes, inspección de equipos en fábrica, coordinación de embarques y entregas en el sitio.</p>
	Laboratorio de Control de Calidad	<p>Pruebas de materiales, pruebas no destructivas para tuberías, pruebas de estanqueidad e hidrostáticas para el análisis y aprobación de sus resultados.</p>
	Programación y Control del Proyecto	<p>Análisis, evaluación y verificación de avances, modificaciones y adiciones a la obra mecánica del proyecto.</p>
	Supervisión de Pruebas y Puesta en Marcha	<p>Verificando procedimientos y atestiguando pruebas de equipos y tuberías.</p>

ETAPA	ACTIVIDAD	PARTICIPACION
	<b>Coordinación de Proyecto</b>	Con experiencia anterior y capacitación puede participar en la circulación de información, evaluación del progreso de los trabajos y análisis de resultados, responsable de la Gerencia o de la Superintendencia Mecánica.
<b>Construcción</b>	<b>Montaje Electromecánico</b>	Como jefe de Frente, Jefe de Obra o Superintendente para la realización del montaje e instalación de equipos y tuberías.
<b>Pruebas y Puesta en Marcha</b>	<b>Area Mecánica</b>	Realización, Coordinación y Evaluación de equipos y sistemas de tuberías, en sus fases de pruebas y arranque, junto con la capacitación del personal de operación y mantenimiento, además de la elaboración de los manuales correspondientes.
<b>Operación y Mantenimiento</b>	<b>Area o Depto. Mecánico</b>	Como Jefe de Area a cargo de la operación de la planta, o como Jefe de Mantenimiento responsable de su organización, coordinación y supervisión mediante la aplicación de programas, bitácoras y registros de actividades, conforme a un presupuesto definido.

## CAPITULO 6

### DIMENSIONAMIENTO DE TUBERIAS.

#### 6.1 Generalidades

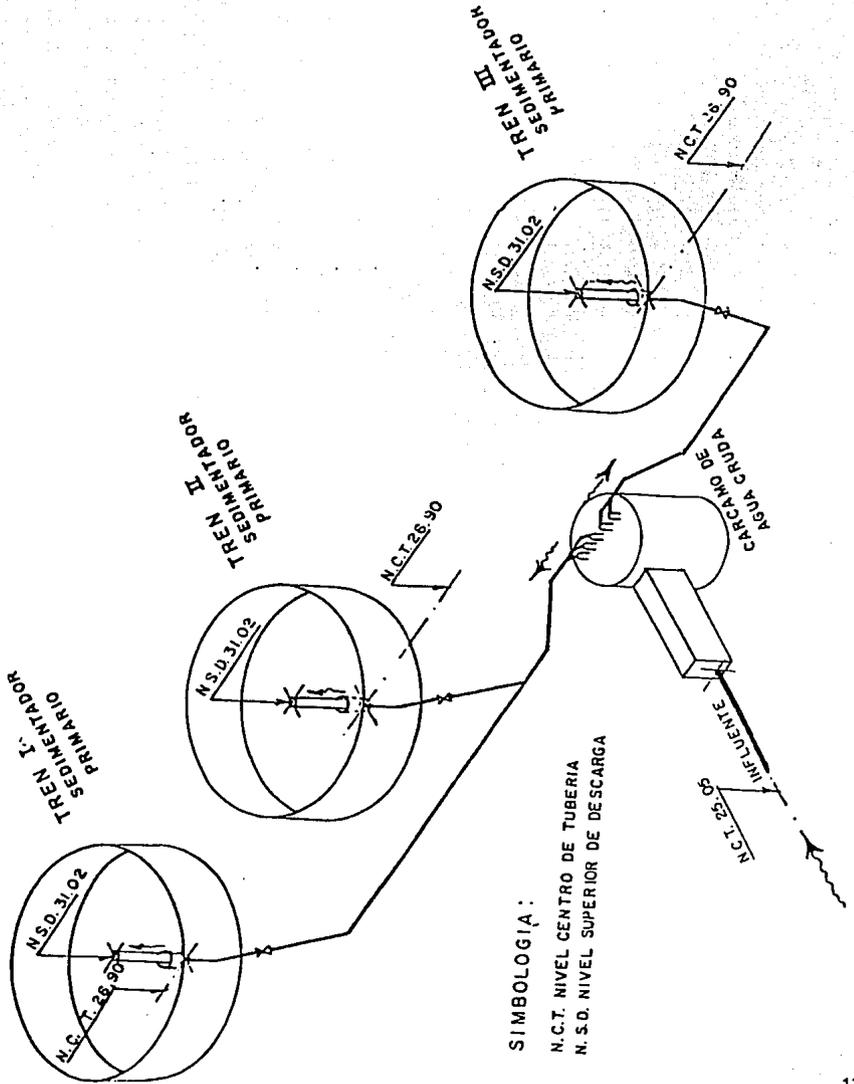
En una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, la instalación de tuberías puede hacerse sobre la superficie o enterradas, normalmente la topografía, el perfil hidráulico, el proceso, y geología del terreno son las que determinan su instalación.

Previo al dimensionamiento de tuberías, los equipos o etapas del proceso se representan en diagramas, arreglo general y perfil hidráulico de la planta que sirven de base informativa para elaborar los cálculos para el dimensionamiento de cada una de las tuberías y determinar así sus especificaciones como diámetro, espesor, etc. Las tuberías y los equipos se deberán mostrar en un plano ortogonal, el cual presenta tres vistas a escala de la red de tuberías, lo cual también puede ser mostrado en maqueta o sistema de cómputo como el CAD/CAE.

Otra forma de esquematizar la línea de tuberías es mediante el isométrico, el cual es un dibujo en donde se proyectan líneas a 30 grados. En estos dibujos, que normalmente se hacen en computadora con programas especializados, se aprecia claramente la dirección y colocación de las tuberías con todos sus accesorios correspondientes, facilitando de esta forma, la etapa de diseño e instalación (ver figura 6.1)

ISOMETRICO - LINE DE CONDUCCION  
 AGUA CRUDA

(FIGURA 6.1)



## **6.2 Códigos Aplicables.**

Al seleccionar el tipo de tubería es necesario recurrir a los estándares o códigos existentes y aprobados internacionalmente para condiciones específicas de operación, como ejemplo se tienen los siguientes:

<b>AWS</b>	( American Welding Society )
<b>H I</b>	( Hydraulic Institute )
<b>ASME</b>	( American Society of Mechanical Engineers )
<b>ANSI</b>	( American National Standard Institute )
<b>ASTM</b>	( American Standard For Testing and Materials )
<b>AWWA</b>	( American Water Works Association )

Los Institutos mencionados establecen normas que especifican la fabricación, pruebas, instalación, accesorios, etc., de tuberías.

Como se ha mencionado en capítulos anteriores los sistemas de conducción hidráulica que son de interés en este tema son de agua residual, lodos, y aire para tanques de aeración.

## **6.3 Especificaciones de Tuberías y Accesorios.**

Para la determinación de las especificaciones de las tuberías y los correspondientes accesorios se hará referencia a las tablas obtenidas de las normas de Pemex que aplican, éstas se indican claramente en las tablas 6.2 y 6.3 anexas.









## 6.4 Catálogo de Materiales.

Este documento también se conoce como Catálogo de Conceptos para Obra y tiene como función el integrar la información de cada tubería que es necesaria en la planta, desde su origen hasta su destino, clasificando y especificando sus características técnicas, y finalmente los costos totales para el presupuesto de la construcción; como ejemplo breve de este catálogo se muestra a continuación el encabezado de cada columna en una partida o concepto típicos.

CATALOGO DE CONCEPTOS PARA OBRA						
Planta: Hermosillo, Sonora						
Obra: Mecánica						
Area: Tubería de Agua en Sistema de Aeración						
Partida	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Total	
93	Codo de 90°, de 1-1/2" de diámetro, cédula 40	40.00	pza	N\$34.00	N\$1,360.00	
94	Codo de 90°, de 3" de diámetro, cédula 40	26.00	pza	N\$52.00	N\$1,352.00	

La integración de la información en la forma anterior facilita la adquisición de todos los materiales a utilizar en la construcción y puesta en marcha de la planta, siendo útil desde que se hacen las compras de materiales, hasta que se reciben en el campo para su instalación (ver tabla 6.3).

El índice de tuberías es otro documento adicional muy importante y útil en el análisis, revisión e instalación de todas las líneas, este documento se presenta normalmente con el siguiente contenido:

## INDICE DE TUBERIAS

Planta: Hermosillo, Sonora

Area: Tubería a Sedimentadores Primarios

No.	Origen	Destino	Dia.	Ced.	Material	Gasto l / seg	Vel m / min	Leq m	hr m
1	Bomba 1	Cabezal R23	30"	40	a.c.	675	1.4	1.4	0.5
2	Cabezal R56	Cárcamo	18"	40	a.c.	265	2.3	6.2	1.1

Este índice normalmente hace referencia al plano en donde se puede localizar la tubería y revisar su trayectoria, de esta forma es posible llevar a cabo un análisis completo .

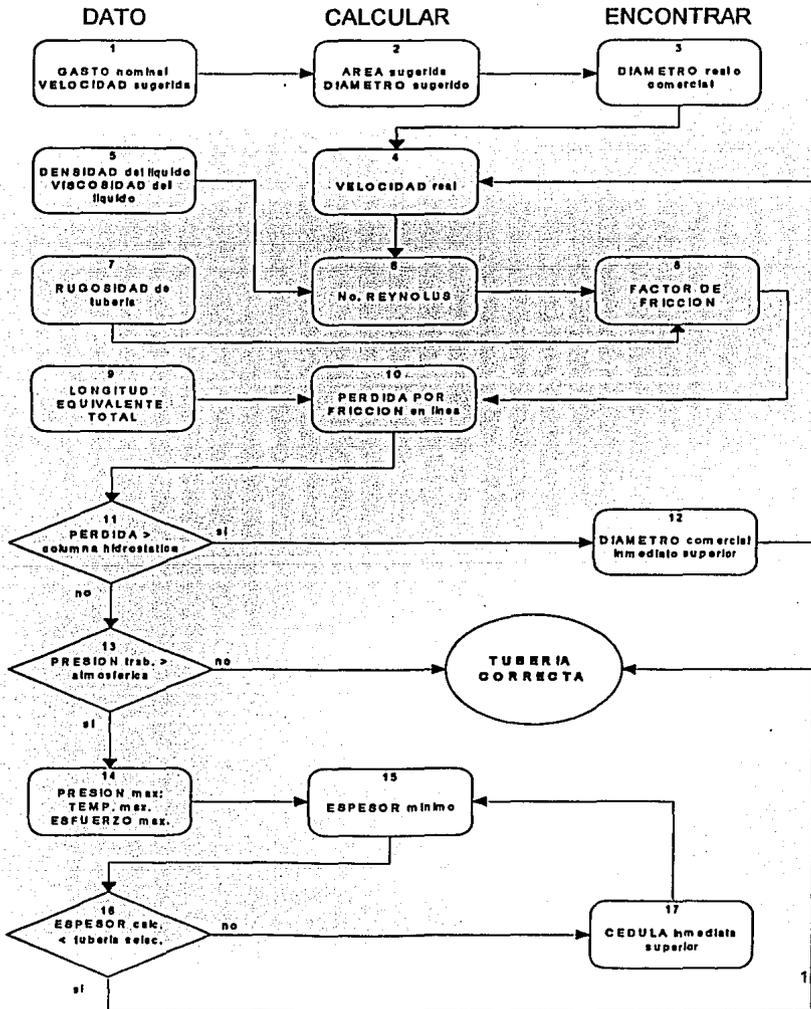
### 6.5 Secuencia de Cálculo

De manera esquemática, para mostrar brevemente los pasos necesarios para el cálculo se muestra el diagrama (6.5), con la secuencia que se aplicará en el programa de computo que se presenta en el capítulo 8.

### 6.6 Ecuaciones de Cálculo

A continuación se muestran las fórmulas a emplear en los cálculos del procedimiento anteriormente descrito.

### DIAGRAMA DE FLUJO PARA CALCULO DE TUBERIAS



### 6.6.1 Ecuación de Continuidad

$$Q = V A$$

**Nota:** en este momento se debe considerar una velocidad sugerida de acuerdo a tablas o a recomendaciones especiales del proceso de que se trate. (ver tabla 6.6)

### 6.6.2 Ecuación Area Transversal de Flujo

$$A = \frac{d^2}{4}$$

### 6.6.3 Ecuación para Número de Reynolds

$$Re = \frac{V d}{\nu}$$

### 6.6.4 Ecuación para Coeficiente de Rugosidad

$$y = e / o$$

**Nota:** se consulta gráfica de rugosidad relativa de acuerdo al material de la tubería y para encontrar el factor de fricción se calcula el número de Reynolds. (ver figuras 6.7 y 6.8)

Se procede entonces a encontrar la longitud equivalente de todos los accesorios de acuerdo con la tabla 6.9, donde se pueden encontrar las pérdidas que ocasionan los accesorios como: válvulas, codos, reducciones, tees, etc. para después sustituir su valor en la ecuación de pérdidas de Darcy.

A continuación se presentan las diferentes ecuaciones que permiten el cálculo del factor de fricción mencionando, así como sus autores y su aplicación (ver tabla 6.10 y 6.11)

## TUBERIA VELOCIDADES DE FLUIDO RECOMENDADAS

LAS VELOCIDADES SON SOLO SUGERIDAS Y SON PARA USARSE COMO UNA REFERENCIA PARA INFERIR CALCULOS DE CAIDA DE PRESION.

EL TAMAÑO FINAL DEBE SER TAL QUE DE UN BALANCE ECONOMICO ENTRE CAIDA DE PRESION Y UNA VELOCIDAD RAZONABLE.

(TABLA 6.6)

FLUIDO	VELOCIDAD SUGERIDA PIES POR MINUTO PIES POR SEGUNDO	MATERIAL DEL TUBO
ACEITE LUBRICANTE	6 P.P.S.	ACERO
ACETILENO (CONSERVAR LIMITACIONES DE PRESION).	4000 P.P.M.	ACERO
AGUA.	3-8 (MG) P.P.S.	ACERO
Servicio general	3-8 P.P.S.	ACERO
Succión de bombas	7-10 P.P.S.	ACERO
Maxima economica (usual)	5-8 P.P.S.	AR.H. Recubr. Saron, Transite
De mar, salobre, tubo recubierto concreto.	5-12 P.P.S.	CONCRETO
AIRE 0 a 30 psig.	4000 P.P.M.	ACERO
AMONIACO:		
Liquido	6 P.P.S.	ACERO
Gas	6000 P.P.M.	ACERO
BENCENO.	6 P.P.S.	ACERO
BROMO.		
Liquido	4 P.P.S.	VIDRIO
Gas	2000 P.P.M.	VIDRIO
CLORURO (ACIDO).		
Liquido	5 P.P.S.	A.R.H.
Gas	4000 P.P.M.	A.R.H. Saron, Hoveg
CLORO (SECO).		
Liquido	5 P.P.S.	ACERO CED. 80
Gas	2000-6000 P.P.M.	
CLOROFORMO		
Liquido	6 P.P.S.	COBRE Y ACERO
Gas	2000 P.P.M.	COBRE Y ACERO
CLORURO DE CALCIO.	4 P.P.S.	ACERO
CLORURO DE SODIO (Soln).		
Sin solidos	5 P.P.S.	ACERO
Con solidos	6-15 P.P.S.	MONEL O NICKEL
CLORURO DE METILO		
Liquido	6 P.P.S.	ACERO
Gas	4000 P.P.M.	ACERO
CLORURO DE VINILO	6 P.P.S.	ACERO
CLORURO DE VINILIDENO	6 P.P.S.	ACERO
DIOXIDO DE AZUFRE	4000 P.P.M.	ACERO
DIBROMURO DE ETILENO	4 P.P.S.	VIDRIO
DICLORURO DE ETILENO	6 P.P.S.	ACERO
ETILENO (GAS)	6000 P.P.M.	ACERO
ETILENGLICOL	6 P.P.S.	ACERO
GAS NATURAL	6000 P.P.M.	ACERO
HIDROGENO	4000 P.P.M.	ACERO
HIDROXIDO DE SODIO		
0-30 %	6 P.P.S.	ACERO Y NIQUEL
30-50 %	5 P.P.S.	ACERO Y NIQUEL
50-73 %	4 P.P.S.	ACERO Y NIQUEL
OXIGENO		
Temp. ambiente	4000 P.P.M.	AI TIPO 304
Temp. baja	1800 P.P.M. (Max.)	ACERO (300 psig Max)
PERCLORETILENO	6 P.P.S.	ACERO
PROPILENGLICOL	5 P.P.S.	ACERO
SULFURICO (ACIDO)		
88-93 %	4 P.P.S.	AI TIPO 316, PLOMO
93-100 %	4 P.P.S.	ACERO O HIERRO FUNDIDO CED.80
TETRAFLORURO DE CARBONO	6 P.P.S.	ACERO
TRICLOROETILENO	6 P.P.S.	ACERO
VAPOR		
0-30 psig, Saturado*	4000-6000 P.P.M.	ACERO
30-150 psig, Sol. o Sobrecalentado*	6000-1000 P.P.M.	ACERO
150 psig, ó mas Sobrecalentado	6300-15000 P.P.M.	ACERO
* Líneas Corias	15000 P.P.M. (Max.)	ACERO

NOTA.- ARH = ACERO RECUBIERTO DE HULE.

(FIGURA 6.7)  
 Caidas de presión en los componentes del sistema

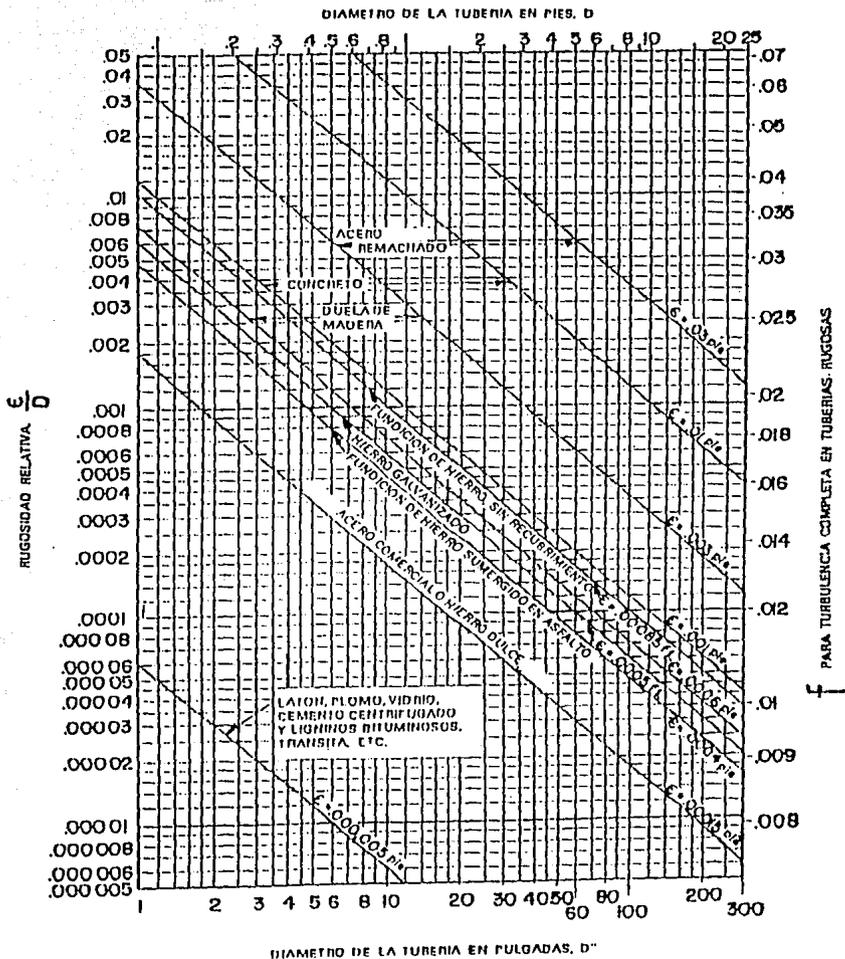
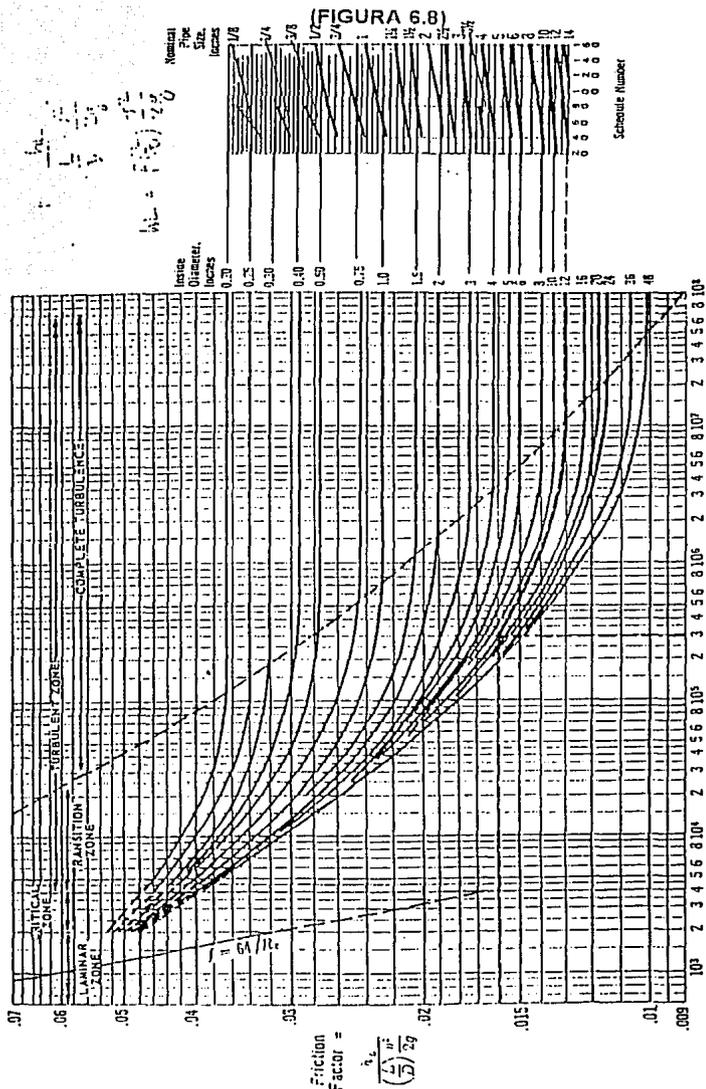


Fig. 29 Rugosidad relativa y factores de fricción para tuberías nuevas y limpias. (Reproducido del "Pipe Friction Manual", 3a. ed., Copyright 1961 por el Hydraulic Institute, Cleveland, Ohio)

# Friction Factors for Clean Commercial Steel and Wrought Iron Pipe<sup>18</sup>



*Handwritten notes:*  
 $f = \frac{64}{Re}$   
 Laminar Flow

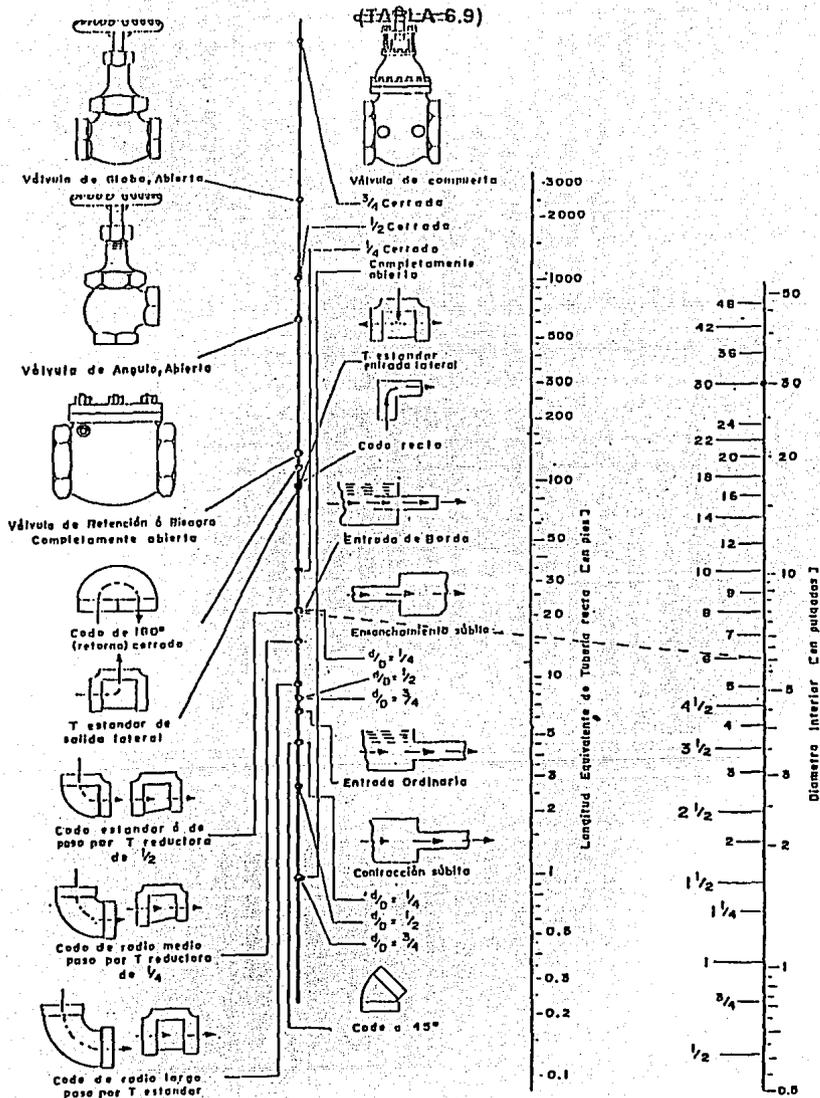
$R_4 - \text{Reynolds Number} = \frac{Dv\rho}{\mu}$

For other forms of the  $R_4$  equation, see page 2-2.

**Problem:** Determine the friction factor for 12-inch Schedule 40 pipe at a flow having a Reynolds number of 100,000. The friction factor ( $f$ ) equals 0.016.

**Solution:**

# RESISTENCIA DE VALVULAS Y ACCESORIOS AL FLUJO DE FLUIDOS



(TABLA 6.10)  
fórmulas empíricas de fricción

Resumen de las fórmulas para el cálculo de pérdidas por fricción, aplicables al flujo de agua en conductos a presión. Las unidades se expresan en sistema MKS

Tipo de tubería y flujo	Autor	Fórmula	Observaciones
Cualquier tipo de tubo y flujo.	Darcy-Weisbach	$h_f = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}$	Es la Ec. (8.2) y es de tipo universal; $f$ se obtiene del diagrama universal de Moody, o de alguna de las fórmulas indicadas a continuación.
Tubos lisos o rugosos en la zona laminar.	Poiseuille	$f = \frac{64}{R_e}$	Es la Ec. (8.3) y se aplica a la fórmula de Darcy-Weisbach y vale para $R_e < 2300$ .
Tubos lisos en la zona de transición o turbulenta.	Blasius	$f = \frac{0.3164}{R_e^{0.25}}$	Es la Ec. (8.4) y se aplica a la fórmula de Darcy-Weisbach. Vale para tubos de aluminio, latón, cobre, plomo, plástico, vidrio y asbesto-cemento para $R_e > 10^4$ .
	Nikuradse	$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \log \left( \frac{R_e \sqrt{f}}{2.51} \right)$	Es la Ec. (8.5b) y se aplica a la fórmula de Darcy-Weisbach. Vale para $2.3 \times 10^4 \leq R_e \leq 3.4 \times 10^5$ .
	Kozney (Ref. 9)	$f = \frac{2g}{(7.78 \log R_e - 5.95)^2}$	Se aplica a la fórmula de Darcy-Weisbach y vale para tubos de asbesto-cemento y para $R_e > 4000$ .
	Richter (Ref. 43)	$f = 0.01113 + 0.917/R_e^{0.4}$	Se aplica a la fórmula de Darcy-Weisbach y vale para tubos de hule y para $R_e > 4000$ .
	Ludin (Ref. 42)	$V = 140 R_e^{0.665} S_f^{1/8}$	Equivalente a usar la Ec. (8.9b) con $a = 57.37$ , $x = 0.645$ , $y = 50$ . Vale para tubos de asbesto-cemento. En esta fórmula $R_e$ es el radio hidráulico del tubo.

(TABLA 6.11)

resistencia al flujo en conductos de superficie

Tubos rugosos en la zona de transición o turbulenta.	$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left( \frac{4/D}{3.71} + \frac{2.51}{R_s \sqrt{f}} \right)$	Es la Ec. (8.7) y vale para tubos lisos o rugosos en la zona de transición o turbulenta y con $R_s > 4000$ . Se aplica a la fórmula de Darcy-Weisbach.
Hazen-Williams (Ref. 44)	$V = 0.355 C_H D^{0.85} S_f^{0.54}$	Ecuivalente a usar la Ec. (8.9a) con $a = 0.355 C_H$ ; $x = 0.63$ , $y = 0.54$ . Es la fórmula más común para tubos rugosos. $C_H$ depende del material del tubo de acuerdo con la tabla 8.4.
Tubos rugosos en la zona turbulenta.	$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \log \frac{3.71 D}{\epsilon}$	Es la Ec. (8.6b) y se aplica a la fórmula de Darcy-Weisbach.
Kozney (Ref. 9)	$f = \frac{2g}{(8.86 \log D + M)^2}$	Se aplica a la fórmula de Darcy-Weisbach. $M$ depende del material en la tubería según la tabla 8.4.
Chezy	$V = C \sqrt{R_s S_f}$	Es la fórmula general para este tipo de tubos y se obtiene de la fórmula de Darcy-Weisbach, haciendo $D = 4R_s$ . Ecuivalente a usar la Ec. (8.9a) con $a = 0.5C$ ; $x = y = 0.5$ . $C$ es un coeficiente que se obtiene de las fórmulas de Bazin, Kutter o Manning.
Bazin (Ref. 31)	$C = \frac{87}{1 + \Delta/\sqrt{R_s}}$	Se aplica a la fórmula de Chezy, donde $\Delta$ depende del material de que está construido el tubo de acuerdo con la tabla 8.4.
Kutter (Ref. 42)	$C = \frac{100\sqrt{R_s}}{m + \sqrt{R_s}}$	Se aplica a la fórmula de Chezy, donde $m$ depende del material de que está construido el tubo de acuerdo con la tabla 8.4.
Manning (Ref. 42)	$V = \frac{1}{n} R_s^{2/3} S_f^{1/2}$	Resultado de la fórmula de Chezy al considerar que $C = R_s^{1/6}/n$ . Ecuivalente a usar la Ec. (8.9a) con $a = 0.397/n$ , $x = 2/3$ , $y = 1/2$ . $n$ depende del material de que está construido el tubo de acuerdo con la tabla 8.4.

Para determinar cual es la mejor ecuación se realizaron varios intentos con algunas las ecuaciones sustituyendo valores y cuidando que el Reynolds corresponda al valor sugerido en las tablas mencionadas correspondiendo al tipo de flujo, que en el caso de las velocidades que se requieren en la conducción de agua residual se considera de transición a turbulento.

Después de hacer un análisis se selecciona la ecuación de Darcy Weisbach, que además de ser la que da resultados más reales es la que se usa para este tipo de sistemas de conducción por gravedad. Esta ecuación es de tipo universal, y puede aplicarse tanto para flujos impulsados por gravedad como para bajas velocidades de flujo, donde el factor de fricción se obtiene del diagrama de Moody, o de alguna de las ecuaciones que se han indicado anteriormente.

$$hf = f \frac{l}{d} \frac{v_x^2}{2g}$$

Este cálculo al aplicarse en flujos impulsados por gravedad depende directamente de consideraciones importantes como velocidad del flujo, longitud total de tubería y principalmente de la columna hidrostática disponible (ver perfil hidráulico en capítulo 4).

Por lo cual se deberá revisar que las pérdidas totales de la línea sean menores que la columna hidrostática disponible; si esto no sucede así, entonces deberá de calcularse con menor velocidad y, por ende, con mayor diámetro.

Incluso es práctica común incluir un margen de seguridad en la columna de pérdidas y entonces comparar que este valor siga siendo menor que la columna hidrostática disponible, y así asegurar la operación bajo cualquier condición que se tenga.

## 6.7 Cálculo de Espesor.

Siempre es necesario asegurar que la tubería resistirá bajo las condiciones específicas de operación como velocidad, presión, temperatura y factor de corrosión de un fluido, para lo cual se realizan los siguientes pasos que han sido tomados de las normas, ANSI B-31, ASME sección VIII y ANSI B-16.

Para el cálculo del espesor mínimo ( $e_m$ ) de una tubería que será usada en diferentes presiones y temperaturas no mayores que las de los materiales listados en las tablas 6.12 y 6.13., deberá ser determinado por la fórmula siguiente:

$$6.7.1 \quad e_m = \frac{P D}{2 (SE + P y)} + C$$

Donde: P = Presión máxima de servicio

D = Diámetro exterior de tubería

SE = Esfuerzo máximo permisible

y = Coeficiente

C = Margen de seguridad por roscado, esfuerzo mecánico y corrosión.

Para efectos prácticos se sugiere el siguiente formato el cual permite recopilar la información de manera ordenada y lógica, no sólo para su correcta aplicación sino también para su fácil revisión por secciones de tubería, este formato es muy útil principalmente cuando se calculan líneas de conducción con gran variedad de condiciones de temperatura y presión. Este documento es considerado como el testigo de la seguridad que ofrece la selección de una tubería.



# VALORES DE ESFUERZO ADMISIBLES PARA TEMPERATURAS

HASTA 650 °F

(ANSI B36.10-1967)

ESFUERZO MAXIMO ADMISIBLE ( Libras / pie<sup>2</sup> )

ASTM spec. No.	GRADO	COMPOSICION NOMINAL	ESPECIFICACION DE TENSION	FACTORES DE EFICIENCIA DE LOGITUDINAL	P. No.	ESFUERZO MAXIMO ADMISIBLE ( Libras / pie <sup>2</sup> )					
						10	20	30	40	50	60
Fig. 1 Welded carbon steel, hot-rolled A120, lap-welded A120, Austenitic, welded austenitic steel, V12	TP304H*	18Cr-8Ni	75,000	0.85	1	15,500	14,600	13,700	12,700	12,150	11,550
	TP304H*	18Cr-8Ni	75,000	0.85	4	15,500	14,600	13,700	12,700	12,150	11,550
	TP316H*	18Cr-12Ni-10Al	75,000	0.85	4	15,500	14,500	13,600	12,600	12,050	11,450
	TP316H*	18Cr-12Ni-10Al	75,000	0.85	8	15,500	14,500	13,600	12,600	12,050	11,450
	TP321H*	18Cr-10Ni-1Ti	75,000	0.85	8	15,500	14,500	13,600	12,600	12,050	11,450
Electric-fusion- welded austenitic	TP304	18Cr-8Ni	75,000	1.00	8	18,750	17,500	16,500	15,500	14,500	14,350
	TP304	18Cr-8Ni	75,000	1.00	8	18,750	17,500	16,500	15,500	14,500	14,350
	TP304	18Cr-8Ni	75,000	0.90	8	18,750	17,500	16,500	15,500	14,500	14,350
	TP304	18Cr-8Ni	75,000	0.90	8	18,750	17,500	16,500	15,500	14,500	14,350
	TP316	18Cr-12Ni-10Al	75,000	1.00	8	18,750	17,500	16,500	15,500	14,500	14,350
	TP316	18Cr-12Ni-10Al	75,000	0.90	8	18,750	17,500	16,500	15,500	14,500	14,350
	TP316	18Cr-12Ni-10Al	75,000	0.90	8	18,750	17,500	16,500	15,500	14,500	14,350
	TP316	18Cr-12Ni-10Al	75,000	0.90	8	18,750	17,500	16,500	15,500	14,500	14,350
	TP321	18Cr-10Ni-1Ti	75,000	1.00	8	18,750	17,500	16,500	15,500	14,500	14,350
	TP321	18Cr-10Ni-1Ti	75,000	0.90	8	18,750	17,500	16,500	15,500	14,500	14,350
	TP321	18Cr-10Ni-1Ti	75,000	0.90	8	18,750	17,500	16,500	15,500	14,500	14,350
	TP321	18Cr-10Ni-1Ti	75,000	0.90	8	18,750	17,500	16,500	15,500	14,500	14,350
	Semi-stainless	FC-13Al	13Cr-13Al	60,000	1.00	1	10,500	10,000	10,200	10,000	9,500
FC-13Al		13Cr-13Al	60,000	1.00	2	10,500	10,000	10,200	10,000	9,500	9,000
FC-13Al		13Cr-13Al	60,000	1.00	3	10,500	10,000	10,200	10,000	9,500	9,000
FC-13Al		13Cr-13Al	60,000	1.00	4	10,500	10,000	10,200	10,000	9,500	9,000
FC-13Al		13Cr-13Al	60,000	1.00	8	10,500	10,000	10,200	10,000	9,500	9,000
FC-13Al		13Cr-13Al	60,000	1.00	8	10,500	10,000	10,200	10,000	9,500	9,000
FC-13Al		13Cr-13Al	60,000	1.00	8	10,500	10,000	10,200	10,000	9,500	9,000
FC-13Al		13Cr-13Al	60,000	1.00	8	10,500	10,000	10,200	10,000	9,500	9,000
FC-13Al		13Cr-13Al	60,000	1.00	8	10,500	10,000	10,200	10,000	9,500	9,000
FC-13Al		13Cr-13Al	60,000	1.00	8	10,500	10,000	10,200	10,000	9,500	9,000
FC-13Al		13Cr-13Al	60,000	1.00	8	10,500	10,000	10,200	10,000	9,500	9,000
FC-13Al		13Cr-13Al	60,000	1.00	8	10,500	10,000	10,200	10,000	9,500	9,000
FC-13Al		13Cr-13Al	60,000	1.00	8	10,500	10,000	10,200	10,000	9,500	9,000

# VALORES DE ESFUERZO ADMISIBLES PARA TEMPERATURAS

DESDE 650 °F HASTA 1200

ASTM spec. No.	GRADO NOMINAL	ESPECIFICACION DE TENSION	FACTORE DE EFICIENCIA DE UNION LOGITUDINAL	P. No.°	650°	700°
Automatically welded austenitic steel, A312						
	TP304H	RC-8Cr-2 <sup>1/2</sup>	0.85	8	12,050	
	TP304H	RC-8Cr	0.85	8	8,900	
	TP316H	RC-12Ni-11Cr <sup>1/2</sup>	0.85	8	13,600	
	TP316H	RC-12Ni-10Cr <sup>1/2</sup>	0.85	8	9,600	
	TP321H	RC-10Ni-17 <sup>1/2</sup>	0.85	8	12,850	
	TP321H	RC-10Ni-17 <sup>1/2</sup>	0.85	8	10,350	
Stainless A53 carbon steel						
	A <sup>4</sup>	48,000	1.00	1	11,650	
	B <sup>4</sup>	60,000	1.00	1	14,350	
A106 carbon steel						
	B <sup>4</sup>	60,000	1.00	1	12,000	
	C <sup>4</sup>	70,000	1.00	1	14,350	
					17,500	16,600

## ESFUERZO MAXIMO ADMISIBLE ( Libras / Pó<sup>2</sup> ), PARA TEMPERATURAS QUE NO EXCEDAN DE:

750	800	850	900	950	1,000	1,050	1,100	1,150	1,200
12,000	11,900	11,750	11,550	11,400	10,600	9,450	7,400	5,850	4,650
8,850	8,700	8,650	8,500	8,300	8,050	7,650	7,000	5,850	4,650
13,450	13,300	12,950	12,600	12,350	11,900	11,300	10,200	8,050	5,900
9,350	9,300	9,000	8,750	8,600	8,350	8,200	8,050	7,350	5,900
12,850	12,850	12,750	12,650	12,600	12,300	11,650	8,000	6,550	4,650
10,200	10,100	9,850	9,600	9,500	9,350	9,200	8,500	6,550	4,650
10,700	9,000								
12,950	10,800								
10,700	9,000								
12,950	10,800								
14,750	12,000								

PROPIEDADES FISICAS DE TUBERIAS

(Grinnell Co., Inc.)

DIAMETRO NOMINAL (pulg)	NUMERO DE CREDULA			Metal del eq. in.	(pulg <sup>2</sup> ) SUPERFICIE EXTERIOR POR PIE	(pulg <sup>2</sup> ) SUPERFICIE INTERIOR POR PIE	PESO POR PIE. (lbms)	PESO DE AGUA POR PIE (Lbms)	MOMENTO DE INERCIA (pulg <sup>4</sup> )	MODULO DE RESCCION (pulg <sup>2</sup> )	VADIO DE GIRO (pulg)
	a	b	c								
1/4 0.250	...	...	10S	0.0740	0.106	0.0804	0.186	0.0321	0.00088	0.00437	0.1721
	40	S14	40S	0.0568	0.106	0.0705	0.245	0.0246	0.00106	0.00525	0.1215
	80	X8	80S	0.0364	0.106	0.0563	0.315	0.0157	0.00122	0.00600	0.1146
1/2 0.375	...	...	10S	0.1320	0.141	0.1073	0.330	0.0572	0.00279	0.01032	0.1694
	40	S14	40S	0.0868	0.141	0.0955	0.425	0.0451	0.00531	0.01250	0.1628
	80	X8	80S	0.0716	0.141	0.0794	0.535	0.0310	0.00978	0.01395	0.1547
3/4 0.575	...	...	10S	0.0665	0.146	0.1427	0.423	0.1011	0.00586	0.01737	0.2169
	40	S14	40S	0.091	0.177	0.1253	0.368	0.0822	0.00730	0.02160	0.2090
	80	X8	80S	0.126	0.177	0.1108	0.739	0.0609	0.00882	0.02354	0.1991
1 0.750	...	...	10S	0.1357	0.174	0.1765	0.671	0.1547	0.01431	0.0341	0.2682
	40	S14	40S	0.072	0.200	0.1628	0.851	0.1316	0.01710	0.0407	0.2313
	80	X8	80S	0.310	0.200	0.1435	1.088	0.1013	0.01010	0.0478	0.2305
	160	X16	160S	0.1706	0.220	0.1220	1.104	0.0746	0.02213	0.0577	0.2492
	...	...	X24	0.0499	0.220	0.0600	1.714	0.0216	0.02425	0.0577	0.2492
	...	...	X36	0.294	0.220	0.3009	0.282	0.0216	0.02425	0.0577	0.2492
1.000	...	...	10S	0.065	0.275	0.2011	0.684	0.3882	0.02451	0.0467	0.349
	40	S14	40S	0.083	0.314	0.2571	0.857	0.2681	0.02970	0.0546	0.343
	80	X8	80S	0.333	0.333	0.2317	1.311	0.2301	0.0370	0.0706	0.334
	160	X16	160S	0.154	0.432	0.275	1.943	0.1875	0.0448	0.0853	0.321
	...	...	X24	0.218	0.614	0.284	1.937	0.1284	0.0527	0.1004	0.304
	...	...	X36	0.308	0.434	0.275	2.441	0.0641	0.0579	0.1104	0.284
1.315	...	...	10S	0.065	1.185	0.2553	0.868	0.478	0.0500	0.0760	0.443
	40	S14	40S	0.109	0.945	0.344	1.404	0.409	0.0757	0.1151	0.428
	80	X8	80S	0.133	0.049	0.494	1.679	0.374	0.0874	0.1329	0.421
	160	X16	160S	0.719	0.639	0.344	2.172	0.311	0.1056	0.1606	0.407
	...	...	X24	0.250	0.836	0.2134	2.844	0.2261	0.1252	0.1903	0.367
	...	...	X36	0.599	0.2818	0.344	3.659	0.1221	0.1405	0.2137	0.361
1.660	...	...	10S	0.1310	0.326	0.334	1.107	0.797	0.1038	0.1250	0.564
	40	S14	40S	0.109	0.442	0.534	1.805	0.707	0.1605	0.1974	0.550
	80	X8	80S	0.380	0.496	0.334	2.273	0.648	0.1948	0.2346	0.540
	160	X16	160S	1.278	1.283	0.881	2.997	0.555	0.2418	0.2913	0.524
	...	...	X24	0.191	1.278	0.881	2.997	0.555	0.2418	0.2913	0.524
	...	...	X36	0.191	1.278	0.881	2.997	0.555	0.2418	0.2913	0.524

1½ 1.068	160	XXXX	...	0.250	1.140	1.057	1.107	0.434	0.304	3.765	0.158	0.2839	0.347	0.506
				0.382	0.896	0.631	1.534	0.434	0.2346	5.214	0.2732	0.341	0.411	0.472
1½ 1.500	40	Slid	...	0.065	1.770	2.461	0.375	0.497	0.463	1.274	1.067	0.1580	0.1663	0.649
	80	Slid	...	0.109	1.682	2.222	0.613	0.497	0.440	2.085	0.962	0.2469	0.2599	0.534
	160	XXXX	...	0.145	1.610	2.016	0.799	0.497	0.421	2.718	0.583	0.310	0.376	0.623
				0.200	1.500	1.767	1.068	0.497	0.393	3.631	0.765	0.412	0.485	0.685
				0.281	1.138	1.459	1.429	0.497	0.350	4.859	0.608	0.483	0.598	0.581
				0.400	1.100	1.056	1.985	0.497	0.288	6.408	0.402	0.568	0.398	0.549
2 2.375	40	Slid	...	0.065	2.245	3.96	0.472	0.622	0.388	1.604	1.716	0.315	0.2652	0.817
	80	Slid	...	0.109	2.157	3.65	0.776	0.622	0.565	2.638	1.582	0.499	0.420	0.802
	160	XXXX	...	0.154	2.067	3.36	1.075	0.622	0.541	3.653	1.455	0.666	0.561	0.787
				0.218	1.939	2.953	1.477	0.622	0.508	5.022	1.280	0.868	0.731	0.766
				0.343	1.689	2.240	2.190	0.622	0.442	7.444	0.971	1.163	0.979	0.729
				0.436	1.503	1.774	2.656	0.622	0.393	9.029	0.769	1.312	1.104	0.703
2½ 2.875	40	Slid	...	0.083	2.709	5.76	0.728	0.753	0.709	2.475	2.499	0.710	0.494	0.988
	80	Slid	...	0.120	2.635	5.45	1.039	0.753	0.690	3.531	2.361	0.988	0.687	0.975
	160	XXXX	...	0.203	2.469	4.79	1.704	0.753	0.646	5.793	2.076	1.530	1.064	0.947
				0.276	2.321	4.24	2.254	0.753	0.608	7.661	1.837	1.925	1.339	0.924
				0.375	2.125	3.55	2.945	0.753	0.556	10.01	1.535	2.353	1.637	0.884
				0.552	1.771	2.464	4.03	0.753	0.464	13.70	1.067	2.872	1.998	0.844
3 3.500	40	Slid	...	0.083	3.334	8.73	0.891	0.916	0.873	3.03	3.78	1.301	0.744	1.208
	80	Slid	...	0.120	3.260	8.35	1.274	0.916	0.853	4.33	3.61	1.622	1.041	1.196
	160	XXXX	...	0.216	3.068	7.39	2.228	0.916	0.803	7.38	3.20	3.02	1.224	1.164
				0.300	2.900	6.61	3.02	0.916	0.759	10.25	2.864	5.00	2.226	1.136
				0.437	2.626	5.42	4.21	0.916	0.687	14.32	2.348	5.03	2.876	1.094
				0.600	2.300	4.15	5.47	0.916	0.602	18.58	1.801	5.99	3.43	1.047
3½ 4.000	40	Slid	...	0.083	3.334	11.55	1.021	1.047	1.004	3.47	5.01	1.860	0.980	1.385
	80	Slid	...	0.120	3.260	11.10	1.463	1.047	0.964	4.97	4.81	2.756	1.378	1.372
	160	XXXX	...	0.216	3.046	9.89	2.680	1.047	0.929	9.11	4.28	4.79	2.394	1.337
				0.356	2.766	8.89	3.68	1.047	0.861	12.51	3.85	6.28	3.14	1.307
4 4.500	40	Slid	...	0.083	4.334	14.75	1.152	1.178	1.135	3.97	6.40	2.811	1.749	1.562
	80	Slid	...	0.120	4.260	14.35	1.651	1.178	1.115	5.61	6.17	3.76	1.762	1.549
	160	XXXX	...	0.217	4.026	12.73	3.17	1.178	1.054	10.79	5.31	5.26	2.121	1.379
				0.341	3.626	11.40	4.41	1.178	1.002	14.96	4.58	9.61	3.21	1.477
				0.437	3.466	10.33	5.38	1.178	0.949	18.96	4.48	11.65	3.18	1.445
				0.621	3.128	7.28	6.62	1.178	0.820	22.31	4.02	13.76	2.70	1.376
				0.874	2.780	6.10	8.10	1.178	0.625	27.34	3.38	15.23	2.19	1.374

\* See footnote at end of table.

† See footnotes at end of table.

Physical Properties of Pipe\* (Continued)

Nominal pipe size, O.D., in.	Schedule number†			Wall thick- ness, in.	I.D., in.	Inside area, sq.in.	Metal area, sq.in.	Sq ft outside surface, per ft.	Sq ft inside surface, per ft.	Weight per ft., lb.	Weight of water per ft., lb.	Moment of inertia, in. <sup>4</sup> .	Section modulus, in. <sup>3</sup> .	Radius gyra- tion, in.
	a	b	c											
5 5.363	...	...	XS	0.109	5.345	22.44	1.868	1.456	1.399	6.355	9.73	6.95	2.498	1.979
	40	...	Std	0.134	5.295	22.02	2.285	1.456	1.386	7.77	9.53	8.43	3.03	1.978
	80	XS	Std	0.258	5.047	20.01	4.30	1.456	1.321	14.62	8.66	15.17	5.45	1.870
	120	...	XS	0.375	4.813	18.19	6.11	1.456	1.260	20.78	7.89	20.66	7.43	1.839
	160	...	XXS	0.500	4.563	16.35	7.95	1.456	1.195	27.04	7.09	25.74	9.25	1.799
6 6.625	...	...	XS	0.625	4.313	14.61	9.70	1.456	1.129	32.96	6.33	30.0	10.80	1.760
	40	...	Std	0.750	4.063	12.97	11.34	1.456	1.064	38.55	5.62	33.6	12.10	1.722
	80	...	XS	1.019	32.2	2.231	1.734	1.677	5.37	13.98	11.85	3.58	2.304	
	120	...	Std	0.134	6.357	31.7	2.733	1.734	1.664	9.29	13.74	14.40	4.35	2.295
	160	...	XXS	0.280	6.095	28.89	5.38	1.734	1.568	18.97	12.51	28.14	8.50	2.245
8 8.625	...	...	XS	0.432	5.761	26.07	8.40	1.734	1.508	28.57	11.29	40.5	12.23	2.195
	40	...	Std	0.562	5.501	23.77	10.70	1.734	1.440	36.39	10.30	49.6	14.98	2.153
	80	...	XS	0.718	5.189	21.15	13.33	1.734	1.358	45.30	9.16	59.0	17.81	2.104
	120	...	Std	0.864	4.897	18.83	15.64	1.734	1.282	53.16	8.17	66.3	20.03	2.060
	160	...	XXS	1.019	4.607	16.55	19.16	2.258	2.201	9.91	24.07	26.45	6.13	3.01
10 10.760	...	...	XS	0.148	8.329	54.5	3.94	2.258	2.180	13.40	23.59	35.4	8.21	3.062
	40	...	Std	0.250	8.125	51.8	6.58	2.258	2.127	22.36	22.48	57.7	13.39	2.962
	80	...	XS	0.322	7.891	50.0	8.40	2.258	2.113	24.70	22.18	63.4	14.69	2.953
	120	...	Std	0.406	7.613	47.9	10.48	2.258	2.045	28.55	21.69	72.5	16.81	2.918
	160	...	XXS	0.500	7.625	45.7	12.76	2.258	1.996	35.64	20.79	88.8	20.58	2.909
12 12.000	...	...	XS	0.593	7.439	43.5	14.96	2.258	1.948	43.39	19.80	105.7	24.52	2.878
	40	...	Std	0.718	7.189	40.6	17.84	2.258	1.882	50.87	18.84	121.4	28.14	2.847
	80	...	XS	0.812	7.001	38.5	19.93	2.258	1.826	60.63	17.60	140.6	32.6	2.807
	120	...	Std	0.875	6.875	37.1	21.30	2.258	1.800	67.76	16.69	153.8	35.7	2.777
	160	...	XXS	0.966	6.813	36.5	21.97	2.258	1.784	74.69	15.80	165.9	38.5	2.748
16 16.000	...	...	XS	0.134	10.482	86.3	4.52	2.815	2.744	15.15	37.4	63.7	11.85	3.75
	40	...	Std	0.165	10.420	85.3	5.49	2.815	2.728	18.70	36.9	76.9	14.30	3.74
	80	...	XS	0.250	10.250	82.5	8.26	2.815	2.683	28.04	35.8	113.7	21.46	3.71
	120	...	Std	0.279	10.192	81.6	9.18	2.815	2.668	31.20	35.3	125.9	23.12	3.70
	160	...	XXS	0.307	10.136	80.7	10.07	2.815	2.654	34.24	35.0	137.5	25.57	3.69
20 20.000	...	...	XS	0.365	10.020	78.9	11.91	2.815	2.623	40.48	34.1	160.8	29.90	3.67
	40	...	Std	0.500	9.750	74.7	16.10	2.815	2.553	54.74	32.3	212.0	39.4	3.63
	80	...	XS	0.593	9.564	71.8	18.92	2.815	2.504	64.33	31.1	244.9	45.6	3.60
	120	...	Std	0.718	9.314	68.1	22.63	2.815	2.438	76.93	29.5	286.2	53.2	3.56
	160	...	XXS	0.718	9.314	68.1	22.63	2.815	2.438	76.93	29.5	286.2	53.2	3.56



Physical Properties of Pipe\* (Continued)

Nominal pipe size, O.D., in.	Schedule number			Wall thickness, in.	I.D., in.	Inside area, sq in.	Metal area, sq in.	Sq ft outside surface, per ft.	Sq ft inside surface, per ft.	Weight per ft., lb.	Moment of inertia, in. <sup>4</sup>	Section modulus, in. <sup>3</sup>	Radius of gyration, in.
	a	b	c										
18 18.000	80	...	...	0.750	14.500	165.1	35.9	4.19	3.80	122.15	1.047	130.9	5.40
	...	...	...	0.842	14.314	160.9	40.1	4.19	3.75	116.46	1.137	144.6	5.37
	100	...	...	0.875	14.250	159.5	41.6	4.19	3.73	141.23	1.193	154.1	5.36
	...	...	...	1.031	13.938	152.6	48.5	4.19	3.65	164.93	1.365	170.6	5.30
	120	...	...	1.218	13.564	144.5	56.6	4.19	3.55	192.23	1.536	194.5	5.24
	140	...	...	1.437	13.126	135.3	65.7	4.19	3.44	223.30	1.760	220.0	5.17
160	...	...	1.593	12.814	129.0	72.1	4.19	3.33	245.11	1.894	236.7	5.12	
18 18.000	10	...	...	0.250	17.500	240.5	13.94	4.71	4.58	47.39	549	61.0	6.28
	20	...	...	0.312	17.376	237.1	17.34	4.71	4.55	59.03	678	75.3	6.25
	...	...	...	0.375	17.250	233.7	20.76	4.71	4.52	70.59	807	89.6	6.23
	30	Std	...	0.437	17.126	230.4	24.11	4.71	4.48	82.06	931	103.4	6.21
	...	...	...	0.500	17.000	227.0	27.49	4.71	4.45	93.45	1,053	117.0	6.19
	40	...	...	0.562	16.876	223.7	30.8	4.71	4.42	104.75	1,172	130.2	6.17
	...	...	...	0.625	16.750	220.5	34.1	4.71	4.39	115.98	1,289	143.3	6.15
	...	...	...	0.687	16.626	217.1	37.4	4.71	4.35	127.03	1,404	156.3	6.13
	60	...	...	0.750	16.500	213.8	40.6	4.71	4.32	138.17	1,515	168.3	6.10
	...	...	...	0.875	16.250	207.4	47.1	4.71	4.25	160.04	1,731	192.8	6.06
	80	...	...	0.937	16.126	204.2	50.2	4.71	4.22	170.25	1,834	205.8	6.04
	100	...	...	1.156	15.688	193.3	61.2	4.71	4.11	207.96	2,400	242.2	5.97
120	...	...	1.375	15.250	182.6	71.8	4.71	3.99	244.14	2,968	277.6	5.90	
140	...	...	1.562	14.876	173.8	80.7	4.71	3.89	274.23	3,250	306	5.84	
160	...	...	1.781	14.438	163.7	90.7	4.71	3.78	308.51	3,620	336	5.77	
20 20.000	10	...	...	0.250	19.500	298.6	15.51	5.24	5.11	52.73	757	75.7	6.96
	20	...	...	0.312	19.376	294.9	19.30	5.24	5.07	65.40	881	91.5	6.96
	...	...	...	0.375	19.250	291.0	23.12	5.24	5.04	78.60	1,014	111.4	6.94
	30	Std	...	0.437	19.126	287.3	26.86	5.24	5.01	91.31	1,146	125.9	6.92
	...	...	...	0.500	19.000	283.5	30.6	5.24	4.97	104.13	1,278	141.9	6.90
	40	...	...	0.562	18.876	279.8	34.3	5.24	4.94	116.87	1,413	158.4	6.88
	...	...	...	0.593	18.814	278.0	36.2	5.24	4.93	122.91	1,470	170.4	6.88
	...	...	...	0.625	18.750	276.1	38.0	5.24	4.91	129.33	1,527	182.7	6.85
	...	...	...	0.687	18.626	272.5	41.7	5.24	4.88	141.21	1,684	198.6	6.83
	60	...	...	0.750	18.500	268.8	45.4	5.24	4.84	154.20	1,841	216.7	6.81
	...	...	...	0.812	18.376	265.2	48.9	5.24	4.81	166.40	2,005	235.7	6.79
	80	...	...	0.875	18.250	261.6	52.6	5.24	4.78	178.73	2,176	254.9	6.77
100	...	...	1.031	17.938	252.7	61.4	5.24	4.70	208.87	2,722	277.2	6.72	
...	...	...	1.281	17.438	238.8	75.3	5.24	4.57	256.10	3,320	332	6.63	

## 6.8 Recomendaciones Generales para Diseño.

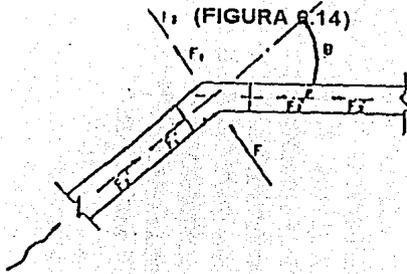
Como es de interés que en el diseño se tomen en cuenta el mayor número de consideraciones que aseguren no solo el funcionamiento sino también la confiabilidad de los equipos y su operación con el mínimo de paros por mantenimientos preventivos y correctivos, se deben aplicar las siguientes recomendaciones:

**6.8.1 Atraque de Válvula Retención.-** La válvula de retención siempre es necesaria en los sistemas de bombeo y tuberías con la función de asegurar la rigidez de la conexión y además así desmontar fácilmente dicha válvula en caso necesario. Este atraque se sitúa en el extremo de la válvula y consiste de una placa de acero, con una ranura igual a la sección interior de la tubería y con orificios que corresponden con los de las bridas del tubo y de la válvula, esta placa se fija en la losa del piso, como se ve en la figura 6.14.

En el cálculo del espesor de la placa se toma en cuenta la presión del golpe de ariete y se acepta un espesor mínimo de una pulgada.

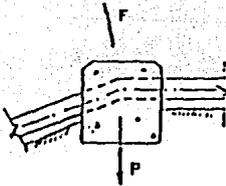
**6.8.2 Juntas de Expansión.-** Como ya se mencionó anteriormente, se instalan para compensar los cambios dimensionales de la tubería debidos al cambio de temperatura, y momentos producidos por presiones excesivas para así evitar esfuerzos en soportes de tubería y en la tubería misma también.

Además de los accesorios ya mencionados, es práctica común instalar al final o extremo de la tubería un codo a 90° que tiene como función guiar el flujo hacia el destino o en el caso de la PTAR, hacia el fondo del tanque donde descarga.



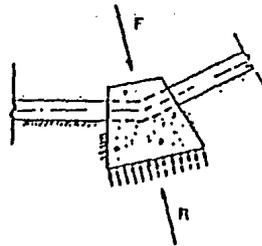
Fuerza total resultante sobre el codo de una tubería, con agua en circulación.

FIGURA  
26



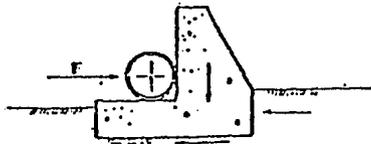
$$P \geq F$$

El peso del mochón  $P$  debe contrarrestar la fuerza  $F$



$$A \cdot r \geq F$$

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



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

**6.8.3 Válvulas de Compuerta.-** Esta se utiliza para aislar alguna sección de la tubería y/o entre equipos sin que se interrumpa totalmente el servicio de bombeo, ésta es recomendable en la descarga de cada bomba, después de la válvula de retención y antes de la de alivio. Estas también son utilizadas para desagüe y se instalan dentro de una caja de protección.

**6.8.4 Válvulas de Globo.-** Estas se caracterizan de tal forma que al estar parcialmente cerradas, las corrientes que derivan son mucho más simétricas que las que se establecen en la válvula de compuerta, lo que significa que una válvula de globo es un elemento de control mucho más efectivo para regular flujos. Aunque es un hecho inherente que éstas presentan grandes caídas de presión, donde además no se presenta recuperación de la presión, una vez que el líquido ha pasado por la válvula.

Además por la experiencia que se ha adquirido en este tipo de plantas se hacen recomendaciones adicionales sobre este tema;

**6.8.5** En lo posible se deberán eliminar cambios de dirección como codos de 90° y en su lugar utilizar los de 45° para disminuir al máximo las pérdidas por fricción, además se deberán considerar en detalle los catálogos del fabricante de tubería y ubicar correctamente las válvulas de protección (check, alivio, y eliminadoras de aire, etc) y de control; atraques, codos, silletas, machones y juntas de dilatación.

**6.8.6** Las tuberías se deben apoyar en silletas, sin anillos atiesadores, que pueden quedar formadas con perfiles de fierro estructural a base de ángulos, placas, y soleras o concreto armado. Por facilidad de construcción son mejores las últimas y se calculan con la carga que les transmite la tubería. Las figuras 6.15 y 6.16 muestran el tipo de silletas más comunes.

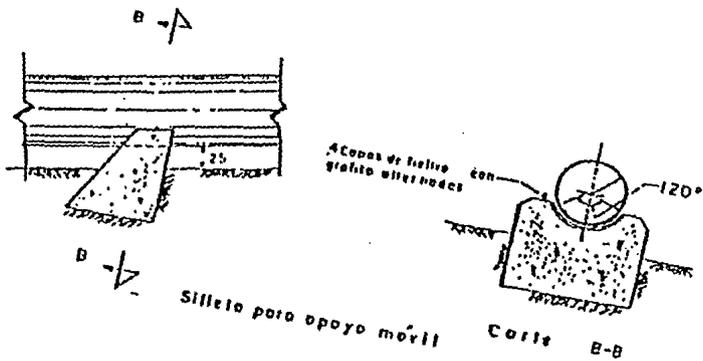
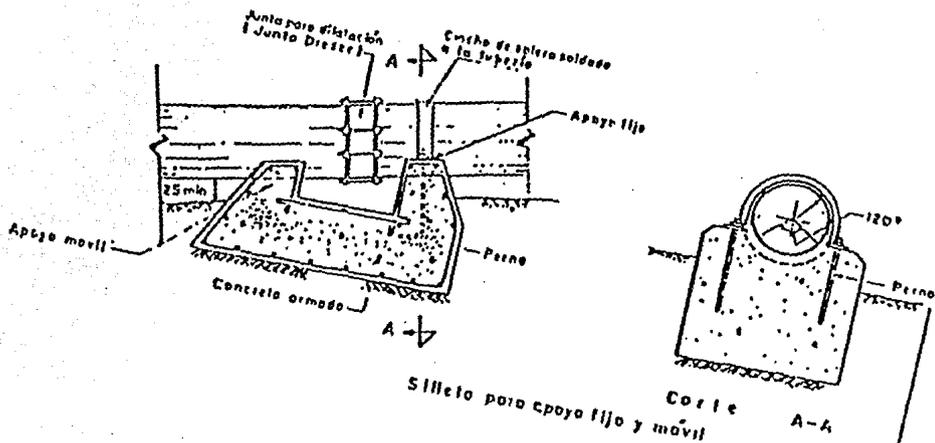
**6.8.7** Para el montaje, toda la tubería y conexiones de acero que queden bajo nivel de terreno (piso) deberán de protegerse contra la corrosión y en casos donde aplique se pueden utilizar apoyos móviles como el de la figura 6.13.

**6.8.8** Las conexiones para soldar a tope deberán ser con espesor de pared igual al de la tubería y sin costura.

**6.8.9** Las silletas de la tubería deberán de colocarse a una separación máxima. Para determinar la distancia, la tubería se supone como una viga continua y un cantiliver formado por el extremo de la tubería que se conecta a la junta de dilatación. Cuando por condiciones topográficas no sea posible colocarlas a máxima separación, se colocarán donde sea posible.

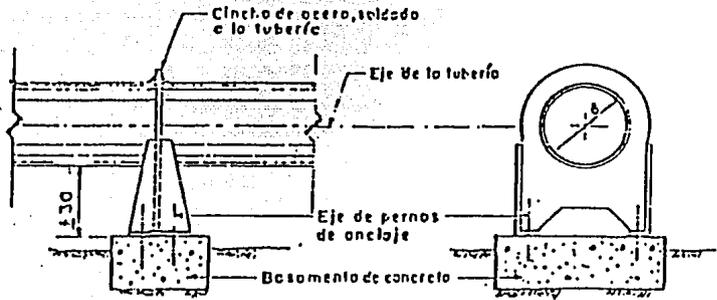
**6.8.10** Los machones deben ser calculados en base a la fuerza total resultante debido a presión hidrostática y la resultante originada por el impulso y la reacción que ejerce el agua sobre el codo.

(FIGURA 6.15)

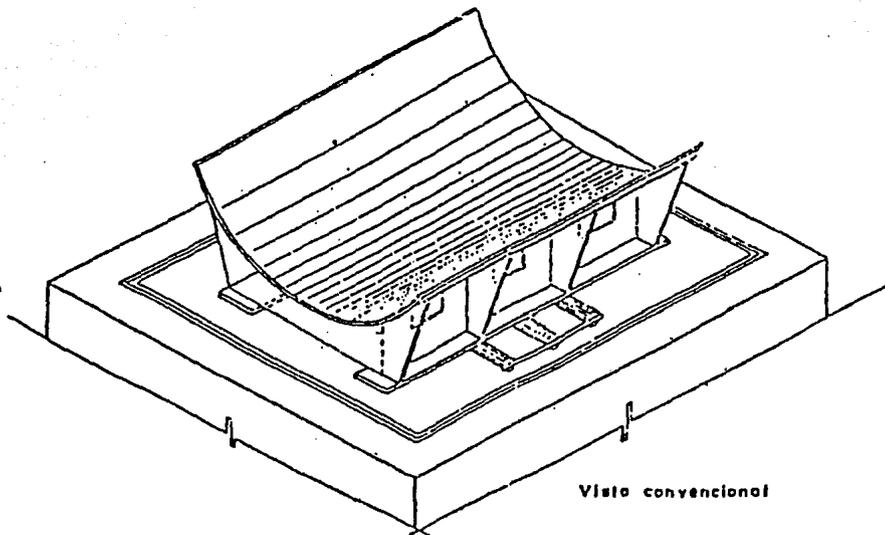
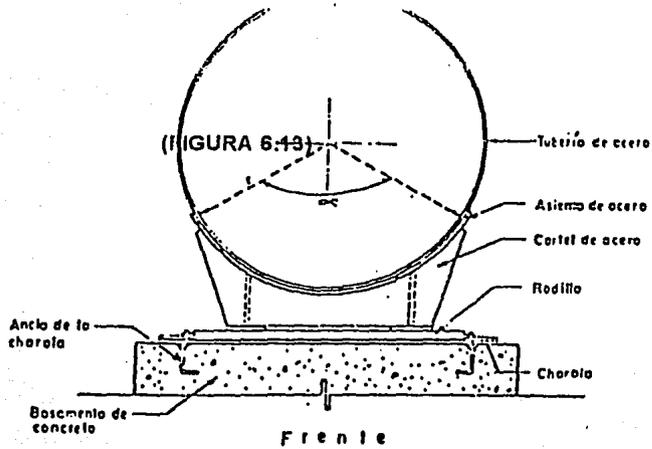


Silleros de concreto

(FIGURA 6.16)



-Sillera de acero para apoyo fijo.



Apoyo móvil para tubería de acero

## **CAPITULO 7**

### **CALCULO DE EQUIPOS DE BOMBEO**

En este capítulo se presenta la clasificación de las bombas, la descripción de un sistema de bombeo y el procedimiento de cálculo, haciendo notar las consideraciones importantes en su aplicación para una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

#### **7.1 Sistema de Bombeo**

Para fines del alcance hidráulico de este tema, las partes principales típicas que integran un sistema de bombeo en una Planta de Tratamiento de Aguas son:

- a) Captación o toma por tubería o canal.
- b) Cárcamo (obra de succión).
- c) Equipo de bombeo.
- d) Descarga por tubería.

#### **7.2 Captación**

Es la obra requerida para abastecer de agua al cárcamo, y en donde se localiza el equipo de bombeo. Este abastecimiento deberá llegar al cárcamo con una pendiente suave para evitar turbulencia y deberá previamente el flujo de agua haber pasado por rejillas recolectoras de sólidos gruesos y canales de pretratamiento.

### **7.3 Cárcamo**

Es un depósito enterrado fabricado de concreto cuyas dimensiones están en función de el volúmen de agua a transportar, y su diseño puede ser circular, rectangular o cuadrado, siendo preferible el circular para evitar zonas muertas de flujo. Esto depende, también del tipo de bomba a emplear.

Su función es la de mantener un nivel y el volúmen de agua suficiente que permita la distribución del flujo de agua hacia la campana de succión y evitar distribución desigual de flujos hacia diferentes bombas localizadas en la misma toma, así como el disminuir torbellinos y consumo de energía por operación a baja eficiencia.

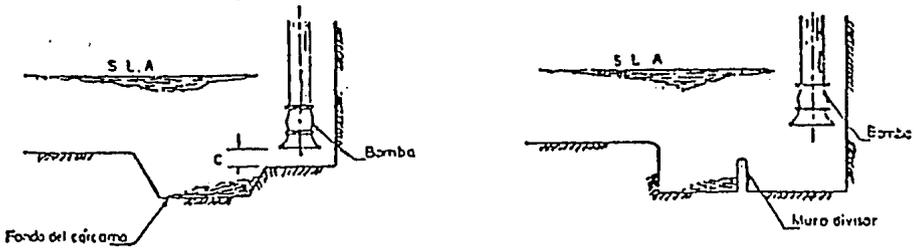
La distribución desigual de flujo puede ser causada por la geometría del depósito de succión y la ubicación de la entrada de flujo al cárcamo. Por lo cual se recomiendan distancias de acuerdo al Instituto de Hidráulica (ver figuras 7.1 y 7.2)

Asi mismo es necesario conservar la separación entre campanas de succión entre varias bombas y evitar así la formación de fuertes corrientes de flujos encontrados que causen disminución de la eficiencia total en bombas verticales centrífugas. (ver gráfica 7.3 ), por lo que la velocidad de flujo en el cárcamo no deberá exceder de 0.3 m/seg.

Otro factor importante para el buen funcionamiento de la bomba es la sumergencia o columna de agua disponible en el impulsor de la succión, así como la separación de la succión y el fondo del cárcamo o nivel del fondo.

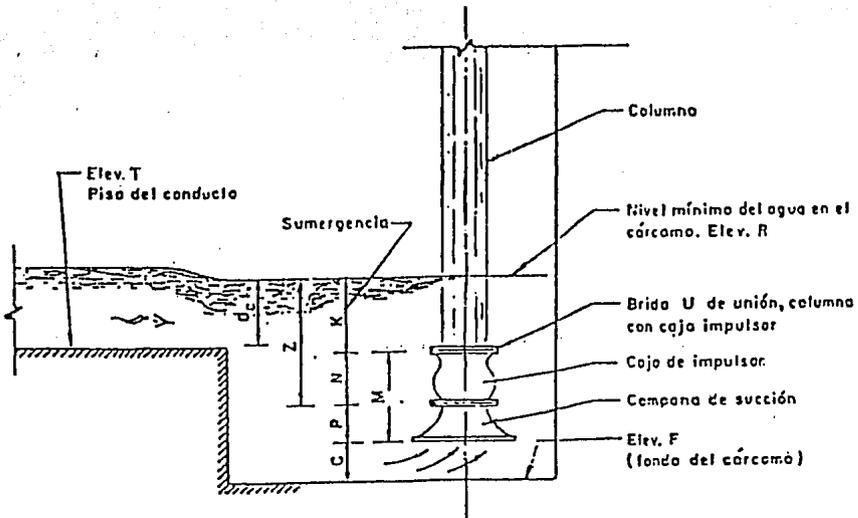
Para determinar la elevación de fondo (E.F.) del cárcamo es necesario consultar datos del fabricante de bombas (ver diagrama 7.1), como:

(FIGURA 7.1)



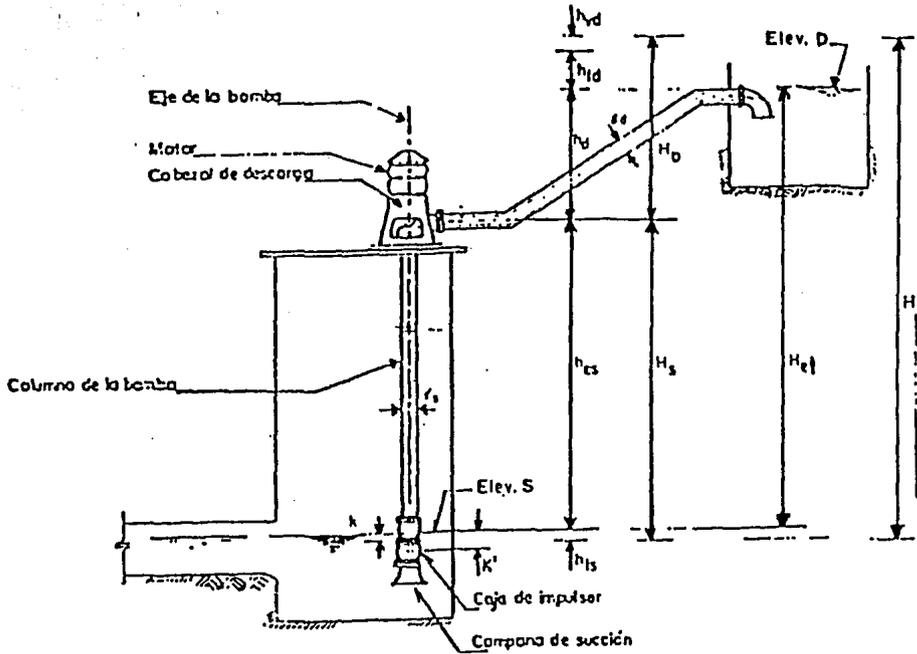
Fondo del cárcamo.

FIGURA  
21



ELEVACION DEL FONDO DEL CARCAMO

(FIGURA 7.2)

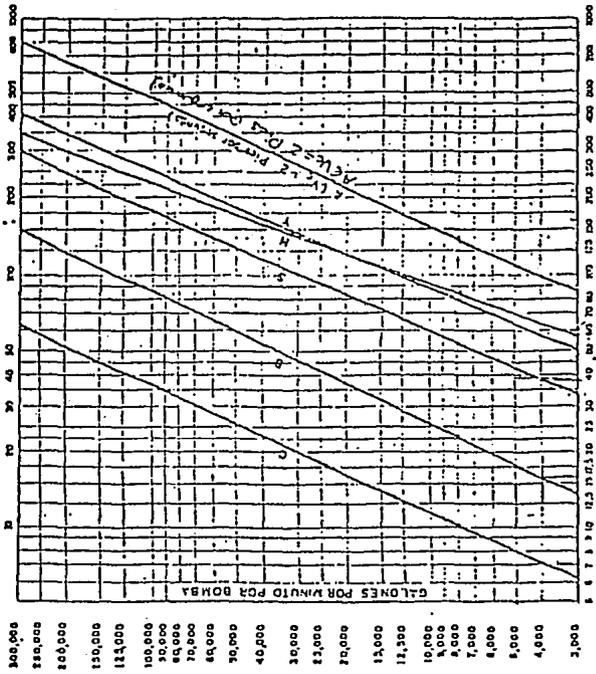
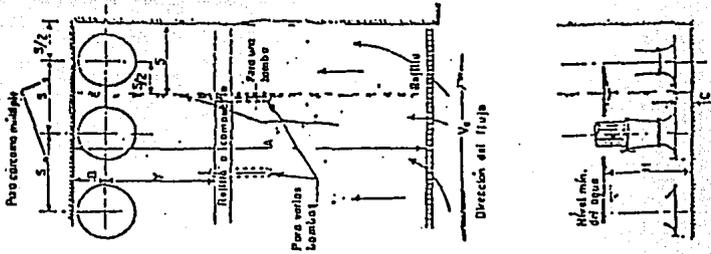


$$H = h_{el} + h_{fs} + h_{fd} + h_{vd} = H_s + H_D \quad \text{Para } \phi_s = \phi_d$$

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

-Instalación típica de una bomba vertical

ESTANDAR DEL INSTITUTO DE HIDRAULICA  
 DIMENSIONES DEL CAJON DE RELACION AL FLUJO  
 (FIGURA 7.3)



DIMENSIONES RECOMENDADAS EN PULGADAS

Véanse notas explicativas en el texto del artículo por el B-03. Dimensiones aplicados en aguas limpas, Para líquidos que contienen sedimentos plásticos verticilaciones al tubo-contra,

**K=Sumergencia mínima**

**N=Altura que ocupa un paso de impulsores**

**P=Altura de campana de succión**

**M=Espacio vertical total ocupado por la bomba**

**Z=Altura entre el nivel mínimo del agua en el cárcamo y la brida de la campana de succión.**

**C=Distancia del fondo a la campana de succión**

**E.T.=Elevación de la plantilla.**

**dc=tirante crítico en descarga del cárcamo.**

La elevación del fondo del cárcamo se calcula por:

$$E.F. = E.T. + dc - ( Z + P + C )$$

**Tirante util.-** Su dimensionamiento es importante, ya que se denomina así al volumen de agua con el que el equipo de bombeo estará operando y la secuencia de paro y arranque dependerá de los gastos que demanda una o varias bombas y sus niveles mínimos de succión, su ecuación se verá adelante en el inciso 7.8.

## **7.4 Equipos de Bombeo**

La bomba ha sido parte importante desde hace mucho tiempo en el desarrollo tecnológico, que incluye usos desde el traslado de líquidos de un lugar a otro, hasta la transformación de la potencia del agua en otras formas de energía. Por lo que se le ha llegado a considerar como la segunda máquina de uso más común, excedida apenas por el motor eléctrico.

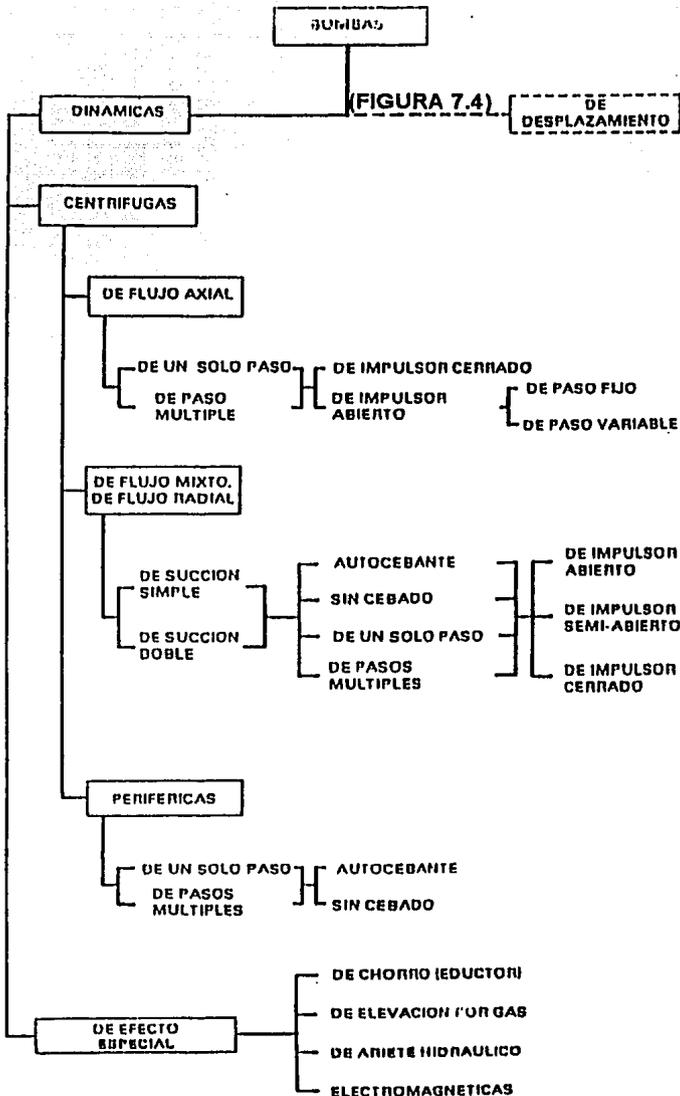
Lo anterior ha tenido como consecuencia la creación de bombas de diferentes características y para un amplio número de aplicaciones, incluso algunas muy exclusivas, por lo que tal cobertura de aplicaciones y tipos de bomba las hace difícil de clasificar, y solo es práctico hacerlo en base a:

- a) Principio por el cual agrega energía al fluido
- b) Identificación del Mecanismo que lo logra.
- c) lineamientos geométricos.

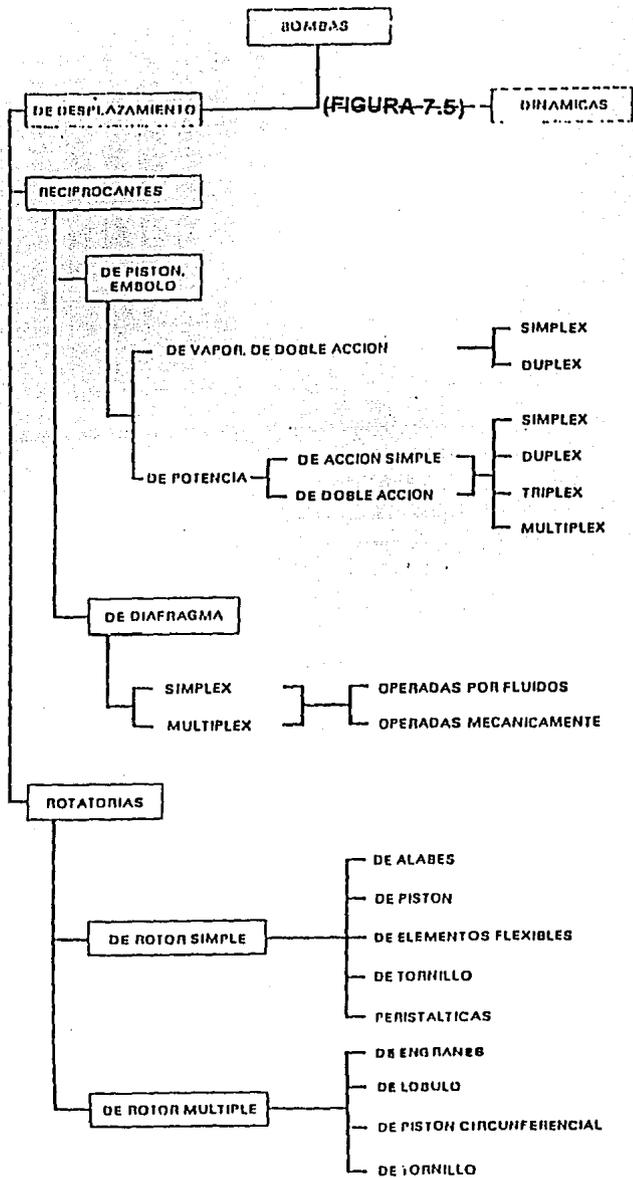
De lo anterior se esquematiza la clasificación de la siguiente forma: (ver figura 7.4 y 7.5)

## **7.5 Descarga**

Esta se define como el conjunto de todas las partes que derivan desde de la salida de la bomba hasta donde se inicia la distribución; como, tanques de descarga, codos, y a veces cabezal.



Clasificación de las bombas dinámicas.



Clasificación de las bombas de desplazamiento.

## 7.6 Secuencia de Cálculo

En ésta se muestra de forma simple los pasos requeridos para llevar a cabo el procedimiento de cálculo del sistema de bombeo (ver diagramas 7.6 y 7.7).

## 7.7 Descripción de Terminos Básicos

A continuación se hace un breve resumen de los términos empleados en el cálculo de bombas:

7.7.1 Presión: es la fuerza distribuida o aplicada en un área determinada  
 $1 \text{ kg} / \text{cm}^2 = 10 \text{ m de columna de agua} = 1 \text{ atm}$

7.7.2 Presión atmosférica: es la presión resultante que ejerce el peso de la atmosfera, la cual es diferente dependiendo de la altitud.

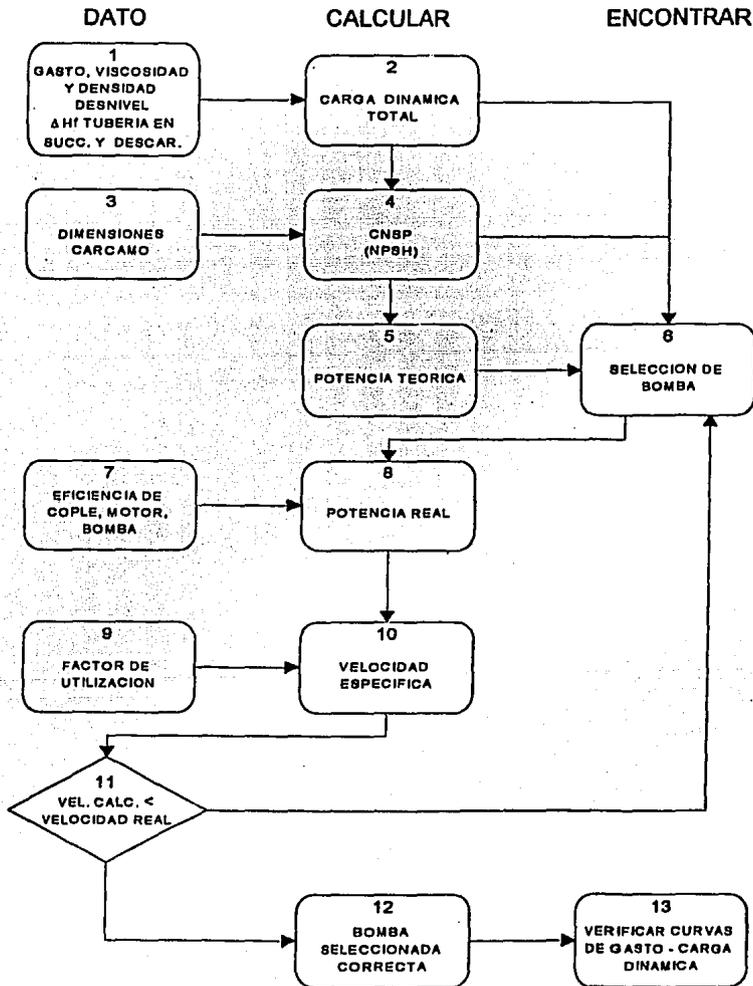
7.7.3 Presión manométrica: es la que se registra restando la atmosférica.

7.7.4 Presión absoluta: es la combinación de las dos anteriores (la suma).

7.7.5 Presión de vapor: es la que se registra en la superficie de un líquido que tiende a evaporarse por efecto de su temperatura .

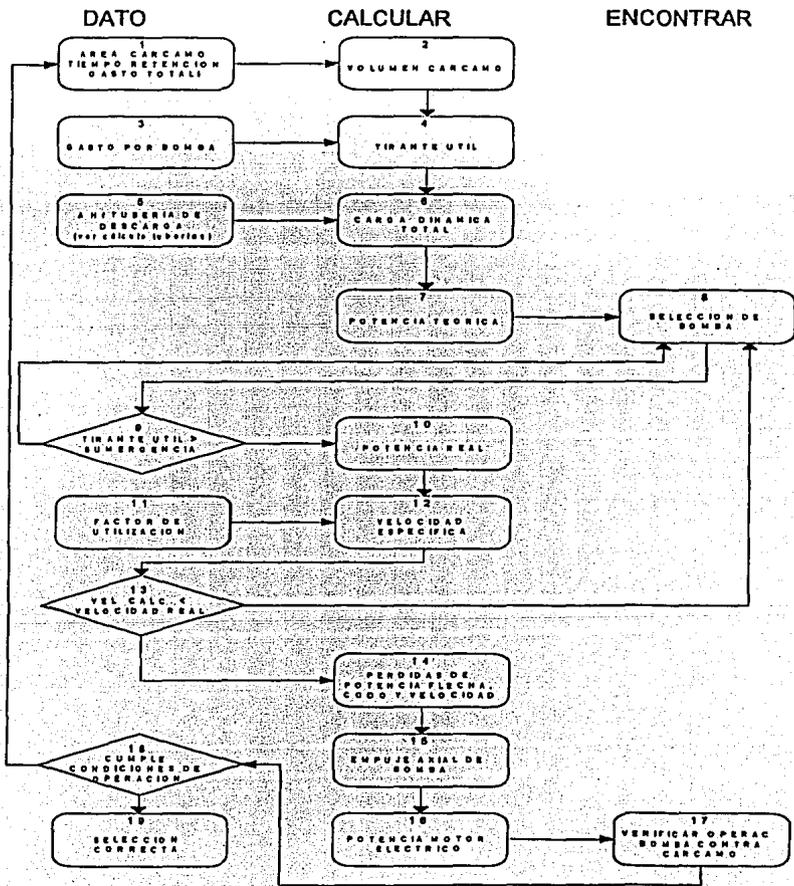
7.7.6 Pérdidas por fricción ( $h_f$ ) .- Es la carga a vencer, generada por el contacto del líquido en la superficie de las paredes de la tubería y accesorios, al conducirse a cierta velocidad y presión.

**(DIAGRAMA 7.5) DIAGRAMA DE FLUJO PARA CALCULO DE BOMBAS HORIZONTALES**



# DIAGRAMA DE FLUJO PARA CALCULO DE BOMBAS VERTICALES

(DIAGRAMA 7.7)



- 7.7.7 Carga de succión (Hs).**- Es la carga total expresada en columna de agua desde la toma hasta el impulsor que incluye la elevación inferior (-) o superior (+) del nivel de líquido que debe vencer así como las pérdidas por fricción de la tubería y accesorios.
- 7.7.8 Carga de descarga (Hd).**- Es la carga total expresada en columna de agua desde la salida de la bomba hasta el destino final o depósito que incluye la elevación a vencer, las pérdidas por fricción de la tubería y accesorios.
- 7.7.9 Carga neta de succión positiva (CNSP).**- Representa la carga de succión de la bomba con referencia a la línea de centros de la bomba sobre y arriba de la presión de vapor de agua para las condiciones de temperatura y presión dadas. Este valor es específico para cada bomba y se debe verificar con la CNSP disponible de la toma. para evitar posibles fallas por cavitación.

## **7.8 Ecuaciones de Cálculo**

**7.8.1 Carga hidráulica total (H):** es la suma de todas las energías que intervienen para transportar un fluido y es igual a la diferencia entre la carga de descarga (Hs) y la carga de succión (Hd) y se expresa en columna de presión de agua o de mercurio.

$$H = H_d - H_s$$

**7.8.2 Balance de Bernoulli .-** Los cálculos parten del Balance de Energía, que establece que para un conducto estacionario y suponiendo que no hay pérdidas de flujo, la carga total H es la misma para cualquier punto a lo largo de una corriente.

$$H = \frac{P_s}{d} + \frac{v_s^2}{2g} + h_s = \frac{P_d}{d} + \frac{v_d^2}{2g} + h_d$$

donde:  $h$  = altura de nivel de succión (s) y descarga (d)

$d$  = densidad del líquido

**7.8.3 Cavitación:** Es necesario mencionar que se debe evitar al máximo el riesgo de cavitación en una bomba, ya que puede ocurrir cuando la presión en la zona del impulsor es igual o menor a la presión de vapor del líquido en cuestión.

Lo anterior causa baja eficiencia del equipo y el desgaste prematuro del impulsor y conductos cercanos, debido al constante choque de zonas de alta y baja presión que origina implosiones.

En otras palabras, se debe de contar mínimo con la Carga Neta de Succión Positiva (NPSH o CNPS) que el fabricante de bombas sugiere en su catálogo de especificaciones, así como las siguientes recomendaciones para evitar problemas:

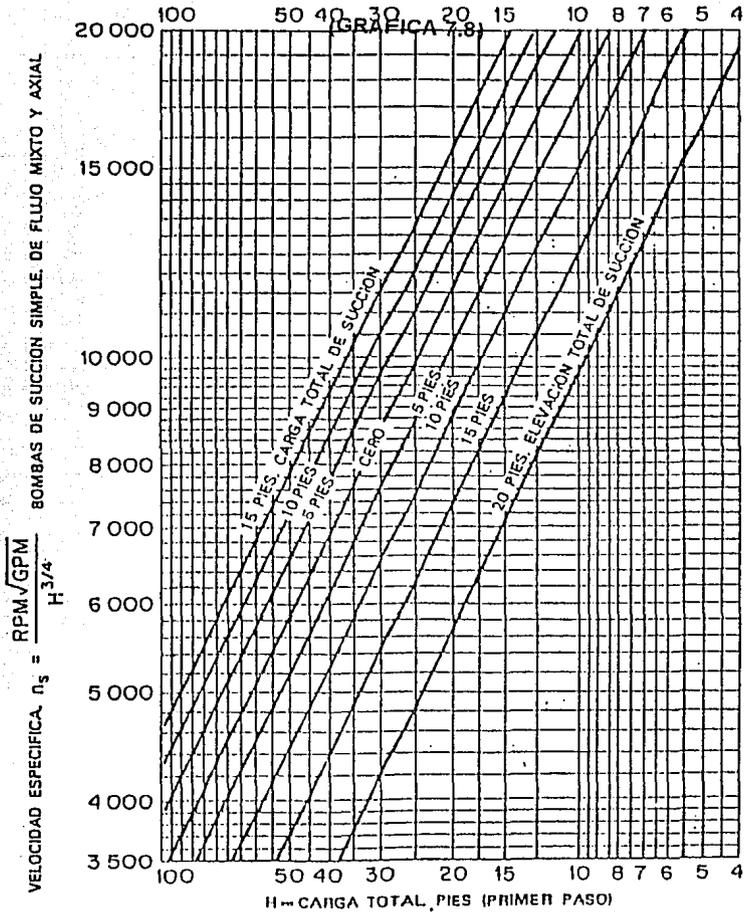
- a) Carga mayor que la correspondiente a máxima eficiencia.
- b) Capacidad menor que la de máxima eficiencia.
- c) Elevación de succión mayor o (CNPS) que la sugerida
- d) Temperatura del líquido mayor que la considerada en diseño.
- e) Velocidad superior a la sugerida por fabricante.

**7.8.4 Ecuación para Velocidad Especifica en Bomba:**

Se define como la velocidad en rpm que debe tener un modelo reducido de impulsor de determinado tipo de bomba para descargar la unidad de gasto, operando contra una carga unitaria. En sistema inglés es:

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

**Nota:** El Instituto de Hidráulica determina límites superiores de velocidades específicas para bombas de succión simple, flujo mixto y axial con manejo de agua clara en la gráfica 7.8



Límites superiores de velocidades específicas para bombas de succión simple y de flujo mixto y axial con manejo de agua clara a 85°F al nivel del mar. (De "Hydraulic Institute Standards", 12a. ed. derechos del Hydraulic Institute, 1969, Cleveland, Ohio.)

### 7.8.5 Ecuación de Pérdidas en el Codo. de Descarga para Bomba Vertical

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

### 7.8.6 Ecuación de Pérdida por Velocidad en Tubería

$$h_{fvel} = \frac{V^2}{2g}$$

### 7.8.7 Ecuación de Potencia del Motor Eléctrico en Bomba Centrífuga

$$N_{hp} = \frac{H_{dt} Q_d}{76 n}$$

### 7.8.8 Ecuación de Pérdida de Potencia en la Flecha de Transmisión de la Bomba

$$h_{fp} = \frac{L_c}{100}$$

Nota: Consultar la tabla 7.9 de pérdida de potencia en la flecha.

### 7.8.9 Ecuación de Empuje Axial de la Bomba

$$EA = (K H_{dt}) + (W S)$$

(TABLA 7.9)

POTENCIA DE FLECHA DE LINEA											
R P M BOMBA	DIAMETRO DE FLECHA										
	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	1 3/4"	2 1/16"	2 3/16"	2 1/2"	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	16.37
2900		2.85	4.40								
3500		3.44	5.18								

PERDIDA POR POTENCIA  
EN FLECHA DE TRANSMISION

### 7.8.10 Ecuación para Determinar Volumen de Agua Cárcamo

$$V_a = \frac{Q_b \text{ TR}}{\# \text{ bombas}}$$

### 7.8.11 Ecuación del Tirante Util de Agua en Cárcamo

$$TU = \frac{V_a}{A}$$

### 7.8.12 Ecuación para Tiempo de Retención Real de Agua

$$TR = \frac{V_a}{Q_c}$$

### 7.8.13 Ecuación de Carga Dinámica Total en el Sistema

$$H_{dt} = \text{desnivel topográfico} + h_f + h_{fcs} + h_{fc} + h_{fs}$$

Donde:

$$h_{fcs} = Q_s + \frac{5.6 Q_s}{(2 g O^{1.5})} - \frac{V_s^2}{2g}$$

## 7.9 Nomenclatura Utilizada

- A = Area del Círculo
- Ac = Area del Cárcamo
- d = Diámetro de cárcamo de bomba
- Y = Rugosidad relativa
- EA = Empuje axial
- E = Coeficiente de rugosidad para tubería de acero comercial
- f = Coeficiente de fricción (Diagrama de Moody)
- G = Gravedad específica del agua
- g = Aceleración de la gravedad
- H = Carga estática total
- Hd = Carga de descarga
- Hs = Carga de succión
- hfs = Carga de fricción en succión
- Hdt = Carga dinámica total
- hf = Pérdidas por fricción en tubería y piezas especiales
- hfc = Pérdidas por fricción en codo de descarga
- hfhp = Pérdida por potencia en la flecha de transmisión de la bomba
- hfve = Pérdidas por fricción de velocidad en conducción
- K = Factor de carga hidráulica
- L = Longitud de tubería
- Lc = Longitud de la columna de succión en una bomba centrífuga vertical
- Nhp = Potencia de motor eléctrico
- Ns = Velocidad específica
- n = Eficiencia de la bomba
- Q = Gasto demandado en la línea de conducción
- Qb = Gasto demandado por bomba
- Qc = Gasto total en el cárcamo de bombeo
- Re = No. de Reynolds

- S = Espesor de la flecha**
- TU = Tirante útil de agua en el cárcamo de bombeo**
- TR = Tiempo de retención del agua en el cárcamo ó tiempo entre paro y arranque de un equipo de bombeo**
- Tr = Tiempo real de retención de agua en el cárcamo**
- V = Velocidad del fluido**
- Va = Volúmen de agua en el cárcamo de bombeo**
- W = Peso de la flecha**
- Z = Altura de la campana de succión a nivel de agua en el cárcamo de bombeo**
- Ø = Diámetro de la tubería**
- v = Viscosidad cinemática del agua**
- δ = Densidad del agua cruda**

## **CAPÍTULO 8**

### **PROGRAMA DE CÓMPUTO**

#### **8.1. Características**

El lenguaje utilizado para nuestro programa de cálculo de tuberías es el BB<sup>v</sup> PROGRESSION/3" este programa se le denomina de 3 generaciones y es utilizado en aplicaciones técnicas y administrativas. Utiliza sistemas de archivos de acceso directo secuencial y organiza la información con llaves variables, desde una sola hasta 64. (Llave equivale a la clave de acceso).

Este lenguaje es muy simple de aprender y es muy flexible en cuanto a su sintaxis de uso.

Tiene un módulo de manejo de tablas de información que se llama REPORT WRITER y que se utiliza para obtener información de los archivos sin hacer programas, ya que tiene la facilidad de operarlo con tan solo unos comandos parecidos a las bases de datos.

Este programa para su uso requiere una configuración mínima como la que se describe a continuación:

**Procesador:80286**

**Memoria RAM:640 KB**

**Monitor:Monocromático**

**Teclado Elemental:101 Teclas**

**Sistema Operativo:MSDOS. 3.2. en adelante**

**Disco Duro:30 MB mínimo**

**Diskette:3 1/2 ó 5 1/4**

## **8.2 Secuencia**

Los diagramas de flujo que siguen la secuencia del cálculo de tuberías y bombas para nuestro programa, son los mismos del capítulo 6 y 7. (VER DIAGRAMAS 6.5, 7.6, 7.7) Estos diagramas muestran la secuencia y el procedimiento que se debe seguir para dicho cálculo

Para nuestro caso, el programa realizado por nosotros cuenta con pantallas secuenciales que nos irán guiando durante todo el proceso, éstas nos permitirán además de llevar un orden , conocer los resultados de los valores dados, en pantalla y posteriormente si así se deseara en impresión.

### **8.3. Partes**

#### **8.3.1 Pantallas de Selección:**

Estas son las que van apareciendo en la pantalla del monitor y dan seguimiento al cálculo de tuberías hasta seleccionar la bomba a utilizar.

Estas irán cambiando conforme se vaya aplicando el procedimiento de cálculo.

#### **8.3.2 Datos Solicitados:**

Son los datos requeridos para ir operando el programa a nuestra conveniencia según el problema planteado. Para poder llevar acabo lo anterior, se pedirán datos como: gasto, velocidad, viscosidad, densidad, desnivel, pérdidas, dimensiones del cárcamo, eficiencia de la bomba, etc.

Además los valores obtenidos en pantallas anteriores pueden archivarase para utilizarse en cálculos posteriores.

#### **8.3.3 Impresión del Programa:**

Es el despliegue de requerimientos solicitados para la elaboración de un proceso determinado, e indica por medio de listados los pasos lógicos a seguir para la obtención de los objetivos deseados; posteriormente (después de la Bibliografía) encontrarán la impresión del listado del programa para el cálculo de tubería y bombas.

## 8.4. Operación

Se procederá en este inciso a la explicación del funcionamiento del programa de cómputo con la finalidad de tener una mejor idea de su operación al momento de su aplicación.

Las fórmulas utilizadas en este programa de cómputo son las mismas que se presentaron en los capítulos 6 y 7 de este trabajo.

Nuestro programa está dividido en dos rutinas, la primera y más importante es la encargada de realizar toda la secuencia de operación y la segunda se encarga de los archivos de datos que se utilizarán en las operaciones.

Como ya se explicó en los incisos anteriores, nuestro programa de cómputo cuenta con pantallas secuenciales que nos permiten ir seleccionando las opciones de cálculo que vayamos utilizando.

En la primera pantalla, encontramos el MENU PRINCIPAL, el cuál consta de tres opciones a elección: (VER PANTALLA 1)

- (1) CALCULO DE DIAMETRO DE LA TUBERIA
- (2) CAPTURA DE DIAMETROS
- (3) CONSULTA DE DIAMETROS

(1) CALCULO DE DIAMETRO DE LA TUBERIA

Si elegimos la opción (1) daremos comienzo a la selección del diámetro de la tubería, para ésto aparecerá una nueva pantalla que nos pedirá los datos necesarios para la selección del área real del tubo, apartir de los datos de velocidad del flujo y

(PANTALLA 1)

TESIS  
CALCULO DE TUBERIA PARA AGUAS RESIDUALES, LODOS Y AIRE

MENU PRINCIPAL  
-----

- [1] CALCULO DEL DIAMETRO DE LA TUBERIA
- [2] CAPTURA DIAMETROS
- [3] CONSULTA DIAMETROS

SELECCIONE SU OPCION :

F4 = Salir del Sistema

gasto en la línea. Una vez obtenida el área calculada de la tubería , se nos solicitará el diámetro nominal, el diámetro interior, el espesor del material y la cédula del tubo para encontrar con estos datos, el área y la velocidad real del flujo através de la tubería seleccionada. ( Ec. 6.6.1. y 6.6.2.)

De la misma forma se deberán de dar los datos de viscosidad y densidad del flujo, así como su temperatura, y tomando en cuenta los datos obtenidos en los cálculos anteriores podremos determinar el No. de Reynolds. ( Ec. 6.6.3.)

Con el número de Reynolds seleccionado y obteniendo de la FIGURA 6.7 la rugosidad relativa del material del cual está fabricada la tubería, podremos entrar a la gráfica de la FIGURA 6.8 y obtener el factor de fricción. ( Ec. 6.6.4.) ; (VER PANTALLA 2)

Una vez obtenido el factor de fricción , podremos seleccionar el método de selección de la pérdida por fricción, en nuestro programa mencionamos cuatro métodos de los cuales solo se desarrollo el método de DARCY-WEISBACH por ser el método de tipo universal, es decir , es utilizado para cualquier tipo de tubería y flujo, tanto que los otros métodos son para casos específicos. ( VER TABLA 6.1) ; (VER PANTALLA 3 Y 4)

Una vez ejecutados estos cálculos y seleccionado el método (1) METODO POR DARCY-WEISBACH, pasaremos a la siguiente pantalla en la cual, podremos obtener la longitud equivalente de la tubería , accesorios y conexiones por diámetro de la TABLA 6.9. (VER PANTALLA 5)

Posteriormente la computadora obtendrá el valor de la pérdida por fricción para ese sistema, (VER PANTALLA 6) si se tuviera que hacer la misma operación para varios ramales, en la pantalla aparecerá la pregunta que si se desea calcular otra línea (N) o / <Rtn> , si se selecciona <Rtn> regresará a la pantalla 2. (VER PANTALLA 7, 8 Y 9) Al no solicitar otro línea la computadora sumará las pérdidas obtenidas para cada diámetro o ramal y dará el resultado en la PANTALLA 10.

(PANTALLA 2)

TESIS  
CALCULO DE TUBERIA PARA AGUAS RESIDUALES, Lodos Y AIRE

CAPTURE LOS SIGUIENTES DATOS :

Velocidad del flujo	:	1.5000 m/s			
Gasto en la linea	:	.6250 m <sup>3</sup> /s			
DIAMETRO DEL TUBO	:	28.6750"	AREA CALCULADA	:	.4167
Diametro Interior("):		.7462 m			
Diametro Comercial	:	30.0000(m)			
Espesor del Material	:	.3120	AREA REAL	:	.4373 m <sup>2</sup>
Cedula del tubo	:	C-10	VELOCIDAD REAL	:	1.4293 m/s
Viscosidad del flujo:		.0093			
Densidad del flujo	:	.9968			
Temperatura	:	26			

..... Flujo Turbulento .....

No. de Reynolds es : 1143113.90143      Dame el Factor de Friccion : .0125

F2=Regresa

(PANTALLA 3)

TESIS  
CALCULO DE TUBERIA PARA AGUAS RESIDUALES, LODOS Y AIRE

CAPTURE LOS SIGUIENTES DATOS :

Velocid  
Gasto e

DIAMETR

Diametr  
Diametr  
Espesor  
Cedula

Viscosi  
Densida  
Tempera

No. de

SELECCIONE EL METODO A UTILIZAR

- [1] METODO POR DARCY-WEISBACH
- [2] METODO POR CHEZY
- [3] METODO POR MANNING
- [4] METODO POR HAZES-WILLIAMS

Seleccione :

F2=Regresa

F2=Regresa

(PANTALLA 4)

Para el metodo que seleccionaste de DARCY-WEISBACH

Se utiliza la siguiente formula :

$$hf = \frac{f \times L \times V_r^2}{2gD_i}$$

Donde :

- f = Factor de friccion
- L = Longitud equivalente en (m)
- V<sub>r</sub> = Velocidad Real (m/s)
- g = Aceleracion de la gravedad (m/s<sup>2</sup>)
- D<sub>i</sub> = Diametro interior de la tuberia (m)

Tecllee (Rtn) para continuar :

## (PANTALLA 5)

TABLA DE LONGITUDES EQUIVALENTES EN ACCESORIOS Y TUBERIA

	DIAMETRO	CANTIDAD	LONGITUD EQUIVALENTE	LONGITUD TOTAL
[1 ]	Valvula de Compuerta	: 30.00	.00	17.00 .00
[2 ]	Valvula de Globo	: 30.00	.00	900.00 .00
[3 ]	Valvula de Mariposa	: 30.00	1.00	200.00 200.00
[4 ]	Valvula de Check	: 30.00	1.00	200.00 200.00
[5 ]	Valvula de Angulo	: 30.00	.00	450.00 .00
[6 ]	Codo de 90 Radio Corto	: 30.00	.00	80.00 .00
[7 ]	Codo de 90 Radio Largo	: 30.00	.00	51.00 .00
[8 ]	Codo Recto	: 30.00	.00	170.00 .00
[9 ]	Codo de 180	: 30.00	.00	190.00 .00
[10]	Codo de 45	: 30.00	.00	35.00 .00
[11]	Reduccion : 30.00	20.00	.00	16.00 .00
[12]	Ampliacion : 20.00	30.00	1.00	45.00 45.00
[13]	Tees	: 30.00	.00	170.00 .00
[14]	Junta de Expansion	: 30.00	1.00	200.00 200.00
[15]	Tuberia	: 30.00	37.72	1.00 37.72

200.15 ■

# a corregir, (F2)=Regresa, (Rtn) para continuar :

(PANTALLA 6)

DATOS OBTENIDOS ANTERIORMENTE :

f = Factor de Friccion	:	.0125	(adimensional)
L = Longitud equivalente de la linea	:	208.1463	(m)
Vr = Velocidad Real	:	1.4293	(m/s)
g = Aceleracion de la gravedad	:	9.8100	m/s <sup>2</sup> )
Di = Diametro interior de la tuberia	:	.7462	(m)

---

La perdida por friccion nos da : .3631

---

Deseas Calcular otra linea (N)o / (Rtn) :

(PANTALLA 7)

TESIS  
CALCULO DE TUBERIA PARA AGUAS RESIDUALES, Lodos Y AIRE

CAPTURE LOS SIGUIENTES DATOS :

Velocidad del flujo	:	1.5000 m/s			
Gasto en la linea	:	4.3750 m <sup>3</sup> /s			
DIAMETRO DEL TUBO	:	75.8691''	AREA CALCULADA	:	2.9167
Diametro Interior('')	:	1.9558 m			
Diametro Comercial	:	78.0000(m)			
Espesor del Material	:	.3750	AREA REAL	:	3.0043 m <sup>2</sup>
Cedula del tubo	:	STD	VELOCIDAD REAL	:	1.4563 m/s
Viscosidad del flujo:	:	.0093			
Densidad del flujo	:	.9968			
Temperatura	:	26			

..... Flujo Turbulento .....

No. de Reynolds es : 3052732.437587      Dime el Factor de Friccion : .0105

F2=Regresa

## (PANTALLA 8)

TABLA DE LONGITUDES EQUIVALENTES EN ACCESORIOS Y TUBERIA

	DIAMETRO	CANTIDAD	LONGITUD	LONGITUD
			EQUIVALENTE	TOTAL
[1 ] Valvula de Compuerta	: 78.00	.00	95.00	.00
[2 ] Valvula de Globo	: 78.00	.00	7,500.00	.00
[3 ] Valvula de Mariposa	: 78.00	1.00	1,100.00	1,100.00
[4 ] Valvula de Check	: 78.00	.00	1,100.00	.00
[5 ] Valvula de Angulo	: 78.00	.00	2,250.00	.00
[6 ] Codo de 90 Radio Corto	: 78.00	.00	420.00	.00
[7 ] Codo de 90 Radio Largo	: 78.00	.00	300.00	.00
[8 ] Codo Recto	: 78.00	2.00	900.00	1,800.00
[9 ] Codo de 180	: 78.00	.00	1,000.00	.00
[10] Codo de 45	: 78.00	.00	200.00	.00
[11] Reduccion : 78.00	30.00	.00	170.00	.00
[12] Ampliacion : 30.00	78.00	1.00	260.00	260.00
[13] Tees	: 78.00	9.00	900.00	8,100.00
[14] Junta de Expansion	: 78.00	1.00	1,100.00	1,100.00
[15] Tuberia	: 78.00	91.84	1.00	91.84

3,796.29 ■

# a corregir, (F2)=Regresa, (Rtn) para continuar :

(PANTALLA 9)

DATOS OBTENIDOS ANTERIORMENTE :

f = Factor de Friccion	:	.0105	(adimensional)
L = Longitud equivalente de la linea	:	3,796.2927	(m)
Vr = Velocidad Real	:	1.4563	(m/s)
g = Aceleracion de la gravedad	:	9.8100	m/s <sup>2</sup> )
Di = Diametro interior de la tuberia	:	1.9558	(m)

---

La perdida por friccion nos da : 2.2029

---

Deseas Calcular otra linea (N) o (Rtn) :

a) **PERDIDAS TOTALES.**

En la PANTALLA 10 se hará la pregunta si la bomba es vertical o no, para considerar las pérdida por fricción en el codo de descarga de la bomba , si la bomba es vertical se calculará con el dato solicitado de velocidad en la succión de la bomba , si la bomba no es vertical entonces no tomará éste valor encuentra, las pérdidas por fricción por velocidad del fluido también se calculará en ésta pantalla, al igual que las pérdida por altura entre la succión de la bomba y la descarga de la misma, obteniendo las pérdidas totales por fricción en el sistema. ( Ec. 7.8.1. , 7.8.2. , 7.8.5. y 7.8.6. )

b) **CALCULO DEL CARCAMO.**

Para el cálculo del cárcamo será necesario dar los datos siguientes:

- 1) **Gasto Total a manejar en el cárcamo**
- 2) **Tiempo de retención recomendado por el fabricante**
- 3) **Número de Bombas en operación y reserva**

Con éstos datos podremos obtener el volúmen de agua en el cárcamo y el volúmen por bomba . Si damos las dimensiones recomendadas de la FIGURA 7.3 que son los estandares del Instituto de Hidráulica podremos conocer la logitud y el ancho del cárcamo. (VER PANTALLA 11)

(PANTALLA 10)

PERDIDAS TOTALES  
-----

PERDIDAS POR FRICCION POR DIAMETROS	:	2.5661
La bomba es vertical ? (N) o (Rtn) :		
Deme la velocidad de succion :		2.5600
PERDIDA POR FRICCION EN CODO DE DESCARGA	:	.1670
PERDIDA POR FRICCION POR VELOCIDAD DEL FLUIDO	:	.1061
Deme perdida por altura entre la seccion de la Bomba y la descarga :		
		7.3000
PERDIDAS TOTALES POR FRICCION	:	10.1392

Teclée (Rtn) para continuar :

(PANTALLA 11)

CALCULO DEL CARCAMO

CAPTURE LOS DATOS DE LONGITUDES EN PULGADAS

Deme el Gasto Total	:	5.0400
Deme el tiempo de retension	:	20.0000
Deme el No. de Bombas en operacion y reserva	:	8.0000

---

VOLUMEN DE AGUA EN EL CARCAMO :	1512	VOLUMEN POR BOMBA :	189
---------------------------------	------	---------------------	-----

---

Separacion entre bomba y bomba de centro a centro	:	3.81
Nivel minimo del agua	:	4.7498
Distancia del centro de la Bomba a la Pared	:	1.778
Distancia del Centro de la Bomba a la Compuerta	:	5.334
Distancia entre el piso y la Campana	:	.762
Velocidad en el carcamo	:	.3
Velocidad en la succion de la bomba	:	2.56
Distancia de la pared a la rejilla del emisor de llegada	:	10.16

---

LONGITUD DEL CARCAMO :	33.528
ANCHO DEL CARCAMO :	10.16

---

Tecllee (Rtn) para continuar :

c) TIPOS DE CARCAMOS

Con el área del cárcamo podremos seleccionar el tipo de forma que deseemos, en nuestro programa de cómputo se consideraron los siguientes tipos por ser los más comunes: ( Ec. 7.8.10.)

- (1) Circular
- (2) Rectangular
- (3) Cuadrado

Escogiendo el tipo podremos conocer el valor del Tirante Útil y del Tiempo de retención real. ( Ec. 7.8.11. y 7.8.12. ) ;(VER PANTALLA 12)

d) SELECCION DE BOMBAS

Con la carga dinámica total , el gasto demandado por bomba y la eficiencia de la bomba, podremos obtener la potencia teórica y la potencia real de la bomba para cualquiera de los tres tipos de fluidos a manejar en nuestro programa de cómputo, los cuáles son : ( Ec. 7.8.13 y 7.8.7. )

- (1) Agua Cruda
- (2) Agua Tratada
- (3) Lodos

Conociendo el Tirante Útil y la carga dinámica del sistema podremos obtener la potencia necesaria del motor al nivel máximo , mínimo y medio. (VER PANTALLA 13)

(PANTALLA 12)

TIPOS DE CARCAMO

- [1] Circular
- [2] Rectangular
- [3] Cuadrado

Seleccione : 2

---

El Tirante Util nos da : .554831

---

El tiempo de retension real nos da : 5

---

Tecllee (Rtn) para continuar :

(PANTALLA 13)

SELECCION DE BOMBAS

---

Carga dinamica total : 10.139163  
Deme el gasto demandado por bomba en l/s : 625  
Deme la eficiencia de la Bomba en decimales : .05

TIPO DE BOMBA PARA :

- [1] Agua Cruda
- [2] Agua Tratada
- [3] Lodos

Seleccione : 1

---

Potencia teorica de la bomba	:	85.882713	
Potencia real de la Bomba	:	101.038486	
Carga Dinamica Total a niv.max.:	9.58433	Potencia del motor a niv.max. :	95.5895
Carga Dinamica Total a niv.med.:	9.86174	Potencia del motor a niv.med. :	98.2739
98arga Dinamica Total a niv,min.:	10.1391	Potencia del motor a niv.min. :	101.038

---

Tecllee <Rtn> :

#### e) CALCULO DEL EMPUJE AXIAL DE LA BOMBA

El cálculo del empuje axial de la bomba se lleva a cabo considerando el factor de carga hidráulica , el peso y el espesor de la flecha. Estos datos son proporcionados por el fabricante de bombas. ( Ec. 7.8.9. )

Para obtener las pérdidas por potencia en la flecha de la transmisión de la bomba aplicamos su fórmula en la que intervienen los datos de pérdida por potencia en la flecha de transmisión dada, de acuerdo al diámetro de la flecha y a la velocidad angular de la bomba (r.p.m.), (VER TABLA 7.9) así como a la longitud de la columna de succión de la bomba vertical en cuestión. Esta deberá de ser sumada a las pérdidas totales y modificará la potencia requerida del motor. ( Ec. 7.8.8. )

Finalmente para verificar que el tipo de bomba seleccionada es la adecuada , obtendremos la velocidad específica de la bomba, donde de acuerdo al rango en que se encuentre ésta velocidad dependerá su tipo . Si el tipo de bomba no es igual al que se esperaba seleccionar se podrán cambiar los valores del gasto, velocidad y carga dinámica para así obtener el tipo de bomba que se pretenda proyectar. (Ec. 7.8.4.) ;(VER PANTALLA 14)

#### f) BOMBA SELECCIONADA

En ésta pantalla aparecerán los datos de selección de la bomba de acuerdo con los valores más importantes obtenidos en el transcurso del proceso del cálculo, con la facilidad de llenar los espacios en blanco con los datos del fabricante seleccionado, para proceder a su compra o a su especificación. (VER PANTALLA 15)

(PANTALLA 14)

CALCULO DEL EMPUJE AXIAL DE LA BOMBA

---

Deme el factor de carga hidraulica : 91.53  
Deme el peso de la flecha : 11.22  
Deme el espesor de la flecha : .012

---

EMPUJE AXIAL DE LA BOMBA : 902.780434

---

Deme la perdida de la potencia en la flecha : 2.73  
Deme la longitud de la columna de succion de la bomba : 6.65

---

PERDIDA DE POTENCIA EN LA FLECHA DE TRANSMISION : .181545  
POTENCIA TOTAL MAXIMA REQUERIDA DEL MOTOR : 95.691045  
POTENCIA TOTAL MEDIA REQUERIDA DEL MOTOR : 98.455543  
POTENCIA TOTAL MINIMA REQUERIDA DEL MOTOR : 101.220031

---

Deme las revoluciones por minuto del motor de la Bomba : 800

La velocidad especifica de la BOMBA es : 6328.185228  
ESTOY OBTENIENDO UNA BOMBA HELICOCENTRIFUGA

La bomba calculada es la adecuada ? (S)/i/(Rtn) :

(PANTALLA 15)

BOMBA SELECCIONADA

---

MARCA	:	FAIRBANKS MURSE	TIPO	:	HELICE (PROPELA)
MODELO	:	8320	No. DE PASOS	:	2
R.P.M.	:	880.00	CARGA DINAMICA	:	10.14
GASTO	:	625.00	POT. AL FRENO	:	101.03
EFICIENCIA	:	.85	H.P. DEL MOTOR	:	150
NPSH	:	10.09			

---

Telee (Rtn) para continuar :

## **2) CAPTURA DE DIAMETROS**

En ésta rutina podremos capturar las longitudes equivalentes de accesorios y conexiones para cualquier diámetro, que posteriormente podremos utilizar como base de datos en el cálculo de líneas de tuberías. (VER PANTALLA 1)

## **3) CONSULTA DE DIAMETROS**

En ésta otra rutina solo podremos consultar las longitudes equivalentes de los diámetros que previamente fueron capturados. (VER PANTALLA 1)

## **CAPITULO 9**

### **CASO PRACTICO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA CIUDAD DE HERMOSILLO, SONORA.**

El objetivo de nuestro trabajo de tesis es la selección adecuada mediante un programa de cómputo, del Sistema de Conducción Hidráulica para un Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, por tal motivo tomamos como base para la demostración de nuestro sistema, La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales que se ubicará en la ciudad de Hermosillo, Sonora.

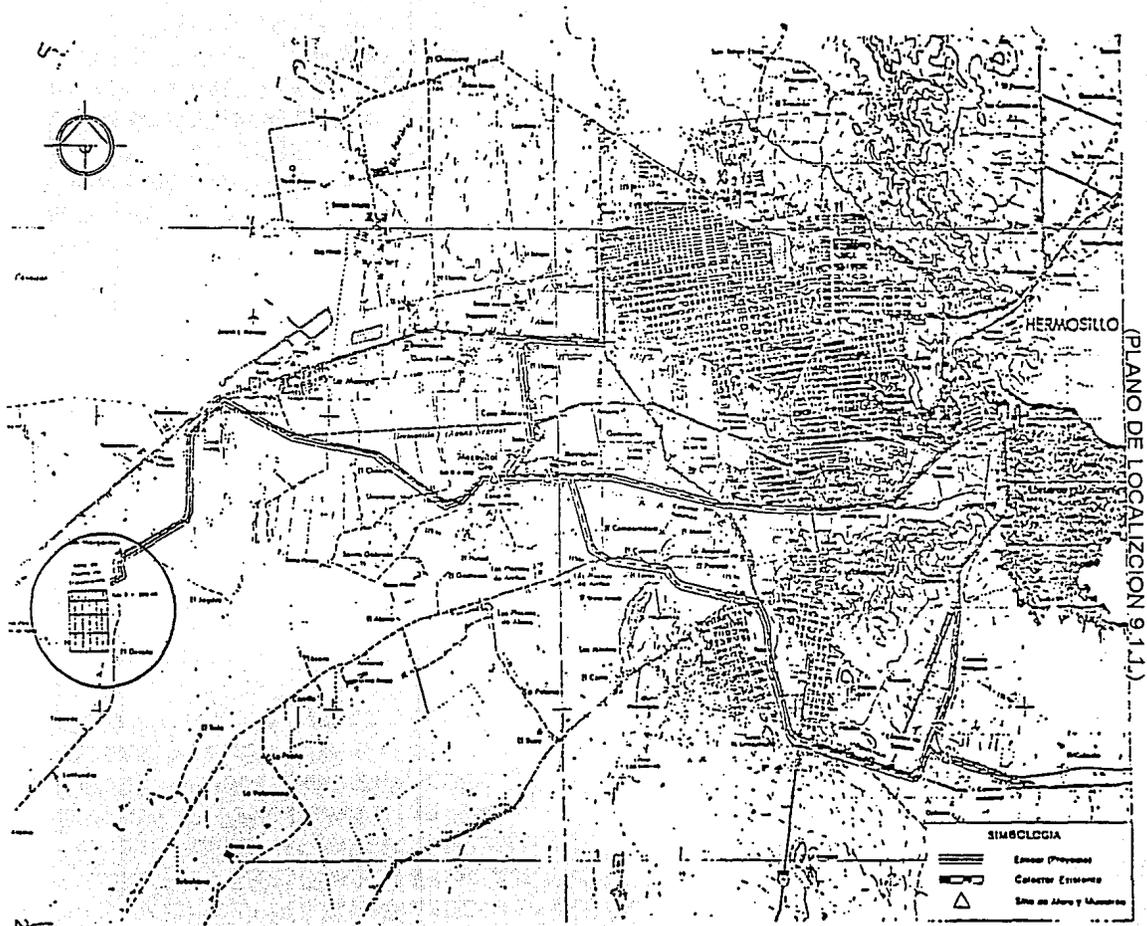
En este capítulo se describirá la ubicación de la planta, el proceso elegido de acuerdo a las características y calidad del agua deseada en el efluente, en base a las características del agua residual del influente, el arreglo general de la planta, y el tren de proceso, así como los cálculos necesarios para el dimensionamiento y selección de tuberías y bombas.

Se anexan también los diagramas del perfil hidráulico , de flujo del proceso de tratamiento con gasto y calidad promedio y del proceso propuesto, así como los planos de arreglo general y de rutas de tuberías propuestas para agua, lodos y aire.

#### **9.1. Ubicación**

Su ubicación será en el lado poniente de la ciudad de Hermosillo, Sonora a 1,374.5 metros sobre el nivel del mar (SNM), según se indica en el plano de ubicación.

(Plano 9.1.1.)



(PLANO DE LOCALIZACION 9111)

**SIMBOLOGIA**

- Ejees (Principales)
- Colector Existentes
- Sitio de Agua y Manantiales

201

## 9.2. Descripción del Tratamiento

La propuesta técnica que se presenta consiste en un proceso de tratamiento biológico mediante lodos activados con aeración por difusores, por considerarse el óptimo para las características del agua residual que se tiene, además de minimizar los costos de operación y mantenimiento, obteniendo así la calidad de agua deseada.

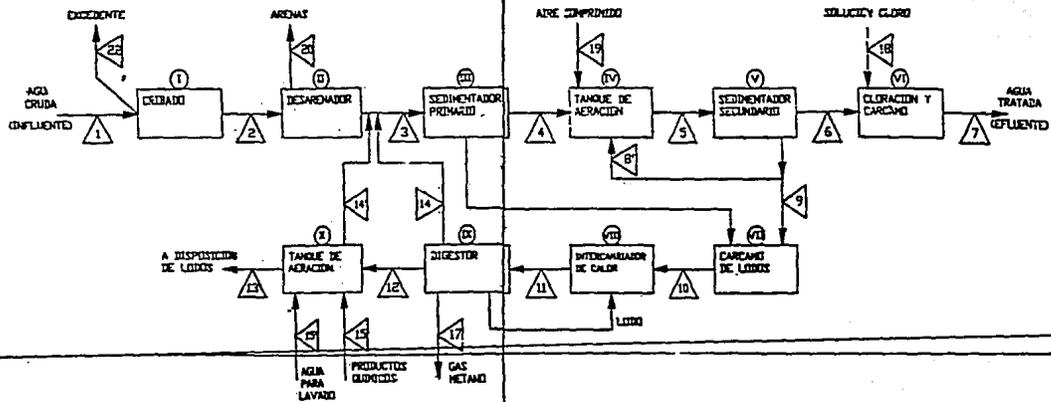
(VER DIAGRAMA 9.2.1.)

Se considera que el agua cruda del sistema de alcantarillado llegará a una caja receptora donde se controlarán los gastos excedentes del flujo máximo de operación. La eliminación de sólidos gruesos y arenas se llevará a cabo en el cribado (rejillas fijas y móviles con limpieza mecánica frontal) y en el desarenador (cámaras desarenadoras de sección cuadrada con fondo circular, en sistema rotatorio colector, mecanismo lavador y una tolva colectora de arenas). El transporte del fluido entre ambas etapas se realiza mediante un proceso de bombeo midiendo el flujo en un canal tipo Parshall. Por medio de unidades de sección circular, con flujo horizontal y remoción de lodos por rastras mecánicas y extracción por carga hidrostática se realizará la sedimentación primaria.

El efluente primario será tratado biológicamente por lodos activados en un sistema totalmente mezclado con aeración mediante difusores de burbuja fina, en donde se obtendrá una remoción de materia orgánica del 90%. La remoción de los sólidos suspendidos se llevará a cabo mediante una sedimentación secundaria, cuyas unidades presentan las mismas características que las unidades del sedimentador primario que antes se ha mencionado.

Su efluente será conducido a los tanques de contacto de cloro, en donde se eliminarán los coliformes y bacterias presentes en el agua tratada, que se contendrá

# DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE TRATAMIENTO CON GASTO Y CALIDAD PROMEDIO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, HERMOSILLO, SONOR-



No. CORRIENTE	1	2	3	4	5	6	7	8	8'	9	10	11	12	13	14	14'	15	15'	16	17	18	19	20	21	22	
GASTO (L.P.S)	2,500	2,570	2,526	2,098	3,415	2,302	2,502				2,082	2,082	490	142	1,611	6,205.6	196	86.13	18,903	12,500	1,880	1,880	11	6	6,472	
FLUJO (M <sup>3</sup> /DIA)								718	77,500	1,329																
SSO (MG/L)	170	177	170	128	60	68	70	42.5		68	110.5	110.5														
SST (MG/L)	237	257	257	254	3,000	98	98	103		64	157	157														
	I		II			III				IV		V			VI		VII		VIII		IX		X			
CARACTERISTICAS DE EQUIPO (VER LISTA ANEXA)	UNA COMPLETA DE BOMBAS ENCHES CON JUNTAS DE CRUJE. BOMBA ROTORICA DE AGUA CRUDA.		CINCO COMPUERTAS Y CINCO SISTEMAS DE DECANACION.			CINCO SISTEMAS A BASE DE BASTRAT MECANICAS.				CINCO UNIDADES CON REFRIGERIO Y BURBUJA FORA 773 DTS. 12.		CINCO SISTEMAS A BASE DE BASTRAT MECANICAS.			TRES UNIDADES DE SISTEMAS EVAPORADORES ENCHES. TORRES ZERRA DE A. TUBO TRENCHA CON TERMOPARES DE CUI. 80 Y CUCHI BOMBAS AGUA "TAYABA".		DOS UNIDADES A BASE DE CONCRETO. UNA PARA Lodos PRIMARIOS Y OTRA PARA Lodos SECUN. DARIOS.		TRES UNIDADES PARA CARGAMENTO DE Lodos POR ESCOTIL. UN AMARRONADO CON QUADRONES. INTER. COMANDOS Y CON. TRILES.		TRES ESCOTILLOS AMARRONADO DE CONCRETO CON CUI. 80. ESTA METALICA Y STEEL BOMBAS PARA DESALZAR Y REDUC. CALACION DE Lodos.		CUATRO UNIDADES DE FILTRO BANDA 120. MOTOR ELECTRIC. SISTEMAS DE DIS. TRACION DE PUL. 1000 Y MANEJO DE Lodos.			

DIAGRAMA 9.2.1.)

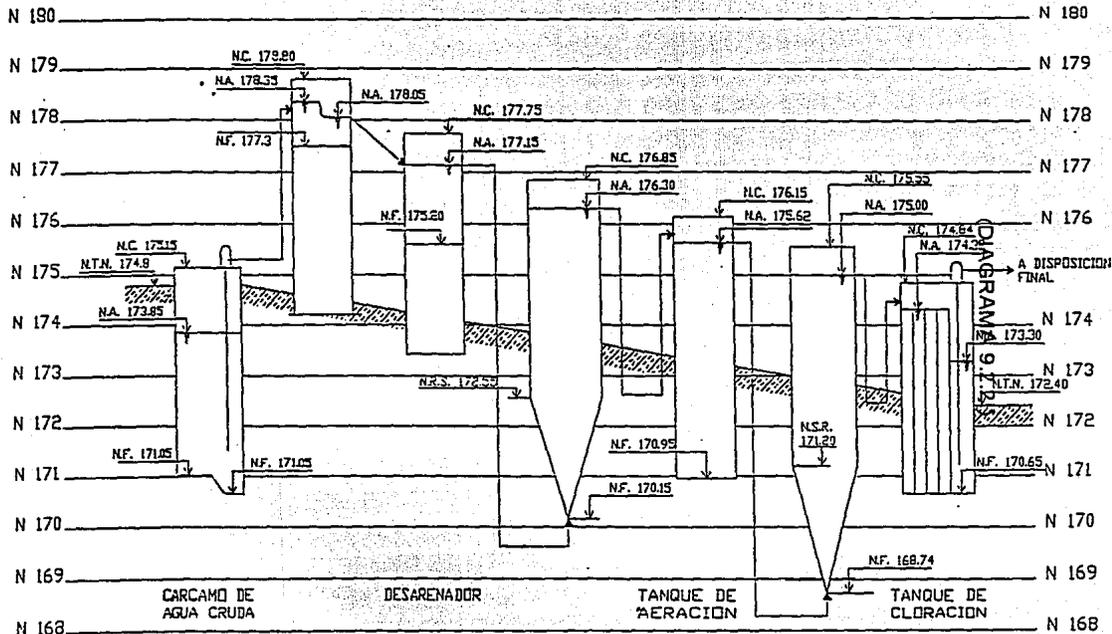
en un tanque de almacenamiento que hará las veces de cárcamo de bombeo. Al final del proceso de tratamiento se instalará un medidor de flujo tipo tobera.

En el tren secundario de la planta, se tratarán los lodos generados en los sedimentadores mediante un digestor anaeróbico de alta tasa. Los gases generados por la reducción de sólidos volátiles serán aprovechados como combustible para el calentamiento de los lodos antes de ser digeridos.

El lodo digerido se acondicionará químicamente y se compactará mediante filtros prensa de banda para su disposición final.

El líquido sobrenadante de la digestión y el desaguado de lodos será retornado al influente general de la planta. (VER DIAGRAMA 9.2.2. Y 9.2.3.)

# PERFIL HIDRAULICO



**SIMBOLOGIA**

NTN. NIVEL DEL TERRENO NATURAL  
 N.C. NIVEL DE CORONA  
 N.F. NIVEL DE FONDO  
 N.A. NIVEL DE AGUA  
 NSR. NIVEL SOBRE RECTA MURO

PLANTA DE TRATAMIENTO  
 DE AGUAS RESIDUALES  
 HERMOSILLO, SONORA.  
 PROPUESTA



### 9.3 DATOS

#### 9.3.1 DATOS BASICOS.

##### GASTOS.

* Medio	2.5 m <sup>3</sup> /s
* Máximo	5.04 m <sup>3</sup> /s
* Mínimo	1.2 m <sup>3</sup> /s
* Excedencias	4.3 m <sup>3</sup> /s

#### 9.3.2 MODULOS DE TRATAMIENTO

Capacidad media	500 l/s
Capacidad máxima	1000 l/s
Capacidad mínima	240 l/s

#### 9.3.3 CONDICIONES CLIMATOLOGICAS

##### a) Temperatura

Media anual	26°C
Máxima anual	44°C
Media mínima anual	2°C

**b) Precipitación pluvial**

**Media anual 397.2 mm**

**c) Evaporación**

**Media anual 2500 mm**

**d) Vientos dominantes**

**Dirección suroeste, con velocidad de 40 Km/h**

**Dirección oeste, con velocidad de 135 Km/h**

**e) Presión atmosférica media**

**1.01 Kg/cm<sup>2</sup>  
(0.977 atm)**

### 9.3.4 CALIDAD DE LAS AGUAS Y EFICIENCIAS MINIMAS REQUERIDAS

PARAMETRO	CRUDA PROMEDIO	TRATADA	EFICIENCIA MINIMA (%)
pH	7.1	6.5-8.5	-
Sólidos sedimentables	1.04	-	-
Sólidos totales	1116	-	-
Sólidos suspendidos totales	257	90	65
Sólidos suspendidos volátiles	129	-	-
Nitrógeno total	30	30	-
Nitrógeno amoniacal	-	10	-
Fenoles	0.04	-	-
DBO <sub>5</sub> total	170	60	64.7
DBO <sub>5</sub> disuelta	87	30	65.5
DQO soluble	-	150	-
DQO total	397	300	24.4
Grasas y aceite	66	-	-
SAAM	19.3	-	-
Coliformes totales	24,000,000	10,000	99.96
Coliformes fecales	20,800,000	-	-
Fosfatos totales	21	5	76.2
Hierro	2.3	5	-

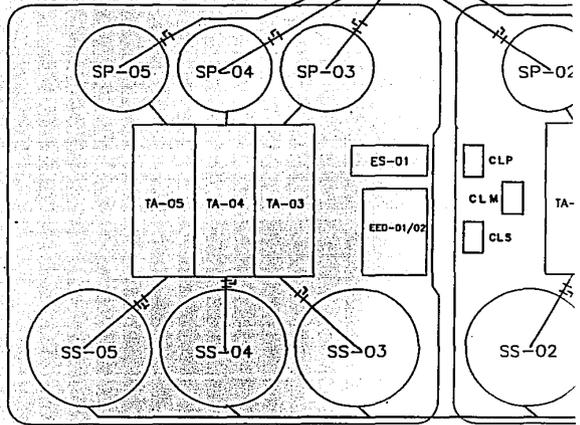
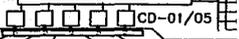
Los resultados están expresado en mg/L, con excepción del pH (unidades de pH), sólidos sedimentables (mL/L) y coliformes (NMP/100 ml).

### 9.3.5 TREN DE PROCESOS, OBRAS ACCESORIAS Y SERVICIOS.

- \* Transición entre el emisor de llegada y el pre-tratamiento.
- \* Derivación de gastos extraordinarios.
- \* Canal de cribado.
- \* Bombeo de agua cruda.
- \* Medición de flujos de agua cruda.
- \* Tanques de desarenación.
- \* Sedimentación Primaria.
- \* Tratamiento biológico.                      Lodos activados completamente mezclados.
- \* Sedimentación secundaria.                      Para lodos activados.
- \* Desinfección con gas cloro.
- \* Almacenamiento de agua tratada.
- \* Bombeo de agua tratada.
- \* Medición de Agua Tratada.
- \* Purga de lodos.
- \* Estabilización de lodos.
- \* Desaguado de lodos.
- \* Disposición final de lodos secos.
- \* Edificios varios.
- \* Servicios de agua potable y alcantarillado.

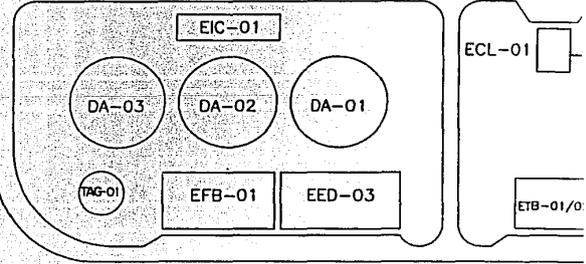
CAC

ESTACIONAMIENTO

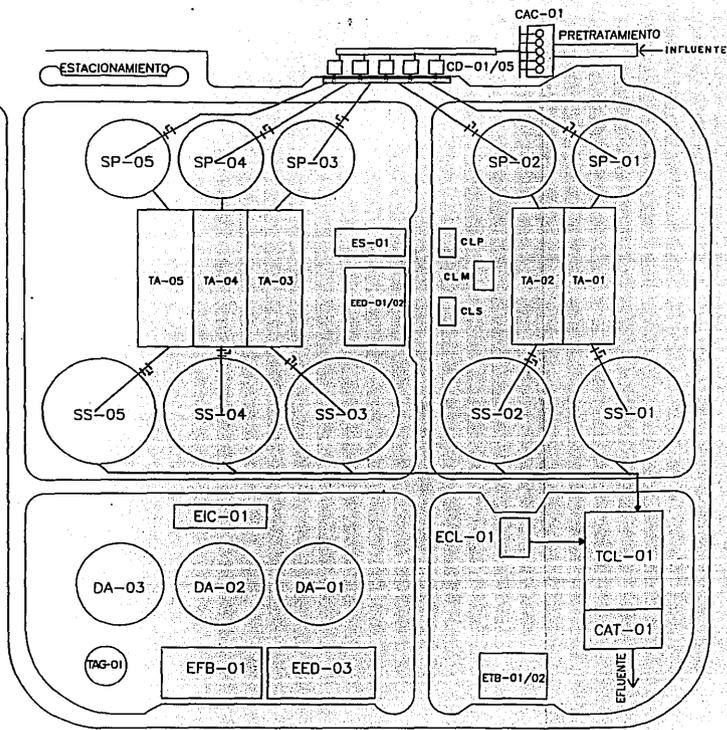


**SIMBOLOGIA**

- ECB-A CACETA DE VIGILANCIA
- ECB-B CACETA DEL ENCARGADO
- CAC CARCAMO DE AGUA CRUDA
- CD CAJA DE SARENDORA
- EC EDIFICIO CENTRAL
- SP SEDIMENTADOR PRIMARIO
- TA TANQUE DE AERACION
- ES EDIFICIO DE SOPLADORES
- EED SUBESTACION ELECTRICA
- SS SEDIMENTADOR SECUNDARIO
- EIC EDIFICIO INTERCAMBIADOR DE CALOR
- ECL EDIFICIO DE CLORACION
- DA DIGESTOR ANAEROBIO
- TCL TANQUE DE CONTACTO DE CLORO
- CAT CARCAMO DE AGUA TRATADA
- TAG TANQUE DE ALMACEN DE GAS
- EFB EDIFICIO FILTRO BANDA
- ETB EDIFICIO TALLER BODEGA
- BAR BOMBA DE AGUA RESIDUAL
- CLP CARCAMO Lodos PRIMARIOS
- CLS CARCAMO Lodos SECUNDARIOS
- CLM CARCAMO DE Lodos DE MEZCLA



TRABA  
PLANT  
"HERM  
RUTA 1



TRABAJO DE TESIS  
 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES  
 "HERMOSILLO SONORA"  
 RUTA DE TUBERIA PARA AGUA

ESC. 11000

## **9.4 APLICACION**

De nuestra planta de tratamiento de aguas residuales propuesta, estamos seleccionando para la demostración de nuestro programa de cómputo, la etapa que va desde la caja receptora del flujo hasta el desarenador. Donde el transporte de éste, entre ambas etapas se lleva acabo mediante un proceso de bombeo, ya que para nuestro caso el nivel de llegada del flujo en la caja receptora es menor al nivel que se necesita tener para que las siguientes etapas en el tren de tratamiento primario y secundario puedan operar por gravedad. Se considero ésta etapa como ejemplo, puesto que es la más completa y abarca todos los cálculos que puede efectuar nuestro programa, ya que se puede seleccionar el diámetro del tubo, la dimensiones del cárcamo y la bomba que se necesita para esta etapa.

### **9.4.1 BOMBEO DE AGUA CRUDA.**

El effluente del sistema de cribado se conducirá mediante un canal hasta el cárcamo de bombeo, de donde se elevará el agua residual hasta un nivel que permita la operación por gravedad del tren de tratamiento primario y secundario previa desarenación.

### **9.4.2 CARCAMO DE BOMBEO.**

Lo conformará una cámara húmeda con bombas centrífugas verticales instaladas sobre la losa de cubierta.

Volumen hidráulico del cárcamo:

$$V = \frac{Q * O}{\# \text{ BOMBAS}}$$

donde:

V = Capacidad hidráulica requerida, en m<sup>3</sup>

Q = Capacidad de una bomba, en m<sup>3</sup>/min.

O = Tiempo mínimo de un ciclo de bombeo, entre arranques sucesivos.

Para grandes estaciones de bombeo no debe ser menor de 20 minutos, el máximo tiempo de retención no excederá en promedio de 30 minutos.

\* Velocidad de acercamiento del flujo a la zona de succión de las bombas: Menor o igual a 0.3 m/s.

\* Pendiente de fondo en la zona de succión 1:1

\* Distancia entre bombas centro a centro: ( S )  
(VER FIGURA 7.3 DE LA PAG. 159)

### 9.4.3 EQUIPO DE BOMBEO.

Unidades centrífugas verticales, operando con dos niveles de la superficie de agua en el cárcamo (máximo y mínimo).

Las aguas residuales cribadas se bombearán al sistema de medición de caudales como paso previo al proceso de desarenación.

La selección del tipo de flujo de las bombas se hará a partir de la velocidad específica:

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

La carga neta positiva de succión disponible se comparará con la requerida por fabricante, debiendo excederla con un aceptable margen de seguridad.

La velocidad del agua a la entrada de la boca de succión será menor de 3 m/s.

El impulsor de las bombas será del tipo inatascable con paso de esfera de 6.5 cm. y los motores eléctricos serán de velocidad constante.

La velocidad del flujo recomendada para agua cruda en el interior de la tubería deberá ser de 1.5 m/s.

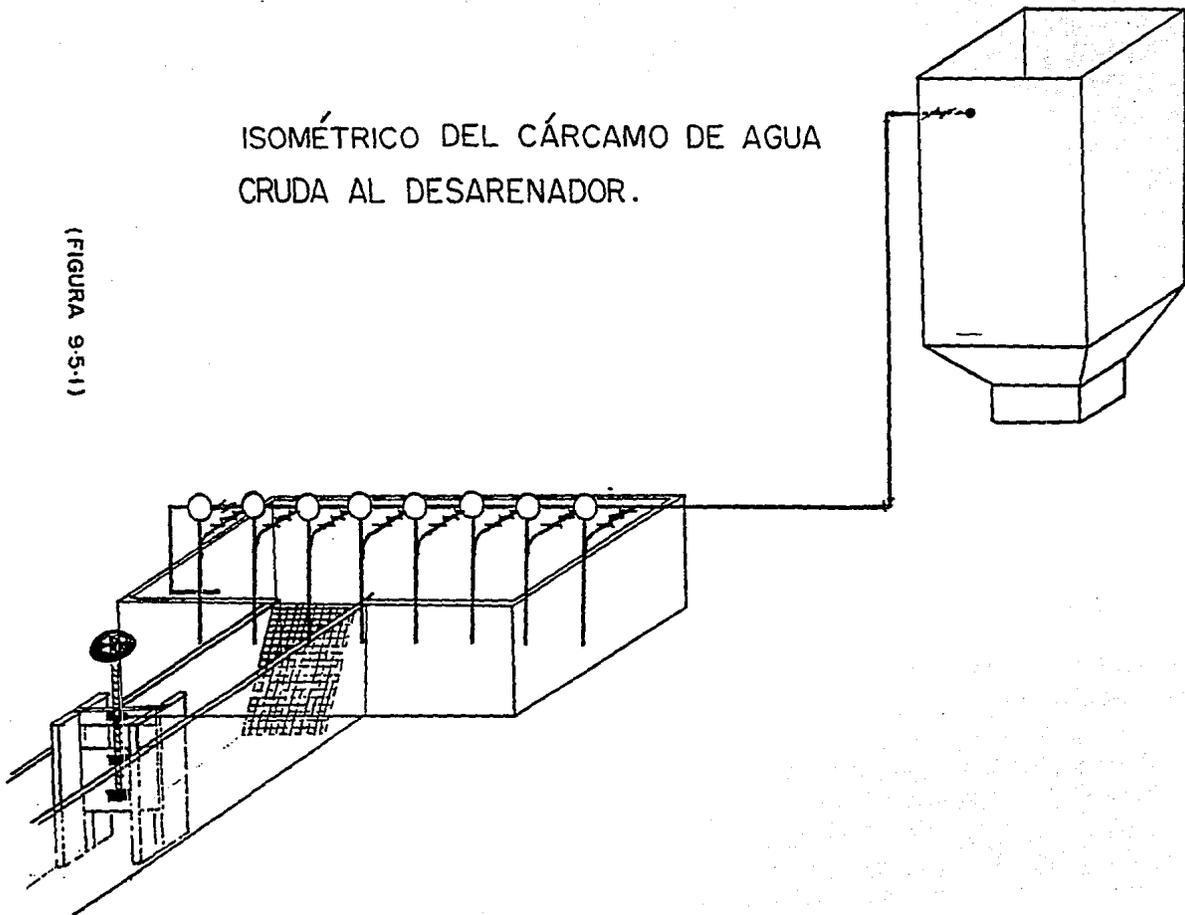
Estamos considerando que nuestro proceso actualmente consta de 5 trenes de proceso con la factibilidad de ampliarse a 8 trenes. El gasto por tren de proceso será de 500 L/s, por lo que para la primera etapa proyectaremos 5 bombas de las cuales 4 estarán en operación y 1 en reserva, en el caso de que se llevara a cabo la ampliación se proyectaran 8 bombas de las cuales 7 estarán en servicio y 1 en reserva. Independientemente que se lleve a cabo la ampliación o no el cárcamo se construirá para el volumen de las 8 bombas dejándose las preparaciones necesarias en el cabezal para las bombas de la ampliación.

## **9.5 RESULTADOS**

### **9.5.1 CALCULO DE TUBERIAS PARA AGUA CRUDA**

Una vez definida la trayectoria y el arreglo de la tubería desde el cárcamo hasta el desarenador en nuestro diagrama unifilar de planta, procederemos con ayuda del diagrama de perfil hidráulico (VER DIAGRAMA 9.2.2.) , a la elaboración detallada de nuestro isométrico de tuberías.(VER FIGUAR 9.5.1.)

ISOMÉTRICO DEL CÁRCAMO DE AGUA  
CRUDA AL DESARENADOR.



(FIGURA 9-5-1)

Con la velocidad del flujo recomendada y el gasto por bomba podremos seleccionar el tubo comercial, y a su vez, determinar el área y la velocidad real.

$$A = Q / V$$

Para nuestro gasto de .625 m<sup>3</sup>/s y la velocidad de 1.5 m/s el área sería de 0.4167 m<sup>2</sup>, que equivale a 28.67 PL. de diámetro y que correspondería a un diámetro comercial de 30 PL.I

De la misma manera procederemos para obtener el diámetro de nuestro cabezal con un gasto de 4.37 m<sup>3</sup>/s y la velocidad de 1.5 m/s y obtenemos que el área será de 2.91 m<sup>2</sup> y que equivale a un tubo de 75.86 PL. de diámetro que corresponde a un diámetro comercial de 78 PL.

Una vez seleccionada la tubería y accesorios podremos elaborar nuestro catálogo de conceptos, que en resumen sería el siguiente:

#### CATALOGO DE CONCEPTOS PARA OBRA

Planta: Hermosillo, Sonora  
Obra: Mecánica  
Area: Tubería de Agua Cruda del Cárcamo de Bombeo al Desarenador

Partida	Descripción	Cantidad	Unidad
01	Ampliación concentrica de 20"a 30"	1	PZA
02	Junta Dresser de 30"	1	PZA
03	Válvula Check de 30"	1	PZA
04	Válvula de mariposa 30"	1	PZA
05	Tubo de 30"	11.5	MTS
06	Ampliación concentrica de 30"a78"	1	PZA
07	Yee de 78"	8	PZA

08	Válvula de Mariposa de 78"	1	PZA
09	Junta Dresser de 78"	1	PZA
10	Codo 90° de 78"	2	PZA
11	Tee de 78"	1	PZA
12	Tubo de 78"	28	MTS

(VER FIGURA 9.5.1.1. Y 9.5.1.2.)

La viscosidad del agua cruda es de 0.0093 (gr(m)/cm-s)

La densidad del agua cruda es de 0.9968 (gr(m)/cm<sup>3</sup>)

Para los dos casos a una temperatura de 26° C.

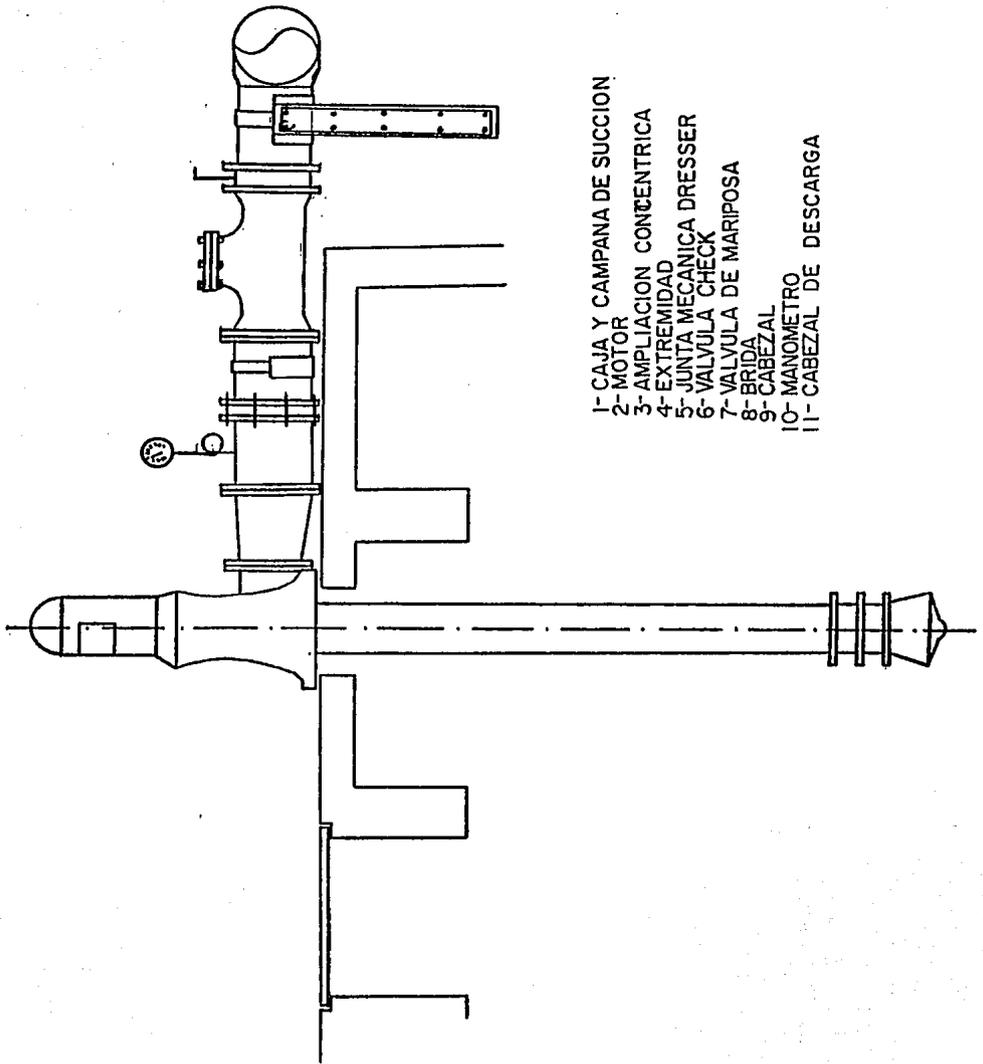
### 9.5.2. BOMBEO DE AGUA CRUDA.

Cada canal efluente de agua residual cribada descargará a un canal principal que a su vez lo hará al cárcamo de bombeo.

### 9.5.3. CARCAMO DE BOMBEO.

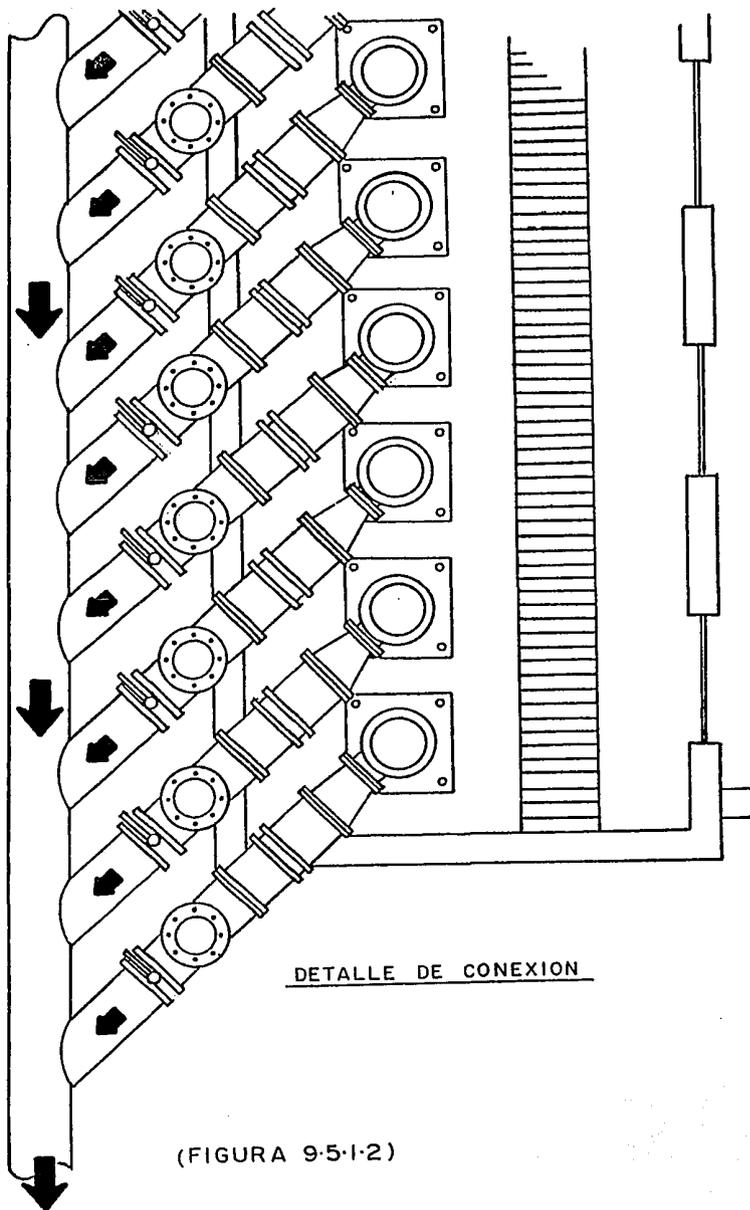
- Cámara Húmeda
- Número de unidades 8
- Capacidad media por unidad 625 l/s
- Gasto medio de aguas residuales 2,500 l/s (150 m<sup>3</sup>/min)
- Gasto máximo de bombeo 5,000 l/s (300 m<sup>3</sup>/min)
- Gasto mínimo de aguas residuales 1,200 l/s (72 m<sup>3</sup>/min)
- Tiempo de operación mínimo de bombeo (To) 3 minutos

# DETALLE DE CONEXIÓN



- 1- CAJA Y CAMPANA DE SUCCION
- 2- MOTOR
- 3- AMPLIACION CONCENTRICA
- 4- EXTREMIDAD
- 5- JUNTA MECANICA DRESSER
- 6- VALVULA CHECK
- 7- VALVULA DE MARIPOSA
- 8- BRIDA
- 9- CABEZAL
- 10- MANOMETRO
- 11- CABEZAL DE DESCARGA

( FIGURA 9-5-1-1 )



DETALLE DE CONEXION

(FIGURA 9-5-1-2)

- Período mínimo de los ciclos de operación de las bombas ( $T_c$ ) 5 minutos

Volumen mínimo para asegurar 2 minutos continuos de operación:

$$V = 2 \text{ min} * 300 \text{ m}^3/\text{min} = 600 \text{ m}^3$$

Volumen mínimo para asegurar un ciclo de operación de 5 minutos gasto medio

$$V_{\min} = 357 \text{ m}^3$$

Por lo tanto el tiempo mínimo de operación es el que define la capacidad útil del cárcamo; esto es, el volumen entre las elevaciones de arranque y paro de las bombas será 600 m<sup>3</sup>, por lo que la duración real del ciclo de operación a gasto medio será de 8 minutos. Croquis: (VER FIGUARA 9.5.3.)

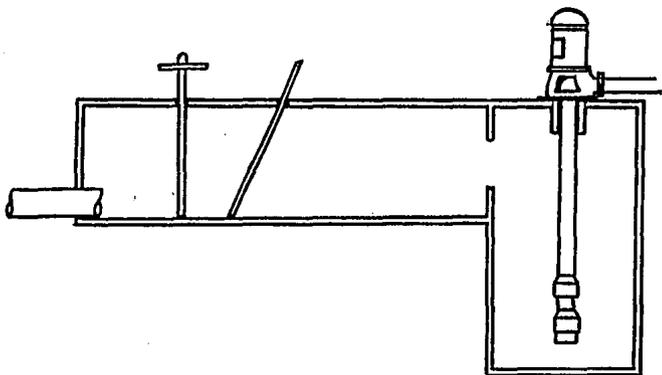
Dimensiones del cárcamo: 25 m de largo x 12 m de ancho x 2 m de tirante hidráulico útil.

Dimensiones de la estructura: 25 m x 12 m x 5.5 de altura

#### 9.5.4 EQUIPOS DE BOMBEO.

Número de unidades	8
Tipo	Centrífuga vertical de flujo mixto.
Capacidad por unidad	625 l/s
Desnivel estático máximo	12 m
Desnivel estático mínimo	10 m

(FIGURA 9.5.3)



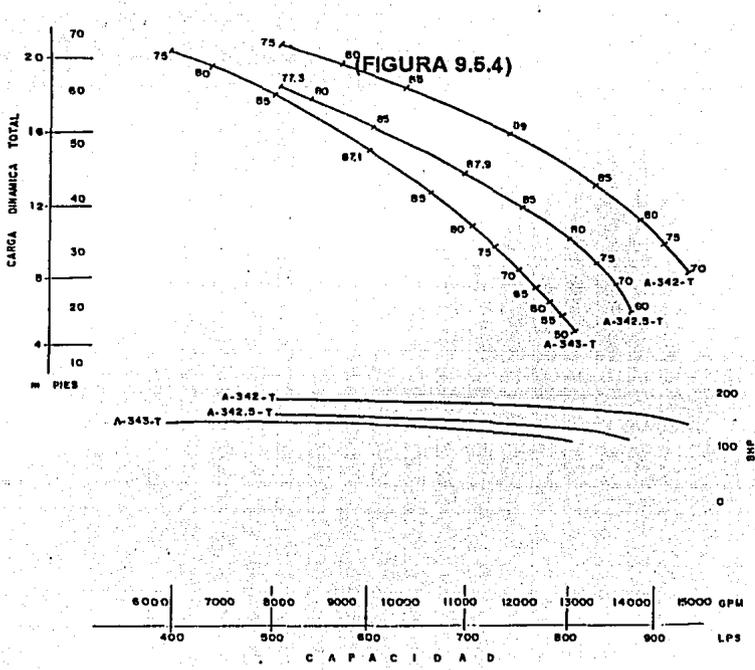
Pérdidas de carga en el múltiple de bombeo a gasto máximo	2.5 m
Pérdidas de carga por bomba individual	1.5 m
Carga dinámica máxima	16.0 m
Carga dinámica mínima	14.0 m
Velocidad específica de las bombas	
Presión atmosférica	1.01 kg/cm <sup>2</sup>
Presión de vapor a 26°C	27 mm Hg (0.37 m.c.a.)

Carga neta positiva de succión disponible	9 m
Nivel mínimo de agua sobre la campana de succión.	1.5 m

**\* Características generales de las bombas verticales de flujo mixto.**

Diámetro del impulsor	0.51 m (20")
Velocidad de rotación	880 r.p.m.
Número de pasos	2
Diámetro de la columna	0.51 m (20")
Diámetro del cabezal de descarga	0.51 m (20")
Paso de esfera máximo	8.6 cm (3.38")
Eficiencia de la bomba	85 %
Potencia al freno	155 HP
Motor	200 HP

Posteriormente se hará el análisis de las curvas del sistema y las curvas características de las bombas.



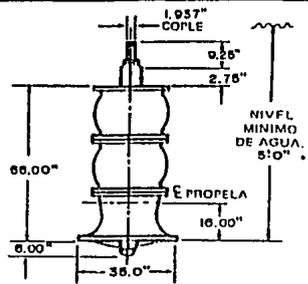
20"  
8312

880  
RPM

2  
PASOS

COLUMNA  
20"  
CADEZAL  
DESCARGA  
20"  
FLECHA  
DE  
TRANSMISION  
1 15/16"  
TURO FUNDA  
3"  
BOMBA  
VERTICAL  
TIPO  
HFLICE  
(PROPELA)  
DE  
FLUJO  
MIX10

DATOS	VALOR
DIAMETRO DE FLECHA DE LA BOMBA	1.9375 PULG.
PASO MAXIMO DE ESFERA	3.38 PULG.
K <sub>1</sub> (FACTOR DE CARGA IND. AXIAL)	101 LBS./FT.
K <sub>R</sub> (PESO TOTAL DEL ROTOR)	260 LBS.
K <sub>S</sub> (PESO FLECHA POR UNIDAD LONG.)	10.0 LBS./FT
WK <sup>2</sup> TOTAL	86 LBS.-FT <sup>2</sup>
PESO TOTAL DE LOS TAZONES	2150 LBS.
AREA OJO: PROPELA No. A-342-T	203.0 PULG. <sup>2</sup> 3 ALABES
PROPELA No. A-342.5-T	203.0 PULG. <sup>2</sup> 3 ALABES
PROPELA No. A-343-T	203.0 PULG. <sup>2</sup> 3 ALABES
PROPELA No.	PULG. <sup>2</sup> ALABES
PROPELA No.	PULG. <sup>2</sup> ALABES
PROPELA No.	PULG. <sup>2</sup> ALABES



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

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

Fababanks Morse

## CONCLUSIÓN

A lo largo de este trabajo de tesis se aprecia con claridad la urgente necesidad que tiene nuestro país de lograr a corto plazo el desarrollo y construcción de nuevas plantas de tratamiento de aguas residuales, junto con la rehabilitación y renovación de otras ya existentes, pero que se encuentran a la fecha fuera de servicio por problemas de diseño, construcción u operación deficientes, lo cual produce como consecuencia descargas de agua tratada con niveles de calidad fuera de lo establecido por la reglamentación nacional vigente.

También se aprecia en este trabajo que es urgente la necesidad de lograr la integración de un sistema nacional completo, cuya capacidad de operación permita satisfacer las necesidades del suministro de agua para fines de reuso en localidades que se encuentran a gran distancia de los principales centros urbanos y a todo lo largo del territorio nacional.

Otro aspecto que se determina en esta tesis es la posibilidad que existe en nuestro país de que profesionales de diversas disciplinas participen de manera integral y organizada para lograr desarrollar diferentes procedimientos y métodos de cálculo cuya productividad sea de alta eficiencia y con resultados sin error.

Ejemplo de lo anterior se muestra en el desarrollo de este trabajo, al demostrar que el diseño por computadora de las tuberías para agua, aire y lodos, en conjunto con el cálculo de los equipos de bombeo que se requieren para los procesos de una planta de tratamiento, permite reducir el tiempo de cálculo manual utilizado por el ingeniero proyectista, a partir de la base de datos que determinan los ingenieros químicos de proceso para las diferentes operaciones unitarias que integran a este tipo de instalaciones.

Finalmente es necesario hacer notar el crédito que debe darse a la participación de los ingenieros cibernéticos o programadores analistas, ya que sin su colaboración y ayuda no podría haber sido realizado este trabajo; así como aquellas instituciones que nos permitieron el acceso a sus instalaciones y a la información que fue fundamental para la elaboración del presente trabajo.

## BIBLIOGRAFIA

1. American Water Works Association  
Manual de Distribución e Instalación de Tubería de Acero  
1991
2. Hicks, Tyler G.  
Bombas, su Selección y Aplicación  
CECSA, 1970
3. King, H.W.; Brater, E.F.  
Manual de Hidráulica  
UTEHA, 1979
4. Karassik, Igor J.; Carter, Roy  
Bombas Centrifugas  
CECSA, 1985
5. White, Frank M.  
Mecánica de Fluidos  
McGraw Hill, 1989

**6. Tratamiento de Aguas Residuales Municipales, Industriales y Reusos**

**Universidad Nacional Autónoma de México , Facultad de Ingeniería.**

**División de Educación Continua , Cursos Abiertos , 1992**

```

0010 REM "0ITES1"   Calculo Tuberia para aguas residuales, lodos y aire
0020 REM
0030 BEGIN
0040 PRECISION 6
0050 REM .....
0060 OPEN (1)"TABLA1"
0070 OPEN (2)"TABLA2"
0080 REM .....
0090 LET TIT1$="TESIS"
0100 LET TIT2$="CALCULO DE TUBERIA PARA AGUAS RESIDUALES, Lodos Y AIRE"
0110 DIM R$(80,"-"),RR$(80,"=")
0120 LET M$="###,###.0000",M1$="#,###.00",M2$="00.00"
0130 DIM RCD$(10," ")
0140 LET PI=3.141593
0150 LET KONTA=1
0160 REM -----
0170 PRINT 'CS'
0180 PRINT @(INT((80-LEN(TIT1$))/2),0),TIT1$
0190 PRINT @(INT((80-LEN(TIT2$))/2),1),TIT2$
0200 PRINT @(0,3),"CAPTURE LOS SIGUIENTES DATOS : "
0210 PRINT @(0,4),R$
0220 PRINT @(0,5),"Velocidad del flujo      : "
0230 PRINT @(0,6),"Gasto en la linea      : "
0240 PRINT @(0,7),R$
0250 REM -----
0260 PRINT @(0,22),'CL',@(35,22),"F2=Regresa",@(27,5),'CL'; INPUT (0,ERR=0260)
0260: @(27,5),V
0270 IF CTL=2 THEN RUN "00TES0"
0280 IF V(=0 THEN GOTO 0260
0290 PRINT @(27,5),V:M$
0300 REM -----
0310 PRINT @(0,22),'CL',@(35,22),"F2=Regresa",@(27,6),'CL'; INPUT (0,ERR=0310)
0310: @(27,6),D
0320 IF CTL=2 THEN PRINT @(27,6),'CL'; GOTO 0260
0330 IF D(=0 THEN GOTO 0310
0340 PRINT @(27,6),D:M$
0350 REM -----
0360 LET A=Q/V
0370 REM .....
0380 LET ARG=(4*A)/PI
0390 LET D=SQR(ARG),D=D/.0254
0400 REM .....
0410 PRINT @(0,8),"DIAMETRO DEL TUBO      : ",D:M$,"'"
0420 PRINT @(10,8),"AREA CALCULADA      : ",A:M$
0430 REM -----
0440 PRINT @(0,22),'CL',@(35,22),"F2=Regresa",@(0,10),'CL'; INPUT (0,ERR=0440)
0440: @(0,10),"Diametro Comercial : ",DC
0450 IF CTL=2 THEN PRINT @(0,8),'CL',@(0,9),'CL',@(0,10),'CL'; GOTO 0310
0460 IF DC(=0 THEN GOTO 0440
0470 PRINT @(22,10),DC:M$
0480 REM -----
0490 PRINT @(0,22),'CL',@(35,22),"F2=Regresa",@(0,11),'CE'; INPUT (0,ERR=0490)
0490: @(0,11),"Diametro Interior (''):",DINT
0500 IF CTL=2 THEN PRINT @(0,11),'CL'; GOTO 0430
0510 IF DINT(=0 THEN GOTO 0490
0520 LET DINT=DINT*.0254
0530 PRINT @(22,11),DINT:M$,"(m)"
0540 REM -----
0550 PRINT @(0,22),'CL',@(35,22),"F2=Regresa",@(0,12),'CL'; INPUT (0,ERR=0550)
0550: @(0,12),"Espesor del Material: ",ESPE

```

```

0560 IF CTL=2 THEN PRINT @(0,12), 'CL'; GOTO 0490
0570 IF ESPE(=0 THEN GOTO 0550
0580 PRINT @(22,12), ESPE:M$
0590 REM -----
0600 PRINT @(0,22), 'CL', @(35,22), "F2=Regresa", @(0,13), 'CL'; INPUT (0,ERR=0600)
0600: @(0,13), "Cedula del tubo : ", CED$
0610 IF CTL=2 THEN PRINT @(0,13), 'CL'; GOTO 0550
0620 PRINT @(22,13), CED$
0630 REM -----
0640 LET AR=PI*DINT^2/4
0650 IF AR(=0 THEN GOTO 0490
0660 PRINT @(40,12), "AREA REAL : ", AR:M$, " m2"
0670 LET VR=Q/AR
0680 PRINT @(40,13), "VELOCIDAD REAL : ", VR:M$, " m/s"
0690 REM -----
0700 PRINT @(0,5), "Velocidad del flujo : ", V:M$, " m/s"
0710 PRINT @(0,6), "Basto en la linea : ", Q:M$, " m3/s"
0720 PRINT @(0,7), R$
0730 PRINT @(0,10), "Diametro Interior(')"; DINT:M$, " m"
0740 PRINT @(0,11), "Diametro Comercial : ", UC:M$
0750 PRINT @(0,12), "Espesor del Material : ", ESPE:M$
0760 PRINT @(0,13), "Cedula del tubo : ", CED$
0770 PRINT @(40,12), "AREA REAL : ", AR:M$, " m2"
0780 PRINT @(40,13), "VELOCIDAD REAL : ", VR:M$, " m/s"
0790 PRINT @(0,14), R$
0800 REM -----
0810 PRINT @(0,20), 'CL', @(35,20), "F2=Regresa", @(0,15), 'CL'; INPUT (0,ERR=0810)
0810: @(0,15), "Viscosidad del flujo: ", VISCO
0820 IF CTL=2 THEN PRINT @(0,15), 'CL'; GOTO 0600
0830 IF VISCO=0 THEN GOTO 0810
0840 PRINT @(22,15), VISCO:M$
0850 REM -----
0860 PRINT @(0,22), 'CL', @(35,22), "F2=Regresa", @(0,16), 'CL'; INPUT (0,ERR=0860)
0860: @(0,16), "Densidad del flujo : ", DENSI
0870 IF CTL=2 THEN PRINT @(0,16), 'CL'; GOTO 0810
0880 IF DENSI=0 THEN GOTO 0860
0890 PRINT @(22,16), DENSI:M$
0900 REM -----
0910 PRINT @(0,22), 'CL', @(35,22), "F2=Regresa", @(0,17), 'CL'; INPUT (0,ERR=0910)
0910: @(0,17), "Temperatura : ", TEM$
0920 IF CTL=2 THEN PRINT @(0,17), 'CL'; GOTO 0860
0930 IF TEM(=" THEN GOTO 0910
0940 PRINT @(22,17), TEM$
0950 REM -----
0960 REM Calculamos Reynolds
0970 REM -----
0980 LET RE=((VR*DINT*DENSI)/VISCO)*10000
0990 REM -----
1000 REM Calculamos el factor de friccion
1010 REM -----
1020 IF RE(2000 THEN LET F=64/RE; LET TIPOFLU$="..... Flujo Laminar ....."; GO
1020: TO 1050
1030 IF RE(4000 THEN LET TIPOFLU$="..... Flujo Turbulento ....."; GOTO 1050
1040 LET TIPOFLU$="..... Zona Critica ....."
1050 REM -----
1060 PRINT @(20,19), TIPOFLU$

```

```

1070 PRINT @ (0,20), "No. de Reynolds = ", F1, ". C. RE = ", RE, " EN EL PUNTO (0,170,20)
1070: "Factor de friccion = ", F1
1070: "Teclée (Rtn) para continuar ", *; GOTO 1100
1080 IF RE < 4000 THEN INPUT @ (0,ERR=1080) @ (40,20), 'CL', "Dame el Factor de Fricci
1080: on : ", F1; GOTO 1100
1090 GOTO @170
1100 REM =====
1110 REM                      Proceso para flujo turbulento
1120 REM -----
1130 PRINT 'WINDOW' (7,4,70,18,""), 'CS'
1140 PRINT @ (12,3), "SELECCIONA EL METODO A UTILIZAR"
1150 PRINT @ (0,7), "[1] METODO POR DARCY-WEISBACH"
1160 PRINT @ (8,8), "[2] METODO POR CHEZY"
1170 PRINT @ (0,9), "[3] METODO POR MANNING"
1180 PRINT @ (8,10), "[4] METODO POR HAZES-WILLIAMS"
1190 PRINT @ (0,14), 'CL', @ (20,14), "F2=Regresa", @ (0,12), 'CL'; INPUT @ (0,ERR=1190,
1190: SIZ=1) @ (8,12), "Selecione : ", SEL1: "1"=1200, "1"=1200, "2"=1190, "3"=1190, "4
1190: "=1190)
1200 IF CTL=1 OR CTL=3 OR CTL=4 THEN GOTO 1190
1210 IF SEL1="" AND CTL (2) THEN GOTO 1190
1220 PRINT 'POP',
1230 IF CTL=2 THEN GOTO @990
1240 REM -----
1250 PRINT 'CS'
1260 PRINT @ (10,5), "Para el metodo que seleccionaste de DARCY-WEISBACH"
1270 PRINT @ (10,7), "Se utiliza la siguiente formula : "
1280 PRINT @ (36,8), "2"
1290 PRINT @ (26,9), "f x L x Vr"
1300 PRINT @ (20,10), "hf = _____"
1310 PRINT @ (30,11), "2gDi"
1320 PRINT @ (10,13), "Donde : "
1330 PRINT @ (10,14), "f = Factor de friccion"
1340 PRINT @ (18,15), "L = Longitud equivalente en (m)"
1350 PRINT @ (18,16), "Vr = Velocidad Real (m/s)"
1360 PRINT @ (18,17), "g = Aceleracion de la gravedad (m/s2)"
1370 PRINT @ (18,18), "Di = Diametro interior de la tuberia (m)"
1380 INPUT @ (0,ERR=1380, SIZ=1) @ (10,22), "Teclée (Rtn) para continuar : ", *,
1390 REM -----
1400 LET CORR=@
1410 REM -----
1420 REM                      Seleccionamos el Metodo de DARCY-WEISBACH
1430 REM -----
1440 PRINT 'CS'
1450 PRINT @ (3,0), "TABLA DE LONGITUDES EQUIVALENTES EN ACCESORIOS Y TUBERIA"
1460 PRINT @ (0,1), RT
1470 PRINT @ (31,2), "DIAMETRO", @ (40,2), "CANTIDAD", @ (50), "LONGITUD", @ (60), "LONGI
1470: TUD"
1480 PRINT @ (50,3), "EQUIVALENTE", @ (62), "TOTAL"
1490 PRINT @ (0,4), R#
1500 PRINT @ (0,5), "[1 ] Valvula de Compuerta      : "
1510 PRINT @ (0,6), "[2 ] Valvula de Globo          : "
1520 PRINT @ (0,7), "[3 ] Valvula de Mariposa       : "
1530 PRINT @ (0,8), "[4 ] Valvula de Check          : "
1540 PRINT @ (0,9), "[5 ] Valvula de Angulo        : "
1550 PRINT @ (0,10), "[6 ] Codo de 90 Radio Corto   : "
1560 PRINT @ (0,11), "[7 ] Codo de 90 Radio Largo  : "
1570 PRINT @ (0,12), "[8 ] Codo Recto           : "

```

```

1580 PRINT @(0,13), "[9 ] Codo de 180      : "
1590 PRINT @(0,14), "[10] Codo de 45       : "
1600 PRINT @(0,15), "[11] Reduccion : "
1610 PRINT @(0,16), "[12] Ampliacion : "
1620 PRINT @(0,17), "[13] Tees           : "
1630 PRINT @(0,18), "[14] Junta de Expansion : "
1640 PRINT @(0,19), "[15] Tuberia           : "
1650 PRINT @(0,20), R#
1660 REM -----
1670 PRINT @(0,22), 'CL', @(35,22), "F2=Regresa", @(30,5), 'CL'; INPUT (0,ERR=1670)
1670: @(30,5), DIAM
1680 IF CTL=2 THEN PRINT @(30,5), 'CL'; GOTO 1100
1690 IF DIAM=#0 THEN GOTO 1670
1700 LET DIAM9=DIAM
1710 IF DIAM)40 THEN LET DIAM=40
1720 LET DIAM#=STR(DIAM:M2#)
1730 PRINT @(30,5), DIAM9:M2#
1740 REM .....
1750 READ (1,KEY=DIAM#+"01",ERR=1660)*,*,DATO
1760 REM .....
1770 INPUT (0,ERR=1770)@(42,5),V_COM
1780 IF CTL=2 THEN PRINT @(42,5),BCD$(1,10); GOTO 1670
1790 IF CTL=1 OR CTL=3 OR CTL=4 THEN GOTO 1770
1800 IF V_COM#0 THEN GOTO 1770
1810 PRINT @(42,5),V_COM:M1#
1820 REM .....
1830 PRINT @(54,5),DATO:M1#
1840 LET LON1=V_COM+DATO
1850 PRINT @(66,5),LON1:M1#
1860 IF CORR=1 THEN GOTO 5060
1870 REM -----
1880 PRINT @(0,20), 'CL', @(35,20), "F2=Regresa", @(30,6), 'CL'; INPUT (0,ERR=1880)
1880: @(30,6), DIAM
1890 IF CTL=2 THEN PRINT @(30,6), 'CL'; GOTO 1670
1900 IF DIAM=#0 THEN GOTO 1880
1910 LET DIAM9=DIAM
1920 IF DIAM)40 THEN LET DIAM=40
1930 LET DIAM#=STR(DIAM:M2#)
1940 PRINT @(30,6), DIAM9:M2#
1950 REM .....
1960 READ (1,KEY=DIAM#+"02",ERR=1870)*,*,DATO
1970 REM .....
1980 INPUT (0,ERR=1980)@(42,6),V_GLO
1990 IF CTL=2 THEN PRINT @(42,6),BCD$(1,10); GOTO 1880
2000 IF CTL=1 OR CTL=3 OR CTL=4 THEN GOTO 1980
2010 IF V_GLO#0 THEN GOTO 1980
2020 PRINT @(42,6),V_GLO:M1#
2030 REM .....
2040 PRINT @(54,6),DATO:M1#
2050 LET LON2=V_GLO+DATO
2060 PRINT @(66,6),LON2:M1#
2070 REM .....
2080 IF CORR=1 THEN GOTO 5060

```

```

2090 REM -----
2100 PRINT @(0,22), 'CL', @(35,22), "F2=Regresa", @(30,7), 'CL'; INPUT (0,ERR=2100)
2100: @(30,7), DIAM
2110 IF CTL=2 THEN PRINT @(30,7), 'CL'; GOTO 1880
2120 IF DIAM=#0 THEN GOTO 2100
2130 LET DIAM9=DIAM
2140 IF DIAM)4A THEN LET DIAM=4A
2150 LET DIAM%=STR(DIAM:M2)
2160 PRINT @(30,7), DIAM9:M2
2170 REM .....
2180 READ (1,KEY=DIAM%+"03",ERR=2090)*,*,DATO
2190 REM .....
2200 INPUT (0,ERR=2200)@(42,7),V_MAR
2210 IF CTL=2 THEN PRINT @(42,7),BCD+(1,10); GOTO 2100
2220 IF CTL=1 OR CTL=3 OR CTL=4 THEN GOTO 2200
2230 IF V_MAR(0) THEN GOTO 2200
2240 PRINT @(42,7),V_MAR:M1
2250 REM .....
2260 PRINT @(54,7),DATO:M1
2270 LET LON3=V_MAR*DATO
2280 PRINT @(66,7),LON3:M1
2290 IF CORR=1 THEN GOTO 5060
2300 REM -----
2310 PRINT @(0,22), 'CL', @(35,22), "F2=Regresa", @(30,8), 'CL'; INPUT (0,ERR=2310)
2310: @(30,8), DIAM
2320 IF CTL=2 THEN PRINT @(30,8), 'CL'; GOTO 2100
2330 IF DIAM=#0 THEN GOTO 2310
2340 LET DIAM9=DIAM
2350 IF DIAM)4A THEN LET DIAM=4A
2360 LET DIAM%=STR(DIAM:M2)
2370 PRINT @(30,8), DIAM9:M2
2380 REM .....
2390 READ (1,KEY=DIAM%+"04",ERR=2300)*,*,DATO
2400 REM .....
2410 INPUT (0,ERR=2410)@(42,8),V_CHE
2420 IF CTL=2 THEN PRINT @(42,8),BCD+(1,10); GOTO 2310
2430 IF CTL=1 OR CTL=3 OR CTL=4 THEN GOTO 2410
2440 IF V_CHE(0) THEN GOTO 2410
2450 PRINT @(42,8),V_CHE:M1
2460 REM .....
2470 PRINT @(54,8),DATO:M1
2480 LET LON4=V_CHE*DATO
2490 PRINT @(66,8),LON4:M1
2500 IF CORR=1 THEN GOTO 5060
2510 REM -----
2520 PRINT @(0,22), 'CL', @(35,22), "F2=Regresa", @(30,9), 'CL'; INPUT (0,ERR=2520)
2520: @(30,9), DIAM
2530 IF CTL=2 THEN PRINT @(30,9), 'CL'; GOTO 2310
2540 IF DIAM=#0 THEN GOTO 2520
2550 LET DIAM9=DIAM
2560 IF DIAM)4A THEN LET DIAM=4A
2570 LET DIAM%=STR(DIAM:M2)
2580 PRINT @(30,9), DIAM9:M2
2590 REM .....

```

```

2650 READ (1,KEY=DIAM*"05",ERR=2510)*,*,DATO
2660 INPUT (0,ERR=2620)@(42,9),V_ANG
2630 IF CTL=2 THEN PRINT @(42,9),BCO*(1,10),GOTO 2520
2640 IF CTL=1 OR CTL=3 OR CTL=4 THEN GOTO 2620
2650 IF V_ANG(0) THEN GOTO 2620
2660 PRINT @(42,9),V_ANG:M1$
2670 REM .....
2680 PRINT @(54,9),DATO:M1$
2690 LET LON5=V_ANG*DATO
2700 PRINT @(66,9),LON5:M1$
2710 IF CORR=1 THEN GOTO 5060
2720 REM -----
2730 PRINT @(0,22),'CL',@(35,22),"F2=Regress",@(30,10),'CL'; INPUT (0,ERR=2730
2730)@(30,10),DIAM
2740 IF CTL=2 THEN PRINT @(30,10),'CL'; GOTO 2520
2750 IF DIAM(=0) THEN GOTO 2730
2760 LET DIAM9=DIAM
2770 IF DIAM#0 THEN LET DIAM=40
2780 LET DIAM$=STR(DIAM*M2$)
2790 PRINT @(30,10),DIAM9:M2$
2800 REM .....
2810 READ (1,KEY=DIAM*"06",ERR=2720)*,*,DATO
2820 REM .....
2830 INPUT (0,ERR=2830)@(42,10),V_90C
2840 IF CTL=2 THEN PRINT @(42,10),BCO*(1,10),GOTO 2730
2850 IF CTL=1 OR CTL=3 OR CTL=4 THEN GOTO 2830
2860 IF V_90C(0) THEN GOTO 2830
2870 PRINT @(42,10),V_90C:M1$
2880 REM .....
2890 PRINT @(54,10),DATO:M1$
2900 LET LON6=V_90C*DATO
2910 PRINT @(66,10),LON6:M1$
2920 IF CORR=1 THEN GOTO 5060
2930 REM -----
2940 PRINT @(0,22),'CL',@(35,22),"F2=Regress",@(30,11),'CL'; INPUT (0,ERR=2940
2940)@(30,11),DIAM
2950 IF CTL=2 THEN PRINT @(30,11),'CL'; GOTO 2730
2960 IF DIAM(=0) THEN GOTO 2940
2970 LET DIAM9=DIAM
2980 IF DIAM#0 THEN LET DIAM=40
2990 LET DIAM$=STR(DIAM*M2$)
3000 PRINT @(30,11),DIAM9:M2$
3010 REM .....
3020 READ (1,KEY=DIAM*"07",ERR=2930)*,*,DATO
3030 REM .....
3040 INPUT (0,ERR=3040)@(42,11),V_90L
3050 IF CTL=2 THEN PRINT @(42,11),BCO*(1,10),GOTO 2940
3060 IF CTL=1 OR CTL=3 OR CTL=4 THEN GOTO 3040
3070 IF V_90L(0) THEN GOTO 3040
3080 PRINT @(42,11),V_90L:M1$
3090 REM .....
3100 PRINT @(54,11),DATO:M1$
3110 LET LON7=V_90L*DATO
3120 PRINT @(66,11),LON7:M1$
3130 IF CORR=1 THEN GOTO 5060
3140 REM -----
3150 PRINT @(0,22),'CL',@(35,22),"F2=Regress",@(30,12),'CL'; INPUT (0,ERR=3150
3150)@(30,12),DIAM

```

```

3190 IF CTL=2 THEN PRINT @ (30, 12), 'CL'; GOTO 2940
3100 LET DIAM9=DIAM
3190 IF DIAM=0 THEN LET DIAM=40
3200 LET DIAM1=STR(DIAM:M2)
3210 PRINT @ (30, 12), DIAM9:M2
3220 REM .....
3230 READ (1, KEY=DIAM1+"08", ERR=3140) *, *, DATA
3240 REM .....
3250 INPUT (0, ERR=3250) @ (42, 12), C_REC
3260 IF CTL=2 THEN PRINT @ (42, 12), BCD$(1, 10); GOTO 3150
3270 IF CTL=1 OR CTL=3 OR CTL=4 THEN GOTO 3250
3280 IF C_REC=0 THEN GOTO 3250
3290 PRINT @ (42, 12), C_REC:M1
3300 REM .....
3310 PRINT @ (54, 12), DATA:M1
3320 LET LORA=C_REC*DATA
3330 PRINT @ (66, 12), LORA:M1
3340 IF CORR=1 THEN GOTO 5060
3350 REM -----
3360 PRINT @ (0, 22), 'CL', @ (35, 22), "F2=Regresa", @ (30, 13), 'CL'; INPUT (0, ERR=3360) *, *, DATA
3370 IF CTL=2 THEN PRINT @ (30, 13), 'CL'; GOTO 3150
3380 IF DIAM=0 THEN GOTO 3360
3390 LET DIAM9=DIAM
3400 IF DIAM=0 THEN LET DIAM=40
3410 LET DIAM1=STR(DIAM:M2)
3420 PRINT @ (30, 13), DIAM9:M2
3430 REM .....
3440 READ (1, KEY=DIAM1+"09", ERR=3350) *, *, DATA
3450 REM .....
3460 INPUT (0, ERR=3460) @ (42, 13), C_100
3470 IF CTL=2 THEN PRINT @ (42, 13), BCD$(1, 10); GOTO 3360
3480 IF CTL=1 OR CTL=3 OR CTL=4 THEN GOTO 3460
3490 IF C_100=0 THEN GOTO 3460
3500 PRINT @ (42, 13), C_100:M1
3510 REM .....
3520 PRINT @ (54, 13), DATA:M1
3530 LET LORA=C_100*DATA
3540 PRINT @ (66, 13), LORA:M1
3550 IF CORR=1 THEN GOTO 5060
3560 REM -----
3570 PRINT @ (0, 22), 'CL', @ (35, 22), "F2=Regresa", @ (30, 14), 'CL'; INPUT (0, ERR=3570) *, *, DATA
3580 IF CTL=2 THEN PRINT @ (30, 14), 'CL'; GOTO 3360
3590 IF DIAM=0 THEN GOTO 3570
3600 LET DIAM9=DIAM
3610 IF DIAM=0 THEN LET DIAM=40
3620 LET DIAM1=STR(DIAM:M2)
3630 PRINT @ (30, 14), DIAM9:M2
3640 REM .....
3650 READ (1, KEY=DIAM1+"10", ERR=3560) *, *, DATA
3660 REM .....
3670 INPUT (0, ERR=3670) @ (42, 14), C_45
3680 IF CTL=2 THEN PRINT @ (42, 14), BCD$(1, 10); GOTO 3570
3690 IF CTL=1 OR CTL=3 OR CTL=4 THEN GOTO 3670
3700 IF C_45=0 THEN GOTO 3670
3710 PRINT @ (42, 14), C_45:M1

```

```

3720 REM .....
3730 PRINT @ (154, 14), DATO:M1$
3740 LET LON10=C_45*DATO
3750 PRINT @ (166, 14), LON10:M1$
3760 IF CORR=1 THEN GOTO 5060
-----
3770 REM .....
3780 PRINT @ (0, 22), 'CL', @ (35, 22), "F2=Regresn", @ (20, 15), 'CL'; INPUT @ (0, ERR=3780
3780) @ (20, 15), DIAM1
3790 IF CTL=2 THEN PRINT @ (20, 15), 'CL'; GOTO 3570
3800 IF DIAM1 (=0 THEN GOTO 3780
3810 LET DIAM1$=STR(DIAM1:M2$)
3820 PRINT @ (20, 15), DIAM1$
3830 REM .....
3840 PRINT @ (30, 15), 'CL'; INPUT @ (0, ERR=3840) @ (30, 15), DIAM2
3850 IF CTL=2 THEN PRINT @ (30, 15), 'CL'; GOTO 3780
3860 IF DIAM2 (=0 THEN GOTO 3840
3870 LET DIAM2$=STR(DIAM2:M2$)
3880 PRINT @ (30, 15), DIAM2$
3890 IF DIAM2=DIAM1 THEN GOTO 3840
3900 REM .....
3910 LET BUSCA=DIAM2/DIAM1
3920 IF BUSCA=0 AND BUSCA (= .25 THEN LET NIV$="11"; GOTO 3950
3930 IF BUSCA (= .26 AND BUSCA (= .5 THEN LET NIV$="12"; GOTO 3950
3940 IF BUSCA (= .51 AND BUSCA (=1 THEN LET NIV$="13"
3950 REM .....
3960 IF NUM(DIAM1$) > 0 THEN LET DIAM1$="48.00"
3970 READ 1, KEY=DIAM1$+NIV$, ERR=3770)*, $, DATO
3980 REM .....
3990 INPUT @ (0, ERR=3990) @ (42, 15), REDUC
4000 IF CTL=2 THEN PRINT @ (42, 15), RCO$(1, 10); GOTO 3840
4010 IF CTL=1 OR CTL=3 OR CTL=4 THEN GOTO 3990
4020 IF REDUC (=0 THEN GOTO 3990
4030 PRINT @ (42, 15), REINUC:M1$
4040 IF DIAM1$="40" THEN LET DIAM1$="48"
4050 REM .....
4060 PRINT @ (154, 15), DATO:M1$
4070 LET LON11=REDUC*DATO
4080 PRINT @ (166, 15), LON11:M1$
4090 IF CORR=1 THEN GOTO 5060
-----
4100 REM .....
4110 PRINT @ (0, 22), 'CL', @ (35, 22), "F2=Regresn", @ (20, 16), 'CL'; INPUT @ (0, ERR=4110
4110) @ (20, 16), DIAM1
4120 IF CTL=2 THEN PRINT @ (20, 16), 'CL'; GOTO 3780
4130 IF DIAM1 (=0 THEN GOTO 4110
4140 LET DIAM1$=STR(DIAM1:M2$)
4150 PRINT @ (20, 16), DIAM1$
4160 REM .....
4170 PRINT @ (30, 16), 'CL'; INPUT @ (0, ERR=4170) @ (30, 16), DIAM2
4180 IF CTL=2 THEN PRINT @ (30, 16), 'CL'; GOTO 4110
4190 IF DIAM2 (=0 THEN GOTO 4170
4200 LET DIAM2$=STR(DIAM2:M2$)
4210 PRINT @ (30, 16), DIAM2$
4220 IF DIAM2=DIAM1 THEN GOTO 4170
4230 REM .....
4240 LET BUSCA=DIAM1/DIAM2
4250 IF BUSCA=0 AND BUSCA (= .25 THEN LET NIV$="14"; GOTO 4280
4260 IF BUSCA (= .26 AND BUSCA (= .5 THEN LET NIV$="15"; GOTO 4280
4270 IF BUSCA (= .51 AND BUSCA (=1 THEN LET NIV$="15"

```

```

4280 REM .....
4290 IF NUM(DIAM2) AB THEN LET DIAM2="AB.00"
4300 READ (1,KEY=DIAM2+MIV$,ERR=3770)*,*,DATO
4310 REM .....
4320 INPUT (0,ERR=4320)@(42,16),AMPL1
4330 IF CTL=2 THEN PRINT @(42,16),BCO$(1,10); GOTO 4110
4340 IF CTL=1 OR CTL=3 OR CTL=4 THEN GOTO 4320
4350 IF AMPL1(0) THEN GOTO 4320
4360 PRINT @(42,16),AMPL1:M1$
4370 REM .....
4380 PRINT @(54,16),DATO:M1$
4390 LET LON12=AMPL1*DATO
4400 PRINT @(46,16),LON12:M1$
4410 IF CORR=1 THEN GOTO 5060
4420 REM -----
4430 PRINT @(0,22),'CL',@(35,22),"F2=RegresA",@(30,17),'CL'; INPUT (0,ERR=4430
4430: )@(30,17),DIAM
4440 IF CTL=2 THEN PRINT @(30,17),'CL'; GOTO 4110
4450 IF DIAM(=0) THEN GOTO 4430
4460 LET DIAM9=DIAM
4470 IF DIAM AB THEN LET DIAM=40
4480 LET DIAM$=STR(DIAM:M2$)
4490 PRINT @(30,17),DIAM9:M2$
4500 REM .....
4510 READ (1,KEY=DIAM$+"17",ERR=4420)*,*,DATO
4520 REM .....
4530 INPUT (0,ERR=4530)@(42,17),TESS
4540 IF CTL=2 THEN PRINT @(42,17),BCO$(1,10); GOTO 4430
4550 IF CTL=1 OR CTL=3 OR CTL=4 THEN GOTO 4530
4560 IF TESS(0) THEN GOTO 4530
4570 PRINT @(42,17),TESS:M1$
4580 REM .....
4590 PRINT @(54,17),DATO:M1$
4600 LET LON13=TESS*DATO
4610 PRINT @(46,17),LON13:M1$
4620 IF CORR=1 THEN GOTO 5060
4630 REM -----
4640 PRINT @(0,22),'CL',@(35,22),"F2=RegresA",@(30,18),'CL'; INPUT (0,ERR=4640
4640: )@(30,18),DIAM
4650 IF CTL=2 THEN PRINT @(30,18),'CL'; GOTO 4430
4660 IF DIAM(=0) THEN GOTO 4640
4670 LET DIAM9=DIAM
4680 IF DIAM AB THEN LET DIAM=40
4690 LET DIAM$=STR(DIAM:M2$)
4700 PRINT @(30,18),DIAM9:M2$
4710 REM .....
4720 READ (1,KEY=DIAM$+"10",ERR=4630)*,*,DATO
4730 REM .....
4740 INPUT (0,ERR=4740)@(42,18),JUNEX
4750 IF CTL=2 THEN PRINT @(42,18),BCO$(1,10); GOTO 4640
4760 IF CTL=1 OR CTL=3 OR CTL=4 THEN GOTO 4740
4770 IF JUNEX(0) THEN GOTO 4740
4780 PRINT @(42,18),JUNEX:M1$
4790 REM .....
4800 PRINT @(54,18),DATO:M1$
4810 LET LON14=JUNEX*DATO
4820 PRINT @(46,18),LON14:M1$
4830 IF CORR=1 THEN GOTO 5060

```

```

4840 REM -----
4850 PRINT @ (0, 22), 'CL', @ (35, 22), "F2=Regresa", @ (30, 19), 'CL', INPUT @ (0, ERR=4850
4850: ) @ (30, 19), DIAM
4860 IF CTL=2 THEN PRINT @ (30, 19), 'CL', GOTO 4640
4070 IF DIAM<=0 THEN GOTO 4850
4880 LET DIAM9=DIAM
4890 IF DIAM<40 THEN LET DIAM=40
4900 LET DIAM1=STR (DIAM:M2)
4910 PRINT @ (30, 19), DIAM9:M2
4920 REM -----
4930 READ (1, KEY=DIAM1+"19", ERR=4840), #, DATO
4940 REM -----
4950 INPUT @ (0, ERR=4950) @ (42, 19), TUBER
4960 IF CTL=2 THEN PRINT @ (42, 19), BCO1 (1, 10); GOTO 4850
4970 IF CTL=1 OR CTL=3 OR CTL=4 THEN GOTO 4950
4980 IF TUBER<0 THEN GOTO 4950
4990 LET TUBER=TUBER*3.20
5000 PRINT @ (42, 19), TUBER:M1
5010 REM -----
5020 PRINT @ (54, 19), DATO:M1
5030 LET LON15=TUBER*DATO
5040 PRINT @ (66, 19), LON15:M1
5050 REM =====
5060 LET TOT=LON1+LON2+LON3+LON4+LON5+LON6+LON7+LON8+LON9+LON10+LON11+LON12+LON
5060:LON13+LON14+LON15
5070 LET TOT=TOT/3.20
5080 PRINT @ (66, 21), TOT:M1, " m"
5090 PRINT @ (0, 22), 'CL', INPUT @ (0, ERR=5060, SZ=2) @ (10, 22), "M a corregir, (F2)=R
5090: egrasa, (Rtn) para continuar : ", NCDRR
5100 IF CTL=2 THEN GOTO @ 0160
5110 IF CTL=1 OR CTL=3 OR CTL=4 THEN GOTO 5060
5120 IF NCDRR="" THEN GOTO 5140
5130 ON NUM (NCDRR), ERR=5060) GOTO 5060, 1660, 1070, 2090, 2300, 2510, 2720, 2930, 3140
5130: , 3350, 3560, 3770, 4100, 4420, 4630, 4840, 5060
5140 REM -----
5150 PRINT 'CS'
5160 LET G=9.81
5170 PRINT @ (10, 6), "DATOS OBTENIDOS ANTERIORMENTE : "
5180 PRINT @ (10, 8), "F = Factor de Friccion : ", F:M1, @ (65), " (ad
5180: imensional) "
5190 PRINT @ (10, 9), "L = Longitud equivalente de la linea : ", TOT:M1, @ (65), " (
5190: m) "
5200 PRINT @ (10, 10), "Vr = Velocidad Real : ", VR:M1, @ (65), " (
5200: m/s) "
5210 PRINT @ (10, 11), "g = Aceleracion de la gravedad : ", G:M1, @ (65), " m/
5210: s2) "
5220 PRINT @ (10, 12), "Di = Diametro interior de la tuberia : ", DINT:M1, @ (65),
5220: " (m) "
5230 LET HF=(F+TOT*VR^2)/(2*G*DINT)
5240 PRINT @ (0, 15), R#
5250 PRINT @ (10, 16), "La perdida por friccion nos da : ", HF:M1
5260 PRINT @ (0, 17), R#
5270 REM -----
5280 LET KONTA=STR (KONTA+"00")
5290 WRITE (2) KONTA, HF, F, TOT, VR, DINT
5300 REM -----
5310 PRINT @ (0, 22), 'CL', INPUT @ (0, ERR=5310, SZ=1) @ (10, 22), "Deseas Calcular otr
5310: a linea (N) o / (Rtn) : ", SEL1: ("N=5320", "S=5320", "N=5320)
5320 IF CTL=1 OR CTL=2 OR CTL=3 OR CTL=4 THEN GOTO 5310
5330 IF SEL1="" OR SEL1="S" THEN LET KONTA=KONTA+1; GOTO @ 0160
5340 REM -----

```

```

5350 PRINT 'CS'
5360 PRINT @(30,0), "PERDIDAS TOTALES"
5370 PRINT @(30,1), "-----"
5380 LET G=9.81
5390 LET HF=0, VRTOT=0
5400 READ (2, KEY=" ", DOM=5410)
5410 READ (2, END=5460) (KK, HF1, F1, TOT1, VRI, DINT1)
5420 LET HF=HF+HF1
5430 LET VRTOT=VRTOT+VRI
5440 LET KK=NUM(KK)
5450 GOTO 5410
5460 REM .....
5470 LET VR=VRTOT/KK
5480 REM .....
5490 PRINT @(0,3), R1
5500 PRINT @(10,4), "PERDIDAS POR FRICCION POR DIAMETROS : ", HF:R1
5500:1
5510 PRINT @(0,5), R1
5520 REM =====
5530 REM Calculo perdidas por friccion en codo de descarga en Bomba Vertical
5540 REM -----
5550 INPUT (0, ERR=5550, SIZ=1)@(0,7), "La bomba es vertical ? (N) o (Rtn) : ", V
5550:ERR: ("N"=5560, "S"=5560, ""=5560)
5560 IF CTL=1 OR CTL=2 OR CTL=3 OR CTL=4 THEN GOTO 5550
5570 IF VER="N" THEN GOTO 5600
5580 REM .....
5590 INPUT (0, ERR=5590)@(10,9), "Deme la velocidad de succion : ", VELSUC
5600 IF CTL=2 THEN GOTO 0160
5610 IF CTL=1 OR CTL=3 OR CTL=4 THEN GOTO 5590
5620 IF VELSUC=0 THEN GOTO 5590
5630 PRINT @(41,9), VELSUC:M1
5640 REM .....
5650 LET HFC=.5*(VELSUC^2/(2*G))
5660 PRINT @(0,10), R1
5670 PRINT @(10,11), "PERDIDA POR FRICCION EN CODO DE DESCARGA : ", HFC:
5670:M1
5680 REM =====
5690 REM Calculo de perdida por friccion por velocidad de fluido de la tuberia
5700 REM -----
5710 LET HV=VR^2/(2*G)
5720 PRINT @(10,12), "PERDIDA POR FRICCION POR VELOCIDAD DEL FLUIDO : ", HV:M1
5720:1
5730 PRINT @(0,13), R1
5740 REM =====
5750 REM Perdidas totales por Friccion
5760 REM -----
5770 INPUT (0, ERR=5770)@(0,15), "Deme perdida por altura entre la seccion de la
5770: Bomba y la descarga : ", Z
5780 IF CTL=2 THEN PRINT @(0,9), 'CE': GOTQ 5590
5790 IF Z=0 THEN GOTO 5770
5800 PRINT @(69,15), Z:M1
5810 REM .....
5820 LET HT=HF+HFC+HV+Z
5830 PRINT @(0,17), R1
5840 PRINT @(10,18), "PERDIDAS TOTALES POR FRICCION : ", HT:M1
5840:1
5850 PRINT @(0,19), R1

```

```

6060 INPUT (0,ERR=5060,SIZ=1)@(10,22),"Teclee (Rtn) para continuar : ",RTN$;"
5060: "--5070)
5070 REM =====
5080 REM          CALCULO DEL CARCAMO
5090 REM          -----
5100 PRINT 'CS'
5110 REM .....
5120 PRINT @(25,0),"CALCULO DEL CARCAMO"
5130 PRINT @(25,1),"-----"
5140 REM .....
5150 PRINT @(20,2),"CAPTURE LOS DATOS DE LONGITUDES EN PULGADAS"
5160 INPUT (0,ERR=5960)@(0,3),'CL',"Deme el Gasto Total
5160:          : ",D
5170 IF CTL=2 THEN PRINT @(0,3),'CL'; GOTO 5520
5180 IF D(=0 THEN GOTO 5960
5190 PRINT @(159,3),D:M$
6000 REM .....
6010 INPUT (0,ERR=6010)@(0,4),'CL',"Deme el tiempo de retencion
6010:          : ",T
6020 IF CTL=2 THEN PRINT @(0,4),'CL'; GOTO 5960
6030 IF T(=0 THEN GOTO 6010
6040 PRINT @(159,4),T:M$
6050 REM .....
6060 REM .....
6070 LET V=D*T*(G/A
6080 REM .....
6090 INPUT (0,ERR=6090)@(0,5),'CL',"Deme el No. de Bombas en operacion y reser
6090:va          : ",NB
6100 IF CTL=2 THEN PRINT @(0,5),'CL'; GOTO 6010
6110 IF NB(=0 THEN GOTO 6090
6120 PRINT @(159,5),NB:M$
6130 REM .....
6140 LET VA=V/NB
6150 REM .....
6160 PRINT @(0,6),R$
6170 PRINT @(0,7),"VOLUMEN DE AGUA EN EL CARCAMO : ",V,@(45,7),"VOLUMEN POR BO
6170:MBA : ",VA
6180 PRINT @(0,8),R$
6190 INPUT (0,ERR=6190)@(0,9),'CL',"Separacion entre bomba y bomba de centro a
6190:centro          : ",S
6200 IF CTL=2 THEN PRINT @(0,9),'CL'; GOTO 6090
6210 IF S(=0 THEN GOTO 6190
6220 LET S=S*.0254
6230 PRINT @(159,9),S
6240 REM .....
6250 INPUT (0,ERR=6250)@(0,10),'CL',"Nivel minimo del agua
6250:          : ",NIV
6260 IF CTL=2 THEN PRINT @(0,10),'CL'; GOTO 6190
6270 IF NIV(=0 THEN GOTO 6250
6280 LET NIV=NIV*.0254
6290 PRINT @(159,10),NIV
6300 REM .....
6310 INPUT (0,ERR=6310)@(0,11),'CL',"Distancia del centro de la Bomba a la Par
6310:ed          : ",DIS
6320 IF CTL=2 THEN PRINT @(0,11),'CL'; GOTO 6250
6330 IF DIS(=0 THEN GOTO 6310
6340 LET DIS=DIS*.0254
6350 PRINT @(159,11),DIS
6360 REM .....

```

```

6370 INPUT (0,ERR=6370)@(0,12),'CL',"Distancia del Centro de la Boaba a la Con
6370:puerta : ",REJ
6380 IF CTL=2 THEN PRINT @(0,12),'CL'; GOTO 6310
6390 IF REJ(=0 THEN GOTO 6370
6400 LET REJ=REJ*.0254
6410 PRINT @(159,12),REJ
6420 REM .....
6430 INPUT (0,ERR=6430)@(0,13),'CL',"Distancia entre el piso y la Campana
6430: : ",PICA
6440 IF CTL=2 THEN PRINT @(0,13),'CL'; GOTO 6370
6450 IF PICA(=0 THEN GOTO 6430
6460 LET PICA=PICA*.0254
6470 PRINT @(159,13),PICA
6480 REM .....
6490 INPUT (0,ERR=6490)@(0,14),'CL',"Velocidad en el carcamo
6490: : ",VELCAR
6500 IF CTL=2 THEN PRINT @(0,14),'CL'; GOTO 6430
6510 IF VELCAR(=0 THEN GOTO 6490
6520 PRINT @(159,14),VELCAR
6530 REM .....
6540 INPUT (0,ERR=6540)@(0,15),'CL',"Velocidad en la succion de la boaba
6540: : ",VESUC
6550 IF CTL=2 THEN PRINT @(0,15),'CL'; GOTO 6490
6560 IF VESUC(=0 THEN GOTO 6490
6570 PRINT @(159,15),VESUC
6580 REM .....
6590 INPUT (0,ERR=6590)@(0,16),'CL',"Distancia de la pared a la rejilla del em
6590:isor de llegada : ",A
6600 IF CTL=2 THEN PRINT @(0,16),'CL'; GOTO 6540
6610 IF A(=0 THEN GOTO 6590
6620 LET A=A*.0254
6630 PRINT @(159,16),A
6640 REM -----
6650 REM Las dimensiones del Carcamo las obtenemos de la siguiente manera:
6660 REM -----
6670 LET L=((NB-1)*S)+S)*1.1; REM (----- Longitud del carcamo
6680 REM LET W=DIS+REJ+A
6690 LET W=A
6700 PRINT @(0,17),R1
6710 PRINT @(0,18),"LONGITUD DEL CARCAMO : ",L
6720 PRINT @(0,19),"ANCHO DEL CARCAMO : ",W
6730 PRINT @(0,20),R1
6740 INPUT (0,ERR=6740,SIZ=1)@(10,22),"Teclas (Rtn) para continuar : ",RTN1
6750 REM -----
6760 REM Seleccionamos el tipo de carcamo a utilizar
6770 REM -----
6780 PRINT 'CS'
6790 PRINT @(30,6),"TIPOS DE CARCAMO"
6800 PRINT @(30,0),"[1] Circular"
6810 PRINT @(30,9),"[2] Rectangular"
6820 PRINT @(30,18),"[3] Cuadrado"
6830 INPUT (0,ERR=6830,SIZ=1)@(30,13),"Seleccione : ",TIPO1;"1"=6840,"2"=6840
6830:,"3"=6840," "=6840)
6840 IF CTL=2 THEN GOTO 5070
6850 REM .....
6860 LET D=L
6870 IF TIPO1="1" THEN LET A=PI*D^2/4; GOTO 6900

```

```

6880 IF TIPO1="2" THEN LET A=L*W; GOTO 6900
6900 LET A=L*L
6900 REM .....
6910 REM      Calculamos el tirante util y el tiempo de retension
6920 REM .....
6930 LET TU=VA/A
6940 LET TR=V/(Q*60)
6950 PRINT @(0,15),R1
6960 PRINT @(0,16),"El Tirante Util nos da : ",TU
6970 PRINT @(0,17),R1
6980 PRINT @(0,18),"El tiempo de retension real nos da : ",TR
6990 PRINT @(0,19),R1
7000 INPUT (0,ERR=7000,SIZ=1)@(10,21),"Teclee (Rtn) para continuar : ",RTN1:"
7000:"=7010)
7010 REM .....
7020 REM      SELECCION DE BOMBAS
7030 REM .....
7040 PRINT 'C9'
7050 PRINT @(10,0),"SELECCION DE BOMBAS"
7060 PRINT @(10,1),"-----"
7070 PRINT @(10,3),"Carga dinamica total : ",HT
7080 REM .....
7090 INPUT (0,ERR=7090)@(10,4),"Deme el gasto demandado por bomba en l/s
7090:" ",QB
7100 IF CTL=2 THEN GOTO 6750
7110 IF QB<=0 THEN GOTO 7090
7120 REM .....
7130 INPUT (0,ERR=7130)@(10,5),"Deme la eficiencia de la Bomba en decimales :
7130:" ",H
7140 IF CTL=2 THEN PRINT @(0,5),'CL'; GOTO 7080
7150 IF N<=0 THEN GOTO 7130
7160 REM .....
7170 PRINT @(10,7),"TIPO DE BOMBA PARA : "
7180 PRINT @(10,8),"[1] Agua Cruda"
7190 PRINT @(10,9),"[2] Agua Tratada"
7200 PRINT @(10,10),"[3] Lodos"
7210 INPUT (0,ERR=7210,SIZ=1)@(10,12),"Seleccione : ",SEL1:"1"=7220,"2"=7220,
7210:"3"=7220,"=-7220)
7220 IF CTL=2 THEN PRINT @(0,7),'CE'; GOTO 7130
7230 IF SEL1="1" THEN LET DENSI=1.03 ELSE IF SEL1="2" THEN LET DENSI=1 ELSE LE
7230:T DENSI=1.05
7240 REM .....
7250 LET THP=HT*QB*DENSI/76; REM (----- Potencia teorica de la bomba
7260 LET BHP=THP/N; REM (----- Calculo de la potencia de la bomba
7270 REM .....
7280 REM Calculamos la potencia de la bomba en sus diferentes niveles de opera
7280:cion
7290 REM .....
7300 LET HTMIN=HT
7310 LET HTMAX=HT-TU
7320 LET HTMED=HT-TU/2
7330 REM .....
7340 LET HHPMAX=HTMAX*QB*DENSI/(76*N)
7350 LET HHPMED=HTMED*QB*DENSI/(76*N)
7360 LET HHPMIN=HTMIN*QB*DENSI/(76*N)
7370 REM .....
7380 PRINT @(0,14),R1

```

```

7370 PRINT @(10,15), "Potencia teorica de la bomba      : ", HTB
7400 PRINT @(10,16), "Potencia real de la Bomba      : ", RB
7410 PRINT @(0,17), "Carga Dinamica Total a niv.max.1", HTMAX
7420 PRINT @(0,18), "Carga Dinamica Total a niv.med.1", HTMED
7430 PRINT @(0,19), "Carga Dinamica Total a niv.min.1", HTMIN
7440 PRINT @(40,17), "Potencia del motor a niv.max.1", HPMAX
7450 PRINT @(40,18), "Potencia del motor a niv.med.1", HPMED
7460 PRINT @(40,19), "Potencia del motor a niv.min.1", HPMIN
7470 PRINT @(0,20), R1
7480 REM .....
7490 INPUT (0,ERR=7490,SIZ=1)@(20,21), "Teclee (Rtn) : ", RTN1
7500 REM .....
7510 REM      Calculo del empuje axial de la Bomba
7520 REM .....
7530 PRINT 'CS'
7540 PRINT @(10,0), "CALCULO DEL EMPUJE AXIAL DE LA BOMBA"
7550 PRINT @(10,1), "-----"
7560 INPUT (0,ERR=7560)@(0,2), "Deme el factor de carga hidraulica : ", FACT
7570 IF CTL=2 THEN GOTO 7010
7580 IF FACT=0 THEN GOTO 7560
7590 REM .....
7600 INPUT (0,ERR=7600)@(0,3), "Deme el peso de la flecha      : ", PESO
7610 IF CTL=2 THEN PRINT @(0,3), 'CL'; GOTO 7560
7620 IF PESO=0 THEN GOTO 7600
7630 REM .....
7640 INPUT (0,ERR=7640)@(0,4), "Deme el espesor de la flecha      : ", ESPE
7650 IF CTL=2 THEN PRINT @(0,4), 'CL'; GOTO 7600
7660 IF ESPE=0 THEN GOTO 7640
7670 REM .....
7680 LET EA=(FACT*HTMED)+(PESO*ESPE); REM (-----) Empuje axial
7690 REM .....
7700 PRINT @(10,5), R1
7710 PRINT @(10,6), "EMPUJE AXIAL DE LA BOMBA : ", EA
7720 PRINT @(0,7), R1
7730 REM .....
7740 REM Calculo de la perdida por potencia en la flecha de transmision de la
7740 bomba
7750 REM .....
7760 INPUT (0,ERR=7760)@(0,8), "Deme la perdida de la potencia en la flecha : "
7760 PERD
7770 IF CTL=2 THEN PRINT @(0,8), 'CL'; GOTO 7640
7780 IF PERD=0 THEN GOTO 7760
7790 REM .....
7800 INPUT (0,ERR=7800)@(0,9), "Deme la longitud de la columna de succion de la
7800 bomba : ", LC
7810 IF CTL=2 THEN PRINT @(0,9), 'CL'; GOTO 7760
7820 IF LC=0 THEN GOTO 7800
7830 REM .....
7840 LET HPTF=PERD*LC/100
7850 PRINT @(0,10), R1
7860 PRINT @(5,11), "PERDIDA DE POTENCIA EN LA FLECHA DE TRANSMISION : ", HPTF
7870 REM .....
7880 LET NHPMAX=HHPMAX*HPTF
7890 LET NHPMED=HHPMED*HPTF

```

```

7900 LET NHPMIN=HHPMIN+HDTF
7910 REM .....
7920 PRINT @(5,12),"POTENCIA TOTAL MAXIMA REQUERIDA DEL MOTOR : ",NHPMAX
7930 PRINT @(5,13),"POTENCIA TOTAL MEDIA REQUERIDA DEL MOTOR : ",NHPMED
7940 PRINT @(5,14),"POTENCIA TOTAL MINIMA REQUERIDA DEL MOTOR : ",NHPMIN
7950 PRINT @(0,15),R#
7960 REM .....
7970 INPUT (0,ERR=7970)@(0,16),"Deme las revoluciones por minuto del motor de
7970: la Bomba : ",REVOL
7980 IF CTL=2 THEN GOTO 7000
7990 IF REVOL (=0 THEN GOTO 7970
8000 REM .....
8010 LET QBR=(OB*60)
8020 LET NS=.211*((REVOL+SOR(OBB))/(SOR(SDR(HIT*3))))
8030 IF NS)500 AND NS(=2000 THEN LET LETRED0=" CENTRIFUGA"; GOTO 8060
8040 IF NS)2000 AND NS(=10000 THEN LET LETRED0=" HELICOCENTRIFUGA"; GOTO 8060
8050 IF NS)10000 AND NS(=15000 THEN LET LETRED0=" DE HELICE"
8060 REM .....
8070 PRINT @(10,18),"La velocidad especifica de la BOMBA es : ",NS
8080 PRINT @(10,19)," ESTOY OBTENIENDO UNA BOMBA ",LETRED0
8090 INPUT (0,ERR=8090,SIZ=1)@(10,22),"La bomba calculada es la adecuada ? (S)
8090: i/(Rtn) : ",RIN1("B"=8120,"=8100),
8100 IF CTL=2 THEN GOTO 7970
8110 IF RIN1=" THEN GOTO 7010
8120 REM -----
8130 REM Sacamos perdidas en la succion de la BOMBA
8140 REM -----
8150 PRINT @(10,0),"PERDIDAS EN LA SUCCION DE LA BOMBA"
8160 INPUT (0,ERR=8640)@(10,2),"Deme el diametro en la columna de succion : ",
8160: DSUC
8170 IF CTL=2 THEN GOTO 7500
8180 IF DSUC(=0 THEN GOTO 8160
8190 REM .....
8200 INPUT (0,ERR=8200)@(10,3),"Deme la Velocidad en la succion : ",VESUC
8210 IF CTL=2 THEN PRINT @(0,3),'CL'; GOTO 8160
8220 IF VESUC(=0 THEN GOTO 8200
8230 REM .....
8240 LET PSUC=DSUC*(.5,6*OB)/(2*OB*1.5)-(VESUC*2(2*6))
8250 REM .....
8260 PRINT @(0,4),R#
8270 PRINT @(10,5),"LAS PERDIDAS POR SUCCION SON : ",PSUC;M0," (M)"
8280 PRINT @(0,6),R#
8290 REM .....
8300 INPUT (0,ERR=8300)@(10,7),"Deme la presion atmosférica : ",PAT
8310 IF CTL=2 THEN PRINT @(0,7),'CL'; GOTO 8200
8320 IF PAT(=0 THEN GOTO 8300
8330 REM .....
8340 INPUT (0,ERR=8340)@(10,8),"Deme la presion del vapor : ",PVA
8350 IF CTL=2 THEN PRINT @(0,8),'CL'; GOTO 8300
8360 IF PVA(=0 THEN GOTO 8340
8370 REM .....
8380 INPUT (0,ERR=8380)@(10,9),"Deme la gravedad especifica : ",GE
8390 IF CTL=2 THEN PRINT @(0,9),'CL'; GOTO 8340
8400 IF GE(=0 THEN GOTO 8300

```

```

0410 REM .....
0420 INPUT (0,ERR=0420)@(10,10),"Deme la altura de succion min. : ",HSUCMIN
0430 IF CTL=2 THEN PRINT @(10,10),'CL'; GOTO 0380
0440 IF HSUCMIN<=0 THEN GOTO 0420
0450 REM .....
0460 INPUT (0,ERR=0460)@(10,11),"Deme la altura de succion med. : ",HSUCMED
0470 IF CTL=2 THEN PRINT @(10,11),'CL'; GOTO 0420
0480 IF HSUCMED<=0 THEN GOTO 0460
0490 REM .....
0500 INPUT (0,ERR=0500)@(10,12),"Deme la altura de succion max. : ",HSUCMAX
0510 IF CTL=2 THEN PRINT @(10,12),'CL'; GOTO 0460
0520 IF HSUCMAX<=0 THEN GOTO 0500
0530 REM .....
0540 LET NPSHMIN=((PAT-PVA)/GE)+(HSUCMIN-PSUC)
0550 LET NPSHMED=((PAT-PVA)/GE)+(HSUCMED-PSUC)
0560 LET NPSHMAX=((PAT-PVA)/GE)+(HSUCMAX-PSUC)
0570 REM .....
0580 PRINT @(10,13),R$
0590 PRINT @(10,14),"LA CARGA NETA EN LA SUCCION POSITIVA MINIMA ES : ",NPSHMIN
0590:N:M$
0600 PRINT @(10,15),"LA CARGA NETA EN LA SUCCION POSITIVA MEDIA ES : ",NPSHME
0600:D:M$
0610 PRINT @(10,16),"LA CARGA NETA EN LA SUCCION POSITIVA MAXIMA ES : ",NPSHMX
0610:Y:M$
0620 PRINT @(10,17),R$
0630 INPUT (0,ERR=0630)@(30,22),"Tecler (Rt) para continuar : ",#
0640 REM -----
0650 REM          BOMBA SELECCIONADA
0660 PRINT 'CS'
0670 PRINT @(20,0),"BOMBA SELECCIONADA"
0680 PRINT @(20,1),"-----"
0690 LET MM$="###,###.00"
0700 PRINT @(0,5),R$
0710 PRINT @(0,6),"MARCA      : ",MAR$
0720 PRINT @(0,8),"MODELO    : ",MOD$
0730 PRINT @(0,10),"R. P. M.  : ",REVOL:MM$
0740 PRINT @(0,12),"GASTO     : ",GR:MM$
0750 PRINT @(0,14),"EFICIENCIA : ",E:MM$
0760 PRINT @(0,16),"NPSH     : ",NPSHMAX:MM$
0770 REM .....
0780 PRINT @(40,6),"TIPO      : ",MOR$
0790 PRINT @(40,8),"No. DE PASOS : ",MOD$
0800 PRINT @(40,10),"CARGA DINAMICA : ",INT:MM$
0810 PRINT @(40,12),"DOT. AL FREMO : ",DIF:MM$
0820 PRINT @(40,14),"H.P. DEL MOTOR : ",EFIC$
0830 PRINT @(0,17),R$
0840 INPUT (0,ERR=0840,SIZ=1)@(20,22),"Tecler (Rtn) para continuar : ",#
0850 GOTO 0000

```

0010 REM "03TES1"  
0020 REM

Rutina Captura Diametros

0030 ENTER SEL

0040 DIM R\$(40,""); LET CER0\$="0000",M\$="N,###.00",M1\$="00.00"

0050 CLOSE (1); OPEN (1)"TABLA1"

0060 PRINT 'WINDOW' (5,6,70,18,"")

0070 GOSUB 3000; REM -----) Nos vamos a desplegar datos solicitados

0080 LET CORR=0

0090 REM

0100 PRINT @(0,14),'CL',@(0,14),"(F1)Consulta",@(50,14),"(F2)Salida"; PRINT @(0100,25,2),R\$(1,5); INPUT (0,ERR=0100,SIZ=5)@(25,2),DIAM

0110 IF CTL=2 THEN CLOSE (1); PRINT 'POP'; EXIT

0120 IF CTL=1 THEN CALL "03TES1A",DIAM

0130 IF CTL=3 OR CTL=4 THEN GOTO 0100

0140 IF DIAM=0 THEN GOTO 0100

0150 LET DIAM\$=STR(DIAM;M1\$)

0160 PRINT @(25,2),DIAM\$

0170 REM .....

0180 LET EXISTE=0, LONG=0

0185 LET VACOM=0, VARLO=0, VACHE=0, VAANG=0, CD100=0, CO90CO=0, CO90LA=0, CODD45=0, CD

0195, CDREC=0, AM25=0, AM50=0, AM75=0, RE25=0, RE50=0, RE75=0, TEE5=0, VAMAR=0, JUNEX=0, T

0195:TUBER=0

0190 READ (1,KEY=DIAM\$,DOM=0200)

0200 READ (1,END=0450)DIAM1\$,IDEN1\$,LONG

0210 IF DIAM1\$=DIAM\$ THEN IF EXISTE=1 THEN GOTO 1900 ELSE GOTO 0460

0220 REM .....

0230 IF IDEN1\$="01" THEN LET VACOM=LONG

0240 IF IDEN1\$="02" THEN LET VARLO=LONG

0250 IF IDEN1\$="04" THEN LET VACHE=LONG

0260 IF IDEN1\$="05" THEN LET VAANG=LONG

0270 IF IDEN1\$="09" THEN LET CD100=LONG

0280 IF IDEN1\$="06" THEN LET CO90CO=LONG

0290 IF IDEN1\$="07" THEN LET CO90LA=LONG

0300 IF IDEN1\$="10" THEN LET CODD45=LONG

0310 IF IDEN1\$="08" THEN LET CDREC=LONG

0320 IF IDEN1\$="14" THEN LET AM25=LONG

0330 IF IDEN1\$="15" THEN LET AM50=LONG

0340 IF IDEN1\$="16" THEN LET AM75=LONG

0350 IF IDEN1\$="11" THEN LET RE25=LONG

0360 IF IDEN1\$="12" THEN LET RE50=LONG

0370 IF IDEN1\$="13" THEN LET RE75=LONG

0380 IF IDEN1\$="17" THEN LET TEE5=LONG

0390 IF IDEN1\$="03" THEN LET VAMAR=LONG

0400 IF IDEN1\$="18" THEN LET JUNEX=LONG

0410 IF IDEN1\$="19" THEN LET TUBER=LONG

0420 LET EXISTE=1, LONG=0

0430 GOTO 0200

0440 REM .....

0450 IF EXISTE=1 THEN GOTO 1900

0460 REM

0470 PRINT @(0,14),'CL',@(25,14),"(F2=Regresa"; PRINT @(25,3),R\$(1,5); INPUT (

0470,0,ERR=0470,SIZ=5)@(25,3),VACOM

0480 IF CTL=1 OR CTL=3 OR CTL=4 THEN GOTO 0470

0490 IF CTL=2 THEN GOTO 0100

0500 IF VACOM=0 THEN GOTO 0470

```

0510 PRINT @(25,3),VACOM:M#
0520 WRITE (1,ERR=0460)DIAM#, "01",VACOM
0530 IF CORR=1 THEN GOTO 1970
0540 REM -----
0550 PRINT @(0,14), 'CL',@(25,14), "F2=Regresa", ; PRINT @(25,4),R#(1,5); INPUT (
0550:0,ERR=0550,SIZ=5)@(25,4),VAGLO
0560 IF CTL=1 OR CTL=3 OR CTL=4 THEN GOTO 0550
0570 IF CTL=2 THEN GOTO 0470
0580 IF VAGLO=0 THEN GOTO 0550
0590 PRINT @(25,4),VAGLO:M#
0600 WRITE (1,ERR=0540)DIAM#, "02",VAGLO
0610 IF CORR=1 THEN GOTO 1970
0620 REM -----
0630 PRINT @(0,14), 'CL',@(25,14), "F2=Regresa", ; PRINT @(25,5),R#(1,5); INPUT (
0630:0,ERR=0630,SIZ=5)@(25,5),VACHE
0640 IF CTL=1 OR CTL=3 OR CTL=4 THEN GOTO 0630
0650 IF CTL=2 THEN GOTO 0550
0660 IF VACHE=0 THEN GOTO 0630
0670 PRINT @(25,5),VACHE:M#
0680 WRITE (1,ERR=0620)DIAM#, "04",VACHE
0690 IF CORR=1 THEN GOTO 1970
0700 REM -----
0710 PRINT @(0,14), 'CL',@(25,14), "F2=Regresa", ; PRINT @(25,6),R#(1,5); INPUT (
0710:0,ERR=0710,SIZ=5)@(25,6),VAANG
0720 IF CTL=1 OR CTL=3 OR CTL=4 THEN GOTO 0710
0730 IF CTL=2 THEN GOTO 0630
0740 IF VAANG=0 THEN GOTO 0710
0750 PRINT @(25,6),VAANG:M#
0760 WRITE (1,ERR=0700)DIAM#, "05",VAANG
0770 IF CORR=1 THEN GOTO 1970
0780 REM -----
0790 PRINT @(0,14), 'CL',@(25,14), "F2=Regresa", ; PRINT @(25,7),R#(1,5); INPUT (
0790:0,ERR=0790,SIZ=5)@(25,7),CO180
0800 IF CTL=1 OR CTL=3 OR CTL=4 THEN GOTO 0790
0810 IF CTL=2 THEN GOTO 0710
0820 IF CO180=0 THEN GOTO 0790
0830 PRINT @(25,7),CO180:M#
0840 WRITE (1,ERR=0780)DIAM#, "09",CO180
0850 IF CORR=1 THEN GOTO 1970
0860 REM -----
0870 PRINT @(0,14), 'CL',@(25,14), "F2=Regresa", ; PRINT @(25,8),R#(1,5); INPUT (
0870:0,ERR=0870,SIZ=5)@(25,8),CO90CO
0880 IF CTL=1 OR CTL=3 OR CTL=4 THEN GOTO 0870
0890 IF CTL=2 THEN GOTO 0790
0900 IF CO90CO=0 THEN GOTO 0870
0910 PRINT @(25,8),CO90CO:M#
0920 WRITE (1,ERR=0860)DIAM#, "06",CO90CO
0930 IF CORR=1 THEN GOTO 1970
0940 REM -----
0950 PRINT @(0,14), 'CL',@(25,14), "F2=Regresa", ; PRINT @(25,9),R#(1,5); INPUT (
0950:0,ERR=0950,SIZ=5)@(25,9),CO90LA
0960 IF CTL=1 OR CTL=3 OR CTL=4 THEN GOTO 0950
0970 IF CTL=2 THEN GOTO 0870
0980 IF CO90LA=0 THEN GOTO 0950
0990 PRINT @(25,9),CO90LA:M#
1000 WRITE (1,ERR=0940)DIAM#, "07",CO90LA
1010 IF CORR=1 THEN GOTO 1970

```

```

1020 REM -----
1030 PRINT @(0,14), 'CL', @(25,14), "F2=Regresa", ; PRINT @(25,10), R$(1,5); INPUT
1030:(0,ERR=1030,SIZ=5)@(25,10),CDD045
1040 IF CTL=1 OR CTL=3 OR CTL=4 THEN GOTO 1030
1050 IF CTL=2 THEN GOTO 0950
1060 IF CDD045=0 THEN GOTO 1030
1070 PRINT @(25,10),CDD045:M$
1080 WRITE (1,ERR=1020)DIAM$, "10",CDD045
1090 IF CORR=1 THEN GOTO 1970
1100 REM -----
1110 PRINT @(0,14), 'CL', @(25,14), "F2=Regresa", ; PRINT @(25,11), R$(1,5); INPUT
1110:(0,ERR=1110,SIZ=5)@(25,11),CODREC
1120 IF CTL=1 OR CTL=3 OR CTL=4 THEN GOTO 1110
1130 IF CTL=2 THEN GOTO 1030
1140 IF CODREC=0 THEN GOTO 1110
1150 PRINT @(25,11),CODREC:M$
1160 WRITE (1,ERR=1100)DIAM$, "08",CODREC
1170 IF CORR=1 THEN GOTO 1970
1180 REM -----
1190 PRINT @(0,14), 'CL', @(25,14), "F2=Regresa", ; PRINT @(59,2), R$(1,5); INPUT (
1190:0,ERR=1190,SIZ=5)@(59,2),AM25
1200 IF CTL=1 OR CTL=3 OR CTL=4 THEN GOTO 1190
1210 IF CTL=2 THEN GOTO 1110
1220 IF AM25=0 THEN GOTO 1190
1230 PRINT @(59,2),AM25:M$
1240 WRITE (1,ERR=1100)DIAM$, "14",AM25
1250 IF CORR=1 THEN GOTO 1970
1260 REM -----
1270 PRINT @(0,14), 'CL', @(25,14), "F2=Regresa", ; PRINT @(59,3), R$(1,5); INPUT (
1270:0,ERR=1270,SIZ=5)@(59,3),AM50
1280 IF CTL=1 OR CTL=3 OR CTL=4 THEN GOTO 1270
1290 IF CTL=2 THEN GOTO 1190
1300 IF AM25=0 THEN GOTO 1270
1310 PRINT @(59,3),AM50:M$
1320 WRITE (1,ERR=1260)DIAM$, "15",AM50
1330 IF CORR=1 THEN GOTO 1970
1340 REM -----
1350 PRINT @(0,14), 'CL', @(25,14), "F2=Regresa", ; PRINT @(59,4), R$(1,5); INPUT (
1350:0,ERR=1350,SIZ=5)@(59,4),AM75
1360 IF CTL=1 OR CTL=3 OR CTL=4 THEN GOTO 1350
1370 IF CTL=2 THEN GOTO 1270
1380 IF AM75=0 THEN GOTO 1350
1390 PRINT @(59,4),AM75:M$
1400 WRITE (1,ERR=1340)DIAM$, "16",AM75
1410 IF CORR=1 THEN GOTO 1970
1420 REM -----
1430 PRINT @(0,14), 'CL', @(25,14), "F2=Regresa", ; PRINT @(59,5), R$(1,5); INPUT (
1430:0,ERR=1430,SIZ=5)@(59,5),RE25
1440 IF CTL=1 OR CTL=3 OR CTL=4 THEN GOTO 1430
1450 IF CTL=2 THEN GOTO 1350
1460 IF RE25=0 THEN GOTO 1430
1470 PRINT @(59,5),RE25:M$
1480 WRITE (1,ERR=1420)DIAM$, "11",RE25
1490 IF CORR=1 THEN GOTO 1970
1500 REM -----
1510 PRINT @(0,14), 'CL', @(25,14), "F2=Regresa", ; PRINT @(59,6), R$(1,5); INPUT (
1510:0,ERR=1510,SIZ=5)@(59,6),RE50
1520 IF CTL=1 OR CTL=3 OR CTL=4 THEN GOTO 1510

```

```

1530 IF CTL=2 THEN GOTO 1430
1540 IF RES0=0 THEN GOTO 1510
1550 PRINT @(59,6),RES0:M#
1560 WRITE (1,ERR=1500)DIAM#,"12",RES0
1570 IF CORR=1 THEN GOTO 1970
1580 REM -----
1590 PRINT @(0,14),'CL',@(25,14),"F2=Regresa",; PRINT @(59,7),R#(1,5); INPUT (
1590:0,ERR=1590,SIZ=5)@(59,7),RE75
1600 IF CTL=1 OR CTL=3 OR CTL=4 THEN GOTO 1590
1610 IF CTL=2 THEN GOTO 1510
1620 IF RE75=0 THEN GOTO 1590
1630 PRINT @(59,7),RE75:M#
1640 WRITE (1,ERR=1500)DIAM#,"13",RE75
1650 IF CORR=1 THEN GOTO 1970
1660 REM -----
1670 PRINT @(0,14),'CL',@(25,14),"F2=Regresa",; PRINT @(59,8),R#(1,5); INPUT (
1670:0,ERR=1670,SIZ=5)@(59,8),TEES
1680 IF CTL=1 OR CTL=3 OR CTL=4 THEN GOTO 1670
1690 IF CTL=2 THEN GOTO 1590
1700 IF TEES=0 THEN GOTO 1670
1710 PRINT @(59,8),TEES:M#
1720 WRITE (1,ERR=1660)DIAM#,"17",TEES
1730 IF CORR=1 THEN GOTO 1970
1740 REM -----
1750 PRINT @(0,14),'CL',@(25,14),"F2=Regresa",; PRINT @(59,9),R#(1,5); INPUT (
1750:0,ERR=1750,SIZ=5)@(59,9),VAMAR
1760 IF CTL=1 OR CTL=3 OR CTL=4 THEN GOTO 1750
1770 IF CTL=2 THEN GOTO 1670
1780 IF VAMAR=0 THEN GOTO 1750
1790 PRINT @(59,9),VAMAR:M#
1800 WRITE (1,ERR=1740)DIAM#,"03",VAMAR
1810 IF CORR=1 THEN GOTO 1970
1820 REM -----
1830 PRINT @(0,14),'CL',@(25,14),"F2=Regresa",; PRINT @(59,10),R#(1,5); INPUT
1830:(0,ERR=1830,SIZ=5)@(59,10),JUNEX
1840 IF CTL=1 OR CTL=3 OR CTL=4 THEN GOTO 1830
1850 IF CTL=2 THEN GOTO 1750
1860 IF JUNEX=0 THEN GOTO 1830
1870 PRINT @(59,10),JUNEX:M#
1880 WRITE (1,ERR=1820)DIAM#,"18",JUNEX
1890 IF CORR=1 THEN GOTO 1970
1900 REM -----
1910 PRINT @(0,14),'CL',@(25,14),"F2=Regresa",; PRINT @(59,11),R#(1,5); INPUT
1910:(0,ERR=1910,SIZ=5)@(59,11),TUBER
1920 IF CTL=1 OR CTL=3 OR CTL=4 THEN GOTO 1910
1930 IF CTL=2 THEN GOTO 1830
1940 IF TUBER=0 THEN GOTO 1910
1950 PRINT @(59,11),TUBER:M#
1960 WRITE (1,ERR=1900)DIAM#,"19",TUBER
1970 REM -----
1980 PRINT @(25,2),DIAM#,@(25,3),VACOM:M#,@(25,4),VAGLO:M#,@(25,5),VACHE:M#,@(
1980:25,6),VAMAR:M#,@(25,7),COD180:M#,@(25,8),COD90:M#,@(25,9),COD90LA:M#,@(25,
1980:10),COD045:M#,@(25,11),CODREC:M#,@(59,2),AM25:M#,@(59,3),AM50:M#,@(59,4),
1980:AM75:M#,@(59,5),RE25:M#,@(59,6),RE50:M#,@(59,7),RE75:M#,@(59,8),TEES:M#,@
1980:(59,9),VAMAR:M#,@(59,10),JUNEX:M#,@(59,11),TUBER:M#
1990 REM -----
2000 PRINT @(0,12),'CL'; INPUT (0,ERR=2000,SIZ=2)@(5,12),"# a corregir, (F4) =
2000: baja o (Rtn) : " Y#
2010 IF CTL=4 THEN GOTO 2090

```

```

2020 IF CTL=1 OR CTL=2 OR CTL=3 THEN GOTO 2000
2030 IF Y4="" THEN GOTO 0070
2040 LET CORR=1
2050 ON NUM(Y4,ERR=2000) GOTO 2000,0460,0540,0620,0700,0780,0860,0940,1020,110
2050 0,1180,1260,1340,1420,1500,1580,1660,1740,1820,1900,2000
2060 REM .....
2070 REM
2080 REM
2090 PRINT @ (0,12), 'CE': INPUT (0,ERR=2090,BIZ=1)@ (10,12), "Estas seguro ? (S/ (
2100 FOR I=1 TO 13
2110 LET I=STR(I;"00")
2120 REMOVE (I,KEY=DIAM1+I,ERR=2130)
2130 NEXT I
2140 GOTO 0070
3000 REM 3000 -----
3010 PRINT 'CS'
3020 PRINT @ (10,0), "TABLA DE LONGITUDES EQUIVALENTES"
3030 PRINT @ (1,2), " Diametro : "
3040 PRINT @ (1,3), "11 Valvula de Comp. : "
3050 PRINT @ (1,4), "21 Valvula de Globo : "
3060 PRINT @ (1,5), "31 Valvula Check : "
3070 PRINT @ (1,6), "41 Valvula de Angulo : "
3080 PRINT @ (1,7), "51 Codo de 180 : "
3090 PRINT @ (1,8), "61 Codo 90 (Rad.Cor.) : "
3100 PRINT @ (1,9), "71 Codo 90 (Rad.Lar.) : "
3110 PRINT @ (1,10), "81 Codo 45 : "
3120 PRINT @ (1,11), "91 Codo Recto : "
3130 PRINT @ (35,2), "101 Ampliacion de 1/4 : "
3140 PRINT @ (35,3), "111 Ampliacion de 1/2 : "
3150 PRINT @ (35,4), "121 Ampliacion de 3/4 : "
3160 PRINT @ (35,5), "131 Reduccion de 1/4 : "
3170 PRINT @ (35,6), "141 Reduccion de 1/2 : "
3180 PRINT @ (35,7), "151 Reduccion de 3/4 : "
3190 PRINT @ (35,8), "161 Tapa : "
3200 PRINT @ (35,9), "171 Valvula de Marip. : "
3210 PRINT @ (35,10), "181 Junta de Expans. : "
3220 PRINT @ (35,11), "191 Tuberia : "
3230 RETURN

```

## COMENTARIOS